

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Kemajuan dalam Ilmu Pengetahuan dan teknologi serta perkembangan industri telah mendorong semua negara untuk memasuki era industrialisasi. Di Indonesia, upaya pengembangan industri kimia bertujuan untuk meningkatkan kapasitas domestik dalam memenuhi permintaan lokal akan bahan kimia juga mengatasi masalah ketenagakerjaan. Meskipun demikian, Indonesia masih mengimpor sejumlah besar bahan baku dan produk industri kimia, seperti bisfenol-A. Untuk mengurangi ketergantungan pada impor dari negara lain, Indonesia perlu meningkatkan produksi baik dalam bentuk produk maupun produk intermediet.

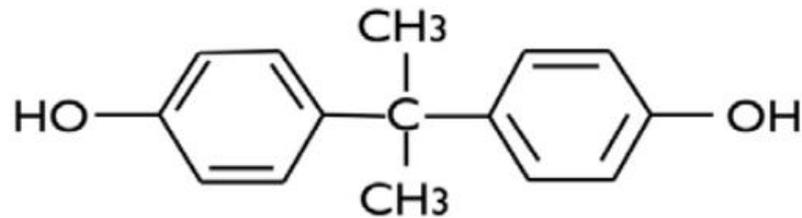
Bisfenol-A (BPA) atau 4,4-isopropilidenedifenol ($((\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{C}_6\text{H}_4\text{OH})_2)$) adalah sebuah senyawa organik yang mengandung dua cincin fenol. Senyawa ini berbentuk kristal bewarna putih dengan aroma hampir persis dengan fenol. Penggunaan yang luas dalam industri sebagai bahan utama dalam pembuatan plastik dan resin epoksi menjadikan bisfenol-A sangat penting.

Kebutuhan dalam negeri untuk bisfenol-a sebagian besar diperoleh dari hasil impor dari negara lain yaitu China, hal tersebut dapat berdampak ketergantungan pada sumber asing serta berpengaruh pada pengeluaran devisa Negara. Ketersediaan aseton dan fenol memastikan pasokan bahan yang digunakan untuk pembuatan bisfenol-A, yang mendukung pendirian pabrik bisfenol-A ini. Pembangunan pabrik bisfenol-A bisa mengurangi impor bisfenol-A dan mengurangi pengeluaran devisa negara untuk pembelian impor tersebut. Di samping itu, etablering pabrik bisfenol-A(BPA) di dalam negeri berpotensi untuk menciptakan lapangan kerja dan merangsang perkembangan sektor industri lainnya. Diperkirakan bahwa permintaan bisfenol-A di Indonesia akan terus naik seiring dengan meningkatnya jumlah industri kimia di negara ini yang mengandalkan bisfenol-A.

I.2. Tinjauan Pustaka

Bisfenol-A (BPA), (4,4'-dihydroxy-2,2-diphenylpropane) merupakan senyawa kimia yang umum digunakan dalam industri. Tingkat produksi globalnya mencapai angka yang tinggi pada tahun 2006 tercatat produksi

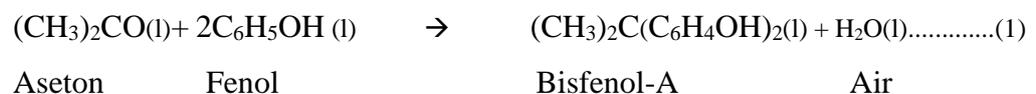
sebesar 3,8 juta ton (Fitzgerald et al., 2015). Ini diperoleh dengan kondensasi dua molekul fenol dengan satu molekul aseton dengan asam klorida (Vandenberg et al., 2008). Ini pertama kali disintesis pada tahun 1891 oleh ahli kimia rusia Aleksandr Dianin, namun sifat aktivitas estrogeniknya tidak diketahui sampai awal tahun 1930an (Dodds & Lawson, 1936).



Gambar 1.1. Struktur Kimia Bisfenol-A

I.2.1. Dasar Reaksi

Pada proses pembuatan bisfenol-A yang dipilih adalah dengan menggunakan katalis *ion exchange polystyrene-divinylbenzene sulfonated resin*. Reaksi terjadi reaktor *fixed bed (packed bed)* dan menghasilkan bisfenol-A dan air. Reaksi pembentukan bisfenol-A pada reaktor yaitu :



Reaktor ini beroperasi secara adiabatik dan non-isotermal pada suhu 45-70°C dan tekanan 3 atm. Reaksi yang terjadi bersifat irreversible dan eksotermis. Produk keluaran reaktor akan dialirkan menuju ke *flashdrum* melalui *expansion valve* untuk menurunkan tekanan hingga 2 atm. Hasil atas *flashdrum* akan dipisahkan menggunakan separator sebelum di *raycle* sedangkan hasil bawah akan melawati menara destilasi. Hasil menara destilasi tersebut dipisahkan yang bagian atas akan *direycle* dan hasil bawah akan masuk kedalam kristalizer dan centrifuge untuk memisahkan hasil kristal dari larutan *mother liquid* yang akan di *reycle*. Kristal bisfenol-A di umpankan ke silo penyimpanan melalui *cooling conveyer*.

I.2.2. Mekanisme Reaksi

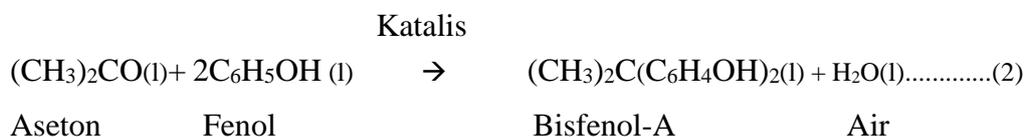
Mekanisme reaksi yang terjadi pada pembentukan bisfenol-A dengan kondisi cair-cair dan bantuan katalis padat adalah sebagai berikut :

1. Transfer massa reaktan dari bahan utama ke permukaan luar katalis (*external diffusion*)

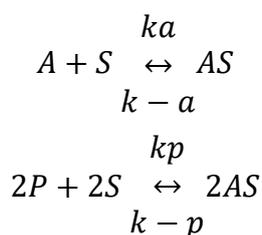
2. Transfer massa reaktan dari permukaan luar ke permukaan dalam pori-pori katalis (*internal diffusion*)
3. Adsorpsi reaktan pada permukaan katalis (*chemisorption*)
4. Reaksi pada permukaan katalis
5. Desorpsi produk reaksi dari permukaan dalam katalis
6. Transfer massa produk dari permukaan dalam ke permukaan luar katalis
7. Transfer massa produk dari permukaan luar katalis ke badan utama fluida

Langkah yang menentukan adalah reaksi pada permukaan katalis. Oleh karena itu, langkah proses nomor 1, 2, 6, 7 sangat cepat dibandingkan langkah nomor 3, 4, 5 sehingga kecepatan reaksi tidak dipengaruhi oleh transfer massa (Smith, 1981).

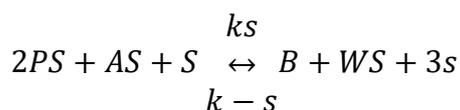
Reaksi permukaan dan desorpsi produk berlangsung sangat cepat, sehingga dapat diabaikan. Oleh karena itu, untuk menurunkan persamaan reaksi yang dipertimbangkan adalah tahap reaksi permukaan. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



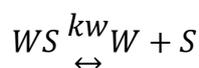
Adsorpsi :



Reaksi permukaan :



Desorpsi :



Dengan :

- A = Acetone
- P = Phenol
- B = Bisphenol A
- W = Air
- S = Permukaan aktif katalis
- K = Konstranta reaksi kecepatan

I.2.3. Tinjauan Proses

Bisfenol A $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{C}_6\text{H}_4\text{OH})_2$. Senyawa ini juga dikenal dengan nama lain seperti 4,4'-isopropilidenediphenol atau 2,2-bis(4-hydroxyphenyl)propane. Pada kondisi biasa, BPA berwujud kristal putih yang memiliki aroma khas menyerupai fenol, bersifat beracun, dan stabil dengan berat molekul sebesar 228,29g/mol. Terdapat proses dalam pembuatan BPA, yaitu :

1. Proses Aseton
 - a. Dengan katalis asam

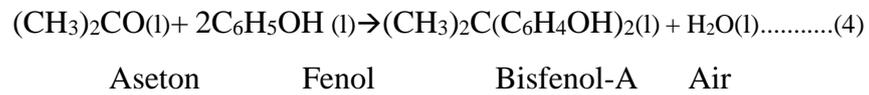
Pembuatan bisfenol-A dilakukan melalui proses dengan menggunakan fenol dan aseton sebagai bahan baku, dengan katalis yang bersifat asam. Terjadi reaksi seperti ini :



Campuran besar fenol dan aseton diolah dengan menambahkan HCl pekat atau H_2SO_4 70% sebagai katalis, kemudian ditempatkan dalam reaktor pada kisaran suhu 30-50°C. Reaksi pembentukan BPA memerlukan energi aktivasi sebesar 19 kkal/mol. Penggunaan katalis H_2SO_4 jarang terjadi, Campuran besar fenol dan aseton diolah dengan menambahkan HCl pekat atau H_2SO_4 70% sebagai katalis, kemudian ditempatkan dalam reaktor dengan kisaran suhu 30-50 °C. Reaksi pembentukan bisphenol-A memerlukan energi aktivasi 19 kkal/mol. Katalis H_2SO_4 sulit dipisahkan dari katalis HCl sehingga penerapannya sulit terutama pada pabrik kecil. Karena proses pemisahan reaktor yang digunakan lebih rumit dibandingkan dengan katalis HCl, maka pabrik skala kecil menggunakan reaktor aliran dengan alat pengaduk. Reaktor yang digunakan adalah reaktor aliran berpengaduk. Konversi yang didapat sebesar 50%. (Mc Ketta, 1982).

- b. Katalis ion-exchange resin

Metode produksi (BPA) yang menggunakan aseton dan fenol sebagai bahan baku, dengan bantuan resin penukar ion. Katalis yang dipakai adalah resin polistirena-divinilbenzena sulfonat yang telah dimodifikasi dengan grup mercapto (SH). Ini meningkatkan keaktifan katalis. Prosesnya adalah:



Campuran aliran daur ulang aseton, fenol, air dan BPA dipanaskan dan dimasukkan ke dalam reaktor. Reaktor dioperasikan dengan suhu 75 °C dengan waktu tinggal satu jam dan tercapai konversi aseton sebesar 80%. Limbah reaktor, bersama dengan fenol dan BPA, didaur ulang ke centrifuge dan dialirkan ke konsentrator yang beroperasi pada tekanan 200 mmHg. Produk di atas konsentrator menghasilkan campuran aseton, air dan fenol dengan konsentrasi 18-20%. Sedangkan hasil akhirnya adalah campuran BPA dan fenol. Produk teratas melewati proses distilasi multi-tahap untuk menghilangkan air dari aseton dan fenol sebelum dikembalikan ke reaktor. Produk dasar dari konsentrator diarahkan ke dalam alat kristalisasi, dimana campuran didinginkan dan BPA serta fenol dipisahkan. Kemudian campuran dipisahkan dengan alat centrifuge, fenol dicuci, dan dicairkan pada suhu 130 °C. Fenol dikeluarkan dari kolom pada kondisi 200 °C dan tekanan 1 mmHg. Kemurnian BPA bisa melebihi 90%. Fenol yang dipisahkan dari cangkang didaur ulang ke alat sentrifugal dan cairan induk dikembalikan dari alat sentrifugal ke reaktor. Metode produksi bisphenol-A menggunakan resin penukar ion memiliki keuntungan karena tidak dapat terurai dan mudah dimurnikan (Mc Ketta, 1982).

Menurut Z. Prokop (2004), dalam proses pembuatan bisfenol-A, campuran fenol dan aseton dengan rasio mol 10:1 dimasukkan ke dalam reaktor *fixed bed* yang telah berisi katalis. Reaktor ini dioperasikan antara 30°C hingga 85°C dengan tekanan sekitar 1 atm. Konversi yang diperoleh dari proses ini mencapai 80%.

Proses untuk memperoleh BPA juga bergantung pada rasio reaksi fenol terhadap keton(aseton). Dengan demikian, akan ada fenol yang berlebih, kira-kira dengan rasio (3-30):1 untuk memastikan reaksi berjalan lancar(Ibrahim, 2018).

2. Proses Propuna

Merupakan langkah dalam pembuatan BPA menggunakan bahan baku selain aseton, seperti propuna (methylacetylene). Reaksinya adalah :



Di Rusia, terdapat penggunaan semi-komersial propuna dalam pembuatan bisfenol-A, meskipun hasilnya tidak seoptimal BPA yang dihasilkan dari aseton. Selain itu, ketersediaan bahan bakunya terbatas. BF₃ merupakan katalis yang digunakan, tetapi bisa juga menggunakan HF, H₂SO₄, dan jenis asam lainnya (Mc Ketta, 1982).

I.2.4. Pemilihan Proses

Tinjauan Proses

Tabel I.1. Pebandingan Proses Produksi Bisfenol-A

Proses	Aseton	Aseton	Propuna
Bahan Baku	Ketersediaan aseton di pasar melimpah (mudah didapat di pasar)	Ketersediaan aseton di pasar melimpah (mudah didapat di pasar)	Ketersediaan propine di pasar lebih sedikit
Konversi	50%	55-80%	<50%
T Operasi	30-50°C	45-85 °C	30-50°C
P Operasi	atmosfiris	3atm	atmosfiris
Fasa	Cair-cair	Padat-cair	Cair-cair
Katalis	HCl, H ₂ SO ₄	<i>Ion Exchange polystyrene-divynilbenzene sulfonated resin</i>	HCl
Korosifitas	Besar	Kecil	Besar
Unit pemisahan katalis	Dibutuhkan	Tidak dibutuhkan	Dibutuhkan
Reaktor	RATB	Fixed Bed	RATB
EP	790,35 US\$/Kmol	790,35 US\$/Kmol	750,90 US\$/Kmol

(Mc Ketta, 1982)

Dari data diatas dapat dilihat bahwa proses produksi bisfenol-A dengan proses aseton metode *Ion Exchange* adalah proses yang paling baik untu dipilih. Kelebihan proses ini adalah :

1. Ketrediaan bahan baku (aseton) yang banyak di pasar (lebih murah didapatkan daripada propine)
2. Konversi tinggi
2. Korosi terhadap alat-alat kecil
3. Katalis tidak terikut keluar reaktor (karena padatan sehingga tidak larut)
4. Unit pemurnian lebih sederhana dibandingkan dengan katalis asam
5. Nilai potensial ekonomi cukup besar

I.3. Tinjauan Kinetika Reaksi dan Termodinamika

Secara kinetika, reaksi pembentukan bisfenol-A dapat dinyatakan dengan persamaan kecepatan reaksi sebagai berikut :

$$r = \frac{k \left(c_a c_p^2 - \left(\frac{1}{K_E} \right) c_b c_w \right)}{\left(1 + K_a^2 c_a^2 + K_p c_p + K_w c_w \right)^4}$$

Keterangan :

$$k = 24600 \exp \left(\frac{20500}{8,314T} \right) \left[\frac{dm^3}{mol^2 \cdot kg \cdot h} \right]$$

$$\frac{1}{K_E} = 4,3 \times 10^{-15} \left(\frac{9000}{8,314 T} \right) \left[\frac{mol}{dm^3} \right]$$

$$K_A = 0,479 \left[\frac{dm^3}{mol} \right]$$

$$K_p = 0,110 \left[\frac{dm^3}{mol} \right]$$

$$K_w = 0,00214 \exp \left(\frac{21200}{8,314 T} \right) \left[\frac{dm^3}{mol} \right]$$

(Prokop, Z,2004)

Dengan :

-rA = kecepatan reaksi pengurangan aseton

k = konstanta kecepatan reaksi

K_E = konstanta kesetimbangan

K_a = koefisien kesetimbangan adsorbsi aseton

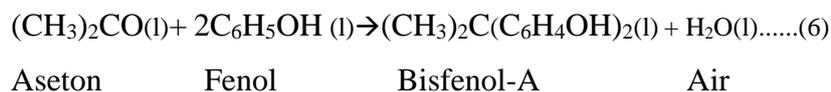
K_p = koefisien kesetimbangan adsorbsi fenol

K_w = koefisien kesetimbangan adsorbsi air

- CA = konsentrasi Aseton (mol/dm^3)
 CF = konsentrasi Fenol (mol/dm^3)
 CB = konsentrasi Bisfenol (mol/dm^3)
 CW = konsentrasi Air (mol/dm^3)

I.3.1. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika dilakukan untuk memahami karakteristik reaksi (apakah endotermis atau eksotermis) dan arah reaksinya (*reversibel* atau *ireversibel*). Untuk menentukan apakah panas reaksi berjalan secara ekonomis atau endotermis, dapat dihitung menggunakan perhitungan entalpi pembentukan standar (ΔH_f°) pada tekanan 1 atm dan suhu 298,15 °K. Dalam proses pembentukan bisfenol-A, terjadi reaksi sebagai berikut:



Kondisi operasi yaitu pada suhu 45-70,06°C dan tekanan 1 atm. Dari sudut pandang termodinamika, dengan nilai-nilai ΔH_f° untuk komponen pada suhu 25°C (295K) adalah sebagai berikut:

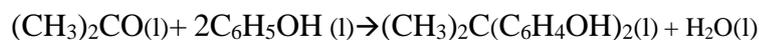
$\Delta H_f(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ (Aseton)	= -217,57 KJ/mol
$\Delta H_f \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ (Fenol)	= -96,36 KJ/mol
$\Delta H_f (\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{C}_6\text{H}_4\text{OH})_2$ (Bisfenol-A)	= -245,60 KJ/mol
$\Delta H_f \text{H}_2\text{O}$ (Air)	= -240,56 KJ/mol

(Yaws,1999)

Penentuan Jenis Reaksi

$$\begin{aligned}
 \Delta H_f \text{ 295k} &= \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaksi} \\
 &= [(-245,60 - -240,56) - (-217,57 + 2(-96,36))] \text{ KJ/mol} \\
 &= -75,87 \text{ KJ/mol} \\
 &= -75.870 \text{ J/mol}
 \end{aligned}$$

Harga $\Delta H_f \text{ 295k}$ bernilai negatif, hal ini menunjukkan bahwa reaksi pembentukan bisfenol-A dari aseton dan fenol adalah reaksi eksotermis.



K_E = Konstanta Kesetimbangan

$$K_E = \frac{K_1}{K_2}$$

$$\frac{1}{K_E} = 4,3 \cdot 10^{-15} \cdot e^{\frac{9000}{8,314 \cdot T}}$$

(Jarabek, 2004)

K_E = Konstanta kesetimbangan, $\text{dm}^3 \cdot \text{kmol}^{-1}$

K_1 = Konstanta kecepatan reaksi kearah kanan, $\text{dm}^9/\text{jam} \cdot \text{kg} \cdot \text{kmol}^2$

K_2 = Konstanta kecepatan reaksi kearah kiri, $\text{dm}^9/\text{jam} \cdot \text{kg} \cdot \text{kmol}^2$

$$K_E = 4,47102 \times 10^7$$

Nilai K_E sangat besar sehingga k_1/k_2 sangat besar. Nilai k_1/k_2 sangat besar sehingga nilai k_1 sangat besar artinya reaksi berjalan ke kanan (*irreversible*). Nilai konstanta kesetimbangan pada suhu referensi dihitung sebagai berikut :

$$\ln K_T = \frac{-\Delta G^\circ}{R \cdot T}$$

Keterangan :

$-\Delta G^\circ$ = Energi bebas Gibbs [J/mol]

R = Konstanta gas ideal [J/mol]

T = Suhu yang digunakan [K]

Nilai konstanta kesetimbangan pada suhu reaksi dihitung sebagai berikut :

$$\ln \left(\frac{K_{T1}}{K_{T2}} \right) = \frac{-\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Dengan kondisi operasi pada suhu 45-70,06°C dan tekanan 1 atm. Data energi gibs, dengan nilai-nilai ΔG_f° untuk setiap komponen pada suhu (295K) adalah sebagai berikut:

$\Delta G_f(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ (Aseton) = -153050 J/mol

$\Delta G_f \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ (Fenol) = -32890 J/mol

$\Delta G_f(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{C}_6\text{H}_4\text{OH})_2$ (Bisfenol-A) = -9420 J/mol

$\Delta G_f \text{H}_2\text{O}$ (Air) = -228600 J/mol

(Yaws,1999)

$\Delta G_{f \ 295k}$ = ΔG_f produk - ΔG_f reaksi

$$= (-9420 - 228600) - (-153050 - 2(-32890))$$

$$= (-238020) - (-218830)$$

$$= -19190 \text{ J/mol}$$

Mencari harga K dengan menggunakan rumus :

$$\ln K_T = \frac{-\Delta G^\circ}{R \cdot T}$$

Dengan suhu referensi 298k (25°C), maka diperoleh :

$$K_{298} = 2,3111 \times 10^3$$

Mencari harga K_{318}

$$\int_{298}^{318} d \ln k = \int_{298}^{318} \frac{\Delta H_f^\circ}{R} \left(\frac{dT}{T^2} \right)$$

$$\ln K_{318} - \ln K_{298} = -\frac{\Delta H_f^\circ}{R} \left(\frac{1}{318} - \frac{1}{298} \right) K$$

$$\ln K_{318} - 7,7455 = -\frac{(-77110) \text{ J/mol}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} \left(\frac{1}{318} - \frac{1}{298} \right) K$$

$$\ln K_{318} - 7,7455 = -1,9574$$

$$\ln K_{318} = 5,7881$$

$$K_{318} = 326,3765$$

$$\Delta G_{318}^\circ = -R T \ln K_{318}$$

$$\Delta G_{318}^\circ = -\left(8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right) (318 \text{ K}) (5,7881)$$

$$\Delta G_{318}^\circ = -15302,75 \text{ J/mol}$$

Mencari harga $K_{343,05}$

$$\int_{298}^{343,06} d \ln k = \int_{298}^{343,06} \frac{\Delta H_f^\circ}{R} \left(\frac{dT}{T^2} \right)$$

$$\ln K_{343,06} - \ln K_{298} = -\frac{\Delta H_f^\circ}{R} \left(\frac{1}{343,06} - \frac{1}{298} \right) K$$

$$\ln K_{343,06} - 7,7455 = -\frac{(-77110)J/mol}{8,314 \frac{J}{mol} \cdot K} \left(\frac{1}{343,06} - \frac{1}{298} \right) K$$

$$\ln K_{343,06} - 7,7455 = -4,0880$$

$$\ln K_{343,06} = 3,6575$$

$$\ln K_{343,06} = 38,7657$$

$$\Delta G_{343,06}^{\circ} = -R T \ln K_{343,06}$$

$$\Delta G_{343,06}^{\circ} = -\left(8,314 \frac{J}{mol} \cdot K\right) (343,06 K)(3,6575)$$

$$\Delta G_{343,06}^{\circ} = -10886,34 \frac{J}{mol} \cdot K$$

Berdasarkan hasil ΔG° yang diperoleh, maka dapat dikatakan bahwa reaksi pembentukan Bisfenol-A berlangsung secara spontan.

I.4. Kegunaan Produk

Bisfenol-A dimanfaatkan pada berbagai industri, baik sebagai bahan baku maupun bahan pendukung. Pemanfaatan bisfenol-A diantaranya adalah sebagai berikut :

a. Industri epoksi resin

Epoksi resin sendiri termasuk dalam resin *thermosetting* yang dibuat dari reaksi antara *epichlorohidrin* dan bisfenol-A. Epoksi resin digunakan sebagai zat pelapis atau *adhesive*. *Fiber glass* yang dilapisi dengan epoksi resin memiliki kelebihan yaitu lebih ringan dan daya rentang yang tinggi dan juga tahan terhadap zat-zat kimia sehingga dapat digunakan sebagai bahan konstruksi pabrik kimia.

b. Industri polikarbonat

Polikarbonat diproduksi dengan cara mereaksikan bisfenol-A dan *fosgene*. Polikarbonat ini termasuk dalam resin *thermoplastic* yang memiliki kekuatan lebih tinggi dan lebih tahan panas dibandingkan dengan resin *thermosetting*.

Polikarbonat ini digunakan sebagai komponen-komponen listrik dan alat-alat elektronik.

c. Industri cat

Bisfenol-A digunakan untuk stabilisator zat warna agar zat warna tidak berubah.

d. Kegunaan lainnya

Bisfenol-A digunakan sebagai bahan baku pembuatan *polyester*, *polisulfonat*, dan *polysulphones*. Serta sebagai bahan baku anti oksidan, *flame retardant*, dan industri hidrogenasi.

I.5. Kapasitas Perancangan

Pabrik yang akan dibangun harus setidaknya sebanding atau bahkan melampaui kapasitas pabrik yang telah beroperasi. Selain itu, penentuan kapasitas pabrik tersebut juga harus sanggup memenuhi permintaan dalam negeri. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan untuk menentukan kapasitas pabrik termasuk:

I.5.1. Data Ekspor Impor

a) Impor

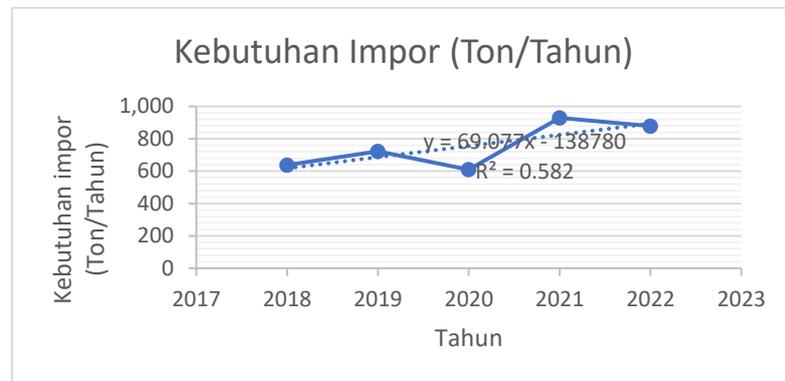
Kapasitas pabrik bisfenol-A yang akan dibangun ditentukan berdasarkan pada pertimbangan yaitu meliputi prediksi kebutuhan bisfenol-A di Indonesia, dan ketersediaan bahan baku. Berdasarkan data yang diperoleh dari (Bps.go.id 2023) bahwa permintaan bisfenol-A di dalam negeri cenderung fluktuatif. Proyeksi kebutuhan bisfenol-A di Indonesia dari tahun 2018-2022 informasi tersebut dapat ditemukan di dalam tabel dibawah :

Tabel I.2. Data Impor Bisfenol-A di Indonesia

Tahun	Kebutuhan (Ton/Tahun)	Peningkatan Kebutuhan
2018	637.275	-
2019	722.886	0,1184
2020	609.480	-0,1861
2021	929.522	0,3443
2022	879.342	-0,0571
Total		0,2196
Rata-rata		0,0549

(Bps.go.id 2023)

peningkatan kebutuhan bisfenol-A dari tahun ke tahun dapat dipantau melalui ilustrasi pada Gambar I.1.1 di bawah ini:



Gambar I.2. Grafik Kebutuhan Bisfenol-A di Indonesia

Dari data diatas, maka dapat diketahui jumlah impor bisfenol-A yang dibutuhkan oleh Indonesia pada tahun 2029 adalah:

$$F = F_0(1+i)^n$$

Dimana :

F = perkiraan kebutuhan bisfenol-A pada tahun 2029

F₀ = kebutuhan bisfenol-A pada tahun terakhir (2022)

i = perkembangan rata-rata

n = selisih waktu tahun terakhir dan tahun perancangan

Mencari i menggunakan rumus:

$$i = \frac{(volume\ tahun\ n) - (volume\ tahun\ (n-1))}{volume\ tahun\ n-1}$$

Berdasarkan data diketahui :

$$F_0 = 879,342$$

$$i = 0,0549$$

$$n = 7\ \text{tahun}$$

maka diperoleh :

$$\begin{aligned} F &= F_0(1+i)^n \\ &= 879.342(1+0,0549)^7 \\ &= 1.278,3120\ \text{ton/tahun} \end{aligned}$$

Jumlah bisfenol-A yang diproduksi juga direncanakan untuk memenuhi kebutuhan pasar Asia karena kebutuhan impor bisfenol-A yang cukup besar

diantaranya negara China, Jepang, Philipina, dan Malaysia. Berikut merupakan data impor bisfenol-A di tahun 2023 pada negara tersebut menurut *UN.Comtrade* :

Tabel I.3. Data Impor Bisfenol-A di Asia

Negara	Total Impor(Ton/tahun)
Malaysia	2.030
Philipina	74.82
China	341.664
Jepang	105.578

(Sumber : *UN. Comtrade*)

b) Ekspor

Sampai saat ini belum ada pabrik di Indonesia yang memproduksi bisfenol-A.

I.5.2. Kapasitas Pabrik yang Sudah Berdiri

Hal itu didasarkan pada kapasitas pabrik yang ada saat ini, baik di Indonesia maupun di luar negeri, selain kapasitas pabrik yang minim. Hal ini agar industri yang sudah dibangun sudah dapat memanfaatkan analisis ekonomi yang memperhitungkan kapasitas produksi. Pertimbangan pabrik-pabrik yang telah berdiri dapat dilihat pada Tabel I.4 dibawah ini :

Tabel I.4. Daftar Pabrik Bisfenol-A di Dunia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/tahun)
Atul	Atul, India	1.500
Bayer Material Science	Baytown, Texas, US	230.000
Dow	Freeport, Texas, USA	185.000
Hexion Speciality Chemical	Deer park, Texas, US	265.000
Grup Chang Chun	Kaohsiun, Taiwan	135.000
LG Chem	Yosu, South Korea	260.000
Nan Ya	Mailiao, Taiwan	50.000
Perusahaan Kimia Mitsubishi	Nagoya, Japan	100.000
Mitsui Kimia Inc.	Jurong Island, Singapore	210.000
NIPPON STEEL Kimia &Material Co.Ltd	Kita-Kyushu, Japan	100.000
Novokuibyshevsk Petrochemical	Novokuibyshevsk, Rusia	20.000
Kumho P&B Chemical INC.	Yosu, South Korea	310.000
Sabic Innovative Plastics	Mount Verno, Indian US	75.000
Shreyas Intermediates	Lote Parshuram, India	10.000
Taiwan Prosperity Chemical	Lin Yuan, Taiwan	60.000

(Sumber : Chemanalyst)

Informasi ditabel dapat diambil kesimpulan bahwa kapasitas produksi pabrik bisphenol-A bervariasi antara 1.500 ton/tahun hingga 310.000 ton/tahun. Hingga kini impor bisphenol-A dari negara lain masih berjalan. Dengan mempertimbangkan informasi ini, kapasitas produksi awal pabrik baru ini sekitar 2500 ton/tahun.

I.6. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pentingnya memilih tempat yang tepat untuk pabrik sangatlah penting bagi kesinambungan dan pertumbuhan pabrik tersebut. Sehingga, pemilihan lokasi haruslah dipertimbangkan dengan cermat agar dapat menghasilkan

keuntungan maksimal. Wilayah Bontang, Kalimantan Timur dipilih sebagai lokasi untuk mendirikan pabrik bisfenol-A ini setelah mempertimbangan beberapa faktor penting, antara lain :

a. Sumber Bahan Baku

Lokasi pabrik yang berada di Bontang, Kalimantan Timur cukup dekat dengan pelabuhan, dimana kedua bahan baku yaitu fenol dan aseton di impor dari Kumho P&B *Chemicals*, Korea. Hal tersebut yang mendorong peletakan lokasi pabrik yang dekat dengan akses transportasi.

b. Iklim

Kondisi alam (iklim) di kawasan tempat pabrik dibangun harus didukung dalam arti kondisinya harus sesuai dengan yang dibutuhkan. Bontang, Kalimantan Timur mempunyai iklim tropis dengan suhu rata-rata 28°C. Mengingat kondisi tersebut, maka kawasan Bontang cocok untuk dijadikan lokasi pabrik bisfenol-A .

c. Utilitas

Produksi dapat berlangsung lancar dengan ketersediaan sarana pendukung seperti air dan listrik. Pabrik membutuhkan air untuk berbagai keperluan seperti proses produksi, utilitas, kantor, dan keamanan terhadap kebakaran. Untuk memenuhi kebutuhan ini, pasokan air diperoleh dari Sungai Panjang Bontang, sementara pasokan listrik diperoleh dari PLN ULP Bontang dan generator cadangan dengan bahan bakar fuel oil yang dibangun sendiri.

d. Transportasi

Tempatnya berada di sekitar pelabuhan, mempermudah proses pembelian bahan baku dan pengiriman produk untuk diekspor baik di dalam maupun di luar negeri. Aksesibilitasnya dengan transportasi umum juga sangat baik.

e. Ketersediaan Tenaga Kerja

Berdasarkan data yang diperoleh dari Bps.go.id Kalimantan Timur memiliki angka persentase umur siap kerja yang cukup besar yaitu 5,75% dari keseluruhan jumlah penduduknya. Dari data tersebut maka dapat disimpulkan bahwa terdapat banyak tenaga kerja pada wilayah Bontang, Kalimantan Timur.