

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Industri otomotif global telah berkembang pesat. Industri ini mencatat penjualan 95,0 juta kendaraan di seluruh dunia pada tahun 2016, naik 4,6% dari tahun sebelumnya. Faktor-faktor seperti peningkatan tingkat pendapatan di seluruh dunia, permintaan kendaraan listrik yang meningkat, dan kemajuan teknologi yang konsisten diharapkan dapat mendorong permintaan di tahun-tahun mendatang.

Ukuran pasar acrylonitrile butadiene styrene (ABS) global diperkirakan mencapai USD 23,09 miliar pada tahun 2016 dan diproyeksikan mengalami *Compound Annual Growth Rate* (CAGR) 7,1% selama periode perkiraan. Mengingat sifat ringan ABS, yang membantu efisiensi bahan bakar yang tinggi, permintaan yang sama kemungkinan besar akan meningkat di industri otomotif.

Industri otomotif telah mengalami perubahan yang signifikan selama bertahun-tahun dan ada kecenderungan yang meningkat terhadap penurunan bobot mobil untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar. Diperkirakan penurunan 10,0% dalam berat menghasilkan sekitar 5,0% hingga 7,0% penghematan bahan bakar dalam mobil. Selain itu, pengurangan bobot membantu mengontrol emisi CO₂ selama siklus hidup kendaraan. (*sumber: grandviewresech*)

Plastik Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) adalah polimer thermoplastic yang digunakan di industri otomotif, elektronik, dan peralatan rumah tangga karena memiliki stabilitas dimensi yang baik, kemampuan kejut dan kekenyalan yang tinggi sehingga cocok diaplikasikan untuk komponen yang bergerak (Zohari & Kusmono, 2013). Plastik ABS dibentuk dari 3 monomer yaitu Acrylonitrile butadiene styrene di mana Acrylonitrile adalah sintesis monomer yang memiliki kekuatan tinggi, stabil terhadap panas dan tahan terhadap kimia, butadiena

memiliki ketahanan impak dan ketangguhan yang tinggi, sedangkan stirena bersifat kaku dan mudah dibentuk. Berdasarkan sifat dasar tersebut yang paling penting adalah ketahanan terhadap impak dan toughness yang tinggi (Mujiarto, 2005).

Acrylonitrile Butadiene Styrene sebagai bahan *intermediate* dapat menjadi indikator berkembang pesatnya industri di suatu Negara, di Indonesia sendiri kebutuhan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* semakin meningkat sehingga membutuhkan impor *Acrylonitrile Butadiene Styrene* dari luar negeri. Tahun 2015 jumlah impor *Acrylonitrile Butadiene Styrene* Indonesia mencapai 91653 Ton, Tahun 2016 mencapai 104011 Ton, Tahun 2017 mencapai 95644 Ton, Tahun 2018 mencapai 103007 Ton dan sampai tahun 2019 mencapai 103805 Ton. Untuk mengurangi jumlah impor *Acrylonitrile Butadiene Styrene* di Indonesia serta memenuhi kebutuhan dalam negeri kami sebagai mahasiswa teknik kimia ingin merancang pabrik produksi *Acrylonitrile Butadiene Styrene* dengan kapasitas yang sudah kami hitung.

1.2 Maksud dan Tujuan

1.2.1 Maksud

Maksud dari perancangan pabrik ini adalah untuk memenuhi kebutuhan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* di Indonesia dan dunia, karena produk ini banyak digunakan sebagai bahan baku maupun bahan campuran pada pabrik plastik, maka dalam perancangan pabrik ini akan dirancang pabrik kimia yang memproduksi *Acrylonitrile Butadiene Styrene* dari *Acrylonitrile*, *Butadiene Rubber* dan *Styrene*.

1.2.2 Tujuan

Tujuan dari prarancangan pabrik *Acrylonitrile Butadiene Styrene* ini adalah:

1. Untuk meningkatkan jumlah produksi *Acrylonitrile Butadiene Styrene* yang ada di dalam negeri.

2. Untuk mengurangi jumlah impor *Acrylonitrile Butadiene Styrene* dari luar negeri ke Indonesia
3. Untuk memenuhi kebutuhan industri yang menggunakan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* sebagai bahan baku.
4. Meningkatkan jumlah ekspor *Acrylonitrile Butadiene Styrene*.
5. Menerapkan disiplin ilmu teknik kimia dalam sebuah prarancangan pabrik kimia.

1.3 Analisa Pasar

1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi *Acrylonitrile Butadiene Styrene* adalah *Acrylonitrile*, *Butadiene Rubber* dan *Styrene*. *Styrene Acrylonitrile* yang digunakan sebagai bahan baku akan disuplai PT. Arbe Styrimdo dengan kapasitas produksi 20.000 ton/tahun sedangkan *Butadiene* akan disuplai dari PT. Petrokimia Butadiene Indonesia dengan kapasitas 100.000 ton/tahun , (www.kemenperin.go.id).

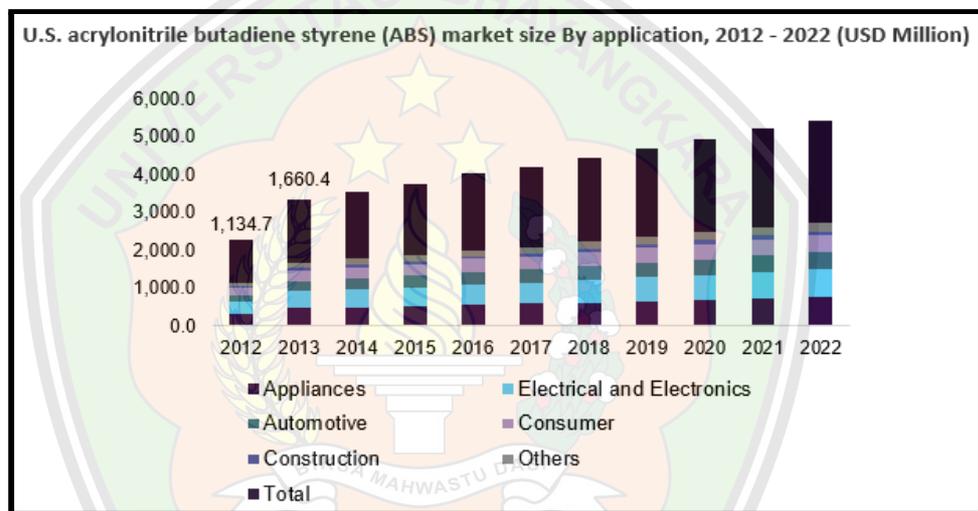
1.3.2 Kebutuhan Produk

Potensi prospek industri peralatan rumah tangga, otomotif, kelistrikan & elektronik akan mendorong pasar acrylonitrile butadiene styrene. Peningkatan produksi otomotif yang dibarengi dengan pergeseran tren otomotif ke arah mobil ringan akan mendukung pertumbuhan bisnis. Produksi otomotif global diperkirakan akan melebihi 100 juta unit pada tahun 2020. Peraturan pemerintah yang ketat di Amerika Utara dan Eropa telah menurunkan emisi, pengurangan berat di atas 440 kilogram, yang memungkinkan penurunan berat 40 gram CO₂ dan lonjakan efisiensi bahan bakar hingga 11% . (Sumber: *Global market insight*)

Ukuran pasar acrylonitrile butadiene styrene (ABS) global diperkirakan mencapai USD 23,09 miliar pada tahun 2016 dan diproyeksikan mengalami *Compound Annual Growth Rate (CAGR)* 7,1% selama periode perkiraan.

Mengingat sifat ringan ABS, yang membantu efisiensi bahan bakar yang tinggi, permintaan yang sama kemungkinan besar akan meningkat di industri otomotif.

Industri otomotif telah mengalami perubahan yang signifikan selama bertahun-tahun dan ada kecenderungan yang meningkat terhadap penurunan bobot mobil untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar. Diperkirakan penurunan 10,0% dalam berat menghasilkan sekitar 5,0% hingga 7,0% penghematan bahan bakar dalam mobil. Selain itu, pengurangan bobot membantu mengontrol emisi CO2 selama siklus hidup kendaraan.



Grafik 1.1. acrylonitrile butadiene styrene(ABS) market size

Sumber: grandview research (2012)

Industri otomotif global telah berkembang pesat. Industri ini mencatat penjualan 95,0 juta kendaraan di seluruh dunia pada tahun 2016, naik 4,6% dari tahun sebelumnya. Faktor-faktor seperti peningkatan tingkat pendapatan di seluruh dunia, permintaan kendaraan listrik yang meningkat, dan kemajuan teknologi yang konsisten diharapkan dapat mendorong permintaan di tahun-tahun mendatang.

Akrilonitril butadiena stirena banyak digunakan dalam lembaran plastik, pipa dan alat kelengkapan. Pertumbuhan belanja konstruksi di wilayah

berkembang karena peningkatan pendapatan bersih per kapita merupakan salah satu faktor kunci untuk pertumbuhan industri.

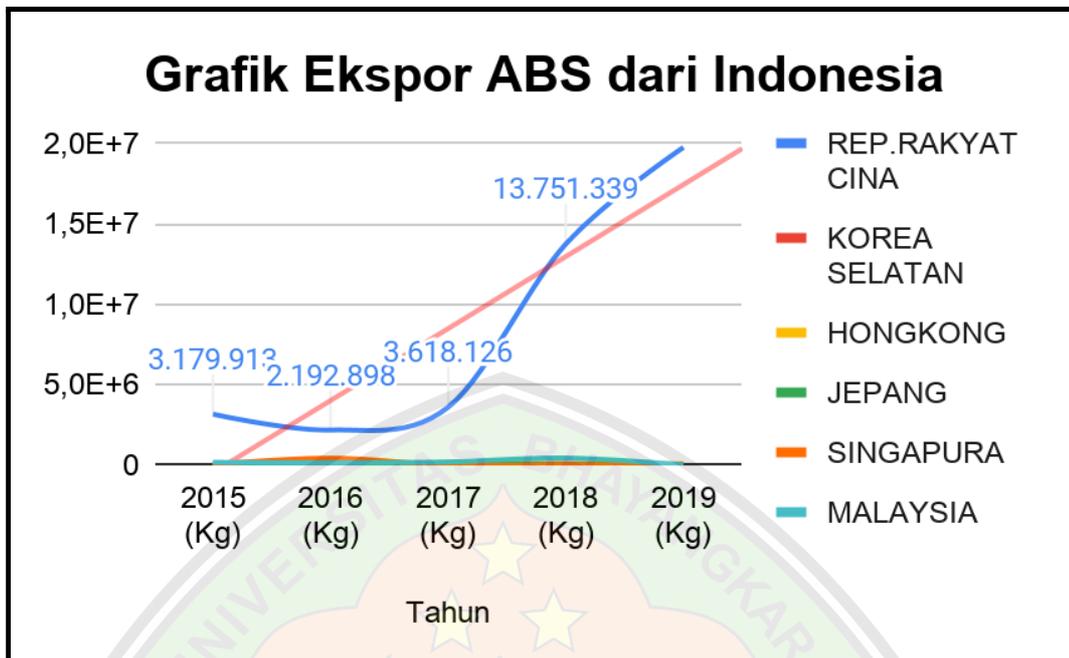
Permintaan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* diperkirakan akan meningkat mengingat semakin berkembangnya industri plastik, industri otomotif seperti kebutuhan elektronik, otomotif dan lain-lain baik di dalam maupun luar negeri. Kebutuhan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* di Indonesia, sebagian besar sudah mengandalkan produksi lokal, akan tetapi permintaan akan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* di negara lain seperti China, Korea Selatan, Hongkong, Jepang, Singapura dan Malaysia cukup tinggi selama 5 tahun terakhir.

Berikut merupakan data perkembangan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* di Negara lain ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 1.1. kebutuhan Ekspor *Acrylonitrile Butadiene Styrene* di Negara lain

NEGARA	2015 (Kg)	2016 (Kg)	2017 (Kg)	2018 (Kg)	2019 (Kg)
REP.RAKYAT CINA	3.179.913	2.192.898	3.618.126	13.751.339	19.748.974
KOREA SELATAN	20.825	110.657	69.834	108.783	48.952
HONGKONG	100	7.132	13.650	28.109	105.015
JEPANG	12.717	12.385	135.859	71.518	20.975
SINGAPURA	62.478	447.088	25.326	33.674	45.505
MALAYSIA	189.308	166.767	217.072	456.725	35.424

Sumber :BPS (diolah PDSI Kementerian Perdagangan, (2019)



Grafik 1.2. kebutuhan Ekspor *Acrylonitrile Butadiene Styrene* di Negara lain

1.4 Penentuan Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan dalam merancang suatu pabrik dimana kapasitas produksi dapat mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis

Daftar perusahaan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* yang ada di Indonesia :

Tabel 1.2. Perusahaan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* di Indonesia

No	Nama Perusahaan	Plant	Tahun Commissioning	Original Capacity (TPA)
1	PT. Arbe Styrimdo	ABS Compounding Plant	1995	20000
2	PT.ABS Industry Indonesia	ABS Powder/HRG Plant	1996	20000

3	PT.ABS Industry Indonesia	ABS Compounding Plant	1996	20000
4	PT.ABS Industry Indonesia (Korea's Lotte)	ABS Powder/HRG Plant	2019	73000

Pabrik *Acrylonitrile Butadiene Styrene* direncanakan akan didirikan pada tahun 2025, dengan mempertimbangkan peluang dari kebutuhan Negara lain berdasarkan data yang tersedia pada tabel 1.3.2, maka kapasitas pabrik yang direncanakan sebagai berikut :

Tabel 1.3 Data ekspor impor, konsumsi & produksi *Acrylonitrile Butadiene Styrene* di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)	Ekspor (ton/tahun)	Konsumsi (ton/tahun)	Produksi (ton/tahun)
2015	91653,8	3.538	87.259	178.913
2016	104011,5	2.555	88.694	192.706
2017	95644,2	4.110	90.129	185.773
2018	103007,0	15.111	91.563	194.570
2019	103805,0	20.687	93.000	196.805

(Sumber :BPS (diolah PDSI Kementerian Perdagangan), 2019)

Untuk mengetahui jumlah kapasitas produksi pabrik *Acrylonitrile Butadiene Styrene* dapat menggunakan metode discounted dengan persamaan sebagai berikut :

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

Keterangan :

m_1 = Nilai impor tahun pabrik didirikan

m_2 = Produksi pabrik didalam negeri

m_3 = Kapasitas pabrik yang akan didirikan

m_4 = Nilai ekspor tahun pabrik didirikan

m_5 = Nilai konsumsi dalam negeri tahun pabrik didirikan

(Kusnarjo, 2010)

Dengan menggunakan tabel 1.3-4 diperoleh kenaikan impor per tahun adalah 3.16% , kenaikan ekspor per tahun adalah 55.50% , kenaikan produksi per tahun adalah 0.41%, dan kenaikan konsumsi per tahun adalah 1.87%. Maka diperkirakan nilai impor pada tahun 2025 :

$$\begin{aligned} m_1 &= P (1+i)^n \\ &= 103805 (1+0,316)^6 \\ &= 125118 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perkiraan ekspor tahun 2025, rata-rata kenaikan ekspor tiap tahun adalah 55.50%.

$$\begin{aligned} m_4 &= P (1+i)^n \\ &= 20687 (1+0,555)^6 \\ &= 292516,1 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perkiraan produksi tahun 2025, rata-rata kenaikan ekspor tiap tahun adalah 0.41%.

$$\begin{aligned} m_2 &= P (1+i)^n \\ &= 93000 (1+0,0041)^6 \\ &= 95303 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perkiraan konsumsi tahun 2025, rata-rata kenaikan ekspor tiap tahun adalah 1.87%.

$$\begin{aligned}m_5 &= P (1+i)^n \\ &= 196.805 (1+0,0187)^6 \\ &= 21995,7 \text{ ton}\end{aligned}$$

Sehingga peluang kapasitas produksi pada tahun 2025 adalah,

$$\begin{aligned}m_3 &= (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \\ m_3 &= (292516,1 + 21995,7) - (125118 + 95303) \\ m_3 &= 292.090,8 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

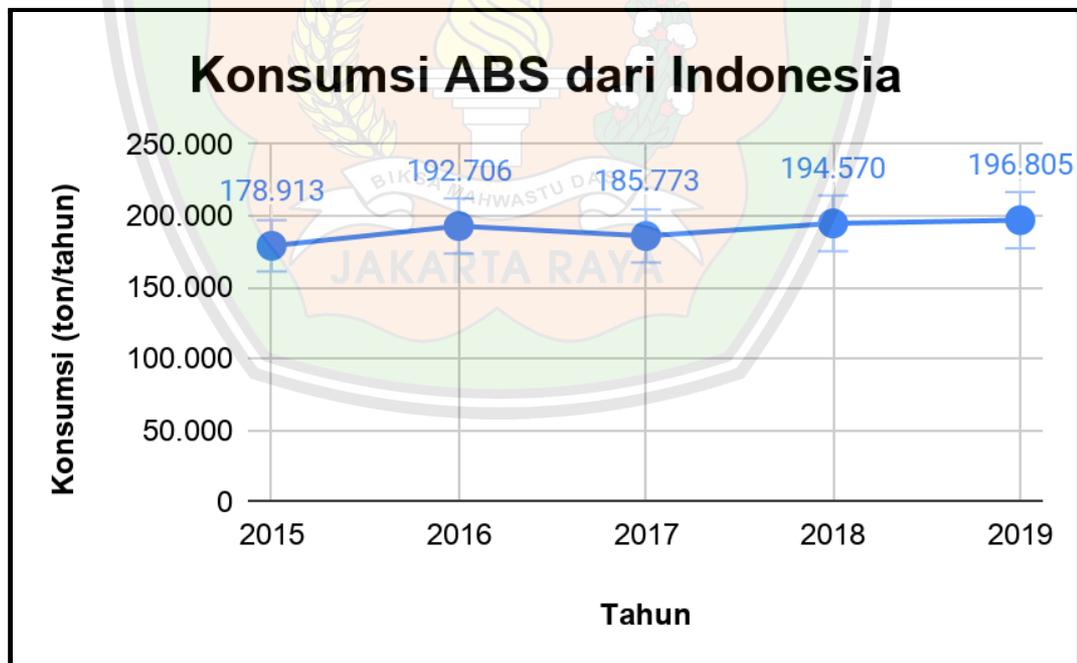
Berdasarkan perhitungan peluang kapasitas dari data kebutuhan di Indonesia produksi pabrik *Acrylonitrile Butadiene Styrene* adalah 292.090,81 ton/tahun. Oleh sebab itu kami akan merancang pabrik *Acrylonitrile Butadiene Styrene* dengan kapasitas 50000 ton per tahun.



Gambar 1.3. Grafik Ekspor *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS)



Gambar 1.4. Grafik Impor *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)*



Gambar 1.5. Grafik Konsumsi *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)*



Gambar 1.6. Grafik Produksi *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)*

1.5 Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik yang tepat sangat penting dalam perancangan suatu pabrik. Lokasi yang tepat dapat memiliki pengaruh yang besar terhadap keberhasilan pabrik tersebut baik dalam segi teknis maupun ekonomis. Oleh karena itu pabrik *Acrylonitrile Butadiene Styrene* dengan kapasitas 50000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Cilegon, Banten. Adapun faktor-faktor yang mendukung untuk mempertimbangkan lokasi pabrik, antara lain :

1. Ketersediaan Bahan Baku

Sumber bahan baku merupakan salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik. Sumber bahan baku yang 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 yaitu PT. Arbe Indonesia yang berlokasi di Serang, Banten. Pemilihan Kawasan Industri Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) sebagai lokasi pabrik juga dikarenakan kawasan ini terletak pada lintasan Air Laut Kepulauan Indonesia (Merak), karena memudahkan ekspor *Acrylonitrile Butadiene Styrene* ke Industri-Industri ke luar negeri yang merupakan lintasan laut perdagangan internasional juga menghubungkan Pulau Jawa dan Sumatera.

2. Transportasi

Transportasi di daerah cilegon cukup memadai baik darat karena dekat dengan akses jalan tol Jakarta-Merak maupun laut dekat dengan Pelabuhan Merak. Transportasi ini penting untuk menunjang keperluan impor-ekspor sehingga memudahkan pengangkutan bahan baku, bahan pembantu, dan produk.

3. Pemasaran Produk

Daerah Cilegon merupakan daerah yang tepat untuk daerah pemasaran karena banyaknya industri kimia yang menggunakan bahan baku *acrylonitrile butadiene styrene*. Daerah ini juga dekat dengan Pelabuhan Merak yang memudahkan ekspor *acrylonitrile butadiene styrene* ke industri - industri yang berada di luar negeri. Selain itu pemerintah akan memfasilitasi pendirian industri resin sintetik dan bahan plastik dan memfasilitasi terbukanya pasar industri resin sintetik dan bahan plastik melalui kerjasama hulu-hilir (petrokimia hulu dan industri barang plastik). (Negara, 2015)

4. Tenaga Kerja

Kawasan Industri Cilegon ini merupakan salah satu kawasan yang sedang berkembang pesat, dan banyak Industri maju yang bergerak di banyak

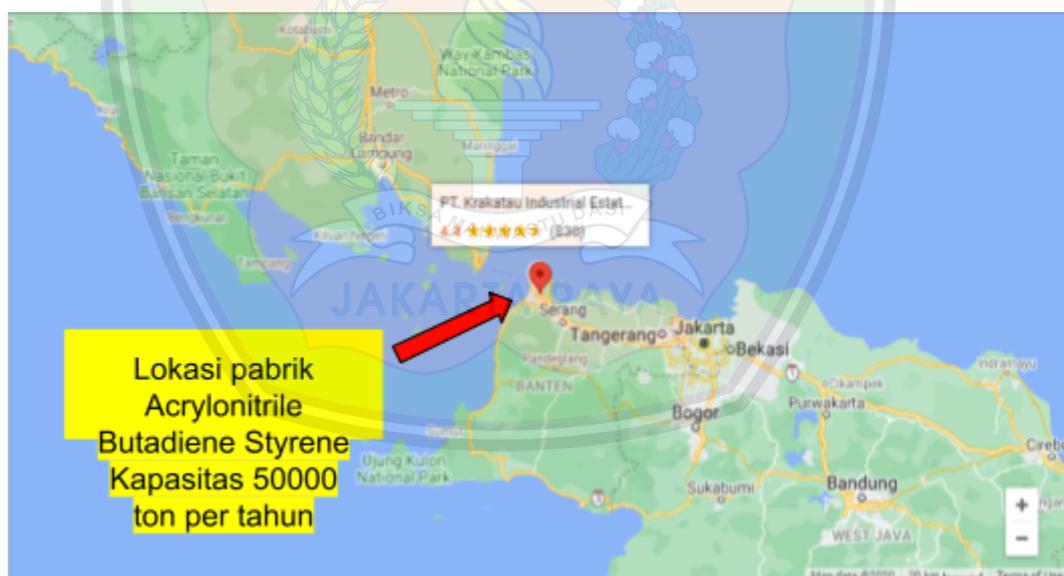
bidang. Sehingga tidak ada kesulitan untuk mendapatkan tenaga kerja. Tenaga kerja ahli dan berkualitas dapat diambil dari lulusan Universitas/Institut di seluruh Indonesia, untuk tenaga kerja non ahli (operator) dapat mengambil dari daerah sekitar.

5. Lingkungan

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

6. Ketersediaan Air

Ketersediaan air faktor lain yang mendukung pemilihan lokasi pabrik di daerah. Untuk kebutuhan air pendingin, pemadam kebakaran, kebutuhan air konsumsi umum dan sanitasi diperoleh dari pengolahan air laut di selat Sunda.



Gambar 1.7. Lokasi pabrik Acrylonitrile Butadiene Styrene di KIEC Cilegon

Sumber : Google (2020)

1.6 Tinjauan Pustaka

1.6.1 Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)

Akrilonitril Butadiene styrene (ABS) (bahasa Inggris: *acrylonitrile butadiene styrene*) dengan formula kimia $(C_8H_8)_x \cdot (C_4H_6)_y \cdot (C_3H_3N)_z$ adalah sejenis kopolimer termoplastik yang tersusun dari polimer-polimer lainnya. Suhu transisi kaca dari ABS adalah sekitar $105\text{ }^\circ\text{C}$ ($221\text{ }^\circ\text{F}$) dan merupakan zat padat amorf yang tidak mempunyai titik leleh yang tetap.

ABS adalah kopolimer yang terdiri dari tiga jenis monomer berbeda. Hasil dari polimerisasi akrilonitril dan stirena dengan polibutadiena. Komposisi ketiga jenis monomer ini dapat bervariasi dari 15% - 35% akrilonitril, 5% - 30% butadiena dan 40% - 60% stirena. Hasil dari polimerisasi ini adalah persilangan Kelompok-kelompok nitril yang berdekatan terpolarisasi dan terikat satu sama antara rantai polibutadiena yang lebih panjang dengan kopolimer akrilonitril-stirena yang relatif lebih pendek. Hal ini menyebabkan ABS lebih kuat daripada polistirena murni. Dari ini, stirena yang memberikan kesan mengkilap pada permukaan ABS sedangkan polibutadiena yang merupakan bahan sejenis karet memberikan nilai ketangguhan yang tinggi bahkan pada suhu rendah. Secara umum, ABS biasanya digunakan pada aplikasi di antara suhu $-20\text{ }^\circ\text{C}$ sampai dengan $80\text{ }^\circ\text{C}$ ($-4\text{ }^\circ\text{F}$ sampai $176\text{ }^\circ\text{F}$) tergantung pada struktur dan komposisi monomer yang membuatnya. Beberapa jenis ABS tahan panas bahkan dapat digunakan untuk aplikasi sampai dengan suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$.

Sifat dasar paling penting dari ABS adalah ketahanan pada benturan dan ketangguhan. Modifikasi dalam komposisi monomer yang membentuk ABS dapat menyebabkan variasi dalam ketahanannya pada benturan, suhu dan ketangguhan. Ini menyebabkan ABS dapat diproduksi dengan banyak jenis kategori tingkatan dan varian. Dua kategori besar dari ABS adalah yang dipergunakan untuk injeksi dan ekstrusi. Lalu juga ada jenis ABS untuk tingkat ketahanan benturan tinggi, sedang atau tahan panas.

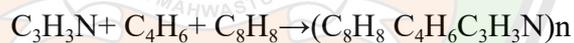
1.6.2 Kegunaan Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)

ABS banyak digunakan dalam bidang teknik, seperti misalnya untuk kebutuhan elektronik, otomotif, dll. Hal ini dikarenakan ABS mempunyai kekuatan kejut dan kekenyalan yang tinggi dibanding polistiren, sehingga sangat cocok untuk aplikasi pada komponen-komponen yang bergerak.

Selain aplikasi yang luas untuk keperluan mekanikal dan teknik, ABS juga mulai digunakan untuk aplikasi elektronik karena beberapa jenis ABS mempunyai ciri-khas tahan api (*flame retardant*), namun juga dikarenakan karakteristik elektriknya yang baik, yang tidak berubah pada rentang frekuensi yang luas.

1.6.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara Termodinamika digunakan untuk mengetahui sifat reaksi tersebut, 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_f°) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$. Reaksi yang terjadi:



Harga ΔH_f° Reaksi dan ΔG Reaksi masing-masing komponen dapat dilihat pada tabel 1.5 berikut:

Tabel 1.4. data ΔH_f° komponen

komponen	ΔH_f (Kj/mol)
$\text{C}_3\text{H}_3\text{N}$	140 Kj/mol
C_4H_6	90.50 Kj/mol
C_8H_8	108 Kj/Mol
$(\text{C}_8\text{H}_8\text{C}_4\text{H}_6\text{C}_3\text{H}_3\text{N})_n$	156 Kj/Mol

(Chemeo.com)

$$\Delta H_{\text{total}} = (n \cdot \Delta H_f^{\circ} \text{Produk}) - (n \cdot \Delta H_f^{\circ} \text{Reaktan})$$

$$\Delta H_{\text{total}} = (\Delta H_f^{\circ} (\text{C}_8\text{H}_8 \text{ C}_4\text{H}_6\text{C}_3\text{H}_3\text{N})n) - (\Delta H_f^{\circ} \text{C}_3\text{H}_3\text{N} + \Delta H_f^{\circ} \text{C}_4\text{H}_6 + \Delta H_f^{\circ} \text{C}_8\text{H}_8)$$

$$\Delta H_{\text{total}} = (156) - (140 + 90.50 + 108)$$

$$\Delta H_{\text{total}} = (156) - (338.5)$$

$$\Delta H_{\text{total}} = -182.5 \text{ kJ/mol (eksotermis)}$$

Harga ΔH_{total} bernilai negatif, maka reaksi pembentukan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* bersifat *eksotermis* atau menghasilkan panas selama reaksi berlangsung.

Energi Bebas Gibbs (ΔG) digunakan untuk menentukan apakah reaksi berlangsung secara Spontan, tidak spontan, atau berada dalam kesetimbangan. Jika nilai ΔG° adalah negatif maka reaksi dapat berjalan spontan. Berikut adalah perhitungan nilai ΔG° .

Tabel 1.5. Data ΔG° komponen

komponen	ΔG (Kj/mol)
$\text{C}_3\text{H}_3\text{N}$	195.40 Kj/mol
C_4H_6	15.48 Kj/mol
C_8H_8	216.73 Kj/Mol
$(\text{C}_8\text{H}_8\text{C}_4\text{H}_6\text{C}_3\text{H}_3\text{N})n$	390 Kj/Mol

(Chemeo.com)

$$\Delta G^{\circ} = \Delta G^{\circ} \text{Produk} - \Delta G^{\circ} \text{Reaktan}$$

$$\Delta G^{\circ} = (\Delta G^{\circ} (\text{C}_8\text{H}_8 \text{ C}_4\text{H}_6\text{C}_3\text{H}_3\text{N})n) - (\Delta G^{\circ} \text{C}_3\text{H}_3\text{N} + \Delta G^{\circ} \text{C}_4\text{H}_6 + \Delta G^{\circ} \text{C}_8\text{H}_8)$$

$$\Delta G^\circ = (390) - (195.40 + 15.48 + 216.73)$$

$$\Delta G^\circ = (390) - (427.61)$$

$$\Delta G^\circ = -37.61 \text{ kJ/mol}$$

1.6.4 Tinjauan Kinetika Reaksi

Konstanta kecepatan reaksi *Acrylonitrile, Butadiene & Styrene* menjadi *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) dinyatakan dalam persamaan:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

Maka :

$$K = \exp (\Delta G / -RT)$$

Dalam persamaan ini :

- K : Konstanta kecepatan Reaksi
- ΔG° : Energi Bebas Gibbs (J/mol)
- T : Suhu Operasi (K)
- R : Tetapan Gas (J/K/mol)

Dari persamaan diatas dapat dihitung konstanta kesetimbangan dimana :

$$\Delta G^\circ = -37.61 \text{ kJ/mol } (-37610 \text{ J/mol})$$

$$R = 8,314 \text{ J/K/mol}$$

$$T \text{ tahap 1} = 383 \text{ K}$$

Reaksi pada tahap pertama dijalankan pada temperatur 135 °C (408 K), sehingga harga konstanta kesetimbangan K pada temperatur 135°C (408 K) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$K = \exp (\Delta G / -RT)$$

$$K = \exp \left[\frac{-37610 \text{ j/mol}}{-(8.314 \text{ j/K/mol} \times 408 \text{ K})} \right]$$

$$K_{operasi} = 65348,4$$

Dari perhitungan diatas harga konstanta kesetimbangan nilainya cukup besar yang berarti bahwa kesetimbangan reaksi hampir selesai dan hampir tidak ada sisa reaktan.

Reaksi pada tahap kedua dijalankan pada temperatur 145 °C (418 K), sehingga harga konstanta kesetimbangan K pada temperatur 145°C (418 K) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$K = \exp (\Delta G / - RT)$$

$$K = \exp \left[\frac{-37610 \text{ j/mol}}{-(8.314 \text{ j/K/mol} \times 418 \text{ K})} \right]$$

$$K_{\text{operasi}} = 50123,1$$

Dari perhitungan diatas harga konstanta kesetimbangan nilainya cukup besar yang berarti bahwa kesetimbangan reaksi hampir selesai dan hampir tidak ada sisa reaktan.

1.7 Uraian Proses

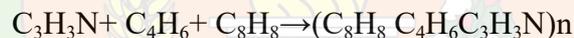
1.7.1 Proses Persiapan Bahan Baku

Tahap persiapan bahan baku bertujuan untuk mempersiapkan bahan baku atau reaktan yang akan direaksikan ke dalam reaktor dalam fase cair. *Butadiene rubber* yang masih berbentuk *block dicrusher* menjadi ukuran kecil lalu dialirkan menuju mixer M-112 dengan takaran 7.5% dari berat. Acrylonitrile cair dipompa dari storage tank TK-110B dengan menggunakan pompa centrifugal P-110B menuju mixer M-112 dengan takaran 13.5% dari berat . Styrene cair dipompa dari storage tank TK-110C dengan menggunakan pompa centrifugal P-110C menuju mixer M-112 dengan takaran 41% dari berat. Selanjutnya bahan pelarut *ethyl benzene* juga ditambahkan ke mixer dengan menggunakan pompa centrifugal P-110D dengan takaran 35% dari berat. Pada mixer terdapat mesin agitator yang berfungsi mengaduk bahan baku dan bahan pelarut (*solvent*) yang berputar secara terus menerus dengan penggerak motor electric. Setelah di mixing antara bahan

baku utama dan bahan pelarut maka reaktan siap diumpankan ke dalam reaktor R-120 untuk direaksikan.

1.7.2 Proses Polimerisasi

Pada tahap ini bahan baku yang telah di mixing pada mixer M112 dialirkan dengan menggunakan pompa centrifugal P-112 menuju reaktor RATB untuk direaksikan pada tahap pertama di R-120. Pada reaktor ini terdapat pengaduk yang selalu berputar dengan penggerak motor electrical. Pada reaksi tahap pertama ini suhu dijaga pada temperatur 135 ° C dengan menggunakan steam yang dialirkan dari boiler menuju reaktor. Inisiator juga ditambahkan pada reaktor yaitu menggunakan t-butyl peroxide. Reaksi polimerisasi yang terjadi pada reaktor adalah Inisiasi dengan menggunakan inisiator t-butyl peroxide sebanyak 0,01% selanjutnya tahapan Propagasi yaitu reaksi untuk mencapai panjang rantai polimer sesuai yang diinginkan dan yang terakhir adalah tahapan terminasi yaitu tahap untuk mengakhiri polimerisasi. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Hasil reaksi pada reaktor tahap pertama selanjutnya diumpankan ke reaktor tahap kedua R-121 untuk mendapatkan hasil reaksi yang lebih bagus dibanding reaktor pertama. Pada reaktor tahap kedua juga terdapat pengaduk yang selalu berputar dengan penggerak motor electrical. Suhu reaksi pada tahap ini dijaga pada temperatur 145 ° C dengan menggunakan steam yang dialirkan dari boiler menuju reaktor. Hasil produk dari reaktor tahap kedua dialirkan ke proses selanjutnya yaitu devolatilizer.

1.7.3 Proses Devolatilisasi

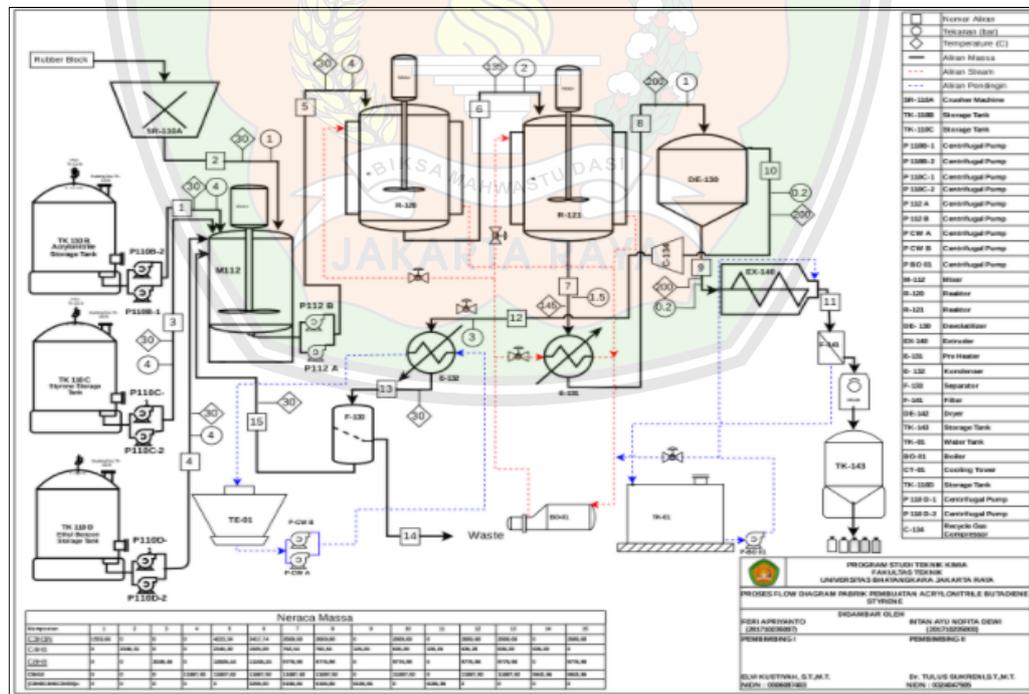
Pada tahap ini produk yang dihasilkan dari reaktor tahap ke tiga yaitu ABS resin dalam fase cair dialirkan menuju heat exchanger E131 (Pre-Heater) untuk menjaga temperatur produk 200°C. Selanjutnya dialirkan menuju devolatilizer. Pada devolatilizer larutan yang sangat kental, ditransfer ke devolatilizer melalui pemanas E-131. Pada devolatilizer, komponen volatile dan monomer yang tidak

bereaksi dipisahkan dari larutan polimer dengan penguapan di bawah vakum. Polimer di bagian bawah devolatilizer secara kontinu dikirim oleh pompa polimer P-134 ke bagian pelletizing. Komponen yang mudah menguap dan monomer yang tidak bereaksi dari bagian atas devolatilizer dipulihkan sebagai monomer daur ulang yang dikondensasikan di exchanger E-132 untuk di recycle ke proses awal agar mendapatkan efficiency bahan baku dan memaksimalkan produk.

1.7.4 Proses Finishing (Pelletizing)

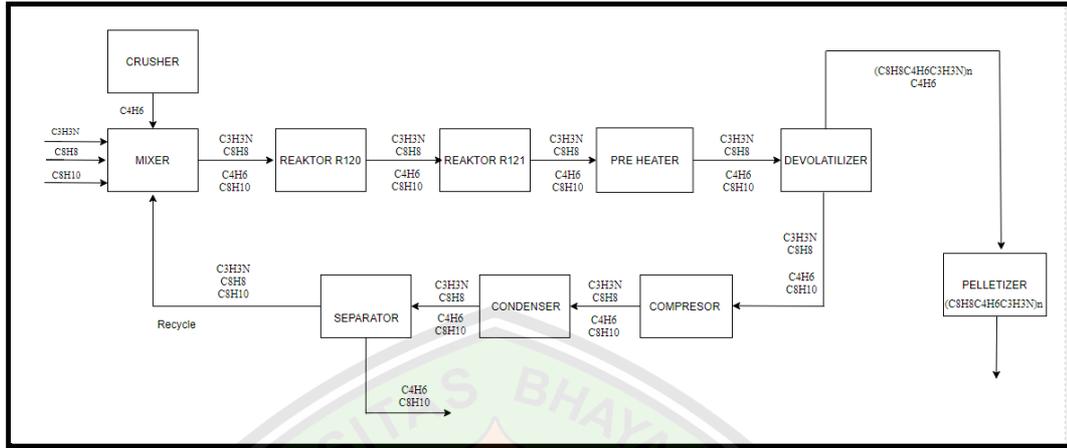
Pada tahap ini adalah tahap akhir dalam memproduksi ABS. Larutan polimer yang sangat pekat dari devolatilizer dialirkan ke pelletizer machine menggunakan extruder double screw. Produk jadi yang dihasilkan dari pelletizer berbentuk butiran butiran ABS yang sudah siap untuk dikemas dan dipasarkan.

1.7.5 Proses Flow Diagram (PFD)



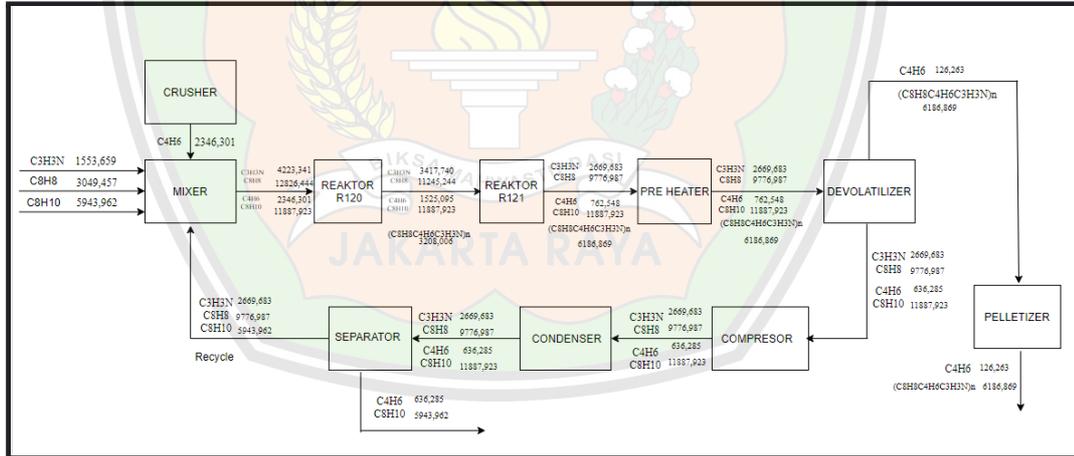
Gambar 1.8. PFD Proses Produksi ABS

1.7.6 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 1.9. Diagram Alir Kualitatif Proses Produksi ABS

1.7.7 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 1.10. Diagram Alir Kuantitatif Proses Produksi ABS

1.8 Spesifikasi Bahan

1.8.1 Spesifikasi Bahan Baku

A. Acylnitrile Butadiene Styrene

Sifat Fisik :

Tabel 1.6. sifat fisik Acrylonitrile

Rumus Molekul	C ₃ H ₃ N
Berat molekul	53,06 g/gmol
Bentuk fisis	Cairan jenuh berbau menyengat
Titik didih (1 atm)	77,3 oC
Titik beku	-83,5 oC
Kelarutan dalam air, 20°C	7,3 wt%
Berat jenis, 20°C	0,801 gr/cm ³
Densitas uap, dalam air	1,8
Volatilitas, 78°C	99%
Tekanan uap	11,5 kPa
Viskositas	0,34cp
Temperatur kritis	246 oC
Tekanan kritis	3,54 Mpa
Volume kritis	3,798 cm ³ /g

(Kirk and Othmer, 1991)

Data termodinamika

- ΔH_f° : 140 kJ/mol
- ΔG_f° : 195.40 kJ/mol

(Chemeo.com)

Sifat Kimia :

Acrylonitrile merupakan senyawa tidak jenuh yang mempunyai ikatan rangkap karbon-karbon dengan golongan nitrile yang mana merupakan bahan kimia pembuatan polimer dan merupakan molekul polar karena adanya nitrogen heteroatom. Acrylonitrile juga sering disebut sebagai acrylic acid nitrile, vinyl cyanide dan propionic acid nitrile. Acrylonitrile mempunyai fungsi yang sangat penting dalam dunia industri diantaranya sebagai bahan kimia dalam pembuatan polimer seperti acrylic fibers, thermoplastics, adiponitrile maupun karet sintetis.

(Kirk & Othmer, 1993)

B. Butadiene Rubber

Polybutadiene [butadiene rubber BR] adalah karet sintetis. Karet polibutadiena adalah polimer yang terbentuk dari polimerisasi monomer 1,3-butadiena. Polybutadiene memiliki ketahanan yang tinggi untuk dipakai dan digunakan terutama dalam pembuatan ban, yang mengkonsumsi sekitar 70% dari produksi. Lain 25% digunakan sebagai aditif untuk meningkatkan ketangguhan (impact resistance) dari plastik seperti polystyrene dan acrylonitrile butadiene styrene (ABS). Karet Polybutadiene menyumbang sekitar seperempat dari total konsumsi global karet sintetis pada tahun 2012. Ini juga digunakan untuk memproduksi bola golf, berbagai benda elastis dan untuk melapisi atau merangkum rakitan elektronik, menawarkan tahanan listrik yang tinggi

Karet sintetis diperoleh dengan polimerisasi butadiena . Ini dihasilkan oleh metode polimerisasi larutan, dan struktur tiga dimensi berbeda tergantung pada katalis polimerisasi yang akan digunakan. Ini memiliki karakteristik seperti sulit dipakai dan sulit untuk mengubah properti bahkan pada suhu rendah, dan itu banyak digunakan untuk banyak produk karet termasuk ban.

(Kirk and Othmer, 1996)

Tabel 1.7. Sifat Fisik Butadiena Rubber

1.	Rumus Kimia	C ₄ H ₆
2.	Berat Molekul	54,092 g.mol ⁻¹
3.	Densitas (1 atm, 25°C)	0,616 g/cm ³
4.	Titik Beku	-108,90°C
5.	Titik Didih	-4,441°C
6.	Temperatur Kritis	152,0°C
7.	Tekanan Kritis	626,4 psi
8.	Viskositas (liquid, -40°C)	0,33 cP
9.	Kapasitas Panas (25°C)	79,538 J/mol.K
10.	Panas Pembakaran (25°C)	2541 kJ/mol
11.	Panas Penguapan (25°C)	389 J/g

Data termodinamika

- ΔH_f° : 90.50 kJ/mol
- ΔG_f° : 15.48 kJ/mol

(Chemeo.com)

Sifat Kimia

1. Reaksi dengan O₂ menghasilkan produk reaksi pembakaran.



2. Butadiena sebagai monomer dapat bereaksi terhadap monomer lain untuk membentuk senyawa polimer

(Kirk dan Othmer, 1963)

C. Stierena

Sifat Fisik dan Kimia.

Tabel 1.8. Sifat Fisik dan Kimia Stierena

1.	Rumus molekul	C ₈ H ₈
2.	Berat molekul	104.152 gr/mol
3.	Wujud	Cairan berminyak tidak berwarna sampai kuning.
4.	Densitas	0,9050 pada 20°C
5.	Titik lebur	-30,6°C
6.	Titik didih	145-146°C
7.	Kelarutan dalam air	<1%
8.	Viskositas	0,762 cP pada 20°C
9.	Kepadatan Uap	3,6 (air=1)
10	Tekanan uap	5 pada suhu 20°C

(sumber : pure chems)

1.8.2 Bahan Pendukung

Bahan pendukung yang digunakan adalah Inisiator *T-Buthyl peroxide* dan Solvent *Ethyl benzene*.

Tabel 1.9. Sifat fisika Inisiator *T-Buthyl peroxide* dan Solvent *Ethyl benzene*.

No.	Sifat	<i>T-Buthyl peroxide</i>	<i>Ethyl benzene</i>
1.	Wujud	Liquid	Cair
2.	Warna		Tidak berwarna
3.	Bau		Ciri
4.	Densitas		0,87 g/cm ³ pada 20 °C
5.	Kelarutan dalam air		0,2 g/l pada 20 °C
6.	Titik leleh (°F)	-31	
7.	Titik didih (°F)	230	136 °C pada 1.013 hPa
8.	Titik nyala	45°F	15 °C
9.	Berat molekul	146.229000	
10.	Tekanan uap	18.752 mmhg	9,5 hPa pada 20 °C
11.	Berat jenis	0.80 (water=1)	
12.	Titik lebur		-95°C

13.	Terendah batas ledakan		1,0 %(V)
14.	Tertinggi batas ledakan		7,8 %(V)
15.	Kerapatan (densitas)uap relatif		3,66
16.	Viskositas, dinamis		0,68 mPa.s pada 20 °C
17.	Suhu menyala		430 °C
18.	Viskositas, kinematis		0,63 mm ² /s pada 40 °C

(Sumber : MSDS Molybdenum oxide dan Iron oxide)

1.8.3 Produk Jadi

Acrylonitrile Butadiene Styrene

Acrylonitrile Butadiene Styrene adalah termoplastik yang termasuk ke dalam kelompok polystyrene dengan kekuatan yang tinggi. ABS ialah hasil dari polimerisasi styrene dan acrylonitrile di dalam polybutadiene. Akrylonitril adalah monomer sintesis yang dihasilkan dari Propylene dan ammonia, butadiene adalah minyak hidrokarbon yang diperoleh dari fraksi C4 uap cracking, dan styrene monomer dibuat oleh dehidrogenasi dari etil benzena - hidrokarbon yang diperoleh dalam reaksi etilen dan benzen. Proporsinya bisa bermacam-macam dari 15 sampai 35% acrylonitrile, 5 sampai 30% butadiene, dan 40 sampai 60 persen styrene.

a. Sifat Kimiawi

Pada temperatur ruangan, plastik ABS ditandai dengan ketahanan kimia yang baik, yaitu ketahanan terhadap cairan asam, alkali, asam *hydrochloric*

dan *phosphoric*, asam klorida dan fosfat terkonsentrasi. Mineral, hewani, dan minyak nabati tidak ada dalam ABS. Tetapi ABS akan bergelembung ketika terkontaminasi oleh asam asetat glasial, karbon tetraklorida dan hidrokarbon aromatik dan juga oleh sulfat pekat dan asam nitrat. Mereka larut dalam ester, keton, etilen diklorida dan aseton. ABS mudah terbakar bila terkena suhu tinggi, seperti kayu api. Plastik ini akan mencair kemudian mendidih, di mana titik uap meledak sampai intens, dan api yang sangat panas. Jika ABS murni tidak mengandung halogen, pembakarannya tidak menghasilkan pencemar organik yang persisten, dan produk yang paling beracun dari pembakaran atau pirolisis adalah karbon monoksida dan hidrogen sianida. ABS juga rusak oleh sinar matahari.

b. Sifat Mekanis

Plastik ABS ditandai dengan ketahanan yang tinggi, ketahanan terhadap guncangan, kekuatan lentur, dan permukaan yang keras. Plastik ini masuk ke dalam kelompok yang mempunyai kemampuan untuk membentuk property yang bermacam-macam dengan mengubah proporsi dari monomer tersebut, yang dapat menghasilkan keuntungan

c. Sifat Listrik

Plastik ABS adalah insulator listrik yang baik dan mempunyai ketahanan terhadap permukaan tinggi dan volumenya. Walaupun plastik ABS digunakan sebagian besar untuk tujuan mekanik, polimer ini juga memiliki sifat listrik yang cukup konstan selama frekuensi yang panjang. Beberapa tipe ABS dapat ditingkatkan dengan bantuan aditif sedemikian rupa yang membentuk bagian hanya pada suhu yang sangat rendah. ABS juga dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban atmosfer pada temperatur yang dapat diterima.

Tabel 1.10. Sifat Fisika dan Kimia

1.	Rumus Molekul	$(C_8H_8 C_4H_6C_3H_3N)_n$
2.	Titik Nyala	404°C
3.	Tertinggi/ terendah ledakan	45 g/cm ³
4.	Kepadatan relatif	1.03-1.10 g/cm ³
5.	Suhu penyalaan otomatis	466°C
6.	Suhu dekomposisi	>300°C
7.	Melting point	130°C-150°C

(Sumber : Netco, Msdn ABS)

