

BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

Bahan baku yang dipakai pada proses produksi Cumene menerapkan proses alkilasi-transalkilasi ialah propilena dan benzena, dengan komposisi dari propilena adalah 99,60% yang didistribusikan dari PT Chandra Asri Petrochemical Tbk dan benzene mempunyai susunan 99,90% yang didistribusikan dari PT Pertamina RU IV Cilacap, Jawa Tengah. Kualitas bahan baku perlu dipertimbangkan untuk mempelajari bagaimana prosedur pengolahan material tersebut baik pada proses transportasi bahan baku maupun pada proses produksi, dengan demikian peninjauan mengenai kualitas fisik dan kimia dari bahan baku perlu untuk diketahui.

1. Spesifikasi Propilena

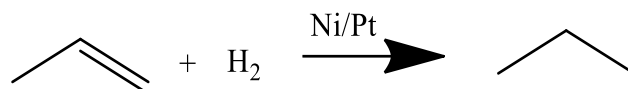
a. Sifat Fisik

Berat molekul	= 42.08 gr/mol
Titik beku	= -185 °C
Titik didih	= -48 °C
Titik leleh	= -185 °C
Titik nyala	= -108 °C
Tekanan uap (pada 19,8 °C)	= 10 atm
Densitas uap (pada 0 °C)	= 0.609
Viskositas (pada 16,7 °C)	= 1,46 mmHg
Panas penguapan	= 18,42 kJ/mol
Panas pembakaran	= 45803,59 kJ/mol
Indeks bias (-40 °C/D)	= 1.3567
Kelarutan (air, ppada 25 °C, 1 atm)	= 200 mg/L

b. Sifat Kimia

• Reaksi Hidrogenasi

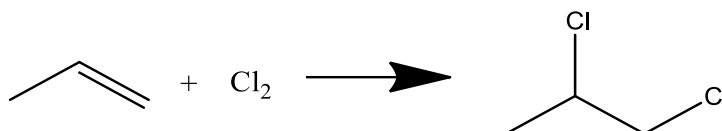
Propilena dapat menerima penambahan hidrogen dari reaksi hidrogenasi dengan dibantu oleh gas H_2 dan katalis nikel atau platina menciptakan senyawa alkana yakni propana melalui reaksi seperti berikut (Solomons & Fryhle, 2012).



Gambar 2. 1. Reaksi hidrogenasi propilena

- **Reaksi Adisi Hidrogen**

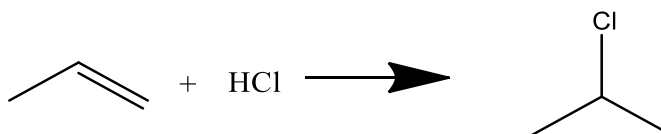
Propilena dapat bereaksi secara adisi dengan dibantu oleh senyawa halogen misalkan gas Cl_2 dan golongan halogen lainnya menciptakan senyawa haloalkana yaitu 1,2-dikloropropana melalui reaksi seperti berikut (Solomons & Fryhle, 2012).



Gambar 2. 2. Reaksi adisi halogen dari propilena

- **Reaksi Adisi Asam Halida**

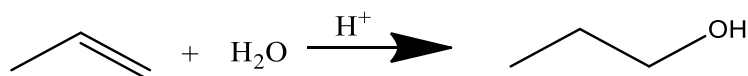
Propilena dapat bereaksi secara adisi dengan adanya senyawa asam halida misalkan HCl dan golongan asam halida lainnya menciptakan senyawa haloalkana yakni 2-kloropropana melalui reaksi seperti berikut (Solomons & Fryhle, 2012).



Gambar 2. 3. Reaksi adisi asam halogen dari propilena

- **Reaksi Hidrasi**

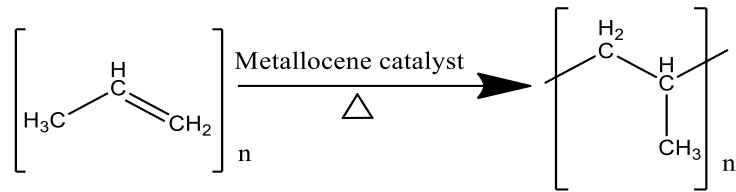
Propilena bereaksi secara hidrasi dengan dibantu oleh senyawa H_2O dan larutan asam yang menciptakan senyawa alkohol yakni 1-propanol melalui reaksi seperti berikut (Solomons & Fryhle, 2012).



Gambar 2.4. Reaksi hidrasi propilena

- **Reaksi Polimerisasi**

Propilena bereaksi secara polimerisasi yang terdiri atas tiga fase yakni tahap inisiasi, tahap propagasi, dan tahap terminasi, dimana pembentukan polipropilena dari propilena disebabkan oleh terbentuknya radikal karbon pada fase inisiasi yang memicu reaksi radikal, maka monomer propilena akan terpolimerisasi menjadi polipropilena (Solomons & Fryhle, 2012).



Gambar 2. 5. Reaksi polimerisasi propilena menjadi polipropilena

2. Spesifikasi Benzena

a. Sifat Fisik

Berat molekul	= 78,11 gr/mol
Titik beku	= -96,03 °C
Titik didih	= 80,08 °C
Titik leleh	= 5,5 °C
Titik nyala	= -11 °C
Tekanan uap (pada 15 °C)	= 60 mmHg
Densitas (pada 20 °C)	= 0.879
Densitas uap	= 2,77 atm
Viskositas (pada 25 °C)	= 0,604 mPa.s
Panas penguapan	= 33,83 kj/mol
Panas pembakaran	= -3267,6 kj/mol
Indeks bias (20 °C/D)	= 1,5011
Kelarutan (air, pada 25 °C)	= 0,18 g/100 MI

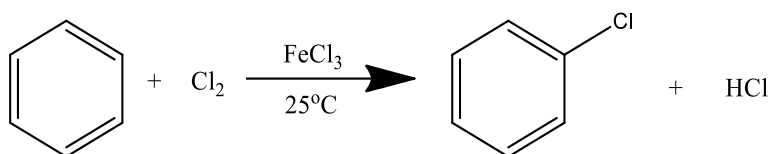
b. Sifat Kimia

- **Sifat kimia tertentu dari cincin benzena**

Benzena ialah sebuah zat kimia organik yang mengandung struktur cincin rangkap dua yang terkonjugasi. konjugasi dari ikatan rangkap ini mengakibatkan ikatan rangkap dalam benzena tidak dapat mengalami adisi, dengan demikian benzena hanya mengalami reaksi substitusi misalkan substitusi dengan halogen, sulfat, nitrat dan juga alkil (Solomons & Fryhle, 2012).

- **Reaksi halogenisasi**

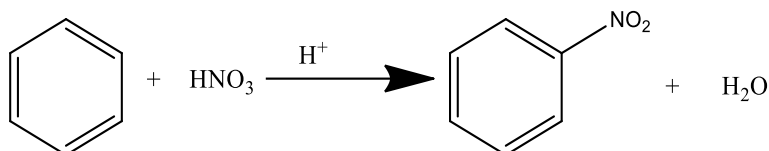
Benzena bisa mengalami reaksi substitusi halogen dengan adanya gas Cl₂ dan asam lewis yaitu katalis FeCl₃ pada suhu 25 °C menciptakan klorobenzena dengan reaksi seperti berikut.



Gambar 2. 6. Reaksi halogenasi benzena

- **Reaksi nitrasi**

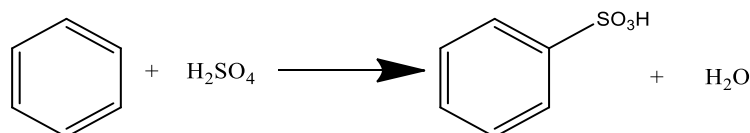
Benzena bereaksi substitusi nitrat dengan adanya HNO_3 dan katalis asam, dengan demikian menciptakan nitrobenzene melalui reaksi seperti berikut.



Gambar 2. 7. Reaksi nitrasi benzena

- **Reaksi sulfatasi**

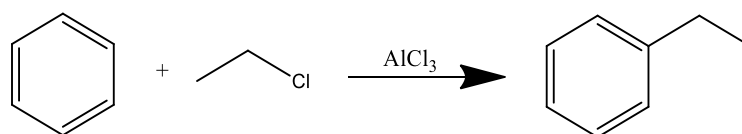
Benzena bereaksi secara substitusi sulfat karena keberadaan H_2SO_4 atau SO_3 menciptakan benzensulfonat melalui reaksi seperti berikut.



Gambar 2. 8. Reaksi sulfatasi benzena

- **Reaksi alkilasi-transalkilasi**

Benzena dapat mengalami reaksi alkilasi menurut Alkilasi-Transalkilasi *alkylation rule* dikarenakan adanya alkil halida dan AlCl_3 menciptakan alkil benzena melalui reaksi seperti berikut.



Gambar 2. 9. Reaksi alkilasi benzena

2.1.2 Spesifikasi Bahan Penunjang

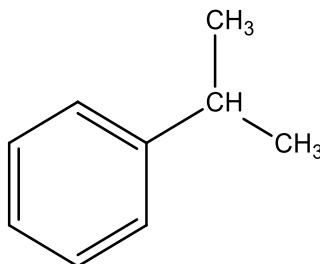
Bahan penunjang pada penciptaan isopropil benzena ialah katalis. Katalis yang dipergunakan ialah katalisator QZ-2000 (*Zeolite*), berdasarkan spesifikasi dari Jiangsu Modern Enviromental Protection Technology Co., Ltd. Jiangsu, Tiongkok dengan spesifikasi seperti berikut.

Tabel 2. 1. Spesifikasi katalis zeolit QZ-2000

Parameter	Nilai
Nama	Katalis Zeolit QZ-2000

Bentuk	Sphere
Diameter	1,6 mm
Densitas <i>Bulk</i>	1000 kg/m ³
Porositas	40%

2.1.3 Spesifikasi Produk Isopropil Benzena



Gambar 2. 10. Struktur molekul Isopropil Benzena (PubChem, 2023)

Isopropil benzena atau dinamakan dengan nama IUPAC *1-methylethylbenzene* atau nama *trivia isopropylbenzene* ialah senyawa kimia organik aromatik yang disusun oleh 1 cincin benzena yang tersubstitusi dengan isopropil. Isopropil benzena ialah material dalam produksi isopropil benzena hidroperoksida yang menjadi bahan *intermediate* pada produksi fenol dari isopropil benzena hidroperoksida (Nikfar & Behboudi, 2014).

Isopropil benzena dengan kemurnian yang tinggi biasanya dibuat dari material berupa propilena dan benzena serta merupakan salah satu produk petroleum yang menjadi material dari beberapa industri manufaktur misalnya *plywood coatings*, resin berbasis fenol, nilon-6, resin berbasis epoksi, resin berbasis polikarbonat hingga pelarut. Isopropil benzena telah dibuat dari 1977 hingga 1987 di Amerika Serikat dengan rata-rata produksi per tahun di sekitar antara 1,2 hingga 1,8 ton per metrik (Kirk-Othmer, 2001).

Menurut Meyers (2004), isopropil benzene (Cumene) dibuat dari propilena dan benzena dengan proses alkilasi-transalkilasi demi mendapatkan isopropil benzena dengan kemurnian mencapai 99,7% beserta pengotor DIPB yang relatif kecil yaitu berkisar antara 0 – 5 ppm. Pengotor DIPB ialah kesulitan terbesar untuk mendapatkan isopropil benzene dengan kemurnian tinggi. Dalam proses pendirian pabrik, sudah pasti sifat fisik serta sifat kimia dari isopropil benzena sebagai produk memerlukan perhatian dengan tujuan sebagai bahan pertimbangan dalam tahap perancangan atau konstruksi alat proses terutama dalam pemilihan material alat dan desain dari peralatan proses.

1. Sifat Fisik Isopropil Benzena

Berat molekul = 120,19 gr/mol

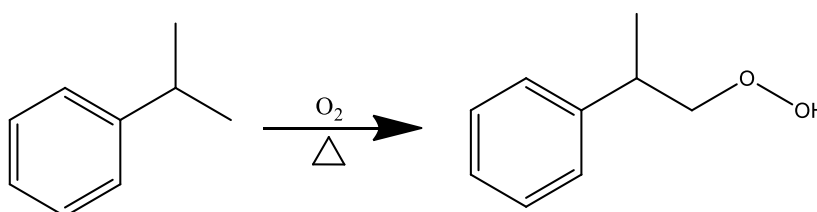
Titik beku	= -96,03°C
Titik didih	= 152,39°C
Titik leleh	= -96,0°C
Titik nyala	= 44°C
Tekanan uap (pada 35°C)	= 1 kPa
Densitas (pada 20°C)	= 0.8619 g/cm ³
Densitas uap (terhadap udara)	= 4:1
Viskositas (pada 25 °C)	= 0,737 mPa.s
Panas penguapan	= 45,13 kJ/mol
Konduktivitas termal (pada 25°C)	= 1,4915 kJ/mol
Indeks bias	= 0,124 n_D^{20}
Kelarutan (air, pada 25°C)	= 61,3 mg/L

2. Sifat Kimia Isopropil Benzena

Isopropil benzene ialah senyawa aromatik yang mempunyai satu cincin benzene dengan ikatan rangkap terkonjugasi, dengan demikian sifat dari isopropyl benzena akan sama dengan sifat kimia benzene yaitu tidak dapat mengalami reaksi adisi melainkan hanya mengalami reaksi substitusi baik secara elektrofilik maupun nukleofilik (Solomons & Fryhle, 2012). Di samping itu, isopropyl benzena berpotensi mengalami reaksi oksidasi dengan keberadaan oksigen dan panas mewujudkan isopropyl benzena hidroperoksida, dimana isopropyl benzena hidroperoksida ialah bahan baku antara dalam proses pembuatan fenol dan aseton (Kharlampidi et al., 2021).

• Reaksi Oksidasi

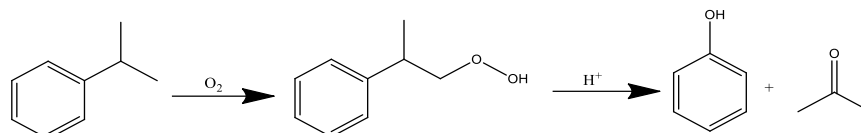
Isopropil benzene bereaksi bersama oksigen pada suhu 99,85°C dalam reaktor betripe kolom yang dilengkapi dengan katalis kompleks tembaga membentuk Isopropil benzene hidroperoksida. Reaksi oksidasi Isopropil benzene menghasilkan Isopropil benzene hidroperoksida berjalan lambat sehingga kinetika reaksi bergantung pada konsentrasi dari oksigen. Reaksi oksidasi Isopropil benzene menghasilkan Isopropil benzene hidroperoksida dapat dilihat sebagai berikut (Kharlampidi *et al.*, 2021).



Gambar 2. 11. Reaksi oksidasi Isopropil benzene

- **Reaksi Pembentukan Fenol**

Isopropil benzene akan bereaksi dengan oksigen dan asam untuk membentuk fenol dengan hasil samping berupa aseton. Proses pembentukan fenol dari Isopropil benzene terdiri dari 2 tahap diantaranya adalah pembentukan Isopropil benzene hidroperoksida dan tahap selanjutnya ialah hidrolisis Isopropil benzene hidroperoksida yang selanjutnya akan menghasilkan fenol dan aseton. Reaksi pembentukan fenol dari Isopropil benzene dapat ditinjau seperti berikut.



Gambar 2. 12. Reaksi pembentukan fenol dari Isopropil benzene

3. Kegunaan Produk Isopropil Benzene (Cumene)

- **Sebagai bahan baku pembuatan Isopropil Benzene Hidroperoksida**

Isopropil benzene ialah bahan baku dalam produksi Isopropil benzene hidroperoksida, dimana Isopropil benzene hidroperoksida diperoleh melalui proses oksidasi dari Isopropil benzene oleh oksigen. Isopropil benzene hidroperoksida ialah bahan baku antara dalam proses penciptaan fenol, aseton dan resin fenolik. Industri yang membutuhkan Isopropil benzene hidroperoksida diantaranya ialah industri pembuatan fenol, aseton, thinner dan resin fenolik (Kharlampidi *et al.*, 2021).

- **Sebagai bahan baku antara dalam pembuatan aseton**

Isopropil benzene ialah bahan baku dalam pembuatan aseton. Aseton dikenal juga dengan dimetil keton atau 2-propanon yang merupakan senyawa penting dari alifatik keton. Kegunaan aseton pada industri yaitu selulosa asetat, cat, serat, plastik, karet, kosmetik, perekat, pernis, penyamakan kulit, pembuatan minyak pelumas, dan proses ekstraksi juga sebagai bahan baku pembuatan metil isobutil keton. Proses yang terjadi pada pembuatan aseton yaitu Isopropil benzenen dioksidasi menjadi fenol dan aseton, dengan proses ini menghasilkan lebih dari 95% aseton yang diproduksi di seluruh dunia (Kharlampidi *et al.*, 2021).

- **Sebagai bahan baku antara dalam pembuatan acetophenone**

Isopropil benzene ialah bahan baku yang berasal dari pembuatan acetophenone, dimana acetophenone komersil didapatkan dari deasetilasi Isopropil benzene. Acetophenone sering digunakan dalam industri aromatik sebagai bahan campuran parfum dengan anisaldehyde dan sebagai bahan pelarut untuk cat atau kertas eter dan ester untuk produksi alkohol.

- Sebagai bahan pelarut dalam industri *plywood*

Isopropil benzene dipergunakan sebagai bahan pelarut dalam industri *plywood* seperti *particle board* atau plafon berbasis *plywood*. Penggunaan Isopropil benzene untuk pelarut terdapat pada proses *coating* produk *plywood* dengan plitur yang menggunakan pelarut Isopropil benzene (Srivastava *et al.*, 2023).

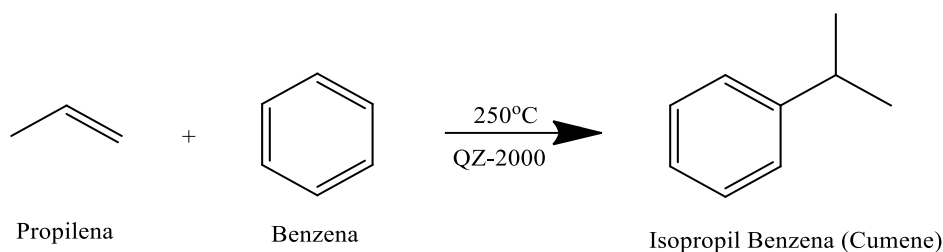
- Sebagai bahan campuran pada avtur

Isopropil benzene dipergunakan sebagai komponen dari beberapa hidrokarbon cair seperti bahan bakar penerbangan sebagai bahan aditif untuk meningkatkan angka oktan minyak bumi dan bahan penggerak. Aviation Turbine Fuel (AVTUR) atau secara Internasional lebih dikenal dengan nama Jet A-1 ialah bahan bakar untuk pesawat terbang jenis jet, baik tipe jet propusion atau propeller (Velikov *et al.*, 1999).

2.2 Konsep Proses

2.2.1 Dasar Reaksi

Pembuatan Isopropil benzene berlangsung pada fase gas yang bersifat eksotermis dan *irreversible* dengan satu tahap reaksi propilena dan benzena membentuk isopropil benzene (Isopropil benzene) dengan reaksi samping berupa pembentukan diisopropil benzene (DIPB) menurut persalmaan reaksi seperti berikut.



Gambar 2. 13. Reaksi utama pada pembentukan Isopropil benzene dari propilena dan benzena

Pembuatan Isopropil benzene dari propilena dan benzena mengandung prinsip dasar reaksi alkilasi Alkilasi-Transalkilasi. Reaksi Alkilasi-Transalkilasi Benzena dijelaskan sebagai reaksi substitusi alkil melalui pembentukan ion karbonium sebagai elektrofilik pada alkil yang akan ditambahkan dan selanjutnya elektrofilik tersebut akan mensubstitusi atom hidrogen pada senyawa target (Solomons & Fryhle, 2012), dalam hal ini elektrofilik akan terbentuk dari propilena dengan senyawa target berupa benzena.

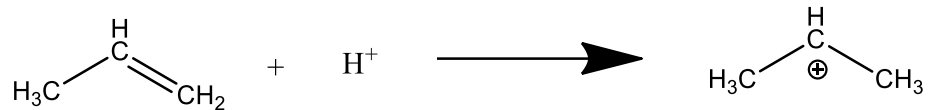
2.2.2 Mekanisme Reaksi

Reaksi Alkilasi-Transalkilasi Benzena yang menjadi dasar metode pada perancangan ini memiliki 3 (tiga) tahapan mekanisme reaksi, yaitu pembentukan

elektrofilik, adisi elektrofilik dan eliminasi ion hidrogen yang dengan uraian mekanisme reaksi seperti berikut.

- Tahap 1. Pembentukan elektrofilik

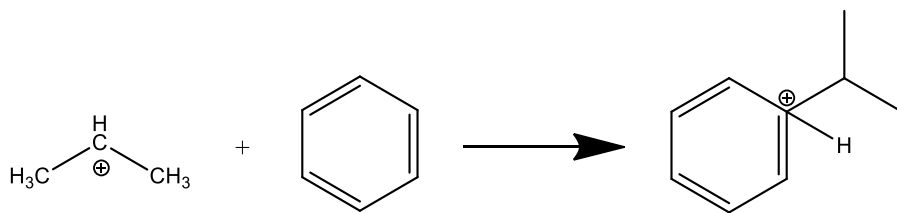
Elektrofilik yang terbentuk ialah suatu karbokation, dengan keberadaan H^+ atom karbon nomor 2 pada senyawa propilena akan membentuk karbokation sekunder yang lebih stabil dan bersifat radikal.



Gambar 2. 14. Reaksi Pembentukan Elektrofilik

- Tahap 2. Adisi elektrofilik

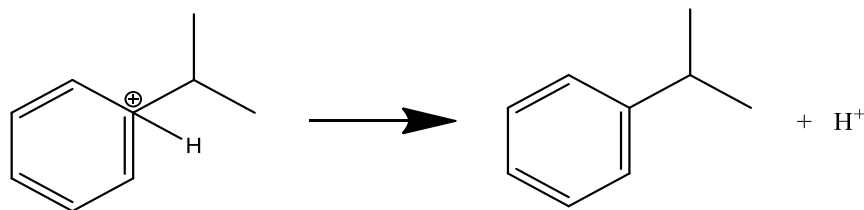
Karbokation sekunder yang terbentuk pada tahap sebelumnya, selanjutnya akan menyerang benzena, dengan demikian salah satu karbon pada benzena akan kelebihan hidrogen dan terbentuklah ion arhenium.



Gambar 2. 15. Reaksi Adiksi Elektrofilik

- Tahap 3. Eliminasi ion hidrogen

Ion arhenium yang terbentuk selanjutnya akan mengalami pelepasan ion hidrogen untuk mencapai stabilitas, maka kemudian Isopropil benzene akan terbentuk.



Gambar 2. 16. Reaksi Eliminasi Ion Hidrogen

2.2.3 Kondisi Operasi

Berdasarkan sumber bacaan yang diperoleh dari Andersen & Wenzel, (1962) pada buku *“Introduction to Chemical Engineering”* halaman 322, parameter operasi reaksi pada proses produksi Isopropil benzene dari propilena dan benzena ialah seperti berikut.

Tabel 2. 2. Kondisi operasi reaksi pembentukan Isopropil benzene dari propilena dan benzena (Andersen & Wenzel, 1962)

Parameter	Nilai
Fase	Gas
Suhu	250°C
Tekanan	27,22 atm
Rasio Molar	1:2
Propilena : Benzena	

2.2.4 Tinjauan Termodinamika

Berdasarkan data yang didapat dari sumber literatur “*Chemical Properties Handbook*” Yaws, (1999) pada tabel 12-1, diketahui nilai ΔH_f standar, A, B dan C pada $T = 298K$ (25°C) untuk setiap komponen yang ikut serta dalam pembentukan Isopropil benzene dari propilena dan benzena adalah sebagai berikut.

Tabel 2. 3. Nilai entalpi pembentukan standar (Yaws, 1999)

Komponen	A	B	C	ΔH_f° (kJ/mol K)
Propilena (C ₃ H ₆)	37,334	$-6,5191 \times 10^{-2}$	$2,8085 \times 10^{-5}$	20,42
Benzena (C ₆ H ₆)	101,403	$-7,2136 \times 10^{-2}$	$3,2877 \times 10^{-5}$	82,93
Isopropil benzene (C ₉ H ₁₂)	36,884	$-1,1368 \times 10^{-1}$	$6,3911 \times 10^{-5}$	3,93

Pada desain ini ditetapkan untuk kondisi operasi reaksi pada temperatur 250°C. Entalpi pembentukan untuk setiap komponen dihitung menggunakan metode berikut melalui perhitungan menurut Yaws, (1999).

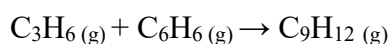
$$\Delta H_f = A + BT + CT^2$$

Menurut persamaan di atas, sehingga dapat ditetapkan nilai ΔH_f untuk setiap komponen pada $T = 523K$ (250°C) ialah seperti berikut:

Tabel 2. 4. Nilai entalpi pembentukan pada 523K

Komponen	ΔH_f° (kJ/mol K) T = 298K	ΔH_f° (kJ/mol K) T = 523K
Propilena (C ₃ H ₆)	20,42	10,921
Benzena (C ₆ H ₆)	82,93	72,669
Isopropil Benzene (C ₉ H ₁₂)	3,93	-5,089

Reaksi yang berlangsung pada desain ini dapat dituliskan seperti berikut.



Untuk menentukan nilai panas reaksi atau ΔH_r pada desain ini, menurut Yaws, (1999) bisa digunakan persamaan seperti berikut.

$$\Delta H_r = [\Delta H_f \text{ Produk}] - [\Delta H_f \text{ Reaktan}]$$

Dengan demikian pada desain ini menggunakan temperatur 250°C atau 523K dengan propilena dan benzena sebagai reaktannya, serta Isopropil benzene sebagai produk, maka perhitungan nilai panas reaksi pada desain ini ialah seperti berikut.

$$\Delta H_r = [\Delta H_{f523K} \text{ C}_9\text{H}_{12}] - [(\Delta H_{f523K} \text{ C}_3\text{H}_6) + (\Delta H_{f523K} \text{ C}_6\text{H}_6)]$$

$$\Delta H_r = [-5,089] - [(10,921) + (72,669)] \text{ kJ/mol K}$$

$$\Delta H_r = -88,678981979 \text{ kJ/mol K}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, sehingga diperoleh kesimpulan bahwa pada perancangan produksi Isopropil benzene dari propilena dan benzena ini menghasilkan reaksi yang bersifat eksotermis dengan nilai $\Delta H_r = -88,6790 \text{ kJ/mol K}$.

Menurut data yang didapat dari sumber literatur “*Chemical Properties Handbook*” Yaws, (1999) pada tabel 13-1, diperoleh nilai ΔG_f standar, A, B dan C pada $T = 298\text{K}$ (25°C) untuk masing-masing komponen yang terlibat pada pembentukan Isopropil benzene dari propilena dan benzena ialah seperti berikut.

Tabel 2. 5. Nilai entropi pembentukan standar (Yaws, 1999)

Komponen	A	B	C	ΔG_f° (kJ/mol K)
Propilena (C_3H_6)	19,412	$1,3685 \times 10^{-1}$	$2,5749 \times 10^{-5}$	62,72
Benzena (C_6H_6)	81,512	$1,5282 \times 10^{-1}$	$2,6522 \times 10^{-5}$	129,66
Isopropil Benzene	0,983	$4,4175 \times 10^{-1}$	$4,3406 \times 10^{-5}$	136,98

Pada desain ini ditetapkan kondisi operasi reaksi pada temperatur 250°C, dengan demikian besar energi Gibbs pembentukan dari masing-masing komponen diketahui melalui perhitungan berikut menurut Yaws, (1999).

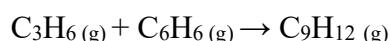
$$\Delta G_f = A + BT + CT^2$$

Menurut persamaan di atas, sehingga dapat diperoleh nilai ΔG_f masing-masing komponen pada $T = 523\text{K}$ (250°C) ialah seperti berikut.

Tabel 2. 6. Nilai entropi pembentukan pada 523K

Komponen	ΔG_f° (kJ/mol K)	ΔG_f° (kJ/mol K)
	T = 298K	T = 523K
Propilena (C ₃ H ₆)	62,72	98,02
Benzena (C ₆ H ₆)	129,66	168,69
Isopropil Benzena (C ₉ H ₁₂)	136,98	243,89

Reaksi yang berlangsung pada desain ini dituliskan seperti berikut.



Untuk menetapkan energi Gibbs reaksi atau ΔG_r pada desain ini, menurut Yaws, (1999) dipergunakan persamaan seperti berikut.

$$\Delta G_r = [\Delta G_f \text{ Produk}] - [\Delta G_f \text{ Reaktan}]$$

Dengan demikian pada desain ini akan digunakan temperatur 250°C atau 523K dengan propilena dan benzena sebagai reaktannya, serta Isopropil benzene sebagai produk maka perhitungan nilai energi Gibbs reaksi pada desain ini ialah seperti berikut.

$$\Delta G_r = [\Delta G_{f523K} \text{ C}_9\text{H}_{12}] - [(\Delta G_{f523K} \text{ C}_3\text{H}_6) + (\Delta G_{f523K} \text{ C}_6\text{H}_6)]$$

$$\Delta G_r = [243,89] - [(98,02) + (168,69)] \text{ kJ/mol K}$$

$$\Delta G_r = -22,82 \text{ kJ/mol K}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, sehingga diperoleh kesimpulan pada perancangan produksi Isopropil benzene dari propilena dan benzena ini menghasilkan reaksi yang bersifat spontan dengan nilai $\Delta G_r = -22,82 \text{ kJ/mol K}$.

Untuk mendapatkan nilai K_0 , maka perlu untuk mengetahui nilai energi bebas Gibbs standar (ΔG_r°) pada T = 298K (25°C) menurut perhitungan seperti berikut.

$$\Delta G_r^\circ = [\Delta G_f^\circ \text{ Produk}] - [\Delta G_f^\circ \text{ Reaktan}]$$

$$\Delta G_r^\circ = [\Delta G_f^\circ \text{ C}_9\text{H}_{12}] - [(\Delta G_f^\circ \text{ C}_3\text{H}_6) + (\Delta G_f^\circ \text{ C}_6\text{H}_6)]$$

$$\Delta G_r^\circ = [136,98] - [(62,72) + (129,66)] \text{ kJ/mol K}$$

$$\Delta G_r^\circ = -55,4 \text{ kJ/mol K}$$

Nilai konstanta kesetimbangan standar (K_0) pada T = 298K (25°C) dapat diketahui melalui perhitungan seperti berikut.

$$K_0 = \exp\left(\frac{\Delta G_r^\circ}{RT}\right)$$

$$K_0 = \exp\left(\frac{-55,40 \text{ kJ/mol K}}{(8,314 \text{ J/mol K})(298 \text{ K})}\right)$$

$$K_0 = 0,9779$$

Pada suhu tertentu, nilai konstanta kesetimbangan (K) ditetapkan melalui persamaan seperti berikut.

$$\ln \frac{K}{K_0} = -\frac{\Delta H_r}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right)$$

Pada desain ini dipergunakan $T = 523 \text{ K}$ (250°C), dengan demikian nilai konstanta kesetimbangan pada desain ini dapat diperoleh melalui perhitungan seperti berikut,

$$\ln \frac{K}{0,9779} = -\frac{(-88,67 \text{ kJ/mol K})}{(8,314 \text{ J/mol K})} \left(\frac{1}{523 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right)$$

$$\ln \frac{K}{0,9779} = -0,0154$$

$$\frac{K}{0,9779} = \exp(-0,0154)$$

$$\frac{K}{0,9779} = 0,9847$$

$$K = 0,9629$$

Derajat kesetimbangan pada reaksi pembentukan Isopropil benzene dari propilena dan benzena dapat diperoleh melalui persamaan seperti berikut.

$$K = \frac{y_{C_9H_{12}}}{y_{C_6H_6} \cdot y_{C_3H_6}} = \frac{\left(\frac{\varepsilon e}{2 - \varepsilon e} \right)}{\left(\frac{1 - \varepsilon e}{2 - \varepsilon e} \right) \left(\frac{1 - \varepsilon e}{2 - \varepsilon e} \right)}$$

$$0,9629 \cdot \varepsilon e^2 - 1,9259 \cdot \varepsilon + 0,9629 = 0$$

Menurut persamaan kuadrat di atas, sehingga diperoleh akar-akar dari persamaan tersebut seperti berikut.

$$\varepsilon e_1 = 1,00$$

$$\varepsilon e_2 = 1,00$$

Berdasarkan nilai K yang telah diketahui yaitu $K = 0,9629$ dan nilai ε yang diperoleh yaitu $\varepsilon = 1,00$ maka reaksi alkilasi antara propilena dan benzena pada desain ini ialah reaksi satu arah (*irreversible*).

2.2.5 Tinjauan Kinetika

Berdasarkan persamaan Arrhenius, kinetika dapat diperoleh dengan mengetahui nilai k reaksi menurut persamaan berikut.

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

dimana:

k = konstanta kecepatan reaksi

E_a = energi aktivasi

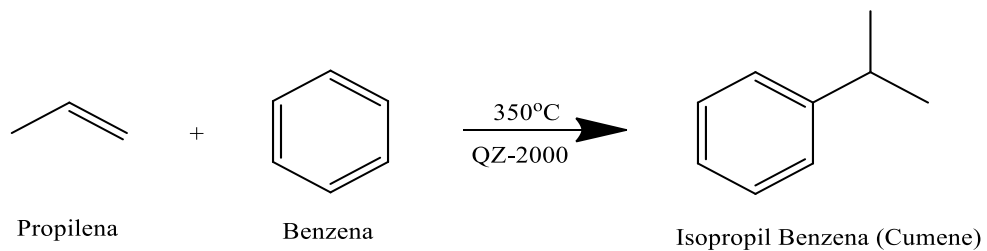
A = frekuensi tumbukan

T = suhu

R = konstanta gas ideal

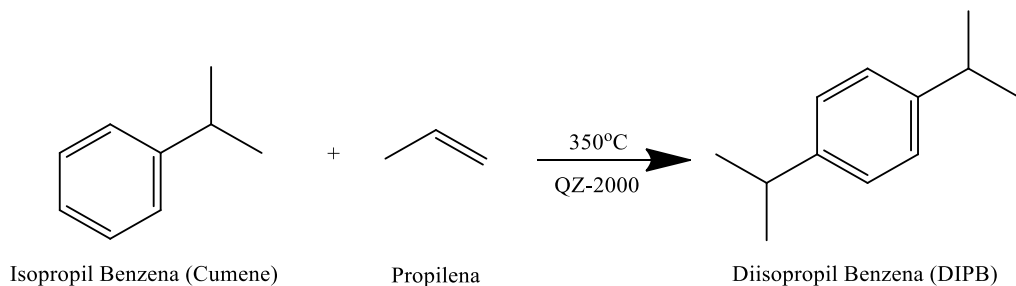
Pada desain ini, terdapat dua reaksi yang terlibat yaitu reaksi pembentukan Isopropil benzene dari propilena dan benzena juga reaksi pembentukan diisopropil benzene dari Isopropil benzene dan propilena dengan reaksi seperti berikut.

Reaksi 1:



Gambar 2. 17. Reaksi Pembentukan Isopropil Benzene dari Propilena dan Benzena

Reaksi 2:



Gambar 2. 18. Reaksi Pembentukan Diisopropil Benzene dari Isopropil Benzene dan Propilena

Berdasarkan Pathak et al. (2011), diperoleh persamaan laju reaksi untuk reaksi pembentukan Isopropil benzene (reaksi 1) dan pembentukan DIPB (reaksi 2) yaitu seperti berikut.

Reaksi 1: $r_1 = k_1(C_{\text{propilen}})^{0,87}(C_{\text{benzena}})^{0,96}$

Reaksi 2: $r_2 = k_2(C_{\text{Isopropil benzene}})^{0,61}(C_{\text{propilen}})^{0,92}$

Dengan demikian nilai konstanta reaksi dari masing-masing reaksi tersebut adalah seperti berikut.

$$k_1 = 6,981 \times 10^5 \exp\left(\frac{-63742}{RT}\right)$$

$$k_2 = 4 \times 10^4 \exp\left(\frac{-79162}{RT}\right)$$

2.3 Langkah Proses

2.3.1 Tahap Penyimpanan Bahan Baku

Propilena 99,60% (w/w) dan propane (sebagai *diluent*) 0,40% (w/w) dalam fase cair disimpan di dalam tangki silinder horizontal berbentuk *elliptical head* (T-01) pada suhu 30°C dan tekanan 14 atm, sedangkan benzena 99,90% (w/w) dan toluena 0,10% (w/w) dalam fase cair disimpan di dalam tangki silinder vertikal berbentuk *conical head* pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm.

Penyimpanan pada tekanan yang lebih tinggi untuk propilena memiliki tujuan untuk dapat mempertahankan fase propilena dalam fase cair maka dari itu dipergunakan tangki *elliptical head* yang kompatibel terhadap tekanan tinggi.

2.3.2 Tahap Preparasi Bahan Baku

Pada tahapan ini melibatkan preparasi bahan baku dengan mengubah fase bahan baku dari cair menjadi gas. Propilena dan propana dari tangki penyimpanan (T-01) dialirkan dengan pompa sentrifugal (P-01) untuk dinaikkan tekanannya dari 14 atm hingga 27,22 atm dan menuju *Propylene Vaporizer* (VP-01) untuk selanjutnya mengalami evaporasi dari suhu 30°C dan keluar dari VP-01 dalam fase gas jenuh bersuhu 75°C.

Benzena dan toluena dari tangki penyimpanan (T-02) kemudian dialirkan dengan pompa sentrifugal (P-02) untuk dinaikkan tekanannya dari 1 atm sampai dengan 27,22 atm dan menuju *Benzene Pre-Heater* (PH-01) untuk selanjutnya mengalami pemanasan dari suhu 30°C dan keluar dari PH-01 dengan suhu 75°C. Berikutnya umpan dilanjutkan ke dalam *Benzene Vaporizer* (VP-02) supaya selanjutnya mengalami evaporasi dari suhu 75°C dan keluar dari VP-02 dalam fase gas jenuh bersuhu 175°C.

Uap jenuh propilena dan propana dari *Propylene Vaporizer* (VP-01) dengan suhu 75°C serta uap jenuh benzena dan toluena dari *Benzene Vaporizer* (VP-02) dengan suhu 175°C, keduanya diumpankan ke dalam *Furnace* (F-01) untuk mengalami pemanasan dan keluar dari F-01 dengan suhu 250°C dan tekanan 27,22 atm.

2.3.3 Tahap Reaksi dan Pembentukan Produk

Campuran uap jenuh propilena dan propana, serta benzena dan toluena dengan suhu 250°C dan tekanan 27,22 atm dari *Furnace* (F-01) selanjutnya diumpankan ke dalam Reaktor

Alkilasi (R-01) dengan jenis reaktor *Fixed Bed Multitube* pada bagian *tube* reaktor yang telah dilengkapi dengan katalis zeolit QZ-2000 dan cincin inert. Pada tahapan ini terjadi proses reaksi katalitik heterogen dari alkilasi propilena dengan benzena untuk membentuk Isopropil benzene, serta terjadi pula reaksi samping antara Isopropil benzene dengan propilena membentuk DIPB. Reaksi yang terjadi berlangsung pada keadaan *isothermal* dengan fase gas, hasilnya campuran gas keluar dari R-01 berada pada suhu 250°C dan tekanan 27,22 atm.

Campuran gas dari Reaktor Alkilasi (R-01) selanjutnya diumpankan ke dalam Reaktor Transalkilasi (R-02) bersama dengan uap DIPB jenuh dari *DIPB Vaporizer* (VP-03). Pada reaktor ini terjadi proses reaksi transalkilasi antara DIPB dengan kelebihan benzena untuk kembali membentuk Isopropil benzene, supaya dapat diperoleh *yield* Isopropil benzene yang lebih tinggi. Reaksi yang berlangsung pada R-02 berada dalam kondisi *isothermal*, akibatnya arus keluar dari R-02 akan keluar pada suhu 250°C dan tekanan 27,22 atm. Campuran gas dari R-02 yang terdiri dari benzena, toluena, propana, Isopropil benzene dan DIPB selanjutnya diumpankan ke *Cooler* (C-01) untuk mengurangi suhunya dari 250°C menjadi 125°C.

2.3.4 Tahap Pemurnian Produk

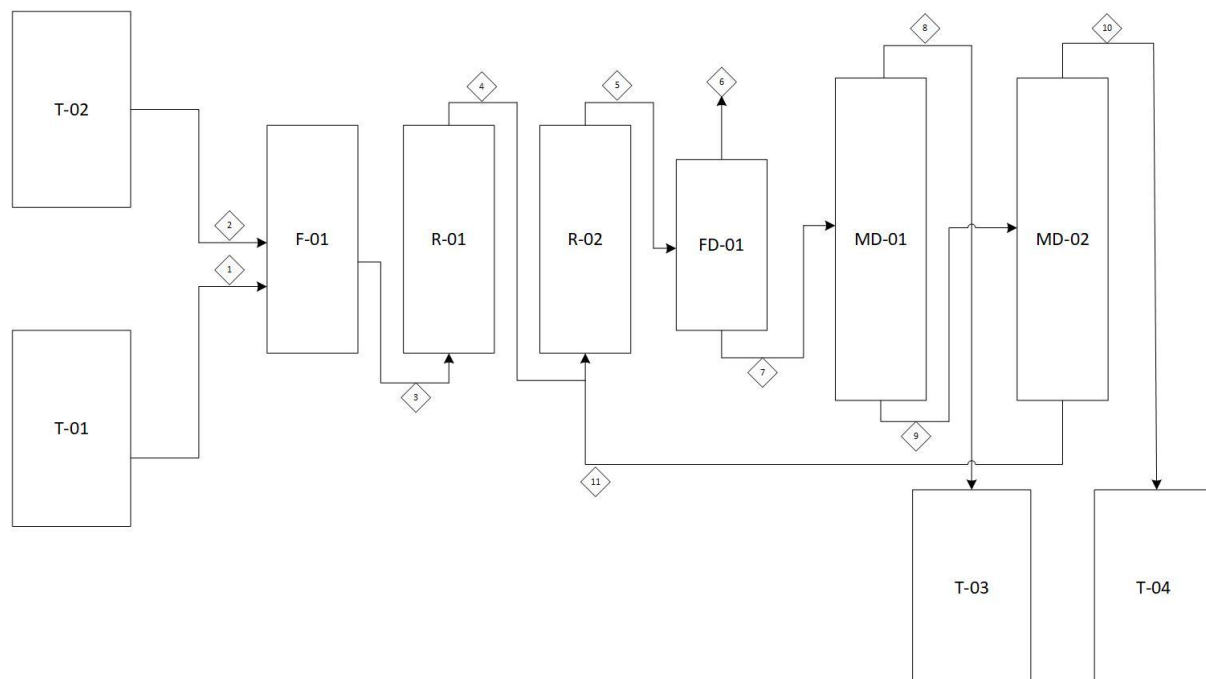
Campuran benzena, toluena, propana, Isopropil benzene dan DIPB dengan suhu 125°C dalam fase campuran cair dan gas selanjutnya diumpankan ke dalam *Flash Drum* (FD-01) untuk mengurangi tekanannya dari 27,22 atm menjadi 2 atm. Pada tahapan ini terjadi juga pemisahan antara propana dengan benzena, Isopropil benzene dan DIPB pada tekanan dan suhu tersebut, dimana propana dan sebagian kecil benzena akan berada dalam fase gas selanjutnya akan keluar dari aliran sebagai *stack gas*, sedangkan sebagian besar benzena, toluena, serta Isopropil benzene dan DIPB akan berada dalam fase cair dan kemudian keluar dari *Flash Drum* (FD-01) menuju *Benzene Column Pre-Heater* (PH-02).

Pada *Benzene Column Pre-Heater* (PH-02), campuran benzena, toluena, Isopropil benzene dan DIPB akan dipanaskan dari suhu 125°C hingga bersuhu 127,57°C. Selanjutnya campuran benzena, toluena, serta Isopropil benzene dan DIPB dengan suhu 127,57°C dan tekanan 2 atm diumpankan ke dalam *Benzene Column* (MD-01) melalui bagian atas MD-01 untuk mengalami proses destilasi, di mana di dalam alat tersebut sebagian besar benzena dan sebagian kecil toluena akan keluar dari bagian atas MD-01 pada suhu 104,69°C dan selanjutnya akan dikondensasi dengan *Benzene Column Condensor* (CN-01) hingga benzena dan toluena keluar dari CN-01 pada fase cair jenuh dengan suhu 50°C dan selanjutnya sebagian diumpankan kembali ke MD-01 sebagai refluks, sedangkan sebagian lainnya diteruskan menuju Tangki Benzena Sisa (T-03). Sedangkan sebagian kecil benzena dan toluena, serta Isopropil benzene dan DIPB akan keluar dari bagian bawah MD-01 pada suhu 183,31°C untuk

selanjutnya akan dipompakan menggunakan P-04 dan sebagian akan diumpankan ke *Benzene Column Reboiler* (RB-01), sedangkan sebagian lainnya diteruskan menuju *Isopropil benzene Column* (MD-02).

Pada *Isopropil benzene Column* (MD-02) terjadi tahap proses pemisahan antara Isopropil benzene sebagai produk utama dan DIPB sebagai impuritas atau pengotor. Campuran dengan komposisi sebagian kecil benzena dan toluena, serta Isopropil benzene dan DIPB pada suhu $183,31^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 2 atm diumpankan ke dalam *Isopropil benzene Column* (MD-02) melalui bagian atas MD-02, selanjutnya Isopropil benzene serta sebagian kecil benzena, toluene, dan DIPB akan keluar dari bagian atas MD-02 pada suhu $183,67^{\circ}\text{C}$ dan selanjutnya akan dikondensasi dengan *Isopropil benzene Column Condensor* (CN-02) hingga campuran tersebut keluar dari CN-02 pada fase cair jenuh dengan suhu 50°C dan selanjutnya sebagian campuran tersebut diumpankan kembali ke MD-02 sebagai refluks sementara sebagian lainnya diteruskan menuju Tangki Produk Isopropil benzene (T-04). Sedangkan DIPB dan sebagian kecil Isopropil benzene akan keluar dari bagian bawah MD-01 pada suhu $148,75^{\circ}\text{C}$ selanjutnya dipompa oleh P-05 dan sebagian diumpankan ke *Isopropil benzene Column Reboiler* (RB-02), sedangkan sebagian lainnya diteruskan ke *DIPB Vaporizer* dan keluar sebagai uap jenuh dengan suhu 250°C dan diumpankan kembali menuju Reaktor Transalkilasi (R-02)

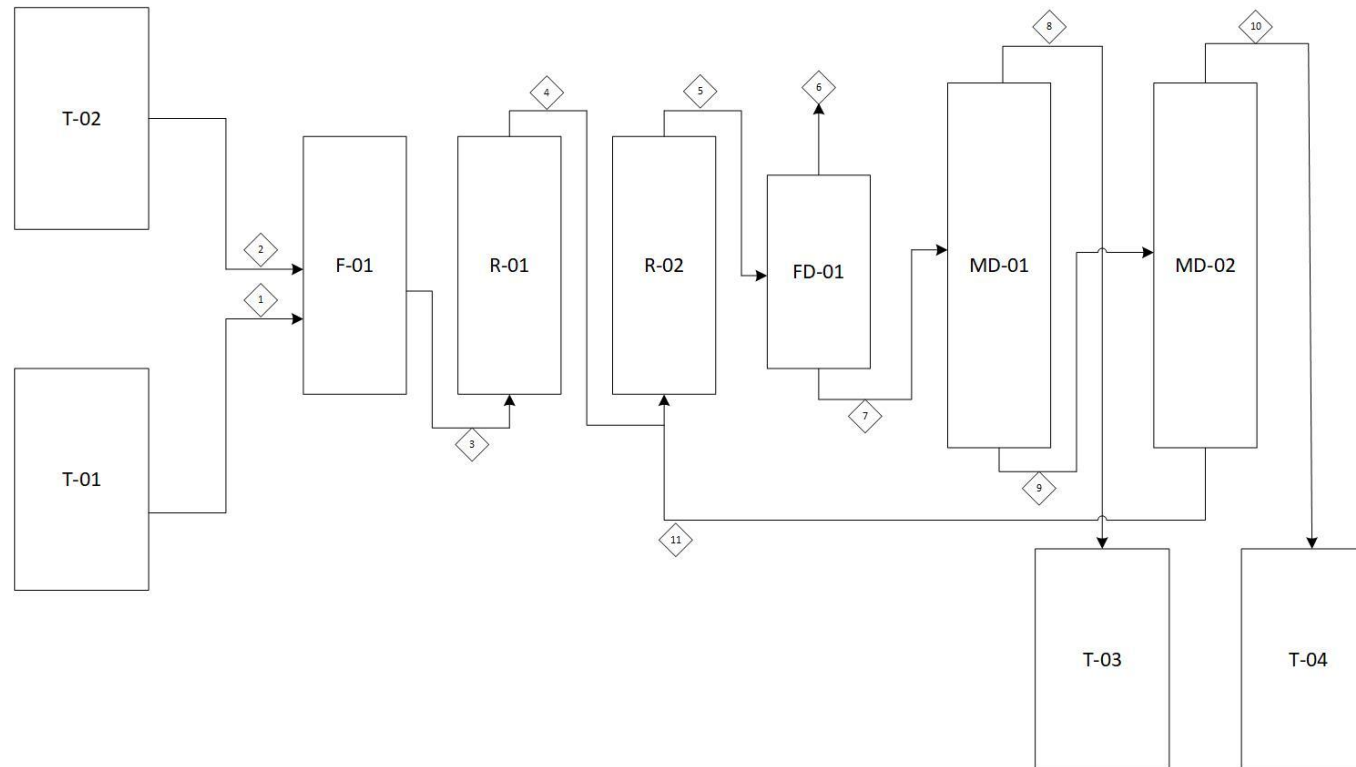
2.3.5 Diagram Alir Proses Produksi



Gambar 2. 19 Diagram Alir Proses Produksi

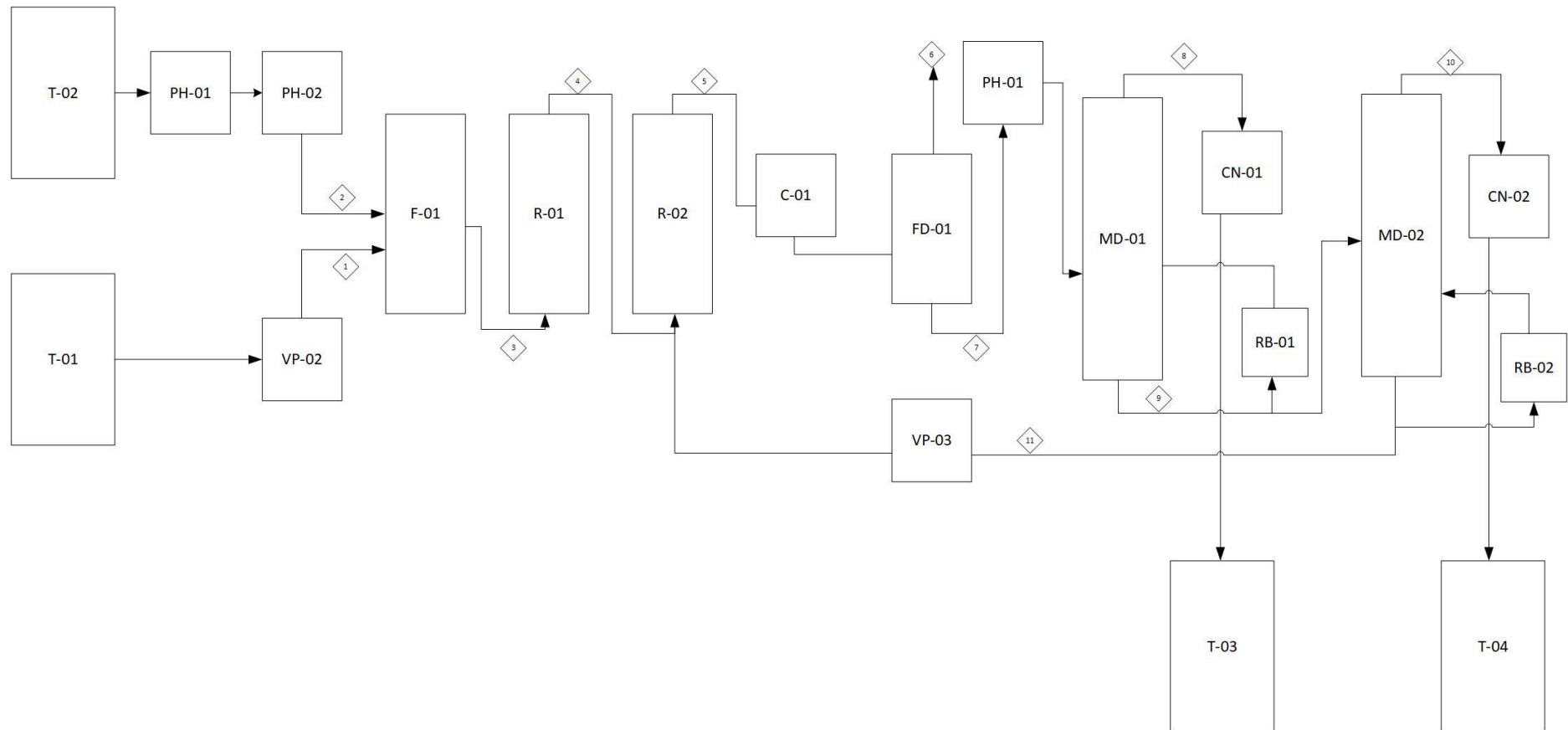
2.4 Diagram Alir

2.4.1 Diagram Alir Neraca Massa



Gambar 2.20. Diagram alir neraca massa Pabrik Isopropil Benzena (Cumene) dengan kapasitas 50.000 ton/tahun

2.4.2 Diagram Alir Neraca Panas



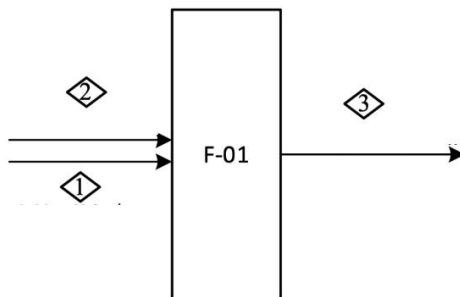
Gambar 2. 21. Diagram alir neraca panas Pabrik Isopropil Benzena (Cumene) dengan kapasitas 50.000 ton/tahun

2.5 Neraca Massa dan Neraca Panas

2.5.1 Neraca Massa

Berikut adalah ringkasan dari perhitungan neraca massa untuk Pra-Rancangan Pabrik Isopropil Benzene (Cumene) dengan kapasitas 50.000 ton/tahun dengan perhitungan lengkap tercantum pada lampiran A.

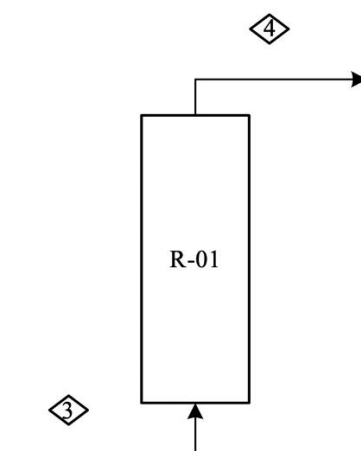
1. Neraca Massa *Furnace* (F-01)



Tabel 2. 7. Neraca Massa *Furnace* (F-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
Benzena		10.829,73	10.829,74
Toluena		10,84	10,84
Propilena	2.429,75		2.429,76
Propana	9,75		9,76
Sub-Total	2.439,52	10.840,58	13.280,10
Total	13.280,097		13.280,097

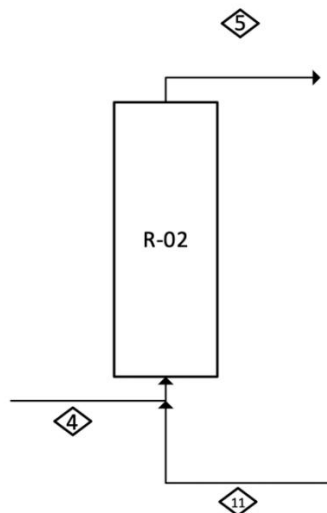
2. Neraca Massa Reaktor Alkilasi (R-01)



Tabel 2. 8. Neraca massa Reaktor Alkilasi (R-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4
Benzena	10.829,73	8.123,63
Toluena	10,84	10,84
Propilena	2.429,75	969,13
Propana	9,75	9,76
Cumene		4.153,05
DIPB		14,05
Sub-Total	13.280,097	13.280,097
Total	13.280,097	13.280,097

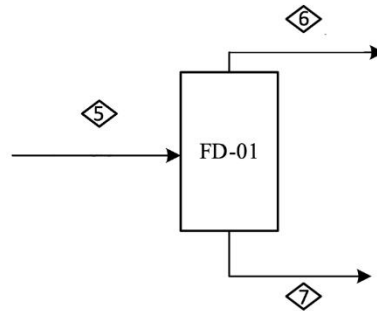
3. Neraca Massa Reaktor Transalkilasi (R-02)



Tabel 2. 9. Neraca Massa Reaktor Transalkilasi (R-02)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 4	Arus 11	Arus 5
Benzena	8.123,62		6.324,69
Toluena	10,84		10,84
Propilena	969,13		
Propana	9,75		9,75
Cumene	4.153,55	17,40	6.957,25
DIPB	14,05	46,80	46,92
Sub-Total	13.280,97	64,20	13.349,474
Total	13.349,474		13.349,474

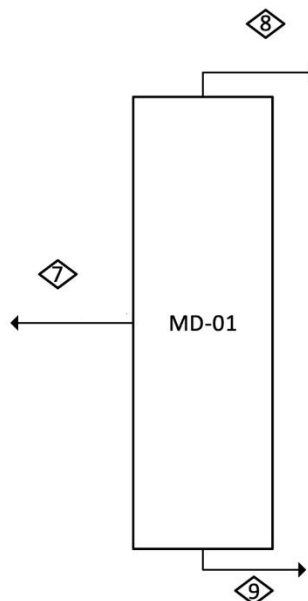
4. Neraca Massa *Flash Drum* (FD-01)



Tabel 2. 10 Neraca Massa *Flash Drum* (FD-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
Benzena	6.324,69	0	6.324,69
Toluena	10,84		10,84
Propana	9,75	9,75	
Cumene	6.957,25		6.957,25
DIPB	46,92		46,92
Sub-Total	13.349,47	9,75	13.339,71
Total	13.349,47	13.349,47	

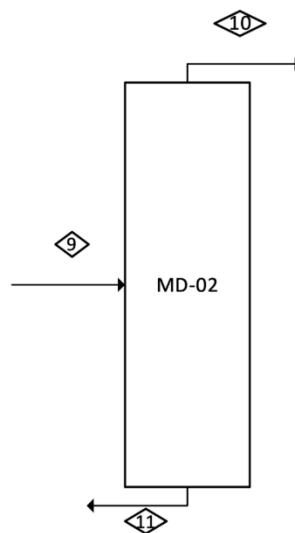
5. Neraca Massa Kolom Benzena (MD-01)



Tabel 2. 11. Neraca Massa Kolom Benzena (MD-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9
Benzena	6.324,69	6318,37	6,32
Toluena	10,84	0,01	10,82
Cumene	6.957,25		6.957,25
DIPB	46,92		46,92
Sub-Total	13.339,71	6.318,38	7021,33
Total	13.339,71	13.339,71	

6. Neraca Massa Kolom Isopropil Benzene (Cumene) (MD-02)



Tabel 2. 12. Neraca Massa Kolom Isopropil Benzene (MD-02)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
Cumene	6.946,26	6928,89	17,36
DIPB	46,92	0,11	46,80
Toluena	10,81	10,81	
Benzena	6,31	6,31	
Sub-Total	7.010,31	6.946,14	47,23
Total	7.010,31	7.010,31	

7. Neraca Massa *Overall*

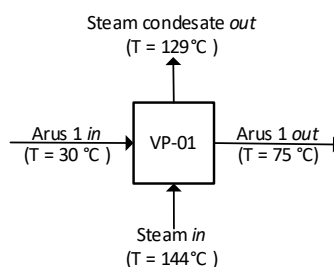
Tabel 2. 13. Neraca massa *overall* Pabrik Isopropil Benzene (Cumene) dengan kapasitas 50.000 ton/ tahun (basis operasi: 1 jam)

Alat	Komponen	Input (kg)	Output (kg)
Furnace	Benzena	10.829,73	-
	Propilena	10,84	9,76
	Toluena	2.429,75	6.324,69
	Propana	9,75	10,84
Flash Drum	Benzena	-	6.324,69
	Toluena	-	-
	Propana	-	9,75
Menara Distilasi	Cumene	-	6.946,024
	DIPB	-	0,117
Total		13.280,09	13.280,59

2.5.2 Neraca Panas

Berikut adalah ringkasan dari perhitungan neraca massa untuk Pra-Rancangan Pabrik Isopropil Benzene (Cumene) dengan kapasitas 50.000 ton/tahun dengan perhitungan lengkap tercantum pada lampiran A.

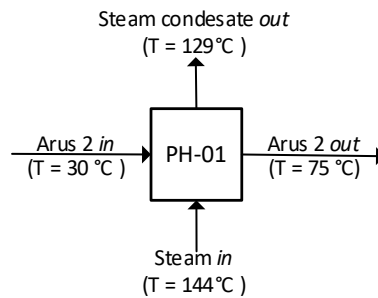
1. Neraca Panas *Propylene Vaporizer* (VP-01)



Tabel 2. 14. Neraca panas *Propylene Vaporizer* (VP-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 1
Propilena	2680094,274	26797088,74
Propana	39	80
Q steam	24117035	-
Total	26797168,74	26797168,74

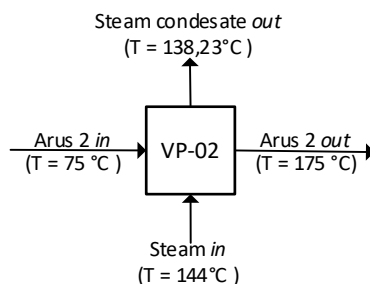
2. Neraca Panas Benzene Pre-Heater (PH-01)



Tabel 2. 15. Neraca Panas *Benzene Pre-Heater* (PH-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 1
Benzena	13330932,56	294924678,2
Toluena	10,95169025	240,8226645
Q steam	281593975,5	-
Total	294924919	294924919

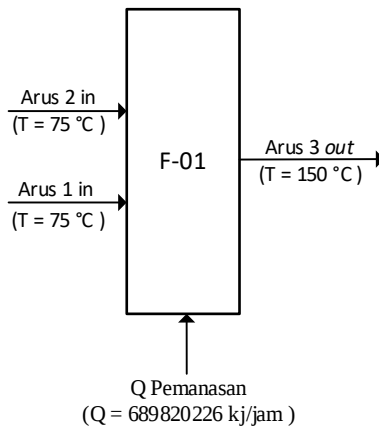
3. Neraca Panas Benzene Vaporizer (VP-02)



Tabel 2. 16. Neraca Panas *Benzene Vaporizer* (VP-02)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 2	Arus 2
Benzena	294924678,2	868698618,3
Toluena	241	760
Q steam	573.774.460	-
Total	868699378,6	868699378,6

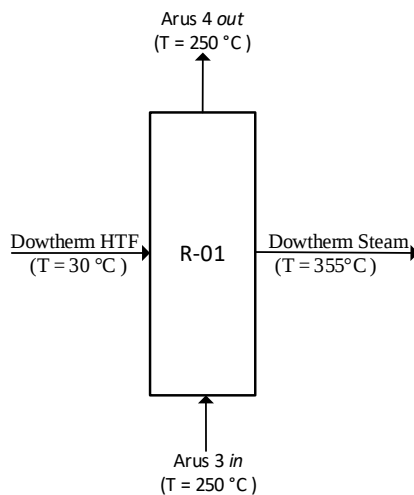
4. Neraca Panas Furnace (F-01)



Tabel 2. 17. Neraca Panas *Furnace* (F-01)

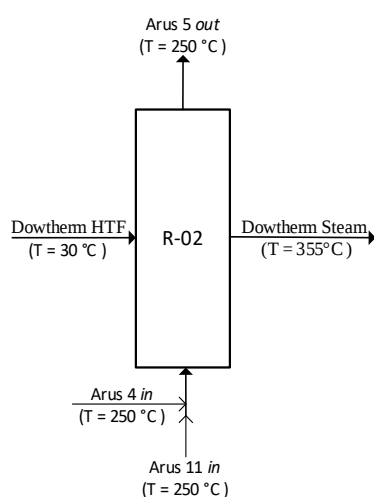
Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
Benzene	-	504747745,6	1.337.017.227
Toluene	-	437,583226	1,183
Propilena	14738591,51	-	158666900
Propana	59,53845901	-	2725
Q Pemanasan	976201201	-	-
Total	1495688035		1495688035

5. Neraca Panas Reaktor Alkilasi (R-01)



Tabel 2. 18. Neraca Panas Reaktor Alkilasi (R-01)

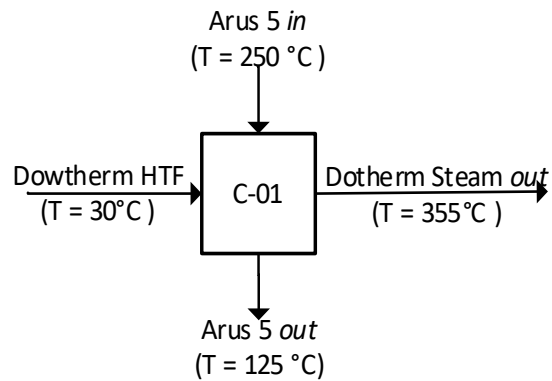
Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4
Cumene	-	132627579,4
DIPB	-	20440,84248
Benzena	1337810806	465897438,3
Toluene	1182,79616	548,49
Propilena	158931063,3	29313470,76
Propana	2725,02123	1260,20
Q diserap Dowtherm	-	868368124,1
Total	1496022152	1496022152

6. Neraca Panas Reaktor (R-02)**Tabel 2. 19.** Neraca Panas Reaktor Transalkilasi (R-02)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 4	Arus 11	Arus 5
Cumene	132706314,2	967180,022	205.072.668
DIPB	20636,95028	114913,526	150.777
Benzena	466525667,6		60.861.273
Toluena	548,49018	-	548
Propilena	29391690,41	-	-
Propana	79479,85979		1260

Q diserap	-	363.641.684
Dowtherm		
Total	629728211	629728211

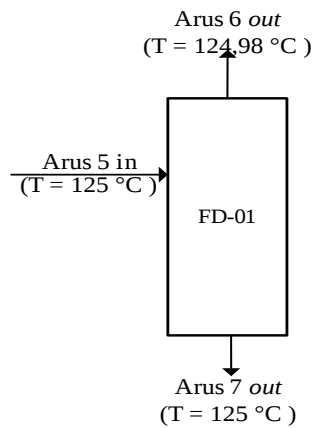
7. Neraca Panas Cooler (C-01)



Tabel 2. 20. Neraca Panas Cooler (C-01)

Komponen	Input	Output
	(kg/jam)	(kg/jam)
	Arus 5	Arus 5
Cumene	310326611,2	105253942,9
DIPB	228018,0581	77240,88904
Benzena	169567434,3	108706161,2
Toluene	851,2666815	302,7764997
Propana	2067,3371	807,1275044
Q diserap air pendingin	-	266.086.527
Total	480124982,2	480124982,2

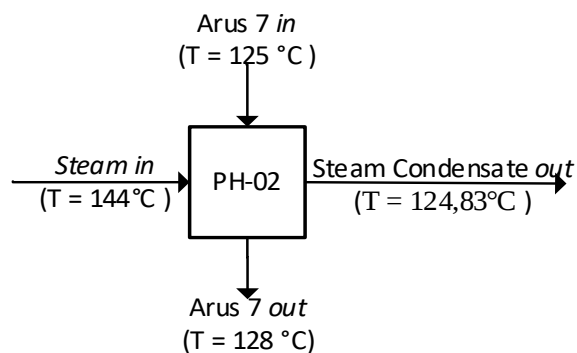
8. Neraca Panas Flash Drum (FD-01)



Tabel 2. 21. Neraca Panas *Flash Drum* (FD-01)

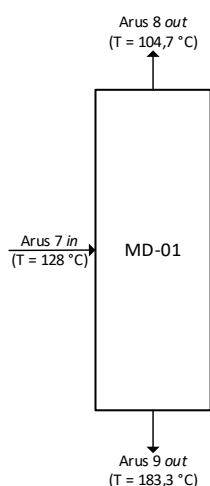
Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
Cumene	80959096,71	-	80.959.097
DIPB	38249,36599	-	38.249
Benzena	102976004,9	0	103.040.363
Toluena	245,7136822	-	233
Propana	453,0820911	453	-
Panas lepas	-	-6458	
Total	183974049,8	183.974.050	

9. Neraca Panas Benzene Column Pre-Heater (PH-02)



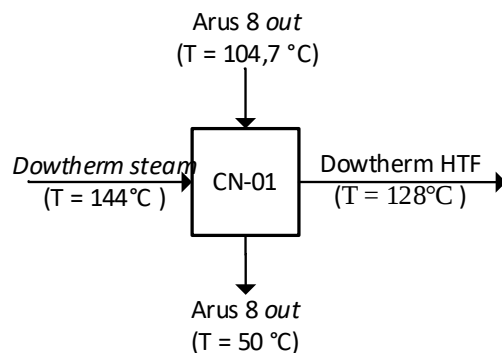
Tabel 2. 22. Neraca Panas Benzene Column Pre-Heater (PH-02)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 7	Arus 7
Cumene	80959096,71	85.664.741
DIPB	38249,36599	40.705
Benzena	102976004,9	109.141.186
Toluene	245,7136822	260
Q Pemanas (steam)	10.873.296	-
Total	194846892,3	194846892,3

10. Neraca Panas Menara Distilasi Benzena (MD-01)**Tabel 2. 23.** Neraca Panas Menara Distilasi Benzena (MD-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9
Cumene	83311918,87	-	139505874,7
DIPB	39477,30813	-	69189,21697
Benzena	5742272811	643484715,9	5742272811
Toluena	253,0115872	0,000190198	430,4413795
QRB (RB-01)	2722301849	-	-
QC (CN-01)		1,36E+08	
Q diserap air pendingin		1886859958	
Total	8547926310	8547926310	

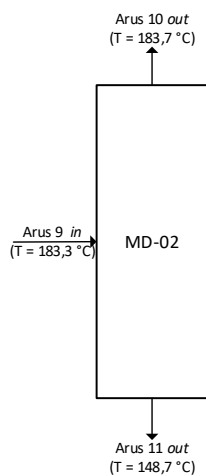
11. Neraca Panas Kondensor Benzena (CN-01)



Tabel 2. 24 Neraca Panas Kondensor Benzena (CN-01)

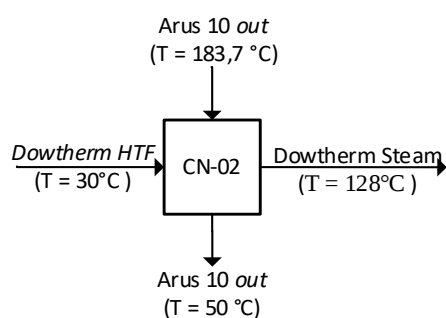
Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 8	Arus 8
Cumene	-	-
DIPB	-	-
Benzena	5,63E+07	79441034,24
Toluene	0,000148	0,000190198
QT Kondensor CN-01	1,36E+08	-
Q diserap air pendingin	-	112584592,5
Total	192025626,7	192025626,7

12. Neraca Panas Menara Distilasi (MD-02)



Tabel 2. 25 Neraca Panas Menara Distilasi Isopropil Benzena

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
Cumene	139504101,3	18576458,03	12.541
DIPB	69188,2818	0,04894199	1.284.267
Benzena	5742,194857	644,7736184	0.00
Toluena	429,5752451	-	0.00
		55,77642117	
QRB (RB-02)	115.464.394	-	-
QC (CN-02)	-	136.161.793	
Q diserap air pendingin	-	99008095,43	
Total	255043855,6	255043855,6	

13. Neraca Panas Kondensor Isopropil Benzena (CN-02)**Tabel 2. 26.** Neraca Panas Kondensor Isopropil Benzena (CN-02)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 10	Arus 10
Cumene	117584776,2	18576458,03
DIPB	0,445287701	0,04894199
Benzena	133,4987235	23,29180173
Toluene	55,77643028	55,77642117
QT Kondensor CN-02	190354171	-
Q diserap air pendingin	-	235170222,1
Total	253746759,3	253746759,3

14. Neraca Panas Overall

Basis operasi: 1 jam

Tabel 2. 27. Neraca Panas Overall Pabrik Isopropil Benzena dengan kapasitas 50.000 ton/tahun

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)			
	Arus 1	Arus 2	Arus 6	Arus 8	Arus 10
Propilena	2680094,27				
Propana	39,08		453,08		
Benzena		13330932,56	0,00	643484715,93	644,77
Toluena		10,95		0,0002	55,78
Cumene					18576458,03
DIPB					0,0489
Q Reaksi	1049543,02				
Q Panas Lepas			-44797342,70		
Σ Beban					
Pemanasan	4704335607,20				
Σ Beban					
Pendinginan			4104131242,06		
TOTAL	4721396227		4721396227		

Presentase Efisiensi = 99%

Presentase Heat Loss = 0,95%

2.6 Tata Letak Pabrik dan Pemetaan

Tata letak pabrik adalah representasi letak dari bagian-bagian pabrik dalam kaitannya satu sama lain yang terdiri atas beberapa area seperti tempat karyawan bekerja, lokasi peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan juga produk. Secara umum, tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa area utama, yaitu:

i. Daerah Administrasi atau Perkantoran

Daerah administrasi atau perkantoran ialah area pusat kegiatan pengelolaan pabrik untuk mengatur kelancaran operasional dan kegiatan lainnya. Area ini berlokasi pada bagian depan pabrik yang terletak jauh dari area proses yang berbahaya agar kegiatan administrasi tidak mengganggu aktivitas dan keamanan pabrik.

ii. Daerah Proses

Daerah proses ialah area dimana peralatan proses berada dan proses produksi berlangsung. Lokasi yang tepat untuk area ini adalah terletak pada bagian tengah pabrik. Lokasi aliran proses dirancang untuk memudahkan aliran bahan baku dari tangki penyimpanan dan pengiriman produk ke area penyimpanan, dan juga untuk memudahkan pemantauan dan pemeliharaan alat-alat proses.

iii. Daerah Laboratorium dan Ruang Kontrol

Daerah laboratorium dan ruang kontrol ialah area dimana terpusatnya pengendalian proses, kualitas, dan kuantitas bahan yang diolah serta produk yang nantinya akan dijual. Daerah laboratorium ialah area pusat pengendalian mutu bahan baku, produk, dan limbah proses, sedangkan daerah ruang kontrol ialah area pusat pengendalian proses yang diinginkan.

iv. Daerah Fasilitas Umum

Daerah fasilitas umum yang memadai, seperti tempat parkir, tempat ibadah, kantin, MCK, dan pos keamanan yang diperlukan untuk menunjang kinerja para pegawai.

v. Daerah Utilitas

Daerah utilitas ialah area tempat penyediaan air, *steam*, listrik, bahan bakar, dan udara tekan. Area ini memiliki lokasi yang berdekatan dengan lokasi proses sehingga sistem perpipaan akan lebih ekonomis. Potensi bahaya yang ditimbulkan dari area proses cukup tinggi. Sehingga, jarak antara area utilitas dan area proses tetap harus diatur untuk menurunkan efek potensi bahaya yang nantinya akan ditimbulkan.

vi. Daerah Pemeliharaan

Daerah pemeliharaan ialah area yang tidak hanya digunakan sebagai tempat menyimpan suku cadang untuk alat proses, tetapi juga untuk tempat perbaikan,

pemeliharaan, maupun perawatan seluruh peralatan yang digunakan pada saat proses produksi.

vii. Daerah Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Daerah penyimpanan bahan baku dan produk ialah area yang terdiri atas tangki penyimpanan bahan baku dan produk yang berlokasi pada area terbuka dan terjangkau oleh angkutan pembawa bahan baku maupun produk. Area ini berlokasi dekat dengan area proses produksi sehingga penyediaan bahan baku proses serta penyimpanan produk menjadi lebih mudah dan juga efisien.

viii. Daerah Pengolahan Limbah

Daerah pengolahan limbah ialah area yang diperuntukan sebagai tempat akhir pembuangan serta pengolahan limbah yang berasal dari proses produksi, seperti limbah cair dan padat yang dihasilkan dari aktivitas laboratorium.

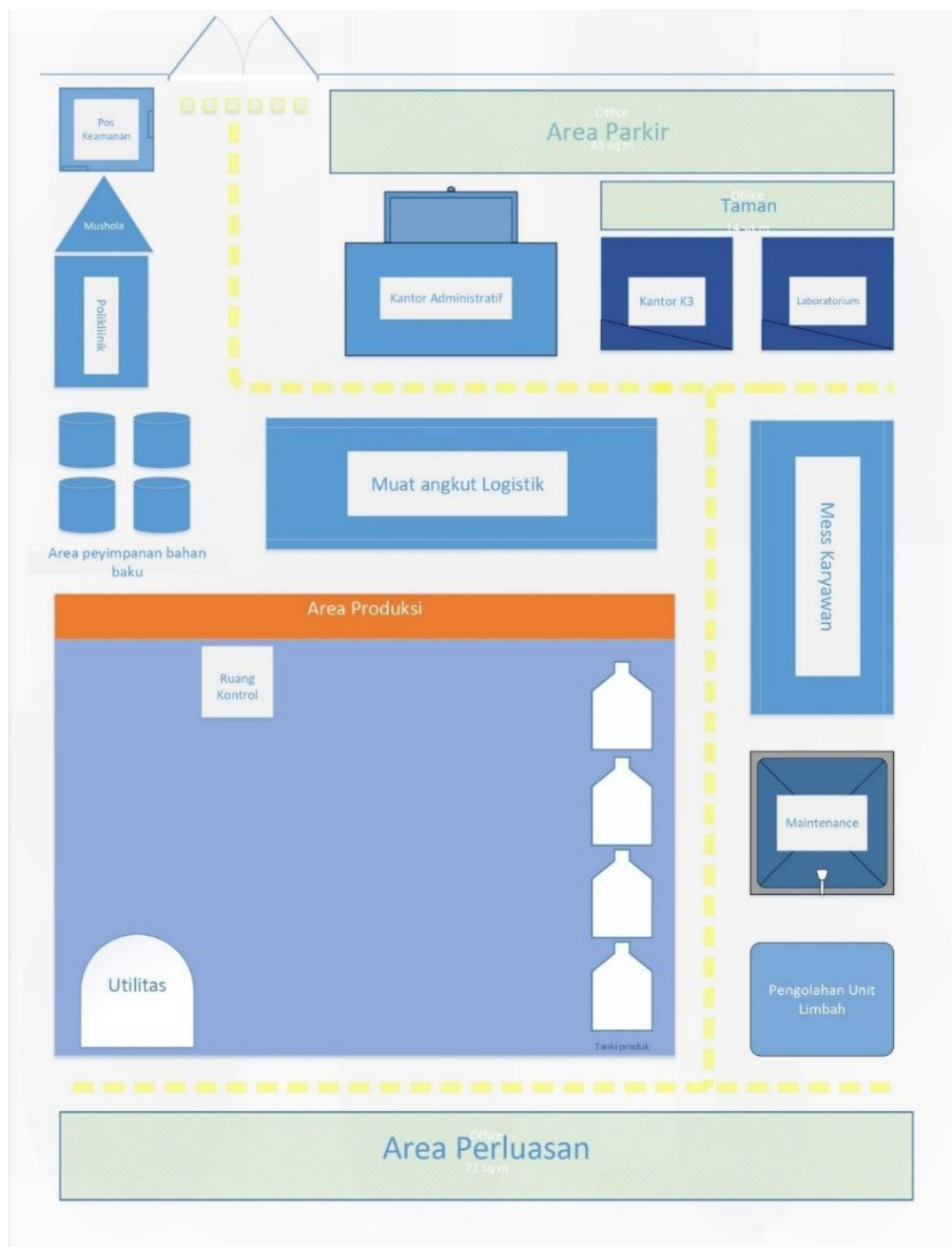
Adapun perincian luas tanah yang akan digunakan area-area tersebut sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 28. Luas tanah yang digunakan dalam pembangunan Pabrik Isopropil Benzene (Cumene) dengan kapasitas 50.000 ton/tahun

No.	Nama Bangunan	Luas (m ²)
1.	Pos Keamanan	25
2.	Parkir	300
3.	Taman	23
4.	Mushola	50
5.	Kantor Administrasi	450
6.	Klinik	50
7.	K3	25
8.	Laboratorium	250
9.	<i>Maintenance</i>	250
10.	Utilitas	500
11.	Gudang Bahan Baku	100
12.	Tangki Produk	1.366
13.	Tangki Bahan Baku	1.548
14.	Muat Angkut Logistik	300
15.	Area Produksi	10.534
16.	Ruang Kontrol	240

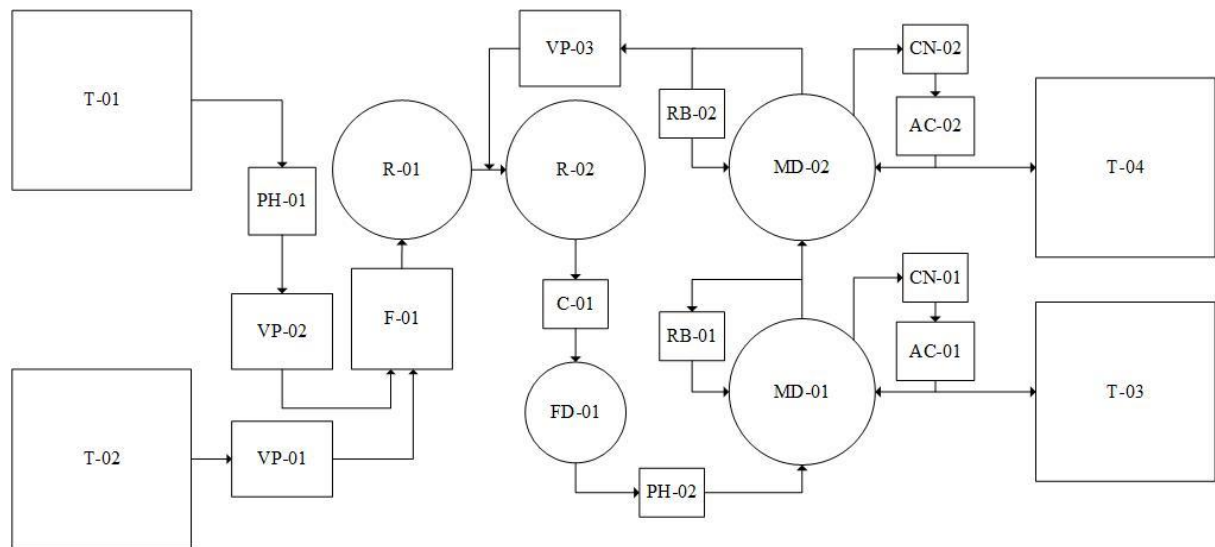
17. Mess Karyawan	275
18. Pengelolaan Unit Limbah	700
19. Jalan Pabrik	240
20. Area Perluasan	950
Total	18.178

LAY OUT PABRIK ISOPROPIL BENZENE



Gambar 2. 22. Layout Pabrik Isopropil Benzene (Cumene) dengan kapasitas 50.000 ton/tahu

2.7 Tata Letak Alat Proses



Gambar 2.23. Tata letak alat proses pada area produksi Pabrik Isopropil Benzene (Cumene) kapasitas 50.000 ton/tahun

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan saat mengatur tata letak peralatan proses pada pabrik, yaitu:

a. Aliran bahan baku dan produk

Aliran bahan baku dan produk yang tepat dapat memberikan keuntungan ekonomis yang besar serta kelancaran dan keamanan produksi.

b. Aliran udara

Kelancaran dari aliran udara di dalam dan sekitar area proses produksi harus diperhatikan untuk memastikan bahwa udara tidak stagnan (pemampatan) di tempat yang dapat membahayakan keselamatan kerja dan untuk memperhatikan arah hembusan angin.

c. Pencahayaan

Penerangan pada seluruh area pabrik harus memadai, terkhususnya pada area proses yang berbahaya dan beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

d. Lalu lintas manusia

Perancangan *lay out* peralatan harus memperhatikan bahwa pekerja dapat mengakses seluruh area produksi dengan cepat dan mudah sehingga jika terjadi gangguan pada peralatan proses dapat segera diperbaiki. Selain itu, keamanan seluruh pekerja selama menjalani pekerjaan mereka harus menjadi prioritas.

e. Biaya operasi

Biaya operasi dapat ditekan seminim mungkin oleh pabrik dengan cara penempatan alat-alat proses produksi dan memastikan bahwa produksi pabrik berjalan dengan lancar dan aman sehingga dapat menghasilkan keuntungan dari segi ekonomi.

f. Jarak antar alat proses

Alat proses dengan tekanan dan suhu operasi yang tinggi sebaiknya diletakkan jauh dari alat proses yang lain dengan jarak sekitar 3 - 4 meter. Hal ini dilakukan untuk mencegah kerusakan ketika terjadi ledakan maupun kebakaran