

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Plastik merupakan salah satu bahan yang banyak digunakan sebagai bahan baku berbagai produk. Kebutuhan plastik semakin meningkat dari tahun ke tahun, namun ketersediaan bahan baku dari plastik yaitu minyak bumi semakin menipis. Di sisi lain, plastik adalah bahan yang sangat sulit terurai, sehingga limbah dari penggunaan plastik juga terus meningkat.

Salah satu cara untuk mengurangi permasalahan berkaitan dengan bahan baku dan limbah plastik adalah dengan mendaur ulang limbah plastik menjadi bahan baku untuk membuat produk berbahan plastik yang lain. Cara ini mampu untuk mengurangi limbah plastik dan mengurangi ketergantungan bahan baku plastik pada minyak bumi. Selain itu pemanfaatan limbah plastik juga menguntungkan karena dibeli dengan harga rendah dan bisa diolah menjadi produk dengan nilai ekonomi yang lebih tinggi.

Dalam prarencana pabrik ini akan diproduksi produk plastik *non-food grade* yaitu cikrak, ember, tempat sampah, hanger, rak, pot bunga, keranjang, dan gayung.

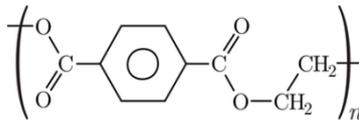
I.2. Sifat-Sifat Bahan Baku dan Produk

I.2.1. Sifat Bahan Baku

Sifat Bahan Baku Utama

Bahan baku utama dari pabrik pengolahan plastik ini adalah limbah plastik berbahan PET ((-CO-C₆H₅-CO-O-CH₂-CH₂-O-)_n). yang merupakan singkatan dari polyethylene terephthalate. Jenis bahan plastik ini biasa dipakai untuk botol plastik yang jernih/transparan/tembus pandang seperti botol air mineral, botol jus, dan hampir semua botol minuman lainnya. Botol Jenis PET/PETE ini direkomendasikan hanya sekali pakai, penggunaan berulang dengan suhu diatas rata-rata akan mengakibatkan lapisan plastik PET meleleh dan menjadi zat karsinogenik atau zat pemicu kanker. Di dalam membuat PET, menggunakan bahan yang disebut dengan antimoni trioksida. Plastik berbahan PET memiliki sifat jernih, kuat, tahan pelarut, kedap gas dan air. Plastik PET melunak pada suhu 80 °C.

Biasanya, pada bagian bawah kemasan botol plastik, tertera logo daur ulang dengan angka 1 di tengahnya dan tulisan PETE atau PET (polyethylene terephthalate).



Gambar I. 1 Monomer Rantai PET

Sifat-sifat Fisika :

- Rumus molekul : $C_{10}H_8O_4$
- Densitas : 1370 kg/m^3
- Modulus young : $2800\text{-}3100 \text{ mPa}$
- Tensile strength : $55\text{-}75 \text{ Mpa}$
- Temperature glass : 75°C
- Titik lebur : $260 \text{ }^\circ\text{C}$
- Konduktivitas thermal : 0.24 W/(m.K)
- Panas Specific : 1.0 KJ/(Kg.K)
- Penyerapan air : 0.16
- Viskositas intrinstik : 0.629 dl/g

Sifat-sifat kimia:

Dihasilkan dari reaksi antar *terephthalate acid* dan *ethylene glycol* dengan menggunakan katalis Sb_2O_3

Dihasilkan dari reaksi antara *dimetyl terephthalate* dan *ethylene glycol*

(Kirk Othmer,1981)

Bahan baku lain dari pabrik pengolahan limbah plastik ini adalah propilen sebagai bahan baku untuk bahan pencampur yaitu polipropilen (PP).

Sifat Fisis dan Kimia Bahan baku

- Rumus Molekul : C_3H_6
- Densitas : $0,6095 \text{ gr/mL}$
- Viskositas : $1,56 \text{ cp}$
- Titik Didih : $-47 \text{ }^\circ\text{C}$
- Titik leleh : $-185 \text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatur kritis : $91,9 \text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatur glass : $78 \text{ }^\circ\text{C}$

Prarencana pabrik *non-food grade home appliances* dari limbah botol plastik kapasitas 29.000 ton/tahun

- Tekanan kritis : 45,5 atm
- Panas pembentukan : 4,879 kal/g

$$\text{Rumus } C_p = 54,718 + 0,3451 T + (-16,31 \text{ E-}03)T^2 + 3,787\text{E}06T^3$$

Sifat Kimia :

Mudah terbakar, mudah meledak, mudah terkondensasi, larut dalam alkohol dan eter terapan kurang larut dalam air.

Bahan baku yang dibutuhkan dalam pembuatan polipropilen adalah gas hydrogen yang memiliki sifat fisik dan kimia sebagai berikut :

| | |
|----------------|------------------|
| Rumus molekul | : H ₂ |
| Densitas | : 0,06948 gr/mL |
| Titik Didih | : -259,2 °C |
| Titik Lebur | : -259,2 °C |
| Titik kritis | : 33,2 K |
| Tekanan Kritis | : 12,762 atm |

$$\text{Rumus } C_p = 25,399 + 1,78\text{E-}04T + (-3,8549\text{E-}05)T^2 + 3,188\text{E-}08T^3 + (-8,7585\text{E-}12)T^4$$

Sifat Kimia :

Hydrogen bereaksi dengan O₂ membentuk air pada kondisi yang sesuai. Reaksi berjalan lambat pada suhu di bawah 550 °C, tetapi pada suhu tinggi reaksi disertai ledakan yang keras.

I.2.1.2. Sifat Bahan Baku Pendukung

Bahan pendukung dari pabrik pengolahan limbah plastik ini adalah polipropilen (PP). Polipropilen lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap. Jenis plastik ini memiliki sifat keras tapi fleksibel, kuat, permukaan berkilau, tidak jernih tapi tembus cahaya, tahan terhadap bahan kimia, panas dan minyak, serta melunak pada suhu 140 °C.

$$\text{Rumus molekul : } [-C_3H_6-]_n$$

$$\text{Melting Point : } 167\text{—}168^\circ\text{C}$$

$$\text{Crystalizing Temperature : } 126^\circ\text{C}$$

$$C_p : 2,1770 \text{ kJ/kgK}$$

Bahan yang digunakan untuk mewarnai plastik adalah *masterbatch*. *Masterbatch* merupakan jenis pewarna plastik yang berbentuk padatan (*granule*), terdiri dari campuran yang sangat kompleks dari resin termoplastik dan pigmen (karbon hitam, titanium dioksida atau materi pigmen yang lainnya) dengan konsentrasi tinggi. Komponen kimia dan data teknis *masterbatch* dapat dilihat dibawah ini :

Data teknis *masterbatch* sebagai berikut :

1. Density : $\leq 1.7 \text{ g/cm}^3$
2. Moisture content : $\leq 0.2\%$
3. Melt flow rate : $5 \sim 10 \text{ g/10 min}$
4. Granularity : $(3 \times 3 \times 4) \text{ mm}$

Tabel I. 1 Komponen Kimia *Masterbatch*

| Senyawa Kimia | Kandungan (%) |
|----------------------|---------------|
| Polyethylene (Resin) | 57.8 |
| Metallocene Polymer | 27.05 |
| Colorant | 15.15 |

RecycloAid adalah bahan *additive* yang sengaja dicampurkan dengan biji plastik untuk memperbaiki kualitas plastik yang akan di cetak, menghilangkan kelembapan, meningkatkan *glossy* dan dapat meningkatkan produksi. RecycloAid terdiri dari monoethylenically sebesar 15 % hingga 99,8% , methacrylate ester sebesar 0,1% hingga 20%, dan selebihnya adalah alkoxy silane functionality. Data teknis dapat dilihat dibawah ini :

1. Warna : Putih/ Abu-abu
2. MFI : 10-25g/10min
3. Density : $1,6 \text{ g/cm}^3$
4. Fugitive constituent : 1,5 %
5. Waktu bertahan dalam campuran : 48 jam

Bahan pendukung lainnya adalah *compatibilizer*. Kompatibiliser (*compatibilizer*) merupakan senyawa kimia yang memiliki fungsi sebagai pengikat antara matrik dan penguat pada sistim komposit. Kompatibiliser sendiri hanya digunakan untuk mengikat dua atau lebih material yang secara alamiah tidak bisa

(sulit) bercampur, sebagai contoh plastik dengan material alam seperti kayu, logam dan keramik. Salah satu contoh compatibilizer yang sering digunakan dalam pencampuran PET/PP adalah PP-g-GMa. PP-g-GMa terdiri dari Maleic anhydride sebanyak 1,4 – 2%. Data teknis dapat dilihat di bawah ini :

1. Specific Gravity : 0.910 g/cc
2. Viscosity : 5000 cP
3. Melt Flow : 14 - 28 g/10 min @Load 5.00 kg, Temperature 230 °C
4. Hardness, Shore A : 71 @Time 10.0 sec
5. Tensile Strength : 34.5 MPa
6. Elongation at Break : 500 %

Bahan pendukung untuk pembuatan polipropilen adalah katalis TiCl_4 , kokatalis TEAl (tri etil aluminium), gas hydrogen (H_2) dan gas nitrogen (N_2). Sifat dari bahan pendukung adalah sebagai berikut

- **TiCl_4**

| | |
|-----------------|-------------------|
| Berat molekul | : 189.73 kg/kmol |
| Wujud | : slurry |
| Kenampakan | : bening |
| Support katalis | : MgCl_2 |
| Densitas | : 1,726 gr/mL |
| Titik didih | : 136,4 °C |
| Titik kritis | : 507,4 K |
| Tekanan kritis | : 29,3 atm |

Sangat reaktif dengan air, kontak dengan udara lembab akan menghasilkan gas yang mudah terbakar dan dapat menyebabkan iritasi jika terhirup.

(www. Shellchemicalcorporation.com)

- **TEAl (Tri Ethyl Aluminium)**

| | |
|----------------|---------------------------------------|
| Rumus molekul | : $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ |
| Densitas | : 0,85 g/mL |
| Titik didih | : 186 °C |
| Titik lebur | : -58 °C |
| Titik kritis | : 507,4 K |
| Tekanan kritis | : 29,3 atm |

Sangat reaktif terhadap air dan udara. TEAl bersifat phyrophoric atau terbakar secara spontan jika berkontak dengan udara dan akan meledak bila berkontak dengan air.

I.3. Kegunaan dan Keunggulan Produk

Memproduksi *non-food grade home appliance* memiliki keuntungan yaitu banyak dibutuhkan oleh masyarakat untuk mempermudah kehidupan sehari-hari. Keunggulan dari produk ini yaitu memanfaatkan limbah plastik berbahan PET yang merupakan limbah plastik dengan jumlah terbesar di Indonesia. Bahan limbah tersebut membawa beberapa keuntungan pada produksi, yaitu harga bahan baku yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan bahan baru (*fresh*). Hal ini akan menurunkan harga jual sehingga lebih memiliki nilai jual yang lebih kompetitif. Selain itu penggunaan bahan dasar limbah mengurangi pencemaran lingkungan dan mengurangi penggunaan minyak bumi sebagai bahan dasar plastik.

I.4. Ketersediaan Bahan Baku dan Analisis Pasar

I.4.1. Analisis Pasar

Penentuan kapasitas produksi ditentukan berdasarkan kebutuhan masyarakat terhadap produk pada tahun pendirian pabrik (2023). Daerah yang menjadi segmen pasar serta data jumlah penduduk pada beberapa tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel I.1.

Berdasarkan data yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik maka jumlah penduduk di daerah yang menjadi segmen pasar pada tahun didirikannya pabrik (2023) dapat dihitung dengan regresi linear. Kebutuhan masyarakat terhadap produk dihitung berdasarkan jumlah kebutuhan tiap produk dalam satu keluarga sehingga untuk menghitung jumlah keluarga maka diasumsikan dalam satu keluarga terdiri atas empat orang. Produk dari prarencana pabrik ini akan memenuhi kebutuhan dari keluar dengan status ekonomi menengah ke bawah yang merupakan 53% dari total jumlah keluarga. Data jumlah keluarga yang menjadi sasaran pasar pra rencana pabrik ini dapat dilihat pada tabel I.3.

Tabel I. 2 Jumlah Penduduk pada Daerah Segmen Pasar

| Provinsi | Jumlah Penduduk | | | | | | | |
|--------------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|------------|
| | 1971 | 1980 | 1990 | 1995 | 2000 | 2010 | R ² | 2023 |
| Jawa Timur | 25.516.999 | 29.188.852 | 32.503.991 | 33.844.002 | 34.783.640 | 37.476.757 | 0.99 | 53.073.019 |
| Bali | 2.120.322 | 2.469.930 | 2.777.811 | 2.895.649 | 3.151.162 | 3.890.757 | 0.97 | 4.239.830 |
| Kalimantan Barat | 2.019.936 | 2.486.068 | 3.229.153 | 3.635.730 | 4.034.198 | 4.395.983 | 0.98 | 5.370.374 |
| Kalimantan Tengah | 701.936 | 954.353 | 1.396.486 | 1.627.453 | 1.857.000 | 2.212.089 | 0.97 | 2.742.119 |
| Kalimantan Selatan | 1.699.105 | 2.064.649 | 2.597.572 | 2.893.477 | 2.985.240 | 3.626.616 | 0.96 | 4.240.897 |
| Kalimantan Timur | 733.797 | 1.218.016 | 1.876.663 | 2.314.183 | 2.455.120 | 3.553.143 | 0.98 | 4.275.333 |
| Sulawesi Utara | 1.718.543 | 2.115.384 | 2.478.119 | 2.649.093 | 2012.098 | 2.270.596 | 0.95 | 2.590.273 |
| Sulawesi Tengah | 913.662 | 1.289.635 | 1.711.327 | 1.938.071 | 2.218.435 | 2.635.009 | 0.94 | 2.632.877 |
| Sulawesi Selatan | 5.180.576 | 6.062.212 | 6.981.646 | 7.558.368 | 8.059.627 | 8.034.776 | 0.96 | 9.531.481 |
| Sulawesi Tenggara | 714.120 | 942.302 | 1.349.619 | 1.586.917 | 1.821.284 | 2.232.586 | 0.92 | 2.719.865 |
| DKI Jakarta | 4,579,303 | 6,503,449 | 8,259,266 | 9,112,652 | 8,389,443 | 9,607,787 | 0.93 | 11.762.237 |
| Jawa Barat | 21,623,529 | 27,453,525 | 35,384,352 | 39,206,787 | 35,729,537 | 43,053,732 | 0.94 | 50.936.038 |
| Jawa Tengah | 21,877,136 | 5,372,889 | 28,520,643 | 29,653,266 | 31,228,940 | 32,382,657 | 0.99 | 36.981.694 |
| DI Yogyakarta | 2,489,360 | 2,750,813 | 2,913,054 | 2,916,779 | 3,122,268 | 3,457,491 | 0.97 | 3.676.343 |

Tabel I. 3 Jumlah Penduduk pada Daerah Segmen Pasar Tahun 2023

| Provinsi | Jumlah penduduk 2023 | Jumlah keluarga 2023 | Jumlah keluarga mengehah kebawah (jumlah keluarga x 0.56) |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| Jawa Timur | 53.073.019 | 13.268.255 | 7032175 |
| Bali | 4.239.830 | 1.059.957 | 561777 |
| Kalimantan Barat | 5.370.374 | 1.342.594 | 711575 |
| Kalimantan Tengah | 2.742.119 | 685.530 | 363331 |
| Kalimantan Selatan | 4.240.897 | 1.060.224 | 561919 |
| Kalimantan Timur | 4.275.333 | 1.068.833 | 566482 |
| Sulawesi Utara | 2.590.273 | 647.568 | 343211 |
| Sulawesi Tengah | 2.632.877 | 658.219 | 348856 |
| Sulawesi Selatan | 9.531.481 | 2.382.870 | 1262921 |
| Sulawesi Tenggara | 2.719.865 | 679.966 | 360382 |
| DKI Jakarta | 11.762.237 | 2.940.559 | 1558496 |
| Jawa Barat | 50.936.038 | 12.734.010 | 6749025 |
| Jawa Tengah | 36.981.694 | 9.245.424 | 4900074 |
| DI Yogyakarta | 3.676.343 | 919.086 | 487115 |

Berdasarkan jumlah keluarga yang ada pada tahun 2023 maka dapat dihitung jumlah kebutuhan peralatan rumah tangga berbahan plastik yang dibutuhkan. Diasumsi setiap keluarga membeli produk setiap lima tahun sekali. Data kebutuhan masyarakat dan berat total produk yang diproduksi dapat dilihat pada tabel I.3.

Tabel I. 4 Tabel produksi prarencana pabrik *non-food grade home appliance* dari limbah plastik

| Jenis produk | Jumlah kebutuhan per keluarga per 5 tahun | Jumlah kebutuhan per lima tahun (jumlah keluarga target × kebutuhan) | Massa setiap produk kg/unit | Total massa tiap jenis (ton/tahun) |
|--------------|--|---|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Ember | 3 | 10.322.938 | 1 | 10.322,94 |
| Cikrak | 2 | 15.484.407 | 1 | 15.484,41 |

| | | | | |
|---------------|---|------------|-------|----------------------|
| Tempat Sampah | 5 | 25.807.345 | 2,2 | 56.776,16 |
| Hanger | 5 | 25.807.345 | 0,05 | 1.290,37 |
| Rak | 1 | 5.161.469 | 4 | 20.645,88 |
| Pot Tanaman | 5 | 25.807.345 | 0,7 | 18.065,14 |
| Keranjang | 1 | 5.161.469 | 2,5 | 12.903,67 |
| Gayung | 1 | 5.161.469 | 0,3 | 1.548,44 |
| | | | total | 137.037 Ton/tahun |

I.4.2. Ketersediaan Bahan Baku

- **Limbah Plastik PET**

Indonesia merupakan penghasil sampah plastik nomor 2 terbesar di dunia. Sampah plastik yang dihasilkan oleh Indonesia adalah 5,4 juta ton per tahun. Produk yang dihasilkan memiliki komposisi PET sebanyak 20 % berat atau sekitar 7000 ton per tahun. Ketersediaan bahan baku limbah plastik PET di Indonesia dapat memenuhi kebutuhan produksi prarencana pabrik ini.

- **Propilen**

Propilen sebagai bahan baku untuk membuat polipropilen disuplai dari PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk yang berlokasi di Jakarta barat dengan kapasitas produksi sebesar 470 kilo Ton per tahun. PT. Chandra Asri Petrochemical mampu memnuhi kebutuhan produksi prarencana pabrik ini yaitu sebesar 27 kilo Ton.

- **Masterbatch**

Masterbatch sebagai bahan pewarna plastik dibeli dari PT. Haspindo Jaya Makmur yang berlokasi di daerah cengkareng Jakarta barat.

- **Compatibilizer**

Compatibilizer yang digunakan adalah Polypropylene-*graft*-maleic anhydride (PP-g-Ma) diproduksi oleh Sigma Aldrich.

- **Recyloaid**

Recyloaid sebagai bahan *additive* untuk menambah kualitas plastik diimport dari perusahaan Anda Masterbatch (Group) Co yang berada di negara china.

- **Katalis TiCl₄**

Katalis TiCl₄ dibeli dari Tokyo chemical industry corporation yang berlokasi di negara jepang. Import produk dilakukan karena bahan TiCl₄ tidak ada diproduksi di Indonesia.

- **Kokatalis TEAl**

Kokatalis TEAl diperoleh dari distributor produk dari sigma Aldrich yaitu PT. Elo Karsa Utama.

- **Gas hydrogen**

Gas hydrogen dan nitrogen diperoleh dari PT. Nisson Indonesia. Pemilihan ini dikarenakan lokasi pabrik yang rencana akan didirikan di daerah Jakarta, sehingga memudahkan suplai bahan jika dibeli dari PT. Nisson Indonesia .

I.4.3. Pertimbangan teknis

Beberapa perusahaan yang memproduksi produk sejenis memiliki kapasitas produksi sebagai berikut :

- PT . cahaya utama plastik memproduksi 2 838 ton/tahun
- PT. Plastik Makmur Metalindo memproduksi sebanyak 80000 ton/tahun
- PT. Sentral Klaster memproduksi 65000 ton/tahun
- PT. Trisinar indo pratamamemproduksi sebanyak 8000 ton/tahun
- PT. Kyoraku memproduksi sebanyak 1.000 ton /tahun

I.4.3. Kapasitas produksi

Pra rencana pabrik non-food grade home appliance ini direncanakan akan memenuhi 25 % dari total kebutuhan setiap jenis produk. Penentuan pemenuhan 25% kebutuhan ini ditetapkan karena adanya pelaku bisnis sejenis. Kapasitaas produksi dari prarencana pabrik ni dapat dilihat pada Tabel I.1.4

Tabel I .5 Data massa produksi

| Jenis produk | Jumlah kebutuhan | Kapasitas propuksi (25%) | Massa setiap produk kg/unit | Total massa tiap jenis (ton/tahun) |
|---------------|------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Ember | 10.323.000 | 2.580.750 | 1 | 2.580,75 |
| Cikrak | 15.484.000 | 3.871.000 | 1 | 3.871,00 |
| Tempat Sampah | 15.484.000 | 3.871.000 | 2,2 | 8.516,20 |
| Hanger | 25.807.000 | 6.451.750 | 0,05 | 322,59 |
| Rak | 5.161.000 | 1.290.250 | 4 | 5.161,00 |
| Pot Tanaman | 25.807.000 | 6.451.750 | 0,7 | 4.516,23 |
| Keranjang | 5.161.000 | 1.290.250 | 2,5 | 3.225,63 |
| Gayung | 5.161.000 | 1.290.250 | 0,3 | 2.580,75 |
| Total | | | | 28.580,46 Ton/tahun |

Dari tabel tersebut maka diketahui massa total produk yang diproduksi pada pra rencana pabrik ini adalah sebesar 28.580,46 Ton/tahun. Kapasitas produksi masuk dalam range kapasitas produksi pabrik sejenis.