BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi di dunia maupun di Indonesia kini semakin meningkat. Hal tersebut disebabkan oleh pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan pola konsumsi energi yang semakin meningkat akan tetapi ketersediaan energi di Indonesia semakin lama semakin menipis. Indonesia sudah menjadi net importer untuk total minyak mentah dan BBM.

Pada tahun 2008, Indonesia telah mengimpor BBM mencapai sebesar 153 juta BOE (barrel of oil equivalent) = SBM/setara barel minyak (Djamaludin, 2011). Keadaan ini menyebabkan para peneliti dan pemerintah harus berpikir ekstra bagaimana cara untuk mencegah terjadinya kelangkaan energi. Upaya yang dapat dilakukan adalah mencari sumber-sumber energi lain yang dikenal dengan energi terbarukan. Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari bahan-bahan yang terdapat di alam dan dapat diproduksi dalam waktu yang cepat atau tidak akan habis. Undang-Undang No. 30/2007 tentang energi pasal 20 ayat 4 menyatakan bahwa penyediaan dan pemanfaatan energi baru dan terbarukan wajib ditingkatkan oleh pemerintah dan pemerintah daerah sesuai dengan kewenangannya.

Salah satu jenis dari energi terbarukan tersebut adalah biodiesel. Biodiesel merupakan salah satu jenis bahan bakar yang diproduksi dengan menggunakan minyak nabati atau lemak hewan melalui proses transesterifikasi maupun proses esterifikasi dengan bantuan alkohol dan katalis (Dharsono dan Oktari, 2010).

Biodiesel memiliki karakteristik yang hampir sama dengan solar. Biodiesel dapat dibuat dari berbagai jenis minyak seperti kelapa sawit, kedelai, bunga matahari, kacang tanah, jarak pagar, minyak jelantah, dan beberapa jenis minyak tumbuhan lainnya.

Prarancangan Pabrik.., Eddy Nana Priyatna, Fakultas Teknik, 2022

Biosolar dapat digunakan sebagai bahan bakar pada mesin yang menggunakan diesel/solar sebagai bahan bakarnya tanpa memerlukan modifikasi mesin (Tatang Solistiyo,2010) , keuntungan yang didapatkan dari pemanfaatan biosolar sebagai campuran bahan bakar diantaranya adalah sumber energi yang terbarukan sehingga tidak perlu khawatir mengenai pemasokan bahan, menghasilkan emisi gas buang yang lebih sedikit sehingga lebih ramah lingkungan, tidak mengandung sulfur, dan dapat terurai dengan mudah pada lingkungan (biodegradable).

Kebijakan pengembangan energi terbarukan termasuk bioenergi di Indonesia dilakukan berdasarkan seiring dengan percepatan peningkatan pemanfaatan Biosolar di dalam negeri. Salah satu sumber minyak nabati yang digunakan dalam biosolar adalah FAME (Fatty Acid Methyl Ester).

FAME sebagai bahan campuran biosolar saat ini makin dikembangkan karena berbagai keuntungan, diperlukan campuran sebanyak 20% FAME untuk menghasilkan biosolar yang ada dalam pasaran saat ini dan akan terus meningkat seiring dengan berkembangnya teknologi.

FAME (Fatty Acid Methyl Ester) adalah hasil dari reaksi transesterifikasi Trigliserida dan Methanol dengan bantuan katalis basa Sodium Methylate. Sumber trigliserida yang digunakan adalah minyak nabati dari buah kelapa sawit berupa CPO yang dilakukan proses bleaching sehingga menghasilkan minyak yang disebut dengan RBDPO (Refinered Bleached Deodorized Palm Oil), dari RBDPO yang dihasilkan, dilakukan penambahan Methanol dan Katalis sehingga menghasilkan FAME (Fatty Acid Methyl Ester) dengan produk samping yaitu berupa Crude Gliserin.

1.2 Maksud dan Tujuan

1.2.1 Maksud

Perancangan pabrik ini bermaksud untuk memenuhi kebutuhan *Biodiesel* di Indonesia dan dunia, karena saat ini dan masa yang akan datang biodiesel banyak digunakan sebagai bahan bakar ataupun sebagai sumber energi yang digunakan

Prarancangan Pabrik.., Eddy Nana Priyatna, Fakultas Teknik, 2022

pada kendaraan untuk memudahkan transportasi dan alat lainnya, maka dalam perancangan pabrik ini akan dirancang pabrik kimia yang memproduksi *Fatty Acid Methyl Ester (FAME)* dari bahan baku Refined Bleached Deodorized Palm Oil (RBDPO).

1.2.2 Tujuan

Tujuan dari prarancangan pabrik FAME ini adalah :

1. Untuk meningkatkan jumlah produksi *FAME* yang ada di dalam negeri sehingga dapat mengurangi nilai impor.
2. Meningkatkan kebutuhan biodiesel B20 maupun B30 yang diterapkan pemerintah maupun mengekspor ke negara lain.
3. Untuk memenuhi kebutuhan industri terutama industri biodiesel yang menggunakan *FAME* sebagai bahan baku maupun bahan campuran.
4. Menerapkan disiplin ilmu teknik kimia dalam sebuah prarancangan pabrik kimia.
5. Dapat menciptakan lapangan kerja sehingga kesempatan kerja semakin bertambah.

1.3 Analisa Pasar

1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Dalam proses produksi ketersediaan bahan baku merupakan penunjang penting, pemasok bahan baku produksi FAME adalah sebagai berikut:

1. PT. Mahkota Group Tbk di Bengkalis, Riau untuk pemasok RBDPO.
2. PT. Golden Hope Nusantara di Kalimantan untuk pemasok RBDPO.
3. PT Minamas Plantation Perkebunan Sawit untuk pemasok CPO.

4. PT. Kaltim Methanol Indonesia di Bontang, Kalimantan Timur untuk pemasok Methanol.
5. PT. Pertamina untuk pemasok Katalis Sodium methylate.
6. PT. Mulia Agung Chemindo di Cikarang, Bekasi untuk pemasok Citric Acid.
7. Bahan baku air bisa didapat dari daerah sekitar.

1.3.2 Kebutuhan Produk

Kebutuhan produk berupa FAME diperkirakan akan meningkat karena adanya kebutuhan program B30 dan juga sudah berjalan akan kebutuhan B20 menurut Direktur Bioenergi, Ditjen EBTKE, Andriah Feby Misna. Kebutuhan FAME di Negara lain juga banyak dibutuhkan.

Berikut ini merupakan data perkembangan *Biodiesel* di Negara lain yang ditunjukan pada tabel dibawah ini :

Tabel 1.1 Kebutuhan *Biodiesel* di Negara lain tahun 2018

Negara	Impor (Ton)
United States	1.132.000
Canada	479.000
France	1.029.000
Germany	829.000
United Kingdom	634.000

(Sumber *: United Nation* data, 2020)

1.4 Penentuan Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi merupakan hal terpenting dalam merancang pabrik karena kapasitas produksi yang dibuat dapat mempengaruhi perhitungan teknis

maupun ekonomis seperti biaya bahan baku , biaya produksi dan juga keuntungan dari hasil penjualan produk.

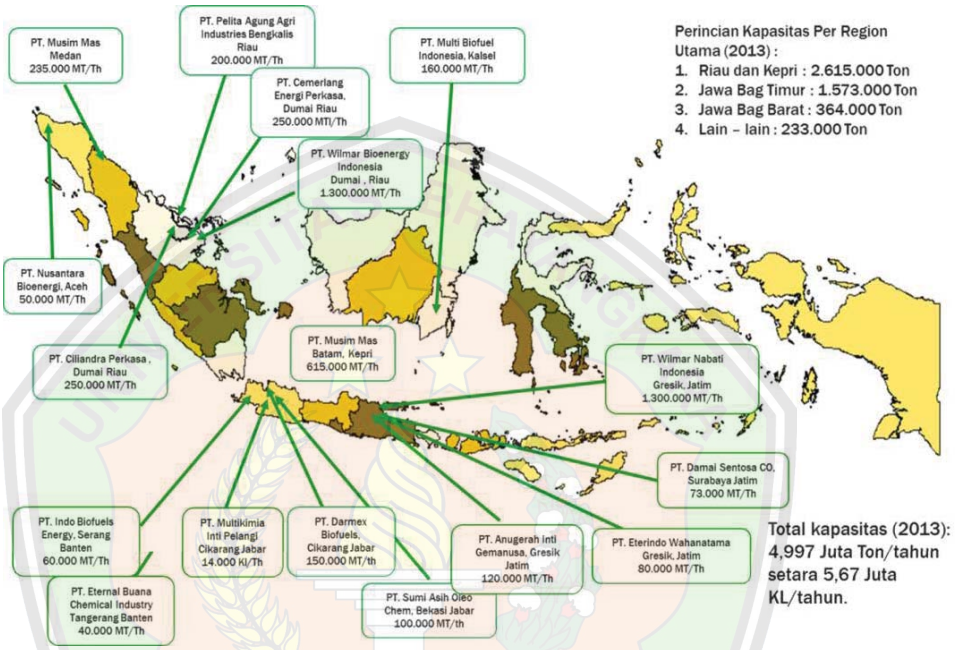
Berikut ini merupakan data kapasitas produksi perusahaan penyedia FAME yang ditunjukan pada tabel dibawah ini :

Tabel 1.2 Daftar perusahaan penyedia FAME di Indonesia

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Wilmar Bioenergy Indonesia	Dumai , Riau	1.300.000
PT. Wilmar Nabati Indonesia	Gresik, Jawa Timur	1.300.000
PT. Musim Mas	Batam, Kepulauan Riau	615.000
PT. Ciliandra Perkasa	Dumai, Riau	250.000
PT. Cemerlang Energi Perkasa	Dumai, Riau	250.000
PT. Musim Mas	Medan	235.000
PT. Pelita Agung Agri Industries	Bengkalis, Riau	200.000
PT. Multi Biofuel Indonesia	Kalimantan Selatan	160.000
PT. Darmex Biofuels	Bekasi, Jawa Barat	150.000
PT. Anugerah Inti Gemanusa	Gresik, Jawa Timur	120.000
PT. Sumi Asih Oleo Chem	Bekasi, Jawa Barat	100.000
PT. Eterindo Wahanatama	Gresik, Jawa Timur	80.000
PT. Damai Sentosa CO	Surabaya, Jawa Timur	73.000
PT. Indo Biofuels Energy	Serang, Banten	60.000
PT. Nusantara Bioenergi	Aceh	50.000
PT. Eternal Buana Chemical Industry	Tangerang, Banten	40.000
PT. Multikimia Inti Pelangi	Cikarang, Jawa Barat	14.000
Total		4.997.000

(Sumber : Ditjen IA, Kemenperin, 2014)

Berikut ini merupakan daftar perusahaan penyedia Fame di indonesia yang ditunjukan pada gambar dibawah ini :



Gambar 1.1 Daftar perusahaan penyedia FAME di Indonesia
(Sumber : Ditjen IA, Kemenperin, 2014)

Pabrik pembuatan Fatty Acid Methyl Ester (FAME) direncanakan akan didirikan pada tahun 2024, melalui pertimbangan terhadap peluang dari kebutuhan Negara lain berdasarkan data yang tersedia pada Tabel 1.3-1, maka kapasitas pabrik yang akan direncanakan sebagai berikut :

Tabel 1.3 Data Ekspor Impor FAME yang ada di Indonesia

Tahun	Ekspor (Ton/tahun)	Impor (Ton/tahun)	Total (Ton/tahun)
2012	1.321.397,92	100,454	1.321.498,37

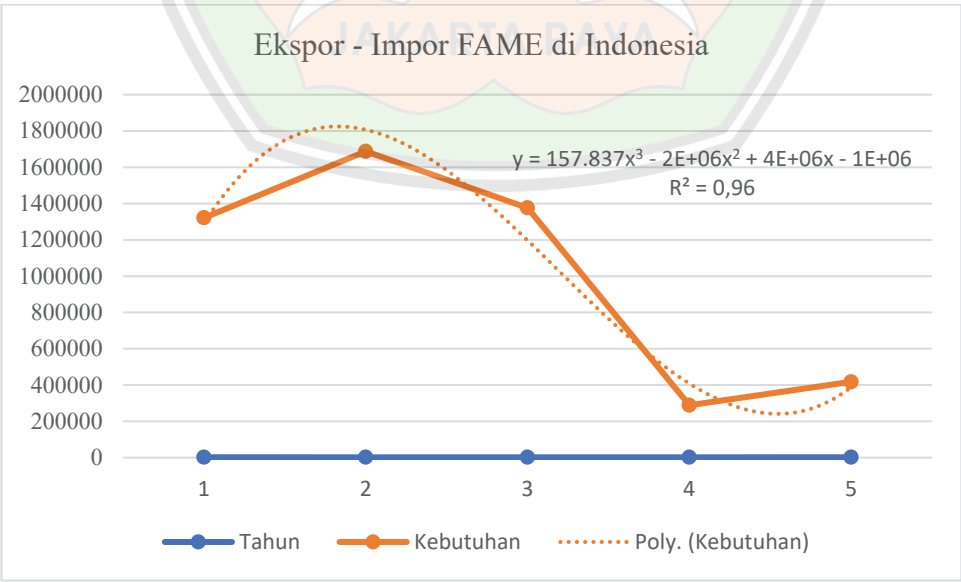
2013	1.687.678,93	0	1.687.678,93
2014	1.376.099,78	0	1.376.099,78
2015	288.750,91	0	288.750,91
2016	417.690,96	0,006	417.690,96

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2019)

Penentuan jumlah kapasitas produksi pembuatan Fatty Acid Methyl Ester (FAME) dapat diketahui dengan menggunakan tabel 1.4 berikut ini :

Tahun	X	Y
2012	1	1.321.498,37
2013	2	1.687.678,93
2014	3	1.376.099,78
2015	4	288.750,91
2016	5	417.690,96
Total	15	5.091.718,95

Dengan menggunakan perhitungan analisa regresi didapatkan metode Analisa Regresi Polinomial Orde 3 dimana R^2 mendekati 1, seperti pada gambar grafik berikut :



Gambar 1.2 Grafik Ekspor Impor FAME di Indonesia

Dari hasil perhitungan tersebut maka didapatkan :

a_3 = 157.837 a_2 = - 2E+06 a_1 = + 4E+06 a_0 = - 1E+06

Tahap awal produksi diperkirakan pada tahun 2025 adalah :

$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$

y = (-1000.000) + (4000.000)(13) + (-2000.000)(13^2) + (157.837)(13^3)

y = (-1000.000) + (4000.000 x 13) + (-2000.000 x 169) + (157.837 x 2197)

y = 59.767.889 Ton/Tahun

Sehingga kebutuhan FAME di tahun 2025 adalah :

Peluang T_{2025} = Total kebutuhan dalam negeri - kapasitas produksi dalam negeri

Peluang T_{2025} = 59.767.889 – 4.997.000

= 54.767.889 Ton/Tahun

Maka,

54.767.889 x 0,83%

= 450.000 Ton/Tahun

Berdasarkan perhitungan dari persamaan diatas, maka kapasitas yang di rencanakan untuk produksi FAME di Indonesia pada tahun 2025 adalah 0,83% dari hasil perhitungan data diatas menjadi sebesar 450.000 Ton/Tahun dari total kebutuhan.

1.5 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik yang tepat dalam perancangan suatu pabrik merupakan hal yang sangat penting. Keberhasilan suatu pabrik jika dilihat dari segi teknis maupun ekonomis memiliki pengaruh yang besar terhadap penentuan lokasi yang tepat. Maka dari itu penentuan lokasi pabrik untuk pembuatan Fatty Acid Methyl Ester (FAME) dengan kapasitas 450.000 ton/tahun direncanakan akan di dirikan di Kawasan Pelabuhan Patimban yang berada di Subang Jawa Barat. Adapun faktor-faktor yang mendukung untuk mempertimbangkan lokasi pabrik, antara lain (Peters & Timmerhaus, 1991, Hal 91-95) :

1. Ketersediaan Bahan Baku

Sumber bahan baku merupakan salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi pemilihan lokasi suatu pabrik. Sumber bahan baku yang berada dekat dengan lokasi pabrik dapat mengurangi biaya transportasi dan penyimpanan yang cukup besar. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan ketersediaan bahan baku antara lain harga bahan baku yang digunakan, jarak dari sumber bahan baku, kemurnian bahan baku, dan persyaratan penyimpanan. Untuk mengurangi biaya penyediaan bahan baku dipilihlah lokasi pabrik berdekatan dengan pabrik yang memproduksi bahan baku. Selain itu pemilihan Kawasan Industri Pelabuhan Patimban yang berada di Subang Jawa Barat sebagai lokasi pabrik dikarenakan kawasan ini merupakan kawasan baru yang sedang dibangun oleh pemerintah, sehingga diharapkan masih banyak lokasi strategis atau lahan kosong untuk membangun suatu pabrik yang dapat dengan mudah terhubung melalui lintas darat yang terintegrasi dengan akses Tol Cipali dan juga melalui lintas laut untuk pengiriman suatu produk ataupun pembelian bahan baku.

2. Transportasi

Transportasi dapat mempengaruhi kelancaran produksi suatu pabrik, karena dalam pengiriman produk maupun penyediaan bahan baku sangat bergantung pada transportasi, transportasi dalam suatu industri dapat mempermudah dan melancarkan dalam proses pengiriman. Oleh sebab itu maka pabrik *Fatty Acid Methyl Ester (FAME)* ini didirikan dengan beberapa pertimbangan antara lain transportasi yang tersedia, dekat dengan pelabuhan, bahan baku dan pasar. Diharapkan dengan beroperasinya pabrik di Pelabuhan Patimban dapat mengefisiensi biaya ekspor produk Indonesia ke luar negeri.

3. Kemudahan Akses Pengiriman

Lokasi yang berada di area pelabuhan akan memudahkan dalam proses pengiriman, baik untuk pemasokan bahan baku maupun pengiriman produk ke pembeli. Letak pabrik yang berada di area pelabuhan dapat memudahkan untuk melakukan pengiriman ekspor.

4. Pemasaran Produk

Letak kawasan yang strategis yang berada di pelabuhan sangat memudahkan untuk komoditi ekspor maupun pengiriman ke berbagai pabrik yang

Prarancangan Pabrik.., Eddy Nana Priyatna, Fakultas Teknik, 2022

berada di Indonesia yang membutuhkan *Fatty Acid Methyl Ester (FAME)*, sehingga dapat memudahkan transportasi.

5. Tenaga Kerja

Kawasan ini merupakan salah satu kawasan yang akan berkembang pesat, sehingga dapat meminimalisir kesulitan untuk mendapatkan tenaga kerja. Tenaga kerja ahli dan berkualitas dapat diambil dari lulusan Universitas/Institut di seluruh Indonesia, untuk tenaga kerja non ahli (operator) dapat mengambil dari daerah sekitar.

6. Lingkungan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan Industri sehingga akan memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik.

7. Ketersediaan Lahan

Faktor ini berkaitan dengan rencana pengembangan pabrik kedepannya.

Gambar 1.3 Lokasi Pendirian Pabrik di Patimban Seaport

1.6 Tinjauan Pustaka

1.6.1 Fatty Acid Methyl Ester

FAME atau Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif dari bahan mentah terbaharukan (*renewable*), yaitu minyak tumbuhan atau lemak hewan yang diproses dengan cara transesterifikasi, esterifikasi maupun proses esterifikasi-transesterifikasi. Biodiesel dihasilkan dari reaksi minyak atau lemak dengan metanol atau etanol menghasilkan metil ester dan gliserin. Kegunaan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif pada dasarnya mampu menggantikan solar 100% tanpa harus memodifikasi mesin diesel (Oryza Mistyanti, 2015).

Salah satu jenis dari energi terbarukan adalah biodiesel. Biodiesel merupakan salah satu jenis bahan bakar yang diproduksi dengan menggunakan minyak nabati atau lemak hewan melalui proses transesterifikasi maupun proses esterifikasi dengan bantuan alkohol dan katalis (Dharsono dan Oktari, 2010).

1.6.2 Kegunaan Fatty Acid Methyl Ester (FAME)

FAME atau Biodiesel dapat digunakan sebagai bahan bakar pada mesin yang menggunakan diesel/solar sebagai bahan bakarnya tanpa memerlukan modifikasi mesin (Tatang Solistiyo,2010) , keuntungan yang didapatkan dari pemanfaatan biodiesel sebagai campuran bahan bakar diantaranya adalah sumber energi yang terbarukan sehingga tidak perlu khawatir mengenai pemasokan bahan, menghasilkan emisi gas buang yang lebih sedikit sehingga lebih ramah lingkungan, tidak mengandung sulfur, dan dapat terurai dengan mudah pada lingkungan (biodegradable).

1.7 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara Termodinamika dapat digunakan untuk mengetahui sifat reaksi yang membutuhkan panas (*endotermis*) atau melepaskan panas (*eksotermis*), dan juga untuk mengetahui arah reaksi, apakah reaksi tersebut berjalan searah (*irreversible*) atau berbalik (*reversible*). Penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis/endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas

pembentukan standar (ΔH^o_f) pada P = 1 atm dan T = 298 K serta Energi Gibbs nya (ΔG^o) dari masing-masing komponen.

Untuk menentukan sifat reaksi apakah berjalan secara eksotermis atau endotermis maka perlu pembuktian dengan menggunakan panas reaksi ($\Delta H^o f$) yang dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini :

$\Delta H^o f_{reaksi} = \Sigma \Delta H^o f_{produk} - \Sigma \Delta H^o f_{reaktan}$

Data $\Delta H^o f$ untuk masing-masing komponen sebagai berikut :

Tabel 1.5 Harga $\Delta H^o f$ untuk beberapa komponen

Komponen	ΔH°f, KJ/mol
Trigliserida	-672,0918
CH3OH	-201,1945
C18H36O2	-626,3119
C3H8O3	-582,9225

Sumber : (Yaws, 1999)

Keterangan :

Jika $\Delta H^o f_{reaksi}$ = - (negatif), maka reaksi bersifat eksotermis.

Jika $\Delta H^o f_{reaksi}$ = + (positif), maka reaksi bersifat endotermis.

Reaksi transesterifikasi

$\Delta H^o f_{reaksi} = \Sigma \Delta H^o f_{produk} - \Sigma \Delta H^o f_{reaktan}$

$= [\Delta H^o f_{C3H8O3} + (3x\Delta H^o f_{C18H36O2}] - [\Delta H^o f_{Trigliserida} + (3x\Delta H^o f_{CH3OH}]$

$= [-582,9225 + (3 \times -626,3119)] - [-672,0918 + (3 \times -201,1945)]$

$= (-2461,8582) - (-1275,6754)$

$= -1186,183$ KJ/mol.jam

Menghitung besarnya nilai $\Delta G^o f$ total dengan menggunakan persamaan *Van't tloff*

Data $\Delta G^{o}f$ untuk masing-masing komponen sebagai berikut :

Tabel 1.6 Harga $\Delta G^{o}f$ untuk beberapa komponen

Komponen	ΔG°f, KJ/mol
Trigliserida	-190,8463
CH3OH	-162,6575
C18H36O2	-118,2250
C3H8O3	-48,7931

Sumber : (Yaws, 1999)

Reaksi transesterifikasi

$\Delta G^{o}f_{total} = \Sigma\Delta G^{o}f_{produk} - \Sigma\Delta G^{o}f_{reaktan}$

$= [\Delta G^{o}f_{C3H8O3} + 3 \times \Delta G^{o}f_{C18H36O2}] - [\Delta G^{o}f_{Trigliserida} + 3 \times \Delta G^{o}f_{CH3OH}]$

= [-448,7931 + (3 x -118,2250)] – [-190,8463 + (3 x -162,6575)]

= -124,6493 KJ/mol

Menentukan nilai konstanta kesetimbangan (K) pada suhu 298,15 K dengan persamaan :

$\Delta G^{o}f = -RT \ln K$ dengan R = 0,008314 KJ/Kmol.K

$K_{298,15} = \exp \frac{\Delta G^{\circ} f}{RT}$

$= \exp \frac{-124,6493}{0,008314 \; x \; 298,15}$

= exp (0,0503)

$K_{298,15} = 1,05159$

Menghitung nilai K suhu operasi 333,15 K (60°C).

$d(\ln K) = \frac{-\Delta Hr}{RT\text{^}2} dT$

$\ln \frac{KToperasi}{K298,15} = \frac{-\Delta H298,15}{R} [\frac{1}{\text{Toperasi}} - \frac{1}{T298,15}]$

$\ln \frac{\text{KT333,15}}{1,05159} = \frac{-1186,1827}{8,314} [\frac{1}{333,15} - \frac{1}{298,15}]$

$\ln\frac{KT333,15}{1,05159}$ = 0,0025

$K_{Toperasi}$ = 1,0025

Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai $K_{Toperasi}$ sebesar 1,0025, jadi reaksi berjalan secara reversible.

1.8 Tinjauan Kinetika Reaksi

Tinjauan kinetika reaksi pada Proses pembentukan biodiesel berlangsung melalui reaksi transesterifikasi di dalam reaktor CSTR dengan suhu 65ºC dan tekanan 1atm. Dalam reaktor CSTR dipasang pengaduk yang berguna untuk mencampur kedua reaktan. Kondisi bahan baku yang masuk ke dalam reaktor sudah sesuai dengan kondisi operasi. Sehingga pada saat masuk ke dalam reaktor bahan baku sudah langsung bisa bereaksi. Di dalam reaktor reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

Trigliserida + 3CH3OH ↔ 3C18H36O2 + C3H8O3

Reaksi tersebut merupakan reaksi eksotermis. Maka dalam perancangan pabrik menggunakan reaktor dengan jaket pendingin, agar suhu operasi di dalam reaktor tetap berada dalam kondisi yang diinginkan yaitu suhu 60ºC. Reaksi berlangsung dengan waktu tinggal 1 jam. Darnoko (2000) melakukan transesterifikasi minyak kelapa sawit pada 60ºC dengan nisbah methanol/minyak sebesar 6/1 dan mendapatkan kinetika reaksi orde dua.

Kecepatan reaksi dapat dinyatakan dengan persamaan Arrhenius :

$$k = A \cdot e^{E_a/RT}$$

Keterangan :

k : konstanta kecepatam reaksi

A : frekuensi tumbukan

E_a : energi aktivasi

R : tetapan gas ideal (8,314 J/mol◦K)

T : suhu

Didapatkan data penelitian jurnal *kinetika reaksi transesterifikasi minyak biji nyamplung pada proses produksi biodiesel* oleh Sahirman (2009: 201-212).

A : 32,23 L/mol. menit

E_a : 3870,5 cal/mol

T : 60°C

Maka harga unyuk konstanta kecepatan reaksi adalah sebagai berikut ;

$$k = A \,.\, e^{E_a/RT}$$

$$k = 32{,}23 \,.\, e^{3870{,}5/8{,}314\,(60)}$$

$$k = 75500{,}8 \ \frac{mol}{L \,.\, s}$$

1.9 Uraian Proses Produksi

1.9.1 Proses Pembuatan Biodiesel

Pada prinsipnya dalam pembuatan biodiesel diperoleh tiga jenis pemilihan proses reaksi yang digunakan untuk membuat biodiesel , yaitu reaksi esterifikasi asam lemak, pirolisis, dan transesterifikasi trigliserida.

1.9.2 Proses Cracking (Pirolisis)

Proses cracking merupakan suatu proses pemutusan senyawa hidrocarbon rantai panjang menjadi senyawa hidrocarbon dengan rantai yang lebih pendek. Proses cracking pada pembuatan biofuel ini menggunakan bahan baku palm stearin. Pada proses cracking ini menggunakan suhu reaksi yang cukup tinggi sekitar diatas 400 derajat celcius maka dari proses ini sangat membutuhkan energi yang cukup besar akan tetapi didapatkan yield yang besar.

1.9.3 Proses Esterifikasi

Biodiesel atau FAME dapat disintesis dengan cara melakukan proses esterifikasi antara bahan baku methanol dengan asam lemak dalam bentuk *Free Fatty Acid* (FFA). Reaksi esterifikasi membutuhkan katalis asam seperti asam sulfat pekat. Reaksi ini diawali dengan cara mencampur biodiesel yang mengandung FFA dengan methanol dan katalis asam sulfat 98%, kemudian dipanaskan hingga sesuai suhu reaksi sehingga dihasilkan biodiesel dan air. Katalis-katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam kuat, dan karena ini, asam sulfat, asam sulfonat organik atau resin penukar kation asam kuat merupakan katalis-katalis yang biasa terpilih dalam praktek industrial (Soerawidjaja, 2006). Untuk mendorong agar reaksi bisa berlangsung ke konversi yang sempurna pada temperatur rendah (misalnya paling tinggi 120° C). Konversi reaksi esterifikasi hingga 90%. Reaksinya adalah sebagai berikut:

RCOOH	+	CH3OH	↔	RCOOH3	+	H2O
Asam Lemak		Metanol		Metil Ester		Air

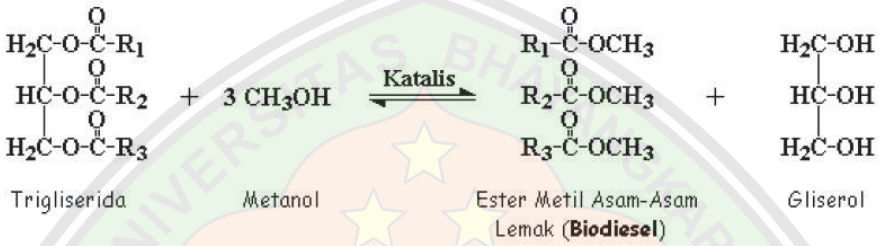
1.9.4 Proses produksi Fatty Acid Methyl Ester (FAME) Dengan Transesterifikasi

FAME (Fatty Acid Methyl Ester) merupakan suatu bahan bakar alternatif yang digunakan pada mesin diesel yang terbarukan. FAME terbentuk dari hasil reaksi transesterifikasi Trigliserida dan Methanol. Sumber trigliserida yang digunakan adalah minyak nabati dari buah kelapa sawit berupa CPO yang dilakukan proses bleaching sehingga menghasilkan minyak yang disebut dengan RBDPO (Refinered Bleached Deodorized Palm Oil), dari RBDPO yang dihasilkan, dilakukan penambahan Methanol dan Katalis sehingga menghasilkan FAME (Fatty Acid Methyl Ester) dengan produk samping yaitu berupa Crude Gliserin.

Perancangan proses produksi pembuatan FAME ini dilakukan berdasarkan reaksi transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada temperatur 30 - 65° C (titik didih metanol sekitar 65° C). Semakin tinggi temperatur, maka konversi yang dihasilkan akan semakin tinggi untuk waktu yang lebih singkat.

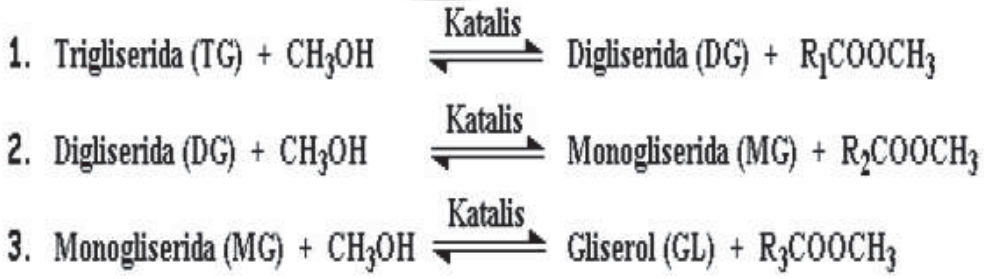
Prarancangan Pabrik.., Eddy Nana Priyatna, Fakultas Teknik, 2022

Transesterifikasi (biasa disebut dengan alkoholisis) adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) menjadi alkyl ester, melalui reaksi dengan alkohol, dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Di antara alkohol-alkohol monohidrik yang menjadi kandidat sumber/pemasok gugus alkil, metanol adalah yang paling umum digunakan, karena harganya murah dan reaktifitasnya paling tinggi (sehingga reaksi disebut metanolisis). Jadi, di sebagian besar dunia ini, biodiesel praktis identik dengan ester metil asam-asam lemak (*Fatty Acids Metil Ester*, FAME). Reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1.4 Reaksi Transesterifikasi dari Trigliserida menjadi Biodiesel

Transesterifikasi juga menggunakan katalis dalam reaksinya. Tanpa adanya katalis, konversi yang dihasilkan maksimum namun reaksi berjalan dengan lambat (Mittlebatch,2004). Katalis yang biasa digunakan pada reaksi transesterifikasi adalahkatalis basa, karena katalis ini dapat mempercepat reaksi. Reaksi transesterifikasi berlangsung dalam 3 tahap yaitu sebagai berikut :



Gambar 1.5 Tahapan reaksi transesterifikasi

1.10 Deskripsi Proses

Pada proses produksi Fatty Acid Methyl Ester (FAME), dibagi menjadi 4 bagian, yaitu :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap Transesterifikasi
3. Tahap Washing
4. Tahap Separation

1.10.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Adapun dalam proses pembuatan FAME dibutuhkan beberapa bahan baku dengan fungsinya masing-masing, beberapa bahan baku yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. RBDPO (Refinered Bleach Deodorized Palm Oil)

merupakan bahan baku utama dari produk FAME berupa hasil dari kelapa sawit yang telah masuk pada unit Refinery.

2. Methanol (CH3OH)

merupakan senyawa alkohol yang digunakan sebagai pereaksi yang akan memberikan gugus alkil kepada rantai trigliserida dalam reaksi biodiesel.

3. Katalis Sodium Methylate (NaOCH3)

digunakan sebagai katalis (zat yang digunakan untuk mempercepat reaksi),merupakan katalis basa karena mengandung alkaliniti 30%

4. Citric Acid (C6H8O7)

digunakan sebagai agen penetral sekaligus washing untuk memisahkan pengotor yang masih terdapat dalam produk FAME.

1.10.2 Tahap Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah proses mengeluarkan gliserin dari minyak dan mereaksikan asam lemak bebasnya dengan alkohol (misalnya metanol) menjadi alkohol ester (Fatty Acid Methyl Ester/FAME). Awal mula proses transesterifikasi adalah dengan mencampurkan bahan baku utama berupa RBDPO, Methanol, dan katalis Sodium Methylate kedalam reaktor. Bahan baku RBDPO sebelum direaksikan kedalam reaktor terlebih dahulu dimasukkan ke vessel penampungan (

Prarancangan Pabrik.., Eddy Nana Priyatna, Fakultas Teknik, 2022

TK-101). Sebelum dimasukkan kedalam vessel bahan baku RBDPO dilewatkan pada HE (Heat Exchanger) agar didapatkan RBDPO dalam suhu antara 55-65°C. Setelah dimasukkan kedalam vessel (TK-101), bahan baku RBDPO beserta Methanol dan katalis Sodium Methylate dari masing-masing tempat penyimpanan dialirkan kedalam reaktor yaitu CSTR reaktor (R-101) dengan suhu 60^{O}C. Pada reaktor ini sudah mulai terbentuk FAME namun dengan kadar gliserin yang masih tinggi, kemudian secara overflow dialirkan menuju centrifuge (CF-101), gliserin yang terbentuk langsung dialirkan ke unit utama penampungan gliserin (TK-104) , namun FAME yang dihasilkan pada reaktor (R-101) masih banyak terdapat pengotor berupa sedikit gliserin dan sisa-sisa methanol. Oleh karena itu secara oferflow dialirkan menuju Flash Drum (FD-101) untuk meguapkan methanol.

RBDPO beserta sisa gliserin dilairkan menuju Centrifuge (CF-102), di Centrifuge-102 ini dibuatkan paralel secara bergantian pada saat gaya perputaran terjadi sehingga bahan yang keluar akan secara beraturan dan bergantian. Sehingga sisa gliserin akan mengalir menuju TK-04 dan RBDPO di alirkan ke Mixer (-M-101) untuk dilakukan proses pencucian.

1.10.3 Tahap Washing

Tahap Washing atau pencucian bertujuan untuk meningkatkan kemurnian FAME yang telah dihasilkan. Setelah terpisah dari gliserin maka didapatlah FAME dengan hasil yang hampir murni, dimana dalam FAME masih terdapat sedikit pengotor seperti kadar sabun, garam dan methanol, maka dari itu perlu dilakukan *washing* dimana prosesnya terjadi didalam mixer (M-101) dengan penambahan berupa Citric Acid ($C_6H_8O_7$) dan air. Tujuan dari penambahan Citric Acid dan air adalah agar pengotor yang masih terkandung dalam FAME ikut terikat dan dapat dibuang, dimana limbah yang terbentuk berupa limbah cair untuk selanjutnya dibuang ke unit pembuangan limbah. Disamping itu FAME yang masih terdapat didalam mixer untuk selanjutnya langsung dialirkan ke unit pemisahan yaitu Centrifuge (CF-103).

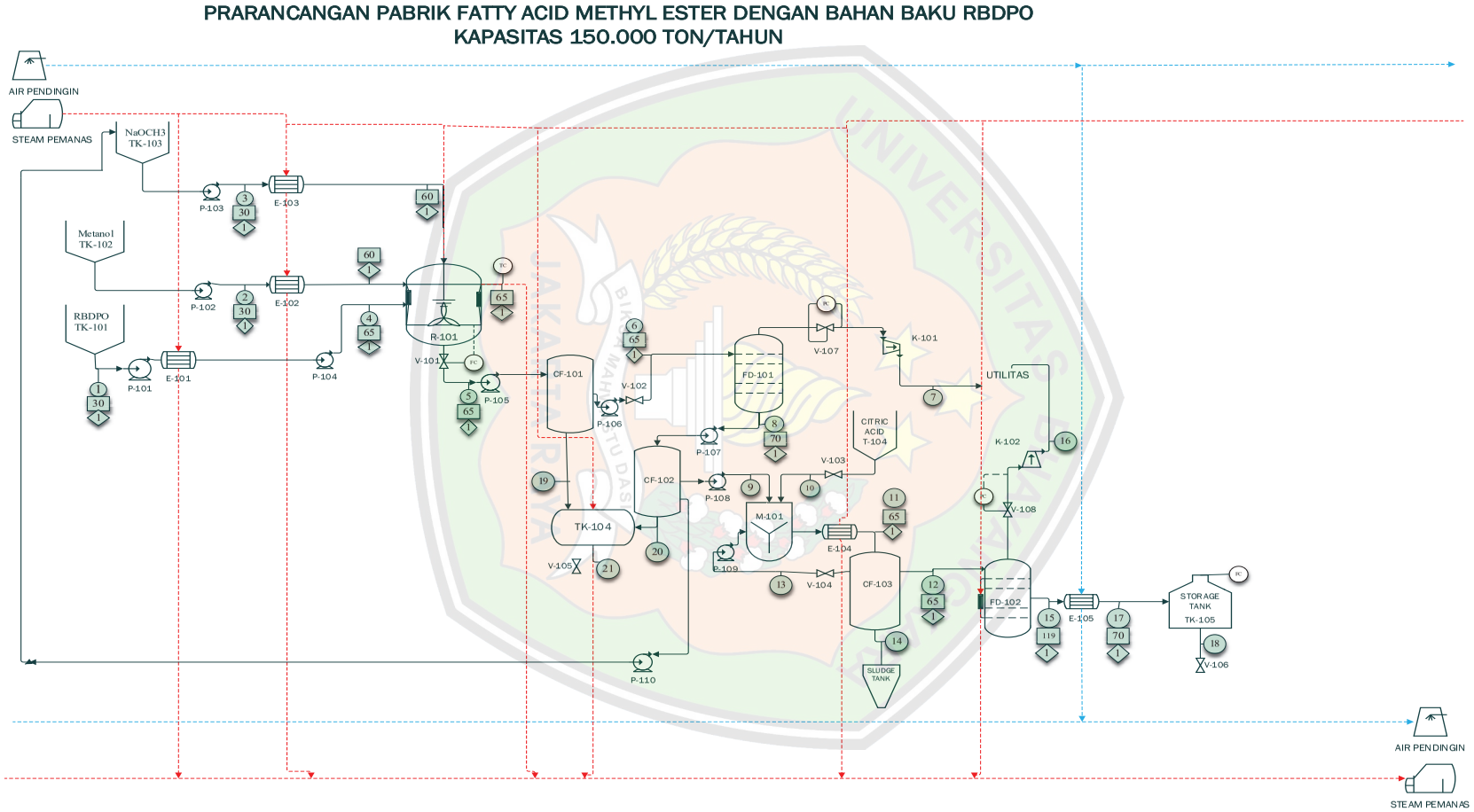
Prarancangan Pabrik.., Eddy Nana Priyatna, Fakultas Teknik, 2022

1.10.4 Tahap Separation

Separation unit atau unit pemisahan adalah prosedur yang tidak kalah penting dalam proses produksi FAME. Pada unit ini FAME yang sudah tercampur dengan Citric Acid akan dipisahkan dengan pengotor-pengotornya dengan perputaran atau gaya centrifugal pada kecepatan 3.800 rpm didalam Separator (SP-03). Setelah terpisah antara pengotor berupa garam dan sabun maka limbah yang terbentuk berupa limbah cair yang selanjutnya langsung dibuang pada unit pengolahan limbah, sementara FAME yang didapatkan masuk ke unit HE (Heat Exchanger) untuk dipanaskan sampai suhu antara 101-125°C. Proses pemanasan bertujuan untuk menguapkan sisa-sisa methanol yang masih sedikit terkandung dalam FAME. Setelah didapatkan FAME yang telah murni maka selanjutnya dialirkan kedalam vessel (TK-05). Kemudian dialirkan kembali ke HE (Heat Exchanger), akan tetapi pada bagian ini HE berfungsi sebagai pendingin. FAME yang didapatkan diturunkan suhunya secara bertahap yaitu antara 119-70°C. FAME yang benar-benar telah murni selanjutnya dapat disimpan dalam storage tank untuk dikirim ke unit pengolahan Biodiesel atau Biosolar.

Prarancangan Pabrik.., Eddy Nana Priyatna, Fakultas Teknik, 2022

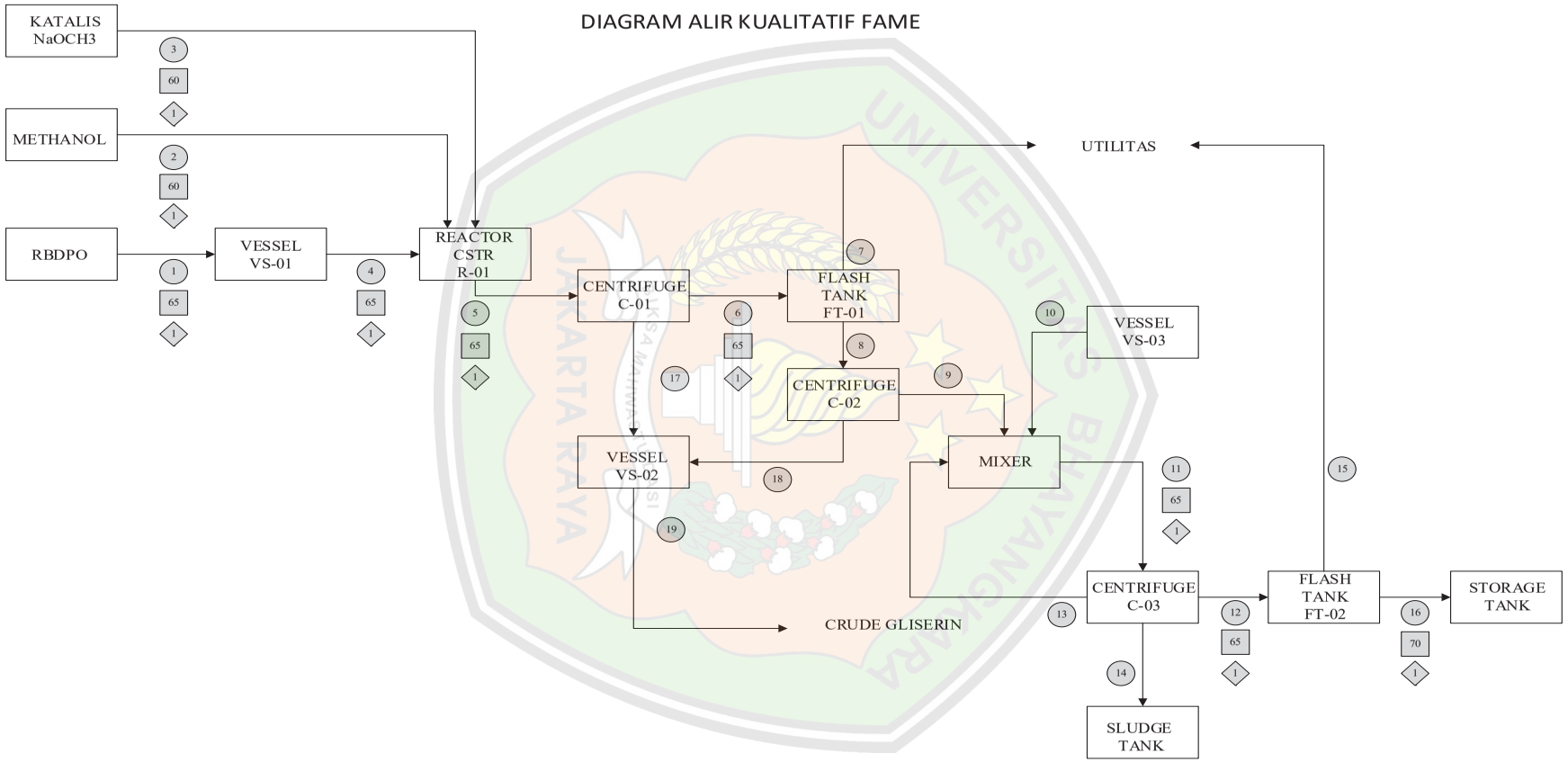
1.11 Blok Diagram Proses



Gambar 1.6 Flowsheet Pembuatan Fatty Acid Methyl Ester.

Prarancangan Pabrik.., Eddy Nana Priyatna, Fakultas Teknik, 2022

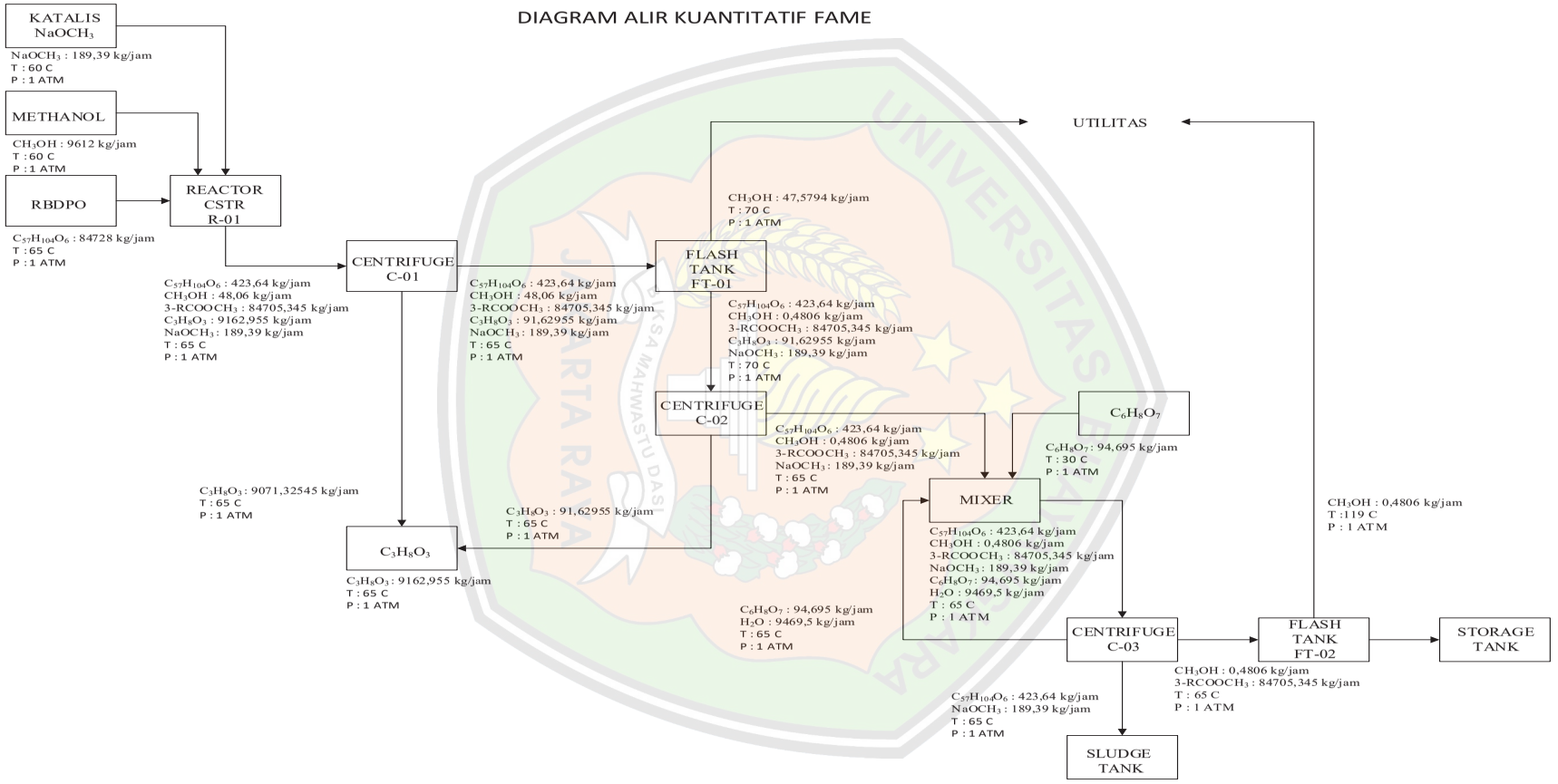
1.12 Blok Diagram Kualitatif



Gambar 1.7 Diagram Alir Kualitatif Fatty Acid Methyl Ester

Prarancangan Pabrik.., Eddy Nana Priyatna, Fakultas Teknik, 2022

1.12.1 Blok Diagram Kuantitatif



Gambar 1.8 Diagram Alir Kuantitatif Fatty Acid Methyl Ester

Prarancangan Pabrik.., Eddy Nana Priyatna, Fakultas Teknik, 2022

1.13 Spesifikasi Bahan

1.13.1 Bahan Baku

1.13.2 Refined Bleached and Deodorized Palm Oil (RBDPO)

Refined Bleached and Deodorized Palm Oil (RBDPO) adalah minyak sawit yang telah mengalami proses penyulingan untuk menghilangkan asam lemak bebas serta penjernihan untuk menghilangkan warna dan penghilangan bau.

Sifat fisika :

- Densitas, g/ml 50ºC : 0.8896 – 0.8910
- Indeks refraksi, n_D 50 :1.4544 – 1.4550
- Angka Penyabunan, mgKOH/g minyak :190 – 202
- Kemurnian : 98,5 %

(Sumber : Badan Pusat Statistik,2007)

1.13.3 Bahan Pendukung

A. Methanol

Methanol adalah salah satu jenis turunanan yang berasal dari alkohol dengan satu rantai karbon. Metanol sering disebut juga sebagai metil alkohol yang memiliki rumus kimia CH_3OH. Metanol biasanya sering digunakan sebagai bahan pelarut, bahan bakar, dan bahan aditif.

Sifat fisika :

- Rumus molekul : CH_3OH
- Berat molekul : 32,04 g/gmol
- Wujud, cair (30 ºC, 1atm) : cair
- Kenampakan : tak berwarna
- Densitas : 792 kg/m^3
- Viskositas : 0.5410 cp
- Boiling point : 64,5 ºC
- Melting point : -97 ºC
- Keasaman : 15,5
- Critical temperature : 239 ºC; 463 ºF
- Kemurnian : 96 %

(Sumber : Perry, 1984)

Prarancangan Pabrik.., Eddy Nana Priyatna, Fakultas Teknik, 2022

Sifat kimia :

- Reaksi kimia pada methanol yang terbakar di udara dan membentuk karbon dioksida dan air adalah sebagai berikut:

$2\ CH_3OH + 3\ O2 \rightarrow 2\ CO_2 + 4\ H_2O$

B. Sodium methylate ($NaOCH_3$)

Sodium methylate bersifat mudah terbakar dan mudah bereaksi dengan berbagai pelarut yang dapat memicu terjadinya suatu ledakan. Untuk mempermudah penanganan *sodium methylate* sebagai katalis dalam sintesa biodiesel banyak digunakan dalam bentuk larutan encer dengan konsentrasi sebesar 30% dalam metanol serta bebas dari kandungan air. Larutan so*dium methylate* ($NaOCH_3$) dalam metanol (30%) banyak digunakan oleh produsen biodiesel sebagai katalis. Sodium methylate banyak digunakan karena dapat menghasilkan *yield* yang lebih besar dibandingkan katalis lainnya, sehingga mempersingkat waktu reaksi dan menguragi bahan baku lemak yang dibutuhkan (Hsiao, Kuo and Hsieh 2018). Hal tersebut dikarenakan *sodium methylate* tidak mengandung air, yang menyebabkan proses penyabunan dapat diminimalisir (Karonis and Chilari 2013).

Sifat fisika :

- Warna :Tidak berwarna - kekuningan
- Aroma : Alkohol
- Ph : 11
- Titik didih : 92^oC
- Tekanan uap : 34 milibar
- Specific gravity pada 20^oC : 0,969 g/cm3

(Sumber : BASF Corporation, 2013)

Prarancangan Pabrik.., Eddy Nana Priyatna, Fakultas Teknik, 2022

C. Citric Acid

Sifat fisika :

- Bentuk : Cair
- Warna : Tidak berwarna
- Bau : Tak berbau
- Ambang bau : Tidak berlaku
- pH : 3,0 pada 2 g/l 20 °C
- Densitas : 1,115 g/cm3 @ 20 ºC

(Sumber : Merck Chemical, 2017)

D. Air

Sifat fisika :

- Rumus molekul : H_2O
- Fase : Cair
- Berat molekul : 18.0153 g/mol
- Specific gravity : 0.998 g/cm^3 (cairan @ 20 ºC)
- Titik didih : 100 ºC
- Warna : Tidak berwarna

(Sumber : Perrys Chemical vol 8,edition)

1.13.4 Produk

A. Fatty Acid Methyl Ester (Biodisel)

Sifat fisika :

- Rumus molekul : R-COOCH3
- Berat molekul : 283,77 g/gmol
- Wujud : Cair
- Warna : Jernih kekuningan
- Densitas : 810 kg/m3
- Viskositas : 7.3 cp
- Specific gravity : 0,87 – 0,89

- Cetane number : 46 – 70
- Cloud point : (-11 s/d 16) ºC
- Boiling point : (182 – 338) ºC
- Pour point : (-15 s/d 135) ºC
- Kemurnian : 98 %

Standar yang sering digunakan sebagai bahan acuan untuk biodisel adalah standar Jerman DIN V 51606 tahun 1997.

Tabel 1.7 Standar Biodisel DIN V 51606

Standar/Spesifikasi	**Din V 51606**
Aplikasi	*Fatty Acid Methyl Ester (FAME)*
Densitas pada 15°C, g/cm3	0,875 - 0,90
Viskositas pada 40°C, mm^2/s	3,5 - 5,0
Titik nyala, °C	>110
Kadar air, mg/kg	<300
Angka cetan	>49
Metanol, % massa	<0,3
Ester, % massa	-
Gliserida, % massa	<1,6
Gliserol, % massa	<0,25
Angka Iodine	<115

(Sumber : Journeytoforever.org)

B. Crude Gliserin

Sifat Fisika :

- Sinonim : 1,2,3 propanetriol
- Formula empiris : $C_3H_8O_3$

Prarancangan Pabrik.., Eddy Nana Priyatna, Fakultas Teknik, 2022

- Wujud fisik : Cair
- Warna : Amber
- Density : 1,22 – 1,24 @ 25ºC
- Melting point : 18 ºC
- Boiling point : > 130 ºC
- Freezing point : < 2 ºC
- Specific gravity : 1.22 – 1,24 @ 25 ºC

(Sumber : MSDS Cargill, 2007)

1.13.5 Kegunaan produk

A. Fatty Acid Methyl Ester (Biodisel)

- Biodisel digunakan sebagai bahan bakar alternativ untuk pengganti minyak bumi khusus untuk digunakan pada mesin diesel otomotif dan mesin industri.
- Biodiesel juga dimanfaatkan untuk menanggulangi pencemaran lingkungan akibat banyaknya pembakaran bahan bakar fosil yang kurang ramah terhadap linkungan.

B. Gliserin

Manfaat untuk obat – obatan:

- Digunakan di dalam pekerjaan medis dan persiapan farmasi misalnya sebagai pelumas pada peralatan kedokteran yang akan digunakan.
- Digunakan untuk obat pencuci perut.
- Digunakan untuk sirup obat batuk.
- Digunakan sebagai pengganti alkohol, untuk bahan pelarut dalam pengambilan herbal dan antiseptic.

Manfaat untuk perawatan pribadi :

- Pasta gigi.
- Obat kumur.
- Produk Perawatan kulit.
- Cream cukur rambut.
- Sabun.

Manfaat untuk makanan dan minuman :

- Digunakan sebagai bahan pelarut dan bahan pemanis, serta untuk mengawetkan makanan.
- Digunakan sebagai pewarna makanan.
- Digunakan untuk membuat *polyglycerol esters* dalam industri margarine.

Prarancangan Pabrik.., Eddy Nana Priyatna, Fakultas Teknik, 2022