

**MODEL LOGISTIK RAMAH LINGKUNGAN
AGROINDUSTRI KARET**

DEDE RUKMAYADI



**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2016**

**PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN
SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK
CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi berjudul Model Logistik Ramah Lingkungan Agroindustri Karet adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini pula saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2016

Dede Rukmayadi
NIM F361110041

RINGKASAN

DEDE RUKMAYADI. Model Logistik Ramah Lingkungan Agroindustri Karet. Dibimbing oleh MARIMIN, UHENDI HARIS dan MOHAMAD YANI.

Logistik ramah lingkungan atau lebih dikenal sebagai logistik hijau adalah suatu model logistik yang memperhitungkan aspek sosial dan lingkungan di samping aspek fungsional dan ekonomis. Penerapan konsep hijau (ramah lingkungan) pada logistik agroindustri karet sangat penting dilakukan karena dapat mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan. Penelitian dilakukan pada agroindustri karet yang berkembang saat ini, yaitu agroindustri pengolahan karet remah (*crumb rubber*).

Penelitian ini bertujuan merancang model logistik ramah lingkungan pada agroindustri karet yang meliputi sub-model : analisis elemen kunci; seleksi pemasok bokat; analisis logistik proses SIR 20 (*Standard Indonesian Rubber 20*); desain atribut kemasan produk SIR 20 dan evaluasi indikator kinerja utama (IKU) logistik ramah lingkungan pada agroindustri karet.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah: ISM (*Interpretative Structural Modelling*); AHP-TOPSIS (*Analytical Hierarchy Proces-Technique For Others Reference by Similarity to Ideal Solution*); GVSM (*Green Value Stream Mapping*); Fuzzy AHP, GQFD (*Green Quality Function Deployment*); AHP, OMAX (*Objective Matrix*) dan TLS (*Traffic Light System*).

Hasil analisis menggunakan metode ISM diperoleh sub-elemen kunci pada elemen (1) sektor masyarakat terpengaruh: pengusaha agroindustri karet dan petani/pekebun karet; (2) kebutuhan program: kebijakan program logistik ramah lingkungan yang dibuat pemerintah, ketersediaan dana/anggaran bagi pelaksanaan program logistik ramah lingkungan dan kompetensi SDM (teknis dan non teknis) yang melaksanakan program logistik ramah lingkungan, (3) kendala utama: keterbatasan dana dan modal usaha dari petani/ pekebun karet dan belum adanya komitmen dari beragam pemangku kepentingan (pemerintah pusat, pemerintah daerah, swasta sebagai pelaku dan penyedia jasa logistik, asosiasi-asosiasi, dan pihak-pihak terkait lainnya) dalam pengembangan logistik ramah lingkungan; (4) perubahan yang dimungkinkan: perbaikan kualitas bokar sesuai standar; peningkatan standar mutu produk agroindustri karet dan perluasan mata rantai kegiatan dan mata rantai nilai, yang dapat memberikan peningkatan nilai tambah; (5) tujuan : mengurangi dampak lingkungan dari proses produksi agroindustri karet; meningkatkan kualitas kemasan yang sesuai harapan konsumen dan ramah lingkungan; meningkatnya kinerja logistik ramah lingkungan; (6) tolok ukur keberhasilan program : peningkatan jumlah dan sebaran bibit tanaman karet yang berkualitas dan meningkatnya luasan pemanfaatan (secara positif) areal hutan, perkebunan dan lahan bagi penanaman tanaman karet; (7) aktivitas yang dibutuhkan : membangun skema kerja sama *win win solution* antar daerah maupun dengan pelaku usaha untuk terciptanya sinergi budidaya dan pemasaran yang efektif dan sosialisasi logistik ramah lingkungan; (8) ukuran aktivitas : terciptanya kerja

sama antar pemerintah daerah maupun dengan pelaku usaha untuk terciptanya sinergi budidaya dan pemasaran yang efektif dan tidak adanya distorsi dalam penerapan kebijakan logistik bibit tanaman karet, bokar dan produk turunannya; (9) lembaga yang terlibat : Kementerian Lingkungan Hidup; Pemerintah Kabupaten/Kota; Lembaga Penelitian dan Pengembangan; Kelompok Petani/Pekebun Karet dan Koperasi Usaha Agroindustri Karet. Seluruh sub-elemen kunci tersebut berada pada sektor IV (*Independent*) dan mempunyai kekuatan penggerak (*driver power*) bagi keberhasilan pengembangan logistik ramah lingkungan agroindustri karet, walaupun hanya memiliki sedikit ketergantungan terhadap program logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Analisis strukturalisasi sub-elemen menggunakan metode ISM menghasilkan kendala kontinuitas pasokan bokar kurang lancar pada level paling atas. Salah satu upaya untuk menangani masalah tersebut adalah dengan memilih pemasok bokar potensial menggunakan metode AHP-TOPSIS. Pemasok bokar yang memiliki bobot prioritas tertinggi merupakan pemasok potensial yaitu pemasok 6 (F) yang berasal dari daerah Pendopo, Sumatera Selatan.

Untuk mengurangi dampak lingkungan dari proses produksi agroindustri karet, maka dalam penelitian ini dilakukan analisis logistik proses menggunakan metode GVSM. Hasil perancangan *future state* GVSM dengan menggunakan bokar bersih diperoleh peningkatan efisiensi penggunaan energi sebesar 11%, penggunaan air sebesar 25% dan efektifitas waktu proses sebesar 2% sehingga produktivitas penggunaan bahan baku meningkat dari 54% menjadi 67%.

Untuk meningkatkan kualitas kemasan yang sesuai harapan konsumen dan ramah lingkungan dilakukan desain atribut kemasan produk SIR 20 menggunakan Fuzzy AHP - GQFD. Hasil analisis atribut kemasan yang diinginkan konsumen dan ramah lingkungan terdapat faktor-faktor yang paling penting untuk dipertimbangkan, yaitu faktor kemudahan dalam mengemas produk SIR 20; bahan kemasan ramah lingkungan; kemudahan perakitan dan kualitas kemasan. Kemasan SIR 20 yang memiliki keunggulan adalah kemasan berbahan baku logam. Kelebihan yang dimiliki kemasan berbahan logam saat ini adalah kemudahan dalam mengemas produk SIR 20 dan dapat didaur ulang, sedangkan kelemahan yang utama adalah tidak hemat energi dan berat.

Pada tahap akhir penelitian ini dilakukan evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan. Hasil pengolahan data menggunakan metode AHP, OMAX dan TLS, menunjukkan bahwa nilai kinerja logistik ramah lingkungan sebesar $3.5548 \approx 4$ (kategori kuning), sehingga masih harus diberi perhatian khusus karena nilai kinerja tersebut mendekati level 3 atau kategori warna merah.

Kata kunci: bokar, hijau, karet, lingkungan, logistik.

SUMMARY

DEDE RUKMAYADI. *Green Logistic Model of Rubber Agro-Industry*. Supervised by MARIMIN, UHENDI HARIS and MOHAMAD YANI.

Environmentally friendly logistics or more commonly known as green logistics is a logistics model that takes social and environmental aspects into account, in addition to functional and economical aspects. Implementation of green concept (environmentally friendly concept) into rubber agro-industry logistic is very important because it can reduce adverse environmental impacts. The research was conducted in a crumb rubber processing agro-industry, a currently developing rubber agro-industry.

This research aims to design a model of environmentally friendly logistic in rubber agro-industry which included: sub-models of key element analysis, bokar supplier selection, SIR 20 process (Standard Indonesian Rubber 20) logistics analysis, SIR 20 product packaging attributes design, and evaluation of key performance indicators (KPI) of environmentally friendly logistics in rubber agro-industry. System approach used in this research are ISM (Interpretative Structural Modelling), AHP-TOPSIS (Analytical Hierarchy Process-Technique for Others Reference by Similarity to Ideal Solution), GVSM (Green Value Stream Mapping), Fuzzy AHP, GQFD (Green Quality Function Deployment), AHP, OMAX (Objective Matrix), and TLS (Traffic Light System) techniques.

ISM method analysis acquired key sub elements in these following elements (1) affected community sectors: rubber agro-industry entrepreneurs and farmer/rubber planters, (2) program needs: green logistics system program policies made by the government, availability of funding/budget for the implementation of green logistics system program and human resources competence (technical and non-technical) of those involved in environmentally friendly logistic program, (3) main constraint: shortage of funds and venture capital of farmer/rubber planters and lack of commitment from various stakeholders (central government, local government, private agency and logistics service providers, associations, and other stakeholders) in the development of environmentally friendly logistics; (4) possible changes: improving bokar quality according to standards, increasing quality standard of rubber agro-industry products, and expanding activity chains and value chain, which can increase added value; (5) objectives: reducing environmental impact of rubber agro-industry production process, improving the quality of packaging to meet consumer expectations while being environmentally friendly; increasing environmentally friendly logistics system performance; (6) benchmark of program success: an increase in number and distribution of quality rubber seedlings and a rise in the extent of positive utilization of forests, plantations, and land for rubber trees planting; (7) activities required: establishing win-win solution cooperation schemes between regions as well as with businesses to create synergies in cultivation and effective marketing and to socialize environmentally friendly logistics system; (8) the size of

activity: establishing cooperation between local government and businessmen to create synergies in cultivation and effective marketing without distortions in the implementation of logistics policy for rubber seedlings, bokar and its derivatives; (9) institutions involved: The Ministry of Environment, District/City Government, Institute for Research and Development, union of rubber farmers and Cooperatives of Rubber Agro-Industry. The whole key sub-elements are located in sector IV (Independent) and have the driving power for successful development of environmentally friendly logistics of rubber agro-industry, despite only having small dependence on rubber agro-industry environmentally friendly logistics program.

Sub-element structuring analysis using ISM method generated bokar substandard supply continuity problem at top level. One of the efforts to address the problem is to choose potential bokar suppliers using AHP-TOPSIS. Bokar suppliers with highest priority value is a potential supplier, in this case a 6 (F) supplier from Pendopo, South Sumatera.

In order to reduce the environmental impact of rubber agro-industry, this research conducted business process analysis using GVSM method. The result of GVSM future state design using clean bokar obtained an increase in energy usage efficiency by 11 %, water usage efficiency by 25 % and processing time effectivity by 2% which led to raw material usage productivity increase from 54 % to 67 %.

To improve packaging design quality which meets consumer expectations and is environmentally friendly, SIR 20 packaging attributes design was analysed by using Fuzzy AHP-GQFD. The results of SIR 20 packaging design analysis indicated that consumer desired ease in packaging SIR 20 products, environmentally friendly packaging materials, ease of assembly, and packaging quality. Best packaging is packaging made from metal. The advantages of packaging made of metal are its recyclable properties and the ease in packaging process, while the main weakness is being heavy and not energy efficient.

The final stage of this research is environmentally friendly logistics performance assessment. The results of data processed by AHP, OMAX and TLS method, shows that the performance value of environmentally friendly logistics is 3.6 (yellow category). Special attention must be given since the performance value is nearing level 3 or red category.

Keywords: bokar, green, rubber, environment, logistic.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2016
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB

**MODEL LOGISTIK RAMAH LINGKUNGAN
AGROINDUSTRI KARET**

DEDE RUKMAYADI

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor
pada
Program Studi Teknologi Industri Pertanian

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2016**

Penguji luar komisi pada ujian tertutup : Dr Chairil Anwar, MSc
Dr Ir Faqih Udin, MSc

Anggota promosi luar komisi : Dr Chairil Anwar, MSc
Dr Ir Faqih Udin, MSc

Judul Disertasi : Model Logistik Ramah Lingkungan Agroindustri
Karet
Nama : Dede Rukmayadi
NIM : F361110041

Disetujui oleh
Komisi Pembimbing

Prof Dr Ir Marimin, MSc
Ketua

Dr Ir Uhendi Haris, MSi
Anggota

Dr Ir Mohamad Yani, MEng
Anggota

Ketua Program Studi
Teknologi Industri
Pertanian

Prof Dr Ir Machfud, MS



Dekan Sekolah Pascasarjana

Dr Ir Dahruddin Syah, MScAgr

Tanggal ujian tertutup : 21 Juli 2016
Tanggal sidang promosi : 12 Agustus 2016

Tanggal Lulus : 12 AUG 2016

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Mei 2013 ini ialah logistik ramah lingkungan, dengan judul Model Logistik Ramah Lingkungan Agroindustri Karet.

Terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya penulis sampaikan kepada yth Prof Dr Ir Marimin, MSc selaku ketua komisi pembimbing; Dr Ir Uhendi Haris, MSi dan Dr Ir Mohammad Yani, MEng selaku anggota komisi pembimbing; yang telah banyak memberi saran, bimbingan, nasehat dan masukan yang bermanfaat dalam penyusunan disertasi ini. Terima kasih penulis sampaikan pula kepada yth Dr Chairil Anwar, MSc (*Indonesian Rubber Research Institute*) dan Dr Ir Faqih Udin, MSc (Dosen Program Studi Teknologi Industri Pertanian, FATETA IPB) selaku penguji ujian tertutup dan anggota promosi luar komisi; Prof Dr Ir Kudang Boro Seminar, MSc (Dekan FATETA IPB selaku pimpinan sidang pada sidang promosi), Prof Dr Ono Suparno, STP MT (Wakil Dekan FATETA IPB selaku pimpinan sidang pada ujian tertutup); Prof Dr Ir Machfud, MS (Ketua Program Studi TIP selaku perwakilan prodi pada sidang promosi) dan Dr Eng Taufik Djatna, STP MSi (Sekretaris Program Studi TIP selaku perwakilan prodi pada ujian tertutup) yang telah memberikan masukan, saran dan kritik yang bersifat membangun untuk perbaikan disertasi ini.

Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada yth :

1. Ir Erwin Tunas dari GAPKINDO (Gabungan Perusahaan Karet Indonesia), Jakarta.
2. Dr Ir Didin Suwardin, MSi, Balai Penelitian Sembawa, Pusat Penelitian Karet, Banyuasin, Sumatera Selatan.
3. Mardiyanto, petani karet dan ketua TPK (Tempat Pelayanan Koperasi) KUD Berkat, Pendopo, Sumatera Selatan.
4. H. Hasanudin, petani karet di Pendopo, Sumatera Selatan.
5. Basuki, ST, petani karet di Pendopo, Sumatera Selatan.
6. Ir Abdul Halim, MT, *Environmental Engineering, Pasadena Engineering Corp*, Jakarta.
7. Ir Joko Suratno, PT Gajah Tunggal Tbk Tangerang, Banten.
8. Abidin M Noor, SSn MDs, Instruktur *Packaging*, Balai Besar Pendidikan dan Pelatihan Export Indonesia.
9. Tri Susanto, SSi MSi MAIE, Balai Riset dan Standardisasi (BARISTAN), Kementerian Perindustrian, Palembang, Sumatera Selatan.
10. Ir Agung Siswahyu MT, peneliti karet, Direktur PT Rancang Bangun Sejahtera, Tangerang, Banten.
11. Bapak/Ibu Pimpinan dan Staf PT Hok Tong, Palembang.
12. Bapak/Ibu Pimpinan dan Staf PT REMCO, Palembang.
13. Bapak/Ibu staf Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah Palembang,

14. Bapak/Ibu staf KUD Berkat, Petani Karet di Sumatera Selatan yang telah membantu selama pengumpulan data.
 15. Dr Ruslan Yunus, pimpinan redaksi Jurnal Industri Hasil Perkebunan, Balai Besar Industri Hasil Perkebunan, di Makasar, Sulawesi Selatan.
 16. Bapak/Ibu pimpinan dan staf dosen serta tenaga kependidikan program studi Teknologi Industri Pertanian (TIP) FATETA IPB: Dr Ir Titi Candra Sunarti, MSi; Ir M Arif Darmawan, MT; Sri Martini, SKom MSi; ibu Nurjanah, pak Candra dan lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu selama penulis studi dan pada saat melakukan penelitian.
 17. Rektor dan staf dosen/tenaga kependidikan Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal Jakarta atas izin, keluangan waktu yang diberikan dan pengertiannya saat penulis studi lanjut.
 18. Teman-teman seperjuangan program studi Teknologi Industri Pertanian khususnya angkatan 2011, atas kebersamaan, semangat dan motivasinya.
 19. Teman-teman grup bimbingan di lab TSI, atas kebersamaan, kerjasama dan semangatnya.
 20. Prof Dr Ir HAM Satari (alm) yang telah mendorong dan memotivasi penulis untuk studi lanjut.
 21. Prof Dr H Haryanto Dhanutirto, Apt DEA (alm) yang telah membantu dan memotivasi penulis saat mengikuti studi lanjut.
 22. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada istri Hj Fitri Wulandari, anak-anak: Adis, Ghaida, Azka dan Defia, mamah E Komariah (alm), bapak Achmad Rifa'i (alm), ibu mertua Hj Ning Sofa, bapak mertua H Tukimin, serta seluruh keluarga, kakak, adik2 dan keponakan atas segala doa dan kasih sayangnya.
- Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, Agustus 2016

Dede Rukmayadi

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
1 PENDAHULUAN	2
Latar Belakang	2
Pertanyaan Penelitian	5
Tujuan Penelitian	5
Manfaat Penelitian	6
Ruang Lingkup Penelitian	6
2 TINJAUAN PUSTAKA	7
Agroindustri Karet	7
Model Logistik Ramah Lingkungan	9
Kemasan Ramah Lingkungan	11
Pendekatan Sistem	12
Analisis Kebutuhan	12
Formulasi Permasalahan	13
Identifikasi Sistem	14
Teknik Pendukung	16
Penelitian Terdahulu	24
3 METODOLOGI PENELITIAN	28
Kerangka Pemikiran	28
Tata Laksana	28
Analisis Data	30
Pemodelan Logistik Ramah Lingkungan	31
4 ANALISIS SITUASIONAL LOGISTIK AGROINDUSTRI KARET	38
Analisis Situasional Agroindustri Karet	38
Analisis Sumber dan Seleksi Bahan Baku	42
Analisis Transportasi dan Pengadaan Bahan Baku	44
Analisis Kemasan Produk SIR 20	45
Analisis Penyimpanan dan Penggudangan	46
Analisis Distribusi Produk SIR 20	49
Analisis Logistik Agroindustri Karet	50
5 ANALISIS ELEMEN KUNCI LOGISTIK RAMAH LINGKUNGAN AGROINDUSTRI KARET	52
Kerangka Model Elemen Kunci Logistik Ramah Lingkungan	52
Identifikasi Elemen Logistik Ramah Lingkungan	53
Analisis Elemen Kunci Logistik Ramah Lingkungan	57
Kesimpulan	72

6	MODEL SELEKSI PEMASOK BOKAR	73
	Kerangka Model Seleksi Pemasok Bokar	73
	Struktur Hirarki Pemilihan Pemasok Potensial	76
	Hasil dan Pembahasan Seleksi Pemasok Bokar	77
	Kesimpulan	80
7	LOGISTIK PROSES PRODUKSI DAN DESAIN ATRIBUT KEMASAN PRODUK SIR 20	81
	Kerangka Model Logistik Proses Produksi dan Desain Atribut	
	Kemasan Produk SIR 20	81
	Logistik Proses Produksi SIR 20	81
	Desain Atribut Kemasan Produk SIR 20	87
	Kesimpulan	92
8	EVALUASI KINERJA LOGISTIK RAMAH LINGKUNGAN	93
	Kerangka Model Evaluasi Kinerja	93
	Strukturisasi Indeks Kinerja Utama (IKU)	94
	Hasil dan Pembahasan Evaluasi Kinerja Logistik Ramah Lingkungan	
	Agroindustri Karet	96
	Kesimpulan	103
9	MODEL KONSEPTUAL LOGISTIK RAMAH LINGKUNGAN	104
	Perancangan Model Konseptual Logistik Ramah Lingkungan	104
	Perumusan Elemen Kunci Logistik Ramah Lingkungan Agroindustri	
	Karet	108
	Validasi Model Konseptual Logistik Ramah Lingkungan	112
	Kesimpulan	115
10	PEMBAHASAN UMUM DAN IMPLIKASI MANAJERIAL	116
	Logistik Ramah Lingkungan	116
	Kebaruan Penelitian	122
	Keterbatasan Penelitian	123
	Implikasi Manajerial	124
11	KESIMPULAN DAN SARAN	126
	Kesimpulan	126
	Saran	127
	DAFTAR PUSTAKA	129
	LAMPIRAN	140
	RIWAYAT HIDUP	170

DAFTAR TABEL

1. Analisis kebutuhan logistik ramah lingkungan agroindustri karet	12
2. Keterkaitan antar sub-elemen pada teknik ISM	17
3. Skala penilaian perbandingan dalam AHP	18
4. Skala absolut tingkat kepentingan dan fungsi keanggotaan <i>fuzzy</i>	22
5. Posisi rencana penelitian terhadap penelitian sebelumnya di bidang agroindustri karet	24
6. Penelitian terdahulu di bidang logistik ramah lingkungan	26
7. Jenis, sifat dan sumber data	30
8. Simbol <i>relationship</i>	34
9. Simbol <i>technical correlation</i>	34
10. Contoh data harian bahan olah karet dan limbah agroindustri <i>crumb rubber</i>	41
11. Contoh daftar pemasok bahan olah karet dengan kategori mampu	43
12. Kebutuhan, asal dan cara penyimpanan bahan baku dan penolong	47
13. Identifikasi dan status inspeksi	48
14. Contoh spesifikasi konsumen	49
15. Hasil identifikasi elemen dan sub-elemen logistik ramah lingkungan	54
16. Bobot prioritas kriteria seleksi pemasok	77
17. Hasil penilaian ranking kecocokan menggunakan metode TOPSIS	77
18. Solusi ideal positif dan negatif	79
19. Hasil analisis tujuh sumber limbah hijau (<i>seven green wastes</i>)	83
20. Suara konsumen terhadap desain atribut kemasan produk SIR 20	87
21. Karakteristik teknis (<i>Voice of engineering</i>)	88
22. Hasil akhir penilaian bobot prioritas bahan kemasan produk SIR 20	89
23. Perbandingan atribut desain kemasan sesuai keinginan konsumen dan ramah lingkungan hasil penelitian dengan penelitian terdahulu	91
24. Strukturisasi IKU kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet	95
25. Bobot prioritas tingkat kepentingan faktor perspektif	97
26. Bobot prioritas tingkat kepentingan faktor objektif	97
27. Bobot prioritas tingkat kepentingan IKU	98
28. Bobot <i>performance</i> IKU	99
29. Hasil <i>scoring</i> IKU pada perspektif pengadaan hijau	100
30. Hasil <i>scoring</i> IKU pada perspektif manufaktur hijau	101
31. Hasil <i>scoring</i> IKU pada perspektif distribusi hijau	102

32. Hasil <i>scoring</i> IKU pada perspektif <i>reverse logistic</i>	102
33. Hasil perhitungan nilai kinerja logistik ramah lingkungan	103
34. Posisi sub-elemen kendala utama logistik ramah lingkungan pada hirarki manajemen	109
35. Posisi sub-elemen tujuan logistik ramah lingkungan pada hirarki manajemen	111
36. Validasi model konseptual logistik ramah lingkungan	113
37. Perbandingan hasil penelitian dengan penelitian terdahulu pada bidang kajian logistik ramah lingkungan	117

DAFTAR GAMBAR

1. Porsi produksi karet menurut Provinsi di Indonesia dalam MP3EI	2
2. Rantai nilai kegiatan ekonomi utama karet dalam MP3EI	2
3. Komponen Sislognas dan Sistranas	4
4. Struktur pohon industri karet alam	8
5. Proses evolusi logistik	9
6. Model logistik ramah lingkungan	10
7. Diagram lingkaran sebab akibat logistik ramah lingkungan agroindustri karet	14
8. Diagram keterkaitan model logistik ramah lingkungan agroindustri karet dengan <i>stakeholders</i>	15
9. Jarak alternatif <i>euclidean</i> dari titik ideal dan anti-ideal	19
10. Model keanggotaan fungsi gugus <i>fuzzy</i>	22
11. Bahan rujukan utama penelitian	27
12. Kerangka penelitian logistik ramah lingkungan agroindustri karet	29
13. Skema penilaian berdasarkan model OMAX	36
14. Model logistik ramah lingkungan agroindustri karet	37
15. Bagan alir proses produksi dan dampak lingkungan	40
16. <i>Slab</i> (Bekuan lateks yang menggumpal secara sengaja + asam semut)	42
17. <i>Cup lump</i>	43
18. Contoh label palet/ peti kemas SIR	45
19. Contoh palet <i>metal</i>	46
20. Tongkang yang ditarik <i>tug boat</i> untuk mendistribusikan produk SIR	50
21. Pola umum pemasaran bahan olah karet rakyat	51
22. Kerangka model analisis elemen kunci	52
23. Hasil analisis ISM pada elemen sektor masyarakat terpengaruh	58
24. Hasil analisis ISM pada elemen kebutuhan program	59
25. Hasil analisis ISM pada elemen kendala utama	61
26. Hasil analisis ISM pada elemen perubahan yang dimungkinkan	62
27. Hasil analisis ISM pada elemen tujuan	64
28. Hasil analisis ISM pada elemen tolok ukur keberhasilan program	66
29. Hasil analisis ISM pada elemen aktivitas yang dibutuhkan	67
30. Hasil analisis ISM pada elemen ukuran aktivitas dalam penilaian hasil	69
31. Hasil analisis ISM pada elemen lembaga yang terlibat	71
32. Kerangka model seleksi pemasok bokar potensial	73
33. Struktur hirarki seleksi pemasok bokar potensial	76
34. Kerangka model logistik proses produksi dan desain atribut kemasan SIR 20	81
35. Diagram SIPOC proses produksi agroindustri <i>crumb rubber</i>	82
36. <i>Current state GVSM</i> agroindustri <i>crumb rubber</i>	84

37. <i>Future state GVSM</i> agroindustri <i>crumb rubber</i>	86
38. Struktur hirarki penilaian kemasan produk SIR 20	88
39. Rumah mutu kemasan produk SIR 20	90
40. Kerangka model evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan	93
41. Model konseptual logistik ramah lingkungan	106
42. Rumusan elemen kendala utama logistik ramah lingkungan	110
43. Rumusan elemen tujuan logistik ramah lingkungan	112
44. Label <i>green tyre</i> atau <i>eco tyre labelling</i>	121

DAFTAR LAMPIRAN

1. Karakteristik dan persyaratan mutu pada setiap tahapan proses pembuatan SIR 10 dan SIR 20	141
2. Struktur organisasi bagian lingkungan	144
3. Contoh hasil pengujian laboratorium Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Selatan pada agroindustri <i>crumb rubber</i>	145
4. Contoh penggunaan air pada agroindustri <i>crumb rubber</i>	146
5. Contoh <i>lay out</i> agroindustri <i>crumb rubber</i>	147
6. Persyaratan mutu bokar : SNI 06 – 2047 – 2002	148
7. Persyaratan Mutu SIR : SNI – 06 – 1903 – 2000	149
8. Rekapitulasi hasil pengisian kuesioner ISM	150
9. Rekapitulasi hasil penilaian suara konsumen	155
10. Rekapitulasi hasil penilaian karakteristik teknis	156
11. Hasil penilaian kepuasan konsumen terhadap kemasan	158
12. Hasil penilaian bobot prioritas faktor perspektif kinerja logistik ramah lingkungan	162
13. Rata-rata geometris hasil penilaian faktor objektif kinerja logistik ramah lingkungan	163
14. Rata-rata geometris hasil penilaian tingkat kepentingan IKU	164
15. Rata-rata geometris hasil penilaian <i>performance</i> kinerja logistik ramah lingkungan	167

DAFTAR ISTILAH

A

Agregasi

Proses matematika untuk menentukan hasil dalam model keputusan.

Agroindustri

Perusahaan yang mengolah bahan baku pertanian yang berasal dari tanaman atau hewan menjadi barang setengah jadi atau produk akhir.

Alternatif

Pilihan di antara dua atau beberapa kemungkinan.

Analisis

Aktivitas yang memuat sejumlah kegiatan seperti mengurai, membedakan, memilah sesuatu untuk digolongkan dan dikelompokkan kembali menurut kriteria tertentu kemudian dicari kaitannya dan ditafsirkan maknanya.

Analisis kebutuhan

Analisis yang dilakukan untuk menentukan kebutuhan dari pihak-pihak yang terkait, dalam hal ini dengan penelitian logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Aturan *transitivity*

Pengkajian dalam metode ISM untuk melakukan koreksi terhadap SSIM sampai terjadi matrik yang tertutup.

Autonomous

Posisi sektor I pada ISM (*Weak driver-weak dependent variables*) yang menunjukkan peubah sektor ini umumnya tidak berkaitan dengan sistem, dan mungkin mempunyai hubungan sedikit, meskipun hubungan tersebut bisa saja kuat.

B

Bobot

Nilai/ mutu dari suatu faktor, kriteria, atau alternatif.

Bokar

Bokar (bahan olah karet) adalah lateks kebun dan gumpalan lateks kebun yang diperoleh dari pohon karet (*Hevea brasiliensis M*). Menurut cara pengolahannya, bokar dibedakan atas 4 (empat) jenis, yaitu lateks kebun, sit angin, *slab* dan *lump*.

DAFTAR ISTILAH (*lanjutan*)

C

CR

CR (Consistency Ratio). Konsistensi penilaian pendapat responden/ pakar dalam melakukan perbandingan berpasangan pada metode AHP. Saaty menetapkan apabila $CR \leq 0.1$ maka hasil penilaian tersebut dikatakan konsisten.

Crumb rubber

Karet remah. Karet kering yang proses pengolahannya melalui tahap peremahan. Bahan baku berupa lateks kebun atau gumpalan dalam bentuk *slab* atau *lump* yang merupakan bahan baku yang paling dominan dalam agroindustri *crumb rubber*.

CSR

CSR (Corporate Social Responsibility). Suatu konsep atau tindakan yang dilakukan oleh perusahaan sebagai wujud tanggung jawab perusahaan terhadap masalah sosial dan lingkungan di sekitar tempat perusahaan itu berada. Contoh CSR antara lain: melakukan suatu kegiatan yang dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar dan menjaga lingkungan, memberikan beasiswa untuk anak tidak mampu, memberikan dana untuk pemeliharaan fasilitas umum, sumbangan untuk membangun desa/fasilitas masyarakat yang bersifat sosial dan berguna untuk masyarakat banyak, khususnya masyarakat yang berada di sekitar perusahaan tersebut berada.

Cup lump

Cup lump atau *lump* mangkok adalah bekuan lateks yang menggumpal secara alami dalam waktu kurang lebih 3 jam di dalam mangkok pengumpul lateks. *Cup lump* ini memiliki kadar karet kering (KKK) sebesar 60% - 90% tergantung dari kekeringannya.

Current state map

Peta yang menggambarkan kondisi proses yang terjadi saat ini.

Customer requirement

Karakteristik dan spesifikasi tertentu barang atau jasa yang sesuai dengan keinginan konsumen.

D

Dampak lingkungan (*environmental impact*)

Perubahan lingkungan yang diakibatkan oleh suatu proses kegiatan.

Data

Keterangan atau bahan nyata yang dapat dijadikan dasar kajian (analisis atau kesimpulan).

DAFTAR ISTILAH (*lanjutan*)

Defuzzyfikasi

Suatu proses yang mengkombinasikan seluruh *fuzzy output* menjadi sebuah hasil spesifik yang dapat digunakan untuk masing-masing sistem *output*.

Dependent

Posisi pada sektor II (*weak driver-strongly dependent variables*). Perubahan tidak bebas pada sektor ini akan terpengaruh oleh adanya program sebagai akibat tindakan terhadap sektor-sektor lain.

Diagram lingkaran sebab akibat

Diagram yang menggambarkan hubungan antar komponen pada suatu sistem, dalam hal ini logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Diagram ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam mengembangkan model.

Disposal

Disposal biasanya berhubungan dengan lingkungan. Disposal dipakai untuk istilah pembuangan akhir untuk limbah industri.

Distribusi

Kegiatan pemasaran yang berusaha memperlancar dan mempermudah penyampaian barang dan jasa dari produsen kepada konsumen, sehingga penggunaannya sesuai dengan yang diperlukan (jenis, jumlah, harga, tempat, dan saat dibutuhkan).

DPD

DPD (Driver Power – Dependence). Matrik kekuatan pendorong – ketergantungan yang menunjukkan posisi sub-elemen pada empat sektor ISM.

E

Elemen

Alternatif elemen yang terdapat dalam metode ISM biasanya berjumlah delapan atau sembilan.

EFE

EFE (External Factor Evaluation). Evaluasi yang dilakukan terhadap faktor eksternal perusahaan yang meliputi faktor peluang dan ancaman yang harus dihadapi perusahaan.

Elemen kunci

Elemen yang menjadi penentu keberhasilan program, dalam penelitian ini programnya adalah pengembangan logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

DAFTAR ISTILAH (*lanjutan*)

Emisi

Zat, energi dan/atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/atau dimasukkan ke dalam udara ambien yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar.

Evaluasi aturan

Menentukan nilai akhir berdasarkan nilai sistem *input* dengan menggunakan teknik *min-max inference*.

F

Future state map

Peta yang menggambarkan kondisi proses yang terjadi di masa mendatang setelah terjadi perbaikan proses.

Fuzzy

Logika *fuzzy* adalah peningkatan dari logika Boolean yang berhadapan dengan konsep kebenaran sebagian. Saat logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah biner (0 atau 1, benar atau salah, hitam atau putih, ya atau tidak), logika *fuzzy* menggantikan kebenaran Boolean dengan tingkat kebenaran. Logika *fuzzy* sering digunakan untuk mengekspresikan suatu nilai yang diterjemahkan dalam bahasa (*linguistic*) seperti untuk mengekspresikan suhu dalam ruangan apakah ruangan tersebut cukup dingin, dingin, hangat, atau panas.

Fuzzyfikasi

Proses penentuan sebuah nilai input masing-masing gugus *fuzzy*.

Fuzzy semi non-numerik

Metode pengambilan keputusan kelompok *fuzzy* yang menggunakan representasi label dengan komputasi *fuzzy*.

Fuzzy non-numerik

Metode pengambilan keputusan kelompok *fuzzy* yang menggunakan representasi label dengan komputasi label.

G

GAPKINDO

GAPKINDO (Gabungan Perusahaan Karet Indonesia) didirikan di Jakarta pada 25 Mei tahun 1971.

GPI

GPI (*Green Productivity Index*). Rasio sistem produktivitas terhadap dampak lingkungannya.

DAFTAR ISTILAH (*lanjutan*)

Green Logistic

Logistik hijau atau logistik ramah lingkungan. Suatu bentuk logistik yang memperhitungkan aspek sosial dan ramah lingkungan di samping aspek fungsional dan ekonomis.

Green distribution

Distribusi hijau atau distribusi ramah lingkungan. Kegiatan pemasaran yang berusaha memperlancar dan mempermudah penyampaian barang dan jasa dari produsen kepada konsumen secara efektif, efisien dan ramah lingkungan.

Green manufacturing

Manufaktur hijau atau manufaktur ramah lingkungan. Proses produksi yang menggunakan input ramah lingkungan, efektif, efisien dan menghasilkan sedikit bahkan tidak adanya limbah atau polusi.

Green packaging

Kemasan hijau atau kemasan ramah lingkungan. Kemasan yang mengandung komponen yang aman, tidak beracun, tidak berbahaya dan dapat didaur ulang sehingga dapat meminimalisir dampak negatif terhadap lingkungan.

Green procurement

Pengadaan hijau atau pengadaan yang ramah lingkungan. Suatu proses pemenuhan kebutuhan bahan baku sehingga keseluruhan tahapan proses pengadaan memberikan manfaat untuk masyarakat dan perekonomian dengan meminimalkan dampak kerusakan lingkungan.

GQFD

GQFD (Green Quality Function Deployment). Metodologi dalam proses perancangan dan pengembangan produk yang ramah lingkungan. GQFD menempatkan persyaratan lingkungan ke dalam desain produk dan pengembangan proses.

GVSM

GVSM (Green Value Stream Map). Peta aliran material yang menggambarkan aliran penggunaan tujuh bahan sumber pembangkit limbah hijau dalam suatu proses kegiatan.

H

Hirarki

Suatu susunan objek, nama, nilai, kategori, dan sebagainya. Hal-hal tersebut dikemukakan pada posisi di atas, bawah atau pada tingkat yang sama dengan yang lainnya.

DAFTAR ISTILAH (*lanjutan*)

I

Identifikasi sistem

Identifikasi yang dilakukan untuk memberikan gambaran terhadap sistem yang dikaji dalam bentuk diagram.

IFE

IFE (Internal Factor Evaluation). Evaluasi yang dilakukan terhadap faktor internal perusahaan yang meliputi faktor kekuatan dan kelemahan yang dimiliki perusahaan.

IKU

Indikator Kinerja Utama (IKU) atau *Key Performance Indicators* (KPI) adalah metrik finansial ataupun non-finansial yang digunakan untuk membantu organisasi menentukan dan mengukur kemajuan sasaran organisasi.

Independent

Posisi pada sektor IV (*strong drive-weak dependent variables*). Peubah merupakan bagian sisa dari sistem dan mempunyai kekuatan penggerak yang besar terhadap keberhasilan program walaupun memiliki sedikit ketergantungan terhadap program.

Input

Masukan yang secara garis besarnya terdiri dari input yang terkendalikan dan input yang tidak terkendalikan oleh sistem.

IPAL

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Suatu perangkat peralatan teknik beserta perlengkapannya yang memproses/ mengolah air sisa proses produksi pabrik, rumah tangga, dan lain-lain. Adapun tujuan IPAL yaitu untuk menyaring dan membersihkan air yang sudah tercemar baik dari domestik maupun bahan kimia industri.

IRR

IRR (Internal Rate of Return). Suatu metode penilaian investasi dengan menentukan nilai tingkat suku bunga yang akan menyebabkan nilai ekivalen biaya/investasi sama dengan nilai ekivalen penerimaan.

IRSG

IRSG (International Rubber Study Group). Kelompok Pengkajian Karet Internasional, sebuah organisasi antar pemerintah yang terdiri atas para pemegang kepentingan penghasil dan pengguna karet. Berlokasi di Singapura, *IRSG* didirikan pada tahun 1944.

DAFTAR ISTILAH (*lanjutan*)

ISM

ISM (Interpretative Structural Modelling). Proses pengkajian kelompok yang menghasilkan model-model struktural guna memotret perihal yang kompleks dari suatu sistem, melalui pola yang dirancang secara seksama dengan menggunakan grafik serta kalimat.

ITRC

ITRC (International Tripartite Rubber Council) adalah aliansi tiga negara produsen karet yang dibentuk melalui *Joint Ministerial Declaration (the Bali Declaration 2001)* tanggal 12 Desember 2001 di Bali, Indonesia. Tujuan aliansi ini adalah kerja sama pengendalian harga karet alam untuk menjamin penghasilan para petani karet kecil secara adil di tiga negara anggotanya, yaitu Indonesia, Malaysia dan Thailand.

K

KKK

KKK (Kadar Karet Kering). Kandungan padatan karet per satuan berat yang dihitung dalam satuan persen (%). **KKK** lateks atau bekuan dapat digunakan sebagai pedoman penentuan harga dan merupakan standar dalam pemberian bahan kimia untuk pengolahan *RSS (Ribbed Smoked Sheet)* atau karet lembaran asap bergaris, *TPC (Thin Pale Crepe)* atau karet lembaran tipis yang berwarna pucat dan lateks pekat. Lateks kebun mutu I biasanya memiliki nilai **KKK** 28% dan lateks kebun mutu 2 memiliki **KKK** 20%.

Karet alam

Karet adalah tanaman perkebunan tahunan berupa pohon batang lurus. Pohon karet pertama kali hanya tumbuh di Brasil, Amerika Selatan, namun setelah percobaan berkali-kali oleh Henry Wickham, pohon ini berhasil dikembangkan di Asia Tenggara. Sekarang ini tanaman karet banyak dikembangkan di Asia yang merupakan sumber karet alami. Di Indonesia, Malaysia dan Singapura tanaman karet mulai dicoba dibudidayakan pada tahun 1876. Tanaman karet pertama di Indonesia ditanam di Kebun Percobaan Cikeumeuh, Bogor, Jawa Barat.

Sejak pertama sekali proses vulkanisasi diperkenalkan pada tahun 1839, karet alam telah dimanfaatkan secara meluas pada pembuatan ban, selang, sepatu, alat rumah tangga, olah raga, peralatan militer dan kesehatan.

Kemasan

Kemasan atau *packaging* adalah bagian terluar yang membungkus suatu produk dengan tujuan untuk melindungi produk dari cuaca, guncangan dan benturan-benturan, terhadap benda lain.

DAFTAR ISTILAH (*lanjutan*)

Kinerja

Hasil atau tingkat keberhasilan individu atau organisasi secara keseluruhan selama periode tertentu dalam melaksanakan tugas dibandingkan dengan standar hasil kerja, target, sasaran atau kriteria yang telah ditentukan terlebih dahulu dan telah disepakati bersama.

Koagulan

Koagulan atau zat penggumpal untuk mempercepat penggumpalan lateks. Koagulan yang biasa digunakan (dan disarankan) adalah asam semut (*formic acid*). Namun masih banyak pemasok yang menggunakan bahan lain sebagai koagulan seperti tawas, cuka para, pupuk, dan lain-lain yang dapat menurunkan parameter mutu yang dipersyaratkan.

Kriteria

Ukuran yang menjadi dasar penilaian atau penetapan sesuatu.

Kuesioner

Suatu bentuk instrumen pengumpulan data yang sangat fleksibel dan relatif mudah digunakan. Data yang diperoleh lewat penggunaan kuesioner adalah data yang dapat dikategorikan sebagai data faktual.

L

Lateks

Getah kental, seringkali mirip susu, yang dihasilkan banyak tumbuhan dan membeku ketika terkena udara bebas.

Life cycle phases

Tahapan-tahapan proses perjalanan hidup suatu produk dari mulai bahan baku sampai menjadi produk akhir.

Limbah

Buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Limbah yang mengandung bahan polutan yang memiliki sifat racun dan berbahaya dikenal dengan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).

Linkage

Posisi sub elemen dalam ISM pada sektor III (*strong driver-strongly dependent variables*). Peubah dalam sektor ini harus dikaji secara hati-hati, sebab hubungan antar peubah tidak stabil. Setiap tindakan pada peubah tersebut akan memberikan dampak terhadap lainnya dan umpan balik pengaruhnya bisa memperbesar dampak.

DAFTAR ISTILAH (*lanjutan*)

Logistik

Proses pengelolaan pemindahan dan penyimpanan barang dan informasi terkait dari sumber pengadaan hingga ke konsumen akhir secara efektif dan efisien.

M

Model

Abstraksi atau penyederhanaan realitas sistem yang kompleks dan menunjukkan hanya komponen-komponen yang relevan atau faktor-faktor yang dominan dari masalah yang dianalisis diikutsertakan.

Model konseptual

Suatu kerangka kerja konseptual, sistem atau skema yang menerangkan tentang serangkaian ide global tentang keterlibatan individu, kelompok, situasi atau kejadian, terhadap suatu ilmu dan pengembangannya.

MPE

Metode Perbandingan Eksponensial (MPE). Metode pengambilan keputusan yang mengkuantitatifkan pendapat seseorang dalam skala tertentu.

MP3EI

MP3EI (Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia) adalah sebuah pola induk dari pembangunan negara Republik Indonesia.

Mutu

Faktor-faktor yang terdapat dalam suatu barang/jasa yang menyebabkan barang/jasa tersebut sesuai dengan tujuan penggunaan barang/jasa tersebut.

N

NBCR.

NBCR (Net Benefit Cost Ratio). Suatu metode penilaian investasi dengan membandingkan antara nilai sekarang manfaat dan nilai sekarang biaya.

Nilai tambah

Menunjukkan besarnya keuntungan yang akan diperoleh apabila suatu produk dikembangkan.

NPV

NPV (Net Present Value). Suatu metode penilaian investasi dengan menentukan selisih antara nilai sekarang penerimaan dengan nilai sekarang biaya.

DAFTAR ISTILAH (*lanjutan*)

O

Objective matrix

Suatu sistem pengukuran produktivitas parsial yang dikembangkan untuk memantau produktivitas di suatu perusahaan atau di tiap bagian dengan kriteria produktivitas yang sesuai dengan keberadaan bagian tersebut.

Output

Keluaran yang secara garis besarnya terdiri dari output yang dikehendaki dan output yang tidak dikehendaki.

P

Pendekatan sistem (*system approach*)

Cara penyelesaian persoalan yang dimulai dengan melakukan identifikasi terhadap adanya sejumlah kebutuhan sehingga dapat menghasilkan suatu operasi dari sistem yang dianggap efektif.

Pemasok

Pemasok (*supplier*) atau vendor adalah individu atau perusahaan (baik dalam skala kecil atau besar) yang memiliki kemampuan untuk menyediakan kebutuhan bahan baku bagi individu atau perusahaan lain.

Konsumen (*Customer*)

Konsumen (*Customer*) atau pelanggan adalah individu, perusahaan, instansi atau lembaga yang membeli produk atau jasa perusahaan secara rutin atau berkesinambungan karena produk atau jasa yang dibelinya dirasakan sangat bermanfaat.

Prioritas

Yang didahulukan dan diutamakan daripada yang lain.

Produktivitas

Istilah dalam kegiatan produksi sebagai perbandingan antara luaran (output) dengan masukan (input).

Potensial

Mempunyai potensi (kekuatan, kemampuan, kesanggupan), daya berkemampuan.

Program

Serangkaian instruksi yang mengolah langkah-langkah yang harus diambil oleh suatu sistem atau suatu komputer.

DAFTAR ISTILAH (*lanjutan*)

Q

QFD

QFD (*Quality Function Deployment*). Metodologi dalam proses perancangan dan pengembangan produk yang mampu mengintegrasikan *voice of customer* dan karakteristik teknis ke dalam proses perancangannya.

R

Rantai nilai

Rangkaian kegiatan dalam proses bisnis suatu perusahaan atau industri yang spesifik. Rantai nilai memberikan nilai tambah produk. Kegiatan utama rantai nilai meliputi logistik bahan baku, operasi (produksi), logistik produk akhir, pemasaran, dan penjualan (permintaan), dan jasa (pemeliharaan).

Reachability matriks final

Tabel hasil akhir dari penggunaan ISM dan interpretasinya untuk setiap sub-elemen yang dikaji. Tabel ini menunjukkan hubungan kontekstual antar sub-elemen, posisi *driver power*, dan *dependence*.

Reuse

Reuse (penggunaan kembali) adalah kegiatan menggunakan kembali material atau bahan yang masih layak pakai. Sebagai contoh, kemasan yang sudah digunakan untuk mengemas produk SIR dapat digunakan kembali untuk mengemas produk SIR.

Recycle

Recycle (mendaur ulang) adalah kegiatan mengolah kembali atau mendaur ulang. Pada prinsipnya, kegiatan ini memanfaatkan barang bekas dengan cara mengolah materinya untuk dapat digunakan lebih lanjut.

Reduce

Reduce (mengurangi) adalah kegiatan mengurangi pemakaian atau pola perilaku masyarakat yang dapat mengurangi produksi sampah, serta tidak melakukan pola konsumsi yang berlebihan.

Responden

Penjawab atas pertanyaan yang diajukan untuk kepentingan penelitian.

RM

RM (*Reachability Matriks*). Tabel dalam metode ISM yang mengganti parameter V, A, X, O menjadi bilangan 1 dan 0.

DAFTAR ISTILAH (*lanjutan*)

Reverse logistic

Pengembalian barang dari konsumen kepada distributor, untuk memanfaatkan kembali kegunaan suatu barang, karena barang rusak/tidak sesuai pesanan atau karena proses pembuangan barang tersebut.

S

Seven green wastes

Tujuh jenis sumber pembangkit limbah, yang terdiri atas pemakaian energi, air, material, sampah, transportasi, emisi, dan biodiversitas.

Sistem

Seperangkat unsur yang saling terkait membentuk suatu totalitas.

Sislognas (Sistem Logistik Nasional)

Sislognas (Sistem Logistik Nasional). Suatu sistem yang mampu menjamin berlangsungnya proses distribusi barang dari satu tempat ke tempat lain dengan baik dan sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan dalam skala nasional.

Sistranas

Sistranas (Sistem Transportasi Nasional). Tatanan transportasi yang terorganisir secara kesisteman terdiri dari transportasi jalan, transportasi kereta api, transportasi sungai dan danau, transportasi penyeberangan, transportasi laut, transportasi udara, serta transportasi pipa. Setiap sistem transportasi tersebut terdiri dari sarana dan prasarana, kecuali pipa, yang saling berinteraksi dengan dukungan perangkat lunak dan perangkat pikir membentuk suatu sistem pelayanan transportasi yang efektif dan efisien. Fungsinya adalah melayani perpindahan orang dan atau barang, yang terus berkembang secara dinamis.

Slab

Slab adalah bekuan lateks yang digumpalkan dengan sengaja dengan cara menambah zat koagulan/penggumpal. Slab ini biasanya berbentuk bantalan dengan ukuran 40 x 30 x 10 cm. Kadar karet kering yang terdapat dalam slab bervariasi antara 30% - 60%.

SNI

SNI (Standar Nasional Indonesia) merupakan satu-satunya standar yang berlaku secara nasional di Indonesia. SNI dirumuskan oleh Panitia Teknis dan ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN).

SSIM

SSIM (*Structural Self-Interaction Matrix*). Tabel dalam metode ISM yang menggambarkan hubungan antar sub-elemen dengan simbol V, A, X, O.

DAFTAR ISTILAH (*lanjutan*)

SIR

SIR (Standard Indonesian Rubber). Standar dasar yang dijadikan acuan pada penentuan jenis produk karet di Indonesia. *SIR* diperoleh dari karet alam yang dihasilkan dari pengolahan bahan olah karet yang berasal dari getah batang pohon *Hevea Brasiliensis* secara mekanis dengan atau tanpa kimia, serta mutunya ditentukan secara spesifikasi teknis. *SIR* digolongkan dalam 6 jenis mutu yaitu *SIR 3 CV (Constant Viscosity)*, *SIR 3 L (Light)*, *SIR 3 WF (Whole Field)*, *SIR 5*, *SIR 10* dan *SIR 20*. Perbedaannya adalah pada tingkat kadar kotoran, dan pada bahan olahan yang dipakai. *SIR 3 CV*, *SIR 3 L* dan *SIR 3 WF* dibuat dari Lateks. *SIR 5*, *SIR 10* dan *SIR 20* dibuat dari koagulum lateks.

Sub-elemen

Bagian dari elemen yang ada pada metode ISM.

T

TOPSIS

TOPSIS (Technique for Others Preference by Similarity to Ideal Solution). Metode pengambilan keputusan multikriteria yang pertama kali diperkenalkan oleh Hwang dan Yoon (1981).

TLS

TLS (Traffic Light System). Metode yang berfungsi sebagai penanda skor IKU memerlukan suatu perbaikan atau tidak. Indikator dari *TLS* ini direpresentasikan dengan warna : merah, kuning dan hijau.

U

UPPB

UPPB (Unit Pengolahan dan Pemasaran Bahan olah karet). Unit usaha yang dibentuk oleh dua atau lebih kelompok pekebun karet sebagai tempat penyelenggaraan bimbingan teknis pekebun, pengolahan, penyimpanan sementara dan pemasaran bokar.

V

V, A, X, O

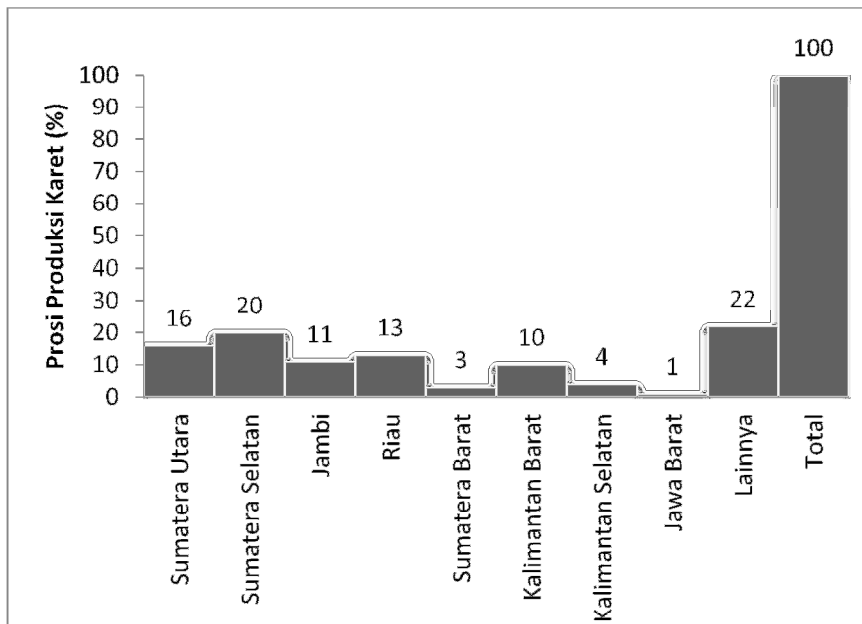
Penilaian dalam ISM :

- V : Jika sub-elemen yang ke-i lebih dahulu terpengaruh dibandingkan dengan sub-elemen yang ke-j.
- A: Jika sub-elemen yang ke-j lebih dahulu terpengaruh dibandingkan dengan sub-elemen yang ke-i.
- X: Jika kedua sub-elemen yang dibandingkan secara bersama-sama terpengaruh oleh program.
- O : Jika kedua sub-elemen yang dibandingkan sama-sama tidak terpengaruh oleh program.

1 PENDAHULUAN

Latar Belakang

Karet merupakan komoditas yang sangat penting di Indonesia, karena devisa negara yang dihasilkan dari komoditas karet ini cukup besar. Dalam MP3EI (Master Plan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia) 2011 – 2025 (Kemenko Ekon 2011) dinyatakan bahwa perkebunan karet termasuk ke dalam kegiatan ekonomi utama di Indonesia dan difokuskan pada koridor ekonomi Sumatera sebagai daerah penghasil utama karet sebesar 63% seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Porsi produksi karet menurut Provinsi di Indonesia dalam MP3EI

Indonesia seperti halnya Thailand dan Malaysia tergabung dalam *International Tripartite Rubber Council (ITRC)* karena ketiga negara tersebut pada saat pembentukannya pada tahun 2001 merupakan penghasil karet alam terbesar. Thailand menjadi negara penghasil karet alam terbesar dengan produksi karet pada tahun 2015 sebesar 4.473 juta ton, sementara Indonesia di peringkat kedua dengan produksi karet pada periode yang sama sebesar 3.1754 juta ton kemudian disusul oleh Vietnam dengan produksi 1.017 juta ton pada periode yang sama. Seiring pertumbuhan industri dan ekonomi dunia, kebutuhan akan karet sebagai bahan industri akan terus meningkat. Konsumsi karet alam global tahun 2015 diperkirakan mencapai 12.314 juta ton atau tumbuh 1.6% (IRSG 2016).

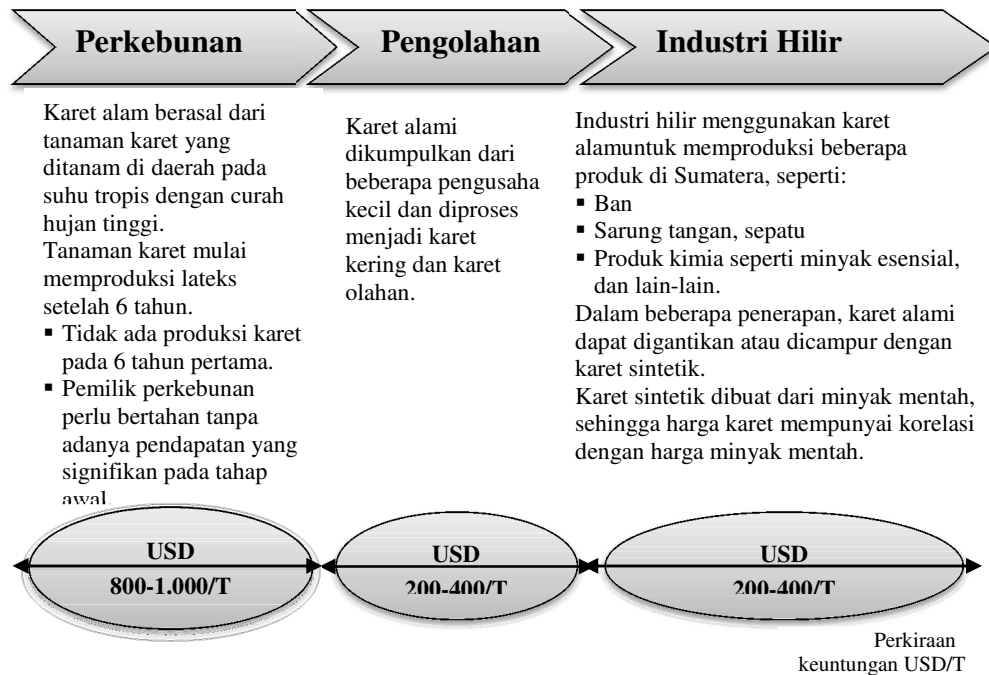
Apabila ditinjau dari sisi luas, Indonesia memiliki lahan kebun karet terluas di dunia yaitu 3.4 juta ha. Namun demikian, produktivitas kebun karet Indonesia masih sangat rendah yaitu sebesar 1.036 ton/ha/tahun

dibandingkan dengan Thailand sebesar 1.4 ton/ha/tahun. Kebun karet di Indonesia sebagian besar (85%) dimiliki rakyat dan pengelolaannya masih belum dilakukan secara optimal sehingga berpengaruh terhadap produktivitas kebun karet nasional yang masih rendah (Kementan 2015).

Kekuatan sumber daya luas lahan dan konsumsi yang semakin meningkat tidak diimbangi dengan nilai ekonomi yang diperoleh. Persaingan pasar yang semakin ketat, pasokan bahan baku sering terlambat dan sistem manajemen logistik yang buruk juga menjadi kendala dalam proses pengelolaan agroindustri karet seperti halnya pada agroindustri *crumb rubber* (karet remah). Agroindustri *crumb rubber* di Indonesia hanya beroperasi dengan utilisasi di bawah 70% dari kapasitas terpasang karena sulitnya mendapatkan bahan olah karet atau bokar (Tunas *et al.* 2013). Peningkatan produktivitas perkebunan karet rakyat perlu dilakukan secara proporsional untuk memenuhi kebutuhan agroindustri *crumb rubber* yang disesuaikan dengan daya serap pasar.

Agar komoditas karet dapat tetap bersaing di pasar domestik maupun internasional dibutuhkan efisiensi dan efektifitas dalam pengelolaan manajemen logistik karet di Indonesia mulai dari produsen (pekebun) hingga ke pengguna akhir (konsumen). Saat ini, pola pemasaran bokar dari pekebun hingga ke industri/eksportir umumnya masih menggunakan kelembagaan tradisional dengan jalur cukup panjang yang mengakibatkan efisiensi dan efektifitas pada agroindustri karet menjadi rendah (Haris 2006).

Dalam MP3EI kegiatan ekonomi utama karet dibagi menjadi tiga yaitu perkebunan, proses pengolahan, dan pemanfaatan karet dengan nilai tambah melalui industri hilir karet. Kegiatan rantai nilai karet ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Rantai nilai kegiatan ekonomi utama karet dalam MP3EI

Sumber : (Kemenko Ekon 2011)

Pada tiap rantai nilai kegiatan ekonomi utama karet di Indonesia dalam MP3EI seperti ditunjukkan Gambar 2 memiliki banyak kelemahan (Kemenko Ekon 2011) :

1. Pada rantai nilai perkebunan, Indonesia memiliki produktivitas karet yang rendah yaitu sekitar 30-40 persen dibandingkan Thailand, Vietnam, atau Malaysia. Di samping itu, peran pengusaha kecil di negara-negara lain lebih besar daripada di Indonesia. Produktivitas perkebunan karet yang rendah di Indonesia disebabkan oleh kualitas bibit yang rendah, pemanfaatan lahan perkebunan yang tidak optimal, dan pemeliharaan tanaman yang buruk.
2. Pada rantai nilai pengolahan yang merupakan bagian penting untuk kegiatan ekonomi utama karet ini. Masalah di rantai nilai ini antara lain lokasi kebun karet rakyat yang tersebar dalam luasan yang sempit, rantai pemasaran yang panjang, mutu bokar yang rendah serta beragam dan sistem penjualan bokar masih didasarkan atas berat basah, sehingga bokar yang diperdagangkan hanya berkadar 40 – 50 % selebihnya adalah air dan kotoran. Karena kondisi ini menyebabkan biaya angkut yang tinggi dan ada resiko susut yang harus ditanggung oleh pedagang antara dan pada akhirnya berpengaruh terhadap harga yang diterima petani. Artinya dengan semakin besar biaya dan jasa pemasaran maka bagian harga yang diterima petani semakin rendah. Adanya pihak-pihak perantara yang mengumpulkan hasil-hasil dari pengusaha kecil perkebunan karet ini juga membuat harga yang diterima petani karet menjadi rendah. Di Indonesia, petani karet hanya mendapatkan sekitar 50 - 60 persen dari harga jual keseluruhan, sedangkan di Thailand dan Malaysia mencapai sekitar 90 persen.
3. Pada rantai nilai industri hilir, saat ini, hanya 15 persen dari produksi hulu dikonsumsi oleh industri hilir di Indonesia dan sisanya 85 persen dari karet alami merupakan komoditi ekspor. Karet alam dan karet sintetik digunakan sebagai bahan baku ban dengan tingkat kandungan karetnya antara 40 sampai 60 persen, dan ditambah berbagai bahan lain. Hasil industri hilir karet antara lain sol sepatu, vulkanisir ban, barang karet untuk industri. Sedangkan lateks pekat dapat dijadikan sebagai bahan baku sarung tangan, kondom, benang karet, balon, busa bantal dan kasur, dan lain-lain.

Dalam MP3EI, disebutkan pula bahwa salah satu kebijakan pemerintah dalam pengembangan kegiatan ekonomi utama karet adalah meningkatkan efisiensi rantai nilai pengolahan dan pemasaran dengan melaksanakan secara efektif undang-undang no. 18 tahun 2008 tentang Perkebunan (saat ini sudah berlaku undang-undang no. 39 tahun 2014 tentang Perkebunan) dan aturan pelaksanaannya seperti: Peraturan Menteri Pertanian No. 38 Tahun 2008 tentang Pedoman Pengolahan dan Pemasaran Bahan Olah Karet dan Peraturan Menteri Perdagangan No. 53 Tahun 2009 tentang Pengawasan Mutu Bahan Olah Komoditi Ekspor SIR yang Diperdagangkan (Kemenko Ekon 2011).

Dengan tingkat efisiensi dan efektifitas yang tinggi pada rantai nilai pengolahan dan pemasaran maka akan dapat dicapai peningkatan produktivitas dalam pengelolaan agroindustri karet di Indonesia. Untuk

mencapai tingkat efisiensi dan efektifitas yang tinggi perlu diintegrasikan dan disinergikan dengan beberapa komponen pembentuk postur konektivitas nasional yaitu: Sislognas (Sistem Logistik Nasional) dalam Setkab (2012) dan Sistranas (Sistem Transportasi Nasional) dalam Kemenhub (2005) ke dalam satu perencanaan terpadu logistik ramah lingkungan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

SISLOGNAS	SISTRANAS
1. Penentuan <i>Key Commodities</i>	1. Keselamatan Transportasi
2. Penguatan Jasa Logistik	2. Pengusahaan Transportasi
3. Jaringan Infrastruktur	3. Jaringan Transportasi
4. Peningkatan Kapasitas SDM	4. Peningkatan SDM dan Iptek
5. Peningkatan ICT	5. Pemeliharaan Kualitas Lingkungan Hidup
6. Harmonisasi Regulasi	6. Penyediaan Dana Pembangunan
7. Perlu Dewan Logistik Nasional	7. Peningkatan Administrasi Negara

Gambar 3 Komponen Sislognas dan Sistranas

Sumber : Kemenko Ekon (2011)

Gambar 3 menunjukkan adanya komponen pemeliharaan kualitas lingkungan hidup pada Sistranas. Oleh karena itu perlu adanya suatu desain logistik agroindustri karet yang berbasiskan pada konsep logistik ramah lingkungan, sehingga tidak hanya menghasilkan efisiensi dan efektifitas dalam rantai nilai pengolahan dan pemasaran tetapi juga memperhatikan kualitas lingkungan hidup.

Beberapa penelitian terdahulu dalam bidang agroindustri karet telah dilakukan Carr (2005), Haris (2006), Iqbal *et al.* (2006), Tekasakul dan Tekasakul (2006), Utomo (2008), Riadi *et al.* (2011), Saputra (2012), Tamulis *et al.* (2012), Suwan-Acharya dan Lahteh (2012a), Suwan-Acharya dan Lahteh (2012b), Darmawan *et al.* (2012), Erni (2012), Hasibuan (2012), Putra (2012), Nurmalina *et al.* (2013), Suharman *et al.* (2013), Marimin *et al.* (2014), Baihaqi (2014), Rugesty (2014), Marizka *et al.* (2015) dan Teniwut (2016). Selanjutnya dalam bidang logistik ramah lingkungan telah dilakukan beberapa penelitian terdahulu oleh Geroliminis dan Daganzo (2005), Hickford dan Cherrett (2007), McKinnon (2007), Sbihi dan Eglese (2007), Cherrett *et al.* (2009), Klumpp *et al.* (2009),

Leonardi *et al.* (2009), McKinnon (2010), Zheng dan Zhang (2010), Beskovnik dan Jakomin (2010), Čepinskis dan Masteika (2011), Angheluta dan Costea (2011), Choudhary dan Seth (2011), Kim dan Han (2011), Suwan-Achariya dan Lahteh (2012a), Suwan-Achariya dan Sa-Ngobsuk (2012), Beskovnik dan Twrdy (2012), Cojocariu (2012a), Cojocariu (2012b), Dekker *et al.* (2012), Deng dan Huang (2012), Hussin *et al.* (2012), Shan (2012), Nylund (2012), Plas (2012), Pereira *et al.* (2013), Indrasari *et al.* (2014), Guan (2015) dan Kumar (2015). Namun penelitian-penelitian tersebut tidak mengkaji aspek logistik ramah lingkungan dalam proses bisnis agroindustri karet secara lebih komprehensif.

Logistik ramah lingkungan didefinisikan sebagai upaya untuk mengukur dan meminimalkan dampak lingkungan dari kegiatan logistik yang meliputi transportasi, penyimpanan, pengemasan, perpindahan bahan, pengolahan dan distribusi (Gunjal *et al.* 2015 dan Saroha 2014). Dewasa ini terdapat kecenderungan konsumen bersedia membayar lebih untuk produk dari perusahaan yang peduli lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini akan melakukan pengkajian lebih mendalam untuk membuat logistik ramah lingkungan lebih menarik dari sudut pandang bisnis dan sosial dalam suatu agroindustri, seperti halnya agroindustri karet.

Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan penelitian dalam disertasi ini disusun berdasarkan uraian latar belakang di atas, yaitu:

- a. Faktor-faktor apa saja yang ada pada elemen-elemen kunci dalam struktur permasalahan logistik ramah lingkungan agroindustri karet?
- b. Faktor-faktor apa saja yang perlu dipertimbangkan dalam memilih pemasok bahan olah karet?
- c. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi logistik proses agroindustri karet?
- d. Atribut kualitas apa saja yang harus diperhatikan dalam desain kemasan produk SIR 20?
- e. Bagaimana logistik proses agroindustri *crumb rubber* yang terjadi sekarang (*current state*)?
- f. Bagaimana kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet?
- g. Berapa nilai indeks kinerja utama logistik ramah lingkungan agroindustri karet?
- h. Faktor-faktor apa saja yang ada pada perancangan model konseptual logistik ramah lingkungan agroindustri karet?
- i. Bagaimana model konseptual logistik ramah lingkungan agroindustri karet?

Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini adalah mendapatkan model logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Tujuan khusus penelitian ini adalah merancang :

- a. Model analisis elemen-elemen kunci yang berpengaruh terhadap logistik ramah lingkungan.
- b. Model seleksi pemasok bokar potensial pada agroindustri *crumb rubber*.
- c. Model analisis logistik proses agroindustri *crumb rubber*.
- d. Model desain atribut kemasan SIR 20 yang sesuai keinginan konsumen dan ramah lingkungan.
- e. Model evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan.
- f. Model konseptual logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Manfaat Penelitian

Kegunaan penelitian ini adalah :

- a. Dapat memberi informasi dan sumbangan pemikiran yang bermanfaat bagi pihak-pihak yang terlibat dalam rangka menentukan kebijakan logistik agroindustri karet.
- b. Dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi pengusaha (sektor swasta) dalam rangka pelaksanaan investasi pada sektor agroindustri karet, khususnya pada aspek logistik ramah lingkungan.
- c. Dapat dipakai sebagai sumber acuan untuk mengkaji dan meneliti logistik ramah lingkungan pada agroindustri karet.

Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah :

- a. Aktivitas logistik yang dikaji pada penelitian ini dibatasi mulai dari penentuan elemen kunci agroindustri karet, pengadaan bokar, proses manufaktur, pengemasan SIR 20 dan kinerja dari pengadaan hijau, manufaktur hijau, distribusi hijau dan *reverse logistic*.
- b. Lokasi penelitian untuk pengambilan data utama penelitian adalah di wilayah Provinsi Sumatera Selatan, dengan pertimbangan wilayah ini merupakan daerah penghasil karet terbesar di Indonesia dan mempunyai rantai pemasaran karet yang cukup lengkap dari mulai kebun hingga ke industri hilir.
- c. Agroindustri karet yang dijadikan sampel penelitian adalah agroindustri *crumb rubber* di Palembang, Sumatera Selatan.

2 TINJAUAN PUSTAKA

Agroindustri Karet

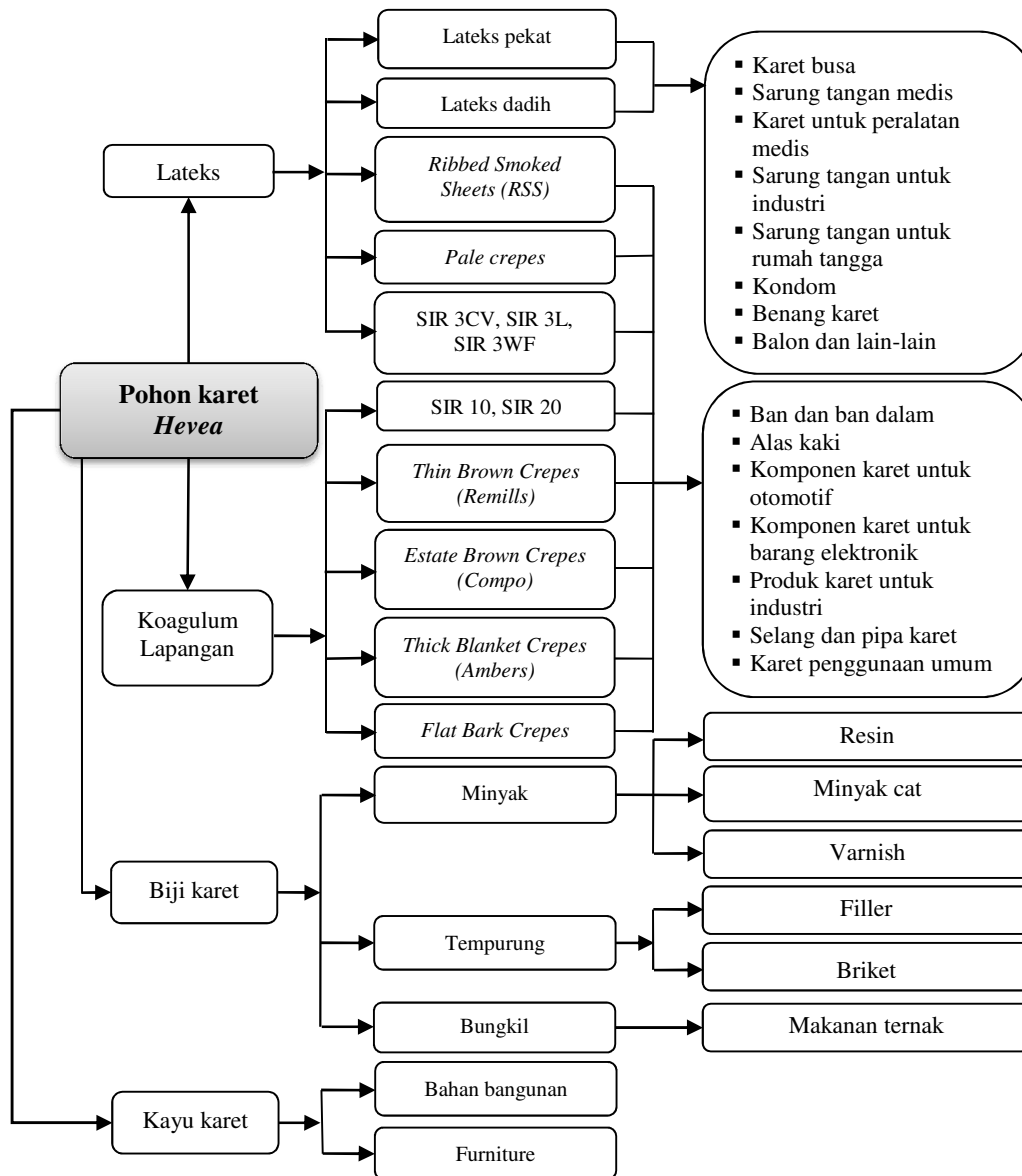
Agroindustri mempunyai peranan penting dan potensial untuk mempercepat transformasi perekonomian dari struktur pertanian ke struktur industri. Menurut Austin (1992) agroindustri dapat memberikan kontribusi secara signifikan terhadap perkembangan dan pembangunan ekonomi pada suatu negara karena alasan berikut ini:

1. Agroindustri (secara individu) akan memberikan dampak positif terhadap perkembangan sektor pertanian secara nasional. Hal ini disebabkan agroindustri merupakan suatu metode dasar untuk mengubah atau mentransformasikan bahan baku pertanian menjadi produk jadi untuk dikonsumsi.
2. Agroindustri akan memberikan kontribusi positif terhadap perkembangan sektor manufaktur.
3. Sektor agroindustri yang mengolah komoditas pertanian menjadi bahan makanan merupakan sumber nutrisi bagi negara untuk kesejahteraan dalam rangka perkembangan penduduk.

Salah satu agroindustri yang dapat dikembangkan di Indonesia adalah agroindustri yang berbasis tanaman karet. Tanaman karet merupakan produk unggulan sub-sektor perkebunan di Indonesia bersama kelapa sawit, kelapa, tebu, kakao, kopi, teh, tembakau dan kapas. Di sektor perdagangan, karet dan produk karet juga termasuk sepuluh komoditas utama yang diprioritaskan pengembangannya baik untuk pasar domestik maupun ekspor. Di Indonesia, tanaman karet (*Hevea Brasiliensis*) telah dibudidayakan dalam pola perkebunan sejak zaman pemerintahan kolonial Belanda. Hingga sekarang, pertanaman karet masih dikelola dalam pola perkebunan yang terdiri atas perkebunan rakyat, perkebunan besar negara, dan perkebunan besar swasta. Ditunjang oleh faktor kondisi tanah dan iklim yang sesuai, tanaman karet di Indonesia dapat tumbuh subur sehingga produksinya terus meningkat.

Produk utama tanaman karet adalah getah dan kayunya. Getah karet dalam berbagai bentuk bahan olah karet merupakan bahan baku bagi berbagai industri karet, sedangkan kayu karet dipergunakan sebagai kayu gergajian untuk sektor konstruksi maupun untuk furniture. Secara rinci, pemanfaatan produk tanaman karet disajikan dalam Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan bahwa cukup banyak ragam produk yang dapat dihasilkan dari lateks, sehingga karet ini memiliki potensi yang sangat baik untuk dikembangkan. Salah satu agroindustri karet yang cukup berkembang saat ini adalah agroindustri *crumb rubber*, yang menghasilkan karet remah. Dalam agroindustri *crumb rubber*, karet kering mengalami proses pengolahan melalui tahap peremahan. Bahan baku yang digunakan dalam agroindustri *crumb rubber* adalah berupa lateks kebun atau gumpalan dalam bentuk *slab* atau *lump* yang merupakan bahan baku yang paling dominan.



Gambar 4 Struktur pohon industri karet alam

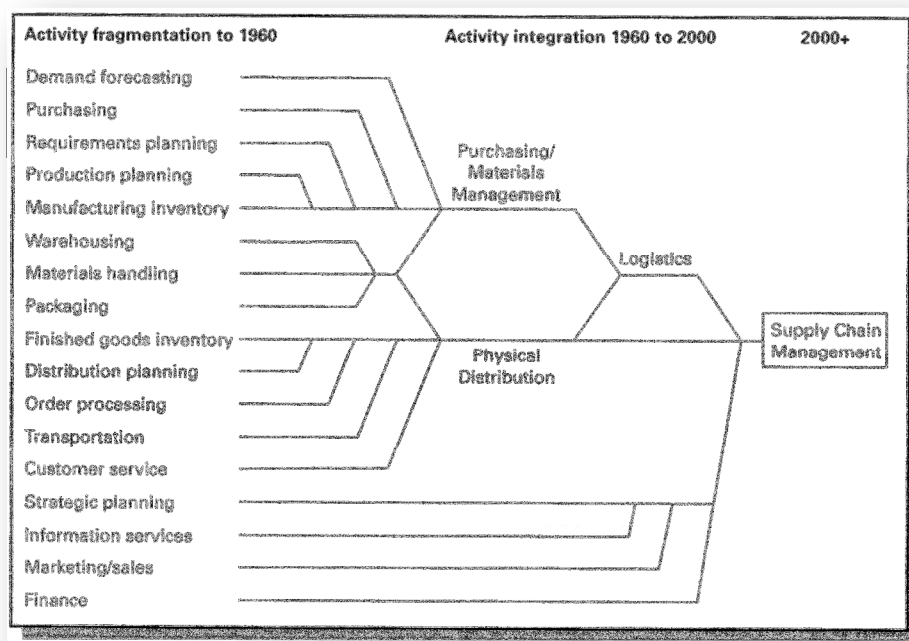
Sumber : Haris (2006) dimodifikasi

Pada level produk, pesaing utama karet adalah karet sintetis yang memiliki kelebihan seperti tahan terhadap berbagai zat kimia, harga yang cenderung stabil dan tersedia dalam jumlah yang banyak. Namun demikian, walaupun karet alam sekarang ini jumlah produksi dan konsumsinya jauh di bawah karet sintetis, tetapi sebenarnya karet alam belum dapat digantikan oleh karet sintetis. Karet alam memiliki kelebihan-kelebihan dibanding karet sintetis, seperti: memiliki daya elastis atau daya lenting yang sempurna, memiliki plastisitas yang baik sehingga pengolahannya mudah, mempunyai daya aus yang tinggi, tidak mudah panas (*low heat build up*), memiliki daya tahan yang tinggi terhadap keretakan (*groove cracking resistance*), dapat dibentuk dengan panas yang rendah dan memiliki daya lengket yang tinggi terhadap berbagai bahan (Balitri 2013).

Model Logistik Ramah Lingkungan

Logistik dapat didefinisikan sebagai alat untuk memindahkan bahan baku, barang dan orang ke tempat yang tepat pada waktu yang diinginkan. Akibatnya, logistik merupakan fungsi dan elemen yang penting dalam sistem transportasi modern, tidak hanya di tingkat nasional, tetapi juga dalam konteks global yang lebih luas. Hal ini jelas menunjukkan bahwa ekspansi logistik didukung oleh globalisasi, desentralisasi produksi dan pengembangan konsep rantai suplai (Beskovnik dan Jakomin 2010). Sedangkan *Council of Logistic Management* mendefinisikan logistik sebagai bagian dari rantai pasok yang meliputi proses merencanakan, menerapkan dan mengendalikan aliran dan penyimpanan barang yang efisien, jasa dan informasi yang berhubungan dari titik asal menuju titik konsumsi dengan tujuan untuk memuaskan keinginan konsumen (CLM 2000).

Logistik merupakan bagian dari rantai pasok seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Menurut Chopra dan Meindl (2007) rantai pasok merupakan suatu jaringan yang terdiri atas beberapa perusahaan (meliputi pemasok, pabrik, distributor dan *retailer*) yang bekerjasama dan terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dalam memenuhi permintaan pelanggan. Perusahaan tersebut melakukan fungsi pengadaan material, proses transformasi material menjadi produk setengah jadi dan produk jadi, serta distribusi produk jadi tersebut hingga ke konsumen/pengguna akhir. Perbedaan aktivitas yang dilakukan antara logistik dan rantai pasok ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Proses evolusi logistik

Sumber : Ballou (2003)

Tujuan logistik adalah untuk memenuhi kebutuhan konsumen dengan cepat, tepat dengan biaya yang minimum. Namun, banyak perusahaan yang tidak memperhatikan biaya-biaya yang berhubungan dengan dampak lingkungan dan kehidupan sosial di sekitarnya. Dampak tersebut, misalnya dampak terhadap perubahan iklim, polusi udara, kebisingan, getaran dan kecelakaan. Logistik ramah lingkungan muncul dengan mengedepankan konsep pengurangan berbagai dampak di atas sehingga logistik menjadi suatu sistem yang dapat menyeimbangkan aspek sosial, ekonomi dan lingkungan.

Logistik ramah lingkungan atau logistik hijau (*green logistic*) adalah kegiatan manajemen untuk memenuhi kepuasan konsumen dan tujuan pembangunan sosial, menghubungkan pasokan dan permintaan yang hijau, mengatasi hambatan ruang dan waktu untuk mencapai efisiensi dan efektifitas logistik barang atau jasa. Hal ini diperlukan untuk menghambat kerusakan lingkungan, sehingga dapat mencapai logistik ramah lingkungan secara utuh dengan menggunakan sumber daya secara optimal. Logistik ramah lingkungan merupakan konsep multi-level yang meliputi aktivitas bisnis logistik ramah lingkungan dan aktivitas sosial dalam mengatur, membuat standarisasi dan melakukan kontrol terhadap logistik ramah lingkungan (Zheng dan Zhang 2010).

Dalam model logistik ramah lingkungan seperti ditunjukkan pada Gambar 6, terdapat beberapa aspek yang dimonitor seperti : pemasok, manufaktur, ritel dan konsumen yang semuanya berbasiskan konsep hijau.

	Sistem Monitoring Logistik Hijau			
Sistem Rantai Pasok Hijau	Pemasok Hijau	Manufaktur Hijau	Ritel Hijau	Konsumen Hijau
	Sistem Informasi Logistik Hijau			
Infrastruktur	Sistem Logistik Hijau (Distribusi, daur ulang, pengemasan, dan lain-lain)			
	Sistem Terpadu Transportasi Hijau (pusat transportasi, sarana transportasi, jaringan transportasi)			

Gambar 6 Model logistik ramah lingkungan

Sumber : Yingjing dan Juanjuan (2009)

Gambar 6 menunjukkan bahwa dalam model logistik ramah lingkungan dilakukan sistem monitoring terhadap pemasok, manufaktur, ritel dan konsumen berbasis *green* (hijau). Untuk itu diperlukan infrastruktur berupa sistem informasi, sistem logistik dan sistem terpadu dari transportasi yang juga berbasis hijau. Model logistik ramah lingkungan pada Gambar 6, khususnya pada bagian infrastruktur sistem logistik hijau menjadi dasar dalam perancangan model pada penelitian ini yang meliputi model elemen kunci, distribusi/pengadaan bahan baku, proses manufaktur, pengemasan dan kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Kemasan Ramah Lingkungan

Pengkemasan merupakan proses yang berkaitan dengan perancangan dan pembuatan wadah atau pembungkus suatu produk (Tjiptono 2006). Produk yang dikemas sesuai dengan konsep hijau adalah produk hijau (produk ramah lingkungan) yang memiliki ciri : *degradable* yaitu dapat diuraikan oleh tanah, *photogradable* hancur oleh sinar matahari dan hujan dalam waktu yang lama, *biogradable* terurai ketika dibuang ke tempat pembuangan sampah dan *recyclable* yaitu dapat didaur ulang (Sumarwan 2011). Kemasan yang memperhatikan keselarasan lingkungan dikenal sebagai kemasan ramah lingkungan, yang muncul seiring dengan tumbuhnya isu pemanasan global dan pencemaran lingkungan. Dalam kemasan ramah lingkungan, terdapat tiga faktor penting, yakni *reduce* (mengurangi), *reuse* (menggunakan kembali) dan *recycle* (mendaur ulang).

Proses untuk mendesain kemasan menjadi bisnis kreatif yang mengkaitkan bentuk, struktur, material, warna, citra, tipografi, dan elemen-elemen desain dengan informasi produk agar produk dapat dipasarkan (Klimchuk dan Krasovec 2013). Dalam proses desain kemasan terdapat 5 prinsip fungsional: (1) Pada kemasan ini harus disampaikan secara jujur tentang jenis produk, dan kegunaannya; (2) Kemasan secara fisik, sehingga kekuatan menjadi prinsip utama. Fungsinya sebagai pelindung produk dari benturan, gesekan, guncangan, hentakan dan lain-lain; (3) Kemasan yang nyaman dipakai. Memberikan rasa nyaman jika disentuh, permukaannya tidak melukai, lentur saat digenggam, mudah dibersihkan, disimpan, stabil bila diletakkan. Kemasan yang dapat didaur ulang sangat diutamakan; (4) Kemasan yang mampu menampilkan citra produk dan segmentasi pasar pemakainya, terutama yang berkaitan dengan imajinasi, selera, dan fantasi pengguna. Kemasan harus mampu menerjemahkan siapa pemakainya, status sosial, di mana dan jenis perilaku seperti apa pemakai produk tersebut. Keunikan menjadi nilai penting; dan (5) Kemasan yang berprinsip mendukung keselarasan lingkungan. Kemasan yang baik adalah yang mudah didaur ulang (*recycle*) ke produk baru dan tidak terkontaminasi, bisa dilebur dan dibuat kembali ke produk (*re-use*) asal (Sawitri 2007).

Untuk mendorong penggunaan kemasan ramah lingkungan di Indonesia, perlu mendapat dukungan pemerintah dan konsumen. Pemerintah Indonesia melalui Kemenkumham (2008) telah mengeluarkan UU No.18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Pada pasal 20 ayat 3 disebutkan bahwa pelaku usaha menggunakan bahan produksi yang menimbulkan sampah sesedikit mungkin, dapat digunakan ulang, dapat didaur ulang, dan/atau mudah diurai oleh proses alam. Pada pasal 14 juga disebutkan setiap produsen harus mencantumkan label atau tanda yang berhubungan dengan pengurangan dan penanganan sampah pada kemasan dan/atau produknya. Pada pasal 15 disebutkan produsen wajib mengelola kemasan dan/atau barang yang diproduksinya yang tidak dapat atau sulit terurai oleh proses alam. Selanjutnya, untuk mendorong penggunaan kemasan ramah lingkungan juga memerlukan dukungan konsumen untuk membeli produk yang menggunakan kemasan ramah lingkungan walaupun dengan harga sedikit lebih mahal.

Pendekatan Sistem

Pendekatan sistem (*system approach*) merupakan cara penyelesaian persoalan yang dimulai dengan melakukan identifikasi terhadap adanya sejumlah kebutuhan-kebutuhan sehingga dapat menghasilkan suatu operasi dari sistem yang dianggap efektif (Eriyatno 1999). Terdapat tiga tahapan yang harus dilakukan dalam pendekatan sistem ini, yaitu analisis kebutuhan, formulasi permasalahan, dan identifikasi sistem.

Analisis Kebutuhan

Pada logistik ramah lingkungan agroindustri karet ini terdapat beberapa pihak yang secara langsung maupun tidak langsung terlibat di dalamnya. Analisis kebutuhan masing-masing pihak merupakan permulaan pengkajian dari pendekatan suatu sistem. Pada analisis kebutuhan ini ditentukan kebutuhan dari pihak-pihak terkait yang merupakan pelaku logistik ramah lingkungan agroindustri karet seperti ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1 Analisis kebutuhan logistik ramah lingkungan agroindustri karet

No.	Pihak	Kebutuhan	Sub-Model
1	Pekebun/petani/pemasok	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meningkatnya jumlah produksi bokar. ▪ Terjaminnya stabilitas harga bokar. ▪ Terjaminnya pemasaran bokar. ▪ Meningkatnya kemampuan petani dalam budidaya karet. ▪ Peningkatan pendapatan dan kesejahteraan pekebun. ▪ Kemudahan memperoleh kredit dari lembaga pembiayaan. ▪ Perluasan usaha pekebun. ▪ Meningkatnya kinerja petani dalam pengadaan bokar. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analisis Elemen Kunci ▪ Seleksi Pemasok Bokar. ▪ Evaluasi Kinerja
2	Pengusaha agroindustri <i>crumb rubber</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontinuitas pasokan bokar lancar. ▪ Meningkatnya kualitas bokar yang dihasilkan petani/pekebun sesuai SNI. ▪ Meningkatnya kualitas proses bisnis agroindustri karet. ▪ Meningkatnya efisiensi dan efektifitas agroindustri karet. ▪ Meningkatnya produktivitas dan profitabilitas agroindustri karet. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analisis Elemen Kunci ▪ Logistik Proses ▪ Evaluasi Kinerja
3	Pengusaha industri pengguna SIR 20 (industri ban)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meningkatnya kualitas kemasan produk SIR 20. ▪ Semakin tingginya kualitas SIR 20. ▪ Semakin terjaminnya pasokan SIR 20. ▪ Meningkatnya kinerja logistik dalam pengemasan produk SIR 20. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analisis Elemen Kunci ▪ Desain atribut kemasan ▪ Evaluasi Kinerja

Tabel 1 Analisis kebutuhan logistik ramah lingkungan agroindustri karet (*lanjutan*)

No.	Pihak	Kebutuhan	Sub-Model
4	Koperasi dan Lembaga Pembiayaan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meningkatnya investasi di bidang agroindustri karet. ▪ Lancarnya pembayaran pinjaman kredit. ▪ Meningkatnya kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet pada level petani/pemasok, proses manufaktur, proses distribusi dan <i>reverse logistic</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluasi Kinerja
5	Lembaga Pendamping	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meningkatnya kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet pada level petani/pemasok, proses manufaktur, proses distribusi dan <i>reverse logistic</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analisis Elemen Kunci ▪ Evaluasi Kinerja
6	Pemerintah daerah	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meningkatnya kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet pada level petani/pemasok, proses manufaktur, proses distribusi dan <i>reverse logistic</i>. ▪ Meningkatnya investasi di bidang agroindustri karet. ▪ Meningkatnya lapangan kerja di bidang agroindustri karet. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analisis Elemen Kunci ▪ Evaluasi Kinerja

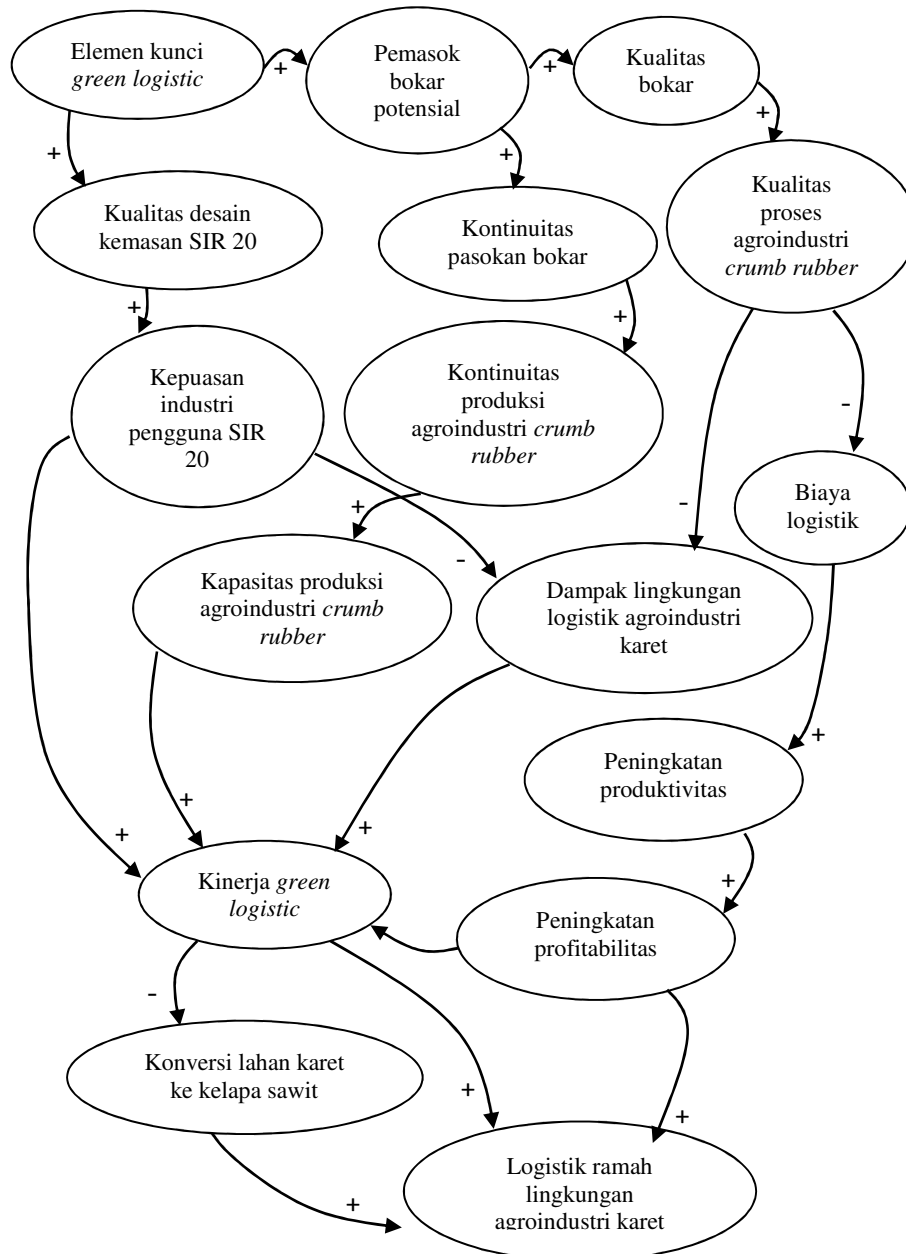
Formulasi Permasalahan

Pada dasarnya permasalahan dalam logistik ramah lingkungan agroindustri karet ini adalah :

- a. Indonesia memiliki lahan kebun karet terluas di dunia, namun demikian produktivitas kebun karet Indonesia masih sangat rendah.
- b. Karet termasuk ke dalam kegiatan ekonomi utama dan komoditas yang sangat penting di Indonesia, sehingga harus ditingkatkan efisiensi dan efektifitas pada tahapan rantai nilai sehingga akan lebih menguntungkan semua pihak.
- c. Belum lancarnya pasokan boker bersih ke agroindustri *crumb rubber*.
- d. Belum efektif dan efisiennya logistik pada tahapan pengadaan boker, proses manufaktur dan distribusi produk yang dihasilkan agroindustri *crumb rubber*.
- e. Dampak lingkungan agroindustri *crumb rubber* masih cukup tinggi.
- f. Desain kemasan produk agroindustri karet umumnya belum ramah lingkungan.
- g. Rendahnya kinerja logistik ramah lingkungan mulai dari logistik pengadaan bahan baku (boker), logistik proses manufaktur dan logistik produk yang dihasilkan.
- h. Tingginya biaya logistik, sebagai akibat kelemahan logistik agroindustri *crumb rubber*.
- i. Belum adanya kerjasama kemitraan yang menguntungkan semua pihak yang terlibat dalam pengembangan logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Identifikasi Sistem

Identifikasi sistem bertujuan untuk memberikan gambaran terhadap sistem yang dikaji dalam bentuk diagram. Diagram yang digunakan adalah diagram lingkaran sebab-akibat (Gambar 7) dan diagram keterkaitan model dengan *stakeholders* (Gambar 8). Diagram lingkaran sebab akibat yang menggambarkan hubungan antar komponen dalam logistik ramah lingkungan agroindustri karet.



Gambar 7 Diagram lingkaran sebab akibat logistik ramah lingkungan agroindustri karet

Model	Metoda	Input	Proses	Output	Stakeholders
Analisis elemen kunci	ISM	Sub elemen pada : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sektor masyarakat ▪ Kebutuhan program ▪ Kendala utama ▪ Perubahan yang dimungkinkan ▪ Tujuan ▪ Tolok ukur keberhasilan program ▪ Aktivitas yang dibutuhkan ▪ Ukuran aktivitas ▪ Lembaga yang terlibat 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identifikasi elemen dan sub-elemen ▪ Pengumpulan pendapat pakar. ▪ Menyusun SSIM dengan simbol V, A, X, O. ▪ Merancang tabel <i>RM</i> mengganti V, A, X, O menjadi bilangan 1 dan 0. ▪ Mengkaji menurut aturan <i>transitivity</i>. ▪ Penetapan pilihan jenjang (<i>level partition</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elemen kunci ▪ Hirarki sub elemen ▪ Posisi sub elemen pada empat sektor 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pekebun ▪ Pengusaha agroindustri (<i>crumb rubber</i> dan ban) ▪ Koperasi dan Lembaga Pembiayaan ▪ Lembaga Pendamping ▪ Pemerintah daerah
Seleksi pemasok bokar	AHP-TOPSIS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kriteria seleksi pemasok bokar ▪ Alternatif pemasok bokar ▪ Nilai perbandingan berpasangan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Penentuan bobot prioritas kriteria ▪ Penentuan bobot prioritas global 	Ranking pemasok bokar potensial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pekebun ▪ Pengusaha agroindustri <i>crumb rubber</i>
Analisis logistik proses	GVSM	Waktu proses dan sumber limbah hijau: air, energi, material dan emisi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identifikasi dan analisis sumber limbah hijau ▪ Perancangan <i>current state</i> dan <i>future state</i> GVSM 	<i>Future state</i> GVSM	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pengusaha agroindustri (<i>crumb rubber</i> dan ban)
Desain atribut kemasan	Fuzzy AHP, GQFD	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Suara konsumen ▪ Karakteristik teknis ▪ Matriks hubungan antara suara konsumen dan karakteristik teknis ▪ Matriks hubungan antara karakteristik teknis 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identifikasi keinginan konsumen ▪ Analisis lingkungan kemasan SIR 20 ▪ Desain rumah mutu kemasan SIR 20 	Bobot prioritas atribut kemasan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pengusaha agroindustri karet. ▪ Pengusaha industri pengguna SIR 20.
Evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan	AHP, OMAX, TLS	Indeks kinerja utama (IKU): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pengadaan hijau ▪ Manufaktur hijau ▪ Distribusi hijau ▪ <i>Reverse logistic</i> 	Evaluasi kinerja : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Perspektif ▪ Objektif ▪ IKU Logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Nilai kinerja logistik ramah lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pekebun. ▪ Pengusaha agroindustri (<i>crumb rubber</i> dan ban) ▪ Koperasi dan lembaga pembiayaan ▪ Lembaga pendamping ▪ Pemerintah daerah

Gambar 8 Diagram keterkaitan model logistik ramah lingkungan agroindustri karet dengan *stakeholders*

Gambar 8 menunjukkan keterkaitan model, metode yang digunakan, input, proses, output yang dihasilkan dan *stakeholders* pada model logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Selanjutnya kedua diagram tersebut, yaitu diagram sebab akibat dan diagram keterkaitan model dengan pengguna digunakan sebagai dasar dalam mengembangkan model logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Teknik Pendukung

Interpretative Structural Modelling (ISM)

ISM menganalisis elemen-elemen sistem dan memecahkannya dalam bentuk grafik dari hubungan langsung antar elemen dan tingkat hirarki. ISM merupakan proses transformasi model dari suatu sistem yang sulit diartikulasikan, menjadi terlihat, sehingga model dapat didefinisikan dan berguna untuk berbagai tujuan dan dapat diterapkan pada suatu sistem untuk dapat lebih memahami hubungan langsung dan hubungan tidak langsung antar komponen dalam sistem (Upadhye *et al.* 2014; Gorrveit dan Liu 2006). ISM sebagaimana diaplikasikan oleh Bhattacharya dan Momaya (2009); Takkar *et al.* (2008); dan Bolanos *et al.* (2005) juga dapat didefinisikan sebagai metodologi perencanaan interaktif canggih yang memungkinkan sekelompok orang, yang bekerja sebagai tim, mengembangkan struktur yang dapat mendefinisikan hubungan di antara elemen-elemen dalam suatu himpunan. Struktur diperoleh dengan menjawab pertanyaan sederhana. Elemen yang terstruktur (seperti tujuan, hambatan, masalah, dan sebagainya) ditentukan oleh kelompok pada awal sesi perencanaan ISM. Teknik ISM juga dikenal sebagai suatu metode yang melakukan proses pengkajian kelompok yang menghasilkan model-model struktural guna memotret perihal yang kompleks dari suatu sistem, melalui pola yang dirancang secara seksama dengan menggunakan grafik serta kalimat. Teknik ISM terutama ditujukan untuk pengkajian suatu tim, namun bisa juga dipakai oleh seseorang peneliti (Eriyatno 1999). Teknik ISM pada dasarnya merupakan analisis kumpulan pendapat dari para pakar yang dinyatakan dengan hubungan kontekstual. Berdasarkan hubungan kontekstual tersebut maka disusunlah *Structural Self-Interaction Matrix* (SSIM) dengan menggunakan simbol :

V adalah $e_{ij} = 1$ dan $e_{ji} = 0$;

A adalah $e_{ij} = 0$ dan $e_{ji} = 1$;

X adalah $e_{ij} = 1$ dan $e_{ji} = 1$; dan

O adalah $e_{ij} = 0$ dan $e_{ji} = 0$.

Dengan pengertian bahwa simbol 1 adalah terdapat atau ada hubungan kontekstual, sedangkan simbol 0 adalah tidak terdapat atau tidak ada hubungan kontekstual antara elemen i dan j serta sebaliknya (Eriyatno 1999). Keterkaitan antar sub-elemen pada teknik ISM ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Keterkaitan antar sub-elemen pada teknik ISM

No.	Jenis	Interpretasi
1	Pembandingan (<i>Comparative</i>)	• A lebih penting/besar/indah/ daripada B
2	Pernyataan (<i>Definitive</i>)	• A adalah atribut B • A termasuk di dalam B • A mengartikan B
3	Pengaruh (<i>Influence</i>)	• A menyebabkan B • A adalah sebagian penyebab B • A mengembangkan B • A menggerakkan B • A meningkatkan B
4	Keuangan (<i>Spatial</i>)	• A adalah Selatan/ Utara B • A di atas B • A sebelah kiri B
5	Kewaktuan (<i>Temporal/Time Scale</i>)	• A mendahului B • A mengikuti B • A mempunyai prioritas lebih dari B

Sumber : Eriyatno (1999)

Perjenjangan struktur dalam program yang ditelaah teknik ISM, dibagi menjadi elemen-elemen dan setiap elemen diuraikan menjadi sejumlah sub-elemen. Studi dalam perencanaan program yang terkait memberikan pengertian mendalam terhadap berbagai elemen dan peranan kelembagaan guna mencapai solusi yang lebih baik dan mudah diterima. Teknik ISM memberikan basis analisis dan menghasilkan informasi yang sangat berguna dalam formulasi kebijakan serta perencanaan strategis. Menurut Saxena dalam Eriyatno (1999), program dapat dibagi menjadi sembilan elemen, yaitu : (1) sektor masyarakat yang terpengaruh, (2) kebutuhan program, (3) kendala utama, (4) perubahan yang dimungkinkan, (5) tujuan program, (6) tolok ukur untuk menilai setiap tujuan, (7) aktivitas yang dibutuhkan guna perencanaan tindakan, (8) ukuran aktivitas guna mengevaluasi hasil yang dicapai dan (9) lembaga yang terlibat dalam pelaksanaan program.

Analytical Hierarchy Process (AHP)

Metode AHP yang dikembangkan oleh Saaty (1996) selama periode 1971-1975 di Wharton School (University of Pennsylvania). AHP memiliki perhatian khusus tentang penyimpangan dari konsistensi, pengukuran, dan pada ketergantungan di dalam dan di antara kelompok elemen strukturnya. Dengan menggunakan AHP, suatu persoalan akan diselesaikan dalam suatu kerangka pemikiran yang terorganisir, sehingga dapat diekspresikan untuk mengambil keputusan yang efektif atas persoalan tersebut (Marimin dan Maghfiroh 2010).

Prinsip Kerja AHP

Prinsip kerja AHP adalah penyederhanaan suatu persoalan kompleks yang tidak terstruktur, strategik, dan dinamik menjadi sebuah bagian-bagian dan tertata dalam suatu hirarki (Marimin dan Maghfiroh 2010). Secara grafis, persoalan keputusan AHP dapat dikonstruksikan sebagai diagram bertingkat, yang dimulai dengan *goal*/sasaran, lalu kriteria pada level

pertama, sub-kriteria dan akhirnya alternatif (Marimin 2008). Beberapa prinsip dalam AHP menurut Saaty (1996) :

(a) Dekomposisi

Yaitu memecah persoalan yang utuh menjadi unsur-unsurnya sampai tidak mungkin dilakukan pemecahan lebih lanjut, sehingga didapatkan beberapa tingkatan dari persoalan. Proses analisis ini dinamakan hirarki.

(b) Penilaian perbandingan

Hasil penilaian ini biasanya disajikan dalam bentuk matrik perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*). Pertanyaan yang diajukan dalam menyusun skala kepentingan adalah :

a. Elemen mana yang lebih penting/ disukai/mungkin/ ...? dan

b. Berapa kali lebih penting/ disukai/ mungkin/?

Dalam menyusun skala kepentingan, digunakan skala seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Skala penilaian perbandingan dalam AHP

Intensitas kepentingan	Keterangan	Penjelasan
1	Kedua elemen sama pentingnya.	Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar terhadap tujuan.
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lain.	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya.
5	Elemen yang satu lebih penting daripada elemen yang lainnya.	Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya.
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya.	Satu elemen yang kuat disokong oleh dan dominan terlihat dalam praktek.
9	Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya.	Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan.
2,4,6,8	Nilai-nilai di antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan.	Nilai ini diberikan bila ada dua kompromi di antara dua pilihan.
Kebalikan	Jika untuk aktivitas i mendapat satu angka dibanding dengan aktivitas j, maka j mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i.	

Sumber: Saaty (1996)

(c) Sintesa prioritas

Dari setiap matrik perbandingan berpasangan kemudian ditentukan nilai *eigen vector* untuk mendapatkan prioritas lokal. Untuk mendapatkan prioritas global harus dilakukan sintesa berbeda menurut bentuk hirarki. Pengurutan elemen-elemen menurut kepentingan relatif melalui prosedur sintesa dinamakan *priority setting*.

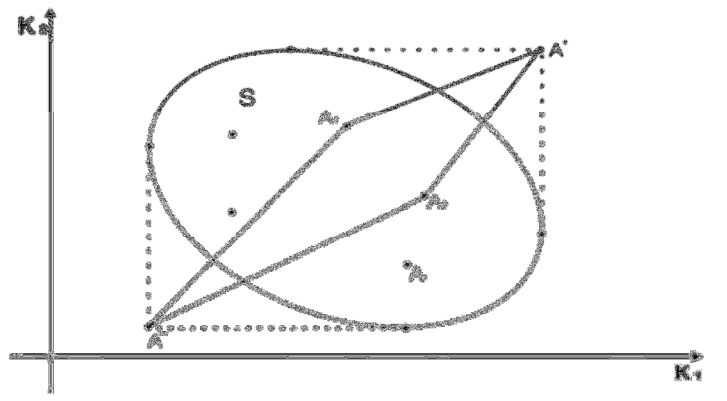
(d) Konsistensi logika

Konsistensi memiliki dua makna, yaitu bahwa obyek-obyek yang serupa dapat dikelompokkan sesuai dengan keseragaman dan relevansi, dan tingkat hubungan antara obyek-obyek yang didasarkan pada kriteria tertentu.

TOPSIS

TOPSIS (*Technique For Others Reference by Similarity to Ideal Solution*) merupakan salah satu metode yang paling klasik untuk memecahkan masalah MCDM (*Multi Criteria Decision Making*), pertama kali dikembangkan oleh Hwang dan Yoon (1981). Peringkat alternatif sesuai dengan jarak dari solusi ideal negatif yang ideal, yaitu alternatif terbaik secara simultan memiliki jarak terpendek dari solusi ideal dan jarak terjauh dari solusi ideal negatif (Sarraf *et al.* 2013 dan Ashrafzadeh *et al.* 2012).

Metode TOPSIS sebagai salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria, dalam penelitian ini digunakan untuk menentukan alternatif pemasok yang paling potensial sehingga dapat menjamin kelangsungan pasokan boker ke agroindustri karet di Palembang. TOPSIS menggunakan prinsip bahwa alternatif yang terpilih harus mempunyai jarak terdekat dari solusi ideal positif dan terjauh dari solusi ideal negatif dari sudut pandang geometris dengan menggunakan jarak *euclidean* untuk menentukan kedekatan relatif dari suatu alternatif dengan solusi optimal seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Jarak alternatif *euclidean* dari titik ideal dan anti-ideal

Sumber : Markovic (2010)

TOPSIS banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah keputusan secara praktis. Konsepnya sederhana dan mudah dipahami, komputasinya efisien dan memiliki kemampuan untuk mengukur kinerja relatif dari alternatif-alternatif keputusan ke dalam bentuk matematis yang sederhana. Konsep fundamental dari solusi metode ini adalah penentuan jarak *euclidean* terpendek dari titik ideal positif dan negatif (Markovic 2010; Lotfi *et al.* 2007; Jahanshahloo *et al.* 2006).

Green Value Stream Mapping (GVSM)

Pada setiap tahapan proses produksi dalam suatu industri terdapat *waste* yang mungkin dihasilkan. Shigeo Shingo pada tahun 1989 berhasil merumuskan tujuh jenis *waste* yang mungkin ada di perusahaan berdasarkan hasil laporan Ohno, kepala rekayasa Toyota Jepang pada tahun 1985 dan

studi secara langsung ke perusahaan Toyota. Tujuh jenis *waste* yang dirumuskan menurut Shigeo Shingo (Hines dan Taylor 2000) terdiri dari :

- a. *Over production*
Produksi yang terlalu banyak, lebih awal, dan terlalu cepat diproduksi yang mengakibatkan *inventory* yang berlebih dan terganggunya aliran informasi dan fisik.
- b. *Defect*
Kesalahan yang terjadi saat proses pengerjaan, permasalahan pada kualitas produk, dan performansi pengiriman yang buruk.
- c. *Unnecessary Inventory*
Penyimpanan barang yang berlebih yang sebenarnya tidak perlu terjadi, serta *delay* informasi produk atau material yang mengakibatkan peningkatan biaya dan penurunan kualitas pelayanan terhadap konsumen.
- d. *Inappropriate processing*
Proses produksi yang tidak tepat karena prosedur yang salah, penggunaan peralatan atau mesin yang tidak sesuai dengan kapasitas dan kemampuan dalam suatu operasi kerja.
- e. *Excessive transportation*
Pemborosan waktu, usaha dan biaya karena karena pergerakan yang berlebihan dari orang, informasi atau produk atau material. *Waste* ini bisa disebabkan karena *layout* lantai produksi yang kurang baik, kurang memahami aliran proses produksi.
- f. *Waiting*
Penggunaan waktu yang tidak efisien. Dapat berupa ketidakaktifan dari pekerja, informasi, material atau produk dalam periode waktu yang cukup panjang sehingga menyebabkan aliran yang terganggu dan memperpanjang *lead time* produksi.
- g. *Unnecessary motion*
Penggunaan waktu yang tidak memberikan nilai tambah untuk produk maupun proses. *Waste* jenis ini biasanya terjadi pada aktivitas tenaga kerja di pabrik, terjadi karena kondisi lingkungan kerja dan peralatan yang tidak ergonomis sehingga dapat menyebabkan rendahnya produktivitas pekerja dan berakibat pada terganggunya *lead time* produksi serta aliran informasi.

Untuk mereduksi *waste* di perusahaan akan lebih mudah dilakukan bila perusahaan mampu memilah-milah operasi yang ada. Monden (1993) meyakini dalam konteks internal manufaktur ada tiga tipe operasi yang perlu diperhatikan, yaitu (1) tidak bernilai tambah (*non-value adding*), (2) penting tetapi tidak bernilai tambah, (3) dan bernilai tambah. Tipe operasi tidak bernilai tambah merupakan murni *waste* atau gerakan mubazir dan seharusnya direduksi bahkan bila perlu dihilangkan. Waktu tunggu dan pengangkutan yang repetitif merupakan contoh operasi yang tidak bernilai tambah. Tipe operasi penting tetapi tidak bernilai tambah adalah operasi tidak bisa dihindari untuk tidak dilakukan atau berlebihan dari standar yang ada. Berjalan mengambil komponen dan memindahkan alat dari satu operator ke operator lainnya merupakan contoh dari tipe operasi penting tetapi tidak bernilai tambah. Para pakar meyakini bahwa pemetaan aliran

nilai (*value stream*) untuk ketiga tipe operasi tersebut adalah hal yang penting dilakukan perusahaan sebelum mereduksi operasi yang tidak bernilai tambah.

Peta aliran nilai atau *value stream mapping* (VSM) merupakan suatu alat yang ideal sebagai langkah awal dalam melakukan proses perubahan untuk mendapatkan kondisi *lean manufacturing* atau *lean enterprises* (Goriwondo *et al.* 2011). VSM dapat didefinisikan sebagai suatu metode untuk mengidentifikasi aktivitas yang memiliki nilai tambah (*added value*) dan tidak memiliki nilai tambah (*non added value*) pada industri manufaktur, sehingga mempermudah untuk mencari akar permasalahan pada proses (McWilliams dan Tetteh 2008). VSM dikenal juga sebagai metode yang dapat digunakan untuk memetakan aliran nilai (*value stream*) secara mendetail untuk mengidentifikasi adanya pemborosan dan menemukan penyebab-penyebab terjadinya pemborosan serta memberikan cara yang tepat untuk menghilangkannya atau dapat mengurunginya (Nielsen 2008). Metode ini mampu menunjukkan kesalahan dalam suatu *current state system* (konfigurasi aliran proses pada saat ini) dan digunakan untuk membuat kondisi yang ideal pada *future state system* (konfigurasi aliran proses yang diharapkan di masa mendatang).

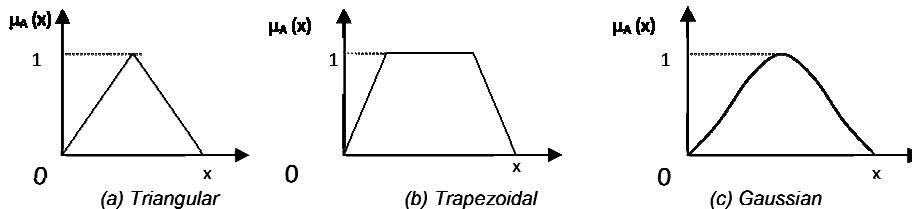
Dalam perkembangan selanjutnya, telah dikembangkan metode GVSM (*Green Value Stream Mapping*). GVSM merupakan pengembangan dari peta aliran nilai (VSM) yang memperhatikan aspek dampak aktivitas pada lingkungan (Marimin *et al.* 2015). Metode pemetaan ini dikembangkan oleh Wills (2009) dan dikenal sebagai metode pemetaan aliran material hijau (GVSM) dengan prinsip *green intentions*. Pada konsep VSM terdapat tujuh sumber pembangkit limbah yang terdiri dari inventori, perpindahan, kerusakan produk, transportasi, produksi berlebih, selisih berlebih proses, dan waktu menunggu. Sedangkan pada GVSM terdapat tujuh sumber pembangkit limbah hijau yang terdiri dari pemakaian energi, air, material, sampah, transportasi, emisi, dan biodiversitas. Sama halnya dengan konsep VSM, pemetaan GVSM juga memiliki dua jenis pemetaan, yaitu pemetaan saat ini (*current state*) dan pemetaan masa mendatang (*future state*).

Sistem Fuzzy

Pada tahun 1965 Lotfi A. Zadeh memperkenalkan teori himpunan *fuzzy* (*fuzzy set theory*). Teori ini merupakan suatu cara pengambilan keputusan melalui pendekatan logika *fuzzy* dan sangat berguna untuk memecahkan masalah-masalah yang berhubungan dengan hal-hal yang mengandung ketidaktepatan (*imprecision*). Himpunan *fuzzy* adalah himpunan yang memiliki batas yang tidak jelas (*unsharp boundary*), berbeda dengan teori himpunan biasa (*crisp set teori*) yang menuntut adanya batas yang jelas atau *sharp boundary* (Yudhistira dan Diawati 1998).

Sistem *fuzzy* merupakan penduga numerik yang terstruktur dan dinamis. Sistem ini mempunyai kemampuan untuk mengembangkan sistem intelijen dalam lingkungan yang tidak pasti, dan tidak tepat. Sistem ini menduga suatu fungsi dengan logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* merupakan bagian dari logika Boolean, yang digunakan untuk menangani konsep derajat kebenaran, yaitu nilai kebenaran antara benar dan salah. Logika *fuzzy* sering

menggunakan informasi linguistik dan verbal (Marimin *et al.* 2013). Logika *fuzzy* saat ini diterapkan dalam berbagai aplikasi di bidang teknik mulai dari robotika dan kontrol, arsitektur dan rekayasa lingkungan (Rudas dan Fodor 2008). Secara umum fungsi keanggotaan dari sistem *fuzzy* dapat direpresentasikan dalam beberapa model, diantaranya model triangular, trapezoidal, dan Gaussian seperti ditunjukkan Gambar 10.



Gambar 10 Model keanggotaan fungsi gugus *fuzzy*

Sumber : Kaufmann dan Gupta (1991)

Gambar 10 menunjukkan tiga bentuk model yang sering dipergunakan dalam merepresentasikan sistem *fuzzy*. Ketiga model keanggotaan fungsi gugus *fuzzy* tersebut dibedakan oleh perubahan derajat keanggotaan.

Fuzzy AHP

Walaupun AHP dapat digunakan untuk menangkap pengetahuan dari *expert*, namun AHP tradisional masih belum dapat merefleksikan dengan baik gaya berfikir manusia (Kahraman *et al.* 2003). Oleh karena itu, beberapa akademisi mencoba mengintegrasikan AHP dengan logika *fuzzy* yang telah terbukti memiliki kemampuan untuk menangani permasalahan ketidaktepatan (*imprecise*), ketidakpastian (*uncertainty*) dan adanya unsur subjektivitas di dalam proses perbandingan berpasangan sehingga bisa lebih merepresentasikan kenyataan yang sebenarnya.

Tabel 4 Skala absolut tingkat kepentingan dan fungsi keanggotaan *fuzzy*

Skala Absolut Tingkat Kepentingan	Bilangan <i>Fuzzy</i>	Definisi	Fungsi Keanggotaan	Kebalikan
1	$\tilde{1}$	Sama penting	(1, 2)	(0.5, 1)
3	$\tilde{3}$	Sedikit lebih penting	(2, 4)	(0.25, 0.5)
5	$\tilde{5}$	Lebih penting	(4, 6)	0.167, 0.25)
7	$\tilde{7}$	Sangat lebih penting	(6, 8)	(0.125, 0.167
9	$\tilde{9}$	Mutlak lebih penting	(8, 10)	(0.1, 0.125)

Sumber : Marimin *et al.* (2013)

Dalam penelitian ini, metode *fuzzy* AHP digunakan dalam melakukan penilaian perbandingan berpasangan dengan menggabungkan konsep teori *fuzzy* dan AHP dengan skala penilaian seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Metode *fuzzy* AHP digunakan untuk mengurangi unsur ketidakpastian dari metode AHP (Kabir dan Hasin 2011). Pakar biasanya lebih merasa yakin untuk memberi penilaian dalam bentuk rentang daripada penilaian dalam bentuk nilai tertentu (Marimin *et al.* 2013).

Green Quality Function Deployment (GQFD)

QFD adalah sistem dengan tujuan menerjemahkan dan merencanakan suara konsumen menjadi karakteristik kualitas produk, proses dan layanan untuk mencapai kepuasan konsumen (Bernal *et al.* 2009). *QFD* dapat juga didefinisikan sebagai suatu alat untuk mendesain dan mengembangkan produk baru yang mampu mengintegrasikan kualitas ke dalam desain, memenuhi keinginan dan kebutuhan konsumen (*customer needs and wants*) yang diterjemahkan ke dalam respon teknis (*technical responses*). Pada proses desain dan pengembangan produk, *QFD* digunakan pada tahap evaluasi konsep-konsep produk (Green dan Bonollo 2002). Dengan mengetahui kebutuhan dan keinginan konsumen inilah maka pengelola agroidustri dapat merencanakan pembuatan produk yang berkualitas sesuai dengan karakteristik teknis yang ada (Rukmayadi dan Djatna 2012).

Dalam perkembangan selanjutnya Zhang *et al.* (1999) berhasil mengembangkan *GQFD* yang *men-deploy* kualitas berdasarkan keinginan konsumen dan memperhatikan aspek lingkungan ke seluruh proses pengembangan produk yang dapat digunakan untuk mengevaluasi konsep-konsep produk.

Terdapat enam elemen dasar dari *GQFD*, yaitu: (1) Menentukan atribut kemasan ramah lingkungan sesuai keinginan konsumen (*What*); (2) Menentukan persyaratan teknis untuk dapat memenuhi keinginan konsumen, fase siklus hidup kemasan (*How*); (3) Menggambarkan bagaimana hubungan antara *What* dan *How* yang harus dipenuhi; (4) Menentukan target nilai untuk persyaratan teknis; (5) Menggambarkan bagaimana hubungan antar persyaratan teknis pada fase siklus hidup yang harus dipenuhi; (6) Melakukan kuantifikasi pentingnya persyaratan teknis pada fase siklus hidup.

OMAX dan Traffic Light System (TLS)

Objective Matrix (Felix dan Riggs 1983) merupakan salah satu metode pengukuran kinerja multi kriteria dengan indikator kinerja yang disesuaikan pada ukuran organisasi. Model pengukuran kinerja ini mempunyai ciri yang unik, yaitu kriteria *performance* kelompok kerja digabungkan ke dalam suatu matriks. Setiap kriteria *performance* memiliki sasaran berupa jalur khusus menu perbaikan serta memiliki bobot sesuai dengan tingkat kepentingan terhadap tujuan perbaikan kinerja.

Penerapan metode *TLS* berfungsi sebagai tanda apakah skor dari suatu indikator kinerja logistik ramah lingkungan memerlukan perbaikan atau tidak. Indikator dari *TLS* ini direpresentasikan dengan warna: merah, kuning, hijau. *TLS* digunakan untuk mengetahui jumlah indikator kinerja yang berada di bawah standar (di bawah level 2 pada kategori warna merah).

Penelitian Terdahulu

Dalam bidang karet, penelitian lebih banyak dilakukan secara parsial dan membahas perencanaan produksi rantai pasok, seleksi pemasok, optimasi tanaman tumpang sari karet dengan teh, biaya logistik lateks, sistem penunjang manajemen audit bersih, proses produksi bersih, rekayasa model, perencanaan wilayah dan lain-lainnya. Secara lengkap posisi penelitian yang akan dilaksanakan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Posisi rencana penelitian terhadap penelitian sebelumnya di bidang agroindustri karet

Peneliti/ Tahun	Analisis elemen kunci	Seleksi pemasok	Analisis logistik proses	Desain atribut kemasan	Evaluasi kinerja	Metode
Teniwut (2016)			√			Logika <i>fuzzy</i> dan <i>fuzzy</i> ANP
Marizka <i>et al.</i> (2015)			√			GVSM, GPI, AHP, MAUT, ISM
Rugesty (2014)	√					
Baihaqi (2014)			√			Analisis kelayakan teknis (metode pusat gravitasi) dan finansial (NPV, NBCR, IRR, BEP)
Marimin <i>et al.</i> (2014)			√			EI, GPI, AHP, GVSM
Suharman <i>et al.</i> (2013)	√					SWOT, ISM
Nurmalina <i>et al.</i> (2013)			√			Analisis deskriptif kualitatif dan kuantitatif (<i>supply chain network</i>)
Darmawan <i>et al.</i> (2012)			√			GPI, AHP, GVSM
Hasibuan (2012)			√		√	AHP, Fuzzy semi non numerik, <i>linguistic preference fuzzy non numeric</i> , ME-MCDM <i>Environmental Scorecard, Traffic light system</i>
Erni (2012)			√			Fuzzy dan JST
Wiguna (2012)		√	√			AHP dan VSM
Saputra (2012)			√		√	MPE dan AHP- <i>Green SCOR</i>
Suwan- Achariya dan Lahteh (2012a)			√			<i>Quantity of Economic Order (QEO)</i>

Tabel 5 Posisi rencana penelitian terhadap penelitian sebelumnya di bidang agroindustri karet (*lanjutan*)

Peneliti/ Tahun	Analisis elemen kunci	Seleksi pemasok	Analisis logistik proses	Desain atribut kemasan	Evaluasi kinerja	Metode
Suwan- Achariya dan Lahteh (2012b)		√	√			<i>Weight analysis for supplier selection criteria – the experts performed analysis and evaluation.</i>
Sen dan Nandi (2012)			√			<i>Goal programming</i>
Sugiarto (2012)			√			<i>Fuzzy AHP, Logika Fuzzy, Fuzzy FD, Fuzzy FMEA</i>
Ikhsan dan Aid (2011)			√			<i>AHP, SWOT, IFAS dan EFAS</i>
Ichsan (2011)			√			<i>SWOT dan Analisis Deskriptif</i>
Riadi <i>et al.</i> (2011)	√		√			<i>AHP, ISM dan Analisis Kelayakan Finansial (BC, IRR, NPV dan PBP).</i>
Silaen (2010)			√			<i>Analisis kualitatif dan kuantitatif: EFE-IFE, SWOT dan QSP.</i>
Julivanto (2009)			√			<i>Vector Auto Regression (VAR) dan Vector Error Correction Model (VECM), Impulse Respon Function (IRF) dan Forecast Error Variance Decomposition (FEVD)</i>
Soekarno (2009)			√			<i>Revealed Comparative Advantage dan Constant Market Share</i>
Utomo (2008)	√		√			<i>ISM, Profound Analysis, Sistem Pakar ISM</i>
Utomo <i>et al.</i> (2008)	√					
Haris (2006)	√		√			<i>Fuzzy Group Decision Making, ISM, Analisis kelayakan finansial.</i>
Carr (2005)		√				<i>VSM</i>
Utama (2003)			√			<i>AHP, MPE, Forecasting, Metode Perencanaan Kebutuhan mesin, alat dan analisis kelayakan.</i>
Usulan Penelitian	√	√	√	√	√	<i>ISM, AHP-TOPSIS, GVSM, Fuzzy AHP, GQFD, AHP - OMAX dan TLS.</i>

Ditinjau dari model yang dikembangkan, penelitian ini menghasilkan model integratif logistik ramah lingkungan agroindustri karet yang mencakup analisis elemen kunci, seleksi pemasok bokar, analisis logistik proses, desain atribut kemasan SIR 20 dan evaluasi kinerja logistik

ramah lingkungan. Metode-metode ISM, AHP-TOPSIS, *Fuzzy AHP*, *GQFD*, *OMAX* dan *TLS* belum pernah dikembangkan dalam **logistik ramah lingkungan agroindustri karet**. Tabel 6 menunjukkan beberapa penelitian terdahulu dalam bidang logistik ramah lingkungan.

Tabel 6 Penelitian terdahulu di bidang logistik ramah lingkungan

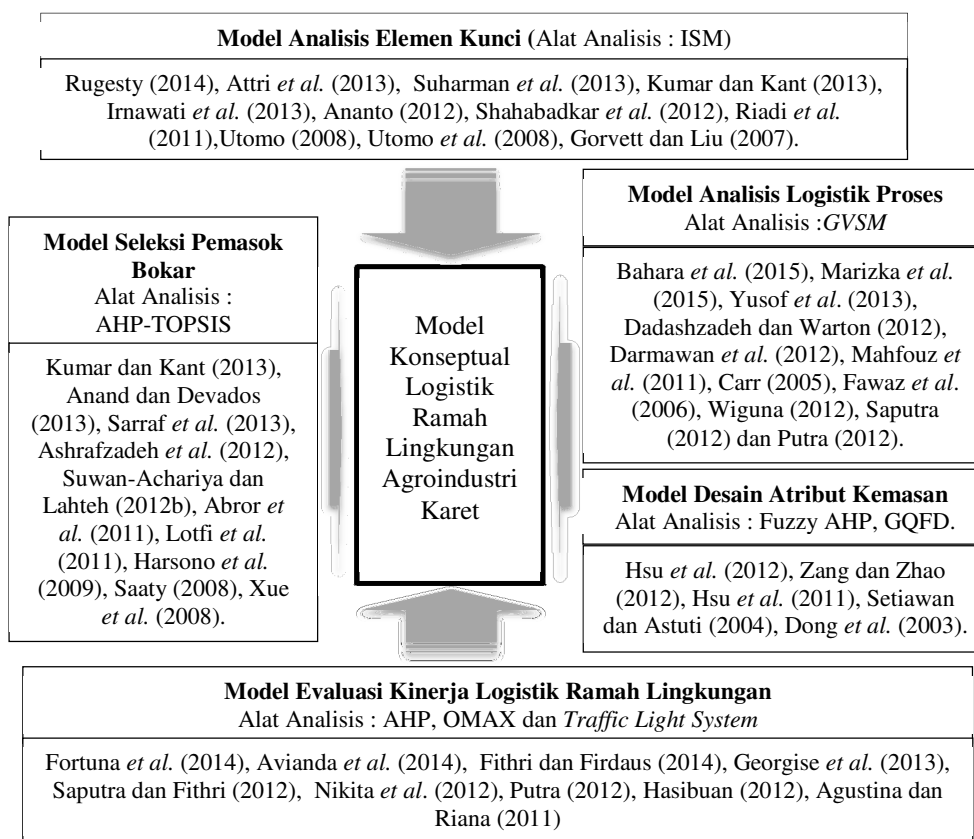
Peneliti/ Tahun	Objek Penelitian	Metode
Kumar (2015) Guan (2015)	Pembangunan berkelanjutan <i>Carbon Footprint</i>	<i>Analytical review</i> LCA, model jaringan logistik emisi CO ₂
Indrasari <i>et al.</i> (2014)	PMA (PT XYZ)	ISO 14000, HACCP, SPSS 20.0 dan QFD
Pereira <i>et al.</i> (2013) Plas (2012)	Perusahaan transportasi kargo Rantai pasok di South Eastern Europe	Model konseptual, analisis KPI <i>Weighted sum and constraint method, GA (NSGA-II/SPEA2)</i>
Nylund (2012)	<i>Reverse logistic</i> dan <i>green logistic</i> di Wärtsilä dan IKEA	Analisis kualitatif (deskriptif)
Shan (2012)	<i>Service Providers</i>	<i>Intuitionistic Language Fuzzy Entropy</i>
Hussin <i>et al.</i> (2012)	Pabrik berbasis makanan di Malaysia	<i>Reliability Test, Analisis: Means Ranking, Korelasi, T- Tests.</i>
Deng dan Huang (2012)	Logistik di China	Analisis deskriptif
Dekker <i>et al.</i> (2012)	Tinjauan <i>operations research</i> pada <i>green logistics</i>	Analisis deskriptif
Cojocariu (2012a) Cojocariu (2012b)	Rantai pasok berkelanjutan makanan Biaya, waktu, reliabilitas, pergudangan dan teknologi informasi	Analisis deskriptif Analisis deskriptif
Beskovnik dan Twrdy (2012)	Strategi <i>green logistic</i> negara Eropa Tenggara	Analisis deskriptif
Suwan-Acharya dan Sa-Ngobsuk (2012)	Kayu karet	JIT (<i>Just In Time</i>)
Suwan-Acharya dan Lahteh (2012a)	<i>Natural Latex</i>	EOQ (<i>Economic Order Quantity</i>)
Kim dan Han (2011)	Logistik ramah lingkungan di Korea Selatan	Pengukuran ELPs (<i>Environmental logistics practices</i>)
Choudhary dan Seth (2011)	Integrasi <i>green practice</i> dalam rantai pasok lingkungan	Analisis deskriptif
Angheluta dan Costea (2011)	<i>Go-green logistics</i> berkelanjutan kota Istanbul	Analisis deskriptif
Čepinskis dan Masteika (2011)	Pengaruh globalisasi pada <i>green logistics centers</i> di Lithuania	Analisis deskriptif
Beskovnik dan Jakomin (2010)	Tantangan <i>green logistics</i> di Eropa Tenggara	Analisis deskriptif
Zheng dan Zhang (2010)	Penelitian pada sistem <i>green logistics</i> berdasarkan siklus ekonomi	Analisis deskriptif
McKinnon (2010)	Agenda carbon	Analisis deskriptif
Leonardi <i>et al.</i> (2009)	Kebutuhan data dan <i>review</i> data pada penelitian <i>green logistics</i>	Analisis deskriptif
Klumpp <i>et al.</i> (2009)	Inovasi teknologi dan keberlanjutan dalam logistik	Analisis deskriptif
Cherrett <i>et al.</i> (2009)	Survey manajer bisnis ritel di jalan Winchester High	Analisis deskriptif
McKinnon (2007)	<i>Review</i> program KPI transportasi pemerintah Inggris	Analisis deskriptif, koefisien variasi
Sbihi dan Eglese (2007)	<i>Reverse logistics</i> , manajemen limbah dan <i>vehicle routing</i> serta penjadwalan	<i>Combinatorial Optimasi</i>

Tabel 6 Penelitian terdahulu di bidang logistik ramah lingkungan (*lanjutan*)

Peneliti/ Tahun	Objek Penelitian	Metode
Hickford dan Cherrett (2007)	Pengembangan inovasi dan pendekatan keberlanjutan <i>reverse logistic</i> dan pengumpulan, daur ulang dan disposal limbah produk pusat kota	Analisis deskriptif
Geroliminis dan Daganzo (2005)	Review skema <i>green logistics</i> di beberapa kota dunia	Analisis deskriptif

Tabel 6 menunjukkan bahwa beberapa penelitian terdahulu dalam bidang logistik ramah lingkungan umumnya dilakukan analisis deskriptif pada berbagai bidang kajian di luar agroindustri karet. Objek yang dikaji umumnya lebih luas, seperti tinjauan *green logistic* pada kota dan negara.

Bahan rujukan utama yang dipergunakan pada setiap tahapan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Bahan rujukan utama penelitian

Bahan rujukan utama pada Gambar 11 yang dipergunakan dalam penelitian ini menggunakan rujukan yang berasal dari tugas akhir dan jurnal dari para peneliti baik dalam maupun luar negeri. Obyek penelitian dalam bahan rujukan tersebut umumnya bukan pada logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

3 METODOLOGI PENELITIAN

Kerangka Pemikiran

Logistik ramah lingkungan agroindustri karet merupakan integrasi kegiatan yang memperhatikan aspek lingkungan mulai dari pengadaan pasokan bokat sampai menjadi berbagai produk olahan yang didistribusikan ke konsumen. Apabila pasokan bokat sebuah agroindustri karet berlangsung kontinu dan memperhatikan aspek lingkungan maka operasional pabrik akan mencapai tingkat efisiensi dan efektifitas operasi yang tinggi dan juga tidak mencemari lingkungan. Tingkat efisiensi dan efektifitas yang tinggi serta ramah lingkungan akan menekan biaya produksi sehingga dicapai biaya produksi yang rendah, pencapaian output yang sesuai keinginan konsumen dan juga ramah lingkungan. Hal tersebut menjadi salah satu faktor daya saing yang dapat meningkatkan kemampuan agroindustri karet dalam pembelian bokat dengan harga yang lebih tinggi sehingga dapat memuaskan pemasok, tingkat persediaan bokat berada dalam posisi yang optimal dan juga berkurangnya dampak lingkungan. Untuk itu perlu dilakukan suatu sistem logistik yang mensinergikan konsep ramah lingkungan pada petani pemasok bokat, pedagang antara dan agroindustri karet. Kontribusi peran masing-masing pelaku dalam logistik ramah lingkungan juga merupakan hal yang menarik untuk dikaji sehingga dapat mendorong pertumbuhan agroindustri karet ramah lingkungan dan mampu memenuhi kebutuhan konsumen baik untuk pasar domestik maupun ekspor.

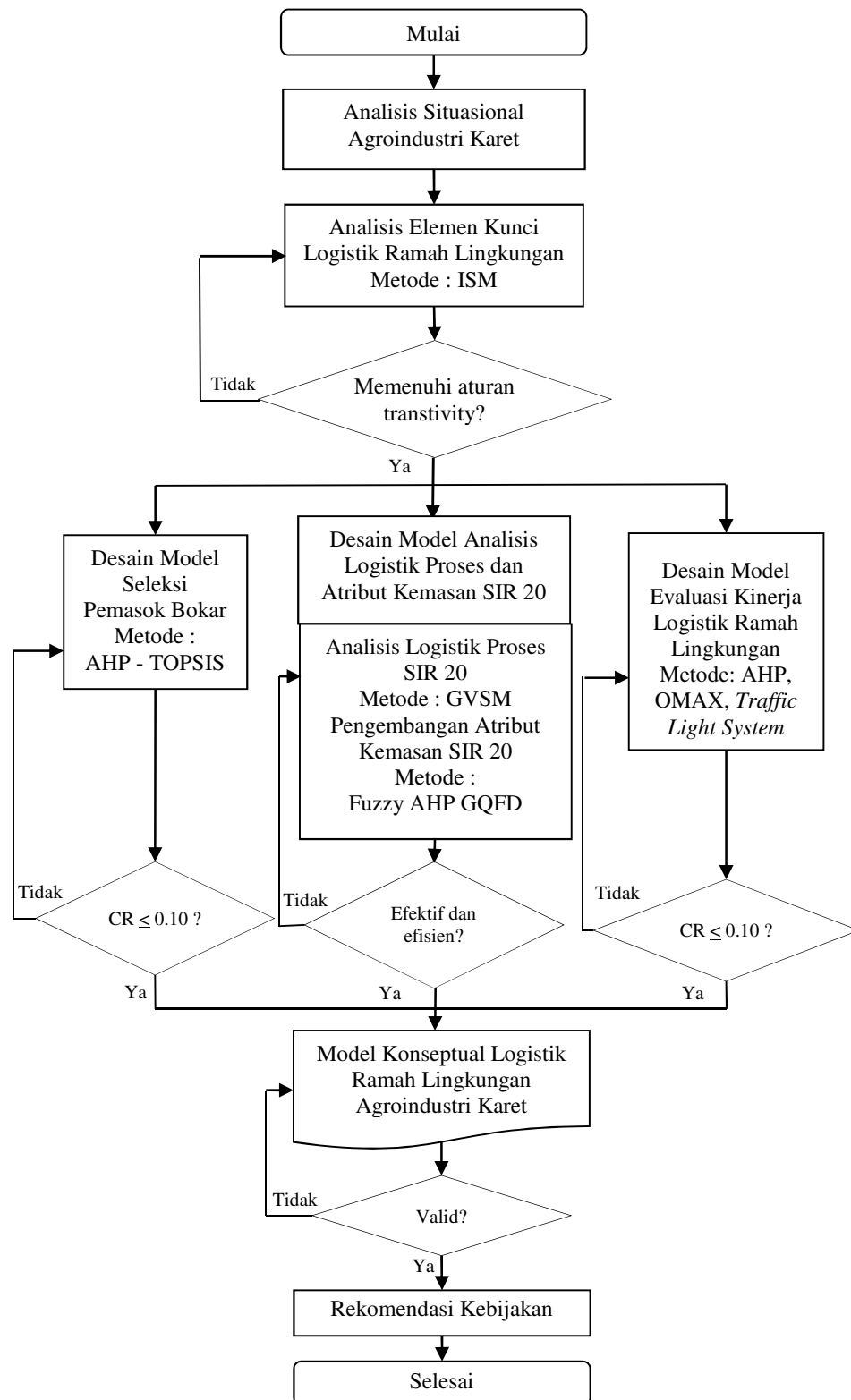
Perancangan model logistik ramah lingkungan agroindustri karet akan memberi manfaat yang besar dalam mempersiapkan logistik yang efektif dan efisien. Namun demikian, perancangan model logistik ramah lingkungan agroindustri karet akan selalu berhadapan dengan lingkungan yang memiliki karakteristik kompleks, dinamis, dan tidak pasti. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan digunakan pendekatan sistem, suatu metode yang mengidentifikasi serangkaian kebutuhan dan menghasilkan sistem operasi yang efektif. Secara garis besar kerangka penelitian ditunjukkan pada Gambar 12.

Tata Laksana

Dalam kegiatan penelitian ini tahapan kerja akan dilakukan dua tahap yaitu pengembangan model dan implementasi. Model logistik ramah lingkungan agroindustri karet yang dikembangkan meliputi model: analisis elemen kunci, seleksi pemasok bokat, analisis logistik proses SIR 20, pengembangan atribut kemasan SIR 20, evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan dan model konseptual logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Tahap ini dilaksanakan pada bulan Mei 2013 sampai Mei 2014.

Pengumpulan data dilakukan dengan survey lapangan yang ditujukan untuk memperoleh data primer dan memverifikasi model. Survey dilakukan dengan observasi, wawancara, dan pengisian kuesioner terhadap pengambil keputusan yang terkait dengan penelitian ini. Waktu pelaksanaan implementasi ini adalah pada bulan April 2014 sampai Maret 2015.

Pengolahan dan pembahasan data hasil implementasi dilaksanakan mulai Bulan April 2015 sampai Agustus 2015.



Gambar 12 Kerangka penelitian logistik ramah lingkungan agroindustri karet

Penulisan dan submit artikel pada jurnal nasional terakreditasi dilaksanakan pada bulan September sampai Desember 2015 (publikasi). Selanjutnya penulisan dan submit artikel pada jurnal internasional terindeks scopus dilaksanakan pada bulan Januari sampai Juli 2016 dan publikasi pada bulan September 2016. Penyusunan laporan disertasi diselesaikan pada bulan Agustus 2016.

Analisis Data

Dalam tahap implementasi, dilakukan pengumpulan data dari berbagai pihak yang terkait dalam logistik agroindustri karet dalam pengelolaan bokar dan agroindustri *crumb rubber* seperti disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Jenis, sifat dan sumber data

Tahap	Jenis Data	Sifat Data	Sumber Data
Desain model analisis elemen kunci logistik ramah lingkungan agroindustri karet	a. Sektor masyarakat yang terpengaruh dengan adanya logistik ramah lingkungan.	Primer	Pakar*
	b. Kebutuhan logistik ramah lingkungan.	Primer	Pakar*
	c. Kendala utama logistik ramah lingkungan.	Primer	Pakar*
	d. Perubahan yang dimungkinkan akibat adanya logistik ramah lingkungan.	Primer	Pakar*
	e. Tujuan logistik ramah lingkungan.	Primer	Pakar*
	f. Tolok ukur untuk menilai setiap tujuan yang dikembangkan dalam logistik ramah lingkungan.	Primer	Pakar*
	g. Aktivitas yang dibutuhkan guna perencanaan tindakan logistik ramah lingkungan.	Primer	Pakar*
	h. Ukuran aktivitas guna mengevaluasi hasil yang dicapai oleh setiap aktivitas dalam logistik ramah lingkungan.	Primer	Pakar*
	i. Lembaga yang terlibat dalam pelaksanaan logistik ramah lingkungan.	Primer	Pakar*
Desain model seleksi pemasok bokar	a. Data perbandingan berpasangan antar kriteria dalam seleksi pemasok bokar.	Sekunder Primer	Praktisi Pakar*
	b. Data penilaian alternatif pemasok bokar.		
Desain model analisis logistik proses	a. Data aliran proses logistik agroindustri karet yang ada sekarang.	Sekunder	Praktisi
	b. Data waktu proses dalam logistik proses produksi agroindustri karet.		
	c. Data penggunaan air, material, energi, emisi.		
Desain model analisis atribut kemasan	a. Data atribut kualitas pada desain kemasan sesuai keinginan konsumen dan ramah lingkungan.	Primer	Praktisi
	b. Data karakteristik teknis.		
	c. Matriks hubungan antara atribut kualitas kemasan dengan karakteristik teknis.		
	d. Matriks hubungan antara karakteristik teknis.		
Desain model evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan	a. Data penilaian perspektif kinerja logistik ramah lingkungan.	Primer	Praktisi
	b. Data penilaian objektif kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet.		
	c. Data penilaian Indikator Kinerja Utama logistik ramah lingkungan.		

*Pakar : Praktisi (Agroindustri Karet), Akademisi, Asosiasi, Birokrat

Pengumpulan data dilakukan dengan survey lapangan. Survey lapangan ditujukan untuk memperoleh data primer dan untuk memverifikasi model. Survey dilakukan dengan observasi, wawancara, dan pengisian kuesioner terhadap pengambil keputusan yang terkait dengan penelitian ini.

Pemodelan Logistik Ramah Lingkungan

Analisis Elemen Kunci Logistik Ramah Lingkungan Agroindustri Karet

Dalam melakukan analisis elemen kunci logistik ramah lingkungan agroindustri karet dilakukan dengan metode ISM. Metodologi dan teknik ISM ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu penyusunan hirarki dan klasifikasi sub sistem. Prinsip dasarnya adalah identifikasi struktur suatu sistem akan memberikan nilai manfaat yang tinggi dalam meramu sistem secara efektif dan pengambilan keputusan yang lebih baik.

Tahapan dilakukan dengan menganalisis elemen-elemen seperti sektor masyarakat yang terpengaruh, kebutuhan program, kendala utama, perubahan yang dimungkinkan, tujuan program, tolok ukur untuk menilai setiap tujuan, aktivitas yang dibutuhkan guna perencanaan tindakan, ukuran aktivitas guna mengevaluasi hasil yang dicapai oleh setiap aktivitas, dan lembaga yang terlibat dalam pelaksanaan program.

Kemudian diidentifikasi sub-elemen dari setiap elemen yang ada dan selanjutnya dilakukan pengumpulan pendapat dari para pakar yang dinyatakan dengan hubungan kontekstual. Berdasarkan hubungan kontekstual tersebut maka disusunlah *Structural Self-Interaction Matrix* (SSIM) dengan menggunakan simbol V, A, X dan O. Setelah SSIM dibentuk, kemudian dibuat tabel *Reachability Matrix* (RM) dengan mengganti V, A, X, O menjadi bilangan 1 dan 0. Kemudian dilakukan pengkajian menurut aturan *transitivity* dengan melakukan koreksi terhadap SSIM sampai menjadi matrik yang tertutup.

Pengolahan lebih lanjut dari RM yang telah memenuhi aturan *transitivity* adalah penetapan pilihan jenjang (*level partition*). Pengolahan bersifat tabulatif dengan pengisian formulir (*form*).

Hasil akhir analisis ISM adalah elemen kunci, diagram struktur, dan matrik DP-D (*Driver Power-Dependence*) yang menggambarkan klasifikasi sub-elemen, yaitu :

1. *Weak driver-weak dependent variables (Autonomous)*, umumnya sub-elemen tidak berkaitan dengan sistem, dan mungkin mempunyai hubungan sedikit, meskipun hubungan tersebut bisa saja kuat (Sektor I).
2. *Weak driver-strongly dependent variables (Dependent)*, peubah tidak bebas dan akan terpengaruh oleh adanya program sebagai akibat tindakan terhadap sektor lain (Sektor II).
3. *Strong driver-strongly dependent variables (Linkage)*, peubah harus dikaji secara hati-hati, sebab hubungan antar peubah tidak stabil. Setiap tindakan pada peubah tersebut akan memberikan dampak terhadap peubah lainnya dan umpan balik pengaruhnya bisa memperbesar dampak (Sektor III).

4. *Strong drive-weak dependent variables (Independent)*, peubah mempunyai kekuatan penggerak yang besar terhadap keberhasilan program tetapi punya sedikit ketergantungan terhadap program (Sektor IV).

Desain Model Seleksi Pemasok Bokar

Dalam seleksi pemasok bokar dirancang struktur hirarki yang digunakan dalam penelitian ini. Kriteria yang dipertimbangkan adalah *Delivery* (ketepatan waktu pengiriman), *Quality* (kualitas dari bokar) dan *Services* (layanan servis yang meliputi personil, fasilitas dan kapabilitas dalam memberikan layanan servis). Dalam melakukan pembobotan kriteria digunakan metode AHP (*Analitycal Hierarchy Process*).

Tahapan dimulai dengan mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan, membuat struktur hirarki dengan fokus pemasok potensial, kriteria yang dipertimbangkan dan alternatif pemasok pada level paling bawah, kemudian dilakukan penghitungan nilai alternatif pemasok setiap kriteria dengan metode TOPSIS.

Prosedur dari TOPSIS dapat dijelaskan dalam langkah-langkah berikut ini (Markovic 2010):

- (1) Membangun matrik keputusan normalisasi. Nilai normalisasi n_{ij} dihitung dengan rumus:

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n.$$

- (2) Membangun matrik keputusan normalisasi terbobot. Nilai bobot normalisasi v_{ij} dihitung dengan rumus: $v_{ij} = w_j n_{ij}$, $i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, n$.

w_i adalah bobot kriteria dan $\sum_{j=1}^n w_j = 1$

- (3) Menentukan solusi ideal positif dan negatif :

$$A^+ = \{v_1^+, \dots, v_n^+\} = \{(\max_j v_{ij} | i \in I), (\min_j v_{ij} | i \in J)\},$$

$$A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} = \{(\min_j v_{ij} | i \in I), (\max_j v_{ij} | i \in J)\},$$

- (4) Menghitung separasi (jarak) d_i^+ (menggunakan dimensi n jarak *euclidean*). Separasi dari tiap alternatif dari solusi ideal dihitung dengan :

$$d_i^+ = \left[\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad i = 1, \dots, m,$$

Dengan cara yang sama, separasi (jarak) dari solusi ideal negatif dihitung dengan:

$$d_i^- = \left[\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad i = 1, \dots, m,$$

- (5) Menghitung kedekatan relatif dari solusi ideal. Kedekatan relatif dari solusi ideal dari alternatif A_i dengan A^+ didefinisikan sebagai :

$$R_i = \frac{d_i^-}{(d_i^+ + d_i^-)}, \quad i = 1, \dots, m.$$

Jika $d_i^- \geq 0$ dan $d_i^+ \geq 0$ maka $R_i \in [0,1]$

- (6) Merangking alternatif. Alternatif dapat dirangking berdasarkan urutan. Alternatif terbaik (paling potensial) adalah salah satu yang berjarak terpendek terhadap solusi ideal dan berjarak terjauh dengan solusi negatif-ideal.

Desain Model Analisis Logistik Proses Agroindustri Karet

Tahapan yang dilakukan untuk menganalisis logistik proses agroindustri karet adalah : (Marimin *et al.* 2015)

- a. Melakukan analisis sumber limbah hijau.
- b. Merancang *current state* GVSM (GVSM untuk kondisi aktual)
- c. Merancang skenario-skenario dalam logistik proses agroindustri karet dari mulai bahan baku (bokar) yang dipasok, proses produksi pada agroindustri *crumb rubber* dan produk SIR 20 yang siap dikirimkan ke konsumen.
- d. Merancang *future state* GVSM (GVSM untuk kondisi ideal)
Berdasarkan skenario logistik proses terbaik, selanjutnya dirancang *future state* GVSM yang merupakan kondisi ideal yang ingin dicapai dalam logistik ramah lingkungan proses agroindustri karet.

Desain Model Atribut Kemasan Sesuai Keinginan Konsumen dan Ramah Lingkungan

Perancangan atribut kemasan produk yang berbasis produk hijau dan bahan baku hijau dilakukan dengan menggunakan metode *Fuzzy AHP*, *GQFD*. Metode tersebut digunakan untuk saling melengkapi kelemahan masing-masing metode ini.




Tahap-tahap dalam penerapan *Fuzzy AHP*, *GQFD* untuk perancangan atribut kemasan produk SIR 20 mengacu pada Bernal *et al.* (2009) yang terdiri dari:

1. Penyusunan matriks kebutuhan kemasan ramah lingkungan sesuai keinginan konsumen, tahap ini terdiri dari:
 - a. Mengumpulkan data kualitatif berupa keinginan dan kebutuhan pengguna kemasan ramah lingkungan SIR 20. Metode pengumpulan data ini dilakukan dengan kuesioner *Fuzzy AHP* pada konsumen.
 - b. Menyusun kebutuhan-kebutuhan tersebut. Setelah mengumpulkan data keinginan dan kebutuhan konsumen maka data tersebut dimasukkan ke dalam diagram afinitas (*Affinity Diagram*).
2. Menyusun matriks perencanaan, tahap ini bertujuan untuk :
 - a. Mengukur kebutuhan-kebutuhan konsumen. Di sini kebutuhan-kebutuhan konsumen dipertimbangkan sesuai tingkat kepentingan. Pada tahap ini juga dihitung pembobotan prioritas menggunakan metode *Fuzzy AHP* dari keinginan/kebutuhan konsumen yang diperoleh dari kuesioner. Setelah diperoleh besaran bobot prioritas

untuk setiap faktor kebutuhan konsumen, maka dilakukan konversi untuk menentukan ranking dari faktor-faktor tersebut.

- b. Menentukan tujuan-tujuan *performance* kepuasan. Setelah mengetahui *performance* kepuasan konsumen untuk masing-masing kebutuhan, maka tahap selanjutnya menentukan apa tingkat *performance* konsumen yang ingin dicapai untuk memenuhi masing-masing kebutuhan konsumen tersebut.
3. Menentukan respon teknis. Tahap ini merupakan transformasi dari kebutuhan-kebutuhan yang bersifat non teknis menjadi data yang bersifat teknis pada tahapan *Life Cycle Phase (Engineering Characteristic)* guna memenuhi kebutuhan-kebutuhan konsumen.
4. Menentukan hubungan respon teknis dengan kebutuhan konsumen. Tahap ini menentukan seberapa kuat hubungan antara respon teknis (Tahap 3) dengan kebutuhan-kebutuhan konsumennya (Tahap 1) dengan pengisian menggunakan simbol pada Tabel 8.

Tabel 8 Simbol *relationship*

Simbol	Nilai	Keterangan
	1	Hubungan lemah
	5	Hubungan sedang
	10	Hubungan sangat kuat

Sumber : Diadaptasi dari Bernal *et al.* (2009)

Hubungan antara keduanya dapat berupa hubungan yang sangat kuat, sedang atau lemah antara keduanya. Hubungan sangat kuat berarti jika respon teknis perusahaan menjadi semakin meningkat maka kepuasan konsumen akan meningkat pula.

5. Menentukan korelasi antara respon teknis. Tahap ini menetapkan hubungan dan ketergantungan antara respon teknis pada *Life Cycle Phase (Engineering Characteristic)* dengan mengisi simbol seperti ditunjukkan pada Tabel 9, sehingga dapat dilihat apakah suatu respon teknis yang satu dipengaruhi atau mempengaruhi respon teknis lainnya dalam proses produksi.

Tabel 9 Simbol *technical correlation*

Simbol	Keterangan
++	Pengaruh positif sangat kuat
+	Pengaruh positif cukup kuat
0	Tidak ada pengaruh
-	Pengaruh negatif cukup kuat
--	Pengaruh negatif sangat kuat

Sumber : Diadaptasi dari Bernal *et al.* (2009)

6. *Benchmarking* dan penetapan target. Pada tahap ini perusahaan perlu menentukan respon teknis mana yang ingin dikonsentrasikan dan bagaimana jika dibandingkan antara kemasan produk SIR berbahan baku logam, plastik dan kayu. Pada tahap ini juga dilakukan pembobotan menggunakan *Fuzzy AHP* berdasarkan hasil kuesioner penilaian

perbandingan berpasangan masing-masing jenis kemasan berdasarkan faktor-faktor yang diinginkan konsumen dan ramah lingkungan. Hasil pembobotan dikonversi menjadi ranking dari setiap faktor keinginan konsumen pada setiap jenis kemasan produk SIR 20.

Desain Model Evaluasi Kinerja Logistik Ramah Lingkungan

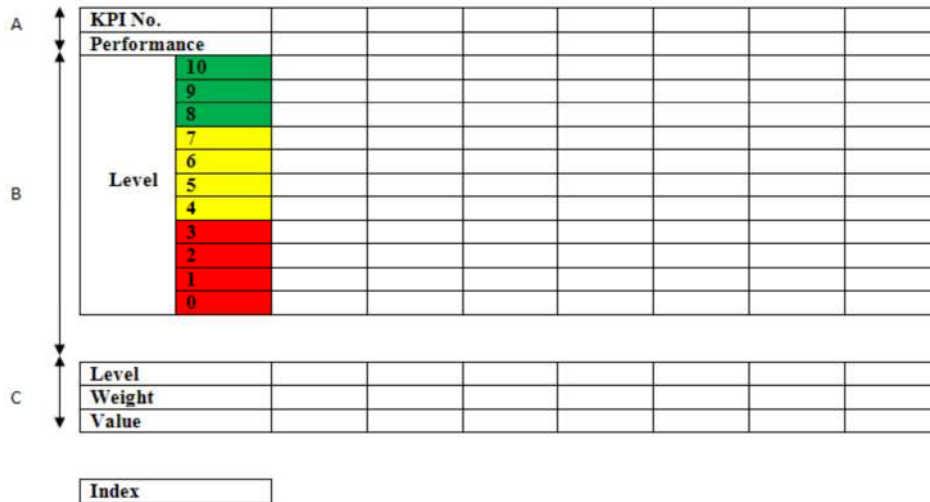
Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah observasi, wawancara, kuesioner, dan dokumentasi perusahaan. Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang ada pada kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Faktor-faktor tersebut adalah perspektif, objektif dan IKU logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Setelah memperoleh faktor-faktor yang diperhitungkan dalam evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan, selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan metode yang relevan dengan permasalahan yang ada, dalam hal ini digunakan metode AHP. Berikut ini merupakan tahapan pengolahan data yang dilakukan (Fortuna *et al.* 2014):

1. Mengidentifikasi logistik ramah lingkungan
Identifikasi logistik ramah lingkungan dilakukan dengan mengamati sistem logistik pada agroindustri *crumb rubber*
2. Mengidentifikasi *stakeholder*
Tahapan ini berpengaruh terhadap penentuan IKU yang dapat diterapkan dalam agroindustri *crumb rubber*. Penentuan *stakeholder* ini terkait dengan tahapan validasi IKU serta pembobotan setiap IKU dengan metode AHP.
3. Mengidentifikasi faktor perspektif, objektif dan IKU dalam evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet.
Dalam menentukan setiap IKU merujuk pada penelitian terdahulu serta beberapa referensi jurnal yang terkait dengan logistik ramah lingkungan. IKU yang telah ditentukan akan digunakan dalam menentukan tingkat keberhasilan untuk mengukur kinerja agroindustri *crumb rubber* yang ramah lingkungan.
4. Validasi model pengukuran kinerja
Validasi dilakukan untuk memeriksa apakah model pengukuran yang telah dibuat dapat menyelesaikan permasalahan atau tidak. Validasi dilakukan terhadap model pengukuran yang telah diidentifikasi dan dikembangkan pada tahap sebelumnya. Validasi dilakukan dengan metode *face validity*, yaitu meminta pendapat ataupun opini dari *expert* atau nara sumber *stakeholder* terkait, yang memiliki pemahaman dan pengetahuan tentang indikator-indikator pada model pengukuran kinerja logistik ramah lingkungan, sehingga model pengukuran dapat dinyatakan valid.
5. Melakukan pembobotan terhadap indikator-indikator yang telah tervalidasi dengan metode AHP.
Pembobotan dilakukan untuk masing-masing atribut kemasan dengan menggunakan metode AHP. Beberapa *stakeholder* terkait diminta untuk mengisi kuesioner dalam menentukan bobot prioritas masing-masing indikator yang berhubungan dengan aktivitas logistik ramah lingkungan agroindustri *crumb rubber*.

6. Melakukan pengukuran kinerja ramah lingkungan agroindustri *crumb rubber*.

Setiap indikator yang telah tervalidasi akan dilakukan pengukuran kinerja terhadap pencapaian agroindustri *crumb rubber* dari setiap indikator tersebut. Selanjutnya hasil yang didapatkan dari pengukuran tersebut akan digunakan dalam perhitungan OMAX (Gambar 13).



Gambar 13 Skema penilaian berdasarkan model OMAX

Sumber : Felix dan Riggs (1983)

7. *Scoring system* dengan metode *Objective Matrix* (OMAX)

Nilai pencapaian kinerja masing-masing IKU didapat dari kondisi sebenarnya yang disesuaikan dengan masing-masing IKU. Hasil pencapaian terhadap target dari masing-masing IKU diperlukan dalam proses perhitungan *Scoring System* yang dilakukan dengan metode OMAX.

Pada tahap ini, nilai *performance* standar diperoleh dari hasil perhitungan rata-rata setiap rasio *performance* dan ditempatkan pada level 3. Langkah selanjutnya yaitu menentukan skala terkecil yang didapatkan dari nilai terkecil pada perhitungan rasio dan ditulis pada level 0. Sedangkan untuk level 10 didapatkan dari target yang ingin dicapai oleh perusahaan. Setelah level 0, level 3, dan level 10 terisi langkah selanjutnya menentukan level 1 sampai dengan level 3 dan level 3 sampai dengan level 10 yang disebut dengan menghitung skala *performance*. Perhitungan untuk menentukan skala tiap levelnya antara level 1 sampai dengan level 3 dengan menggunakan formulasi:

$$Level_1 - Level_2 = \frac{(Level_3 - level_0)}{(3-0)}$$

Sedangkan untuk menghitung skala antara level 3 sampai dengan level 10 dengan menggunakan formulasi:

$$Level_4 - Level_{10} = \frac{(Level_{10} - level_3)}{(10-3)}$$

8. Evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri *crumb rubber* dengan metode TLS (*Traffic Light System*).

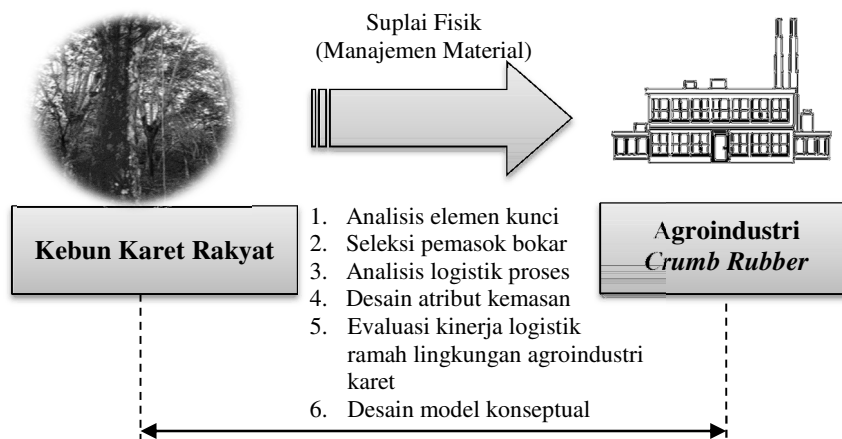
Berdasarkan *scoring system* dengan metode OMAX lalu dilakukan evaluasi terhadap hasil pencapaian kinerja agroindustri *crumb rubber* apakah sudah mencapai target perusahaan dari masing-masing IKU. TLS dapat menunjukkan apakah skor dari IKU tersebut perlu diperbaiki atau tidak. TLS berhubungan erat dengan *scoring system*. TLS berfungsi sebagai tanda apakah skor IKU memerlukan suatu perbaikan atau tidak. Indikator dari TLS ini direpresentasikan dengan beberapa warna sebagai berikut :

- a. Warna hijau, pencapaian indikator kinerja sudah tercapai.
- b. Warna kuning, pencapaian indikator kinerja belum tercapai meskipun nilai sudah mendekati target. Jadi pihak manajemen harus berhati-hati dengan adanya berbagai macam kemungkinan, apalagi bila nilai kerja sudah mendekati level/kategori warna merah.
- c. Warna merah, pencapaian indikator kinerja benar-benar di bawah target yang telah ditetapkan dan perlu segera diperbaiki.

Apabila nilai pencapaiannya sangat jauh di bawah target dan berada pada kategori merah, maka IKU tersebut harus segera diberikan tindakan perbaikan untuk meningkatkan *performance*/kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Model Logistik Ramah Lingkungan Agroindustri Karet

Model logistik ramah lingkungan agroindustri karet mulai dari kebun hingga agroindustri *crumb rubber* dalam penelitian ini selengkapnya disajikan pada Gambar 14.



Gambar 14 Model logistik ramah lingkungan agroindustri karet

Berdasarkan model pada Gambar 14, selanjutnya dalam penelitian ini akan dirancang : model analisis elemen kunci logistik ramah lingkungan, model seleksi pemasok bokar, model analisis logistik proses, model desain atribut kemasan, model evaluasi kinerja dan model konseptual logistik ramah lingkungan pada agroindustri karet.

4 ANALISIS SITUASIONAL LOGISTIK AGROINDUSTRI KARET

Analisis Situasional Agroindustri Karet

Seperti diketahui Indonesia termasuk negara yang memiliki lahan karet yang terluas di dunia. Lahan karet yang luas sangat penting untuk memperoleh hasil produksi yang maksimal. Namun demikian, dewasa ini adanya kecenderungan alih fungsi lahan karet menjadi lahan kelapa sawit, sehingga akan mengakibatkan penurunan luasan lahan karet sehingga mengganggu kelancaran proses produksi pada agroindustri karet. Dibandingkan dengan budidaya tanaman karet, budidaya tanaman kelapa sawit akhir-akhir ini lebih disukai para petani, karena pada kelapa sawit ini relatif lebih cepat menghasilkan dibandingkan tanaman karet. Apabila tanaman karet sudah tidak ekonomis lagi karena umur tanaman sudah tua, maka biasanya akan dikonversikan ke komoditi kelapa sawit. Padahal sebenarnya perkebunan karet mampu memberi keuntungan lebih besar dari kelapa sawit karena lebih tingginya harga karet dibandingkan harga tandan buah segar kelapa sawit. Selain itu, walaupun dari sisi kualifikasi lahan, karet sama baiknya dengan kelapa sawit, namun karet bisa ditanam di hampir seluruh jenis tanah. Bahkan untuk kontur tanah yang tak bisa ditanami kelapa sawit, karet masih bisa tumbuh dengan baik.

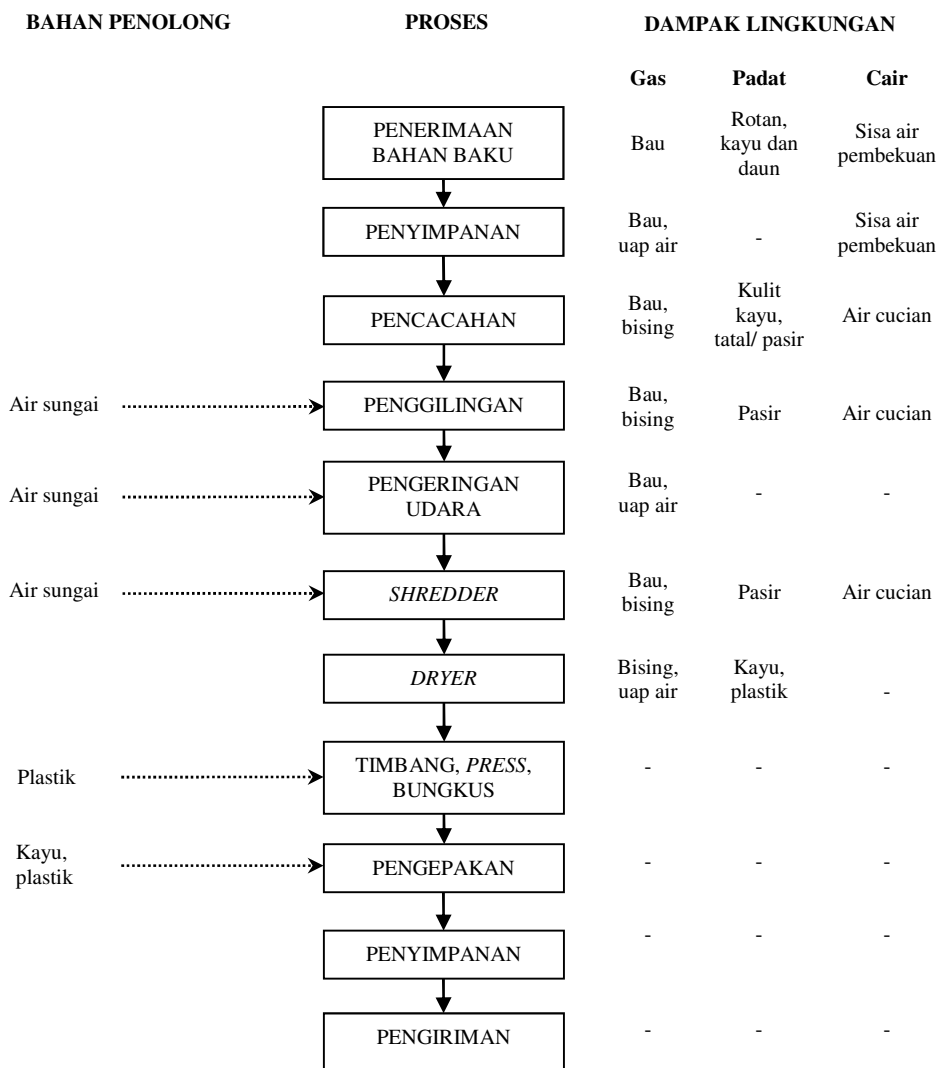
Agroindustri *crumb rubber*, suatu industri pengolahan karet remah merupakan salah satu contoh agroindustri karet yang cukup berkembang saat ini. Dalam agroindustri *crumb rubber*, bahan baku karet yang lebih dikenal sebagai bokar yang dihasilkan petani karet dan diterima pabrik dalam bentuk *slabs*, *lump*, *cup lump*, dan *sit angin*. Bokar dari petani dijual ke pabrik karet remah untuk diolah menjadi karet remah jenis SIR 10 (*Standard Indonesian Rubber 10*) atau SIR 20. Pengolahan melibatkan serangkaian proses mulai dari pengecilan ukuran, pencucian, homogenisasi, pengeringan dan pengemasan. Berdasarkan hasil pengamatan (data pada analisis situasional ini pada umumnya diperoleh dari agroindustri *crumb rubber* yang menjadi responden dalam penelitian ini), tahapan proses yang terjadi selengkapnya dapat dijelaskan berikut ini:

1. **Pembelian dan penerimaan.** Pada umumnya bahan baku dipasok dari berbagai daerah dan dikirimkan oleh pemasok ke gudang bahan baku. Transportasi dari gudang bahan baku dikirimkan ke pabrik melalui sungai dan umumnya menggunakan tongkang, walaupun ada juga yang menggunakan truk pada jalur darat.
2. **Penyimpanan bahan olah** merupakan kegiatan menyimpan bahan olah adalah kegiatan menyimpan sementara bahan olah di tempat yang telah disediakan (sebagai tempat penyimpanan), baik di tempat yang beratap atau kalau terpaksa di tempat terbuka, sebelum bahan olah tersebut diproses lebih lanjut. Kegiatan menyimpan bahan olah ini berpotensi memberikan dampak terhadap lingkungan yaitu berupa limbah bau dan cair yang keluar dari tumpukan *slab* tersebut.

3. **Pembersihan dan penyeragaman awal** merupakan kegiatan proses pembersihan awal adalah kegiatan mengolah/ membersihkan karet basah sehingga menjadi karet lembaran (*blanket*) basah, yang siap untuk digantung/dijemur. Kegiatan pembersihan dan penyeragaman awal ini dilakukan dengan menggunakan mesin/alat produksi yaitu *prebreaker*, *breaker*, *hammermill*, keranjang cedokan, dan lain-lain, dan menggunakan bak-bak pencampuran dan pembersihan.
4. **Penggantungan udara** merupakan proses penirisan air yang terdapat pada lembaran karet yang telah digiling, yaitu dengan cara menggantungkan lembaran karet yang telah digiling di dalam kamar gantung. Lembaran karet yang telah digiling dan dilipat dibawa ke kamar jemur/gantung untuk dikeringkan selama sekitar 7 hari atau lebih, tergantung kondisi cuaca.
5. **Penurunan dan pelipatan *blanket*** merupakan proses menurunkan *blanket* yang telah dikeringkan, untuk diproses lebih lanjut (proses peremahan). Dalam proses ini lembaran *blanket* mula-mula ditarik dari sela-sela jemuran untuk dilipat atau kalau perlu dipotong dua sehingga jatuh ke lantai kemudian hasil lipatan dan atau hasil potongan dikumpulkan lalu dibawa menuju cerobong untuk diturunkan melalui cerobong ke tempat peremahan.
6. **Peremahan** merupakan proses pemotongan lembaran karet menjadi potongan-potongan kecil untuk kemudian dibersihkan serta diseragamkan dalam bak pencampuran dan dimasukkan ke dalam *trolley*.
7. **Pengisian *trolley*** merupakan kegiatan memasukkan butiran karet yang telah diremah ke dalam *trolley*, kemudian dikeringkan dalam peralatan pengering/*dryer*.
8. **Pengeringan/*drying*** merupakan kegiatan mengeringkan butiran karet remah yang telah diisikan ke dalam *trolley*. Proses ini dilakukan dengan memasukkan *trolley* yang berisi karet remah basah ke dalam saluran berudara panas selama beberapa menit kemudian didinginkan.
9. **Pembongkaran *trolley*** merupakan kegiatan mengeluarkan karet remah yang telah masak/kering dari dalam *trolley*, untuk dibawa ke tempat penimbangan.
10. **Penimbangan, *press*, *sampling* dan pembungkusan** merupakan kegiatan akhir proses produksi sebelum karet remah dikemas dan diekspor. Setiap bal karet yang dibongkar dari *trolley*, dilakukan penimbangan awal dengan berat masing-masing 35 kg, setelah itu dilakukan penge-*press*-an terhadap bal tersebut, kemudian dilakukan pemeriksaan akhir bilamana masih terdapat kotoran (segera diambil dan dipisahkan). Untuk memastikan bahwa bagian tengah dari bal telah cukup masak maka dilakukan pembelahan di bagian tengahnya. Setelah pemeriksaan selesai maka bal (SIR) ini ditimbang ulang kemudian dikemas dan dikempa. Setiap 9 bal karet yang diperoleh kemudian dipotong di kedua sudut yang berlawanan seberat @ 1.2 kg untuk dijadikan *sampling* (pengujian kualitas), dan kemasan siap dibungkus plastik.

11. **Pengepakan dan *marking*** merupakan kegiatan akhir yang dilakukan sebelum SIR disimpan dan atau dijual. Proses pengepakan dilakukan dengan melakukan pembungkusan SIR yang sudah dikempa disertai dengan pelabelan (*marking*) sesuai petunjuk atau keinginan pelanggan/pembeli.
12. **Penyimpanan produk akhir** merupakan kegiatan pengumpulan barang ½ jadi (SIR) yang siap ekspor, dan disusun dengan menggunakan *forklift* berdasarkan pemesanan/ sesuai kontrak.

Rangkaian proses operasional dan dampak lingkungan pada setiap tahapan proses agroindustri *crumb rubber* yang dijadikan responden dalam penelitian ini selengkapnya disajikan pada Gambar 15.



Gambar 15 Bagan alir proses produksi dan dampak lingkungan

Sumber data : agroindustri *crumb rubber* yang jadi responden (2014)

Gambar 15 menunjukkan bahwa pada beberapa tahapan proses agroindustri *crumb rubber* dihasilkan dampak lingkungan berupa gas, padat dan cair. Dampak lingkungan gas dan cair dari agroindustri *crumb rubber*

menghasilkan bau yang sangat menyengat dan mencemari lingkungan. Selain itu, dampak lingkungan padat juga akan mengganggu efisiensi dan efektifitas proses produksi agroindustri *crumb rubber*. Tabel 10 menunjukkan salah satu contoh jumlah produksi dan limbah yang dihasilkan pada agroindustri *crumb rubber* di Palembang, Sumatera Selatan.

Tabel 10 Contoh data harian bahan olah karet dan limbah agroindustri *crumb rubber*

No	Tanggal	Produksi basah (<i>blanket</i> basah)	Produksi SIR	Limbah padat yang dihasilkan	Limbah cair yang diolah dan dibuang ke sungai
		kg/hari	kg/hari	kg/hari	m ³ /hari
1	01-Mei-14	176 140	172 620	2 180	2 549
2	02-Mei-14	178 923	202 650	1 680	2 290
3	03-Mei-14	188 559	215 110	1 680	2 290
4	04-Mei-14	178 455	161 700	1 680	916
5	05-Mei-14	192 537	203 560	1 750	2 290
6	06-Mei-14	213 513	223 440	1 850	2 343
7	07-Mei-14	173 783	230 650	1 650	2 931
8	08-Mei-14	233 699	233 240	2 300	2 343
9	09-Mei-14	233 367	259 490	1 850	2 633
10	10-Mei-14	193 146	203 910	1 750	2 931
11	11-Mei-14	177 535	155 820	1 650	916
12	12-Mei-14	210 667	191 940	1 730	2 549
13	13-Mei-14	225 128	238 980	1 750	2 633
14	14-Mei-14	241 971	250 110	1 900	2 931
15	15-Mei-14	216 703	161 560	2 100	1 020
16	16-Mei-14	181 022	209 790	1 670	2 290
17	17-Mei-14	204 796	206 290	1 600	2 633
18	18-Mei-14	177 426	161 910	1 680	916
19	19-Mei-14	156 349	168 210	1 570	2 844
20	20-Mei-14	230 699	211 820	1 900	1 590
21	21-Mei-14	225 095	229 320	1 750	1 590
22	22-Mei-14	232 489	226 800	2 500	1 590
23	23-Mei-14	218 810	241 500	1 750	1 590
24	24-Mei-14	152 137	201 740	1 675	1 800
25	25-Mei-14	159 976	158 550	1 675	634
26	26-Mei-14	197 727	192 990	1 750	1 800
27	27-Mei-14	192 877	167 370	1 750	815
28	28-Mei-14	92 312	211 610	1 400	1 382
29	29-Mei-14	245 275	171 150	2 000	553
30	30-Mei-14	178 367	199 080	2 250	1 382
31	31-Mei-14	230 418	192 780	1 900	1 590
Total per bulan		6 109 901	6 255 690	56 320	58 564
Rata-rata per hari		197 094	201 796	1 817	1 889

Sumber data : agroindustri *crumb rubber* yang jadi responden (2014)

Tabel 10 menunjukkan bahwa dalam proses pengolahan agroindustri *crumb rubber* dihasilkan rata-rata per hari : *blanket* basah sebesar 197 094 kg/hari, SIR sebesar 201 796 kg/hari, limbah padat 1 817 kg/hari dan limbah cair yang diolah dan dibuang ke sungai sebesar 1 889 m³/hari.

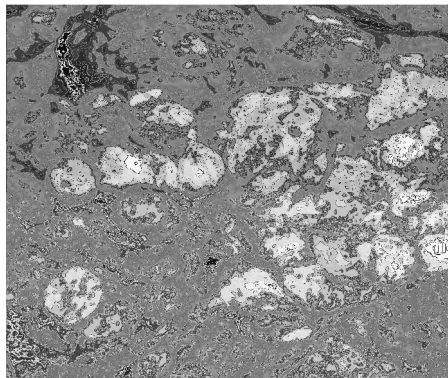
Analisis Sumber dan Seleksi Bahan Baku

Dalam agroindustri karet, bahan baku untuk bahan olah karet adalah lateks kebun serta gumpalan lateks kebun yang diperoleh dari pohon karet *hevea brasiliensis*. Bahan olah karet kadang dianggap bukan merupakan hasil produksi perkebunan besar sehingga disebut bokar (bahan olah karet rakyat), karena umumnya diperoleh dari petani yang mengusahakan kebun karet. Dalam Peraturan Menteri Pertanian Nomor 38/Permentan/OT.140/8/2008 juga dinyatakan bahwa bahan olah karet disebut bokar. Bokar adalah lateks dan atau gumpalan yang dihasilkan pekebun kemudian diolah lebih lanjut secara sederhana sehingga menjadi bentuk lain yang bersifat lebih tahan untuk disimpan serta tidak tercampur dengan kontaminan (Kementan 2008). Sedangkan dalam Peraturan Menteri Perdagangan Republik Indonesia Nomor 53/M-DAG/PER/10/2009 tentang Pengawasan Mutu Bahan Olah Komoditi Ekspor *Standard Indonesian Rubber* (SIR) yang diperdagangkan dinyatakan bahwa Bahan Olah Komoditi Ekspor SIR, selanjutnya disebut Bokor SIR. Bokor adalah karet yang berasal dari lateks kebun dari pohon karet (*Hevea brasilliensis* M) berupa *slab*, *lump*, *slab lump*, ojol, sit angin (*unsmoked sheet*), sit asalan (*smoked sheet*), *cutting*, *crepe*, *blocked sheets* dan *blanket* (Kemendag 2009).

Berdasarkan pengolahannya, bahan olah karet terdiri atas empat jenis, yaitu: (Tim Penulis PS 2013)

1. Lateks kebun, yaitu cairan getah yang didapat dari bidang sadap pohon karet. Cairan getah ini belum mengalami penggumpalan baik melalui penambahan atau tanpa penambahan antikoagulan (zat pemantap).
2. *Sheet* angin, yaitu bahan olah karet yang dibuat dari lateks yang sudah disaring dan digumpalkan dengan asam semut, berupa karet *sheet* yang sudah digiling tetapi belum jadi.
3. *Slab* tipis, yaitu bahan olah karet yang terbuat dari lateks yang sudah digumpalkan dengan asam semut.
4. *Lump* segar, yaitu bahan olah karet yang bukan berasal dari gumpalan lateks kebun, tetapi terjadi secara alamiah dalam mangkuk penampung.

Bahan yang digunakan pada agroindustri *crumb rubber* dalam penelitian ini adalah *slab* dan *cup lump* seperti disajikan Gambar 16 dan 17.



Gambar 16 *Slab* (Bekuan lateks yang menggumpal secara sengaja + asam semut)

Gambar 17 *Cup lump*

Slab (kadar karet kering 30 – 60%) memiliki karakter mutu yang kurang baik bila dibandingkan dengan *cup lump* (kadar karet kering 60 – 90%). Proses pengolahan perbandingan campuran antara *slab* dan *cup lump* adalah 1 *slab* dan 3 *cup lump* memberikan hasil yang baik bagi produk. Semakin banyak komposisi *cup lump* maka semakin baik pula karakter mutu yang akan dihasilkan. Mutu bokar yang rendah dapat dilihat dengan tingginya kadar kotoran yang terkandung di dalam bokar, rendahnya nilai PRI, tingginya kadar abu dan rendahnya kadar karet kering.

Untuk kebutuhan proses produksi, agroindustri mendapatkan suplai bokar dari beberapa pemasok yang ada di daerah sekitar Sumatera Selatan. Dari pemasok-pemasok ini terdapat beberapa pemasok yang dikategorikan mampu. Kriteria yang dipertimbangkan dalam memilih pemasok mampu antara lain : frekwensi pengiriman bahan baku, jumlah bahan baku yang dapat disuplai dan jumlah produk cacat dalam setiap 6 bulan. Tabel 11 menunjukkan contoh pemasok bokar ke agroindustri *crumb rubber* di Palembang yang dijadikan responden dalam penelitian ini.

Tabel 11 Contoh daftar pemasok bahan olah karet dengan kategori mampu

No	Daerah Asal Pemasok	Total			Rata-rata Frekwensi Dalam 6 Bulan	Rata-rata Pengiriman Per Bulan
		Frekwensi	Jumlah (ton)	Jumlah Cacat (kg)		
1	Musi	27	483 684	0	4.50	80 614
2	Batu Marta	24	560 196	0	4.00	93 366
3	Cengal	29	474 220	0	4.83	79 037
4	Batu Marta	31	366 992	1	5.17	61 165
5	Tulang Bawang 1	80	706 407	0	13.33	117 735
6	Ogan	105	1 267 754	0	17.50	211 292
7	Musi	55	815 565	0	9.17	135 928
8	Lampung	29	274 929	0	4.83	45 822
9	Prabumulih	84	722 802	0	14.00	120 467
10	Prabumulih	48	474 879	0	8.00	79 147
11	Tulang Bawang 2	26	1 244 925	0	4.33	207 488
12	Pendopo	125	3 307 742	0	20.83	551 290
13	Musi	37	340 107	0	6.17	56 685
14	Cengal	67	756 509	0	11.17	126 085
15	Batu Marta	25	752 989	0	4.17	125 498
16	Sekayu	118	281 065	0	19.67	46 844

Sumber data : agroindustri *crumb rubber* yang jadi responden (2014)

Kegiatan menyeleksi bahan olah adalah kegiatan memeriksa kesesuaian kualitas bahan olah dengan standar kualitas bahan olah yang telah ditetapkan pabrik. Bahan baku disortir dari benda-benda non karet (kontaminasi) antara lain: tali plastik, pecahan mangkok lateks, tali raffia, *scrap*/getah tarik, potongan kayu, daun-daun, sobekan goni plastik, dan lain-lain. Benda-benda (kontaminasi) ini akan dikumpulkan dan dikembalikan ke pengirim.

Bahan olah dengan kualitas sesuai, langsung diterima dan disimpan. Kegiatan ini berpotensi menimbulkan dampak terhadap lingkungan sekitar berupa limbah cair yang berasal dari dalam bahan olah karet (yang dibongkar), limbah padat (tanah, pasir, karung, tali raffia dan sebagainya), dan bau. Limbah padat berupa tali raffia, karung plastik, rotan dan sebagainya dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam wadah yang disiapkan. Sedangkan limbah cair disiram dan dialirkan ke drainase dalam pabrik untuk diteruskan ke dalam IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah).

Analisis Transportasi dan Pengadaan Bahan Baku

Pengangkutan Bahan Olah/Bahan Baku ke Pabrik

Pada umumnya kegiatan pengangkutan bahan olah pabrik berupa *slab*, *lump*, sit angin, ke lokasi pabrik sebagian besar (95%) dilakukan dengan melalui moda transportasi darat dan sisanya menggunakan transportasi air. Kegiatan pengangkutan bahan baku dengan menggunakan moda transportasi darat dilakukan berdasarkan antrian kendaraan yang diparkir di dalam areal parkir, sehingga tidak akan mengganggu arus lalu lintas jalan raya. Sejak beberapa tahun terakhir untuk mengurangi bau maka perusahaan mengharuskan kepada pemasok/pedagang pengumpul untuk menyiramkan *deorub* ke permukaan bahan olah karet di atas mobil pengangkut. Ketika mobil pengangkut bahan olah karet tersebut tiba di pabrik lalu tetesan air dari bahan baku dan *deorub* tersebut dialirkan ke saluran air limbah. Untuk mengurangi limbah bau perusahaan juga menganjurkan kepada pemasok/pedagang pengumpul untuk menggunakan *deorub* sebagai campuran dalam pembekuan bahan olah karet.

Dalam Peraturan Menteri Pertanian Nomor 38/Permentan/OT.140/8/2008 Pasal 33 (1) dinyatakan bahwa perdagangan dan pengangkutan bokar dari lokasi gudang UPPB (Unit Pengolahan dan Pemasaran Bahan olah karet) menuju lokasi gudang pembeli, harus dilengkapi Surat Keterangan Asal atau SKA yang diterbitkan oleh UPPB bersangkutan dan ayat (2) menyatakan perdagangan bokar tanpa dokumen SKA harus ditolak oleh pihak pembeli baik pabrik pengolah bokar atau pedagang bokar karena tidak ada suatu jaminan mutu bokar. UPPB merupakan satuan usaha atau unit usaha yang dibentuk oleh dua atau lebih kelompok pekebun sebagai tempat penyelenggaraan bimbingan teknis pekebun, pengolahan, penyimpanan sementara dan pemasaran bokar.

Moda Transportasi

Pengadaan bahan baku karet berlokasi di luar lokasi pabrik, sebagian besar berasal dari daerah sekitar pabrik. Dengan demikian pengangkutan boker dari tempat pembelian ke pabrik dilakukan dengan menggunakan moda transportasi darat maupun air. Pengangkutan bahan baku dan penolong melalui darat biasanya dilakukan dengan truk bak terbuka dari kebun menuju pabrik dengan frekwensi sekitar 60 kali per hari. Pengangkutan melalui air dilakukan dengan tongkang yang ditarik oleh kapal motor gandeng (*tug boat*).

Bahan olah yang diangkut dari pemasok setelah sampai pabrik, selanjutnya dilakukan kegiatan bongkar muat bahan olah dari kendaraan ke lokasi pemeriksaan/seleksi bahan olah. Kegiatan ini dilakukan di halaman pabrik tempat bahan olah diturunkan dari kendaraan pengangkut. Selanjutnya, sebelum disimpan, terlebih dahulu dilakukan seleksi bahan olah secara *random* (acak). Faktor – faktor yang harus diperiksa dalam tahap ini antara lain : (1) Jumlah pengiriman harus sesuai kontrak; (2) Kondisi lokasi pemuatan barang harus bebas kontaminasi/ kotoran; (3) Kondisi transportasi/ angkutan : tidak terkena hujan dan tidak tergenang air dan penutup/ atap tidak bocor; dan (4) Dokumen pengiriman harus lengkap.

Analisis Kemasan Produk SIR 20

Proses pengepakan dan pelabelan (*marking*) adalah kegiatan akhir yang dilakukan sebelum SIR disimpan dan atau dijual. Proses pengepakan dilakukan dengan melakukan pembungkusan SIR yang sudah dikempa disertai dengan pelabelan sesuai petunjuk atau keinginan konsumen. Cara pengemasan produk yang dihasilkan seperti SIR sudah diatur dalam SNI 06-1903-2000. Pengemasan luar dari SIR ada 2 cara yaitu menggunakan *pallet* (palet) dan menggunakan peti kemas (*container*) berupa *loose bale*. Jenis palet yang digunakan terdiri dari : palet kayu (*wooden pallet*), palet plastik disebut *shrink wrap unit* (SW) dan palet metal disebut *metal box*, *metal crate* atau *metal basket*. Contoh label palet ditunjukkan Gambar 18.

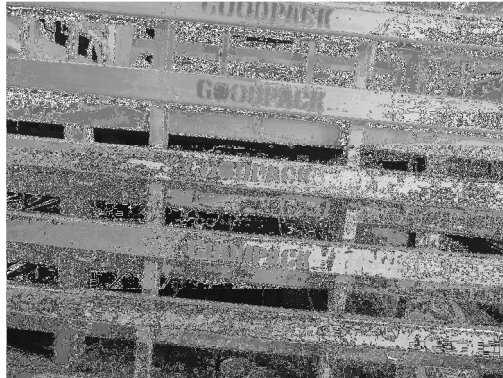


Gambar 18 Contoh label palet/ peti kemas SIR

Sumber : BSN (2000)

Produk yang dihasilkan agroindustri karet di Palembang dipasarkan ke pabrik-pabrik ban, industri sepatu dan industri barang teknik di negara-negara di Benua Amerika dan Eropa dan selebihnya ke Negara-negara di

Benua Asia. Kemasan produk yang dikirim ke luar negeri biasanya menggunakan palet *GOODPACK* (Gambar 19) yang berbahan baku besi dan disewa konsumen dari Singapura.



Gambar 19 Contoh palet *metal*

Berdasarkan informasi dari salah satu pengelola industri *crumb rubber* di Palembang, palet *GOODPACK* digunakan dengan pertimbangan lebih ramah lingkungan daripada menggunakan bahan palet kayu atau plastik yang menjadi limbah setelah produk sampai ke konsumen walaupun dari segi finansial tentu saja lebih mahal bila menggunakan palet metal.

Analisis Penyimpanan dan Penggudangan

Analisis Penyimpanan dan Penggudangan Bahan Baku

Gudang pada agroindustri karet baik yang dibangun di dalam lingkungan pabrik maupun yang berada di luar pabrik perlu dirancang sedemikian rupa sehingga bisa mendukung tercapainya proses produksi yang efektif, efisien dan aman. Dalam merancang gudang perlu dipertimbangkan faktor-faktor seperti : jumlah unit bahan baku yang akan dibeli, periode pembelian bahan, waktu tunggu, tingkat produksi yang akan digunakan, kebijaksanaan persediaan yang akan dipergunakan baik untuk persediaan bahan baku, barang setengah jadi maupun barang jadi, peralatan produksi yang perlu disimpan di dalam gudang pabrik, dan lain sebagainya.

Gudang bahan baku adalah tempat penyimpanan bahan baku atau bahan olah yang akan dipergunakan untuk proses produksi dalam suatu industri seperti halnya agroindustri karet. Bahan baku (*slab* dan *cup lump*) ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat basah bahan baku yang masuk ke dalam pabrik. Laboratorium kemudian akan memeriksa KKK (kadar karet kering) bahan baku karet tersebut untuk dapat mengetahui berat kering yang diterima oleh pabrik. Kegiatan menyimpan bahan olah adalah kegiatan menahan sementara bahan olah di tempat yang telah disediakan (sebagai tempat penyimpanan), baik di tempat yang beratap atau kalau terpaksa di tempat terbuka, sebelum bahan olah tersebut diproses lebih lanjut. Gudang di tempat yang terbuka ini dapat digunakan untuk menyimpan bahan atau barang yang diperkirakan tidak mudah rusak oleh perubahan cuaca atau mungkin sebagai tempat penyimpanan yang jangka waktunya sangat pendek. Kegiatan menyimpan bahan olah ini berpotensi

memberikan dampak terhadap lingkungan yaitu berupa limbah bau dan limbah cair yang keluar dari tumpukan *slab* tersebut. Contoh cara menyimpan dan kebutuhan bahan baku dan bahan penolong yang digunakan pada suatu agroindustri *crumb rubber* disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12 Kebutuhan, asal dan cara penyimpanan bahan baku dan penolong

Jenis	Kebutuhan per tahun	Bentuk fisik	Asal bahan	Cara penyimpanan
1. Bahan baku				
<i>Slab, lump</i> , sit angin	60 000 ton	Padat	Perkebunan Rakyat	Gedung beratap tidak ber dinding
2. Bahan penolong				
a. Plastik polyethylene	12 000 ton	Padat	Lokal	Gudang tertutup
b. Kayu palet	16 000 buah	Padat	Lokal	Gedung beratap tidak ber dinding
c. <i>Metal box</i>	8 000 unit	Padat	Lokal	Gedung beratap ber dinding
d. <i>Reagent</i> lab. limbah	40 ml/bln	Cair	Impor dan lokal	Kemasan tertutup
e. Terpentin	2 000 lt/bln	Cair	Lokal	Kemasan tertutup
f. Curio TS	8 lt/bln	Cair	Lokal	Kemasan tertutup
g. Soda api	80 kg/bln	Padat	Lokal	Kemasan tertutup

Sumber data : agroindustri *crumb rubber* yang jadi responden (2014)

Analisis Penyimpanan dan Pengudangan Produk Akhir

Bandela yang sudah dibungkus dengan plastik selanjutnya akan disusun ke dalam *forming box*. Mula-mula alas *forming box* dilapisi dengan plastik polyethylene yang memiliki ketebalan 0.10 – 0.15 mm, kemudian bandela disusun di atas alas peti. Bandela disusun sebanyak enam lapis dengan 6 buah bandela untuk tiap lapisannya. Artinya akan ada 36 bandela dalam 1 *forming box*. Antara setiap lapisannya diberi alas plastik *interlayer* yang merupakan satu potong (utuh) dalam setiap kemasan.

Kemasan *Shrink Wrapped Jumbo Pallet* (SW/JP) beralaskan tapak kayu. Syarat kayu yang digunakan sebagai tapak SW/JP adalah kayu Meranti II atau kayu sembarang no. 1 atau kayu karet yang memenuhi persyaratan dengan warna merah atau kuning dengan berat jenis > 0.6 dan tidak berjamur/lapuk. Kayu yang digunakan harus difumigasi. Kadar air kayu diharapkan di bawah 20% sehingga fumigasi lebih efektif. Kayu harus diketam bagian luar dan dalam, bebas dari serpihan atau serbuk kayu. Arah paku harus menuju arah luar, kepala dan mata paku tidak boleh menonjol.

Setelah seluruh bandela tersusun dalam *forming box*, selanjutnya di atas susunan bandela diletakkan tutup papan yang ukurannya persis sama dengan ukuran *forming box* sehingga apabila ditekan dapat masuk ke dalam *forming box*. Di atas tutup papan tersebut diletakkan beban seberat 2 ton selama 36 - 48 jam sehingga apabila beban tersebut diangkat maka diperoleh suatu susunan bandela yang padat dan rapi.

Selanjutnya plastik pengemas dalam bentuk kantung diselubungkan pada susunan bandela yang telah padat dan rapi tersebut dan dipanaskan dengan *shrink fast gun* yang menggunakan bahan bakar elpiji, sehingga plastik pembungkus menyusut dengan rapat. Susunan bandela yang padat dan rapi tersebut selanjutnya disebut dengan *pallet* (palet). Setiap palet terdiri dari 36 bandela dan beratnya adalah 1 260 kg. Palet-palet inilah yang menjadi produk akhir dari agroindustri karet. Palet-palet kemudian disimpan di gudang penyimpanan menunggu order pengiriman dari bagian penjualan.

Proses penyimpanan produk akhir ini adalah kegiatan pengumpulan barang ½ jadi (SIR) yang siap ekspor, dan disusun dengan menggunakan *forklift* berdasarkan pemesanan/ sesuai kontrak. Produk akhir yang disimpan di gudang harus diperhatikan faktor kebersihannya dan terlindung dari panas dan hujan.

Identifikasi dan Status Inspeksi Bahan Olah dan Produk

Identifikasi terhadap bokar, bahan dalam proses (*blanket*), produk akhir (SIR) dan bahan penolong dilakukan untuk mengetahui status inspeksi di bawah tanggung jawab kepala bagian. Tabel 13 menyajikan contoh untuk identifikasi dan status inspeksi mulai dari bokar, bahan setengah jadi (*blanket*), produk jadi (SIR 10 dan SIR 20) dan bahan penolong.

Tabel 13 Identifikasi dan status inspeksi

No	Produk	Identifikasi	Status Inspeksi	Penanggung Jawab
1	Bahan Olah	<i>White Board</i> : - Lokasi - Tanggal terima - Kelas - Berat (kg) - Asal Daerah - Status	- Kelas : A : Bahan olah untuk SIR 10 dan 20 B : Bahan olah untuk SIR 20 <i>low Po</i> - Status : ☑☑☑ : Siap proses X : Dalam inspeksi	Kabag Pembelian Bahan Olah
2	<i>Blanket</i>	<i>White Board</i> : - Lot - Kamar - Tanggal produksi - Keping - Berat - Kode komposisi - Status	- Status : ☑☑☑ : Siap proses X : Dalam inspeksi	Kabag Produksi I
3	Produk Jadi	<i>Label Marketing</i> - Jenis produk - plang/ plat tanda - Status	- Status jenis produk Logo produk SIR 10 dan SIR 20 - Status simpan 1. Plat " <i>Ready</i> " 2. Plat " <i>Under Inspection</i> " 3. Plat " <i>Rejected</i> "	Kabag Produksi II
4	Bahan Penolong	Kertas label : Nama/ Jenis Barang	- Status inspeksi : Tidak lolos inspeksi/ ditolak - Status Simpan : 1. Label "Kondisi Baik" 2. Label "Kondisi Rusak"	Kabag Gudang S/ P

Sumber data : agroindustri *crumb rubber* yang jadi responden (2014)

Konsumen dari agoindustri *crumb rubber* di Palembang juga sudah menetapkan spesifikasi yang berkaitan dengan batas maksimal kadar kotoran DIRT, batas toleransi Po dan batas minimal PRI dan *Mooney* yang diperkenankan seperti ditunjukkan pada Tabel 14.

Tabel 14 Contoh spesifikasi konsumen

No	Nama pembeli/ konsumen	Kadar kotoran DIRT maks. (%)	Po	PRI Min	<i>Mooney</i>
1	SMPT 'C'	0.140	33 - 41	50	-
2	SMPT 'UG'	0.200	32 - 36	50	-
3	Good Year	0.140	32 - 38	60	-
4	Bridge Stone	0.140	32 - 38	50	-
5	Cooper	0.200	32 - 36	50	65-80
6	Toyo	0.140	34 - 38	60	-
7	Normal	0.200	Min 30	50	-
8	CoONTI	0.200	32 - 36	60	-

Pengujian PRI (*Plasticity Retention Index*) dilakukan untuk mengukur degradasi (penurunan) ketahanan karet mentah terhadap oksidasi pada suhu tinggi. Nilai lebih dari 80% menunjukkan bahwa ketahanan karet mentah terhadap oksidasi adalah besar. Berdasarkan nilai PRI dapat diperkirakan mudah tidaknya karet menjadi lunak dan lengket-lengket jika disimpan lama atau dipanaskan. Hal ini penting, pada proses vulkanisasi karet pembuatan barang jadi, agar diperoleh sifat karet yang lebih kuat dan teguh.

Analisis Distribusi Produk SIR 20

Sistem distribusi dapat diartikan sebagai rangkaian mata rantai penghubung antara produsen dan konsumen dalam rangka menyalurkan produk/jasa agar sampai ke tangan konsumen secara efisien dan mudah dijangkau. Sistem distribusi adalah bagian dari totalitas sistem pemasaran dan saluran distribusi (*distribution channel*) dipahami sebagai seperangkat organisasi yang memungkinkan produk atau jasa tersedia untuk dibeli konsumen atau bisnis (Hollensen 2010).

Menurut Chopra dan Meindl (2007) distribusi dipengaruhi oleh beberapa faktor struktur penyusun jaringan distribusi yang dapat mengakibatkan tercapainya pelayanan yang baik untuk konsumen. Faktor tersebut antara lain :

- a. *Response time* : berkaitan dengan waktu yang diperlukan agar produk dapat sampai ke konsumen. Jaringan distribusi harus cepat merespon keadaan pasar yang bisa berubah-ubah setiap saat. Apabila terjadi keterlambatan pada proses pengiriman maka konsumen akan beralih ke produk lain.
- b. *Product variety*: banyaknya jenis produk yang ditawarkan oleh saluran distribusi tersebut. Apabila jenis produk yang ditawarkan banyak maka saluran distribusi akan lebih sulit dan membutuhkan alat kontrol lain dalam mendapatkan biaya yang efisien.

- c. *Product availability*: ketersediaan produk tersebut ketika permintaan pasar lebih tinggi dari permintaan yang telah diperkirakan. Hal ini biasanya terjadi pada waktu tertentu, contohnya untuk produk yang memiliki permintaan yang tinggi pada saat hari besar agama ataupun tahun baru. Peramalan tentang peningkatan penjualan sangat penting untuk mendapatkan keuntungan yang maksimal dengan waktu yang terbatas.
- d. *Customer experience*: kemudahan konsumen mendapatkan produk dan menggunakan produk tersebut. Sebagai contoh jika produk dikategorikan sebagai produk konsumsi, maka permintaan pasar terhadap produk tersebut dalam kapasitas atau volume yang banyak.
- e. *Time to market*: waktu yang dibutuhkan pasar untuk bisa menerima dan merespon produk tersebut, ketika adanya produk baru. Saluran atau jaringan distribusi harus memperhitungkan masalah ini karena jika peramalan terserapnya produk baru meleset jauh, maka produk tersebut biasanya akan disebut produk gagal oleh pasar.

Dalam distribusi produk SIR yang dihasilkan agroindustri *crumb rubber* sudah ditetapkan prosedur pendistribusian produk SIR. Prosedur tersebut terdiri dari kegiatan pembuatan kontrak kerja, pemenuhan dokumen dan pengemasan produk sesuai dengan permintaan konsumen. Pada pendistribusian produk siap ekspor yang dihasilkan agroindustri *crumb rubber* dilakukan dari dermaga pabrik ke dermaga/ ke kapal perusahaan jasa angkutan pengiriman barang kepada pembeli/ konsumen. Moda transportasi yang digunakan adalah tongkang (Gambar 20) yang ditarik oleh kapal motor gandeng untuk mencapai muara Sungai Musi.



Gambar 20 Tongkang yang ditarik *tug boat* untuk mendistribusikan produk SIR

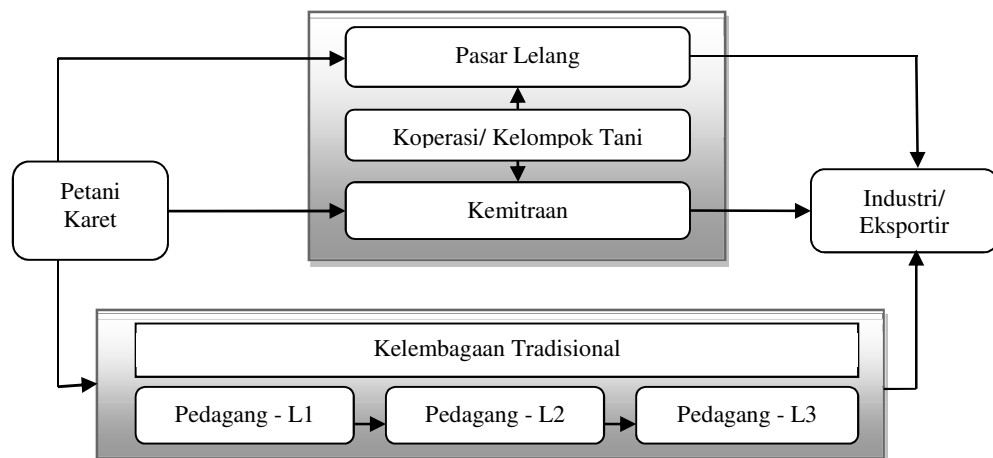
Frekwensi pengangkutan hasil produksi *crumb rubber* menggunakan moda transportasi *tug boat* dan tongkang adalah 17 kali per bulan. Pengangkutan limbah padat yang dihasilkan agroindustri *crumb rubber* menggunakan truk sebanyak 2 kali per minggu.

Analisis Logistik Agroindustri Karet

Istilah logistik berbeda dengan *supply chain* (rantai pasokan). Menurut Christopher (2016) logistik mempunyai peranan dalam mengatur hubungan yang terjadi baik dalam proses operasi/produksi di perusahaan ataupun

ketika hasil produksi disampaikan pada konsumen. Dalam prosesnya perusahaan harus bisa menjaga hubungan baik antara pemasok serta konsumennya, sehingga produk dapat diantar kepada para ke konsumennya dengan memiliki nilai yang lebih dan biaya serendah mungkin. Selain keuntungan materil, dengan menjaga hubungan baik dengan pemasok ataupun konsumen, perusahaan akan memiliki keuntungan lain, yaitu perusahaan akan mendapatkan loyalitas dari pemasok dan konsumen. Sedangkan rantai pasok merupakan suatu jaringan yang terdiri atas beberapa perusahaan (meliputi pemasok, pabrikan, distributor dan *retailer*) yang bekerjasama dan terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dalam memenuhi permintaan konsumen. Dalam hal ini, perusahaan tersebut melakukan fungsi pengadaan material, proses transformasi material menjadi produk setengah jadi dan produk jadi, serta distribusi produk jadi tersebut hingga ke konsumen/ pengguna akhir (Chopra dan Meindl 2007). Analisis logistik agroindustri karet sangat dibutuhkan untuk dapat menerapkan logistik ramah lingkungan (logistik hijau) pada agroindustri karet. Agroindustri karet adalah suatu industri yang mentransformasikan hasil perkebunan karet seperti bokar menjadi produk industri seperti SIR 20 dalam rangka meningkatkan nilai tambahnya.

Logistik ramah lingkungan agroindustri karet adalah sistem yang menyiratkan adanya hubungan bisnis antara pekebun karet selaku pemasok dan agroindustri karet selaku pengguna bahan olah karet yang seharusnya saling menguntungkan antara pekebun dan pengusaha agroindustri karet. Hubungan bisnis pada pola pemasaran bahan olah karet rakyat umumnya terjadi seperti ditunjukkan pada Gambar 21.



Gambar 21 Pola umum pemasaran bahan olah karet rakyat

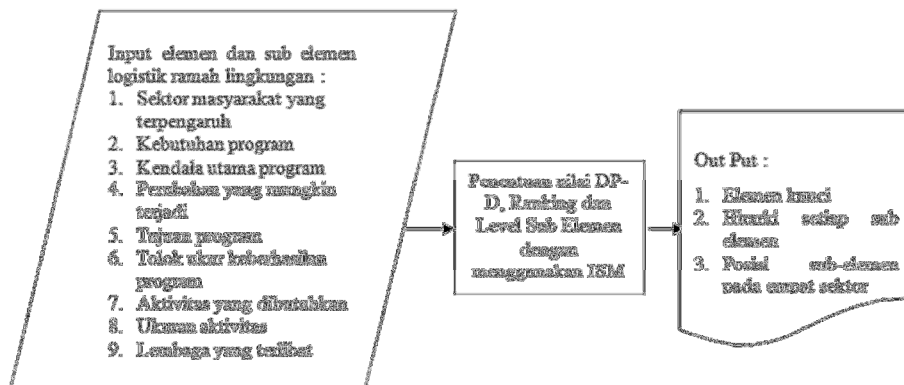
Sumber : Haris (2006)

Gambar 21 menunjukkan bahwa rantai pemasaran bokar dari petani sebagai pemasok ke industri/eksportir sebagai pengguna pada umumnya masih terdapat pemasaran bokar melalui kelembagaan tradisional dengan jalur yang cukup panjang. Hal ini mengakibatkan efisiensi dan efektifitas pada logistik agroindustri karet menjadi rendah.

5 ANALISIS ELEMEN KUNCI LOGISTIK RAMAH LINGKUNGAN AGROINDUSTRI KARET

Kerangka Model Elemen Kunci Logistik Ramah Lingkungan

Model elemen kunci logistik ramah lingkungan agroindustri karet dirancang menggunakan metode ISM. Model ini memiliki keterkaitan struktural khusus yang akan mengkaji bentuk keterkaitan antar elemen dan sub-elemen dalam logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Kerangka model ditunjukkan pada Gambar 22.



Gambar 22 Kerangka model analisis elemen kunci

Gambar 22 menunjukkan bahwa metode ISM digunakan untuk menentukan elemen kunci logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Terdapat beberapa cara yang digunakan dalam metode ini :

- a. Cara untuk menentukan notasi huruf ke dalam matriks
Untuk melambangkan perbandingan antar sub-elemen pada metode ISM digunakan notasi huruf V, A, X, dan O.

Jika notasi (i,j) =
 V, maka matriks (i,j) = 1 dan matriks (j,i)= 0
 A, maka matriks (i,j) = 0 dan matriks (j,i)= 1
 X, maka matriks (i,j) = 1 dan matriks (j,i)= 1
 O, maka matriks (i,j) = 0 dan matriks (j,i)= 0

Keterangan :

i, j 1,2,3, ..., jumlah sub-elemen
 Notasi (i,j) Notasi perbandingan antara sub-elemen ke-i dengan sub-elemen ke-j
 Matriks (i, j) Matriks yang diperoleh dari konversi notasi perbandingan antara sub-elemen ke-i dengan sub-elemen ke-j

- b. Cara untuk menentukan aturan transitivitas
Jika matriks (i,j) = 0, maka periksa aturan transitivitas matriksnya dengan aturan jika matriks (i,1) = 1 dan matriks (1,j) = 1 maka matriks (i,j) harus sama dengan 1.

- c. Cara untuk menentukan revisi final SSIM (*Structural Self Interaction Matrix*)

Jika matriks $(i,j) = 1$ dan matriks $(j,i) = 0$ maka revisi $(i,j) = V$

Jika matriks $(i,j) = 0$ dan matriks $(j,i) = 1$ maka revisi $(i,j) = A$

Jika matriks $(i,j) = 1$ dan matriks $(j,i) = 1$ maka revisi $(i,j) = X$

Jika matriks $(i,j) = 0$ dan matriks $(j,i) = 0$ maka revisi $(i,j) = O$

- d. Cara untuk menentukan *Dependence* (D)

$$Absis_{(i)} = \sum_{j=1}^n Matriks(i, j)$$

Keterangan :

n 1,2,3, ..., jumlah sub-elemen yang dibandingkan

i, j 1,2,3, ..., jumlah sub-elemen yang dibandingkan

Absis (i) Nilai *Dependence* untuk sub-elemen ke-j

- e. Cara untuk menentukan *Driver Power*

$$Ordinat_{(i)} = \sum_{j=1}^n Matriks(i, j)$$

Keterangan :

n 1,2,3, ..., jumlah sub-elemen yang dibandingkan

i, j 1,2,3, ..., jumlah sub-elemen yang dibandingkan

Ordinat (i) Nilai *Driver Power* untuk sub-elemen ke-i

- f. Cara untuk memplot sub-elemen ke dalam 4 sektor

Jika absis $(i) \leq$ jumlah sub-elemen/2 dan ordinat $(i) \leq$ jumlah sub-elemen/2 maka sektor $(i) = 1$

Jika absis $(i) \geq$ jumlah sub-elemen/2 dan ordinat $(i) \leq$ jumlah sub-elemen/2 maka sektor $(i) = 1$

Jika absis $(i) \geq$ jumlah sub-elemen/2 dan ordinat $(i) \geq$ jumlah sub-elemen/2 maka sektor $(i) = 1$

Jika absis $(i) \leq$ jumlah sub-elemen/2 dan ordinat $(i) \geq$ jumlah sub-elemen/2 maka sektor $(i) = 1$

Keterangan :

i, j 1,2,3, ..., jumlah sub-elemen yang dibandingkan

Sektor (i) Sektor untuk sub-elemen ke-i

Identifikasi Elemen Logistik Ramah Lingkungan

Model ISM digunakan pada tahap analisis untuk melihat komposisi struktural (penjenjangan) dari elemen-elemen yang berpengaruh dalam logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Data dalam implementasi model ISM ini dikumpulkan berdasarkan hasil studi literatur (Ananto 2012) dan pendapat beberapa pihak yang terkait dengan rekayasa logistik agroindustri karet di Sumatera Selatan, yaitu : GAPKINDO (Gabungan Perusahaan Karet Indonesia); Balai Penelitian Sembawa – Pusat Penelitian Karet; KUD (Koperasi Unit Desa) Berkat, Prabumulih; Petani Karet di Prabumulih; Agroindustri *crumb rubber* yang menjadi responden di Palembang; Badan Pengendalian Lingkungan Hidup dan Balai Riset dan

Standarisasi, Dinas Perindustrian. Tahap pertama penggunaan metode ISM adalah mengidentifikasi elemen dan sub-elemen yang terkait dengan struktur permasalahan logistik ramah lingkungan agroindustri karet seperti ditunjukkan pada Tabel 15.

Tabel 15 Hasil identifikasi elemen dan sub-elemen logistik ramah lingkungan

No	Elemen	Sub-elemen
1	Sektor Masyarakat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengusaha agroindustri karet. 2. Petani/pekebun karet. 3. Pedagang antara. 4. Penyedia sarana dan prasarana pertanian. 5. Buruh dan karyawan agroindustri karet. 6. Eksportir. 7. Masyarakat sekitar. 8. Pengusaha transportasi. 9. Pemasok bibit karet. 10. Pengusaha industri pemasok bahan pendukung.
2	Kebutuhan program	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adanya kebijakan program logistik ramah lingkungan yang dibuat pemerintah. 2. Kejelasan peran dan tanggung jawab semua pihak yang terlibat dalam program logistik ramah lingkungan. 3. Ketersediaan dana/ anggaran bagi pelaksanaan program logistik ramah lingkungan. 4. Adanya instrumen monitoring dan evaluasi logistik ramah lingkungan. 5. Kompetensi SDM (teknis dan non teknis) yang melaksanakan program logistik ramah lingkungan. 6. Jaringan kemitraan dengan pelaku usaha dan masyarakat dalam rantai nilai agroindustri karet. 7. Tata niaga yang kondusif bagi penciptaan nilai tambah agroindustri karet. 8. Penggunaan teknologi informasi untuk mendukung implementasi logistik ramah lingkungan agroindustri karet.
3	Kendala utama	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kurangnya penyebaran informasi sehingga rendahnya kesadaran penerapan logistik ramah lingkungan. 2. Kebun tidak dikelola dengan baik. 3. Produktivitas tanaman karet yang rendah. 4. Kontinuitas pasokan bokar kurang lancar. 5. Keterbatasan dana dan modal usaha dari petani/ pekebun karet. 6. Kondisi infrastruktur masih kurang mendukung kelancaran lalu lintas logistik. 7. Rendahnya kualitas bokar hasil perkebunan rakyat sehingga menurunkan harga jualnya. 8. Belum adanya komitmen dari beragam pemangku kepentingan (pemerintah pusat, pemerintah daerah, swasta sebagai pelaku dan penyedia jasa logistik, asosiasi, dan pihak-pihak terkait lainnya) dalam pengembangan logistik ramah lingkungan. 9. Rendahnya koordinasi, evaluasi dan pengawasan dalam tingkat operasional logistik agroindustri karet. 10. Belum meratanya penyebaran unit pengolahan karet di sentra produksi karena lemahnya dukungan sarana dan prasarana. 11. Kapasitas terpasang pabrik <i>crumb rubber</i> jauh melebihi ketersediaan bahan olah karet. 12. Rendahnya posisi tawar petani dalam penentuan harga bokar.

Tabel 15 Hasil identifikasi elemen dan sub-elemen logistik ramah lingkungan
(lanjutan)

No	Elemen	Sub-elemen
4	Perubahan yang dimungkinkan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sinergisitas antara petani/pekebun karet, koperasi dengan pengusaha agroindustri karet. 2. Adanya peningkatan produktivitas baik pada tingkat usaha tani maupun pada tingkat pengolahan pasca panen. 3. Adanya peningkatan efisiensi dan efektifitas logistik ramah lingkungan agroindustri karet. 4. Penurunan dampak lingkungan dalam proses produksi agroindustri karet. 5. Perbaikan kualitas bokar sesuai standar. 6. Peningkatan daya saing agroindustri karet. 7. Peningkatan kegiatan investasi oleh masyarakat khususnya di sektor perkebunan karet dan industri pengolahan. 8. Tumbuh dan berkembangnya daerah sentra karet sebagai pemasok bahan baku industri. 9. Peningkatan kepuasan layanan konsumen. 10. Terciptanya iklim usaha yang kondusif. 11. Peningkatan standar mutu produk agroindustri karet. 12. Peningkatan standar mutu logistik ramah lingkungan agroindustri karet. 13. Perluasan mata rantai kegiatan (<i>value of chain</i>) dan mata rantai nilai, yang dapat memberikan peningkatan nilai tambah (<i>added value</i>). 14. Tersedianya akses untuk mengembangkan kemampuan produksi dan penguasaan teknologi serta akses untuk mengembangkan jaringan distribusi yang dapat mendukung perluasan peluang dan penguasaan pasar internasional. 15. Pengembangan logistik ramah lingkungan agroindustri karet.
5	Tujuan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Meningkatkan efisiensi dan efektifitas logistik ramah lingkungan agroindustri karet. 2. Meningkatkan efisiensi dan efektifitas penggunaan SDM sektor agribisnis dan agroindustri karet. 3. Meningkatkan produktivitas karet rakyat dan agroindustri karet. 4. Mengurangi dampak lingkungan dari proses produksi agroindustri karet. 5. Meningkatkan kualitas kemasan yang sesuai harapan konsumen dan ramah lingkungan. 6. Meminimumkan konsumsi energi dalam rantai nilai aliran proses. 7. Pemenuhan seluruh atau sebagian besar kebutuhan pengguna agroindustri karet dapat dipasok dari kebun rakyat. 8. Meningkatnya jumlah masyarakat petani/pekebun karet yang sejahtera, disebabkan peningkatan penciptaan nilai tambah pada kegiatan usaha agroindustri karet. 9. Meningkatnya penciptaan nilai tambah yang dihasilkan dari sektor perkebunan karet dari hulu sampai hilir (<i>pro growth</i>). 10. Meningkatnya kinerja logistik ramah lingkungan. 11. Tumbuhnya agroindustri berbasis karet, maupun industri pendukung kegiatan logistik agroindustri karet.

Tabel 15 Hasil identifikasi elemen dan sub-elemen logistik ramah lingkungan
(lanjutan)

No	Elemen	Sub-elemen
6	Tolok ukur keberhasilan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Keseimbangan jumlah populasi bibit, bokar dan produk turunannya dalam pemenuhan siklus <i>supply - demand</i> tingkat daerah maupun nasional. 2. Peningkatan jumlah dan sebaran bibit karet berkualitas. 3. Meningkatnya jumlah pelaku baru usaha agroindustri karet, maupun pelaku usaha pendukung logistik agroindustri karet. 4. Meningkatnya luasan pemanfaatan (secara positif) areal hutan, perkebunan dan lahan bagi penanaman tanaman karet. 5. Meningkatnya kerjasama usaha agroindustri karet antar wilayah (kabupaten/kota/propinsi). 6. Meningkatnya PAD (Pendapatan Asli Daerah) kabupaten/kota/propinsi yang bersumber dari usaha kegiatan agroindustri karet. 7. Meningkatnya pembentukan koperasi pekebun karet rakyat pada tingkat desa/kecamatan maupun kabupaten/kota. 8. Tata niaga perdagangan bibit tanaman karet, bokar dan produk pendukung yang kondusif. 9. Terciptanya logistik agroindustri karet yang efektif, efisien dan ramah lingkungan. 10. Terciptanya rantai nilai dari proses bisnis agroindustri karet yang efektif, efisien dan ramah lingkungan.
7	Aktivitas yang dibutuhkan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Riset pengembangan logistik ramah lingkungan agroindustri karet. 2. Fasilitasi pemerintah bagi peningkatan populasi bibit (pembibitan) tanaman karet. 3. Meningkatkan kualitas sumber daya manusia. 4. Penerapan standarisasi mutu (SNI). 5. Melaksanakan insentif bagi masyarakat (kelompok) pekebun karet dalam hal : akses pemodal, penguatan organisasi dan manajemen, serta penguasaan teknologi tepat guna. 6. Penyediaan sarana produksi pertanian. 7. Fasilitasi pembentukan dan penguatan kelembagaan usaha agroindustri karet berbasis masyarakat. 8. Membangun skema kerja sama "<i>win win solution</i>" antar daerah maupun dengan pelaku usaha untuk terciptanya sinergi budidaya dan pemasaran yang efektif. 9. Peningkatan kualitas sarana prasarana infrastruktur. 10. Sosialisasi logistik ramah lingkungan. 11. Meningkatkan kualitas moda transportasi. 12. Meningkatkan nilai tambah dan produktivitas tanaman karet dan produk agroindustri karet.
8	Ukuran aktivitas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Terlaksananya peningkatan populasi (pembibitan) yang dapat menghasilkan bokar yang berkualitas. 2. Terlaksananya program insentif akses pemodal, penguatan organisasi, manajemen dan penguasaan teknologi tepat guna. 3. Terciptanya kerja sama antar pemerintah daerah maupun dengan pelaku usaha untuk terciptanya sinergi budidaya dan pemasaran yang efektif. 4. Tidak adanya distorsi dalam penerapan kebijakan logistik bibit tanaman karet, bokar dan produk turunannya. 5. Terjadi peningkatan jumlah koperasi masyarakat petani/pekebun karet dan lembaga berbasis masyarakat lain yang mendukung usaha agroindustri karet. 6. Terlaksananya logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Tabel 15 Hasil identifikasi elemen dan sub-elemen logistik ramah lingkungan
(lanjutan)

No	Elemen	Sub-elemen
9	Lembaga yang terlibat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kementerian Perindustrian. 2. Kementerian Perdagangan. 3. Kementerian Pertanian. 4. Kementerian Kehutanan. 5. Kementerian Perhubungan. 6. Kementerian Pekerjaan Umum. 7. Kementerian Riset Teknologi dan DIKTI. 8. Kementerian Koperasi dan Usaha Kecil dan Menengah. 9. Kementerian Lingkungan Hidup. 10. Kementerian PPN/ BAPPENAS. 11. GAPKINDO. 12. Perbankan. 13. Pemerintah Kabupaten/ Kota. 14. Perguruan Tinggi. 15. Lembaga Penelitian dan Pengembangan. 16. Kelompok Petani/pekebun Karet dan Koperasi Usaha Agroindustri Karet. 17. Asosiasi eksportir.

Tabel 15 menunjukkan bahwa dari hasil identifikasi diperoleh 9 elemen dan 101 sub-elemen yang dianggap berpengaruh dalam logistik ramah lingkungan. Dari hasil identifikasi ini selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode ISM untuk menentukan sub-elemen kunci pada setiap elemen logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Analisis Elemen Kunci Logistik Ramah Lingkungan

Elemen Sektor Masyarakat Terpengaruh

Hasil analisis ISM pada elemen sektor masyarakat yang terpengaruh dengan adanya logistik ramah lingkungan diperoleh tabel *reachability matriks final*, matrik kekuatan pendorong dan strukturisasi seperti ditunjukkan pada Gambar 23.

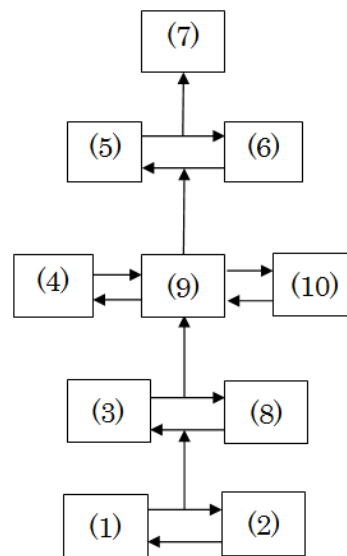
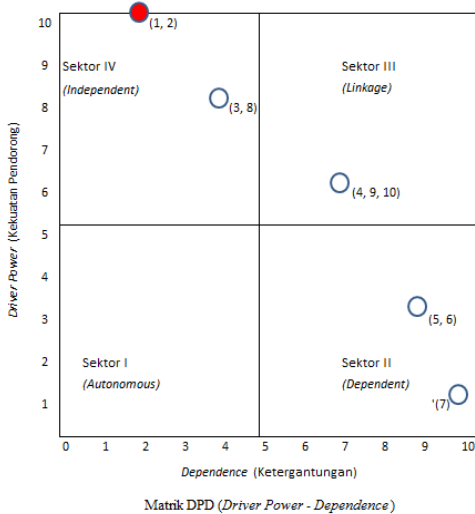
Hasil *reachability matriks final* dan interpretasinya pada Gambar 23 menunjukkan bahwa sub-elemen : (1) Pengusaha agroindustri karet dan (2) Petani/pekebun karet merupakan sub-elemen kunci. Kedua sub-elemen tersebut memiliki kekuatan penggerak (*driver power*) tertinggi sehingga terletak pada sektor IV (*Independent*). Gambar 23 juga menunjukkan bahwa sub-elemen : (3) Pedagang antara dan (8) Pengusaha transportasi berada pada sektor IV (*Independent*). Dengan demikian seluruh sub-elemen pada sektor IV tersebut berperan besar dalam mendorong berjalannya logistik ramah lingkungan pada agroindustri karet, walaupun hanya memiliki sedikit ketergantungan terhadap program.

Pada sektor II (*Dependent*) terdapat sub-elemen - sub-elemen : (5) Buruh dan karyawan agroindustri karet; (6) Eksportir dan (7) Masyarakat sekitar. Sub-elemen pada sektor ini akan terpengaruh oleh adanya program sebagai akibat tindakan terhadap sub-elemen lain pada elemen sektor masyarakat yang terpengaruh dengan adanya logistik ramah lingkungan.

Sedangkan sub-elemen : (4) Penyedia sarana dan prasarana pertanian; (9) Pemasok bibit karet dan (10) Pengusaha industri pemasok bahan pendukung berada pada sektor III (*Linkage*). Sub-elemen pada sektor ini harus dikaji secara hati-hati, sebab hubungan antar sub-elemen tidak stabil. Tindakan terhadap sub-elemen pada sektor ini akan memberikan dampak terhadap sub-elemen lainnya dan umpan balik pengaruhnya bisa memperbesar dampak terhadap sektor masyarakat yang terpengaruh dengan adanya logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Hasil *reachability matrix final* dan interpretasinya

Sub Elemen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DP	Ranking
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	2
4	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	6	3
5	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3	5
6	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3	5
7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	6
8	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	2
9	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	6	4
10	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	6	4
D	2	2	4	7	9	9	10	4	7	7		
Level	5	5	4	3	2	2	1	4	3	3		



Gambar 23 Hasil analisis ISM pada elemen sektor masyarakat terpengaruh

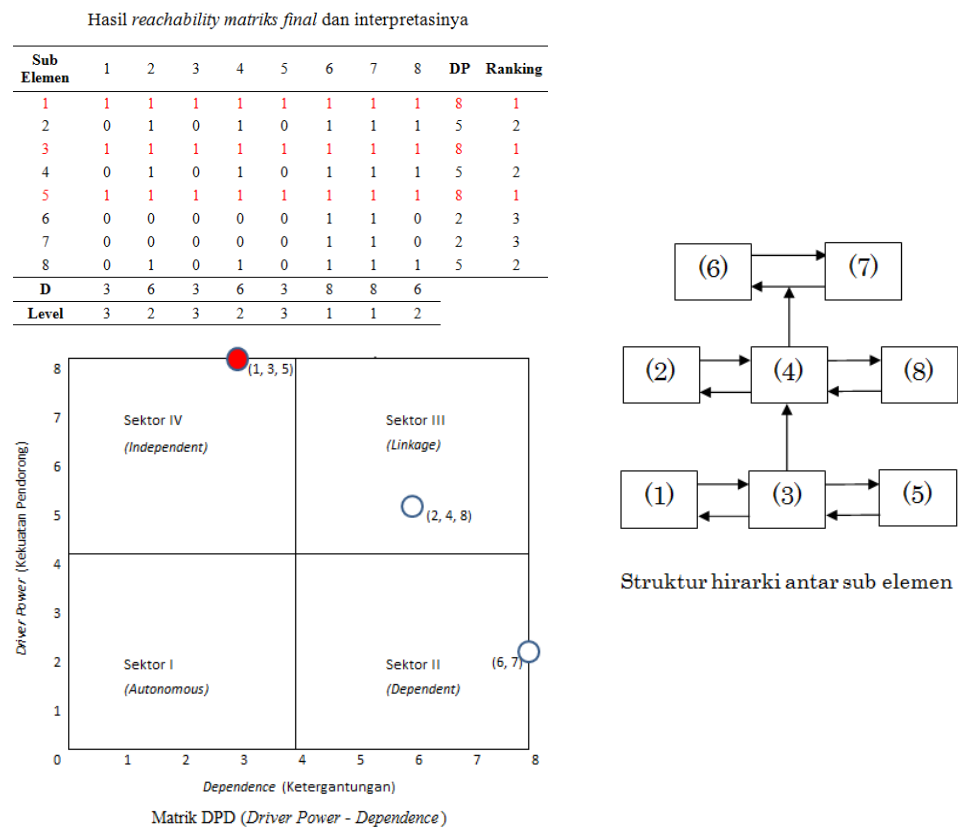
Gambar 23 juga menunjukkan hasil analisis strukturisasi hirarki, yang menunjukkan bahwa sub-elemen : (1) Pengusaha karet dan (2) Petani/pekebun karet merupakan sub-elemen yang berada pada level dasar yang dapat mempengaruhi sub-elemen lainnya pada logistik ramah lingkungan. Selanjutnya pengembangan logistik ramah lingkungan akan terasa manfaatnya oleh sub-elemen (7) masyarakat di sekitar lingkungan agroindustri karet pada level paling atas.

Elemen Kebutuhan Program

Hasil analisis ISM pada elemen kebutuhan program logistik ramah lingkungan diperoleh tabel *reachability matrix final*, matrik kekuatan

pendorong dan strukturisasi seperti ditunjukkan pada Gambar 24. Hasil *reachability matriks final* dan interpretasinya pada Gambar 24 menunjukkan bahwa sub-elemen : (1) Adanya kebijakan program logistik ramah lingkungan yang dibuat pemerintah, (3) Ketersediaan dana/ anggaran bagi pelaksanaan program logistik ramah lingkungan dan (5) Kompetensi SDM (teknis dan non teknis) yang melaksanakan program logistik ramah lingkungan merupakan sub-elemen kunci. Seluruh sub-elemen tersebut terletak pada sektor IV (*Independent*). Sub-elemen pada sektor ini mempunyai kekuatan penggerak (*driver power*) bagi keberhasilan program pengembangan logistik agroindustri karet di Sumatera Selatan, walaupun hanya memiliki sedikit ketergantungan terhadap program.

Pada sektor II (*Dependent*) terdapat sub-elemen - sub-elemen : (6) Jaringan kemitraan dengan pelaku usaha dan masyarakat dalam rantai nilai agroindustri karet dan (7) Tata niaga yang kondusif bagi penciptaan nilai tambah agroindustri karet nasional. Sub-elemen pada sektor II ini akan terpengaruh oleh adanya program sebagai akibat tindakan terhadap sub-elemen lain pada elemen kebutuhan program pengelolaan kebijakan logistik ramah lingkungan.



Gambar 24 Hasil analisis ISM pada elemen kebutuhan program

Pada sektor III (*Linkage*) terdapat sub-elemen – sub-elemen : (2) Kejelasan peran dan tanggung jawab semua pihak yang terlibat dalam program logistik ramah lingkungan; (4) Adanya instrumen monitoring dan evaluasi logistik ramah lingkungan dan (8) Penggunaan teknologi informasi

untuk mendukung implementasi logistik ramah lingkungan. Dengan demikian sub-elemen pada sektor ini harus dikaji secara hati-hati, sebab hubungan antar sub-elemen tidak stabil. Tindakan terhadap sub-elemen pada sektor ini akan memberikan dampak terhadap sub-elemen lainnya dan umpan balik pengaruhnya bisa memperbesar dampak terhadap kebutuhan program logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Hasil analisis strukturisasi hirarki pada Gambar 24 juga menunjukkan bahwa sub-elemen kunci berada pada level dasar yang dapat mempengaruhi sub-elemen lainnya pada logistik ramah lingkungan. Selanjutnya pengembangan logistik ramah lingkungan akan berpengaruh terhadap program (6) jaringan kemitraan dengan pelaku usaha dan masyarakat dalam rantai nilai agroindustri karet dan (7) tata niaga yang kondusif bagi penciptaan nilai tambah agroindustri karet.

Kendala Utama Logistik Ramah Lingkungan

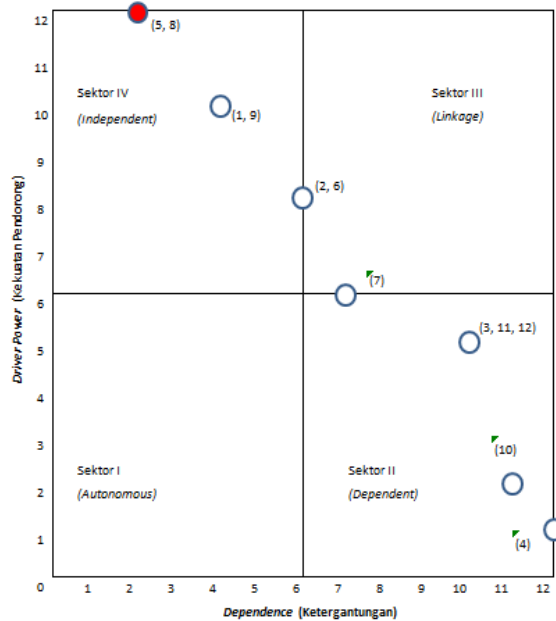
Hasil analisis ISM pada elemen kendala utama program logistik ramah lingkungan diperoleh tabel *reachability matriks final*, matrik kekuatan pendorong dan strukturisasi seperti ditunjukkan pada Gambar 25. Hasil *reachability matriks final* dan interpretasinya pada Gambar 25 menunjukkan bahwa sub-elemen (5) Keterbatasan dana dan modal usaha dari petani/ pekebun karet dan (8) Belum adanya komitmen dari beragam pemangku kepentingan (pemerintah pusat, pemerintah daerah, swasta sebagai pelaku dan penyedia jasa logistik, asosiasi-asosiasi, dan pihak-pihak terkait lainnya) dalam pengembangan logistik ramah lingkungan merupakan sub-elemen kunci pada elemen kendala utama logistik ramah lingkungan.

Gambar 25 juga menunjukkan bahwa sub-elemen (1) Kurangnya penyebaran informasi sehingga rendahnya kesadaran penerapan sistem logistik ramah lingkungan; (2) Kebun tidak dikelola dengan baik; (6) Kondisi infrastruktur masih kurang memadai untuk mendukung kelancaran lalu lintas logistik dan (9) Rendahnya koordinasi, evaluasi dan pengawasan dalam tingkat operasional sistem logistik agroindustri karet terletak pada sektor IV (*Independent*). Seluruh sub-elemen pada sektor ini mempunyai kekuatan penggerak (*driver power*) bagi keberhasilan program pengembangan logistik agroindustri karet di Sumatera Selatan, walaupun hanya memiliki sedikit ketergantungan terhadap program.

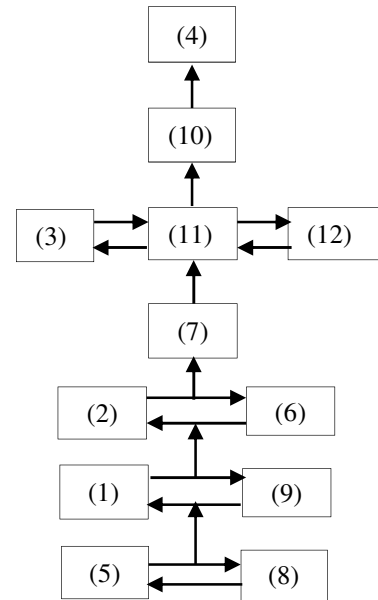
Selain itu, sub-elemen (3) Produktivitas tanaman karet yang rendah; (4) Kontinuitas pasokan bokar dalam logistik agroindustri karet kurang lancar; (7) Rendahnya kualitas bokar dari hasil perkebunan rakyat sehingga menurunkan harga jualnya; (10) Belum meratanya penyebaran unit pengolahan karet di sentra produksi karena lemahnya dukungan sarana dan prasarana (akses ke kebun dan pelabuhan); (11) Kapasitas terpasang pabrik *crumb rubber* jauh melebihi ketersediaan bahan olah dan (12) Rendahnya posisi tawar petani dalam penentuan harga bokar berada pada sektor II (*Dependent*). Dengan demikian sub-elemen pada sektor ini akan terpengaruh oleh adanya program sebagai akibat tindakan terhadap sub-elemen lain pada elemen kendala utama dalam logistik ramah lingkungan.

Hasil *reachability matrix final* dan interpretasi

Sub Elemen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	DP	Ranking
1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	10	2
2	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	8	3
3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	5	5
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	1
6	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	8	3
7	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	6	4
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	1
9	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	10	2
10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	6
11	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	5	5
12	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	5	5
D	4	6	10	12	2	6	7	2	4	11	10	10		
Level	6	5	3	1	7	5	4	7	6	2	3	3		



Matrik DPD (*Driver Power - Dependence*)



Struktur hirarki antar sub elemen

Gambar 25 Hasil analisis ISM pada elemen kendala utama

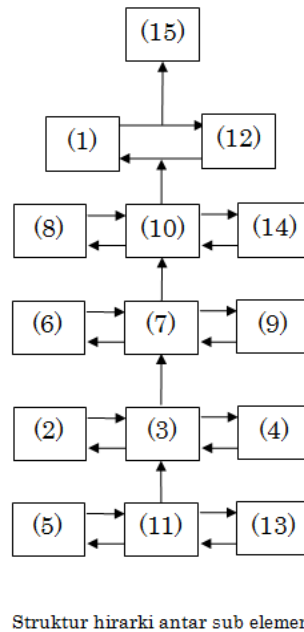
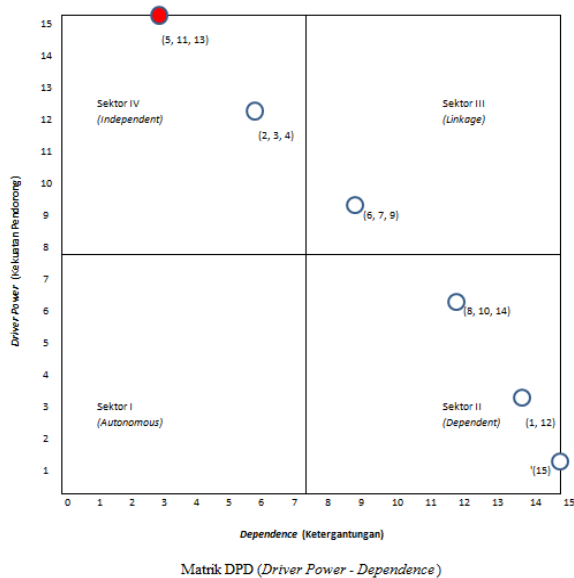
Hasil analisis strukturisasi hirarki pada Gambar 25 juga menunjukkan bahwa sub-elemen (5) Keterbatasan dana dan modal usaha dari petani/pekebun karet, pengusaha agroindustri karet dan pengusaha transportasi agroindustri karet dan (8) Belum adanya komitmen dari beragam pemangku kepentingan (pemerintah pusat, pemerintah daerah, swasta sebagai pelaku dan penyedia jasa logistik, asosiasi-asosiasi, dan pihak-pihak terkait lainnya) dalam pengembangan logistik ramah lingkungan merupakan sub-elemen yang berada pada level dasar yang dapat mempengaruhi sub-elemen lainnya. Dampak yang terjadi pada ketiga sub-elemen tersebut dapat mempengaruhi sub-elemen – sub-elemen lainnya sehingga akan berdampak pada sub-elemen (4) Kontinuitas pasokan bokar dalam logistik agroindustri karet kurang lancar pada level akhir kendala utama logistik ramah lingkungan.

Perubahan yang Dimungkinkan

Hasil analisis ISM pada elemen perubahan yang dimungkinkan akibat adanya logistik ramah lingkungan diperoleh hasil : *reachability matriks final*, matrik kekuatan pendorong dan strukturisasi seperti ditunjukkan pada Gambar 26.

Hasil *reachability matriks final* dan interpretasinya

Sub Elemen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	DP	Ranking
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	5
2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	12	2
3	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	12	2
4	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	12	2
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1
6	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	9	3
7	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	9	3
8	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	6	4
9	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	9	3
10	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	6	4
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1
12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1
14	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	6	4
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6
D	14	6	6	6	3	9	9	12	9	12	3	14	3	12	15		
Level	2	5	5	5	6	4	4	3	4	3	6	2	6	3	1		



Gambar 26 Hasil analisis ISM pada elemen perubahan yang dimungkinkan

Hasil *reachability matriks final* dan interpretasinya pada Gambar 26 menunjukkan bahwa sub-elemen (5) Perbaikan kualitas bokar sesuai standar; (11) Peningkatan standar mutu produk agroindustri karet dan (13) Perluasan mata rantai kegiatan (*value of chain*) dan mata rantai nilai, yang dapat memberikan peningkatan nilai tambah (*added value*) merupakan sub-elemen kunci. Ketiga sub-elemen tersebut bersama sub-elemen (2) Adanya peningkatan produktivitas baik pada tingkat usaha tani maupun pada tingkat pengolahan pasca panen; (3) Adanya peningkatan efisiensi dan efektifitas logistik ramah lingkungan dan (4) Penurunan dampak lingkungan dalam proses produksi agroindustri karet, terletak pada sektor IV (*Independent*). Dengan demikian sub-elemen pada sektor ini mempunyai kekuatan

penggerak (*driver power*) bagi perubahan yang dimungkinkan akibat adanya logistik ramah lingkungan agroindustri karet di Sumatera Selatan, walaupun hanya memiliki sedikit ketergantungan terhadap program.

Pada sektor III (*Linkage*) terdapat sub-elemen (6) Peningkatan daya saing agroindustri karet; (7) Peningkatan kegiatan investasi oleh masyarakat khususnya di sektor perkebunan karet dan industri pengolahan; dan (9) Peningkatan kepuasan layanan konsumen. Seluruh sub-elemen pada sektor ini harus dikaji secara hati-hati, sebab hubungan antar sub-elemen tidak stabil. Tindakan terhadap sub-elemen pada sektor ini akan memberikan dampak terhadap sub-elemen lainnya dan umpan balik pengaruhnya bisa memperbesar dampak terhadap perubahan yang dimungkinkan pada logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Pada sektor II (*Dependent*) terdapat sub-elemen - sub-elemen : (1) Sinergisitas antara petani/pekebun karet, koperasi dengan pengusaha agroindustri karet; (8) Tumbuh dan berkembangnya daerah sentra karet sebagai pemasok bahan baku industri; (10) Terciptanya iklim usaha yang kondusif; (12) Peningkatan standar mutu logistik ramah lingkungan agroindustri karet; (14) Tersedianya akses untuk mengembangkan kemampuan produksi dan penguasaan teknologi serta akses untuk mengembangkan jaringan distribusi yang dapat mendukung perluasan peluang dan penguasaan pasar internasional; dan (15) Pengembangan logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Seluruh sub-elemen pada sektor ini akan terpengaruh sebagai akibat tindakan terhadap sub-elemen lain pada elemen perubahan yang dimungkinkan pada logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Hasil analisis strukturisasi hirarki pada Gambar 26 juga menunjukkan bahwa sub-elemen (5) Perbaikan kualitas bokar sesuai standar; (11) Peningkatan standar mutu produk agroindustri karet; dan (13) Perluasan mata rantai kegiatan (*value of chain*) dan mata rantai nilai, yang dapat memberikan peningkatan nilai tambah (*added value*) berada pada level dasar. Dampak yang terjadi pada ketiga sub-elemen tersebut dapat mempengaruhi sub-elemen lainnya sehingga akan berdampak pada sub-elemen (15) Pengembangan logistik ramah lingkungan agroindustri karet pada level akhir elemen perubahan yang dimungkinkan akibat adanya logistik ramah lingkungan.

Tujuan Logistik Ramah Lingkungan

Hasil analisis ISM pada elemen tujuan logistik ramah lingkungan diperoleh hasil *reachability matriks final*, matrik kekuatan pendorong dan strukturisasi seperti ditunjukkan pada Gambar 27.

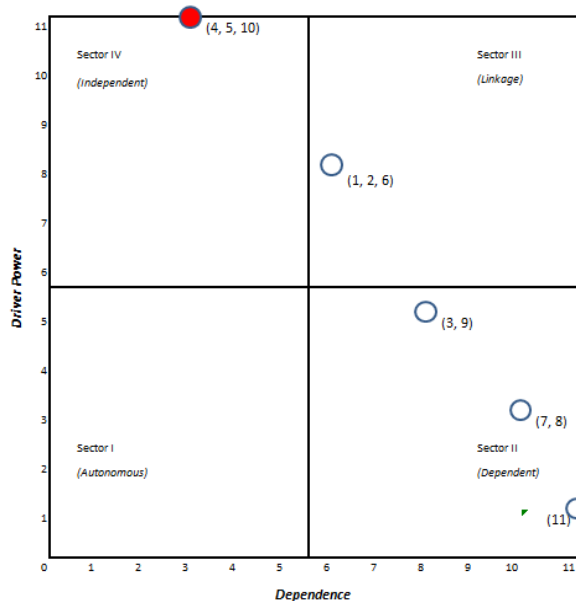
Hasil *reachability matriks final* dan interpretasinya pada Gambar 27 menunjukkan bahwa sub-elemen (4) Mengurangi dampak lingkungan proses produksi agroindustri karet; (5) Meningkatkan kualitas kemasan yang sesuai harapan konsumen dan ramah lingkungan; dan (10) Meningkatnya kinerja logistik ramah lingkungan merupakan sub-elemen kunci. Ketiga sub-elemen tersebut terletak pada sektor IV (*Independent*). Dengan demikian sub-elemen pada sektor ini mempunyai kekuatan penggerak (*driver power*) bagi pencapaian tujuan logistik ramah lingkungan agroindustri karet di Sumatera

Selatan, walaupun hanya memiliki sedikit ketergantungan terhadap program.

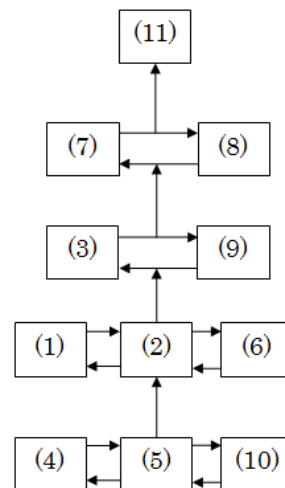
Pada sektor III (*Linkage*) terdapat sub-elemen : (1) Meningkatkan efisiensi dan efektifitas logistik ramah lingkungan agroindustri karet; (2) Meningkatkan efisiensi dan efektifitas penggunaan SDM sektor agribisnis dan agroindustri karet dan (6) Meminimumkan konsumsi energi dalam rantai nilai aliran proses berada pada sektor III (*Linkage*). Sub-elemen pada sektor ini harus dikaji secara hati-hati, sebab hubungan antar sub-elemen tidak stabil. Tindakan terhadap sub-elemen pada sektor ini akan memberikan dampak terhadap sub-elemen lainnya dan umpan balik pengaruhnya bisa memperbesar dampak terhadap pencapaian tujuan logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Hasil *reachability matrix final* dan interpretasinya

Sub Elemen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Driver Power	R
1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	8	
2	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	8	
3	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	5	
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	
6	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	8	
7	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3	
8	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3	
9	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	5	
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
Dependence Level	6	6	8	3	3	6	10	10	8	3	11		
	4	4	3	5	5	4	2	2	3	5	1		



Matrik DPD (*Driver Power - Dependence*)



Struktur hirarki antar sub elemen

Gambar 27 Hasil analisis ISM pada elemen tujuan

Pada sektor II (*Dependent*) terdapat sub-elemen - sub-elemen (1) Meningkatkan efisiensi dan efektifitas logistik ramah lingkungan agroindustri karet.; (2) Meningkatkan efisiensi dan efektifitas penggunaan

SDM sektor agribisnis dan agroindustri karet; (6) Meminimumkan konsumsi energi dalam rantai nilai aliran proses. Sub-elemen pada sektor ini akan terpengaruh sebagai akibat tindakan terhadap sub-elemen lain pada elemen tujuan logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Pada sektor IV (*Dependent*) terdapat sub-elemen - sub-elemen : (3) Meningkatkan produktivitas karet rakyat dan agroindustri karet; (7) Pemenuhan seluruh atau sebagian besar kebutuhan pengguna agroindustri karet; (8) Meningkatnya jumlah masyarakat petani/pekebun karet yang sejahtera, disebabkan peningkatan penciptaan nilai tambah pada kegiatan usaha agroindustri karet; (9) Meningkatnya penciptaan nilai tambah yang dihasilkan dari sektor perkebunan karet dari hulu sampai hilir (*pro growth*); dan (11) Tumbuhnya agroindustri berbasis karet, maupun industri pendukung kegiatan logistik agroindustri karet. Dengan demikian sub-elemen pada sektor ini akan terpengaruh oleh adanya program sebagai akibat tindakan terhadap sub-elemen lain pada elemen tujuan logistik ramah lingkungan.

Hasil analisis strukturisasi menggunakan metode ISM menghasilkan struktur hirarki yang menunjukkan bahwa sub-elemen : (4) Mengurangi dampak lingkungan dari proses produksi agroindustri karet; (5) Meningkatkan kualitas kemasan yang sesuai harapan konsumen dan ramah lingkungan; dan (10) Meningkatnya kinerja logistik ramah lingkungan merupakan sub-elemen yang berada pada level dasar yang dapat mempengaruhi perubahan pada sub-elemen lainnya. Dampak yang terjadi pada kedua sub-elemen tersebut dapat mempengaruhi sub-elemen-sub-elemen lainnya sehingga akan berdampak positif pada pencapaian tujuan (11) Tumbuhnya agroindustri berbasis karet, maupun industri pendukung kegiatan logistik agroindustri karet pada level akhir sub-elemen tujuan logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Tolok Ukur Keberhasilan Program

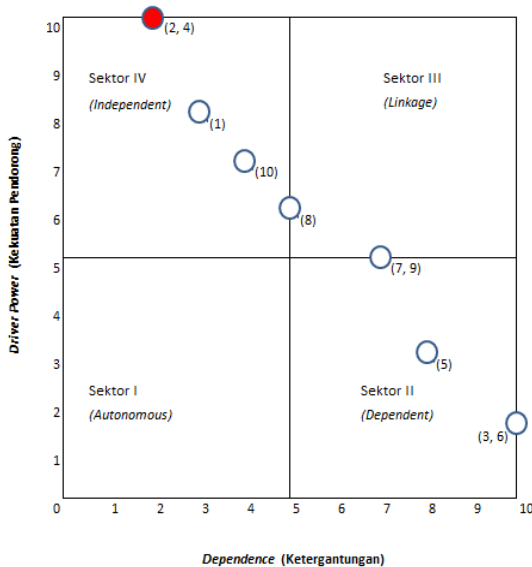
Hasil analisis ISM pada elemen tolok ukur keberhasilan program logistik ramah lingkungan diperoleh hasil *reachability matriks final*, matrik kekuatan pendorong dan strukturisasi seperti ditunjukkan pada Gambar 28.

Hasil *reachability matriks final* dan interpretasinya pada Gambar 28 menunjukkan bahwa sub-elemen (2) Peningkatan jumlah dan sebaran bibit tanaman karet yang berkualitas dan (4) Meningkatnya luasan pemanfaatan (secara positif) areal hutan, perkebunan dan lahan bagi penanaman tanaman karet merupakan sub-elemen kunci. Kedua sub-elemen tersebut bersama-sama dengan sub-elemen (1) Keseimbangan jumlah populasi bibit, bahan olah karet rakyat (bokar) dan produk turunannya dalam pemenuhan siklus *supply - demand* tingkat daerah maupun nasional; (8) Tata niaga perdagangan bibit tanaman karet, bahan olah karet rakyat (bokar) dan produk pendukung yang kondusif dan (10) Terciptanya rantai nilai dari proses bisnis agroindustri karet yang efektif, efisien dan ramah lingkungan terletak pada sektor IV (*Independent*). Dengan demikian seluruh sub-elemen ini mempunyai kekuatan penggerak (*driver power*) bagi pencapaian tolok ukur logistik ramah lingkungan agroindustri karet di Sumatera Selatan, walaupun hanya memiliki sedikit ketergantungan terhadap program.

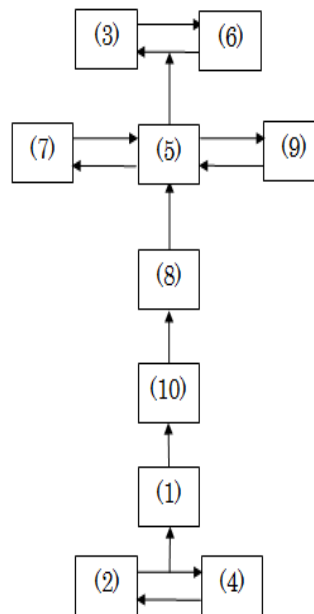
Sedangkan sub-elemen (3) Meningkatnya jumlah pelaku baru usaha agroindustri karet rakyat, maupun pelaku usaha pendukung logistik agroindustri karet; (5) Terbangunnya (meningkatnya) kerjasama usaha agroindustri karet antar wilayah (kabupaten/kota/propinsi); (6) Meningkatnya PAD kabupaten/kota/propinsi yang bersumber dari usaha kegiatan agroindustri karet; (7) Meningkatnya pembentukan koperasi pekebun karet (rakyat) pada tingkat desa/kecamatan maupun kabupaten/kota; dan (9) Terciptanya logistik ramah lingkungan agroindustri karet yang efektif dan efisien berada pada sektor II (*Dependent*). Sub-elemen pada sektor ini akan terpengaruh oleh adanya program sebagai akibat tindakan terhadap sub-elemen lain pada elemen tolok ukur keberhasilan program logistik ramah lingkungan.

Hasil *reachability matriks final* dan interpretasinya

Sub Elemen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DP	Ranki
1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	8	2
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1
3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	7
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1
5	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3	6
6	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	7
7	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	5	5
8	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	6	4
9	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	5	5
10	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	7	3
D	3	2	10	2	8	10	7	5	7	4		
Level	6	7	1	7	2	1	3	4	3	5		



Matrik DPD (*Driver Power - Dependence*)



Struktur hirarki antar sub elemen

Gambar 28 Hasil analisis ISM pada elemen tolok ukur keberhasilan program

Hasil analisis strukturisasi pada Gambar 28 juga menunjukkan bahwa sub-elemen (2) Peningkatan jumlah dan sebaran bibit tanaman karet yang berkualitas dan (4) Meningkatnya luasan pemanfaatan (secara positif) areal

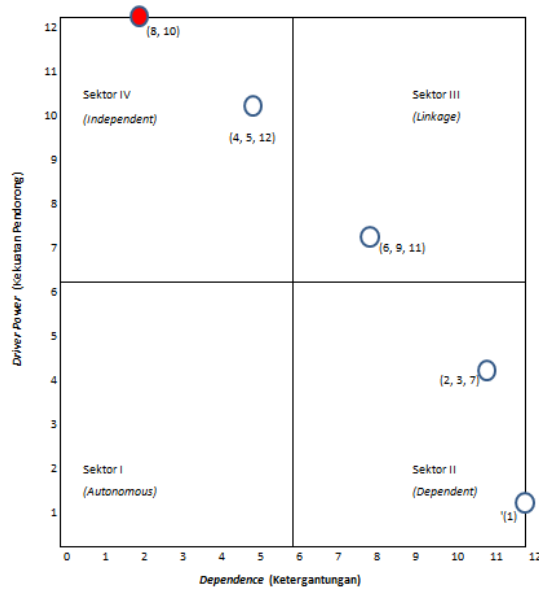
hutan, perkebunan dan lahan bagi penanaman tanaman karet merupakan sub-elemen yang berada pada level dasar yang dapat mempengaruhi sub-elemen lainnya. Dampak yang terjadi pada kedua sub-elemen tersebut dapat mempengaruhi sub-elemen – sub-elemen lainnya. Selanjutnya pada level akhir elemen tolok ukur keberhasilan logistik ramah lingkungan agroindustri karet akan berdampak positif pada sub-elemen (3) Meningkatnya jumlah pelaku baru usaha agroindustri karet rakyat, maupun pelaku usaha pendukung sistem logistik agroindustri karet dan (6) Meningkatnya Pendapatan Asli Daerah (PAD) kabupaten/kota/propinsi yang bersumber dari usaha kegiatan agroindustri karet.

Aktivitas yang Dibutuhkan Perencanaan Tindakan

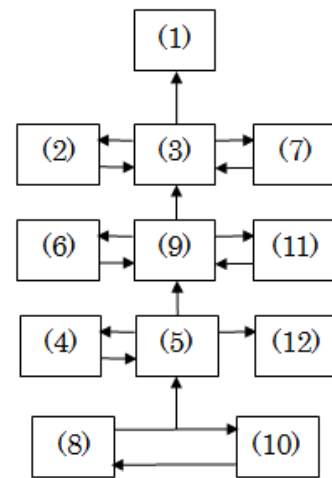
Hasil analisis ISM pada elemen aktivitas yang dibutuhkan guna perencanaan logistik ramah lingkungan diperoleh hasil *reachability matriks final*, matrik kekuatan pendorong dan strukturisasi seperti ditunjukkan pada Gambar 29.

Hasil *reachability matriks final* dan interpretasinya

Sub Elemen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	DP	I
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
2	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	
3	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	
4	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	10	
5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	10	
6	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	7	
7	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	
9	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	7	
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	
11	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	7	
12	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	10	
D	12	11	11	5	5	8	11	2	8	2	8	5		
Level	1	2	2	4	4	3	2	5	3	5	3	4		



Matrik DPD (*Driver Power - Dependence*)



Struktur hirarki antar sub elemen

Gambar 29 Hasil analisis ISM pada elemen aktivitas yang dibutuhkan

Hasil *reachability matriks final* dan interpretasinya pada Gambar 29 menunjukkan bahwa sub-elemen (8) Membangun skema kerja sama *win win solution* antar daerah maupun dengan pelaku usaha untuk terciptanya sinergi budidaya dan pemasaran yang efektif dan (10) Sosialisasi logistik ramah lingkungan merupakan sub-elemen kunci. Kedua sub-elemen ini bersama-sama dengan sub-elemen (4) Penerapan standarisasi mutu (SNI); (5) Melaksanakan insentif bagi masyarakat (kelompok) pekebun karet dalam hal akses pemodalanan, penguatan organisasi dan manajemen, serta penguasaan teknologi tepat guna; dan (12) Meningkatkan nilai tambah dan produktivitas tanaman karet dan produk agroindustri karet berada pada sektor IV (*Independent*). Seluruh sub-elemen pada sektor ini mempunyai kekuatan penggerak (*driver power*) bagi keberhasilan aktivitas program pengembangan logistik ramah lingkungan agroindustri karet di Sumatera Selatan, walaupun hanya memiliki sedikit ketergantungan terhadap program.

Selanjutnya sub-elemen (6) Penyediaan sarana produksi pertanian; (9) Peningkatan kualitas sarana prasarana infrastruktur; dan (11) Meningkatkan kualitas moda transportasi berada pada sektor III (*Linkage*). Dengan demikian sub-elemen pada sektor ini harus dikaji secara hati-hati, sebab hubungan antar sub-elemen tidak stabil. Tindakan terhadap sub-elemen pada sektor ini akan memberikan dampak terhadap sub-elemen lainnya dan umpan balik pengaruhnya bisa memperbesar dampak terhadap aktivitas yang dibutuhkan pada logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

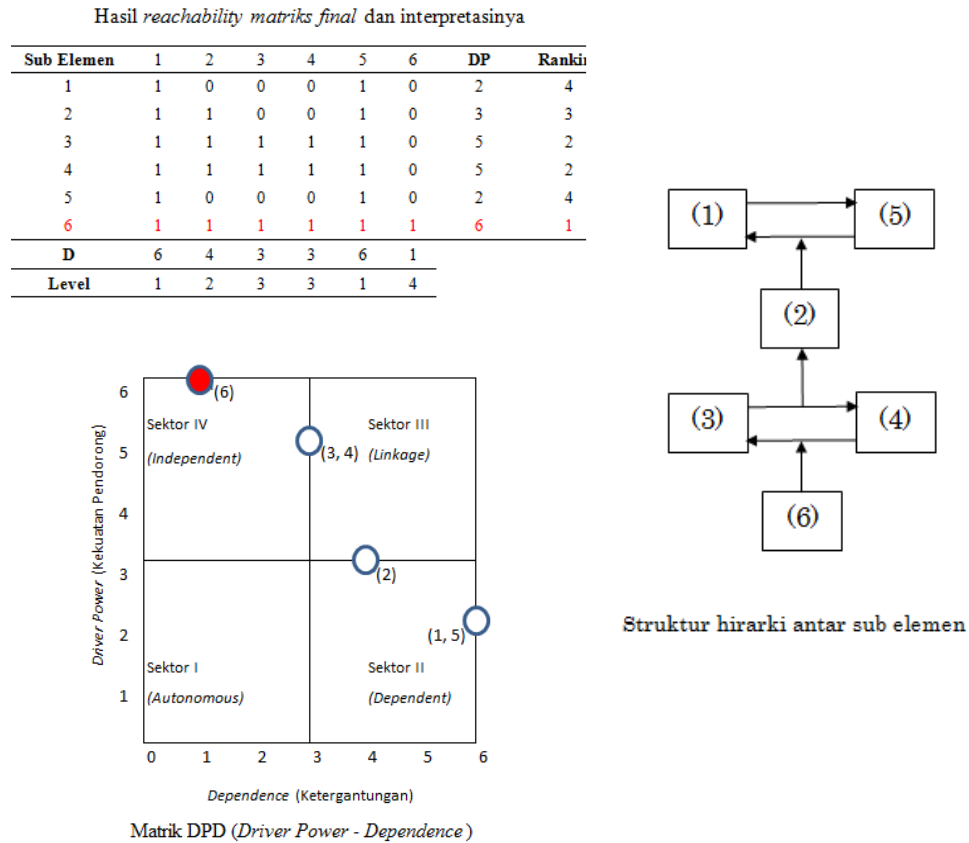
Pada sektor II (*Dependent*) terdapat sub-elemen - sub-elemen (1) Riset pengembangan logistik ramah lingkungan agroindustri karet; (2) Fasilitasi pemerintah bagi peningkatan populasi bibit (pembibitan) tanaman karet; (3) Meningkatkan kualitas sumber daya manusia; dan (7) Fasilitasi pembentukan dan penguatan kelembagaan usaha agroindustri karet berbasis masyarakat. Dengan demikian sub-elemen pada sektor ini akan terpengaruh oleh adanya program sebagai akibat tindakan terhadap sub-elemen lain pada elemen aktivitas yang dibutuhkan guna perencanaan tindakan logistik ramah lingkungan.

Hasil analisis strukturisasi menunjukkan bahwa sub-elemen (8) Membangun skema kerja sama *win win solution* antar daerah maupun dengan pelaku usaha untuk terciptanya sinergi budidaya dan pemasaran yang efektif dan (10) Sosialisasi logistik ramah lingkungan merupakan sub-elemen yang berada pada level dasar yang dapat mempengaruhi aktivitas pada sub-elemen lainnya. Dampak yang terjadi pada kedua sub-elemen tersebut dapat mempengaruhi aktivitas sub-elemen – sub-elemen lainnya sehingga pada level akhir akan berdampak positif pada aktivitas (1) Riset pengembangan sistem logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Ukuran Aktivitas Dalam Penilaian Hasil

Hasil analisis ISM pada elemen aktivitas yang dibutuhkan guna perencanaan logistik ramah lingkungan diperoleh hasil : *reachability matriks final*, matrik kekuatan pendorong dan strukturisasi seperti ditunjukkan pada Gambar 30.

Hasil *reachability matriks final* dan interpretasinya pada Gambar 30 menunjukkan bahwa sub-elemen (6) Terlaksananya logistik ramah lingkungan agroindustri karet merupakan sub-elemen kunci.



Gambar 30 Hasil analisis ISM pada elemen ukuran aktivitas dalam penilaian hasil

Sub-elemen tersebut bersama-sama sub-elemen : (3) Terciptanya kerja sama antar pemerintah daerah maupun dengan pelaku usaha untuk terciptanya sinergi budidaya dan pemasaran yang efektif dan (4) Tidak adanya distorsi dalam penerapan kebijakan logistik bibit tanaman karet, bokar dan produk turunannya berada pada sektor IV (*Independent*). Hal ini menunjukkan bahwa seluruh sub-elemen ini mempunyai kekuatan penggerak (*driver power*) bagi keberhasilan program pengembangan logistik ramah lingkungan agroindustri karet di Sumatera Selatan, walaupun hanya memiliki sedikit ketergantungan terhadap program.

Sedangkan pada sektor II (*Dependent*) sub-elemen (1) Terlaksananya peningkatan populasi (pembibitan) yang dapat menghasilkan bahan olah karet rakyat (bokar) yang berkualitas; (2) Terlaksananya program insentif akses pemodal, penguatan organisasi dan manajemen, serta penguasaan teknologi tepat guna dan (5) Terjadi peningkatan jumlah koperasi masyarakat petani/pekebun karet dan lembaga berbasis masyarakat lain yang mendukung usaha agroindustri karet. Sub-elemen pada sektor ini akan terpengaruh oleh adanya program sebagai akibat tindakan terhadap sub-

elemen lain pada elemen ukuran aktivitas dalam penilaian hasil aktivitas logistik ramah lingkungan.

Hasil analisis strukturisasi menunjukkan bahwa sub-elemen : (6) Terlaksananya logistik ramah lingkungan agroindustri karet merupakan sub-elemen yang berada pada level dasar yang dapat mempengaruhi perubahan pada sub-elemen lainnya. Dampak yang terjadi pada kedua sub-elemen tersebut dapat mempengaruhi sub-elemen – sub-elemen lainnya sehingga pada level akhir logistik ramah lingkungan agroindustri karet akan berdampak positif pada sub-elemen (1) Terlaksananya peningkatan populasi (pembibitan) yang dapat menghasilkan bahan olah karet rakyat (bokar) yang berkualitas dan (5) Terjadi peningkatan jumlah koperasi masyarakat petani/pekebun karet dan lembaga berbasis masyarakat lain yang mendukung usaha agroindustri karet.

Lembaga yang Terlibat

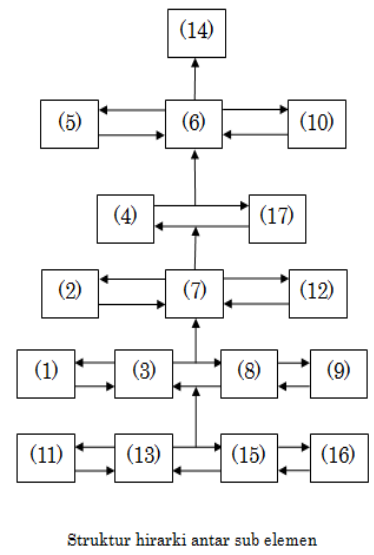
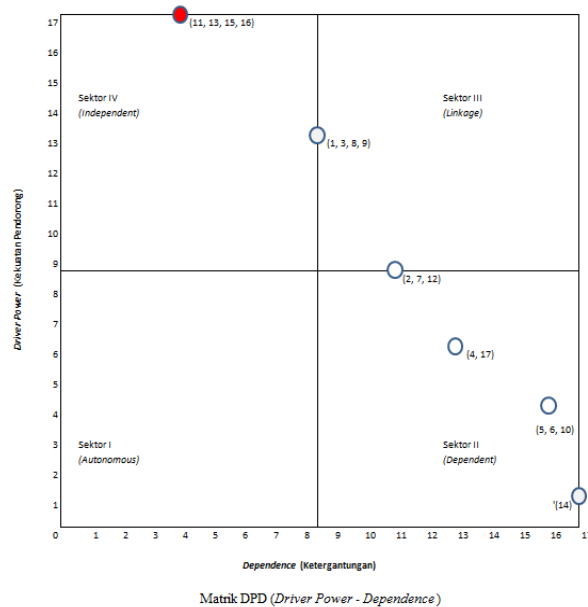
Hasil analisis ISM pada elemen lembaga yang terlibat dalam logistik ramah lingkungan diperoleh hasil : *reachability matriks final*, matrik kekuatan pendorong dan strukturisasi seperti ditunjukkan pada Gambar 31. Hasil *reachability matriks final* dan interpretasinya pada Gambar 31 menunjukkan bahwa sub-elemen (11) Kementerian Lingkungan Hidup; (13) Pemerintah Kabupaten/ Kota; (15) Lembaga Penelitian dan Pengembangan; dan (16) Kelompok Petani/Pekebun Karet dan Koperasi Usaha Agroindustri Karet merupakan sub-elemen kunci. Sub-elemen - sub-elemen tersebut terletak pada sektor IV (*Independent*) bersama-sama dengan sub-elemen: (1) Kementerian Perindustrian; (3) Kementerian Pertanian; (8) Kementerian Koperasi dan Usaha Kecil dan Menengah; dan (9) Kementerian Lingkungan Hidup. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh sub-elemen pada sektor ini mempunyai kekuatan penggerak bagi keberhasilan program pengembangan logistik ramah lingkungan agroindustri karet di Sumatera Selatan, walaupun hanya memiliki sedikit ketergantungan terhadap program.

Selanjutnya sub-elemen (2) Kementerian Perdagangan; (7) Kementerian Riset dan DIKTI; dan (12) Perbankan berada pada sektor III (*Linkage*). Dengan demikian sub-elemen pada sektor ini harus dikaji secara hati-hati, sebab hubungan antar sub-elemen tidak stabil. Tindakan terhadap sub-elemen pada sektor ini akan memberikan dampak terhadap sub-elemen lainnya dan umpan balik pengaruhnya bisa memperbesar dampak terhadap logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Pada sektor II (*Dependent*) terdapat sub-elemen - sub-elemen : (4) Perguruan Tinggi; (5) Kementerian Perhubungan; (6) Kementerian Pekerjaan Umum; (10) Kementerian PPN/ BAPPENAS; dan (17) Asosiasi eksportir. Dengan demikian sub-elemen pada sektor ini akan terpengaruh oleh adanya program sebagai akibat tindakan terhadap sub-elemen lain pada elemen lembaga yang terlibat dalam pelaksanaan logistik ramah lingkungan.

Hasil reachability matriks final dan interpretasinya

Sub Elemen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	DP	R
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	13	2
2	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	9	3
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	13	2
4	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	6	4
5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	4	5
6	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	4	5
7	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	9	3
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	13	2
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	13	2
10	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	4	5
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17	1
12	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	9	3
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	6
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17	1
17	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	6	4
D	8	11	8	13	16	16	11	8	8	16	4	11	4	17	4	4	13		
Level	5	4	5	3	2	2	4	5	5	2	6	4	6	1	6	6	3		



Struktur hirarki antar sub elemen

Gambar 31 Hasil analisis ISM pada elemen lembaga yang terlibat

Hasil analisis strukturisasi menunjukkan bahwa sub-elemen (11) GAPKINDO; (13) Pemerintah Kabupaten/ Kota; (15) Lembaga Penelitian dan Pengembangan; dan (16) Kelompok Petani/Pekebun Karet dan Koperasi Usaha Agroindustri Karet merupakan sub-elemen yang berada pada level dasar yang dapat mempengaruhi keterlibatan lembaga pada sub-elemen lainnya. Dampak yang terjadi pada sub-elemen tersebut dapat mempengaruhi keterlibatan sub-elemen lainnya sehingga pada level akhir logistik ramah lingkungan agroindustri karet akan berdampak positif pada keterlibatan sub-elemen (14) Perguruan Tinggi.

Kesimpulan

Hasil *reachability matriks final* dan interpretasinya menunjukkan bahwa terdapat sub-elemen **kunci** pada elemen:

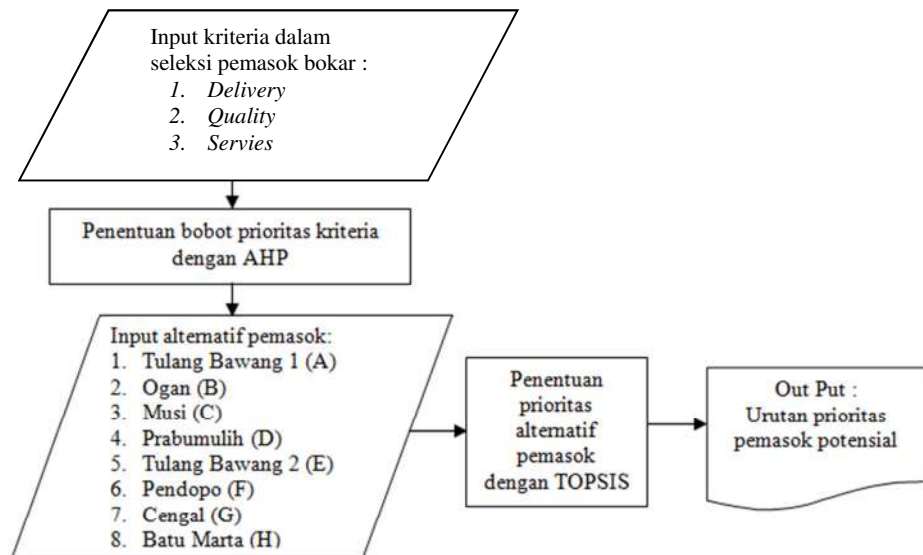
1. Sektor masyarakat terpengaruh : pengusaha agroindustri karet dan petani/pekebun karet.
2. Kebutuhan : adanya kebijakan program logistik ramah lingkungan yang dibuat pemerintah; ketersediaan dana/ anggaran bagi pelaksanaan program logistik ramah lingkungan; dan kompetensi SDM (teknis dan non teknis) yang melaksanakan program logistik ramah lingkungan.
3. Kendala utama : keterbatasan dana dan modal usaha dari petani/ pekebun karet dan belum adanya komitmen dari beragam pemangku kepentingan (pemerintah pusat, pemerintah daerah, swasta sebagai pelaku dan penyedia jasa logistik, asosiasi-asosiasi, dan pihak-pihak terkait lainnya) dalam pengembangan logistik ramah lingkungan.
4. Perubahan yang dimungkinkan : perbaikan kualitas bokat sesuai standar; peningkatan standar mutu produk agroindustri karet; dan perluasan mata rantai kegiatan (*value of chain*) dan mata rantai nilai yang dapat memberikan peningkatan nilai tambah (*added value*).
5. Tujuan : mengurangi dampak lingkungan dari proses produksi agroindustri karet; meningkatkan kualitas kemasan yang sesuai harapan konsumen dan ramah lingkungan; dan meningkatnya kinerja logistik ramah lingkungan.
6. Tolok ukur keberhasilan : peningkatan jumlah dan sebaran bibit tanaman karet yang berkualitas dan meningkatnya luasan pemanfaatan (secara positif) areal hutan, perkebunan dan lahan bagi penanaman tanaman karet.
7. Aktivitas yang dibutuhkan : membangun skema kerja sama *win win solution* antar daerah maupun dengan pelaku usaha untuk terciptanya sinergi budidaya; dan pemasaran yang efektif dan sosialisasi logistik ramah lingkungan.
8. Ukuran akitivitas : terlaksananya logistik ramah lingkungan agroindustri karet.
9. Lembaga yang terlibat : Kementerian Lingkungan Hidup; Pemerintah Kabupaten/ Kota; Lembaga Penelitian dan Pengembangan; dan kelompok petani/pekebun karet dan Koperasi Usaha Agroindustri Karet.

Seluruh sub-elemen tersebut terletak pada sektor IV (*Independent*) dan mempunyai kekuatan penggerak (*driver power*) bagi keberhasilan program pengembangan logistik ramah lingkungan agroindustri karet di Sumatera Selatan, walaupun hanya memiliki sedikit ketergantungan terhadap program.

6 MODEL SELEKSI PEMASOK BOKAR

Kerangka Model Seleksi Pemasok Bokar

Hasil strukturisasi menggunakan metode ISM menunjukkan bahwa sub-elemen kontinuitas pasokan bokar kurang lancar berada pada level 1. Keberhasilan penanganan sub-elemen ini sangat tergantung pada keberhasilan penanganan kendala lainnya dalam logistik ramah lingkungan agroindustri karet di Palembang, Sumatera Selatan. Salah satu upaya untuk menjamin kelancaran pasokan bokar dilakukan seleksi pemasok bokar yang paling potensial. Untuk itu dirancang model seleksi pemasok bokar berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan, yakni *delivery*, *quality* dan *services* sehingga dihasilkan pemasok potensial yang dapat menjamin kontinuitas pasokan bokar ke agroindustri karet. Diagram alir model seleksi pemasok bokar ditunjukkan pada Gambar 32:



Gambar 32 Kerangka model seleksi pemasok bokar potensial

Gambar 32 menunjukkan bahwa dalam penentuan bobot prioritas kriteria digunakan metode AHP dan untuk pembobotan prioritas alternatif pemasok dengan jumlah pengambil keputusan jamak digunakan metode TOPSIS. Output yang dihasilkan dari model ini adalah urutan/ranking pemasok bokar potensial. Formula yang digunakan metode AHP dalam menentukan bobot prioritas kriteria pemasok adalah :

$$VE_{ik} = [\prod \text{matriks}(i, j, k)]^{1/n}$$

Keterangan :

VE_{ik} Rata-rata geometris pendapat elemen ke-i untuk pengambil keputusan ke-k

Matriks (i,j,k) Matriks perbandingan berpasangan item ke-i dibandingkan dengan item ke-j, untuk pengambil

	keputusan yang ke-k
i, j	1,2,3,...,n
N	Jumlah item yang dibandingkan
K	1,2,3, ...,m
m	Jumlah pengambil keputusan

$$Total VE = \sum_{i=1}^n VE_{(i,k)}$$

Keterangan :

Total $VE_{(k)}$ Total penjumlahan rata-rata pendapat untuk seluruh elemen untuk pengambil keputusan ke-k

$$VP_{(i,k)} = \frac{VE_{(i,k)}}{Total VE_{(k)}}$$

Keterangan :

$VP_{(k)}$ Bobot prioritas elemen ke-i untuk pengambil keputusan ke-k

$$VA_{(i,k)} = \sum_{j=1}^n [Matriks(i, j, k) * VP_{(j,k)}]$$

Keterangan :

$VA_{(i,k)}$ = Perkalian matriks pendapat untuk elemen ke-i dan pengambil keputusan ke-k

$$VB_{(i,k)} = \frac{VA_{(i,k)}}{VP_{(i,k)}}$$

Keterangan :

$VB_{(i,k)}$ = Perbandingan antara perkalian matriks dengan bobot prioritas elemen ke-i pada pengambil keputusan ke-k

$$Total VB_{(k)} = \sum_{i=1}^n VB_{(i,k)}$$

Keterangan :

Total $VB_{(k)}$ Total penjumlahan perbandingan matriks dengan bobot prioritas masing-masing elemen untuk pengambil keputusan ke-k

$$\lambda_{\max(k)} = \frac{Total VB_{(k)}}{n}$$

$$CI_{(k)} = \frac{\lambda_{\max(k)} - n}{(n-1)}$$

Keterangan :

$CI_{(k)}$ Indeks konsistensi untuk pengambil keputusan ke-k

$$CR_{(k)} = \frac{CI_{(k)}}{RI_{(n)}}$$

Keterangan :

$CR_{(k)}$ Rasio konsistensi untuk pengambil keputusan ke-k

Jika rasio konsistensi untuk pengambil keputusan yang ke-k [$CR_{(k)}$] memenuhi syarat, maka dapat ditentukan bobot elemen gabungan rata-rata dengan rumus :

$$VE_{gabungan(i)} = \left[\prod_{k=1}^m VE_{(i,k)} \right]^{1/m}$$

Keterangan :

$VE_{gabungan(i)}$ Rata-rata geometris gabungan elemen rasio konsistensi untuk pengambil keputusan ke-k

$$Total\ VE_{gabungan(i)} = \sum_{i=1}^n VE_{gabungan(i)}$$

Keterangan :

Total $VE_{gabungan(i)}$ Jumlah total rata-rata geometris gabungan untuk seluruh pengambil keputusan

$$VP_{gabungan(i)} = \frac{VE_{gabungan(i)}}{Total\ VE_{gabungan}}$$

Keterangan :

$VP_{gabungan(i)}$ Bobot prioritas rata-rata untuk elemen ke-i
Bobot kriteria item ke-i dilihat dari nilai VP gabungan (i)

Sedangkan untuk menentukan bobot agregat masing-masing item untuk setiap hirarki menggunakan model :

$$Bobot\ agregat_{(i,1)} = \sum_{k=1}^n VP_{(i,k)} * Bobot\ agregat_{(k,1-1)}$$

Keterangan :

Bobot agregat (i,1) Bobot item ke-i pada hirarki ke-1
 $VP_{(i,k)}$ Bobot item ke-i dilihat dari item ke-k pada hirarki di atasnya
 K 1,2,3,...,jumlah item pada hirarki ke-1
 L Jumlah hirarki
 I Jumlah item

Selanjutnya hasil perhitungan dengan menggunakan metode AHP diintegrasikan dengan metode TOPSIS untuk menentukan bobot prioritas alternatif pemasok bokar potensial. Prosedur dari TOPSIS dapat dijelaskan dalam langkah-langkah berikut ini.

Nilai normalisasi n_{ij} dihitung dengan rumus :

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n.$$

Nilai bobot normalisasi v_{ij} dihitung dengan rumus: $v_{ij} = w_j n_{ij}$, $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$; w_i adalah bobot kriteria dan $\sum_{j=1}^n w_j = 1$

Solusi ideal positif dan negatif dihitung dengan rumus :

$$A^+ = \{v_1^+, \dots, v_n^+\} = \{(\max_j v_{ij} | i \in I), (\min_j v_{ij} | i \in J)\},$$

$$A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} = \{(\min_j v_{ij} | i \in I), (\max_j v_{ij} | i \in J)\},$$

Separasi (jarak) d_i^+ (menggunakan dimensi n jarak Euclidean). Separasi dari tiap alternatif dari solusi ideal dihitung dengan :

$$d_i^+ = \left[\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad i = 1, \dots, m,$$

Dengan cara yang sama, separasi (jarak) dari solusi ideal negatif dihitung dengan:

$$d_i^- = \left[\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad i = 1, \dots, m,$$

Kedekatan relatif dari solusi ideal dari alternatif A_i dengan A^+ didefinisikan sebagai:

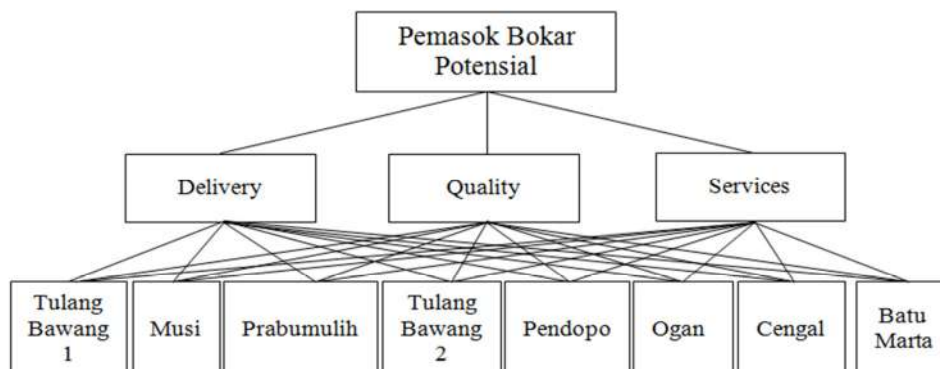
$$R_i = \frac{d_i^-}{(d_i^+ + d_i^-)}, \quad i = 1, \dots, m.$$

Jika $d_i^- \geq 0$ dan $d_i^+ \geq 0$ maka $R_i \in [0,1]$

Alternatif dapat diranking berdasarkan urutan. Alternatif terbaik adalah alternatif pemasok yang memiliki jarak terpendek terhadap solusi ideal dan berjarak terjauh dengan solusi negatif-ideal.

Struktur Hirarki Pemilihan Pemasok Potensial

Pada umumnya, seleksi pemasok adalah masalah keputusan yang mempertimbangkan banyak kriteria (*multicriteria decision problem*), baik kuantitatif maupun kualitatif. Dalam kasus semacam ini, *trade-off* antara satu kriteria dengan kriteria yang lain membutuhkan analisis yang tepat. Di samping itu, suatu kriteria dapat memiliki tingkat kepentingan yang bervariasi tergantung pada situasi pembeliannya (Abror *et al.* 2011). Dalam model seleksi pemasok bokat, dirancang struktur hirarki seperti ditunjukkan pada Gambar 33.



Gambar 33 Struktur hirarki seleksi pemasok bokar potensial

Berdasarkan struktur hirarki yang ditunjukkan pada Gambar 33 selanjutnya dilakukan penentuan bobot prioritas kriteria dengan menggunakan metode AHP. Setelah itu dilakukan penentuan bobot prioritas pemasok bokar menggunakan metode TOPSIS.

Hasil dan Pembahasan Seleksi Pemasok Bokar

Penentuan Prioritas Kriteria Seleksi Pemasok Bokar

Hasil penilaian perbandingan berpasangan menggunakan metode AHP diperoleh hasil bobot prioritas kriteria seperti ditunjukkan Tabel 16.

Tabel 16 Bobot prioritas kriteria seleksi pemasok

No	Kriteria	Bobot Prioritas
1	<i>Delivery</i>	0.187
2	<i>Quality</i>	0.715
3	<i>Services</i>	0.098

Tabel 16 menunjukkan bahwa dalam seleksi pemasok bokar potensial adalah kriteria/faktor *quality* (kualitas bokar) paling penting untuk dipertimbangkan karena memiliki bobot tertinggi = 0.715.

Penentuan Prioritas Alternatif Pemasok Bokar

Pada tahap selanjutnya dilakukan penilaian ranking kecocokan dari setiap alternatif pemasok pada setiap kriteria yang dipertimbangkan dan diperoleh hasil seperti disajikan pada Tabel 17.

Tabel 17 Hasil penilaian ranking kecocokan menggunakan metode TOPSIS

No.	Alternatif Pemasok	<i>Delivery</i>	<i>Quality</i>	<i>Service</i>
1	T. Bawang 1 (A)	4	2	1
2	Ogan (B)	5	4	4
3	Musi (C)	2	3	3
4	Prabumulih (D)	4	2	2
5	T. Bawang 2 (E)	1	4	4
6	Pendopo (F)	5	5	5
7	Cengal (G)	3	3	2
8	Batu Marta (H)	1	3	2

Tahap berikutnya dilakukan penghitungan matrik keputusan ternormalisasi dengan tahapan sebagai berikut :

$$|X_1| = \sqrt{4^2 + 5^2 + 2^2 + 4^2 + 1^2 + 5^2 + 3^2 + 1^2} = 9.85$$

$$|X_2| = \sqrt{2^2 + 4^2 + 3^2 + 2^2 + 4^2 + 5^2 + 3^2 + 3^2} = 9.59$$

$$|X_3| = \sqrt{1^2 + 4^2 + 3^2 + 2^2 + 4^2 + 5^2 + 2^2 + 2^2} = 8.89$$

Kemudian menghitung r_{ij} seperti berikut ini:

$$r_{11} = \frac{X_{11}}{|X_1|} = \frac{4}{9.85} = 0.4061$$

$$r_{12} = \frac{X_{21}}{|X_1|} = \frac{5}{9.85} = 0.5076$$

$$r_{13} = \frac{X_{31}}{|X_1|} = \frac{2}{9.85} = 0.203$$

Demikian seterusnya, sehingga diperoleh matriks keputusan berikut:

0.4061	0.2086	0.1125
0.5076	0.4171	0.4499
0.2030	0.3128	0.3375
0.4061	0.2086	0.2250
0.1015	0.4171	0.4499
0.5076	0.5214	0.5624
0.3046	0.3128	0.2250
0.1015	0.3128	0.2250

Selanjutnya dilakukan penghitungan matriks keputusan ternormalisasi terbobot. Matriks keputusan ternormalisasi terbobot diperoleh dari hasil perkalian matriks R dengan bobot preferensi kriteria :

0.4061	0.2086	0.1125	X	0.187	0.715	0.098
0.5076	0.4171	0.4499				
0.2030	0.3128	0.3375				
0.4061	0.2086	0.2250				
0.1015	0.4171	0.4499				
0.5076	0.5214	0.5624				
0.3046	0.3128	0.2250				
0.1015	0.3128	0.2250				

Sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

0.0759	0.1491	0.0110
0.0949	0.2982	0.0441
0.0380	0.2237	0.0331
0.0759	0.1491	0.0220
0.0190	0.2982	0.0441
0.0949	0.3728	0.0551
0.0570	0.2237	0.0220
0.0190	0.2237	0.0220

Selanjutnya dihitung nilai solusi ideal seperti ditunjukkan Tabel 18:

Tabel 18 Solusi ideal positif dan negatif

Alternatif Pemasok	C ₁	C ₂	C ₃
A	0.0759	0.1491	0.0110
B	0.0949	0.2982	0.0441
C	0.0380	0.2237	0.0331
D	0.0759	0.1491	0.0220
E	0.0190	0.2982	0.0441
F	0.0949	0.3728	0.0551
G	0.0570	0.2237	0.0220
H	0.0190	0.2237	0.0220
Solusi ideal positif (A ⁺)	0.0949	0.3728	0.0551
Solusi ideal negatif (A ⁻)	0.0190	0.1491	0.011

Jarak antara nilai terbobot setiap alternatif terhadap solusi ideal positif :

$$d_1^+ = \sqrt{(0.0759-0.0949)^2 + (0.1491-0.3728)^2 + (0.0110-0.0551)^2} = 0.2288$$

$$d_2^+ = \sqrt{(0.0949-0.0949)^2 + (0.2982-0.3728)^2 + (0.0441-0.0551)^2} = 0.0754$$

$$d_3^+ = \sqrt{(0.0380-0.0949)^2 + (0.2237-0.3728)^2 + (0.0331-0.0551)^2} = 0.1611$$

$$d_4^+ = \sqrt{(0.0759-0.0949)^2 + (0.1491-0.3728)^2 + (0.0220-0.0551)^2} = 0.2269$$

$$d_5^+ = \sqrt{(0.0190-0.0949)^2 + (0.2982-0.3728)^2 + (0.0441-0.0551)^2} = 0.1070$$

$$d_6^+ = \sqrt{(0.0949-0.0949)^2 + (0.3728-0.3728)^2 + (0.0551-0.0551)^2} = 0$$

$$d_7^+ = \sqrt{(0.0570-0.0949)^2 + (0.2237-0.3728)^2 + (0.0220-0.0551)^2} = 0.1574$$

$$d_8^+ = \sqrt{(0.0190-0.0949)^2 + (0.2237-0.3728)^2 + (0.0220-0.0551)^2} = 0.1706$$

Jarak antara nilai terbobot setiap alternatif terhadap solusi ideal negatif :

$$d_1^- = \sqrt{(0.0759-0.0190)^2 + (0.1491-0.1491)^2 + (0.0110-0.0110)^2} = 0.0570$$

$$d_2^- = \sqrt{(0.0949-0.0190)^2 + (0.2982-0.1491)^2 + (0.0441-0.0110)^2} = 0.1706$$

$$d_3^- = \sqrt{(0.038-0.0190)^2 + (0.2237-0.1491)^2 + (0.0331-0.0110)^2} = 0.0800$$

$$d_4^- = \sqrt{(0.0759-0.019)^2 + (0.1491-0.1491)^2 + (0.0220-0.0110)^2} = 0.0580$$

$$d_5^- = \sqrt{(0.0190-0.0190)^2 + (0.2982-0.1491)^2 + (0.0441-0.0110)^2} = 0.1527$$

$$d_6^- = \sqrt{(0.0949-0.0190)^2 + (0.3728-0.1491)^2 + (0.0220-0.0110)^2} = 0.2403$$

$$d_7^- = \sqrt{(0.0570-0.0190)^2 + (0.2237-0.1491)^2 + (0.0220-0.0110)^2} = 0.0844$$

$$d_8^- = \sqrt{(0.0190-0.0190)^2 + (0.2237-0.1491)^2 + (0.0220-0.0110)^2} = 0.0754$$

Selanjutnya dihitung R_i (jarak kedekatan setiap alternatif terhadap solusi ideal) :

$$R_1 = \frac{0.057}{0.2288 + 0.057} = 0.1994$$

$$R_2 = \frac{0.1706}{0.0754 + 0.1706} = 0.6935$$

$$R_3 = \frac{0.08}{0.1611 + 0.08} = 0.3318$$

$$R_4 = \frac{0.058}{0.2269 + 0.058} = 0.2036$$

$$R_5 = \frac{0.1527}{0.107 + 0.1527} = 0.588$$

$$R_6 = \frac{0.2403}{0 + 0.2403} = \mathbf{1.000}$$

$$R_7 = \frac{0.0844}{0.1574 + 0.0844} = 0.349$$

$$R_8 = \frac{0.0754}{0.1706 + 0.0754} = 0.3065$$

Dari nilai R (jarak kedekatan setiap alternatif terhadap solusi ideal) diperoleh nilai R_6 memiliki nilai terbesar (=1), sehingga pemasok terbaik untuk memenuhi pasokan bokar di PT X Palembang adalah pemasok 6 (F).

Kesimpulan

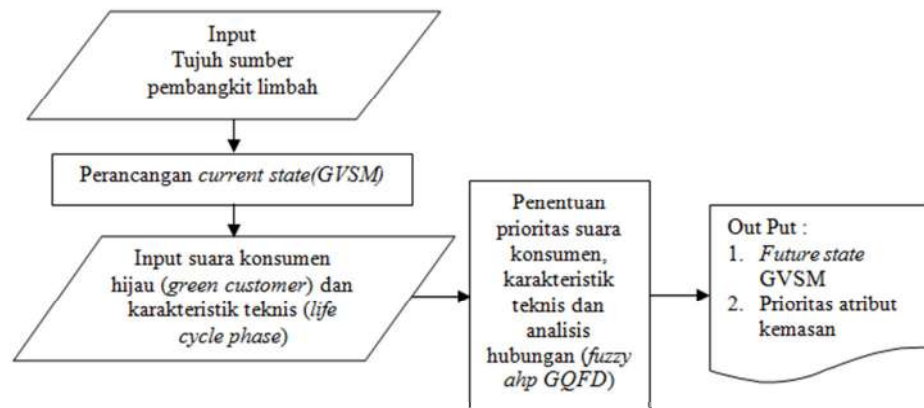
Hasil kajian seleksi pemasok bokar diperoleh faktor yang dipertimbangkan dalam seleksi pemasok bokar adalah *delivery*, *quality* dan *services*. Selanjutnya, hasil penilaian perbandingan berpasangan menggunakan metode AHP menunjukkan bahwa faktor yang paling penting untuk dipertimbangkan dalam seleksi pemasok bokar adalah faktor *quality*. Hasil perhitungan bobot prioritas global alternatif pemasok bokar berdasarkan kriteria yang dipertimbangkan menggunakan metode TOPSIS diperoleh hasil bahwa pemasok bokar PT X paling potensial adalah pemasok 6 dari Pendopo, Sumatera Selatan.

7 LOGISTIK PROSES PRODUKSI DAN DESAIN ATRIBUT KEMASAN PRODUK SIR 20

Kerangka Model Logistik Proses Produksi dan Desain Atribut Kemasan Produk SIR 20

Dalam penelitian ini digunakan metode *GVSM* (*Green Value Stream Mapping*) untuk menganalisis tujuh pembangkit sumber limbah pada proses produksi agroindustri karet. Output yang dihasilkan adalah rancangan *future state* *GVSM* yang memiliki efisiensi dan efektifitas proses produksi lebih tinggi dibandingkan *current state* *GVSM*.

Selanjutnya digunakan metode *fuzzy* AHP dan QFD untuk mengintegrasikan analisis siklus hidup dan QFD untuk mengevaluasi kemasan produk SIR 20 dengan mempertimbangkan aspek lingkungan. QFD merupakan metode yang berguna dalam mengintegrasikan masalah lingkungan dengan kebutuhan konsumen untuk meningkatkan pengembangan kemasan produk SIR 20. Tahapan implementasi QFD dalam penelitian ini terdiri dari: (1) Tahap pengumpulan atribut kemasan ramah lingkungan sesuai keinginan konsumen; (2) Tahap pengumpulan karakteristik teknis berdasarkan *life cycle phases*; (3) Tahap penyusunan rumah kualitas (*house of quality*); (4) Tahap analisis dan implementasi. Kerangka model logistik proses produksi dan desain atribut kemasan produk SIR 20 ditunjukkan pada Gambar 34.



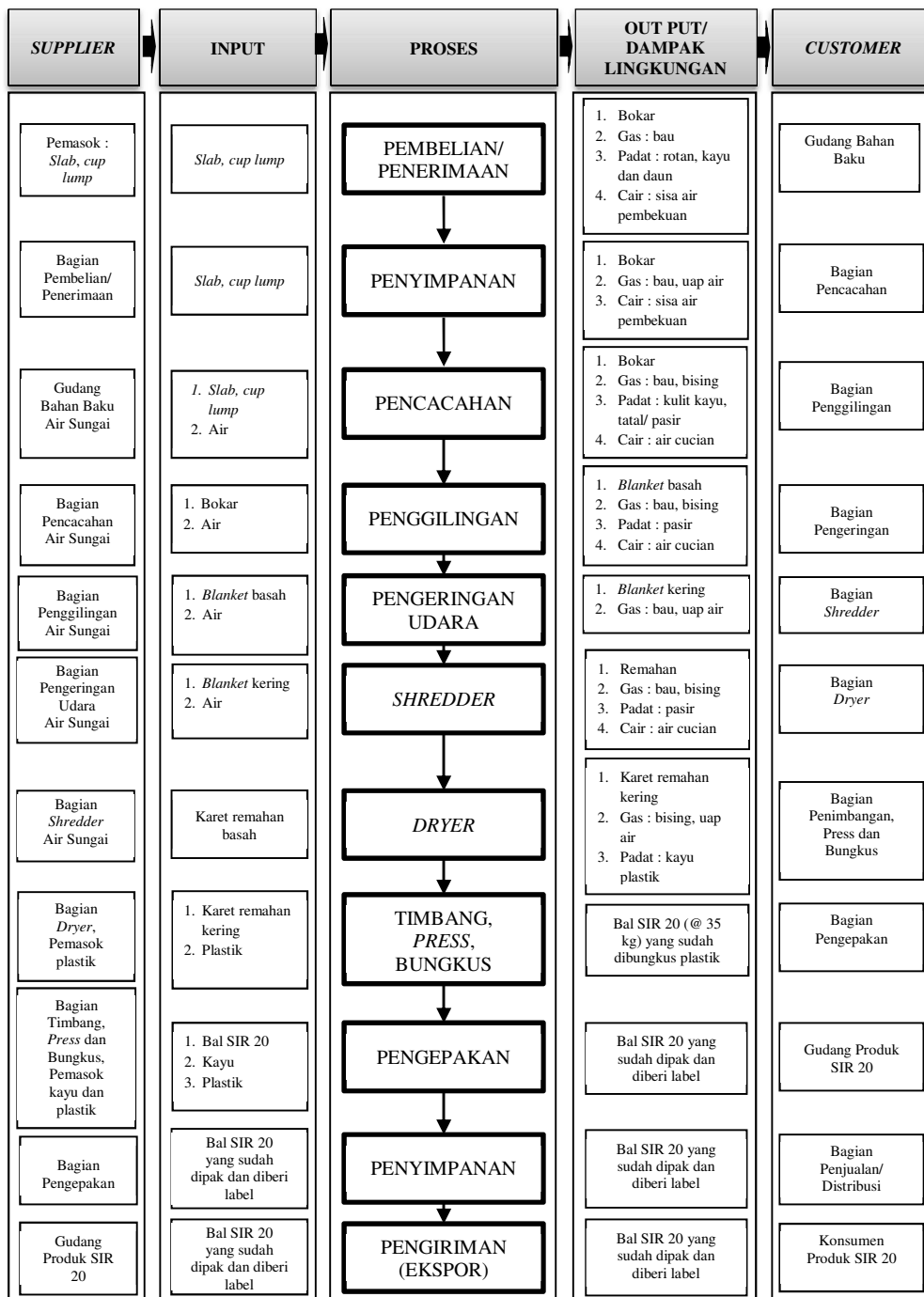
Gambar 34 Kerangka model logistik proses produksi dan desain atribut kemasan SIR 20

Gambar 34 menunjukkan bahwa pada perancangan *current state* proses produksi SIR 20 diperlukan analisis pada tujuh sumber pembangkit limbah. Sedangkan target dan sumber inspirasi pengembangan kemasan produk SIR 20 adalah *green customer* (konsumen yang peduli lingkungan).

Logistik Proses Produksi SIR 20

Berdasarkan filosofi *lean*, proses *Green Value Stream* menunjukkan cara secara cepat untuk mengidentifikasi, mengukur, dan meminimalkan

tujuh limbah hijau sehingga tercapai efisiensi biaya (Wills 2009). Untuk memudahkan analisis limbah hijau, pada Gambar 35 digambarkan tahapan proses produksi *crumb rubber* mulai dari pemasok sampai dengan konsumen produk SIR 20, menggunakan diagram SIPOC (*Supplier-Input-Process-Output-Customer*).



Gambar 35 Diagram SIPOC proses produksi agroindustri *crumb rubber*

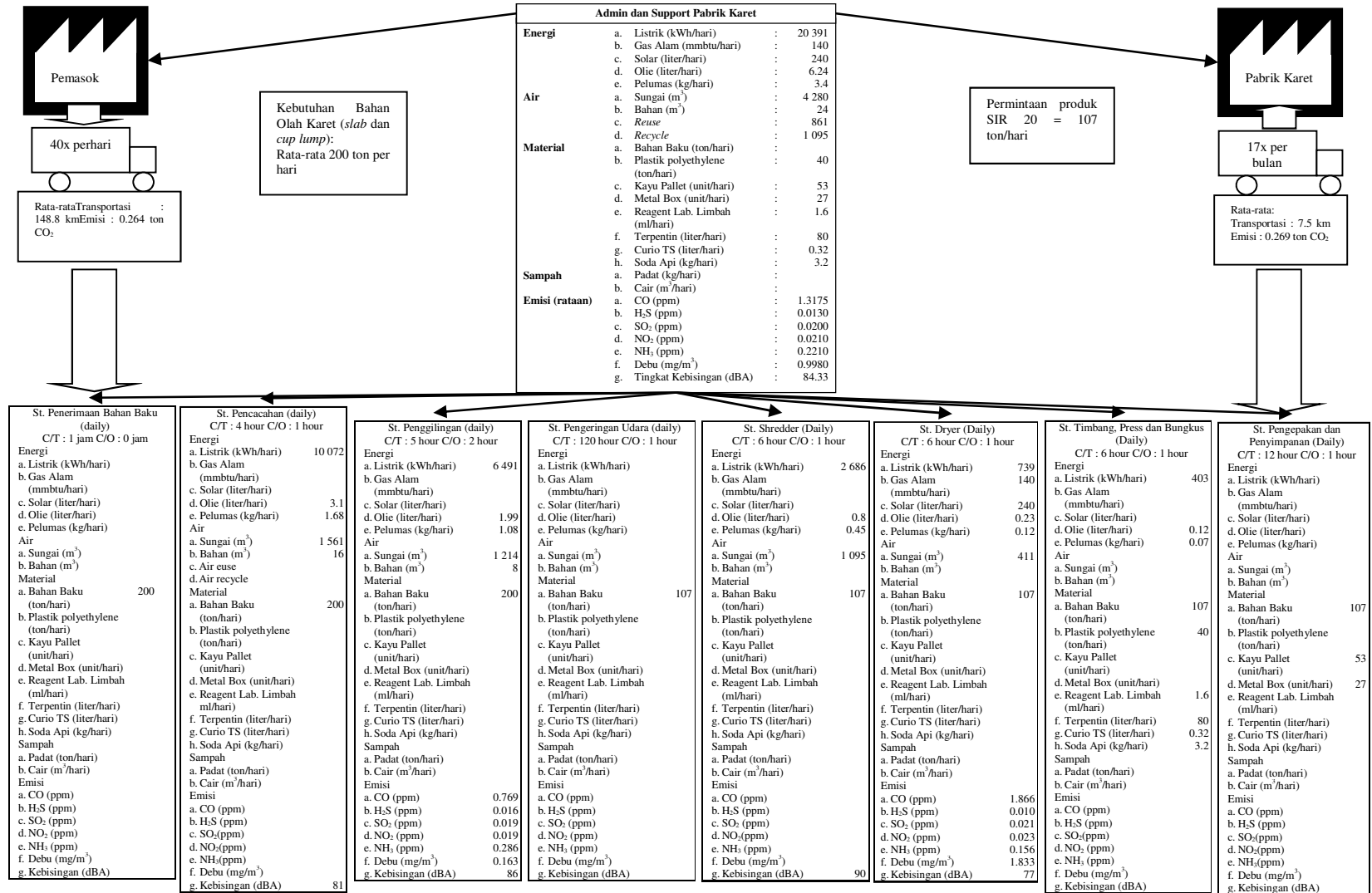
Gambar 35 menunjukkan bahwa *slab* dan *cup lump* mengalami tahapan proses produksi pada agroindustri *crumb rubber* untuk menghasilkan output produk SIR 20 yang memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) sehingga bisa diekspor ke luar negeri maupun dijual di dalam negeri. Selanjutnya dilakukan analisis sumber pembangkit limbah dalam proses pengolahan *crumb rubber* seperti disajikan pada Tabel 19.

Tabel 19 Hasil analisis tujuh sumber limbah hijau (*seven green wastes*)

Jenis Limbah	Tahapan Proses									Total
	Penerimaan Bahan Baku	Pencacahan	Penggilingan	Pengeringan Udara	<i>Shredder</i>	<i>Dryer</i>	Timbang, Press, Bungkus	Pengepakan	Penyimpanan	
Energi										
a. Listrik (kWh/hari)		10 072	6 491		2 686	739	403			20 391
b. Gas Alam (mmbtu/hari)						140				140
c. Solar (liter/hari)						240				240
d. Olie (liter/hari)		3.1	1.99		0.8	0.23	0.12			6.24
e. Pelumas (kg/hari)		1.68	1.08		0.45	0.12	0.07			3.4
Air										
a. Sungai (m ³ /hari)		1 561	1 214		1 059	411				4 280
b. Bahan (m ³ /hari)		16	8							24
Material										
a. Bahan Baku (ton/hari)	200	200	200	107	107	107	107	107	107	
b. Plastik polyethylene (ton/hari)							40			40
c. Kayu Pallet (unit/hari)								53.33		53.33
d. Metal Box (unit/hari)								27		27
e. Reagent Lab. Limbah (ml/hari)									1.6	1.6
f. Terpentin (liter/hari)							80			80
g. Curio TS (liter/hari)	0.32							0.32		0.32
h. Soda Api (kg/hari)								3.2		3.2
Sampah										
a. Padat (ton/hari)										
b. Cair (m ³ /hari)										
Transportasi										
Emisi										
a. CO (ppm)			0.769			1.866				1.3175
b. H ₂ S (ppm)			0.016			0.010				0.013
c. SO ₂ (ppm)			0.019			0.021				0.02
d. NO ₂ (ppm)			0.019			0.023				0.021
e. NH ₃ (ppm)			0.286			0.156				0.221
f. Debu (mg/m ³)			0.163			1.833				0.998
g. Kebisingan (dBA)		81	86		90	77				84.33
Biodiversitas (Ha)		-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber data : agroindustri *crumb rubber* responden (2014) dan sudah diolah

Tabel 19 menunjukkan pemetaan kondisi awal proses yang dilakukan dengan mengidentifikasi tujuh sumber limbah berdasarkan Wills (2009). Gambar 36 menggambarkan kondisi awal (*current state*) proses agroindustri *crumb rubber* sebelum dilakukannya upaya peningkatan produktivitas.

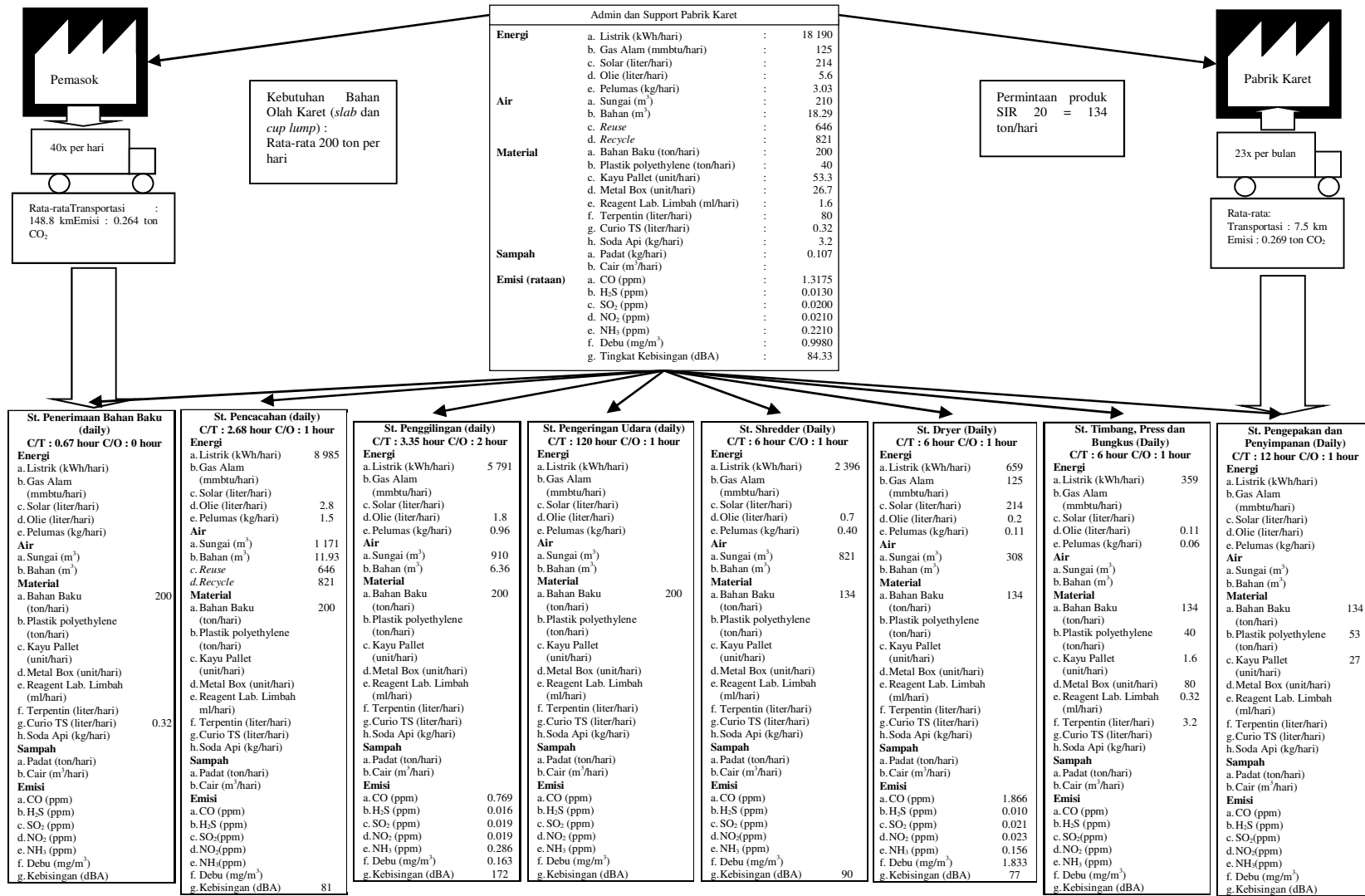


Gambar 36 Current state GVSM agroindustri crumb rubber

Agroindustri *crumb rubber* di Indonesia menjadi tidak efisien bila dibandingkan agroindustri *crumb rubber* di negara tetangga seperti Malaysia dan Thailand yang hanya menerima bokar bersih. Ketidakefisienan ini tidak dibebankan ke konsumen tetapi ke petani dengan harga pembelian yang lebih rendah. Hal ini juga mempengaruhi citra *crumb rubber* Indonesia di pasar internasional. Karena menggunakan bokar kotor, *crumb rubber* Indonesia dianggap kualitasnya lebih rendah ketimbang dari Malaysia dan Thailand. Pada periode tertentu di pasar internasional SIR 20 harganya lebih rendah daripada SMR 20 (*Standard Malaysian Rubber*) dan STR 20 (*Standard Thailand Rubber*) (PTPN V 2016). Apabila bokar yang diolah kotor maka diperlukan tahapan proses yang panjang dan boros energi sehingga produktivitas menjadi rendah. Bokar kotor yang diterima pabrik harganya akan dipotong karena yang dihitung hanya kadar karet keringnya saja. Pabrik terpaksa mengolah lagi dengan mesin tertentu untuk membersihkan sehingga menambah daya listrik.

Selain itu, karet alam di Indonesia, Thailand dan Malaysia umumnya didominasi oleh karet yang diusahakan dari perkebunan rakyat. Perbedaan dari ketiga negara tersebut adalah bentuk olahan lateks kebun yang dihasilkan. Di Indonesia umumnya berupa slab tebal dengan kadar karet kering (45-50%), di Malaysia berupa lum mangkuk (*cup lump*) dengan kadar karet kering 65-70% dan di Thailand berupa sit atau lembaran tipis dengan kadar karet kering 90% (Utomo 2008).

Selanjutnya dalam penelitian ini dirancang *future state GVSM* seperti ditunjukkan pada Gambar 37. Peningkatan efisiensi dan efektifitas proses dilakukan dengan cara: (1) meningkatkan kualitas bokar pada tingkat pekebun yang diharuskan menggunakan bokar bersih yang bebas dari tatal, potongan kayu dan cemaran padat lain dan (2) menggunakan penggumpal asam semut sesuai anjuran pemerintah sehingga akan memudahkan dalam proses pengolahan pada agroindustri *crumb rubber*. Selain data yang diperoleh dari agroindustri *crumb rubber* yang menjadi responden, data waktu, penggunaan energi, material, air dan sampah yang dihasilkan merupakan hasil pengolahan data yang dikonversi dari penelitian Wiguna (2012), Tunas *et al.* (2009) dan Utomo (2008). Hasil kajian berdasarkan studi literatur pada proses pengolahan agroindustri *crumb rubber* akan terjadi efisiensi penggunaan energi listrik sebesar 11% (semula 20 391 kWh menjadi 18 190 kWh), penggunaan air sebesar 25% (dari semula 4 280 m³/hari menjadi 3 210 m³/hari atau 21.4 m³ air/ton karet kering menjadi 16.05 m³ air/ton karet kering) dan waktu proses sebesar 2% (dari semula 160 jam menjadi 156.7 jam) dan produktivitas penggunaan bahan baku meningkat dari 54% (107 ton produk SIR 20 dari 200 ton bokar) menjadi 67% (134 ton produk SIR 20 dari 200 ton bokar). Pengurangan konsumsi energi tersebut sesuai dengan prinsip utama logistik ramah lingkungan pada tahap manufaktur yaitu dapat mengurangi konsumsi energi, menggunakan teknologi yang mendukung produksi bersih dan mengurangi produksi limbah (Čepinskis dan Masteika 2011).



Gambar 37 Future state GVSM agroindustri crumb rubber

Desain Atribut Kemasan Produk SIR 20

Identifikasi Keinginan Konsumen

Tahap awal proses pengumpulan data, yaitu mengumpulkan data atribut kemasan ramah lingkungan untuk produk SIR 20 sesuai dengan keinginan konsumen (*Voice of Customer, VoC*) dari produk SIR 20, dalam hal ini industri ban. Untuk membangkitkan VoC dilakukan survey terhadap konsumen/industri ban. Hasil dari proses ini dimasukkan ke dalam matrik *What* dalam HoQ (*House of Quality*). Pada matrik *What* dilakukan survey untuk memperoleh suara konsumen yang peduli terhadap lingkungan. Proses QFD membutuhkan data konsumen yang ditulis sebagai atribut-atribut dari suatu kemasan produk SIR 20. Tiap atribut mempunyai data numerik yang berkaitan dengan kepentingan relatif atribut bagi konsumen dan tingkat *performance* kepuasan konsumen dari kemasan produk SIR 20 yang dibuat berdasarkan atribut tadi. Untuk itu dilakukan penilaian bobot suara konsumen dengan menggunakan metode *fuzzy AHP*, diranking dan dikonversi seperti ditunjukkan pada Tabel 20.

Tabel 20 Suara konsumen terhadap desain atribut kemasan produk SIR 20

No	Suara Konsumen (<i>Voice of Customer</i>)	Simbol	Bobot	Ranking	Konversi
1.	Kemudahan dalam mengemas produk SIR 20.	CR ₁	0.24	1	8
2.	Bahan kemasan ramah lingkungan.	CR ₂	0.23	2	7
3.	Dapat digunakan berulang kali (<i>Reuse</i>).	CR ₃	0.07	5	4
4.	Dapat didaur ulang (<i>Recycle</i>).	CR ₄	0.06	6	3
5.	Hemat energi.	CR ₅	0.06	6	3
6.	Kemudahan perakitan.	CR ₆	0.13	3	6
7.	Kemudahan perbaikan.	CR ₇	0.02	8	1
8.	Dimensi.	CR ₈	0.02	8	1
9.	Berat.	CR ₉	0.02	8	1
10.	Kualitas kemasan.	CR ₁₀	0.12	4	5
11.	Harga.	CR ₁₁	0.03	7	2

Tabel 20 menunjukkan beberapa atribut kemasan produk SIR 20 yang memperhatikan aspek lingkungan dan sesuai keinginan konsumen. Dengan mengetahui keinginan konsumen tersebut maka pengelola agroidustri *crumb rubber* dapat merancang dan menggunakan kemasan produk yang berkualitas sesuai dengan karakteristik teknis yang ada. Tabel 20 juga menunjukkan bahwa konsumen menginginkan kemudahan dalam mengemas produk SIR 20, menggunakan bahan kemasan yang ramah lingkungan, mudah dalam perakitan dan kualitas kemasan produk SIR 20 yang tinggi.

Analisis Lingkungan Kemasan Produk SIR 20

Proses selanjutnya adalah analisis lingkungan dari kemasan produk SIR 20. Tujuan dari LCA (*Life Cycle Assesment*) adalah melakukan evaluasi atas konsep produk. Adapun ruang lingkup LCA produk ini adalah seluruh siklus hidup kemasan produk SIR 20 mulai dari pengadaan material hingga sampai di tangan konsumen. Hasil dari proses ini dimasukkan ke dalam matrik *How* dalam HoQ (*House of Quality*).

Penilaian kondisi saat ini dari karakteristik teknis yang bisa terpenuhi dalam fase siklus hidup kemasan produksi SIR dilakukan dengan menggunakan metode *fuzzy AHP*. Hasil akhir penilaian *fuzzy AHP* untuk penilaian kondisi saat ini karakteristik teknis ditunjukkan pada Tabel 21.

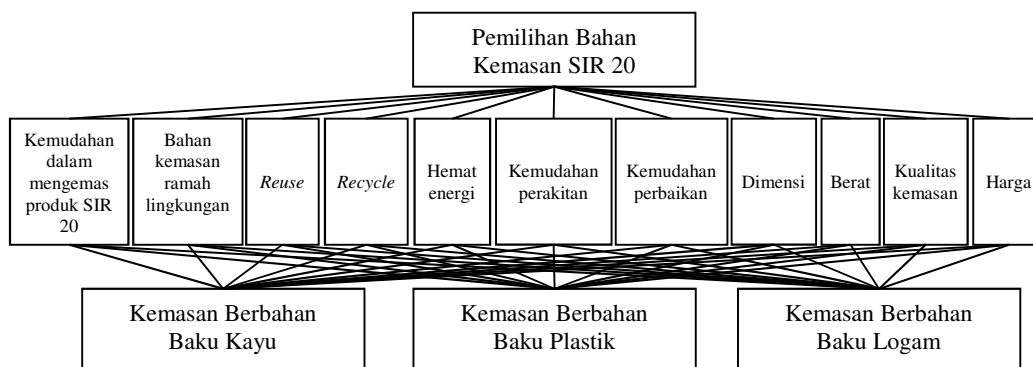
Tabel 21 Karakteristik teknis (*Voice of engineering*)

	<i>Voice of Engineering</i>	<i>Engineering Characteristic</i>	Simbol	Bobot	Ranking	Konversi
<i>Life Cycle Phases</i>	Bahan Baku	Kualitas bahan baku.	EC ₁	0.26	1	7
		Tidak menggunakan bahan berbahaya dan beracun (B3).	EC ₂	0.25	2	6
	Manufaktur	Pengendalian limbah.	EC ₃	0.02	7	1
		Penggunaan energi yang hemat.	EC ₄	0.08	4	4
	Perakitan	Ketersediaan modul petunjuk perakitan.	EC ₅	0.14	3	5
		Penggunaan alat bantu.	EC ₆	0.02	7	1
	Transportasi	Kemudahan pengangkutan.	EC ₇	0.02	7	1
		Penggunaan	Konsumsi energy.	EC ₈	0.08	4
	Disposal		<i>Maintenance.</i>	EC ₉	0.02	7
		<i>Reduce.</i>	EC ₁₀	0.05	5	3
		<i>Reuse.</i>	EC ₁₁	0.04	6	2
		<i>Recycle.</i>	EC ₁₂	0.04	6	2

Tabel 21 menunjukkan beberapa faktor karakteristik teknis pada fase siklus hidup kemasan produk SIR 20. Dengan mengetahui karakteristik teknis inilah maka pengelola agroidustri *crumb rubber* dapat merancang dan menggunakan kemasan produk yang berkualitas sesuai dengan kemampuan yang dimiliki perusahaan. Kualitas bahan baku kemasan SIR 20, tidak menggunakan bahan kemasan yang berbahaya dan beracun (B3) serta ketersediaan modul petunjuk saat ini memiliki nilai bobot tinggi pada kemasan produk SIR 20.

Desain Rumah Mutu Kemasan Produk SIR 20

Hasil identifikasi keinginan konsumen dimasukkan ke dalam matrik *What* dan analisis lingkungan dimasukkan ke dalam matrik *HOW* dalam *HoQ* (*House of Quality*). Untuk meningkatkan kepuasan konsumen terhadap kemasan ramah lingkungan produk SIR 20 maka diperlukan analisis hubungan keinginan konsumen dengan karakteristik teknis dari fase siklus hidup kemasan SIR 20. Selanjutnya ditentukan pula hubungan antara masing-masing karakteristik teknis pada fase siklus hidup kemasan SIR 20. Kemudian dilakukan *benchmarking* untuk masing-masing bahan kemasan yang saat ini biasanya digunakan dalam mengemas produk SIR 20. Pada umumnya saat ini SIR 20 dikemas dengan kemasan yang berbahan baku plastik, kayu dan logam. Dengan menggunakan *fuzzy* AHP dilakukan penentuan bobot alternatif kemasan berdasarkan faktor-faktor yang diinginkan konsumen. Struktur hirarki penentuan bobot alternatif kemasan produk SIR 20 ditunjukkan pada Gambar 38.



Gambar 38 Struktur hirarki penilaian kemasan produk SIR 20

Hasil penilaian pembobotan alternatif desain kemasan menggunakan metode AHP dan nilai konversi hasil pembobotan tersebut ditunjukkan pada Tabel 22.

Tabel 22 Hasil akhir penilaian bobot prioritas bahan kemasan produk SIR 20

No	Faktor Keinginan Konsumen	Simbol	Logam		Kayu		Plastik	
			Bobot	Konversi	Bobot	Konversi	Bobot	Konversi
1	Kemudahan dalam mengemas produk SIR 20.	CR1	0.63	7.00	0.19	2.00	0.17	2.00
2	Bahan kemasan ramah lingkungan.	CR2	0.26	3.00	0.38	4.00	0.36	4.00
3	Dapat digunakan berulang kali.	CR3	0.31	4.00	0.56	6.00	0.13	2.00
4	Dapat didaur ulang.	CR4	0.70	7.00	0.23	3.00	0.08	1.00
5	Hemat energy.	CR5	0.09	1.00	0.52	6.00	0.39	4.00
6	Kemudahan perakitan.	CR6	0.15	2.00	0.32	4.00	0.53	6.00
7	Kemudahan perbaikan.	CR7	0.52	6.00	0.39	4.00	0.09	1.00
8	Dimensi.	CR8	0.53	6.00	0.32	4.00	0.15	2.00
9	Berat.	CR9	0.07	1.00	0.23	3.00	0.70	1.00
10	Kualitas kemasan.	CR10	0.48	5.00	0.36	4.00	0.16	2.00
11	Harga.	CR11	0.11	2.00	0.12	2.00	0.77	8.00

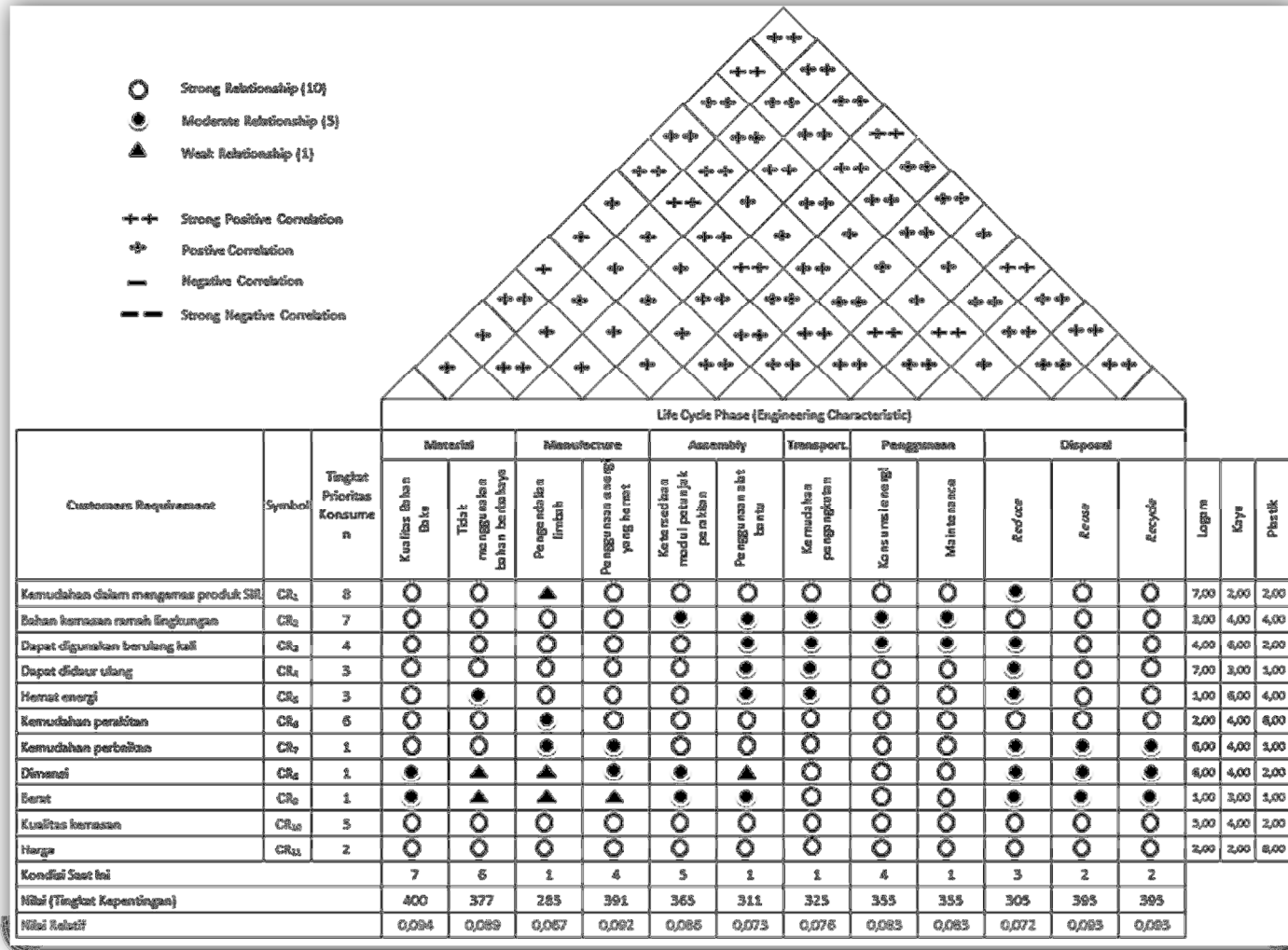
Tabel 22 menunjukkan bahwa kemasan produk SIR 20 berbahan logam memiliki kekuatan pada faktor kemudahan dalam mengemas produk SIR 20, dapat didaur ulang, kemudahan perbaikan, dimensi dan kualitas kemasan. Namun demikian, bahan kemasan logam juga masih memiliki kelemahan berat dan tidak hemat energi.

Setelah diperoleh hasil identifikasi keinginan konsumen, analisis lingkungan, analisis hubungan antar keinginan konsumen dan karakteristik teknis, serta hubungan korelasi antar karakteristik teknis, maka langkah berikutnya adalah merancang rumah mutu atau HoQ (*House of Quality*) seperti ditunjukkan pada Gambar 39.

Hasil analisis desain atribut kemasan menggunakan metoda fuzzy AHP GQFD menunjukkan bahwa pada umumnya kemasan produk SIR 20 berbahan logam memiliki keunggulan dibanding kemasan berbahan kayu dan plastik.

Pada analisis lingkungan (fase siklus hidup), karakteristik teknis yang dapat dipenuhi dan memiliki kondisi yang sangat baik dalam memproses kemasan berbahan logam adalah pada siklus material [kualitas bahan baku, tidak menggunakan bahan berbahaya dan beracun (B3) dan ketersediaan modul petunjuk perakitan]. Karakteristik teknis yang masih kurang adalah pengendalian limbah, penggunaan alat bantu, kemudahan pengangkutan dan *maintenance*.

Perancangan atribut kemasan produk SIR 20 ini sampai sejauh ini belum dilakukan pada kemasan untuk produk lain. Pada umumnya perancangan dilakukan terhadap produk yang dihasilkan seperti ditunjukkan pada Tabel 23.



Gambar 39 Rumah mutu kemasan produk SIR 20

Tabel 23 Perbandingan atribut desain kemasan sesuai keinginan konsumen dan ramah lingkungan hasil penelitian dengan penelitian terdahulu

No	Hasil Penelitian	Peneliti Terdahulu				
		Dehariya dan Verma (2015)	Rozar <i>et al.</i> (2015)	Pawar <i>et al.</i> (2015)	Rangkuti <i>et al.</i> (2014)	Hsu <i>et al.</i> (2012)
1	Obyek yang diteliti:					
	Kemasan Produk SIR 20	<i>Air Conditioners</i>	<i>SMEs Industries</i>	<i>Air Conditioners</i>	Produk <i>crumb rubber</i>	Desain Komputer dan Manufaktur
2	Aspek yang penting hasil penelitian:					
	Kemudahan dalam mengemas produk	Kecepatan pendinginan	Komunikasi yang efisien	Konsumsi energi	Bongkahan karet yang terlalu tebal mempersulit proses pemotongan.	Kecepatan
	Bahan kemasan ramah lingkungan	Tidak berisik	Manfaat yang tinggi untuk tenaga kerja	Toksitas material	Jumlah bahan baku mempengaruhi produksi.	Hemat energi
	Kemudahan perakitan	Konsumsi energi rendah	Keselamatan konsumen		Ketersediaan air yang cukup dapat membantu proses pemisahan kotoran.	Tidak menggunakan bahan beracun
	Kualitas kemasan	Daya tahan tinggi	Pemenuhan produk		Kadar air dalam karet mempengaruhi lama proses pengeringan.	
		<i>Performance</i> tinggi	Biaya produk rendah		Ketersediaan palet mempengaruhi proses penyimpanan dan pengangkutan produk ke gudang produk jadi.	Biaya atau harga
		Mudah diperbaiki	Pengembalian investasi		Proses pemisahan kotoran/ pencucian dapat mengurangi kadar kotoran yang terkandung dalam bahan baku.	
		Tidak berbahaya bagi lingkungan	Perlindungan hak asasi manusia		Ketersediaan alat bantu seperti gancu dan parang mempermudah pelaksanaan proses pemotongan.	

Kesimpulan

Hasil analisis menggunakan metode GVSM dengan cara meningkatkan kualitas bokar dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi sebesar 11%, penggunaan air sebesar 25% dan waktu proses sebesar 2% sehingga produktivitas penggunaan bahan baku meningkat dari 54% menjadi 67%.

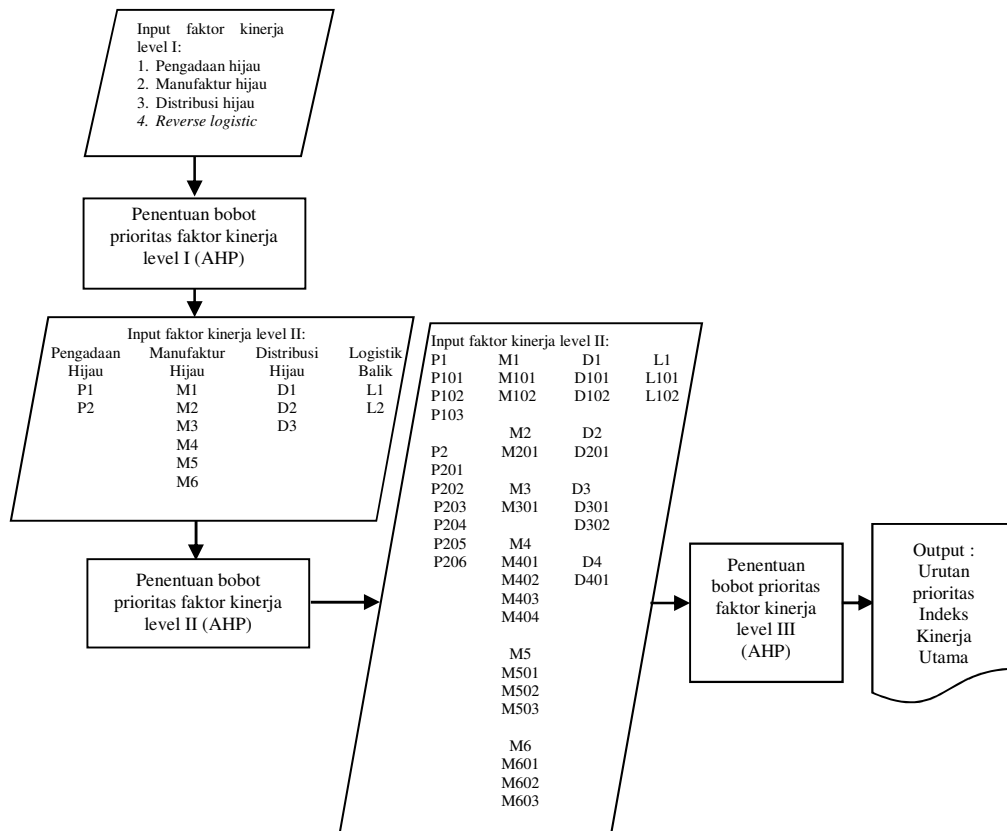
Hasil analisis desain kemasan SIR yang diinginkan konsumen adalah dari faktor kemudahan dalam mengemas produk SIR 20, menggunakan bahan kemasan yang ramah lingkungan, mudah dalam perakitan dan kualitas kemasan produk SIR 20 yang tinggi. Kemasan produk SIR 20 yang menggunakan bahan logam memiliki kelebihan dibandingkan bahan lain. Kelebihan yang dimiliki saat ini adalah kemudahan dalam mengemas produk SIR 20, dapat didaur ulang, kemudahan perbaikan dan dimensi. Namun demikian, bahan kemasan logam juga masih memiliki kelemahan berat dan tidak hemat energi.

Hasil perhitungan karakteristik teknis, menunjukkan bahwa faktor yang memiliki tingkat kepentingan tinggi adalah kualitas bahan baku, tidak menggunakan bahan berbahaya dan beracun serta dan ketersediaan modul petunjuk perakitan. Kondisi karakteristik teknis yang dapat dipenuhi saat ini adalah dalam hal kualitas bahan baku dan tidak menggunakan bahan berbahaya dan beracun dan ketersediaan modul petunjuk perakitan. Karakteristik teknis yang masih kurang adalah pengendalian limbah, penggunaan alat bantu, kemudahan pengangkutan dan *maintenance*.

8 EVALUASI KINERJA LOGISTIK RAMAH LINGKUNGAN

Kerangka Model Evaluasi Kinerja

Dalam evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan dilakukan untuk mengevaluasi kondisi kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet pada saat ini. Pada tahap awal, dilakukan identifikasi faktor pada setiap level. Pada level 1 ditentukan faktor perspektif, level 2 ditentukan faktor objektif dan level 3 ditentukan faktor IKU. Selanjutnya dilakukan penentuan bobot prioritas pada faktor yang ada pada setiap level menggunakan metode AHP. Diagram alir model evaluasi kinerja ditunjukkan pada Gambar 40.



Gambar 40 Kerangka model evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan

Skala yang ada dalam penilaian logistik ramah lingkungan terdiri dari sebelas level, yaitu level 0 sampai level 10. Level ini menunjukkan kondisi kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Level 0 merupakan kondisi terburuk, level 3 merupakan kondisi normal, dan level 10 merupakan kondisi terbaik yang dapat dicapai (ideal).

Nilai *performance* standar diperoleh dari hasil perhitungan rata-rata setiap rasio *performance* dan ditempatkan pada level 3. Untuk menentukan skala terkecil yang didapatkan dari nilai terkecil pada perhitungan dan ditulis pada level 0. Sedangkan untuk level 10 didapatkan dari target yang ingin dicapai oleh

perusahaan. Setelah level 0, level 3, dan level 10 terisi langkah selanjutnya menentukan level 1 sampai dengan level 3 dan level 3 sampai dengan level 10 yang disebut dengan menghitung skala *performance*. Perhitungan untuk menentukan skala tiap levelnya antara level 1 sampai dengan level 3 dengan menggunakan formulasi:

$$Level1 - Level2 = \frac{(Level3 - level0)}{(3 - 0)}$$

Sedangkan untuk menghitung skala antara level 3 sampai dengan level 10 dengan menggunakan formulasi:

$$Level4 - Level10 = \frac{(Level10 - level3)}{(10 - 3)}$$

Selanjutnya memasukkan hasil-hasil pengukuran *performance* pada level IKU yang sudah ditetapkan pada level 0 sampai dengan level 10. Penentuan nilai kinerja logistik ramah lingkungan diperoleh dari hasil perkalian antara nilai kinerja dengan bobot prioritas faktor pada setiap level.

Strukturisasi Indeks Kinerja Utama (IKU)

Dalam menentukan faktor-faktor yang ada pada level 1 (perspektif) dilakukan studi literatur dan diskusi dengan pakar yang mengetahui mengenai permasalahan dan kondisi logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Selanjutnya pada hasil kajian tersebut dilakukan validasi untuk mendapatkan faktor perspektif yang valid dalam evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan pada agroindustri karet. Hasil validasi faktor-faktor yang akan dikaji dalam struktur permasalahan logistik ramah lingkungan adalah:

1. Pengadaan hijau (*green procurement*), proses pemenuhan kebutuhan bahan baku pada agroindustri karet sehingga keseluruhan tahapan proses pengadaan bahan baku memberikan manfaat untuk lingkungan dan masyarakat dengan meminimalkan dampak lingkungan. Pengadaan hijau merupakan salah satu solusi bagi agroindustri karet untuk memperoleh bahan baku yang dapat meminimalkan dampak lingkungan pada setiap tahapan proses bisnis.
2. Manufaktur hijau (*green manufacture*), proses produksi pada agroindustri karet yang menggunakan input dengan dampak lingkungan yang rendah, efektif, efisien dan menghasilkan sedikit bahkan tidak adanya limbah atau polusi yang dihasilkan.
3. Distribusi hijau (*green distribution*), kegiatan pendistribusian produk agroindustri karet yang berusaha memperlancar dan mempermudah penyampaian produk dari produsen kepada konsumen secara efektif, efisien dan ramah lingkungan.
4. Logistik terbalik (*reverse logistic*), menunjukkan semua operasi yang berkaitan dengan penggunaan kembali produk dan bahan. Proses ini mencakup manajemen dan penjualan surplus, serta produk dikembalikan ke agroindustri karet dari konsumen.

Pada tahap selanjutnya dilakukan studi literatur dan diskusi dengan pakar kembali untuk menentukan faktor-faktor yang terdapat pada level 2 (objektif). Setelah diperoleh faktor-faktor yang ada pada level objektif, maka dilakukan penentuan faktor-faktor yang ada pada level IKU sehingga diperoleh hasil strukturisasi IKU seperti ditunjukkan pada Tabel 24.

Tabel 24 Strukturisasi IKU kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet

Perspektif	Objektif	IKU	Kode IKU	Tanggung Jawab IKU	
Pengadaan hijau	1. Pemilihan pemasok hijau	1. Bekerjasama dengan pemasok yang memperhatikan pengolahan limbah.	P101	Unit Pengadaan	
		2. Pemenuhan legalitas dan persyaratan ramah lingkungan (<i>environmental requirement</i>) bokar.	P102	Unit Pengadaan	
		3. Peningkatan kontinuitas pasokan bokar.	P103	Unit Pengadaan	
	2. Efektifitas pengadaan bahan baku	1. Kualitas bokar sesuai ketentuan SNI.	P201	Unit Pengadaan	
		2. Penggunaan pengumpul sesuai dengan SNI.	P202	Unit Pengadaan	
		3. Penggunaan kemasan yang ramah lingkungan.	P203	Unit Pengadaan	
		4. Pengangkutan bahan baku yang aman dan cepat .	P204	Unit Pengadaan	
		5. Moda transportasi yang ramah lingkungan.	P205	Unit Pengadaan	
		6. Minimasi tatal dan kotoran lainnya.	P206	Unit Pengadaan	
		Manufaktur hijau	1. Efisiensi penggunaan energi	1. Tingkat penggunaan listrik.	M101
2. Tingkat penggunaan BBM.	M102			Unit Manufaktur	
2. Efisiensi penggunaan bahan baku	Tingkat penggunaan bokar pada proses produksi <i>crumb rubber</i> .		M201	Unit Manufaktur	
	3. Efisiensi penggunaan air		Tingkat penggunaan air.		M301
4. Pengelolaan di lantai produksi	1. Ketersediaan SOP dalam proses produksi.		2. Tingkat penggunaan mesin.	M401	Unit Manufaktur
			3. Kegiatan manufaktur yang ramah lingkungan dan produksi yang bersih (<i>cleaner production</i>) dengan mengurangi limbah, mencegah dan mengurangi polusi, dan menghemat sumber daya, dan lain sebagainya.	M402	Unit Manufaktur
			4. Ketersediaan teknologi dan proses yang mendukung produksi bersih.	M403	Unit Manufaktur
				M404	Unit Manufaktur

Tabel 24 Strukturisasi IKU kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet (*lanjutan*)

Perspektif	Objektif	IKU	Kode IKU	Tanggung Jawab IKU
Distribusi hijau	5. Pengelolaan SDM	1. Adanya <i>standard operation procedure</i> yang jelas dan mudah dipahami untuk setiap pekerjaan.	M501	Unit Manufaktur
		2. Pelatihan yang cukup menyangkut aktivitas pekerjaan, keamanan dan keselamatan kerja, aspek lingkungan, dan lain sebagainya.	M502	Unit Manufaktur
		3. Efektifitas penggunaan SDM.	M503	Unit Manufaktur
	6. Pengelolaan limbah	1. Minimasi dan penanganan emisi.	M601	Unit Manufaktur
		2. Minimasi dan pengelolaan limbah cair.	M602	Unit Manufaktur
		3. Minimasi dan pengelolaan limbah padat.	M603	Unit Manufaktur
	1. Pengelolaan gudang penyimpanan produk	1. Aktivitas gudang yang lebih bersih dan ramah lingkungan (<i>cleaner warehouse operation</i>).	D101	Unit Distribusi
		2. Dokumentasi pengiriman yang lengkap dan sistem informasi yang andal.	D102	Unit Distribusi
		2. Penggunaan kemasan ramah lingkungan	D201	Unit Distribusi
		3. Penggunaan energi pada proses distribusi	1. Penggunaan moda transportasi ramah lingkungan.	D301
2. Efisiensi penggunaan bahan bakar dalam proses distribusi produk SIR 20.	D302		Unit Distribusi	
	4. Pemanfaatan produk rusak	Pemanfaatan produk rusak di gudang penyimpanan.	D401	Unit Distribusi
Logistik terbalik	Pengelolaan tingkat redistribusi produk	1. Tingkat pengembalian produk SIR 20.	L101	Unit Logistik
		2. Pemanfaatan produk SIR 20 yang dikembalikan.	L102	Unit Logistik

Hasil dan Pembahasan Evaluasi Kinerja Logistik Ramah Lingkungan Agroindustri Karet

Penentuan Bobot Prioritas Perspektif

Dalam evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan terdapat 3 level evaluasi kinerja. Pada level pertama (perspektif) dilakukan evaluasi kinerja dengan menggunakan metode AHP. Pada tahap ini dilakukan penilaian untuk menentukan

tingkat kepentingan dari masing-masing faktor perspektif. Alat yang digunakan adalah kuesioner yang berisikan penilaian perbandingan berpasangan antar faktor perspektif dari beberapa pakar (responden) dan selanjutnya ditentukan nilai rata-rata geometrik (*mean geometric*) dari penilaian perbandingan berpasangan. Hasil penentuan bobot prioritas pada faktor perspektif ditunjukkan pada Tabel 25.

Tabel 25 Bobot prioritas tingkat kepentingan faktor perspektif

Perspektif	Bobot
Pengadaan hijau (P)	0.285
Manufaktur hijau (M)	0.453
Distribusi hijau (D)	0.178
Logistik terbalik (L)	0.084

Tabel 25 menunjukkan bahwa pada evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan pada level perspektif, faktor manufaktur hijau merupakan faktor paling penting dalam evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet karena memiliki nilai bobot prioritas terbesar, yaitu 0.453.

Penentuan Bobot Prioritas Objektif

Pada level 2 (objektif) dilakukan evaluasi kinerja pada setiap faktor perspektif menggunakan metode AHP. Pada tahap ini dilakukan penilaian untuk menentukan tingkat kepentingan dari masing-masing faktor objektif. Alat yang digunakan adalah kuesioner yang berisikan penilaian perbandingan berpasangan antar faktor objektif dari beberapa pakar (responden) dan selanjutnya ditentukan nilai rata-rata geometrik (*mean geometric*) dari hasil penilaian perbandingan berpasangan. Hasil pembobotan untuk masing-masing faktor objektif dapat dilihat pada Tabel 26.

Tabel 26 Bobot prioritas tingkat kepentingan faktor objektif

Perspektif	Objektif	Bobot
Pengadaan hijau	Pemilihan pemasok hijau	0.113
	Efektifitas pengadaan bahan baku	0.113
Manufaktur hijau	Efisiensi penggunaan energi	0.113
	Efisiensi penggunaan bahan baku	0.111
	Efisiensi penggunaan air	0.089
	Pengelolaan di lantai produksi	0.158
	Pengelolaan SDM	0.101
Distribusi hijau	Pengelolaan limbah	0.062
	Pengelolaan gudang penyimpanan produk	0.031
	Penggunaan kemasan ramah lingkungan	0.027
	Penggunaan energi pada proses distribusi	0.045
Logistik terbalik	Pemanfaatan produk rusak	0.022
	Pengelolaan tingkat redistribusi produk	0.015

Tabel 26 menunjukkan bahwa pada evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan pada level objektif, faktor pengelolaan di lantai produksi, pemilihan pemasok hijau, efektifitas pengadaan bahan baku, efisiensi penggunaan energi dan efisiensi penggunaan bahan baku merupakan faktor paling penting karena memiliki nilai bobot prioritas lebih besar dibandingkan faktor lainnya.

Penentuan Bobot Prioritas IKU

Pada tahap berikutnya adalah melakukan evaluasi kinerja pada level 3 (IKU) menggunakan metode AHP. Pada tahap ini dilakukan penilaian untuk menentukan tingkat kepentingan dari masing-masing IKU. Alat yang digunakan adalah kuesioner yang berisikan penilaian perbandingan berpasangan antar faktor IKU dari beberapa pakar (responden) dan selanjutnya ditentukan nilai rata-rata geometrik (*mean geometric*) dari penilaian perbandingan berpasangan. Hasil penentuan bobot prioritas pada faktor IKU ditunjukkan pada Tabel 27.

Tabel 27 Bobot prioritas tingkat kepentingan IKU

Kode IKU	IKU	Bobot
P101	Bekerjasama dengan pemasok yang memperhatikan pengolahan limbah.	0.025
P102	Pemenuhan legalitas dan persyaratan ramah lingkungan (<i>environmental requirement</i>) dari bokar.	0.025
P103	Peningkatan kontinuitas pasokan bokar.	0.027
P201	Kualitas bokar sesuai ketentuan SNI.	0.026
P202	Penggunaan penggumpal sesuai dengan SNI.	0.025
P203	Penggunaan kemasan yang ramah lingkungan.	0.019
P204	Pengangkutan bahan baku yang aman dan cepat.	0.019
P205	Moda transportasi yang ramah lingkungan.	0.024
P206	Minimasi tatal dan kotoran lainnya.	0.019
M101	Tingkat penggunaan listrik.	0.036
M102	Tingkat penggunaan BBM.	0.035
M201	Tingkat penggunaan bokar pada proses produksi <i>crumb rubber</i> .	0.035
M301	Tingkat penggunaan air.	0.028
M401	Ketersediaan SOP dalam proses produksi.	0.086
M402	Tingkat penggunaan mesin.	0.056
M403	Kegiatan manufaktur yang ramah lingkungan dan produksi yang bersih (<i>cleaner production</i>) dengan mengurangi limbah, mencegah dan mengurangi polusi, dan menghemat sumber daya, dan lain sebagainya.	0.093
M404	Ketersediaan teknologi dan proses yang mendukung produksi bersih.	0.093
M501	Adanya <i>standard operation procedure</i> yang jelas dan mudah dipahami untuk setiap pekerjaan.	0.052
M502	Pelatihan yang cukup menyangkut aktivitas pekerjaan, keamanan dan keselamatan kerja, aspek lingkungan, dan lain sebagainya.	0.044
M503	Efektifitas penggunaan SDM.	0.044
M601	Minimasi dan penanganan emisi.	0.019
M602	Minimasi dan pengelolaan limbah cair.	0.019
M603	Minimasi dan pengelolaan limbah padat.	0.019
D101	Aktivitas gudang yang lebih bersih dan ramah lingkungan (<i>cleaner warehouse operation</i>).	0.015
D102	Dokumentasi pengiriman yang lengkap dan sistem informasi yang andal.	0.010
D201	Penggunaan kemasan ramah lingkungan.	0.012
D301	Efisiensi penggunaan bahan bakar dalam proses distribusi produk SIR 20.	0.038
D302	Penggunaan moda transportasi ramah lingkungan.	0.039
D401	Pemanfaatan produk rusak di gudang penyimpanan.	0.006
L101	Tingkat pengembalian produk SIR 20.	0.006
L102	Pemanfaatan produk SIR 20 yang dikembalikan.	0.005

Tabel 27 menunjukkan bahwa pada evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan pada level IKU terdapat IKU yang memiliki tingkat kepentingan lebih tinggi. IKU-IKU tersebut adalah : (M403) Kegiatan manufaktur yang ramah lingkungan dan produksi yang bersih (*cleaner production*) dengan mengurangi

limbah, mencegah dan mengurangi polusi, dan menghemat sumber daya, dan lain sebagainya; (M404) Ketersediaan teknologi dan proses yang mendukung produksi bersih; (M401) Ketersediaan SOP dalam proses produksi merupakan faktor paling penting karena memiliki nilai bobot prioritas lebih besar dibandingkan faktor lainnya.

Penentuan *Performance* IKU

Pada tahap berikutnya adalah melakukan penilaian terhadap kinerja IKU yang sebenarnya dari sistem logistik ramah lingkungan agroindustri karet saat ini menggunakan metode AHP. Hasil penilaian bobot *performance* IKU ditunjukkan pada Tabel 28.

Tabel 28 Bobot *performance* IKU

Kode IKU	IKU	Bobot
P101	Bekerjasama dengan pemasok yang memperhatikan pengolahan limbah.	0.0075
P102	Pemenuhan legalitas dan persyaratan ramah lingkungan bokar.	0.0075
P103	Peningkatan kontinuitas pasokan bokar.	0.0055
P201	Kualitas bokar sesuai ketentuan SNI.	0.0055
P202	Penggunaan penggumpal sesuai dengan SNI.	0.0060
P203	Penggunaan kemasan yang ramah lingkungan.	0.0165
P204	Pengangkutan bahan baku yang aman dan cepat.	0.0173
P205	Moda transportasi yang ramah lingkungan.	0.0116
P206	Minimasi tatal dan kotoran lainnya.	0.0066
M101	Tingkat penggunaan listrik.	0.0445
M102	Tingkat penggunaan BBM.	0.0445
M201	Tingkat penggunaan bokar pada proses produksi <i>crumb rubber</i> .	0.0071
M301	Tingkat penggunaan air.	0.0518
M401	Ketersediaan SOP dalam proses produksi.	0.0833
M402	Tingkat penggunaan mesin.	0.0184
M403	Kegiatan manufaktur ramah lingkungan dan produksi bersih (<i>cleaner production</i>) dengan mengurangi limbah, mencegah dan mengurangi polusi, dan menghemat sumber daya, dan lain sebagainya.	0.0183
M404	Ketersediaan teknologi dan proses yang mendukung produksi bersih.	0.0187
M501	Adanya <i>standard operation procedure</i> yang jelas dan mudah dipahami untuk setiap pekerjaan.	0.0839
M502	Pelatihan yang cukup menyangkut aktivitas pekerjaan, keamanan dan keselamatan kerja, aspek lingkungan, dan lain sebagainya.	0.0187
M503	Efektifitas penggunaan SDM.	0.0320
M601	Minimasi dan penanganan emisi.	0.0668
M602	Minimasi dan pengelolaan limbah cair.	0.0668
M603	Minimasi dan pengelolaan limbah padat.	0.0668
D101	Aktivitas gudang yang lebih bersih dan ramah lingkungan.	0.0163
D102	Dokumentasi pengiriman yang lengkap dan sistem informasi yang andal.	0.0839
D201	Penggunaan kemasan ramah lingkungan.	0.0283
D301	Efisiensi penggunaan bahan bakar dalam proses distribusi SIR 20.	0.0116
D302	Penggunaan moda transportasi ramah lingkungan.	0.0161
D401	Pemanfaatan produk rusak di gudang penyimpanan.	0.0462
L101	Tingkat pengembalian produk SIR 20.	0.0462
L102	Pemanfaatan produk SIR 20 yang dikembalikan.	0.0462

Tabel 28 menunjukkan bahwa dalam evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet, terdapat beberapa IKU yang memiliki bobot *performance* yang sudah tinggi. IKU tersebut antara lain : (M401) Ketersediaan

SOP dalam proses produksi; (M501) Adanya *standard operation procedure* yang jelas dan mudah dipahami untuk setiap pekerjaan dan (D102) Dokumentasi pengiriman yang lengkap dan sistem informasi yang andal. IKU-IKU tersebut memiliki bobot lebih besar dibandingkan IKU lainnya. Tahap berikutnya adalah menentukan sistem *scoring* menggunakan OMAX (*Objective Matrix*). Hasil perhitungan OMAX untuk setiap IKU pada setiap objektif dan perspektif ditunjukkan pada Tabel 29, 30, 31 dan 32.

Tabel 29 Hasil *scoring* IKU pada perspektif pengadaan hijau

Perspektif	Pengadaan hijau								
IKU	P101	P102	P103	P201	P202	P203	P204	P205	P206
<i>Performance</i>	0.0075	0.0075	0.0055	0.0055	0.0060	0.0165	0.0173	0.0116	0.0066
10	0.0086	0.0086	0.0061	0.0061	0.0070	0.0171	0.0298	0.0161	0.0080
9	0.0084	0.0084	0.0060	0.0060	0.0068	0.0169	0.0282	0.0155	0.0078
8	0.0082	0.0082	0.0059	0.0059	0.0067	0.0168	0.0267	0.0149	0.0076
7	0.0080	0.0080	0.0058	0.0058	0.0065	0.0167	0.0251	0.0142	0.0074
6	0.0079	0.0079	0.0057	0.0057	0.0063	0.0166	0.0235	0.0136	0.0072
5	0.0077	0.0077	0.0056	0.0056	0.0062	0.0165	0.0219	0.0130	0.0070
4	0.0075	0.0075	0.0055	0.0055	0.0060	0.0164	0.0203	0.0124	0.0067
3	0.0073	0.0073	0.0053	0.0053	0.0059	0.0163	0.0187	0.0118	0.0065
2	0.0069	0.0069	0.0050	0.0050	0.0056	0.0160	0.0158	0.0104	0.0061
1	0.0064	0.0064	0.0047	0.0047	0.0053	0.0158	0.0130	0.0090	0.0056
0	0.0060	0.0060	0.0044	0.0044	0.0050	0.0156	0.0101	0.0076	0.0051
Level 3	4	4	4	4	4	5	3	3	4
Bobot	0.5390	0.2973	0.1638	0.2655	0.2655	0.1148	0.0310	0.0578	0.2655
Nilai	2.1558	1.1890	0.6551	1.0619	1.0619	0.5740	0.0931	0.1733	1.0619
Level 2	4.0000					4.0260			
Bobot	0.5000					0.5000			
Nilai	2.0000					2.0130			
Indeks Kinerja : 4.0130									

Tabel 29 menunjukkan bahwa pada faktor pengadaan hijau terdapat IKU dalam kategori :

- a. Kuning : P101, P102, P103, P201, P202, P203 dan P206
- b. Merah : P204 dan P205.

dengan pencapaian kinerja perspektif sebesar 4.013.

Tabel 30 Hasil *scoring* IKU pada perspektif manufaktur hijau

Perspektif	Manufaktur hijau													
Objektif	Efisiensi penggunaan energi		Efisiensi penggunaan bahan baku	Efisiensi penggunaan air	Pengelolaan di lantai produksi				Pengelolaan SDM			Pengelolaan limbah		
IKU	M101	M102	M201	M301	M401	M402	M403	M404	M501	M502	M503	M601	M602	M603
<i>Performance</i>	0.0445	0.0445	0.0071	0.0518	0.0833	0.0184	0.0183	0.0187	0.0839	0.0187	0.0320	0.0668	0.0668	0.0668
10	0.0687	0.0687	0.0111	0.0687	0.0935	0.0324	0.0324	0.0240	0.0949	0.0240	0.0400	0.0783	0.0783	0.0783
9	0.0655	0.0655	0.0106	0.0663	0.0917	0.0308	0.0306	0.0233	0.0929	0.0233	0.0388	0.0765	0.0765	0.0765
8	0.0623	0.0623	0.0101	0.0639	0.0898	0.0292	0.0288	0.0227	0.0910	0.0227	0.0376	0.0748	0.0748	0.0748
7	0.0590	0.0590	0.0096	0.0614	0.0880	0.0276	0.0270	0.0220	0.0890	0.0220	0.0364	0.0730	0.0730	0.0730
6	0.0558	0.0558	0.0091	0.0590	0.0862	0.0260	0.0252	0.0213	0.0871	0.0213	0.0352	0.0713	0.0713	0.0713
5	0.0526	0.0526	0.0086	0.0566	0.0844	0.0244	0.0234	0.0206	0.0851	0.0206	0.0340	0.0695	0.0695	0.0695
4	0.0493	0.0493	0.0081	0.0541	0.0826	0.0228	0.0216	0.0199	0.0832	0.0199	0.0328	0.0678	0.0678	0.0678
3	0.0461	0.0461	0.0076	0.0517	0.0807	0.0212	0.0197	0.0192	0.0812	0.0192	0.0316	0.0660	0.0660	0.0660
2	0.0412	0.0412	0.0065	0.0474	0.0775	0.0166	0.0169	0.0166	0.0778	0.0166	0.0288	0.0601	0.0601	0.0601
1	0.0363	0.0363	0.0055	0.0432	0.0742	0.0121	0.0141	0.0139	0.0744	0.0139	0.0259	0.0542	0.0542	0.0542
0	0.0314	0.0314	0.0044	0.0390	0.0710	0.0076	0.0113	0.0113	0.0710	0.0113	0.0230	0.0483	0.0483	0.0483
Level 3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	4	4	4
Bobot	0.5000	0.5000	1.0000	1.0000	0.1544	0.0813	0.2884	0.4758	0.6232	0.1373	0.2395	0.3333	0.3333	0.3333
Nilai	1.5000	1.5000	3.0000	3.0000	0.6178	0.2440	0.8652	1.4275	2.4929	0.4119	0.7185	1.3333	1.3333	1.3333
Level 2	3.0000		3.0000	3.0000	3.1544				3.6232			4.0000		
Bobot	0.1576		0.1576	0.1576	0.4141				0.0565			0.0565		
Nilai	0.4729		0.4729	0.4729	1.3062				0.2048			0.2261		
Indeks Kinerja : 3,1557														

Tabel 30 menunjukkan bahwa pada faktor manufaktur hijau terdapat IKU dalam kategori :

- a. Kuning : M401, M501, M601, M602 dan M603.
 - b. Merah : M101, M102, M201, M301, M402, M403, M404, M502 dan M503.
- dengan pencapaian kinerja perspektif sebesar 3.16.

Tabel 31 Hasil *scoring* IKU pada perspektif distribusi hijau

Perspektif	Distribusi hijau					
IKU	D101	D102	D201	D301	D302	D401
<i>Performance</i>	0.0163	0.0839	0.0283	0.0116	0,0161	0,0462
10	0.0228	0.0949	0.0478	0.0161	0.0227	0.0551
9	0.0219	0.0929	0.0454	0.0155	0.0218	0.0537
8	0.0210	0.0910	0.0430	0.0149	0.0209	0.0523
7	0.0201	0.0890	0.0405	0.0142	0.0201	0.0510
6	0.0192	0.0871	0.0381	0.0136	0.0192	0.0496
5	0.0183	0.0851	0.0356	0.0130	0.0183	0.0482
4	0.0174	0.0832	0.0332	0.0124	0.0174	0.0468
3	0.0165	0.0812	0.0308	0.0118	0.0165	0.0454
2	0.0148	0.0778	0.0255	0.0104	0.0148	0.0416
1	0.0130	0.0744	0.0203	0.0090	0.0130	0.0377
0	0.0113	0.0710	0.0151	0.0076	0.0113	0.0339
Level 3	3	5	3	3	3	4
Bobot	0.3333	0.6667	1.0000	0.6667	0.3333	1.0000
Nilai	1.0000	3.3333	3.0000	2.0000	1.0000	4.0000
Level 2	4.3333		3.0000		3.0000	4.0000
Bobot	0.3750		0.3750		0.1250	0.1250
Nilai	1.6250		1.1250		0.3750	0.5000
Indeks kinerja : 3.6250						

Tabel 31 menunjukkan bahwa pada faktor distribusi hijau terdapat IKU dalam kategori :

- a. Kuning : D102 dan D401
- b. Merah : D101, D201, D301 dan D302.

dengan pencapaian kinerja perspektif sebesar 3.625.

Tabel 32 Hasil *scoring* IKU pada perspektif *reverse logistic*

Perspektif	Logistik terbalik	
IKU	L101	L102
<i>Performance</i>	0.0462	0,0462
10	0.0551	0.0551
9	0.0537	0.0537
8	0.0523	0.0523
7	0.0510	0.0510
6	0.0496	0.0496
5	0.0482	0.0482
4	0.0468	0.0468
3	0.0454	0.0454
2	0.0416	0.0416
1	0.0377	0.0377
0	0.0339	0.0339
Level 3	4	4
Bobot	0.6667	0.3333
Nilai	2.6667	1.3333
Level 2		4.0000
Bobot		1.0000
Nilai		4.0000
		4.0000

Tabel 32 menunjukkan bahwa pada faktor logistik terbalik terdapat IKU dalam kategori kuning yaitu L101 dan L102 dengan pencapaian kinerja perspektif sebesar 4.

Selanjutnya hasil perhitungan kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet ditunjukkan pada Tabel 33.

Tabel 33 Hasil perhitungan nilai kinerja logistik ramah lingkungan

Faktor Perspektif	Nilai Kinerja Perspektif	Bobot Perspektif	Nilai Kerja Logistik Ramah Lingkungan
Pengadaan hijau	4.0130	0.2852	3.5548
Manufaktur hijau	3.1557	0.4525	
Distribusi hijau	3.6250	0.1784	
Logistik terbalik	4.000	0.0839	

Tabel 33 menunjukkan hasil perhitungan nilai kinerja logistik ramah lingkungan yang diperoleh 3.5548 atau dibulatkan 4 sehingga berada pada level 4. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja logistik ramah lingkungan masih dalam kategori kuning, sehingga tetap masih harus diberi perhatian agar dapat meningkatkan kinerja logistik ramah lingkungan pada agroindustri *crumb rubber*.

Kesimpulan

Hasil perhitungan sistem *scoring* dengan menggunakan AHP, OMAX dan *TLS* menunjukkan bahwa nilai kinerja logistik ramah lingkungan sebesar 3.5548 yang berarti masih dalam kategori kuning. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa terdapat 16 IKU yang masuk dalam kategori kuning dan 15 IKU yang masuk dalam kategori merah. Semua IKU belum mencapai target yang ideal yaitu pada kategori warna hijau. IKU pada kategori merah dan kuning harus diberi perhatian untuk meningkatkan kinerja logistik hijau pada agroindustri *crumb rubber*. Namun yang perlu segera mendapatkan prioritas perbaikan adalah IKU pada kategori merah karena nilai pencapaiannya sangat jauh di bawah target.

9 MODEL KONSEPTUAL LOGISTIK RAMAH LINGKUNGAN

Perancangan Model Konseptual Logistik Ramah Lingkungan

Model adalah suatu representasi dari suatu sistem nyata (realitas). Model berisi informasi tentang suatu sistem yang dibuat dengan tujuan untuk mempelajari perilaku sistem yang sebenarnya. Suatu model umumnya terdiri dari tiga besaran, yaitu : variabel, konstanta dan parameter (Sridadi 2009). Model yang sudah diformalkan dapat diuji kesesuaiannya dengan sistem nyata secara ilmiah. Untuk memperkecil kesalahan pengembangan dan hasil dari model, dapat dilakukan penyesuaian-penyesuaian tertentu (Simatupang 1995).

Konsep adalah satuan arti yang mewakili sejumlah objek yang mempunyai ciri yang sama. Orang yang memiliki konsep mampu mengadakan abstraksi terhadap objek-objek yang dihadapi, sehingga objek-objek ditempatkan dalam golongan tertentu. Objek-objek dihadirkan dalam kesadaran orang dalam bentuk representasi mental tak berperaga. Konsep dapat dilambangkan dalam bentuk suatu kata (Djamarah 2008). Konsep dapat didefinisikan sebagai ide abstrak yang dapat digunakan untuk mengadakan klasifikasi atau penggolongan yang pada umumnya dinyatakan dengan suatu istilah atau rangkaian kata (Soedjadi 2000). Singarimbun dan Effendi (2011) menguraikan definisi konsep adalah generalisasi dari sekelompok fenomena tertentu, sehingga dapat dipakai untuk menggambarkan berbagai fenomena yang sama. Konsep merupakan suatu kesatuan pengertian tentang suatu hal atau persoalan yang dirumuskan yang dapat dijelaskan sesuai dengan maksud penggunaannya.

Dengan demikian model konseptual menunjukkan keterkaitan antar variabel yang menentukan perilaku sistem. Model ini termasuk model verbal yang hanya menguraikan hubungan masalah, sistem dan tujuan studi. Tujuan studi memberikan indikasi performansi apa yang ingin dicapai dan model konseptual inilah yang memberikan kerangka apa yang membentuk performansi itu (Simatupang 1995).

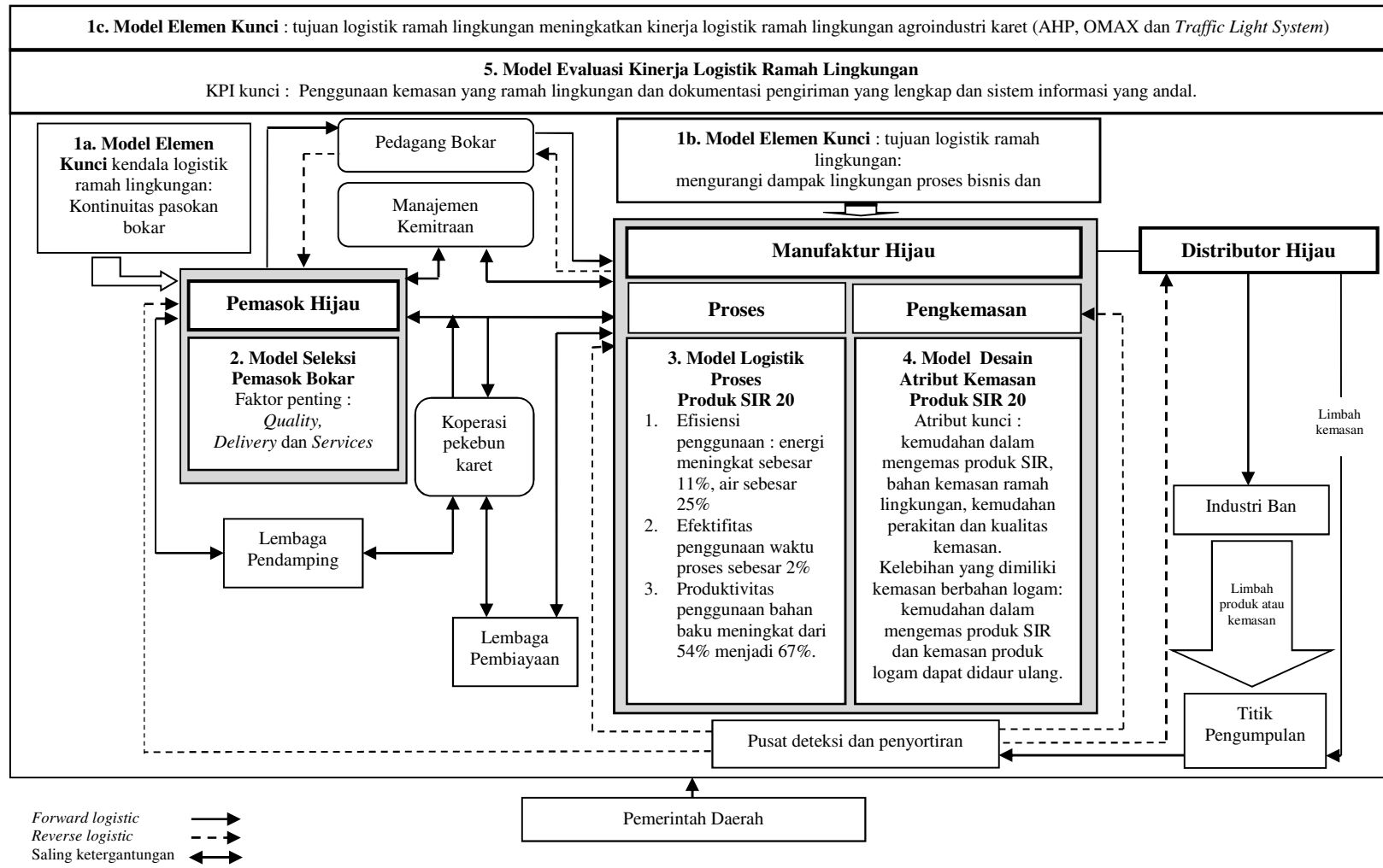
Dalam penelitian ini yang dimaksud model adalah pola, pendekatan atau konstruksi mengenai logistik ramah lingkungan agroindustri karet yang berorientasi pada penanggulangan kendala dan pencapaian tujuan logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Setelah dilakukan kajian ini terhadap berbagai buku referensi, jurnal-jurnal, laporan penelitian terdahulu, pendapat para pakar serta sumber lain yang dipandang akurat dan relevan, maka dalam penelitian ini dirancang model konseptual logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Model konseptual logistik ramah lingkungan agroindustri karet seperti ditunjukkan pada Gambar 41 berorientasi pada penanggulangan kendala dan pencapaian tujuan logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Dalam model konseptual logistik ramah lingkungan terdapat 5 sub-model, yaitu :

1. **Sub-model elemen kunci** pada logistik ramah lingkungan. Yang dimaksud elemen kunci adalah elemen yang menjadi penentu keberhasilan program, dalam penelitian ini programnya adalah pengembangan logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Input dari model elemen kunci adalah elemen dan sub-elemen yang berpengaruh pada struktur permasalahan logistik ramah

lingkungan agroindustri karet. Proses analisis dilakukan dengan menggunakan metoda ISM. Output yang dihasilkan dari model ini adalah posisi sub-elemen pada empat sektor dalam ISM, elemen kunci penentu keberhasilan penerapan program dan strukturisasi sub-elemen pada setiap elemen logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

2. **Sub-model seleksi pemasok bokar** pada pengadaan hijau. Yang dimaksud pengadaan hijau atau pengadaan yang ramah lingkungan adalah suatu proses pemenuhan kebutuhan bahan baku sehingga keseluruhan tahapan proses pengadaan memberikan manfaat untuk masyarakat dan perekonomian dengan meminimalkan dampak kerusakan lingkungan. Input dari model ini pada tahap pertama adalah penilaian perbandingan berpasangan kriteria *Delivery* (ketepatan waktu pengiriman), *Quality* (kualitas dari bokar) dan *Services* (layanan servis yang meliputi personil, fasilitas dan kapabilitas dalam memberikan layanan servis). Selanjutnya pada tahap kedua, inputnya adalah penilaian bobot prioritas (ranking) alternatif pemasok bokar. Proses seleksi dilakukan dengan menggunakan metoda AHP (untuk pembobotan kriteria) dan TOPSIS (untuk pembobotan prioritas global alternatif). Output yang dihasilkan adalah bobot prioritas kriteria yang dipertimbangkan dalam seleksi pemasok bokar dan bobot prioritas global pemasok bokar potensial. Pemasok bokar potensial yang terpilih diharapkan dapat dijadikan acuan bagi pemasok bokar lainnya.
3. **Sub-model logistik proses** agroindustri *crumb rubber* pada manufaktur hijau. Yang dimaksud manufaktur hijau atau manufaktur ramah lingkungan adalah proses produksi yang menggunakan input ramah lingkungan, efektif, efisien dan menghasilkan sedikit bahkan tidak adanya limbah atau polusi. Input dari model ini adalah tujuh sumber pembangkit limbah hijau yang terdiri dari pemakaian energi, air, material, sampah, transportasi, emisi, dan biodiversitas. Hanya saja, setelah divalidasi dalam model ini yang dipertimbangkan adalah pemakaian energi, air, material dan emisi. Selanjutnya dilakukan analisis logistik proses dengan terlebih dahulu merancang *current state* GVSM. Output dari model ini adalah *future state* GVSM yang dirancang berdasarkan studi literatur dan pengamatan yang diperoleh dari agroindustri *crumb rubber* yang menjadi responden dan penelitian terdahulu pada logistik proses agroindustri *crumb rubber*.
4. **Sub-model desain atribut kemasan SIR 20** pada proses pengemasan dalam manufaktur hijau. Yang dimaksud kemasan hijau atau kemasan ramah lingkungan adalah kemasan yang mengandung komponen yang aman, tidak beracun, tidak berbahaya dan dapat didaur ulang sehingga dapat meminimalisir dampak negatif terhadap lingkungan. Input dari model ini adalah faktor – faktor yang diinginkan konsumen hijau dan karakteristik teknis (*life cycle phase*). Proses analisis dilakukan menggunakan metoda fuzzy-AHP pada pembobotan faktor keinginan konsumen hijau dan karakteristik teknis. Output yang dihasilkan model ini adalah atribut kemasan sesuai keinginan konsumen hijau, karakteristik teknis yang dapat dipenuhi dalam menghasilkan kemasan hijau dan alternatif kemasan terbaik. Pengguna yang terkait secara langsung dengan model ini adalah pengelola agroindustri *crumb rubber* dan industri ban.



Gambar 41 Model konseptual logistik ramah lingkungan

6. **Sub-model evaluasi kinerja** pada logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Yang dimaksud kinerja adalah hasil atau tingkat keberhasilan individu atau organisasi secara keseluruhan selama periode tertentu dalam melaksanakan tugas dibandingkan dengan standar hasil kerja, target, sasaran atau kriteria yang telah ditentukan terlebih dahulu dan telah disepakati bersama. Input dari model ini adalah indeks kinerja utama pada pengadaan hijau (*green procurement*), manufaktur hijau (*green manufacture*), distribusi hijau (*green dristribution*) dan logistik terbalik (*reverse logistic*). Output yang dihasilkan dari model ini adalah nilai kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Model konseptual logistik ramah lingkungan agroindustri karet pada Gambar 41 dirancang berdasarkan konsep hijau dalam proses logistik mulai dari pemasok hijau, manufaktur hijau, distributor hijau dan *reverse logistic*. Tahapan dimulai dengan perancangan model elemen kunci yang bertujuan untuk menentukan elemen kunci, posisi sub-elemen pada empat sektor, posisi sub elemen pada struktur permasalahan logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Hasil analisis elemen kunci logistik ramah lingkungan agroindustri karet yaitu elemen kendala dan tujuan program menghasilkan output yang berkaitan dengan perancangan sub-model lainnya pada penelitian ini. Hasil analisis strukturisasi elemen kendala utama logistik ramah lingkungan agrindustri karet diperoleh hasil bahwa sub-elemen kontinuitas pasokan bokar kurang lancar memiliki tingkat *dependence* yang paling tinggi dalam penanggulangan kendala – kendala lainnya. Untuk itu dirancang model seleksi pemasok bokar pada tahap **pemasok hijau** yang mempertimbangkan faktor *delivery*, *quality* dan *services*. Pada pemasok hijau ini diperlukan peranan lembaga pendamping yang bekerjasama saling menguntungkan antara kedua pihak dalam rangka meningkatkan kualitas bokar yang dihasilkan pekebun. Dalam memasarkan bokar pekebun dapat dilakukan melalui pedagang bokar, manajemen kemitraan antara pekebun dan agroindustri dengan prinsip kerjasama saling menguntungkan atau melalui koperasi yang menjembatani hubungan pemasaran bokar antara pemasok (pekebun) dengan agroindustri (manufaktur). Untuk mendukung kelancaran biaya proses pemasaran bokar melalui koperasi diperlukan pula peranan lembaga pembiayaan yang juga memiliki kerjasama saling menguntungkan dengan agroindustri.

Hasil analisis sub-elemen kunci pada elemen tujuan perancangan model logistik ramah lingkungan pada agrindustri karet mendapatkan hasil bahwa sub-elemen : mengurangi dampak lingkungan dari proses produksi agroindustri karet, meningkatkan kualitas kemasan yang sesuai harapan konsumen dan ramah lingkungan dan meningkatnya kinerja logistik ramah lingkungan merupakan sub-elemen kunci.

Salah satu upaya untuk mengurangi dampak lingkungan dari proses agroindustri karet (**manufaktur hijau**) dirancang model analisis logistik proses agroindustri karet. Hasil analisis dari model ini menghasilkan *future state* GVSM yang dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan air, efektifitas penggunaan waktu serta produktivitas output yang dihasilkan. Pada tahap manufaktur hijau juga dirancang model desain atribut kemasan produk yang dihasilkan agroindustri *crumb rubber*, yaitu produk SIR 20. Hal ini dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas kemasan produk SIR 20. Hasil analisis menghasilkan atribut kemasan yang diinginkan konsumen dan ramah

lingkungan. Pada tahap ini juga dapat terjadi proses *reverse logistic* yang mengembalikan bokar-bokar yang tidak sesuai permintaan manufaktur hijau ke pemasok hijau.

Selanjutnya produk SIR 20 dipasarkan ke industri pengguna (dalam hal ini industri ban) melalui **distributor hijau**. Pada tahap ini akan dihasilkan produk gagal dan limbah kemasan yang dikirimkan dan dikumpulkan pada pusat titik pengumpulan. Kemudian produk yang gagal dan kemasannya disortir pada pusat deteksi dan penyortiran. Setelah dilakukan penyortiran, maka produk tersebut dikirimkan kembali (*reverse logistic*) ke distributor hijau untuk didistribusikan ulang, manufaktur hijau (proses atau pengemasan), untuk diproses atau dikemas ulang atau dikembalikan lagi ke pemasok hijau.

Model terakhir yang dirancang dalam model konseptual ini adalah model evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet yang dirancang sebagai upaya untuk mencapai tujuan meningkatnya kinerja logistik ramah lingkungan. Model evaluasi kinerja ini dilakukan pada tahapan pengadaan bokar, proses manufaktur, pendistribusian produk dan *reverse logistic* (logistik balik).

Hasil evaluasi kinerja menggunakan metoda AHP, OMAX dan *Traffic Light System* menunjukkan bahwa kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet saat ini masih memerlukan perhatian khusus agar dapat meningkatkan kinerjanya.

Keberhasilan penerapan logistik ramah lingkungan agroindustri karet sangat ditentukan oleh keberhasilan dalam menanggulangi kendala dan pencapaian tujuan logistik ramah lingkungan. Namun demikian, diperlukan peran pemerintah untuk mendukung keberhasilan penerapan logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Peranan pemerintah diperlukan dalam membuat kebijakan yang terkait dengan logistik ramah lingkungan dan juga memonitor secara kontinyu implementasi logistik ramah lingkungan pada agroindustri karet.

Perumusan Elemen Kunci Logistik Ramah Lingkungan Agroindustri Karet

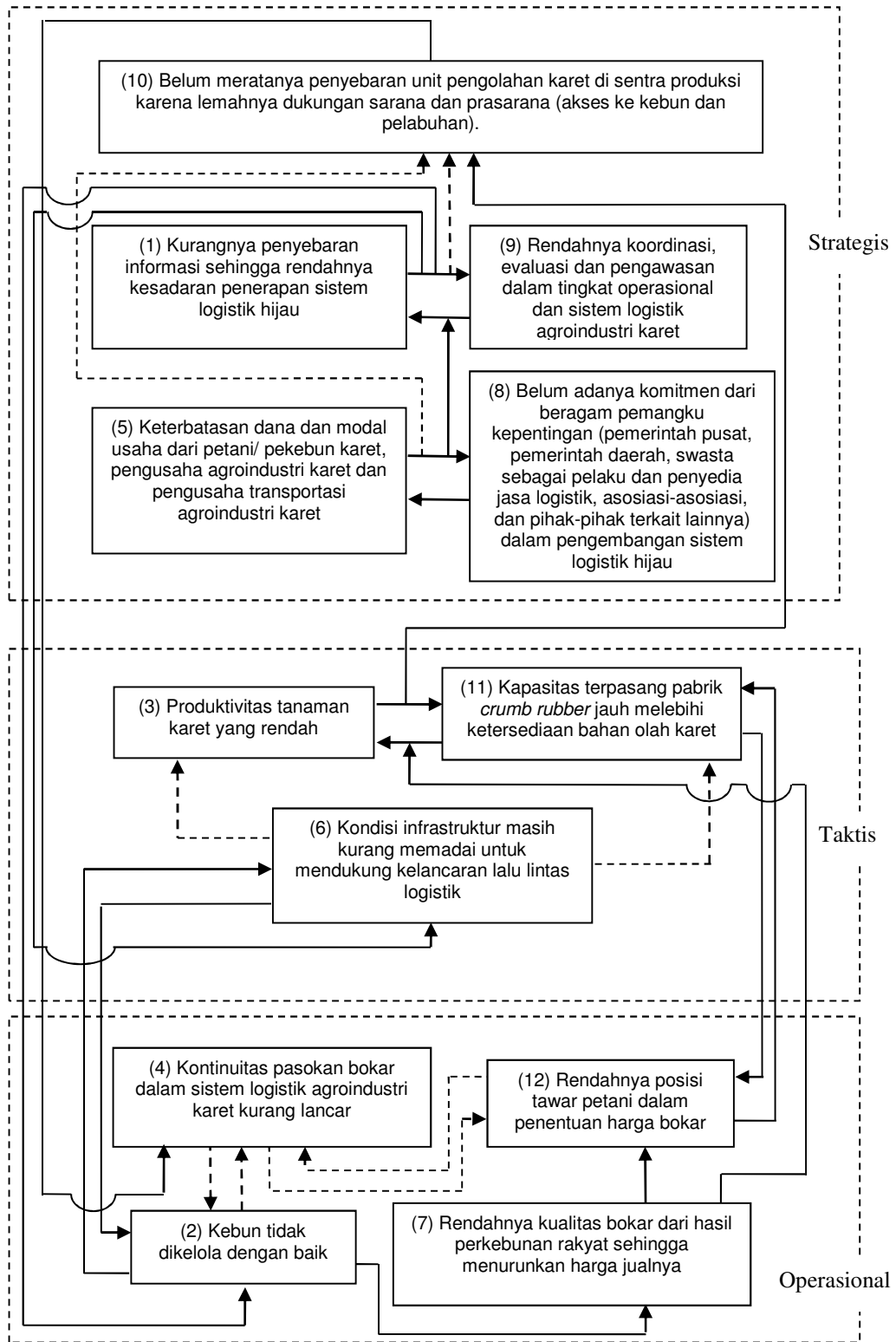
Hasil analisis elemen kunci logistik ramah lingkungan agroindustri karet menghasilkan output yang berkaitan dengan perancangan sub-model lainnya pada penelitian ini. Pada elemen kunci kendala utama logistik ramah lingkungan agroindustri karet diperoleh hasil sub-elemen keterbatasan dana dan modal usaha dari petani/ pekebun karet dan belum adanya komitmen dari beragam pemangku kepentingan (pemerintah pusat, pemerintah daerah, swasta sebagai pelaku dan penyedia jasa logistik, asosiasi-asosiasi, dan pihak-pihak terkait lainnya) dalam pengembangan logistik ramah lingkungan memiliki kekuatan pendorong (*driver power*) yang paling kuat untuk bisa menanggulangi kendala lainnya dalam logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Sub-elemen kontinuitas pasokan bokar kurang lancar memiliki tingkat *dependence* yang paling tinggi dalam penanggulangan kendala – kendala lainnya. Posisi sub-elemen lainnya pada berbagai hirarki manajemen ditunjukkan pada Tabel 34.

Tabel 34 Posisi sub-elemen kendala utama logistik ramah lingkungan pada hirarki manajemen

No	Hirarki	Variabel Bebas (Sub-elemen Pendorong)	Variabel Terikat (Sub-elemen Terpengaruh)
1	Strategis	(1) Kurangnya penyebaran informasi sehingga rendahnya kesadaran penerapan logistik ramah lingkungan; (5) Keterbatasan dana dan modal usaha dari petani/ pekebun karet; (8) Belum adanya komitmen dari beragam pemangku kepentingan (pemerintah pusat, pemerintah daerah, swasta sebagai pelaku dan penyedia jasa logistik, asosiasi-asosiasi, dan pihak-pihak terkait lainnya) dalam pengembangan logistik ramah lingkungan.	(9) Rendahnya koordinasi, evaluasi dan pengawasan dalam tingkat operasional logistik agroindustri karet; (10) Belum meratanya penyebaran unit pengolahan karet di sentra produksi karena lemahnya dukungan sarana dan prasarana (akses ke kebun dan pelabuhan).
2	Taktis	(6) Kondisi infrastruktur masih kurang memadai untuk mendukung kelancaran lalu lintas logistik.	(3) Produktivitas tanaman karet yang rendah; (11) Kapasitas terpasang pabrik <i>crumb rubber</i> jauh melebihi ketersediaan bahan olah karet.
3	Operasional	(2) Kebun tidak dikelola dengan baik; (7) Rendahnya kualitas bokar dari hasil perkebunan rakyat sehingga menurunkan harga jualnya.	(4) Kontinuitas pasokan bokar kurang lancar; (12) Rendahnya posisi tawar petani dalam penentuan harga bokar.

Perumusan elemen kendala utama sebagai sub sistem dari suatu elemen logistik ramah lingkungan pada agroindustri karet ditunjukkan pada Gambar 42.

Rumusan elemen kendala utama logistik ramah lingkungan pada Gambar 42 terdiri dari 3 level, yaitu : operasional, taktis dan strategis. Salah satu upaya yang dilakukan untuk menanggulangi kendala pada level operasional, yaitu kontinuitas pasokan bokar dalam logistik agroindustri karet kurang lancar dilakukan seleksi pemasok bokar yang paling potensial.



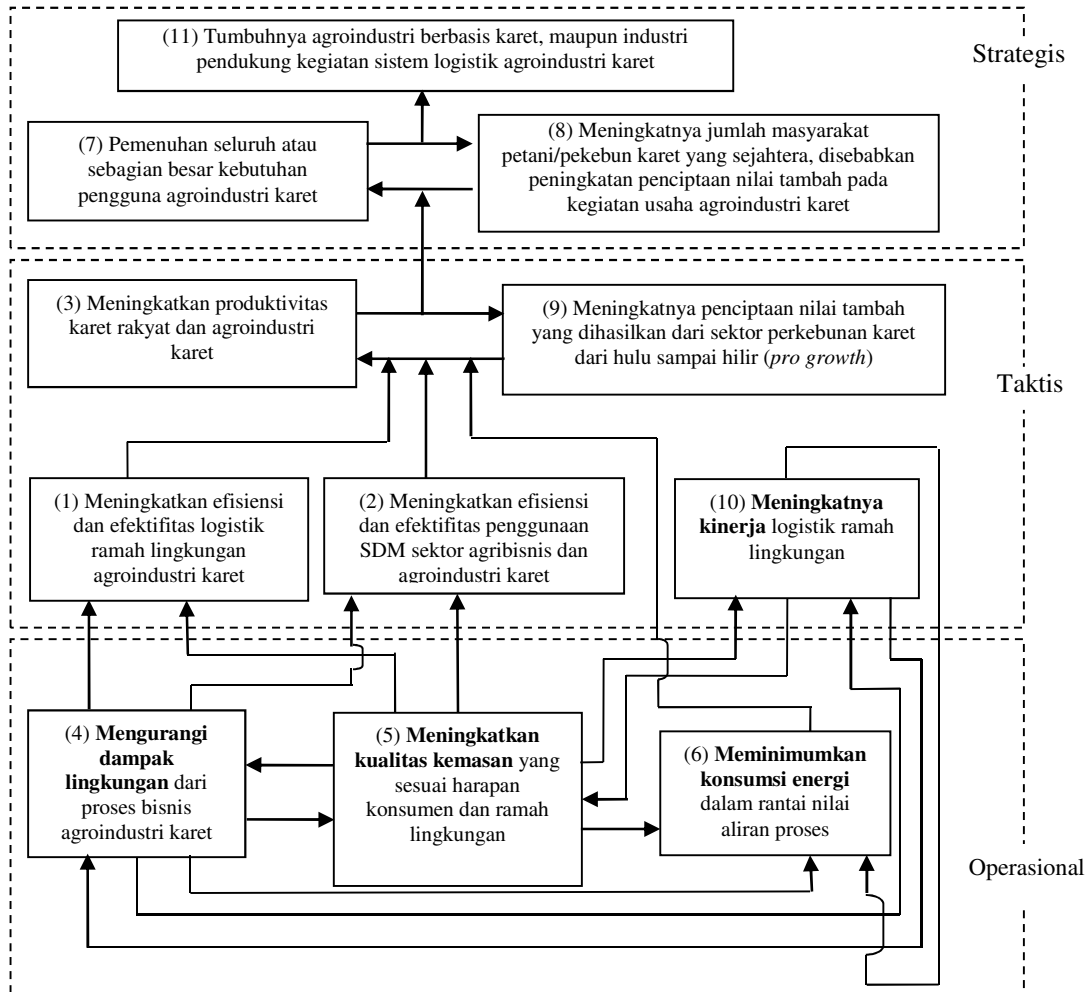
Gambar 42 Rumusan elemen kendala utama logistik ramah lingkungan

Analisis sub-elemen kunci pada elemen tujuan perancangan model logistik ramah lingkungan pada agroindustri karet mendapatkan hasil bahwa sub-elemen : mengurangi dampak lingkungan dari proses produksi agroindustri karet; meningkatkan kualitas kemasan yang sesuai harapan konsumen dan ramah lingkungan; dan meningkatnya kinerja logistik ramah lingkungan merupakan sub-elemen kunci. Ketiga sub-elemen tersebut memiliki kekuatan pendorong (*driver power*) yang paling kuat untuk bisa mencapai tujuan perancangan logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Posisi sub-elemen lainnya pada berbagai hirarki manajemen ditunjukkan pada Tabel 35:

Tabel 35 Posisi sub-elemen tujuan logistik ramah lingkungan pada hirarki manajemen

No	Hirarki	Variabel Bebas (Sub-elemen Pendorong)	Variabel Terikat (Sub-elemen Terpengaruh)
1	Strategis	(7) Pemenuhan seluruh atau sebagian besar kebutuhan pengguna agroindustri karet dapat dipasok dari kebun rakyat dan (8) Meningkatnya jumlah masyarakat petani/pekebun karet yang sejahtera, disebabkan peningkatan penciptaan nilai tambah pada kegiatan usaha agroindustri karet.	(11) Tumbuhnya agroindustri berbasis karet, maupun industri pendukung kegiatan logistik agroindustri karet.
2	Taktis	(1) Meningkatkan efisiensi dan efektifitas logistik ramah lingkungan agroindustri karet; (2) Meningkatkan efisiensi dan efektifitas penggunaan SDM sektor agribisnis dan agroindustri karet; (10) Meningkatnya kinerja logistik ramah lingkungan.	(3) Meningkatkan produktivitas karet rakyat dan agroindustri karet; (9) Meningkatnya penciptaan nilai tambah yang dihasilkan dari sektor perkebunan karet dari hulu sampai hilir (<i>pro growth</i>).
3	Operasional	(4) Mengurangi dampak lingkungan dari proses produksi agroindustri karet; (5) Meningkatkan kualitas kemasan yang sesuai harapan konsumen dan ramah lingkungan.	(6) Meminimumkan konsumsi energi dalam rantai nilai aliran proses.

Perumusan elemen tujuan sebagai sub sistem dari suatu elemen logistik ramah lingkungan pada agroindustri karet ditunjukkan pada Gambar 43. Rumusan elemen tujuan perancangan model logistik ramah lingkungan pada Gambar 43 terdiri dari 3 level, yaitu : operasional, taktis dan strategis. Pada level operasional untuk mencapai tujuan mengurangi dampak lingkungan dan meminimumkan konsumsi energi dalam proses agroindustri karet maka dirancang model logistik proses menggunakan metode *GVSM*.



Gambar 43 Rumusan elemen tujuan logistik ramah lingkungan

Selanjutnya untuk mencapai tujuan peningkatan kualitas kemasan sesuai harapan konsumen dan ramah lingkungan maka dirancang model atribut kemasan menggunakan metode *fuzzy AHP GQFD*. Pada level taktis untuk mencapai tujuan peningkatan kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet maka dirancang suatu model evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan menggunakan metode AHP, Omax dan TLS.

Validasi Model Konseptual Logistik Ramah Lingkungan

Untuk menjamin ketepatan model diperlukan validasi model yang diperlukan untuk menguji apakah sesuai dengan objek yang diteliti. Validasi model dilakukan melalui *face validation* dengan bantuan pakar yang kompeten. Pakar diminta melakukan validasi elemen kunci, kriteria pemasok, atribut kemasan dan kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Hasil validasi model konseptual dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 36.

Tabel 36 Validasi model konseptual logistik ramah lingkungan

Aktivitas model konseptual	<i>Real Word</i>			Refleksi dengan tujuan
	Syarat	Perangkat	Langkah	
1. Melakukan analisis situasional agroindustri karet dan logistik ramah lingkungan.	Telah memahami definisi dan ruang lingkup logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Peraturan pemerintah mengenai pembentukan logistik ramah lingkungan.	Berdiskusi dan menuangkan peraturan yang terkait dengan logistik ramah lingkungan ke dalam perancangan model logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Mampu memahami prosedur untuk merancang model logistik ramah lingkungan agroindustri karet.
2. Mengidentifikasi elemen dalam struktur permasalahan logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Telah memahami elemen kunci logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Elemen dan sub-elemen logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Identifikasi elemen logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Mampu menganalisis elemen kunci yang diperlukan dalam logistik ramah lingkungan agroindustri karet.
3. Menganalisis keterkaitan antar elemen kunci dengan aktivitas logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Mampu memahami keterkaitan antara elemen kunci dengan aktivitas pada logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Memahami hubungan antara elemen kunci dengan aktivitas logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Identifikasi aktivitas dalam logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Mampu merancang hubungan antar elemen kunci dengan aktivitas pada logistik ramah lingkungan agroindustri karet.
4. Menganalisis pemasok bokat pada logistik pengadaan bahan baku agroindustri karet	Mengetahui peran dan kontribusi pemasok dalam logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Aktivitas yang dilakukan pada logistik pengadaan bahan baku (bokat).	Mengidentifikasi aktivitas pemasok bokat.	Mampu merancang model seleksi pemasok bokat yang potensial.
5. Mengidentifikasi tujuh sumber pembangkit limbah pada agroindustri karet.	Mampu memahami tujuh sumber pembangkit limbah pada proses produksi SIR 20.	Aktivitas yang dilakukan tujuh sumber pembangkit limbah pada proses produksi SIR 20.	Mengidentifikasi aktivitas sumber pembangkit limbah dan meminimasi limbah yang dihasilkan pada proses produksi SIR 20.	Mampu merancang <i>current</i> dan <i>future state</i> GVSM logistik proses produksi SIR 20.

Tabel 36 Validasi model konseptual logistik ramah lingkungan (*lanjutan*)

Aktivitas model konseptual	<i>Real Word</i>				Refleksi dengan tujuan
	Syarat	Perangkat	Langkah	Hasil	
6. Menganalisis logistik proses produksi produk SIR 20.	Mampu memahami logistik proses produksi SIR 20.	Aktivitas yang dilakukan pada logistik proses produksi SIR 20.	Mengidentifikasi aktivitas yang efektif dan efisien dalam logistik proses produksi SIR 20.	Mampu menentukan aktivitas proses yang efektif dan efisien untuk diimplementasikan pada logistik proses produksi SIR 20.	Terbentuknya model <i>future state</i> logistik proses produksi SIR 20 yang efektif, efisien dan ramah lingkungan.
7. Menganalisis atribut kemasan produk SIR 20.	Mampu memahami atribut kemasan produk SIR yang sesuai keinginan konsumen dan ramah lingkungan.	Aktivitas yang dilakukan pada proses pengemasan produk SIR 20.	Mengidentifikasi atribut kemasan produk SIR yang sesuai keinginan konsumen dan ramah lingkungan.	Mampu merancang model desain atribut kemasan produk SIR 20 yang sesuai keinginan konsumen dan ramah lingkungan.	Menghasilkan model desain atribut kemasan produk SIR 20.
8. Menganalisis kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Memahami kelemahan indeks kinerja utama logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	<i>Stakeholder</i> dalam <i>green procurement, green manufacture, green distribution</i> dan <i>reverse logistic</i> .	Mengidentifikasi faktor perspektif, objektif dan indeks kinerja utama dalam logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Mampu menilai kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Memperoleh rancangan model evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet.
9. Merancang model logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Sudah memahami fungsi dan tujuan model dalam logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Pekebun, pemasok, pedagang antara, agroindustri <i>crumb rubber</i> dan <i>stakeholders</i> dalam logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh dalam perancangan model logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Mampu menghasilkan logistik ramah lingkungan yang sesuai dengan kebutuhan pekebun/pemasok, pemasok, agroindustri <i>crumb rubber</i> , imdustri pengguna SIR 20, sehingga tercapai efisiensi dan efektifitas logistik ramah lingkungan agroindustri karet.	Memperoleh rancangan model logistik ramah lingkungan agroindustri karet yang sesuai dengan kebutuhan di lokasi penelitian.

Tabel 36 menunjukkan hasil validasi model konseptual yang telah dijabarkan ke dalam sembilan aktivitas di dunia nyata (*real word*) yang berkaitan dengan logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Tahapan yang ada pada dunia nyata meliputi : syarat, perangkat, langkah dan hasil, kemudian dikaitkan dengan tujuan perancangan model logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Rancangan model konseptual logistik ramah lingkungan ini terbentuk dari 5 sub-model pembentuknya, yaitu model analisis elemen kunci, model seleksi pemasok, model analisis logistik proses, model desain atribut kemasan dan model evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan.

Kesimpulan

Peluang pengembangan model konseptual logistik ramah lingkungan pada agroindustri karet cukup tinggi, karena secara konseptual model ini dapat menghasilkan efisiensi dan efektifitas pada setiap tahapan logistik proses agroindustri karet. Pada logistik pengadaan bahan baku, model ini dapat menghasilkan ranking pemasok bokr potensial yang diharapkan dapat menjamin kelancaran pasokan bokr pada agroindustri karet. Pada tahapan logistik proses, model ini dapat menghasilkan *future state* GVSM yang lebih efektif dan efisien dari segi penggunaan energi listrik, air dan bahan baku. Selain itu, pada tahap ini juga dapat dihasilkan atribut kunci dalam desain kemasan produk SIR 20 yang sesuai dengan keinginan konsumen dan ramah lingkungan. Model konseptual logistik ramah lingkungan juga dapat menghasilkan model evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan yang dapat digunakan sebagai landasan dalam meningkatkan kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

10 PEMBAHASAN UMUM DAN IMPLIKASI MANAJERIAL

Logistik Ramah Lingkungan

Pada agribisnis dan agroindustri karet dibagi secara umum sebagai berikut: sub-sistem suplai bahan baku (*on-farm*) masalah lingkungan tidak terlalu berat; sub-sistem pengolahan (*intermediate*, seperti *crum rubber*) masalah kontaminan, pemakaian air, energi, pencemaran bau/odor cukup besar; dan sub-sistem barang jadi karet, misal pabrik ban, perlu perhatian yang besar terkait lingkungan. Dengan menerapkan logistik ramah lingkungan ini diharapkan dapat menciptakan iklim usaha yang kondusif dan meningkatkan produktivitas pada berbagai tahapan proses bisnis yang ramah lingkungan sehingga akan membangkitkan kembali kejayaan agroindustri karet.

Logistik merupakan seni dan ilmu pengiriman produk/jasa, energi, informasi, dan manusia, dari sumber (pemasok) ke tujuan (konsumen/pasar) agar penggunaan modal optimal. Logistik juga mencakup integrasi informasi, transportasi, persediaan, pergudangan dan *reverse logistics*. Proses manufaktur dan pemasaran akan sulit dilakukan tanpa dukungan logistik. Misi logistik adalah pencapaian efektivitas dalam mendapatkan barang yang tepat, pada waktu yang tepat, dengan jumlah barang yang tepat, kondisi yang tepat; pencapaian efisiensi biaya dan memberikan keuntungan bagi penyedia jasa logistik.

Hasil kajian *Center of Logistics and Supply Chain Studies* Institut Teknologi Bandung (ITB) yang bekerja sama dengan Asosiasi Logistik Indonesia, Panteia/NEA, STC-Group dan *The World Bank* mengenai *State of Logistics Indonesia* (Logistik Negara Indonesia) menunjukkan bahwa persentase biaya logistik terhadap penjualan di Indonesia rata-rata 14.08%, sedangkan Jepang 5.9%, Amerika 9.4 % dan Korea Selatan 12.5%. Besarnya persentase biaya logistik Indonesia terhadap PDB (Produk Domestik Bruto) adalah 30%, sedangkan Korea Selatan 16.3%, Jepang 10.6% dan Amerika Serikat hanya 9.9% (Bahagia *et al.* 2013). Statistik ini menunjukkan dengan jelas bahwa biaya logistik Indonesia masih sangat mahal karena tidak efisiennya aktivitas logistik perusahaan, sehingga menurunkan daya saing perusahaan Indonesia yang pada akhirnya dapat menurunkan pula daya saing Negara.

Di dalam SISLOGNAS (Sistem Logistik Nasional) yang sudah ditetapkan Pemerintah RI (Setkab 2012) dinyatakan bahwa penyebab utama mahalnya biaya logistik di Indonesia adalah kondisi infrastruktur yang ada sekarang ini baik pelabuhan, bandar udara, jalan, dan jalur kereta api dinilai masih kurang memadai untuk mendukung kelancaran lalu lintas logistik. Demikian juga halnya dengan sistem transportasi intermoda ataupun multimoda yang belum dapat berjalan dengan baik, karena akses transportasi dari sentra-sentra produksi ke pelabuhan dan bandara atau sebaliknya belum dapat berjalan lancar karena belum optimalnya infrastruktur pelabuhan dan bandara tersebut, sehingga menyebabkan kualitas pelayanan menjadi rendah dan tarif jasa menjadi mahal.

Oleh karena itu, pengelola industri dituntut untuk berfikir lebih kreatif dalam meningkatkan efisiensi aktivitas logistik, karena kondisi infrastruktur logistik saat ini belum memadai. Salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah pengelola industri dapat melakukan efisiensi dengan menerapkan inovasi logistik

ramah lingkungan dengan penggunaan sumber daya yang lebih efisien, menghasilkan limbah yang minimum, dan mengurangi atau bahkan menghilangkan dampak buruk terhadap lingkungan. Inovasi yang mempertimbangkan aspek lingkungan tersebut memerlukan kombinasi pengetahuan baru tentang karakteristik material, proses, teknologi dan produk.

Logistik ramah lingkungan merupakan suatu upaya untuk meminimalkan dampak lingkungan pada setiap tahapan kegiatan logistik dari awal hingga akhir termasuk proses *reverse logistics*. Di negara-negara Eropa Tenggara sudah dirancang logistik ramah lingkungan dengan transportasi yang efisien dan pergeseran *shift*, mengoptimalkan jaringan, menggunakan unit transportasi dan bahan kemasan ramah lingkungan, fasilitas dan operasi ramah lingkungan dan melakukan proses daur ulang (Beskovnik dan Jakomin 2010). Di Lithuania sudah dilakukan kajian mengenai dampak globalisasi pada pusat logistik hijau (Čepinskis dan Masteika 2011). Perbandingan kajian logistik ramah lingkungan dengan beberapa kajian lain ditunjukkan pada Tabel 37.

Tabel 37 Perbandingan hasil penelitian dengan penelitian terdahulu pada bidang kajian logistik ramah lingkungan

No Penelitian	Kumar (2015)	Indrasari <i>et al.</i> (2014)	Pereira <i>et al.</i> (2013)	Guoyi dan Xiaohua (2011)	Beskovnik dan Jakomin (2010)
1 Objek					
Agroindustri karet	Pembangunan berkelanjutan	PT XYZ	Perusahaan transportasi kargo	Studi komparatif	Eropa Tenggara
2 Pembahasan					
Analisis elemen kunci	Transportasi hijau	Sertifikasi ISO 14 000	Minimasi pengiriman	Operasi hijau	Transportasi yang efisien dan <i>shift</i> modal
Seleksi pemasok	Gudang hijau	Standar penyimpanan	Menggunakan kemasan yang efisien	Transportasi hijau	Optimasi jaringan
Analisis logistik proses	Pengemasan hijau	Alat angkut ramah lingkungan	Pemrograman transportasi	Pengemasan hijau	Unit transportasi dan bahan kemasan
Analisis atribut kemasan	Pengadaan hijau	Standar pengiriman	Modal <i>shift</i> (dari jalan ke sarana intermodal)	Proses hijau	Fasilitas dan operasi hijau
Evaluasi kinerja logistik	Manajemen limbah	Daya tampung gudang	Pemilihan pemasok berdasarkan kriteria tertentu	Daur ulang limbah	Proses daur ulang

Tabel 37 menunjukkan kajian logistik ramah lingkungan pada perusahaan manufaktur dan kargo dengan faktor yang dipertimbangkan pada umumnya sama. Hanya saja pada perusahaan manufaktur dipertimbangkan faktor sertifikasi ISO 14 000. Kajian logistik ramah lingkungan lainnya dilakukan pada bidang yang lebih makro, yaitu pada objek logistik ramah lingkungan di Eropa Tenggara dan

pembangunan berkelanjutan. Kajian lainnya merupakan studi komparatif kajian logistik ramah lingkungan.

Dalam penelitian ini disajikan berbagai metode yang dapat dilakukan perusahaan untuk menerapkan logistik ramah lingkungan yaitu :

1. Menganalisis elemen-elemen yang terpengaruh dengan adanya logistik ramah lingkungan seperti sektor masyarakat yang terpengaruh, kebutuhan dari program, kendala utama, perubahan yang dimungkinkan, tujuan dari program, tolok ukur untuk menilai setiap tujuan, aktivitas yang dibutuhkan guna perencanaan tindakan, ukuran aktivitas guna mengevaluasi hasil yang dicapai oleh setiap aktivitas, dan lembaga yang terlibat dalam pelaksanaan program.
2. Seleksi pemasok bokat dengan mempertimbangkan *delivery* (ketepatan waktu pengiriman), *quality* (kualitas dari bokar) dan *services* (layanan servis yang meliputi personil, fasilitas dan kapabilitas dalam memberikan layanan servis).
3. Desain model analisis logistik proses agroindustri karet.
4. Desain model atribut kemasan yang ramah lingkungan dan sesuai keinginan konsumen.
5. Melakukan evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan yang mencakup :
 - a. Pengadaan hijau (*green procurement*) yang meliputi pemilihan *green supplier* dan efektifitas pengadaan bahan baku.
 - b. Manufaktur hijau (*green manufacturing*) yang meliputi efisiensi penggunaan energi, efisiensi penggunaan bahan baku, efisiensi penggunaan air, pengelolaan di lantai produksi dan pengelolaan SDM dan pengelolaan limbah yang dihasilkan.
 - c. Distribusi hijau (*green distribution*) yang meliputi pengelolaan gudang penyimpanan produk, penggunaan kemasan ramah lingkungan, penggunaan energi pada proses distribusi dan pemanfaatan produk rusak.
 - d. Logistik balik (*reverse logistic*) dilakukan pada pengelolaan tingkat redistribusi produk.

Dalam penelitian ini dilakukan analisis elemen kunci logistik ramah lingkungan menggunakan metode ISM. Metode ISM ditujukan untuk mengidentifikasi elemen kunci serta faktor kekuatan penggerak (*driver power*) masing-masing elemen serta struktur/hirarki elemen dalam model. Hasil analisis ISM ini berdasarkan pendapat beberapa pihak yang terkait dengan rekayasa logistik ramah lingkungan agroindustri karet menghasilkan adanya 9 elemen dan 101 sub-elemen yang dianalisis, yaitu:

1. Elemen ke-1, sektor masyarakat yang terpengaruh dengan adanya logistik ramah lingkungan (10 sub-elemen)
2. Elemen ke-2, kebutuhan program pengelolaan kebijakan logistik ramah lingkungan (8 sub-elemen).
3. Elemen 3, kendala utama dalam logistik ramah lingkungan (12 sub-elemen).
4. Elemen 4, perubahan yang dimungkinkan akibat adanya logistik ramah lingkungan (15 sub-elemen).
5. Elemen 5, tujuan logistik ramah lingkungan (11 sub-elemen).
6. Elemen 6, tolok ukur keberhasilan program logistik ramah lingkungan (10 elemen).
7. Elemen 7, aktivitas yang dibutuhkan guna perencanaan tindakan logistik ramah lingkungan (12 elemen).

8. Elemen 8, ukuran aktivitas dalam penilaian hasil aktivitas logistik ramah lingkungan (6 sub-elemen).
9. Elemen 9, lembaga yang terlibat dalam logistik ramah lingkungan (17 sub-elemen).

Pada elemen kendala utama logistik ramah lingkungan menunjukkan bahwa sub-elemen keterbatasan dana dan modal usaha dari pekebun karet dan belum adanya komitmen dari beragam pemangku kepentingan dalam pengembangan logistik ramah lingkungan merupakan sub-elemen kunci. Strukturisasi elemen kendala utama program menunjukkan bahwa sub-elemen kontinuitas pasokan bokar kurang lancar berada pada level 1. Penanganan kendala sub-elemen ini sangat tergantung pada keberhasilan penanganan kendala lainnya dalam logistik ramah lingkungan.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menangani pasokan bokar yang kurang lancar adalah melakukan seleksi pemasok bokar potensial berdasarkan kriteria *delivery*, *quality* dan *services* menggunakan metode AHP-TOPSIS. AHP digunakan dalam melakukan pembobotan kriteria dalam seleksi pemasok. Untuk menentukan alternatif terbaik berdasarkan kriteria yang dipertimbangkan digunakan metode TOPSIS. Hasil seleksi pemasok bokar diperoleh pemasok potensial untuk memenuhi pasokan bokar pada agroindustri *crumb rubber* yang menjadi responden di Palembang, Sumatera Selatan adalah pemasok 6 dari Pendopo. Hasil analisis metode AHP-TOPSIS ini sesuai dengan kondisi pemasok mampu yang sudah ditetapkan oleh agroindustri yang dijadikan responden dalam penelitian ini yang menetapkan pemasok dari Pendopo termasuk kategori mampu. Pemasok mampu ini pada umumnya dapat memasok bokar berkualitas sesuai standar yang telah ditetapkan.

Hasil analisis ISM pada elemen tujuan program diperoleh hasil sub-elemen mengurangi dampak lingkungan dari proses bisnis agroindustri karet, meningkatkan kualitas kemasan yang sesuai harapan konsumen dan ramah lingkungan dan meningkatnya kinerja logistik ramah lingkungan merupakan elemen kunci.

Untuk mengurangi dampak lingkungan dari proses bisnis agroindustri karet dilakukan analisis GVSM dengan merancang *future state GVSM*. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan meningkatkan kualitas bokar pada tingkat pekebun yang diharuskan menggunakan bokar bersih yang bebas dari tatal, potongan kayu dan cemaran padat lain serta menggunakan penggumpal sesuai anjuran pemerintah. Masalah utama yang terjadi dalam pengolahan bokar menjadi produk SIR 20 adalah kualitas bokar yang rendah. Rendahnya kualitas bokar ini umumnya disebabkan oleh penggunaan teknologi pada usaha perkebunan karet yang masih tradisional, penggunaan bahan pembeku lateks yang tidak sesuai anjuran pemerintah dan bokar terlalu lama (7 – 14 hari) direndam di dalam kolam/sungai. Kualitas bokar yang rendah ini mengakibatkan kualitas produk SIR yang dihasilkan agroindustri *crumb rubber* di Indonesia masih kalah dibandingkan dengan agroindustri *crumb rubber* di Thailand, Malaysia, ataupun Vietnam. Standar produk SIR Indonesia maksimal mengandung kotoran maksimal 0,2% atau SIR 20, sedangkan Thailand, Malaysia, dan Vietnam sudah memberlakukan kandungan kotoran maksimal 0,16% atau SIR 16 (Hasibuan *et al.* 2011).

Selain itu masalah dalam pengolahan bokar adalah bau busuk yang menyengat. Bau busuk menyengat dapat disebabkan oleh pertumbuhan bakteri pembusuk yang melakukan biodegradasi protein di dalam bokar menjadi amonia dan sulfida. Kedua hal tersebut terjadi karena bahan pembeku lateks yang digunakan saat ini tidak dapat mencegah pertumbuhan bakteri. Kemudian bau busuk tersebut dibawa terus sampai ke agroindustri *crumb rubber*. Di pabrik yang menjadi sumber bau busuk tersebut adalah berasal dari tempat penyimpanan bokar, kamar gantung angin (*pre – drying room*) dan mesin pengering (*dryer*). Untuk mengatasi masalah tersebut Balai Penelitian Sembawa sudah melakukan penelitian yang menghasilkan penggunaan asap cair untuk menghilangkan bau-bau tersebut. Agroindustri *crumb rubber* yang dijadikan responden dalam penelitian ini sudah memiliki standar dalam karakteristik dan persyaratan mutu pada setiap tahapan proses pembuatan SIR 10 dan SIR 20 seperti disajikan pada Lampiran 1. Perusahaan juga sudah memiliki struktur organisasi bagian lingkungan hidup yang menangani limbah dan kebersihan di lingkungan pabrik seperti disajikan pada Lampiran 2.

Bila bokar yang akan diproses sudah bersih dari kotoran dan menggunakan penggumpal yang sesuai standar maka akan memudahkan dalam proses pengolahan *crum rubber* yang efisien dan efektif. Berdasarkan hasil perhitungan dengan mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya, pada proses pengolahan akan terjadi efisiensi penggunaan : energi listrik sebesar 11% (semula 20 391 kWh menjadi 18 190 kWh), penggunaan air sebesar 25% (dari semula 4 280 m³/hari menjadi 3 210 m³/hari), waktu proses sebesar 2% (dari semula 120 jam menjadi 156.7 jam) dan produktivitas penggunaan bahan baku meningkat dari 54% (107 ton produk SIR 20 dari 200 ton bokar) menjadi 67% (134 ton produk SIR 20 dari 200 ton bokar).

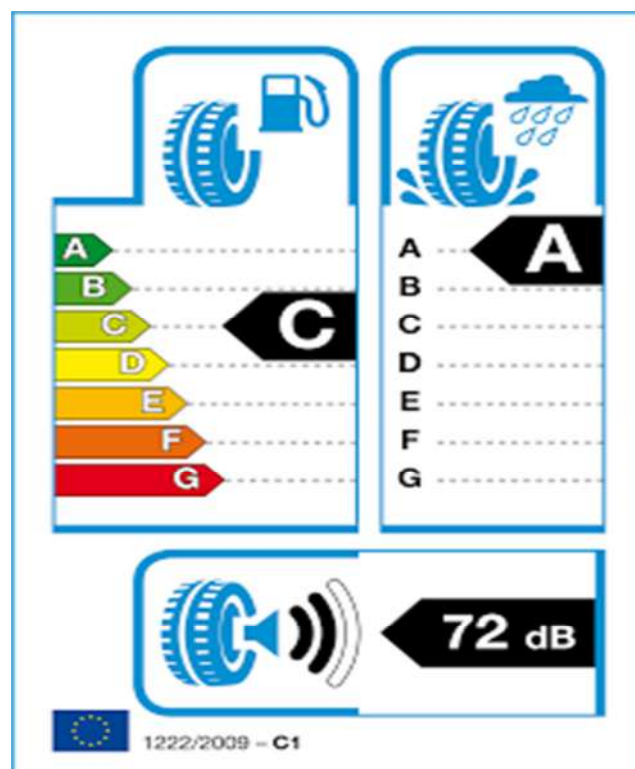
Untuk meningkatkan kualitas kemasan yang sesuai harapan konsumen dan ramah lingkungan telah dilakukan analisis dengan menggunakan metode *Fuzzy AHP GQFD*. Salah satu aspek yang dikaji dalam logistik menurut Ballou (2003) adalah kemasan (*packaging*). Dalam *green logistic*, kemasan yang dirancang adalah kemasan ramah lingkungan, sehingga dalam penelitian ini dikaji atribut kemasan apa saja yang sesuai dengan keinginan konsumen dan juga ramah lingkungan. Dalam agroindustri *crumb rubber*, sesuai standar SNI biasanya digunakan kemasan berbahan baku logam, kayu dan plastik. Dalam penelitian ini dikaji atribut kemasan apa saja yang sesuai dengan keinginan konsumen dan juga ramah lingkungan. Hasil analisis desain atribut kemasan diperoleh bahwa kemasan produk SIR yang diinginkan konsumen adalah dilihat dari faktor kemudahan dalam mengemas produk SIR, bahan kemasan ramah lingkungan, kemudahan perakitan dan kualitas kemasan. Saat ini kemasan produk SIR berbahan logam memiliki kelebihan dibanding bahan kayu dan plastik adalah kemudahan dalam mengemas produk SIR dan kemasan produk logam dapat didaur ulang, sedangkan kelemahan yang utama adalah tidak hemat energi dan berat.

Sementara itu kondisi saat ini dari karakteristik teknis dalam *life cycle phases* kemasan produk SIR ini adalah bahan baku (kualitas bahan baku dan tidak menggunakan bahan beracun dan berbahaya [B3]); manufaktur (pengendalian limbah dan penggunaan energi yang hemat); perakitan (ketersediaan modul perakitan dan penggunaan alat bantu); transportasi (kemudahan pengangkutan);

penggunaan (konsumsi energi dan *maintenance*); dan *disposal* (*reduce*, *reuse* dan *recycle*). Karakteristik teknis yang memiliki tingkat kepentingan tinggi adalah kualitas bahan baku, *reuse* dan *recycle*. Kondisi karakteristik teknis yang dapat dipenuhi saat ini adalah dalam hal kualitas bahan baku dan tidak menggunakan bahan beracun dan berbahaya (B3), sedangkan yang masih kurang adalah pengendalian limbah, penggunaan alat bantu, kemudahan pengangkutan dan *maintenance*.

Salah satu industri pengguna SIR adalah industri ban yang biasa digunakan untuk kendaraan bermotor, baik mobil maupun motor. Saat ini pada produk ban yang dihasilkan industri ban juga sudah berkembang konsep *green tyre* (ban ramah lingkungan) atau *eco tyre labelling*. *Green tyre* ini adalah istilah yang digunakan di negara-negara Eropa dalam regulasi ban ramah lingkungan. Sebelum dipasarkan, produsen ban harus memenuhi *grade* yang harus dipenuhi. Dalam perkembangan selanjutnya, negara-negara di Timur Tengah dan Jepang juga menerapkan regulasi *green tyre* ini.

Dalam regulasi *green tyre* terdapat 3 parameter yang harus diperhatikan, yaitu hemat bahan bakar (*rolling resistance*), kebisingan (*noise*), dan daya cengkeram di tempat basah (*wet grip*). Di Negara-negara yang sudah menerapkan regulasi ini, tiap ban memiliki label khusus yang menunjukkan *grade* keramahlingkungannya seperti ditunjukkan Gambar 44.



Gambar 44 Label *green tyre* atau *eco tyre labelling*

Sumber : Lanxess (2015)

Gambar 44 menunjukkan tiga simbol yang berkaitan dengan aspek ramah lingkungan (Lanxess 2015), yaitu:

1. Gambar di sebelah kiri atas (pom bensin) menunjukkan parameter *rolling resistance* (penghematan bahan bakar) serta grade dari mulai huruf A sampai G. Ban dengan *grade A* pada parameter *rolling resistance* saat ini masih sangat jarang, yang beredar di pasaran dan termasuk bagus adalah ban dengan *grade C*. Di negara-negara yang sudah menerapkan regulasi *green tyre*, ban dengan *grade rolling resistance G* sudah tidak bisa dijual lagi. Pada tiap *grade*, jumlah penghematan bahan bakarnya adalah 0.1 - 0.15 liter per 100 km.
2. Gambar di sebelah kanan atas (hujan) menunjukkan parameter *wet grip* (seberapa kuat daya cengkeram ban saat menapak di tempat basah). Ketika memberhentikan kendaraan pada kondisi basah, semakin jauh kendaraan berhenti dari titik pengereman maka dapat dinyatakan semakin tidak aman.
3. Gambar di sebelah kiri bawah (suara) menunjukkan parameter kebisingan ban. Semakin bising ban, maka menunjukkan ban tersebut semakin tidak ramah lingkungan.

Di Indonesia ban yang dijual sebenarnya belum diwajibkan menggunakan label *green tyre*. Namun demikian, pada mobil LCGC (*low cost green car*) regulasi ban ramah lingkungan sudah diterapkan.

Selanjutnya hasil evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan berdasarkan perhitungan *scoring system* dengan menggunakan AHP, OMAX dan TLS, dapat diketahui bahwa terdapat 16 IKU yang masuk dalam kategori kuning dan 15 IKU yang masuk dalam kategori merah. Untuk IKU yang belum mencapai target, yaitu IKU pada kategori merah dan kuning harus diberi perhatian untuk meningkatkan kinerja *green logistic* pada agroindustri *crumb rubber*. IKU yang perlu segera mendapatkan prioritas perbaikan adalah IKU pada kategori merah karena nilai pencapaiannya sangat jauh di bawah target.

Kebaruan Penelitian

Penelitian-penelitian terdahulu dalam bidang agroindustri karet pada umumnya belum mengkaji agroindustri karet berbasis konsep logistik ramah lingkungan secara komprehensif. Dalam bidang karet penelitian lebih banyak dilakukan secara parsial dan membahas perencanaan produksi rantai pasok, seleksi pemasok, optimasi tanaman tumpang sari karet dengan teh, biaya logistik lateks, sistem penunjang manajemen audit bersih, proses produksi bersih, rekayasa model aliansi strategis sistem agroindustri *crumb rubber*, perencanaan wilayah dan lain-lainnya.

Selama ini belum ada penelitian yang merancang model logistik ramah lingkungan agroindustri karet. Beberapa penelitian terdahulu dalam bidang logistik ramah lingkungan umumnya melakukan analisis deskriptif dan analisis kualitatif pada berbagai bidang kajian di luar agroindustri karet. Ditinjau dari model yang dikembangkan, penelitian ini akan mendapatkan model integratif logistik ramah lingkungan agroindustri karet yang mencakup analisis kelembagaan, seleksi pemasok bokat, analisis pemborosan, desain atribut kemasan dan evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan pada agroindustri karet.

Kebaruan penelitian ini mencakup **model**, **metodologi**, dan **informasi**:

1. Ditinjau dari **model** yang dikembangkan, penelitian ini akan mendapatkan model integratif logistik ramah lingkungan agroindustri karet yang mencakup analisis elemen kunci, seleksi pemasok bokar, analisis logistik proses, desain atribut kemasan SIR 20 dan evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan pada agroindustri karet. Sampai saat ini, belum ada penelitian yang menghasilkan model logistik ramah lingkungan agroindustri karet.
2. **Metode** yang digunakan dalam model integratif berbasis logistik ramah lingkungan belum pernah dilakukan pada agroindustri karet. Peneliti terdahulu belum ada yang menggunakan metode AHP-TOPSIS dalam seleksi pemasok bokar dan metode Fuzzy AHP GQFD dalam desain atribut kemasan produk SIR 20.
3. Penelitian ini juga menyajikan sejumlah **informasi baru** yang belum pernah ada pada penelitian sebelumnya, khususnya pada seleksi pemasok bokar dan desain atribut kemasan produk SIR 20.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian logistik ramah lingkungan ini awalnya mencakup dari mulai industri hulu sampai hilir, mulai dari kebun, pengiriman bokar ke agroindustri *crumb rubber* hingga ke industri pengguna *crumb rubber*, seperti industri ban. Karena beberapa kesulitan metodologis dan terlalu luasnya lingkup penelitian, maka dalam penelitian ini hanya mengkaji proses bisnis dari pemasok bokar sampai ke agroindustri *crumb rubber*.

Selain itu, penelitian ini tidak mengkaji semua aktivitas logistik seperti yang dikembangkan Ballou (2003). Penelitian hanya mengkaji aktivitas logistik yang meliputi: perencanaan kebutuhan bahan baku (pengadaan bokar), perencanaan produksi (logistik proses manufaktur pada agroindustri *crumb rubber*), pengendalian persediaan manufaktur (evaluasi kinerja manufaktur hijau pada efisiensi penggunaan energi, bahan baku dan air), penggudangan (evaluasi kinerja pengelolaan gudang penyimpanan produk), perpindahan bahan (evaluasi kinerja efektifitas pengadaan bahan baku), pengemasan produk SIR 20, pendistribusian produk (evaluasi kinerja distribusi hijau), transportasi (evaluasi kinerja pengangkutan bahan baku dan produk), dan layanan konsumen (evaluasi kinerja logistik balik atau *reverse logistic*). Penelitian ini tidak mengkaji aktivitas logistik lainnya seperti ramalan permintaan, pembelian bahan baku, pengendalian persediaan produk dan proses pembelian.

Pada analisis model yang dirancang juga terdapat beberapa keterbatasan. Dalam analisis elemen kunci logistik ramah lingkungan, hanya 2 elemen dari 9 elemen, yang ditindaklanjuti dengan perancangan model analisis pada tahapan penelitian berikutnya. Masih terdapat tujuh elemen yang bisa dianalisis untuk kajian penelitian lanjutan pada bidang logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Dalam seleksi pemasok bokar seharusnya tidak terbatas pada faktor *delivery*, *quality* dan *services*, tetapi harus mempertimbangkan kriteria lebih banyak lagi dan lebih spesifik seperti: kadar karet kering, kebersihan (bersih dari benda-benda lain berupa kayu, daun dan atau kontaminan lainnya), warna (putih),

kualitas bahan pengawet, lama pengumpulan setelah penyadapan, kecepatan pengiriman, ketepatan waktu, ketepatan jumlah, biaya transportasi, tingkat dampak lingkungan dan sistem pengendalian limbah di pemasok bokat.

Dalam analisis logistik proses, seharusnya mencakup analisis data-data yang berkaitan dengan biaya dan jarak pada setiap tahapan proses produksi. Data waktu proses yang diperoleh pun hanya berupa data sekunder, karena kesulitan prosedural untuk mendapatkan data primer dari data biaya, jarak tempuh dan waktu proses pada setiap unit/ departemen produksi. Dalam desain atribut kemasan belum mempertimbangkan aspek biaya-biaya yang dikeluarkan selama siklus hidup proses produk dari mulai bahan baku sampai menjadi produk akhir, sehingga metode yang dipergunakan hanya metode *GQFD*. Apabila bisa diperoleh data biaya selama siklus hidup, maka akan dapat digunakan metode *GQFD II* yang lebih komprehensif dan mempertimbangkan aspek keinginan konsumen, ramah lingkungan dan ekonomis dari segi biaya. Dalam evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet juga tidak diperoleh data yang terkait biaya dan produktivitas agroindustri *crumb rubber*. Sehingga evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan hanya menggunakan penilaian pakar yang mengetahui kondisi kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Implikasi Manajerial

Indonesia sebagai salah satu produsen karet utama dunia memiliki peluang untuk mengembangkan sektor agroindustri karet yang dapat diandalkan dan ditunjang oleh luas lahan yang tersedia. Karet merupakan komoditas yang sangat penting di Indonesia, karena devisa negara yang dihasilkan dari komoditas karet ini cukup besar. Saat ini hanya dibudidayakan secara tradisional oleh masyarakat dan menghasilkan karet alam yang masih perlu ditingkatkan kualitas dan kuantitasnya. Agar komoditas karet dapat tetap bersaing di pasar domestik maupun internasional dibutuhkan efisiensi, efektifitas dan memperhatikan faktor lingkungan dalam pengelolaan manajemen logistik pada berbagai tahapan dan proses yang melibatkan pelaku rantai pasokan dari produsen ke konsumen seperti pekebun, pedagang perantara, pedagang pengumpul/besar, pemasok, pengecer dan konsumen sebagai mata rantai akhir. Logistik yang memperhatikan aspek lingkungan dikenal sebagai *green logistic* (logistik hijau) yaitu suatu bentuk logistik yang memperhitungkan aspek sosial dan ramah lingkungan di samping aspek fungsional dan ekonomis. Untuk itu perlu dukungan dan kerjasama dari semua pihak terkait dalam mengaplikasikan "*green logistic*" yang dapat memberikan pengaruh positif pada pengembangan agroindustri karet nasional.

Penerapan logistik ramah lingkungan akan memiliki implikasi manajerial cukup besar seperti :

1. Teridentifikasinya elemen-elemen kunci dalam logistik ramah lingkungan agroindustri karet.
2. Meningkatkan kelancaran pasokan bahan baku agroindustri karet.
3. Meningkatnya jumlah pemasok bokat potensial berdasarkan kriteria *delivery, quality* dan *services*.
4. Meningkatkan kualitas bahan olah karet yang akan digunakan sebagai bahan baku dalam proses pengolahan agroindustri karet.

5. Meningkatkan efisiensi dan efektifitas logistik proses bisnis agroindustri karet sehingga dapat mencapai produktivitas baik pada tingkat usaha tani maupun pada tingkat pengolahan pasca panen.
6. Menurunnya dampak lingkungan pada setiap tahapan proses bisnis mulai dari bahan baku, proses produksi dan proses pendistribusian produk sehingga dapat mendorong pengembangan agroindustri karet yang ramah lingkungan.
7. Meminimumkan konsumsi energi dalam rantai nilai aliran proses.
8. Meningkatkan kualitas kemasan produk SIR 20 yang sesuai dengan keinginan konsumen dan ramah lingkungan.
9. Meningkatkan kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet.
10. Terciptanya sinergisitas antara semua pihak yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dalam manajemen logistik agroindustri karet mulai dari petani/pekebun karet, pengusaha agroindustri karet, pemerintah hingga masyarakat sekitar.

Dengan demikian, dengan adanya penerapan logistik ramah lingkungan pada setiap tahapan proses bisnis agroindustri karet ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas, menciptakan iklim usaha yang kondusif, memacu tumbuh dan berkembangnya daerah sentra karet sebagai pemasok bahan baku industri dan meningkatkan kegiatan investasi oleh masyarakat baik di sektor perkebunan karet maupun pada industri pengolahan bahan olah karet.

11 KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kajian dalam penelitian ini menghasilkan model logistik ramah lingkungan pada agroindustri karet. Model tersebut dapat digunakan untuk menganalisis elemen kunci, menyeleksi pemasok bokar, menganalisis logistik proses produksi SIR 20, merancang atribut kemasan produk SIR dan mengevaluasi kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

Hasil kajian menggunakan metode ISM diperoleh elemen kunci pada elemen :

1. Sektor masyarakat terpengaruh : pengusaha agroindustri karet dan petani/pekebun karet.
2. Kebutuhan : adanya kebijakan program logistik ramah lingkungan yang dibuat pemerintah, ketersediaan dana/ anggaran bagi pelaksanaan program logistik ramah lingkungan dan kompetensi SDM (teknis dan non teknis) yang melaksanakan program logistik ramah lingkungan.
3. Kendala utama : keterbatasan dana dan modal usaha dari petani/ pekebun karet dan belum adanya komitmen dari beragam pemangku kepentingan (pemerintah pusat, pemerintah daerah, swasta sebagai pelaku dan penyedia jasa logistik, asosiasi-asosiasi, dan pihak-pihak terkait lainnya) dalam pengembangan logistik ramah lingkungan.
4. Perubahan yang dimungkinkan : perbaikan kualitas bokar sesuai standar, peningkatan standar mutu produk agroindustri karet dan perluasan mata rantai kegiatan (*value of chain*) dan mata rantai nilai, yang dapat memberikan peningkatan nilai tambah (*added value*).
5. Tujuan : mengurangi dampak lingkungan dari proses bisnis agroindustri karet, meningkatkan kualitas kemasan yang sesuai harapan konsumen dan ramah lingkungan dan meningkatnya kinerja logistik ramah lingkungan.
6. Tolok ukur keberhasilan : peningkatan jumlah dan sebaran bibit tanaman karet yang berkualitas dan meningkatnya luasan pemanfaatan (secara positif) areal hutan, perkebunan dan lahan bagi penanaman tanaman karet.
7. Aktivitas yang dibutuhkan : membangun skema kerja sama *win win solution* antar daerah maupun dengan pelaku usaha untuk terciptanya sinergi budidaya dan pemasaran yang efektif dan sosialisasi logistik ramah lingkungan.
8. Ukuran akitivitas : terlaksananya logistik agroindustri karet yang ramah lingkungan.
9. Lembaga yang terlibat : Kementerian Lingkungan Hidup, pemerintah kabupaten/ kota, Lembaga Penelitian dan Pengembangan dan kelompok petani/pekebun karet dan koperasi usaha agroindustri karet.

Seluruh sub-elemen tersebut terletak pada sektor IV (*Independent*) dan mempunyai kekuatan penggerak (*driver power*) bagi keberhasilan program pengembangan logistik ramah lingkungan agroindustri karet di Sumatera Selatan, walaupun hanya memiliki sedikit ketergantungan terhadap program.

Hasil strukturisasi menggunakan metode ISM menunjukkan bahwa sub-elemen kontinuitas pasokan bokar kurang lancar dan sub-elemen ini sangat tergantung pada keberhasilan penanganan kendala lainnya dalam logistik ramah

lingkungan pada agroindustri karet di Palembang, Sumatera Selatan. Salah satu upaya untuk menangani kendala pasokan bokar kurang lancar adalah melakukan seleksi pemasok bokar. Hasil kajian dalam proses seleksi pemasok bokar diperoleh bahwa pemasok bokar dari daerah Pendopo merupakan pemasok potensial.

Pada elemen tujuan perancangan model logistik ramah lingkungan terdapat elemen kunci, yaitu mengurangi dampak lingkungan dari proses bisnis agroindustri karet, meningkatkan kualitas kemasan yang sesuai harapan konsumen dan ramah lingkungan serta meningkatnya kinerja logistik ramah lingkungan.

Untuk mengurangi dampak lingkungan dari proses bisnis agroindustri karet dilakukan analisis logistik proses produksi SIR 20. Hasil kajian menggunakan metode *GVSM* dengan cara meningkatkan kualitas bokar dapat meningkatkan efisiensi penggunaan : energi sebesar 11%, air sebesar 25% dan waktu proses sebesar 2% sehingga produktivitas penggunaan bahan baku meningkat dari 54% menjadi 67%.

Untuk meningkatkan kualitas kemasan yang sesuai harapan konsumen dan ramah lingkungan dilakukan desain atribut kemasan produk SIR 20 menggunakan metode *fuzzy AHP*, *QFD*. Hasil analisis desain atribut kemasan SIR yang diinginkan konsumen adalah dari faktor kemudahan dalam mengemas produk SIR 20, menggunakan bahan kemasan yang ramah lingkungan, mudah dalam perakitan dan kualitas kemasan produk SIR 20 yang tinggi. Kemasan produk SIR 20 yang menggunakan bahan logam memiliki kelebihan dibandingkan bahan lain. Kelebihan yang dimiliki saat ini adalah kemudahan dalam mengemas produk SIR 20, dapat didaur ulang, kemudahan perbaikan dan dimensi. Namun demikian, bahan kemasan logam juga masih memiliki kelemahan berat dan tidak hemat energi.

Selanjutnya perhitungan karakteristik teknis menunjukkan bahwa faktor yang memiliki tingkat kepentingan tinggi adalah kualitas bahan baku, tidak menggunakan bahan berbahaya dan beracun serta ketersediaan modul petunjuk perakitan. Kondisi karakteristik teknis yang dapat dipenuhi saat ini adalah dalam hal kualitas bahan baku dan tidak menggunakan bahan berbahaya dan beracun dan ketersediaan modul petunjuk perakitan. Karakteristik teknis yang masih kurang adalah pengendalian limbah, penggunaan alat bantu, kemudahan pengangkutan dan *maintenance*.

Untuk meningkatkan kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet dilakukan evaluasi kinerja menggunakan metode *AHP*, *OMAX* dan *Traffic Light System*. Hasil kajian menunjukkan bahwa kinerja logistik ramah lingkungan agroindustri karet masih berada pada level 4. Dengan demikian, kinerja logistik ramah lingkungan masih dalam kategori kuning, sehingga tetap masih harus diberi perhatian untuk dapat meningkatkan kinerja logistik ramah lingkungan pada agroindustri *crumb rubber*.

Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini antara lain :

1. Dalam model logistik ramah lingkungan agroindustri karet, harus diperhatikan elemen-elemen kunci yang memiliki *driver power* tinggi karena

sangat berpengaruh terhadap keberhasilan penerapan logistik ramah lingkungan agroindustri karet.

2. Model logistik ramah lingkungan agroindustri karet akan efektif bila sudah menerapkan konsep *green* (hijau) pada setiap tahapan logistik proses, mulai dari *green procurement*, *green manufacture*, *green distribution* dan *reverse logistic*.
3. Dalam melakukan analisis atribut kemasan, perlu dikaji faktor biaya sehingga dapat dilakukan analisis *life cycle costing* (LCC) dan *life cycle assesment* (LCA) yang diintegrasikan ke dalam perancangan atribut kemasan produk agroindustri karet.
4. Untuk melakukan evaluasi kinerja logistik ramah lingkungan, sebaiknya diukur produktivitas pada setiap indeks kinerja utama (*key performance indicator*), sehingga bisa diperoleh hasil analisis yang lebih akurat dan terukur.
5. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dipakai sebagai salah satu acuan bagi pihak-pihak yang terkait dalam pengelolaan logistik ramah lingkungan agroindustri karet khususnya di Palembang, Sumatera Selatan sehingga tercapai efisiensi penggunaan biaya, efektifitas dalam pencapaian output dari segi kualitas maupun waktu. Dengan demikian akan bisa diperoleh produktivitas dan profitabilitas yang tinggi dalam pengelolaan logistik ramah lingkungan baik di Palembang, Sumatera Selatan, maupun di daerah lainnya.
6. Perlu kajian lebih mendalam mengenai sistem perdagangan dan tataniaga bokar pada agroindustri karet yang masih memakai standar berat basah sehingga tidak efisien dan disinsentif untuk produsen/ petani.
7. Pengembangan daya saing komoditas karet perlu terus diperbaiki dan difokuskan pada beberapa persyaratan standar mutu seperti standarisasi bokar, proses pengolahan dan dampak lingkungan setiap tahapan logistik proses bisnis agroindustri karet.
8. Perlu peningkatan produktivitas di petani sehingga HPP (Harga Pokok Penjualan) bokar bisa lebih rendah, sekaligus alternatif produk *intermediate*-nya bukan SIR tetapi bisa *sheet* (RSS), ADS atau *lump* segar.
9. Perlu peningkatan kualitas bokar yang dihasilkan perkebunan rakyat dengan cara misalnya petani karet perlu menanam jenis atau klon karet yang dianjurkan pemerintah dari bahan tanam yang berkualitas baik dan perlu dilakukannya pelatihan yang kontinu kepada petani karet tentang pembudidayaan karet unggul. Dengan demikian para petani benar-benar tahu bagaimana memilih bibit yang berkualitas, cara pemeliharaan, pengendalian penyakit, dan teknik penyadapan.
10. Diperlukan sinergisitas semua pihak yang terlibat untuk menciptakan kondisi dan iklim usaha yang kondusif dalam logistik ramah lingkungan dengan:
 - a. Mengembangkan daerah sentra karet sebagai pemasok bahan baku agroindustri karet.
 - b. Meningkatkan kegiatan investasi di sektor perkebunan karet dan industri pengolahan bokar yang menghasilkan produk-produk yang berkualitas dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abror N, Marimin, Yuliasih I. 2011. Seleksi dan evaluasi pemasok pada rantai pasokan kertas. *J Tek Ind Pert.* 21(3):194-206.
- Agustina F, Riana NA. 2011. Analisis produktivitas dengan metode *Objective Matrix* (OMAX) di PT. X. *J Teknik dan Manajemen Industri.* 6(2):150-158.
- Anand MCJ, Devadoss AV. 2013. Application of TOPSIS method to analyze causes of suicide thought in domestic violence. *Int J Computing Algorithm Integrated Intelligent Research (IIR).* 02(2013): 354-362.
- Ananto N. 2012. Rancang bangun model kelembagaan integrasi perencanaan pembangunan peternakan (studi kasus swa sembada daging sapi) [disertasi]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Angheluta A, Costea C. 2011. Sustainable go-green logistics solutions for Istanbul metropolis. *J Transport Problems.* 6(2):59-70.
- Ashrafzadeh M, Rafiei FM, Isfahani NM, Zare Z. 2012. Application of fuzzy TOPSIS method for the selection of warehouse location: a case study. *Interdisciplinary J Contemporary Research in Business.* 3(9):655-671.
- Attri R, Dev N, Sharma V. 2013. Interpretative structural modelling (ISM) approach: an overview. *Res J Management Sci.*2(2):3-8.
- Austin JE. 1992. *Agroindustrial project analysis critical design factors. EDI Series in Economic Development.* Baltimore and London (UG): The John Hopkins University Press.
- Avianda D, Yuniati Y, Yuniar. 2014. Strategi peningkatan produktivitas di lantai produksi menggunakan metode Objective Matrix (OMAX). *J Online Institut Teknologi Nasional.* 1(4):202-213.
- Bahagia SN, Sandee H, Meeuws R. 2013. *State of logistics Indonesia.* Jakarta (ID):Center of Logistics and Supply Chain Studies Institut Teknologi Bandung (ITB), Asosiasi Logistik Indonesia, Panteia/NEA, STC-Group, The World Bank.
- Bahara R, Marimin, Arkeman Y. 2015. Perbaikan produktivitas hijau pada proses produksi susu bubuk dewasa. *J Aplikasi Bisnis dan Manajemen.* 1(2):65-74.
- Baihaqi. 2014. Analisis kelayakan lokasi dan finansial pembangunan industri pengolahan karet di pesisir Timur Provinsi Aceh. *Agrisep.* 15(1):1-9.
- [Balittri] Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar. 2013. Keunggulan karet alam dibanding karet sintetis. [internet]. [diunduh 2016 Agustus 1]. Tersedia pada: <http://balittri.litbang.pertanian.go.id/index.php/berita/info-teknologi/182-keunggulan-karet-alam-dibanding-karet-sintetis>.
- Ballou RH. 2003. *Business Logistics/Supply Chain Management.* Fifth Edition. Upper Saddle River, New Jersey, (US) : Prentice Hal.
- Bernal L, Dornberger U, Alfredo SA, Byrnes T. 2009. *Quality function deployment (QFD) for services.* Leipzig Germany (DE): SEPT Program Universitat Leipzig.
- Beskovnik B, Jakomin L. 2010. Challenges of green logistics in Southeast Europe. *J Promet – Traffic and Transportation.* 22 (2):147-155.

- Beskovnik B, Twrdy E. 2012. Green logistics strategy for south east europe: to improve intermodality and establish green transport corridors. *J Transport*. 27(1): 25-33. doi:10.3846/16484142.2012.663731.
- Bhattacharya S, Momaya K. 2009. Interpretative structural modeling of growth enablers in construction companies. *J Singapore Management Review*. 31(1):73-97.
- Bolanos R, Fontela E, Nenclares A, Pastor P. 2005. Using interpretative structural modelling in strategic decision-making groups. *J Management Decision*. 43(6):877-895.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional Indonesia. 2000. SNI 06-1903-2000 - Standard Indonesian Rubber. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional Indonesia. 2002. SNI 06 – 2047 – 2002. Standar Bahan Olah Karet. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Carr JM. 2005. Value stream mapping of a rubber products manufacturer [thesis]. Menomonie, WI (US): Management Technology, University of Wisconsin-Stout.
- Čepinskis J, Masteika I. 2011. Impacts of globalization on green logistics centers in Lithuania. *J Environmental Research, Engineering and Management*. 1(55):34-42.
- Chopra S, Meindl P. 2007. *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operations*. 3rd edition. New Jersey (US): Pearson Prentice Hall.
- Cherrett T, McLeod F, Maynard S, Hickford A, Allen J, Browne M. 2009. Understanding retail supply chains to enable 'greener' logistics. *14th Annual Logistics Research Network Conference*; (2009 September 9–11); Cardiff, Wales. London (GB): Westminster Research. pp 80-87.
- Christopher M. 2016. *Logistics and Supply Chain Management*. 5th edition. London (UK): Financial Times/Pearson Education.
- Choudhary M, Seth N. 2011. Integration of green practices in supply chain environment the practices of inbound, operational, outbound and reverse logistics. *Int J of Engineering Science and Technology (IJEST)*. 3(6):4985-4993.
- [CLM] Council of Logistics Management. 2000. *Encyclopedia of Production and Manufacturing Management*. Swamidass PM, editor. New York (US): Springer International Publishing. DOI10.1007/1-4020-0612-8_194.
- Cojocariu CR. 2012a. A sustainable food supply chain: green logistics. *Metalurgia International*. XVII(3):205-207.
- Cojocariu CR. 2012b. Costs, time, reliability, warehousing and information technology – source of contradicting requirements in green logistics. *Metalurgia International*. XVII(3): 215-219.
- Dadashzadeh M, Wharton TJ. 2012. A value stream approach for greening the IT department. *Int J Management & Information Systems – Second Quarter*. 16(2):125-135.
- Darmawan MA, Wiguna B, Marimin, Machfud. 2012. Peningkatan produktivitas proses produksi karet alam dengan pendekatan green productivity: Studi Kasus di PT X. *J Tek Ind Pert*. 22(2):98-105.

- Dehariya PK, Verma DS. 2015. An application of green quality function deployment to designing an air conditioner. *Int J Engineering Research and Applications*. 5(7):147-152.
- Dekker R, Bloemhof J, Mallidis I. 2012. Operations research for green logistics – an overview of aspects, issues, contributions and challenges. *European J Operational Research*. 219(2012):671–679.
- Deng Y, Huang L. 2012. Research on strategies of developing green logistics. In: Othman M, Xie Y, Wu RC, editor. *International Conference on Information Management and Engineering (2011)*; Singapore. Singapore (SG):IACSIT Press. pp 388-392.
- Djamarah SB. 2008. *Psikologi Belajar*. Jakarta (ID): Rineka Cipta.
- Dong C, Zhang C, Wang B. 2003. Integration of green quality function deployment and fuzzy multi-attribute utility theory-based cost estimation for environmentally conscious product development. *Int J Environmentally Conscious Design and Manufacturing*. 11(1):12-28.
- Eriyatno. 1999. *Ilmu Sistem : Meningkatkan Mutu dan Efektivitas Manajemen*. Bogor (ID): IPB Press.
- Erni N. 2012. *Rekayasa sistem manajemen ahli dalam perencanaan produksi rantai pasok agroindustri karet spesifikasi teknis [disertasi]*. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Fawaz A, Abdulmalek, Jayant R. 2006. Analyzing the benefits of lean manufacturing and Value Stream Mapping via simulation :aprocess sector case study. *J Production Economics*. 107(2007): 223-236.
- Fithri P dan Firdaus I. 2014. Analisis produktivitas menggunakan metode objective matrix (OMAX) (Studi Kasus: PT. Moradon Berlian Sakti). *J Optimasi Sistem Industri*. 13(1):548-555.
- Fortuna IF, Sumantri Y, Yuniarto R. 2014. Perancangan sistem pengukuran kinerja aktivitas green supply chain management (GSCM), studi kasus: KUD BATU. *JRMSI*. 2(3): 551-562.
- Geroliminis N, Daganzo CF. 2005. A Review of green logistics schemes used in cities around the world. *UC Berkeley Center for Future Urban Transport*. 2005(5):1-21.
- Georgise FB, Thoben KD, Seifert M. 2013. Adapting the SCOR model to suit the different scenarios: a literature review & research agenda. *Int J u- and e-Service, Science and Technology*. 6(4): 13-25.
- Goriwondo WM, Mhlanga S, Marecha A. 2011. Use of the value stream mapping tool for waste reduction in manufacturing. Case study for bread manufacturing in Zimbabwe. Di dalam: Khadem M, Ali A, Zailani SHM, Sadi AHMS, Rahman MA, editor. *Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*; (2011 January 22-24); Kuala Lumpur, Malaysia. Malaysia (MY): IEOM Research Solutions Pty Ltd. pp 236-241.
- Gorvett R, Liu N. 2006. Interpretive structural modeling of interactive risks. *Enterprise Risk Management Symposium*; (2006 April 23–26); Chicago IL, USA. Chicago (US): Society of Actuaries. pp 1-12.
- Green LN, Bonollo E. 2002. The development of a suite of design methods appropriate for teaching product design. *Global J Engineering Education*. 6(1):45-51.

- Guan X. 2015. Green logistics development and evaluation of the carbon footprint [thesis]. Vaasa (FI): Economics and Business Administration Faculty of Technology University of Vaasa.
- Guoyi X, Xiaohua C. 2011. An international comparative study on the developments of green logistics. *International Conference on Mechatronic Science, Electric Engineering and Computer*; (2011 August 19-22); Jilin, China. Jilin (CN):IEEE. pp 783-787.
- Gunjal PU, Nalwade PM, Dhondge D, Ingale PR, Pati A. 2015. Green logistics: improving the sustainability of logistic in environmental and organizational point of view. *Int J Science, Technology and Management*. 04(03):122-133.
- Haris U. 2006. Rekayasa model aliansi strategis sistem agroindustri crumb rubber [disertasi]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Harsono A, Prasetyo H, Arqom N. 2009. Metode pemilihan pemasok sayuran di supermarket dengan metode AHP dan PROMETHEE (Studi kasus di PT. Hero Supermarket Cabang Suci Bandung). *J Itenas Rekayasa*. XIII(4):184-195.
- Hasibuan S. 2012. Pengembangan sistem penunjang manajemen audit produksi bersih pada agroindustri karet remah [disertasi]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Hasibuan S, Sa'id EG, Eriyatno, Saillah I, Romli M, Honggokusumo S. 2011. Kajian faktor-faktor yang mempengaruhi implementasi sistem produksi bersih pada agroindustri karet remah. *J Pertanian*. 2(1): 1-15.
- Hickford AJ, Cherrett TJ. 2007. Developing innovative and more sustainable approaches to reverse logistics and the collection, recycling and disposal of waste products from urban centres. Transportation Research Group University of Southampton.
- Hines P, Taylor D. 2000. *Going Lean*. Cardiff (UK): Lean Enterprise Research Centre, Cardiff Business School.
- Hollensen S. 2010. *Global Marketing*. 6th edition. Harlow, England (UK): Prentice Hall
- Hsu CH, Chang AY, Kuo HM. 2012. Data mining QFD for the dynamic forecasting of life cycle under green supply chain. *WSEAS Transactions on Computers*. 11(1):1-10.
- Hsu CH, Chang AY, Kuo HM. 2011. Green supply implementation based on fuzzy QFD: an application in GPLM system. *J WSEAS Transactions on Systems*. 10(6):183-192.
- Hussin H, Kamarulzaman NH, Abdullah AM, Rahman AA. 2012. Perceived benefits of green logistics practices from the perspective of Malaysian foodbased manufacturers. *Global Conference on Operations and Supply Chain Management (GCOM 2012) Proceeding*; (2012 March 12-13); Bandung, Indonesia. Bandung (ID): Global Research. pp 79-87.
- Hwang CL, Yoon K. 1981. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications a State-of-The-Art Survey*. Berlin Heidelberg (DE): Springer-Verlag.
- Ichsan. 2011. Perencanaan pengembangan wilayah berbasis perkebunan karet rakyat (Studi kasus dua kecamatan di Kabupaten Cianjur). [tesis]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

- Ikhsan S, Aid A. 2011. Analisis SWOT untuk merumuskan strategi pengembangan komoditas karet di kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah. *J Agribisnis Pedesaan*. 1(03):166-177.
- Indrasari LD, Nursanti E, Vitasari P. 2014. Model strategi green logistic (penyimpanan) pada perusahaan modal asing PT XYZ. *J Engineering* 9(2):39-44.
- Iqbal SMM, Ireland CR, Rodrigo VHL. 2006. A logistic analysis of the factors determining the decision of smallholder farmers to intercrop: A case study involving rubber–tea intercropping in Sri Lanka. *J Agricultural Systems*. 87(2006):296-312.
- Irnawati R, Simbolon D, Wiryawan B, Murdiyanto B, Nurani TW. 2013. Teknik interpretative structural modeling (ISM) untuk strategi implemmentasi model pengelolaan perikanan tangkap di Taman Nasional Karimunjawa. *J Ilmu Pertanian dan Perikanan*. 2(1):75-86.
- [IRSG] International Rubber Study Group. 2016. Country-wise production of NR (Natural Rubber), Rubber Statistical Bulletin (April-June 2016). Singapore (SG): The Secretariat of the International Rubber Study Group.
- Jahanshahloo, GR, Hosseinzadeh Lotfi FH, Izadikhah M. 2006. Extension of the TOPSIS method for decision-making problems with fuzzy data. *Applied Mathematics and Computation*. 181(2006):1544–1551.
- Julivanto V. 2009. Dinamika ekspor karet alam Indonesia [skripsi]. Bogor (ID): Departemen Ilmu Ekonomi Institut Pertanian Bogor.
- Kabir G, Hasin MAA. 2011. Comparative analysis of AHP and fuzzy AHP models for multi-criteria inventory classification. *Int J Fuzzy Logic Systems*. 1(1):1-16.
- Kahraman C, Cebeci U, Ulukan Z. 2003. Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistic Information Management*. 16(2003): 382-394.
- Kaufmann A, Gupta MM. 1991. *Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science*. Amsterdam (NL) : Elsevier Science Publisher B.V.
- [Kemenkumham] Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia. 2008. Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Jakarta (ID) : Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia.
- [Kemendag] Kementerian Perdagangan. 2009. Peraturan Menteri Perdagangan Republik Indonesia Nomor 53/M-DAG/PER/10/2009 tentang Pengawasan Mutu Bahan Olah Komoditi Ekspor Standard Indonesian Rubber yang Diperdagangkan. Jakarta (ID): Kementerian Perdagangan Republik Indonesia.
- [Kemenhub] Kementerian Perhubungan. 2005. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KM 49 Tahun 2005 tentang Sistem Transportasi Nasional (SISTRANAS). Jakarta (ID): Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- [Kemenko Ekon] Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. 2011. Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia. Jakarta (ID): Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia.

- [Kementan] Kementerian Pertanian. 2015. Area, produksi dan hasil perkebunan di Indonesia, 2011 – 2015. Jakarta (ID): Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- [Kementan] Kementerian Pertanian. 2008. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 38/Permentan/OT.140/ 8/2008 tentang Pedoman Pengolahan dan Pemasaran Bahan Olah Karet (Bokar). Jakarta (ID): Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Kim ST, Han CH. 2011. Measuring environmental logistics practices. *The Asian J Shipping and Logistics*. 27(2):237-258.
- Klimchuk MR, Krasovec SA. 2013. *Packaging Design: Successful Product Branding from Concept to Shelf*. 1st Edition. New Jersey (USA): John Wiley and Son.
- Klumpp M, Bioly S, Zelewski S. 2009. Sustainability and technology innovation in logistics- friends or foes? *Proceedings of Second International Conference on Multinational Enterprises and Sustainable Development*; (2009 November 4-6); Nancy-Mets, France. Nancy-Mets (FR): MESD. pp 1-14.
- Kumar A. 2015. Green logistics for sustainable development: an analytical review. *IOSRD Int J Business*. 1(1):07-13.
- Kumar S, Kant R. 2013. Supplier selection process enablers: an interpretive structural modeling approach. *Int J Mechanical and Industrial Engineering (IJMIE)*. 3(1):89-95.
- Lanxess. 2015. Tire Labeling - Green Mobility Energized: EU Tire Labelling [internet]. [diacu 2016 Juli 26]. Tersedia dari: <http://green-tyres.org.uk/en/uk-green-tires/tyre-labelling/>
- Leonardi J, Browne M, Allen J, Cherrett T, Cullinane S, Edwards J, Eglese R, McKinnon A, Piecyk M, Potter A, Whiteing T, Woodburn A. 2009. Data management and data collection techniques for sustainable distribution. Data needs and data review for Green Logistics research. University of Westminster. Department for Transport Studies, London.
- Lotfi FH, Fallahnejad R, Navidi N. 2011. Ranking efficient units in DEA by using TOPSIS method. *J Applied Mathematical Sciences*. 5(17): 805-815.
- Lotfi FH, Allahviranloo T, Jondabeh MA, Kiani NA. 2007. A new method for complex decision making based on TOPSIS for complex decision making problems with fuzzy data. *J Applied Mathematical Sciences*. 1(60):2981-2987.
- Mahfouz A, Crowe J, Arisha A. 2011. Integrating current state and future state value stream mapping with discrete event simulation: a lean distribution case study. *SIMUL 2011 : The Third International Conference on Advances in System Simulation*; (2011 October 23-29); Barcelona, Spain. Barcelona (ES): IARIA. pp 161-168.
- Marimin, Machfud, Martini S, Rukmayadi D, Wiguna B, Putra MPIF, Adhi W. 2015. *Teknik dan Aplikasi Produktivitas Hijau (Green Productivity) pada Agroindustri*. Bogor (ID): IPB Press.
- Marimin, Darmawan MA, Machfud, Putra MPIF, Wiguna B. 2014. Value chain analysis for green productivity improvement in the natural rubber supply chain: a case study. *J Cleaner Production*. 85(2014):201-211.

- Marimin, Djatna T, Suharjito, Hidayat S, Utama DN, Astuti R, Martini S. 2013. *Teknik dan Analisis Pengambilan Keputusan Fuzzy dalam Manajemen Rantai Pasok*. Bogor (ID): IPB Press.
- Marimin, Maghfiroh N. 2010. *Aplikasi Teknik Pengambilan Keputusan dalam Manajemen Rantai Pasok*. Bogor (ID): IPB Press.
- Marimin. 2008. *Teknik dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk*. Jakarta (ID): Grasindo.
- Marizka DA, Djatna T, Arkeman Y. 2015. A Model of green value stream mapping for rubber based automotive products. *Scientific J PPI-UKM*. 2(1):17-23.
- Markovic Z. 2010. Modification of TOPSIS method for solving of multicriteria tasks. *Yugoslav J Operations Research*. 20(1):17-143.
- McKinnon A. 2010. Green logistics : the carbon agenda. *Electronic Scientific J Logistics*. 6(3) :1-9.
- McKinnon AC.2007. Synchronised auditing of truck utilisation and energy efficiency: areview of the British government's transport KPI programme. Logistics Research Centre. *The World Conference on Transport Research*. University of California, Berkeley June 2007.
- McWilliams D, Tetteh E. 2008. Value-stream mapping to improve productivity in transmission case machining. *Institute of Industrial Engineer Annual Conference Proceedings*. Vancouver, Canada.
- Monden Y. 1993. *Toyota Production System: an Integrated Approach to Just-In-Time*. Michigan (US): Industrial Engineering and Management Press, University of Michigan.
- Nielsen A. 2008. *Getting Started with Value Stream Mapping*. Salt Spring Island, BC (CA): Gardiner Nielsen Associates Inc.
- Nikita H, Nasir W, Remba Y. 2012. Pengukuran performansi supply chain dengan menggunakan supply chain operation reference (SCOR) berbasis analytical hierarchy process (AHP) dan objective matrix (OMAX). *J Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*. 1(1):163-172.
- Nurmalina R, Rifin A, Harmini dan Amalia DN. 2013. Kajian Rantai Pasok Karet Rakyat di Provinsi Jambi. Prosiding Seminar Penelitian Unggulan Departemen Agribisnis [internet]. [waktu dan tempat pertemuan tidak diketahui]. Bogor (ID): IPB hlm 135-150; [diunduh 2016 Maret 3]. Tersedia pada : <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/74184>.
- Nylund S. 2012. Reverse logistics and green logistics a comparison between Wärtsilä and IKEA. International Bussiness University of Applied Sciences, Finland.
- Pawar SS, Phalke DR, Verma DS. 2015. Research article design optimization with entropy using QFD. *Int J Recent Scientific Research*.6(5):4123-4127.
- Pereira M, Adelaide M, Resgate L, Telhada J. 2013. A conceptual model for a collaborative green logistic decision support system for freight transport companies. *XI Congreso Galego de Estatística e Investigación de Operacións A Coruña*; (2013 October 24-25-26); Braga, Portugal. Braga (PT): Sgapeio. pp 1-12.
- Plas CVD. 2012. Evolutionary multi-objective optimization and preference modeling in green logistics [thesis]. Rotterdam (NL) : Erasmus School of Economics Economics and Informatics Erasmus University Rotterdam.

- [PTPN V] PT Perkebunan Nusantara V. 2016. Kapasitas pabrik crumb rubber kelebihan kapasitas. [internet]. [diunduh 2016 Agustus 19]. Tersedia pada: <http://www.bumn.go.id/ptpn5/berita/16330/Kapasitas.Pabrik.Crumb.Rubber.Kelebihan.Kapasitas>.
- Putra PP. 2012. Peningkatan produktivitas pada aktivitas reparasi di dok pembinaan UPT BTPI, Muara Angke, Jakarta menggunakan model objective matrix (OMAX). Departemen Pemanfaatan Sumber Daya Perikanan [skripsi]. Bogor (ID) : PSP FPIK Institut Pertanian Bogor.
- Rangkuti LA, Rambe AJM, Ginting R. 2014. Peningkatan kualitas produk crumb rubber dengan menggunakan metode Quality Function Deployment. *e-J Teknik Industri FT USU*. 5(1):31-36.
- Riadi F, Machfud, Bantacut T, Sailah I. 2011. Model pengembangan agroindustri karet alam terintegrasi. *J Tek Ind Pert*. 21(3):146-153.
- Felix GH, Riggs JL. 1983. Productivity measurement by objectives. *National Productivity Review*. 2(4):341-443.DOI: 10.1002/npr.4040020407.
- Rugesty Y. 2014. Analisis arah kebijakan dan strategi pengembangan agribisnis karet rakyat dalam perspektif peranan kelembagaan dan ekonomi wilayah di Provinsi Sumatera Selatan [tesis]. Bogor (ID) :Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Rozar NM, Ibrahim A, Razik MA. 2015. Using quality function deployment (QFD) in designing the “green practice” of GSCM for Malaysia’s SMEs industries. *Int J Application or Innovation in Engineering and Management (IJAEM)*. 4(10):2319-4847.
- Rudas IJ, Fodor J. 2008. Intelligent systems plenary invited paper and workshop invited key lecture. *Int J Computers, Communications and Control*. III(2008):132-138.
- Rukmayadi D, Djatna T. 2012. Desain rantai pasok produk unggulan agroindustri pisang di Cianjur, Jawa Barat. *J Tek Ind Pert*. 22(1):40-50.
- Saaty TL. 1996. *Decision Making for Leaders: The Analytical Hierarchy Process for Decision in Complex World*. Pittsburgh (US): RWS Publications.
- Saaty TL. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *Int J Services Sciences*. 1(1):83-98.
- Saputra D. 2012. Sistem penunjang keputusan manajemen rantai pasok pada agroindustri karet alam dengan pendekatan green supply chain operations reference [skripsi]. Bogor (ID): TIN FATETA Institut Pertanian Bogor.
- Saputra S, Fithri P. 2012. Perancangan model pengukuran kinerja green supply chain pulp dan kertas. *J Optimasi Sistem Industri*. 11(1):193-202.
- Sarraf AZ, Mohaghar A, Bazargani H. 2013. Developing TOPSIS method using statistical normalization for selecting knowledge management strategies. *J Industrial Engineering and Management. JIEM*. 6(4):860-875.doi.org/10.3926/jiem.573.
- Saroaha R. 2014. Green logistics and its significance in modern day systems. *Int Review of Applied Engineering Research*. 4(1):89-92.
- Sawitri B. 2007. Desain kemasan menentukan nilai produk [internet]. [diacu 2016 Februari 21]. Tersedia dari :<http://ikm.kemenperin.go.id/>.
- Sbihi A, Eglese RW. 2007. Combinatorial optimization and green logistics. *A quarterly J Operations Research, Springer Verlag*. 5(2):99-116.

- Sen N, Nandi N. 2012. A goal programming approach to rubber-tea intercropping management in Tripura. *Asian J Management Research*. 3(1):178-183.
- Setiawan S, Astuti SP. 2004. *Fuzzy green QFD: Tool of product design* yang ramah lingkungan dan memperhatikan kepuasan konsumen. *J Teknik Gelegar*. 15 (2):102-109.
- [Setkab] Sekretariat Kabinet. 2012. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2012 tentang Cetak Biru Sistem Logistik Nasional. Jakarta (ID): Sekretariat Kabinet.
- Shahabadkar P, Hebbal SS, Prashant S. 2012. Deployment of interpretative structural modeling methodology in supply chain management – an overview. *Int J Industrial Engineering and Production Research*. 23(3):195-205.
- Shan L. 2012. Research on green logistics service providers selection based on intuitionistic language fuzzy entropy. *J Computers*. 7(2):540-546. doi:10.4304/jcp.7.2.
- Silaen SJ. 2010. Strategi pengembangan bisnis karet alam olahan (Studi kasus : PT ADEI *crumb rubber industry*, Tebing Tinggi, Sumatera Utara) [skripsi]. Bogor (ID) : Agribisnis FEM Institut Pertanian Bogor.
- Simatupang TM. 1995. *Pemodelan Sistem*. Klaten (ID): Penerbit Nindita.
- Singarimbun M, Effendi S. 2011. *Metode Penelitian Survei*. Edisi Revisi. Jakarta (ID):LP3ES.
- Soedjadi R. 2000. *Kiat Pendidikan Matematika di Indonesia : Konstatasi Keadaan Masa Kini Menuju Harapan Masa Depan*. Jakarta (ID): Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.
- Soekarno. 2009. Analisis keunggulan komparatif karet alam Indonesia tahun 2003-2007 [skripsi]. Bogor (ID):Ilmu Ekonomi FEM Institut Pertanian Bogor.
- Sridadi B. 2009. *Pemodelan dan Simulasi Sistem : Teori, Aplikasi dan Contoh Program dalam Bahasa C*. Bandung (ID): Penerbit Informatika.
- Sugiarto D. 2012. Model manajemen pengetahuan pada kluster industri barang jadi lateks di Jawa Barat dan Banten[disertasi]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Suharman, Sukardi, Honggokusumo S, Suryani A. 2013. Analisis potensi pengembangan industri barang jadi karet di Sumatera Selatan. *J Ris Ind*. 7(3):173-262.
- Sumarwan U. 2011. *Perilaku Konsumen, Teori dan Penerapannya dalam Pemasaran*. Bogor (ID) : Ghalia Indonesia.
- Suwan-Acharya C, Lahteh K. 2012a. Logistics cost and quantity of economic order for natural latex: A case study: Ban Yang Ngam rubber fund cooperative limited. *Int Research J Finance and Economics*. (85):68-77.
- Suwan-Acharya C, Lahteh K. 2012b. Supplier evaluation and selection – A case study of rubber planters. *European J Scientific Research*. 80(1):87-92.
- Suwan-Acharya C, Sa-Ngobsuk T. 2012. Reinforcement of Just-In-Time transport logistics chain: A case study of rubber wood. *European J Scientific Research*. 72(2):160-168.
- Takkar J, Kanda A, Deshmukh SG. 2008. Interpretative structural modeling (ISM) of IT-enablers for Indian Manufacturing SMES. *Information Management and Computer Security*.16(2):113-136.

- Tamulis V, Guzavičius A, Žalgiryte L . 2012. Factor influencing the use of green logistic : theoritical implication. *J Economic and Management*. 17(2):706-711.
- Tekasakul P dan Tekasakul S. 2006. Environmental problem related to natural rubber production in Thailand. *J Aerosol Res*. 21(2):122-129.
- Teniwut YK. 2016. Sistem pendukung pengambilan keputusan cerdas spasial peningkatan produktivitas agroindustri karet dengan pendekatan produktivitas hijau. Program Studi Teknologi Industri Pertanian [tesis]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Tim Penulis PS. 2013. *Panduan Lengkap Karet*. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Tjiptono F. 2006. *Pemasaran Jasa*. Malang (ID): PT. Bayu Media Publishing.
- Tunas E, Dalimunthe R, Suwarso P. 2013. *Peranan GAPKINDO Dalam Mendukung Terwujudnya Bokar Bersih*. Jakarta (ID): GAPKINDO.
- Tunas E, Irwansyah E, Panai Z, Go A, Effendy A. 2009. *Pedoman Umum Pengelolaan Lingkungan di Industri Karet*. Jakarta (ID): Japan External Trade Organization.
- Utama T. 2003. Rancangan sistem penunjang keputusan agroindustri terpadu berbasis karet dengan memberdayakan petani (Studi kasus : Kabupaten Ogan Komering Ulu, Sumatera Selatan) [skripsi]. Bogor (ID): TIN FATETA Institut Pertanian Bogor.
- Utomo TP. 2008. Rancang bangun proses produksi karet remah berbasis produksi bersih [disertasi]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Utomo TP, Fauzi AM, Irawadi TT, Romli M, Aman A, Honggokusumo S. 2008. Kajian perbaikan agroindustri karet remah menggunakan interpretative structural modelling. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi II*; (2008 November 17-18); Lampung, Indonesia. Lampung (ID): Universitas Lampung. pp 51-64.
- Upadhye N, Awana DS, Mathur S. 2014. Interpretative structural modeling of implementation enablers for just in time in ICPI. *Int J Lean Thinking*. 5(1): 1-16.
- Wiguna B. 2012. Peningkatan produktivitas pada proses produksi karet alam dengan pendekatan green productivity [skripsi]. Bogor (ID): TIN FATETA Institut Pertanian Bogor.
- Wills B. 2009. *Green Intentions: Creating a Green Value Stream to Compete and Win*. New York (US): Productivity Press.
- Xue D, Zhao Q, Guo X. 2008. TOPSIS method for evaluation customer service satisfaction to fast food industry. *International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics*; (2008 October 12-15); Beijing, China. Beijing (CN): IEEE. pp 920-925.
- Yingjing Z, Juanjuan L. 2009. The Establishment of green logistics system model. *Proceedings of 2009 International Conference on Management Science and Engineering* [internet]. [Waktu dan tempat pertemuan tidak diketahui]. Shanghai (CN): Shanghai Maritime University. pp 892-897; [diunduh 2016 June 27]. Tersedia pada: <http://www.seiofbluemountain.com/en/search/index.php?Key=Yingjing&x=17&y=9>.

- Yudhistira T, Diawati L. 1998. Pengembangan metode analytical hierarchy process (AHP) berdasarkan teori possibilites dan himpunan fuzzy. *J Teknik dan Manajemen Industri ITB*. 18(3):8–23.
- Yusof NM, Saman MZM, Kasava NK. 2013. A conceptual sustainable domain value stream mapping framework for manufacturing. In : Seliger G, editor. *Proceedings of the 11th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Innovative Solutions*; (2013 September 23-25); Berlin, Germany. Berlin (DE): Technische Universität Berlin. pp 54-59.
- Zhang Y, Wang HP, Zhang C. 1999. Green QFD – II: a life cycle approach for environmentally conscious manufacturing by integrating LCA and LCC into QFD matrices. *Int J Production Research*. 37(5):1075–1091.
- Zheng L, Zhang JJ. 2010. Research on green logistics system based on circular economy. *J Asian Social Science*. 6(11):116-119.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Karakteristik dan persyaratan mutu pada setiap tahapan proses pembuatan SIR 10 dan SIR 20

Tahapan Proses	Proses	Karakteristik	Persyaratan
1	Penerimaan Bahan Baku	a. Zat Pembeku b. Kotoran c. KKK	Asam Semut, Cuka Parah Bersih s/d jarang
2	Penyimpanan Bahan Baku	a. Kebersihan Lokasi dan Bahan Baku	a. Bersih s/d jarang b. Tidak boleh kena panas matahari langsung sepanjang hari
3	Pengambilan Bahan Olah Pencacahan Bahan Olah Pencucian dan Penyeragaman Pemeriksaan Kontaminasi Pengukuran Cacahan	b. Identifikasi/ Klasifikasi Kebersihan Bahan Olah Keragaman dan Ukuran Cacahan Jumlah Kontaminasi	Tidak terendam terus menerus Sesuai instruksi Bahan Olah Terpotong a. Sirkulasi Air Lancar b. Bak pencuci air bersih Bebas kontaminasi/ kotoran a. <i>Slab cutter</i> halus : $\varnothing = 15$ cm b. <i>Pre-Breaker</i> T2824 : $\varnothing = 8$ cm c. <i>Hammermill</i> : $\varnothing = 6$ cm d. <i>Pre-Breaker</i> : $\varnothing = 6$ cm
4	Penggilingan <i>Blanket</i> Pengukuran Ketebalan <i>Blanket</i>	a. Kontaminasi b. Kebersihan <i>blanket</i> Ketebalan <i>blanket</i>	Penyemprotan air lancar selama proses a. <i>Creeper</i> akhir 8 - 12 mm b. Keseragaman <i>blanket</i>
5	Penimbangan	a. Setiap <i>Roll Trolley</i> b. Berat	Pengecekan titik nol timbangan Target kinerja proses
6	Penjemuran <i>Blanket</i>	a. Lokasi Penjemuran b. Volume <i>blanket</i>	Kebersihan kamar jemur Lokasi ditetapkan

Lampiran 1 Karakteristik dan persyaratan mutu pada setiap tahapan proses pembuatan SIR 10 dan SIR 20 (*lanjutan*)

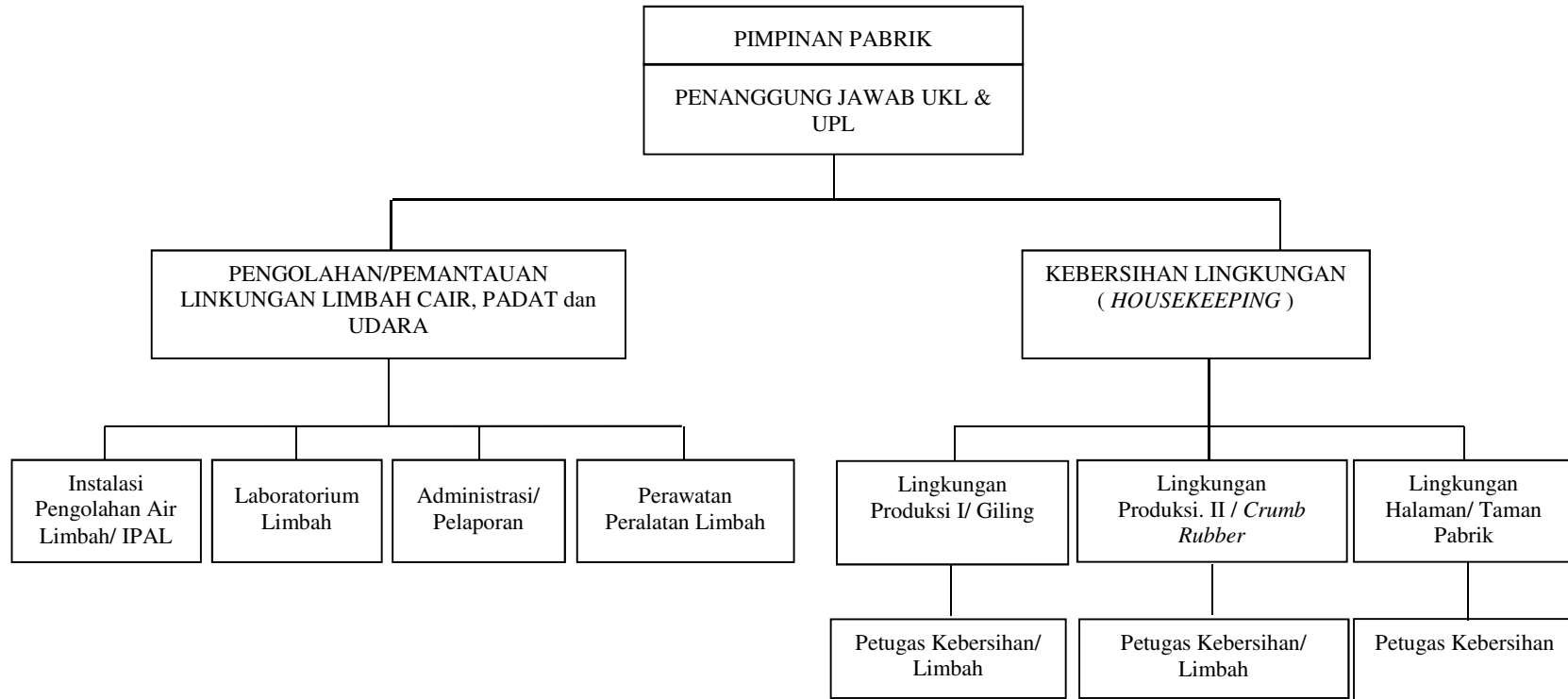
Tahapan Proses	Proses	Karakteristik	Persyaratan
7	Penurunan <i>Blanket</i>	a. Kondisi <i>blanket</i> b. Hasil uji <i>blanket</i>	Usia jemur 5-14 hari Sesuai SNI dan konsumen
8	Penyeragaman	a. Keseragaman b. Komposisi <i>blanket</i>	Seragam/ <i>homogeny</i> Komposisi ditetapkan berdasarkan hasil uji
	Peremahan dan Pencucian	a. Ukuran remahan b. Sirkulasi air lancar	Sesuai standar pembanding Kebersihan bak cuci
	Pengisian Remahan	a. Volume dan kerataan pengisian <i>trolley</i>	Rata dan gembur
9	Pengeringan/ <i>Dryer</i>	a. Suhu <i>dryer</i> b. Waktu pengeringan c. Hasil Po d. Suhu Bandela	Suhu <i>dryer</i> 100° - 150° C Waktu 5-14 menit Sesuai SNI dan Konsumen Suhu Bandela maksimal 45° C
10	Penimbangan <i>Press Bale</i>	Berat Bandela	Berat : 35 kg ± 0,5 kg Hasil <i>press</i> bagus
	Pemeriksaan Kontaminasi	Kontaminasi	Bebas kontaminasi
	Penimbangan Ulang		
	Potong Tengah <i>Bale</i>	<i>White spot</i>	Maksimal 5 bintik mata ayam
	Pengambilan Sampel SIR	Dirt, Po, PRI, VM, Ash, Nitrogen	Sesuai SNI 1903-2011

Lampiran 1 Karakteristik dan persyaratan mutu pada setiap tahapan proses pembuatan SIR 10 dan SIR 20 (*lanjutan*)

Tahapan Proses	Proses	Karakteristik	Persyaratan
11	Pemeriksaan Logam	Kontaminasi logam	Bebas logam
	Penyusunan <i>Bale</i>	Susunan <i>Bale</i>	Sesuai SNI dan konsumen
	Pengempaan	Waktu pengempaan	Maksimal 1 hari
12	Pengkemasan	a. Jenis, kondisi dan hasil kemasan	a. Sesuai SNI dan konsumen b. Rapi
	Penyimpanan	b. Identifikasi Kebersihan dan keamanan gudang	Sesuai kontrak dan SNI Bersih dan terlindung dari panas dan hujan
13	Pengiriman Produk Jadi	a. Jumlah pengiriman	Sesuai kontrak/ SI
		b. Kondisi lokasi pemuatan barang	Bebas kontaminasi/ kotoran
		c. Kondisi transportasi/ angkutan	a. Tidak terkena hujan b. Tidak tergenang air dan penutup/ atap tidak bocor
		d. Dokumen pengiriman	Lengkap

Sumber : Agroindustri *crumb rubber* yang menjadi responden (2014)

Lampiran 2 Struktur organisasi bagian lingkungan



Sumber : Agroindustri *crumb rubber* yang menjadi responden (2014)

Lampiran 3 Contoh hasil pengujian laboratorium Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Selatan pada agroindustri *crumb rubber*

No	Parameter yang dianalisis	Satuan	Hasil Analisis		PERGUB No. 8 Tahun 2012	Methode
			<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>		
1	pH **)	Unit	6.07	6.29	6.0 – 9.0	SNI-06-6989.11-2004
2	BOD (KOB) *)	mg/l	2954	29.95	60	15.1/IK/LL/2010
3	COD (KOK) *)	mg/l	6805	78.4	200	15.3/IK/LL/2011
4	TTS (PTT) *)	mg/l	219	26.5	100	SNI-06-6989.03-2004
5	Amoniak Total *)	mg/l	38.58	2.83	5	SNI-06-6989.30-2005
6	Nitrogen Total	mg/l	53.6	8.5	10	15.24/IK/LL/2007
Debit limbah maksimum m ³ / ton produk karet					= 40	

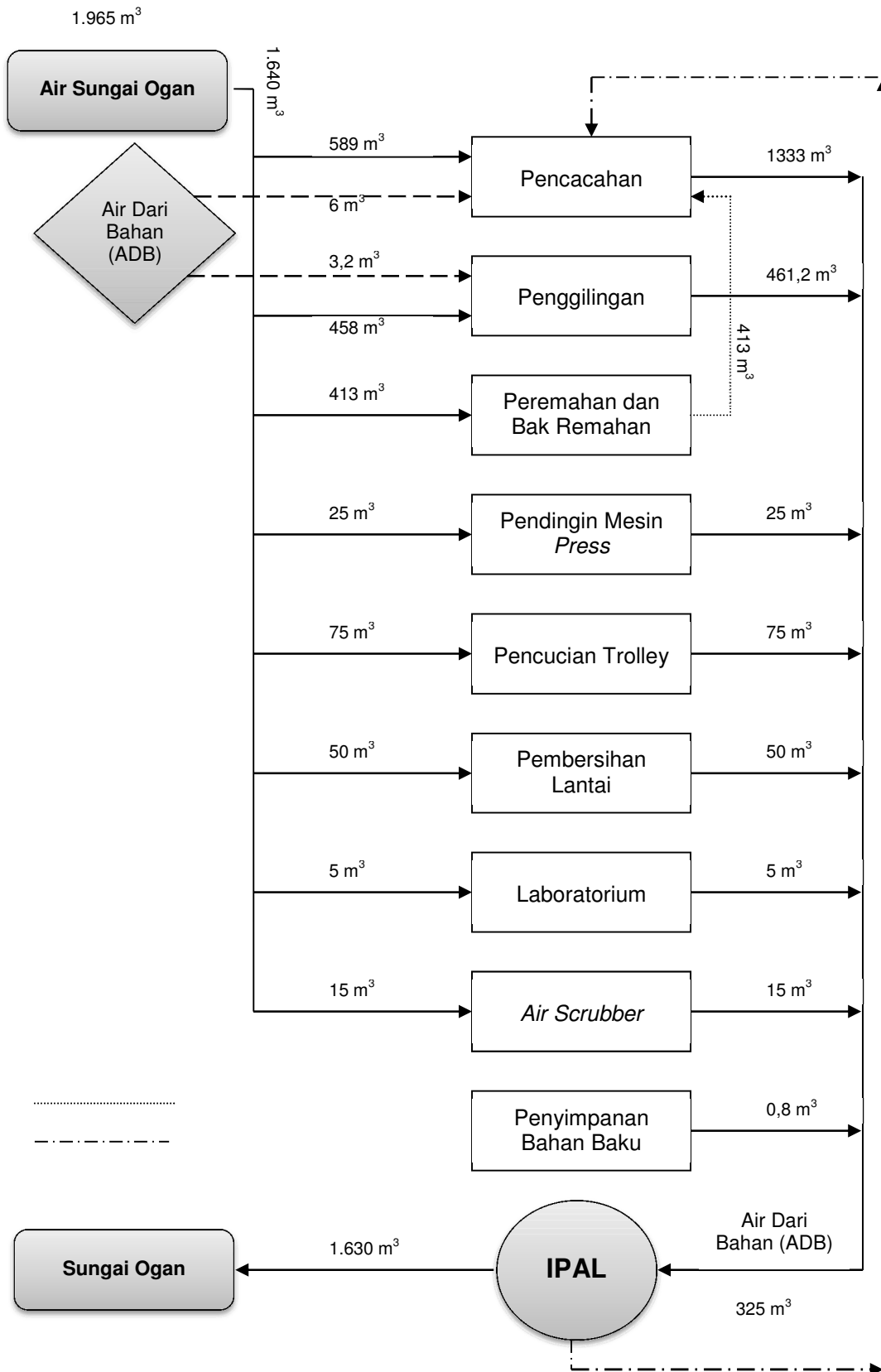
Keterangan :

*) Terakreditasi

**) Nilai Insitu

Sumber : Agroindustri *crumb rubber* yang menjadi responden (2014)

Lampiran 4 Contoh penggunaan air pada agroindustri *crumb rubber*



Sumber : Agroindustri *crumb rubber* yang menjadi responden (2014)

Lampiran 5 Contoh *lay out* agroindustri *crumb rubber*

Sumber : Agroindustri *crumb rubber* yang menjadi responden (2014)

Lampiran 6 Persyaratan mutu bokar : SNI 06 – 2047 – 2002

No	Jenis Uji	Lateks kebun	Koagulum		
			<i>Sit</i>	<i>Slab</i>	<i>Lump</i>
1	Kadar karet kering (K3)				
	Mutu I, %	>28	-	-	-
	Mutu II, %	≥ 20 - < 28	-	-	-
2	Ketebalan				
	Mutu I	-	3	≤ 50	≤ 50
	Mutu II	-	5	> 50-100	> 50-100
	Mutu III	-	10	> 100 – 150	> 100 – 150
	Mutu IV	-	-	> 150	> 150
3	Kebersihan	-	Tidak terdapat kotoran	Tidak terdapat kotoran	Tidak terdapat kotoran
4	Koagulan	-	Asam semut atau bahan lain yang tidak merusak mutu karet*)	Asam semut atau bahan lain yang tidak merusak mutu karet atau penggumpalan alami *)	Asam semut atau bahan lain yang tidak merusak mutu karet atau penggumpalan alami *)

*) Direkomendasikan oleh Lembaga Penelitian yang kredibel

Sumber : BSN (2002)

Lampiran 7 Persyaratan Mutu SIR : SNI – 06 – 1903 – 2000

No	Jenis Uji/ Karakteristik	Jenis Mutu Bahan olah Per satuan	Persyaratan					
			SIR 3 CV	SIR 3 L	SIR 3 WF	SIR 5	SIR 10	SIR 20
			Lateks			Koagulum Lateks		
1	Kadar kotoran (b/b)	%	Maks 0.03	Maks 0.03	Maks 0.03	Maks 0.05	Maks 0.10	Maks 0.20
2	Kadar abu (b/b)	%	Maks 0.05	Maks 0.05	Maks 0.05	Maks 0.05	Maks 0.75	Maks 1.00
3	Kadar zat penguap (b/b)	%	Maks 0.80	Maks 0.80	Maks 0.80	Maks 0.80	Maks 0.80	Maks 0.80
4	PRI	-	Min 60	Min 75	Min 75	Min 70	Min 60	Min 50
5	PO	-	-	Min 30	Min 30	Min 30	Min 30	Min 30
6	Nitrogen (b/b)	%	Maks 0.60	Maks 0.60	Maks 0.60	Maks 0.60	Maks 0.60	Maks 0.60
7	Kemantapan viskositas/ WASHT (skala plastisitas Wallace)	-	Maks 8	-	-	-	-	-
8	Viskositas Money ML (1+4') 100 C	-	*)	-	-	-	-	-
9	Warna skala lovibon	-	-	Maks 6	-	-	-	-
10	Pemasakan (<i>cure</i>)	-	**)	**)	**)	-	-	-
11	Warna lambang	-	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau bergaris coklat	Hijau	Hijau
12	Warna plastik pembungkus bandela	-	Transparan	Transparan	Transparan	Transparan	Transparan	Transparan
13	Warna pita plastik	-	Jingga	Transparan	Putih susu/ Transparan	Putih susu/ Transparan	Putih susu/ Transparan	Putih susu/ Transparan
14	Tebal plastik pembungkus bandela	mm	0.03±0.01	0.03±0.01	0.03±0.01	0.03±0.01	0.03±0.01	0.03±0.01
15	Titik leleh plastik pembungkus bandela	°C	Maks 108	Maks 108	Maks 108	Maks 108	Maks 108	Maks 108

Keterangan :

*) Tanda pengenal tingkatan

CV 50

CV 60

CV 70

Batasan Viskositas Mooney

45 - 55

55 - 65

65 - 75

**) Informasi mengenai *cure* diberikan dalam bentuk Rheograph sebagai standar Non - Mandatory

Sumber : BSN (2000)

Lampiran 8 Rekapitulasi hasil pengisian kuesioner ISM (*lanjutan*)

7. Elemen aktivitas yang dibutuhkan guna perencanaan tindakan logistik ramah lingkungan

Sub-elemen	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
2	A	A	A	A	A	X	A	A	A	X		
3	A	A	A	A	A	X	A	A	A			
4	X	V	A	V	A	V	V	X				
5	X	V	A	V	A	V	V					
6	A	X	A	X	A	V						
7	A	A	A	A	A							
8	V	V	X	V								
9	A	X	A									
10	V	V										
11	A											
12												

8. Elemen ukuran aktivitas dalam penilaian hasil aktivitas

Sub-elemen	6	5	4	3	2	1
1	A	X	A	A	A	
2	A	V	A	A		
3	A	V	X			
4	A	V				
5	A					
6						

Lampiran 9 Rekapitulasi hasil penilaian suara konsumen

Pakar 1	CR ₁	CR ₂	CR ₃	CR ₄	CR ₅	CR ₆	CR ₇	CR ₈	CR ₉	CR ₁₀	CR ₁₁
CR ₁	1	$\tilde{1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{9}$	$\tilde{9}$	$\tilde{9}$	$\tilde{3}$	$\tilde{7}$
CR ₂	$\tilde{1}$	1	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{9}$	$\tilde{9}$	$\tilde{9}$	$\tilde{3}$	$\tilde{7}$
CR ₃	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$
CR ₄	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$
CR ₅	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$
CR ₆	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	1	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}$
CR ₇	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
CR ₈	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
CR ₉	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
CR ₁₀	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	1	$\tilde{5}$
CR ₁₁	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}^{-1}$	1

Pakar 2	CR ₁	CR ₂	CR ₃	CR ₄	CR ₅	CR ₆	CR ₇	CR ₈	CR ₉	CR ₁₀	CR ₁₁
CR ₁	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{7}$
CR ₂	$\tilde{3}$	1	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{5}$	$\tilde{9}$	$\tilde{1}$	$\tilde{9}$
CR ₃	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{7}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{7}$
CR ₄	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	1	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{5}$	$\tilde{9}$	$\tilde{1}$	$\tilde{9}$
CR ₅	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	1	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}$
CR ₆	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{3}$
CR ₇	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	0,2	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{3}$
CR ₈	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	1	$\tilde{5}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}$
CR ₉	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	1	0,111	$\tilde{1}$
CR ₁₀	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{5}$	$\tilde{9}$	1	$\tilde{9}$
CR ₁₁	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{9}^{-1}$	1

Pakar 3	CR ₁	CR ₂	CR ₃	CR ₄	CR ₅	CR ₆	CR ₇	CR ₈	CR ₉	CR ₁₀	CR ₁₁
CR ₁	1	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{9}$	$\tilde{9}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$
CR ₂	$\tilde{5}^{-1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
CR ₃	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
CR ₄	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
CR ₅	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$
CR ₆	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	1	1	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$
CR ₇	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$
CR ₈	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
CR ₉	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
CR ₁₀	$\tilde{1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{9}$	$\tilde{9}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	1	$\tilde{3}$
CR ₁₁	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	1

Lampiran 10 Rekapitulasi hasil penilaian karakteristik teknis

Pakar 1	EC ₁	EC ₂	EC ₃	EC ₄	EC ₅	EC ₆	EC ₇	EC ₈	EC ₉	EC ₁₀	EC ₁₁	EC ₁₂
EC ₁	1	$\tilde{1}$	$\tilde{9}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{9}$	$\tilde{9}$	$\tilde{5}$	$\tilde{9}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$
EC ₂	$\tilde{1}$	1	$\tilde{9}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{9}$	$\tilde{9}$	$\tilde{5}$	$\tilde{9}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$
EC ₃	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	1	$\tilde{5}^{-1}$	0,14	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
EC ₄	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}$	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$
EC ₅	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{7}$	$\tilde{3}$	1	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{3}$	$\tilde{7}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$
EC ₆	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
EC ₇	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
EC ₈	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	1	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$
EC ₉	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
EC ₁₀	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
EC ₁₁	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{1}$
EC ₁₂	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1

Pakar 2	EC ₁	EC ₂	EC ₃	EC ₄	EC ₅	EC ₆	EC ₇	EC ₈	EC ₉	EC ₁₀	EC ₁₁	EC ₁₂
EC ₁	1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{9}$	$\tilde{7}$	$\tilde{9}$	$\tilde{9}$	$\tilde{7}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$
EC ₂	$\tilde{1}$	1	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{9}$	$\tilde{7}$	$\tilde{9}$	$\tilde{9}$	$\tilde{7}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$
EC ₃	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	1	1	$\tilde{7}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$
EC ₄	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{7}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$
EC ₅	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$
EC ₆	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	3	1	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
EC ₇	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	1	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$
EC ₈	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$
EC ₉	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
EC ₁₀	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	1	1	$\tilde{1}$
EC ₁₁	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	1	1
EC ₁₂	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	1

Lampiran 10 Rekapitulasi hasil penilaian karakteristik teknis (*lanjutan*)

Pakar 3	EC ₁	EC ₂	EC ₃	EC ₄	EC ₅	EC ₆	EC ₇	EC ₈	EC ₉	EC ₁₀	EC ₁₁	EC ₁₂
EC ₁	1	$\tilde{3}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{5}$	$\tilde{9}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$
EC ₂	$\tilde{3}^{-1}$	1	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{7}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$
EC ₃	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	1	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$
EC ₄	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$
EC ₅	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	1	$\tilde{5}$	1	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
EC ₆	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	1	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$
EC ₇	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}$	1	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
EC ₈	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	1	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$
EC ₉	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	1	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$
EC ₁₀	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{7}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$
EC ₁₁	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{5}$	$\tilde{9}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{3}$	1	$\tilde{3}$
EC ₁₂	$\tilde{3}^{-1}$	1	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{7}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	1

Lampiran 11 Hasil penilaian kepuasan konsumen terhadap kemasan

1. Kriteria kemudahan dalam mengemas produk SIR 20

Pakar 1	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[0.167, 0.25]	[0.143, 0.167]
Plastik	[4, 6]	1	[0.143, 0.167]
Logam	[6, 7]	[6, 7]	1

Pakar 2	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[1, 2]	[0.167, 0.25]
Plastik	[0.5, 1]	1	[0.167, 0.25]
Logam	[4, 6]	[4, 6]	1

Pakar 3	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[2, 4]	[1, 2]
Plastik	[0.25, 0.5]	1	[0.25, 0.5]
Logam	[0.5, 1]	[2, 4]	1

2. Bahan kemasan ramah lingkungan

Pakar 1	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[2, 4]	[4, 6]
Plastik	[0.25, 0.5]	1	[2, 4]
Logam	[0.167, 0.25]	[0.25, 0.5]	1

Pakar 2	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[1, 2]	[2, 4]
Plastik	[0.5, 1]	1	[2, 4]
Logam	[0.25, 0.5]	[0.25, 0.5]	1

Pakar 3	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[0.25, 0.5]	[0.167, 0.25]
Plastik	[2, 4]	1	[0.25, 0.5]
Logam	[4, 6]	[2, 4]	1

3. Reuseable

Pakar 1	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[2, 4]	[1, 2]
Plastik	[0.25, 0.5]	1	[0.25, 0.5]
Logam	[0.5, 1]	[2, 4]	1

Pakar 2	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[2, 4]	[4, 6]
Plastik	[0.25, 0.5]	1	[0.167, 0.25]
Logam	[0.167, 0.25]	[4, 6]	1

Lampiran 11 Hasil penilaian kepuasan konsumen terhadap kemasan (*lanjutan*)

Pakar 3	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[2, 4]	[4, 6]
Plastik	[0.25, 0.5]	1	[0.167, 0.25]
Logam	[0.167, 0.25]	[4, 6]	1

4. *Recycleable*

Pakar 1	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[4, 6]	[0.167, 0.25]
Plastik	[0.167, 0.25]	1	[0.111, 0.125]
Logam	[4, 6]	[8, 9]	1

Pakar 2	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[2, 4]	[0.25, 0.5]
Plastik	[0.25, 0.5]	1	[0.167, 0.25]
Logam	[2, 4]	[4, 6]	1

Pakar 3	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[4, 6]	[0.143, 0.167]
Plastik	[0.167, 0.25]	1	[0.1, 0.125]
Logam	[6, 7]	[8, 10]	1

5. Hemat energi

Pakar 1	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[2, 4]	[4, 6]
Plastik	[0.25, 0.5]	1	[2, 4]
Logam	[0.167, 0.25]	[0.25, 0.5]	1

Pakar 2	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[2, 4]	[6, 8]
Plastik	[0.25, 0.5]	1	[4, 6]
Logam	[0.125, 0.167]	[0.167, 0.25]	1

Pakar 3	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[0.25, 0.5]	[4, 6]
Plastik	[2, 4]	1	[6, 8]
Logam	[0.167, 0.25]	[0.125, 0.167]	1

Lampiran 11 Hasil penilaian kepuasan konsumen terhadap kemasan (*lanjutan*)

6. Kemudahan perakitan

Pakar 1	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[0.25, 0.5]	[1, 2]
Plastik	[2, 4]	1	[2, 4]
Logam	[0.5, 1]	[0.25, 0.5]	1

Pakar 2	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[1, 2]	[2, 4]
Plastik	[0.5, 1]	1	[2, 4]
Logam	[0.25, 0.5]	[0.25, 0.5]	1

Pakar 3	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[0.25, 0.5]	[2, 4]
Plastik	[2, 4]	1	[4, 6]
Logam	[0.25, 0.5]	[0.167, 0.25]	1

7. Kemudahan perbaikan

Pakar 1	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[2, 4]	[0.25, 0.5]
Plastik	[0.25, 0.5]	1	[0.167, 0.25]
Logam	[2, 4]	[4, 6]	1

Pakar 2	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[4, 6]	[0.25, 0.5]
Plastik	[0.167, 0.25]	1	[0.125, 0.167]
Logam	[2, 4]	[6, 8]	1

Pakar 3	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[6, 8]	[2, 4]
Plastik	[0.125, 0.167]	1	[0.167, 0.25]
Logam	[0.25, 0.5]	[4, 6]	1

8. Dimensi

Pakar 1	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[2, 4]	[1, 2]
Plastik	[0.25, 0.5]	1	[0.25, 0.5]
Logam	[0.5, 1]	[2, 4]	1

Pakar 2	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[1, 2]	[0.25, 0.5]
Plastik	[0.5, 1]	1	[0.25, 0.5]
Logam	[2, 4]	[2, 4]	1

Pakar 3	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[2, 4]	[0.25, 0.5]
Plastik	[0.25, 0.5]	1	[0.167, 0.25]
Logam	[2, 4]	[4, 6]	1

Lampiran 11 Hasil penilaian kepuasan konsumen terhadap kemasan (*lanjutan*)

9. Berat

Pakar 1	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[0.25, 0.5]	[4, 6]
Plastik	[2, 4]	1	[6, 8]
Logam	[0.167, 0.25]	[0.125, 0.167]	1

Pakar 2	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[0.167, 0.25]	[2, 4]
Plastik	[4, 6]	1	[6, 8]
Logam	[0.25, 0.5]	[0.125, 0.167]	1

Pakar 3	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[0.167, 0.25]	[4, 6]
Plastik	[4, 6]	1	[8, 10]
Logam	[0.167, 0.25]	[0.1, 0.125]	1

10. Kualitas kemasan

Pakar 1	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[2, 4]	[0.167, 0.25]
Plastik	[0.25, 0.5]	1	[0.125, 0.167]
Logam	[4, 6]	[6, 8]	1

Pakar 2	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[2, 4]	[0.25, 0.5]
Plastik	[0.25, 0.5]	1	[0.167, 0.25]
Logam	[2, 4]	[4, 6]	1

Pakar 3	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[4, 6]	[4, 6]
Plastik	[0.167, 0.25]	1	[6, 8]
Logam	[2, 4]	[0.125, 0.167]	1

11. Harga

Pakar 1	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[0.167, 0.25]	[2, 4]
Plastik	[4, 6]	1	[6, 8]
Logam	[0.25, 0.5]	[0.125, 0.167]	1

Pakar 2	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[0.167, 0.25]	[0.1, 0.125]
Plastik	[4, 6]	1	[8, 10]
Logam	[8, 10]	[0.1, 0.125]	1

Pakar 3	Kayu	Plastik	Logam
Kayu	1	[0.125, 0.167]	[2, 4]
Plastik	[6, 8]	1	[8, 10]
Logam	[0.25, 0.5]	[0.1, 0.125]	1

Lampiran 12 Hasil penilaian bobot prioritas faktor perspektif kinerja logistik ramah lingkungan

Pakar 1	P	M	D	L
Pengadaan hijau (P)	1	0.5	0.5	3
Manufaktur hijau (M)	2	1	1	4
Distribusi hijau (D)	2	1	1	4
Logistik terbalik (L)	0.333333	0.25	0.25	1

Pakar 2	P	M	D	L
Pengadaan hijau (P)	1	0.333333	3	6
Manufaktur hijau (M)	3	1	6	8
Distribusi hijau (D)	0.333333	0.166667	1	3
Logistik terbalik (L)	0.166667	0.125	0.333333	1

Pakar 3	P	M	D	L
Pengadaan hijau (P)	1	1	3	3
Manufaktur hijau (M)	1	1	3	3
Distribusi hijau (D)	0.333333	0.333333	1	1
Logistik terbalik (L)	0.333333	0.333333	1	1

Rata-rata Geometris	P	M	D	L
Pengadaan hijau (P)	1	0.550321	1.650964	3.779763
Manufaktur hijau (M)	1.817121	1	2.620741	4.578857
Distribusi hijau (D)	0.605707	0.381571	1	2.289428
Logistik terbalik (L)	0.264567	0.218395	0.43679	1

Lampiran 13 Rata-rata geometris hasil penilaian faktor objektif kinerja logistik ramah lingkungan

	P1	P2	M1	M2	M3	M4	M5	M6	D1	D2	D3	D4	L1
P1	1.00	1.00	1.14	1.10	1.39	0.87	1.26	1.82	3.83	4.38	2.11	5.04	5.24
P2	1.00	1.00	1.14	1.10	1.39	0.87	1.26	1.82	3.83	4.38	2.11	5.04	5.24
M1	0.87	0.87	1.00	1.00	1.59	0.55	1.14	2.29	4.22	4.48	3.11	5.01	6.65
M2	0.91	0.91	1.00	1.00	1.44	0.63	1.10	2.15	4.16	4.48	2.62	5.01	6.60
M3	0.72	0.72	0.63	0.69	1.00	0.44	0.87	1.82	3.63	3.91	2.29	4.48	6.00
M4	1.14	1.14	1.82	1.59	2.29	1.00	2.00	2.92	5.01	5.24	4.16	5.74	7.56
M5	0.79	0.79	0.87	0.91	1.14	0.50	1.00	2.00	3.78	3.98	3.00	4.58	6.21
M6	0.55	0.55	0.44	0.46	0.55	0.34	0.50	1.00	2.62	2.88	1.44	3.56	4.93
D1	0.26	0.26	0.24	0.24	0.28	0.20	0.26	0.38	1.00	1.26	0.63	1.82	3.30
D2	0.23	0.23	0.22	0.22	0.26	0.19	0.25	0.35	0.79	1.00	0.58	1.59	2.88
D3	0.47	0.47	0.32	0.38	0.44	0.24	0.33	0.69	1.59	1.71	1.00	2.29	4.16
D4	0.20	0.20	0.20	0.20	0.22	0.17	0.22	0.28	0.55	0.63	0.44	1.00	2.00
L1	0.19	0.19	0.15	0.15	0.17	0.13	0.16	0.20	0.30	0.35	0.24	0.50	1.00

Lampiran 14 Rata-rata geometris hasil penilaian tingkat kepentingan IKU

1. Hasil penilaian tingkat kepentingan IKU pada pengadaan hijau

Kode IKU	P101	P102	P103	P201	P202	P203	P204	P205	P206
P101	1.00	1.00	0.79	1.00	1.00	1.44	1.44	1.00	1.44
P102	1.00	1.00	0.79	1.00	1.00	1.44	1.44	1.00	1.44
P103	1.26	1.26	1.00	1.00	1.26	1.44	1.44	1.44	1.44
P201	1.00	1.00	1.00	1.00	1.26	1.44	1.44	1.44	1.44
P202	1.00	1.00	0.79	0.79	1.00	1.44	1.44	1.00	1.44
P203	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	1.00	1.00	1.00	1.00
P204	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	1.00	1.00	1.00	1.00
P205	1.00	1.00	0.69	0.69	1.00	1.00	1.00	1.00	1.44
P206	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	1.00	1.00	0.69	1.00
M101	1.47	1.47	1.59	1.59	1.47	2.00	2.00	1.47	2.00
M102	1.47	1.47	1.59	1.59	1.47	2.00	2.00	1.47	2.00
M201	2.08	2.08	1.44	1.44	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08
M301	1.22	1.22	1.31	1.31	1.22	1.65	1.65	1.22	1.65
M401	3.30	3.30	2.62	2.62	3.30	4.16	4.16	3.30	4.16
M402	1.93	1.93	2.08	2.08	1.93	2.62	2.62	1.93	2.62
M403	4.16	4.16	3.30	3.30	4.16	4.76	4.76	4.16	4.76
M404	4.16	4.16	3.30	3.30	4.16	4.76	4.76	4.16	4.76
M501	1.84	1.84	2.03	2.03	1.84	2.92	2.92	1.84	2.92
M502	1.61	1.61	1.84	1.84	1.61	2.32	2.32	1.61	2.32
M503	1.61	1.61	1.84	1.84	1.61	2.32	2.32	1.61	2.32
M601	0.83	0.83	0.93	0.93	0.83	1.10	1.10	0.83	1.10
M602	0.83	0.83	0.93	0.93	0.83	1.10	1.10	0.83	1.10
M603	0.83	0.83	0.93	0.93	0.83	1.10	1.10	0.83	1.10
D101	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.63	0.63	0.44	0.63
D102	0.31	0.31	0.35	0.35	0.31	0.40	0.40	0.31	0.40
D201	0.38	0.38	0.33	0.38	0.38	0.48	0.48	0.38	0.48
D301	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	2.62	2.62	1.65	2.62
D302	2.08	2.08	1.65	1.65	2.08	2.62	2.62	2.08	2.62
D401	0.22	0.22	0.21	0.21	0.22	0.23	0.23	0.22	0.23
L101	0.21	0.21	0.20	0.20	0.21	0.22	0.22	0.21	0.22
L102	0.20	0.20	0.19	0.19	0.20	0.21	0.21	0.20	0.21

Lampiran 14 Rata-rata geometris hasil penilaian tingkat kepentingan IKU
(lanjutan)

2. Hasil penilaian tingkat kepentingan IKU pada manufaktur hijau

Kode IKU	M101	M102	M201	M301	M401	M402	M403	M404	M501	M502	M503
P101	0.68	0.68	0.48	0.82	0.30	0.52	0.24	0.24	0.54	0.62	0.62
P102	0.68	0.68	0.48	0.82	0.30	0.52	0.24	0.24	0.54	0.62	0.62
P103	0.63	0.63	0.69	0.76	0.38	0.48	0.30	0.30	0.49	0.54	0.54
P201	0.63	0.63	0.69	0.76	0.38	0.48	0.30	0.30	0.49	0.54	0.54
P202	0.68	0.68	0.48	0.82	0.30	0.52	0.24	0.24	0.54	0.62	0.62
P203	0.50	0.50	0.48	0.61	0.24	0.38	0.21	0.21	0.34	0.43	0.43
P204	0.50	0.50	0.48	0.61	0.24	0.38	0.21	0.21	0.34	0.43	0.43
P205	0.68	0.68	0.48	0.82	0.30	0.52	0.24	0.24	0.54	0.62	0.62
P206	0.50	0.50	0.48	0.61	0.24	0.38	0.21	0.21	0.34	0.43	0.43
M101	1.00	1.00	1.26	1.59	0.33	0.48	0.30	0.30	0.50	0.63	0.63
M102	0.08	1.00	1.26	1.59	0.33	0.48	0.30	0.30	0.50	0.63	0.63
M201	0.79	0.79	1.00	1.26	0.31	0.50	0.28	0.28	0.48	0.61	0.61
M301	0.63	0.63	0.79	1.00	0.28	0.40	0.25	0.25	0.38	0.48	0.48
M401	3.00	3.00	3.17	3.63	1.00	1.71	0.79	0.79	2.52	2.88	2.88
M402	2.08	2.08	2.00	2.52	0.58	1.00	0.63	0.63	1.26	1.59	1.59
M403	3.30	3.30	3.63	4.00	1.26	1.59	1.00	1.00	2.29	2.52	2.52
M404	3.30	3.30	3.63	4.00	1.26	1.59	1.00	1.00	2.29	2.52	2.52
M501	2.00	2.00	2.08	2.62	0.40	0.79	0.44	0.44	1.00	1.26	1.26
M502	1.59	1.59	1.65	2.08	0.35	0.63	0.40	0.40	0.79	1.00	1.00
M503	1.59	1.59	1.65	2.08	0.35	0.63	0.40	0.40	0.79	1.00	1.00
M601	0.38	0.38	0.44	0.50	0.18	0.27	0.20	0.20	0.28	0.31	0.31
M602	0.38	0.38	0.44	0.50	0.18	0.27	0.20	0.20	0.28	0.31	0.31
M603	0.38	0.38	0.44	0.50	0.18	0.27	0.20	0.20	0.28	0.31	0.31
D101	0.43	0.43	0.40	0.50	0.19	0.34	0.19	0.19	0.30	0.38	0.38
D102	0.24	0.24	0.25	0.28	0.14	0.19	0.15	0.15	0.19	0.21	0.21
D201	0.38	0.38	0.34	0.43	0.20	0.31	0.17	0.17	0.27	0.34	0.34
D301	0.91	0.91	1.26	1.44	0.27	0.49	0.27	0.27	0.61	0.69	0.69
D302	0.91	0.91	1.26	1.44	0.34	0.49	0.27	0.27	0.61	0.69	0.69
D401	0.17	0.17	0.18	0.19	0.13	0.15	0.12	0.12	0.15	0.16	0.16
L101	0.16	0.16	0.17	0.18	0.12	0.14	0.12	0.12	0.14	0.15	0.15
L102	0.15	0.15	0.16	0.17	0.12	0.13	0.11	0.11	0.13	0.14	0.14

Lampiran 14 Rata-rata geometris hasil penilaian tingkat kepentingan IKU
(lanjutan)

3. Hasil penilaian tingkat kepentingan IKU pada manufaktur hijau (M601, M602, M603), distribusi hijau dan logistik terbalik

Kode IKU	M601	M602	M603	D101	D102	D201	D301	D302	D401	L101	L102
P101	1.21	1.21	1.21	2.29	3.17	2.62	0.61	0.48	4.58	4.82	5.04
P102	1.21	1.21	1.21	2.29	3.17	2.62	0.61	0.48	4.58	4.82	5.04
P103	1.08	1.08	1.08	2.29	2.88	3.00	0.61	0.61	4.82	5.04	5.24
P201	1.08	1.08	1.08	2.29	2.88	2.62	0.61	0.61	4.82	5.04	5.24
P202	1.21	1.21	1.21	2.29	3.17	2.62	0.61	0.48	4.58	4.82	5.04
P203	0.91	0.91	0.91	1.59	2.52	2.08	0.38	0.38	4.31	4.58	4.82
P204	0.91	0.91	0.91	1.59	2.52	2.08	0.38	0.38	4.31	4.58	4.82
P205	1.21	1.21	1.21	2.29	3.17	2.62	0.61	0.48	4.58	4.82	5.04
P206	0.91	0.91	0.91	1.59	2.52	2.08	0.38	0.38	4.31	4.58	4.82
M101	2.62	2.62	2.62	2.32	4.22	2.62	1.10	1.10	5.81	6.26	6.65
M102	2.62	2.62	2.62	2.32	4.22	2.62	1.10	1.10	5.81	6.26	6.65
M201	2.29	2.29	2.29	2.52	4.00	2.92	0.79	0.79	5.65	6.00	6.32
M301	2.00	2.00	2.00	2.00	3.63	2.32	0.69	0.69	5.24	5.65	6.00
M401	5.59	5.59	5.59	5.28	7.32	5.04	3.68	2.92	7.86	8.28	8.65
M402	3.68	3.68	3.68	2.90	5.28	3.17	2.03	2.03	6.87	7.40	7.86
M403	5.00	5.00	5.00	5.28	6.65	5.77	3.68	3.68	8.28	8.65	9.00
M404	5.00	5.00	5.00	5.28	6.65	5.77	3.68	3.68	8.28	8.65	9.00
M501	3.63	3.63	3.63	3.30	5.24	3.66	1.65	1.65	6.84	7.27	7.65
M502	3.17	3.17	3.17	2.62	4.76	2.90	1.44	1.44	6.35	6.84	7.27
M503	3.17	3.17	3.17	2.62	4.76	2.90	1.44	1.44	6.35	6.84	7.27
M601	1.00	1.00	1.00	1.44	2.62	1.75	0.40	0.40	4.22	4.64	5.00
M602	1.00	1.00	1.00	1.44	2.62	1.75	0.40	0.40	4.22	4.64	5.00
M603	1.00	1.00	1.00	1.44	2.62	1.75	0.40	0.40	4.22	4.64	5.00
D101	0.69	0.69	0.69	1.00	1.59	1.59	0.31	0.31	3.56	3.78	3.98
D102	0.38	0.38	0.38	0.63	1.00	1.00	0.23	0.23	2.62	3.00	3.30
D201	0.57	0.57	0.57	0.63	1.00	1.00	0.27	0.27	2.71	2.88	3.04
D301	2.52	2.52	2.52	3.17	4.31	3.68	1.00	1.00	6.00	6.32	6.60
D302	2.52	2.52	2.52	3.17	4.31	3.68	1.00	1.00	6.00	6.32	6.60
D401	0.24	0.24	0.24	0.28	0.38	0.37	0.17	0.17	1.00	1.26	1.44
L101	0.22	0.22	0.22	0.26	0.33	0.35	0.16	0.16	0.79	1.00	1.26
L102	0.20	0.20	0.20	0.25	0.30	0.33	0.15	0.15	0.69	0.79	1.00

Lampiran 15 Rata-rata geometris hasil penilaian *performance* kinerja logistik ramah lingkungan

1. Hasil penilaian *performance* pada pengadaan hijau

Kode IKU	P101	P102	P103	P201	P202	P203	P204	P205	P206
P101	1.00	1.00	2.00	2.00	1.59	0.30	0.29	0.48	1.26
P102	1.00	1.00	2.00	2.00	1.59	0.30	0.29	0.48	1.26
P103	0.50	0.50	1.00	1.00	0.79	0.23	0.22	0.31	0.63
P201	0.50	0.50	1.00	1.00	0.79	0.23	0.22	0.31	0.63
P202	0.63	0.63	1.26	1.26	1.00	0.25	0.24	0.35	0.79
P203	3.30	3.30	4.31	4.31	4.00	1.00	0.87	1.82	3.63
P204	3.42	3.42	4.48	4.48	4.16	1.14	1.00	1.71	3.63
P205	2.08	2.08	3.17	3.17	2.88	0.55	0.58	1.00	2.62
P206	0.79	0.79	1.59	1.59	1.26	0.28	0.28	0.38	1.00
M101	6.32	6.32	7.32	7.32	6.95	3.91	3.30	4.93	6.65
M102	6.32	6.32	7.32	7.32	6.95	3.91	3.30	4.93	6.65
M201	0.79	0.79	1.44	1.44	1.14	0.29	0.32	0.40	1.00
M301	6.65	6.65	7.65	7.65	7.32	4.31	3.63	5.31	7.00
M401	8.00	8.00	9.00	9.00	8.65	4.48	5.19	6.60	8.32
M402	2.88	2.88	4.12	4.12	3.91	1.26	1.22	2.00	3.63
M403	3.30	3.30	4.38	4.38	4.16	1.14	1.14	2.00	3.78
M404	3.42	3.42	4.48	4.48	4.22	1.26	1.14	2.29	3.91
M501	8.00	8.00	9.00	9.00	8.65	5.65	5.19	6.60	8.32
M502	3.42	3.42	4.48	4.48	4.22	1.26	1.14	2.29	3.91
M503	5.24	5.24	6.26	6.26	5.94	2.88	2.62	3.63	5.52
M601	7.27	7.27	8.28	8.28	7.96	4.93	4.64	5.77	7.56
M602	7.27	7.27	8.28	8.28	7.96	4.93	4.64	5.77	7.56
M603	7.27	7.27	8.28	8.28	7.96	4.93	4.64	5.77	7.56
D101	3.11	3.11	4.16	4.16	3.91	1.00	1.00	1.82	3.56
D102	8.00	8.00	9.00	9.00	8.65	5.65	5.19	6.60	8.32
D201	4.72	4.72	5.77	5.77	5.52	2.29	2.00	2.92	5.01
D301	2.08	2.08	3.17	3.17	2.88	0.55	0.58	1.00	2.62
D302	3.30	3.30	4.31	4.31	3.91	1.00	0.79	1.59	3.56
D401	6.26	6.26	7.27	7.27	6.95	3.91	3.63	4.72	6.54
L101	6.26	6.26	7.27	7.27	6.95	3.91	3.63	4.72	6.54
L102	6.26	6.26	7.27	7.27	6.95	3.91	3.63	4.72	6.54

Lampiran 15 Rata-rata geometris hasil penilaian *performance* kinerja logistik ramah lingkungan (*lanjutan*)

2. Hasil penilaian *performance* pada manufaktur hijau

Kode IKU	M101	M102	M201	M301	M401	M402	M403	M404	M501	M502	M503
P101	0.16	0.16	1.26	0.15	0.13	0.35	0.30	0.29	0.13	0.29	0.19
P102	0.16	0.16	1.26	0.15	0.13	0.35	0.30	0.29	0.13	0.29	0.19
P103	0.14	0.14	0.69	0.13	0.11	0.24	0.23	0.22	0.11	0.22	0.16
P201	0.14	0.14	0.69	0.13	0.11	0.24	0.23	0.22	0.11	0.22	0.16
P202	0.14	0.14	0.87	0.14	0.12	0.26	0.24	0.24	0.12	0.24	0.17
P203	0.26	0.26	3.42	0.23	0.22	0.79	0.87	0.79	0.18	0.79	0.35
P204	0.30	0.30	3.11	0.28	0.19	0.82	0.87	0.87	0.19	0.87	0.38
P205	0.20	0.20	2.52	0.19	0.15	0.50	0.50	0.44	0.15	0.44	0.28
P206	0.15	0.15	1.00	0.14	0.12	0.28	0.26	0.26	0.12	0.26	0.18
M101	1.00	1.00	3.48	0.79	0.38	2.88	2.92	3.42	0.38	3.42	1.59
M102	1.00	1.00	3.48	0.79	0.38	2.88	2.92	3.42	0.38	3.42	1.59
M201	0.29	0.29	1.00	0.14	0.12	0.29	0.29	0.26	0.12	0.26	0.19
M301	1.26	1.26	6.95	1.00	0.44	3.63	3.68	3.91	0.44	3.91	2.00
M401	2.62	2.62	8.28	2.29	1.00	4.93	5.01	5.19	1.00	5.19	3.56
M402	0.35	0.35	3.48	0.28	0.20	1.00	1.00	1.00	0.20	1.00	0.55
M403	0.34	0.34	3.48	0.27	0.20	1.00	1.00	1.00	0.20	1.00	0.46
M404	0.29	0.29	3.78	0.26	0.19	1.00	1.00	1.00	0.19	1.00	0.46
M501	2.62	2.62	8.28	2.29	1.00	4.93	5.01	5.19	1.00	5.19	3.56
M502	0.29	0.29	3.78	0.26	0.19	1.00	1.00	1.00	0.19	1.00	0.46
M503	0.63	0.63	5.28	0.50	0.28	1.82	2.15	2.15	0.28	2.15	1.00
M601	1.65	1.65	7.40	1.44	0.69	4.16	4.38	4.38	0.69	4.38	3.00
M602	1.65	1.65	7.40	1.44	0.69	4.16	4.38	4.38	0.69	4.38	3.00
M603	1.65	1.65	7.40	1.44	0.69	4.16	4.38	4.38	0.69	4.38	3.00
D101	0.27	0.27	3.30	0.24	0.18	0.79	0.79	0.79	0.18	0.79	0.37
D102	2.62	2.62	8.28	2.29	1.00	4.93	5.01	5.19	1.00	5.19	3.56
D201	0.58	0.58	4.58	0.46	0.28	1.71	2.00	1.82	0.28	1.82	0.79
D301	0.20	0.20	2.52	0.19	0.15	0.50	0.50	0.44	0.15	0.44	0.28
D302	0.26	0.26	3.42	0.24	0.18	0.79	0.91	0.79	0.18	0.79	0.35
D401	1.10	1.10	6.35	0.87	0.40	3.04	3.30	3.30	0.40	3.30	2.00
L101	1.10	1.10	6.35	0.87	0.40	3.04	3.30	3.30	0.40	3.30	2.00
L102	1.10	1.10	6.35	0.87	0.40	3.04	3.30	3.30	0.40	3.30	2.00

Lampiran 15 Rata-rata geometris hasil penilaian *performance* kinerja logistik ramah lingkungan (*lanjutan*)

3. Hasil penilaian *performance* pada manufaktur hijau (M601, M602, M603), distribusi hijau dan logistik terbalik

Kode IKU	M601	M602	M603	D101	D102	D201	D301	D302	D401	L101	L102
P101	0.14	0.14	0.14	0.32	0.13	0.21	0.48	0.30	0.16	0.16	0.16
P102	0.14	0.14	0.14	0.32	0.13	0.21	0.48	0.30	0.16	0.16	0.16
P103	0.12	0.12	0.12	0.24	0.11	0.17	0.31	0.23	0.14	0.14	0.14
P201	0.12	0.12	0.12	0.24	0.11	0.17	0.31	0.23	0.14	0.14	0.14
P202	0.13	0.13	0.13	0.26	0.12	0.18	0.35	0.26	0.14	0.14	0.14
P203	0.20	0.20	0.20	1.00	0.18	0.44	1.82	1.00	0.26	0.26	0.26
P204	0.22	0.22	0.22	1.00	0.19	0.50	1.71	1.26	0.28	0.28	0.28
P205	0.17	0.17	0.17	0.55	0.15	0.34	1.00	0.63	0.21	0.21	0.21
P206	0.13	0.13	0.13	0.28	0.12	0.20	0.38	0.28	0.15	0.15	0.15
M101	0.61	0.61	0.61	3.68	0.38	1.71	4.93	3.91	0.91	0.91	0.91
M102	0.61	0.61	0.61	3.68	0.38	1.71	4.93	3.91	0.91	0.91	0.91
M201	0.14	0.14	0.14	0.30	0.12	0.22	0.40	0.29	0.16	0.16	0.16
M301	0.69	0.69	0.69	4.22	0.44	2.15	5.31	4.22	1.14	1.14	1.14
M401	1.44	1.44	1.44	5.52	1.00	3.63	6.60	5.65	2.52	2.52	2.52
M402	0.24	0.24	0.24	1.26	0.20	0.58	2.00	1.26	0.33	0.33	0.33
M403	0.23	0.23	0.23	1.26	0.20	0.50	2.00	1.10	0.30	0.30	0.30
M404	0.23	0.23	0.23	1.26	0.19	0.55	2.29	1.26	0.30	0.30	0.30
M501	1.44	1.44	1.44	5.52	1.00	3.63	6.60	5.65	2.52	2.52	2.52
M502	0.23	0.23	0.23	1.26	0.19	0.55	2.29	1.26	0.30	0.30	0.30
M503	0.33	0.33	0.33	2.71	0.28	1.26	3.63	2.88	0.50	0.50	0.50
M601	1.00	1.00	1.00	4.82	0.69	3.17	5.77	4.93	2.00	2.00	2.00
M602	1.00	1.00	1.00	4.82	0.69	3.17	5.77	4.93	2.00	2.00	2.00
M603	1.00	1.00	1.00	4.82	0.69	3.17	5.77	4.93	2.00	2.00	2.00
D101	0.21	0.21	0.21	1.00	0.18	0.44	1.82	1.00	0.26	0.26	0.26
D102	1.44	1.44	1.44	5.52	1.00	3.63	6.60	5.65	2.52	2.52	2.52
D201	0.31	0.31	0.31	2.29	0.28	1.00	2.92	2.15	0.48	0.48	0.48
D301	0.17	0.17	0.17	0.55	0.15	0.34	1.00	0.63	0.21	0.21	0.21
D302	0.20	0.20	0.20	1.00	0.18	0.46	1.59	1.00	0.26	0.26	0.26
D401	0.50	0.50	0.50	3.78	0.40	2.08	4.72	3.91	1.00	1.00	1.00
L101	0.50	0.50	0.50	3.78	0.40	2.08	4.72	3.91	1.00	1.00	1.00
L102	0.50	0.50	0.50	3.78	0.40	2.08	4.72	3.91	1.00	1.00	1.00

RIWAYAT HIDUP

Dede Rukmayadi (penulis) dilahirkan pada tanggal 5 Mei 1969 di Cianjur, Jawa Barat, merupakan anak kedua dari empat bersaudara pasangan Bapak Achmad Rifa'i (Alm) dan Ibu E Komariah (Alm). Penulis menikah dengan Hj Fitri Wulandari dan dikaruniai dua orang putri bernama Athifah Ghaida Hurriyah dan Luthfia Asma Dzakiyyah dan satu orang putra bernama Azka Hafeezur Rahman. Penulis mengikuti pendidikan sarjana pada Jurusan Teknik dan Manajemen Industri, Fakultas Teknologi Industri di Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal Jakarta, dan lulus pada tahun 1994. Pada tahun 1999 penulis mendapatkan Beasiswa Program Pasca Sarjana (BPPS) DIKTI untuk melanjutkan studi S2 pada jurusan Teknologi Industri Pertanian, IPB dan lulus pada tahun 2003. Selanjutnya pada tahun 2011, penulis mendapatkan Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN) DIKTI untuk melanjutkan studi ke program Doktor pada Program Studi Teknologi Industri Pertanian di Institut Pertanian Bogor (IPB). Saat ini, penulis bekerja sebagai Dosen di Fakultas Sains dan Teknologi pada Jurusan Teknik Industri, Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal sejak tahun 1995 hingga sekarang. Pada saat ini penulis memiliki jabatan fungsional Lektor Kepala dan jabatan struktural sebagai Wakil Rektor Bidang Keuangan, Ketenagaan dan Asset di Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal Jakarta. Beberapa artikel yang merupakan bagian dari disertasi ini telah terbit pada jurnal nasional dan siap terbit pada jurnal internasional yaitu: 1) Artikel berjudul "Desain Model Kendala Utama Logistik Hijau dan Seleksi Pemasok Bokar Menggunakan Metode ISM dan AHP – TOPSIS" telah diterbitkan oleh Jurnal Industri Hasil Perkebunan Vol 10, No 2, Desember 2015 (ISSN: 1979-0023); 2) Artikel berjudul *Rubber Agro-Industry Green Logistic Conceptual Model* telah diterima pada *International Journal of Supply Chain Management (IJSCM)* [ISSN 2050-7399 (Online), 2051-3771 (Print)] dan akan dipublikasikan pada Volume 5, Number 3, September 2016.