



Pra Rancangan Pabrik

“PABRIK METIL METAKRILAT DEKOMPOSISI ISOBUTANOL”

BAB II

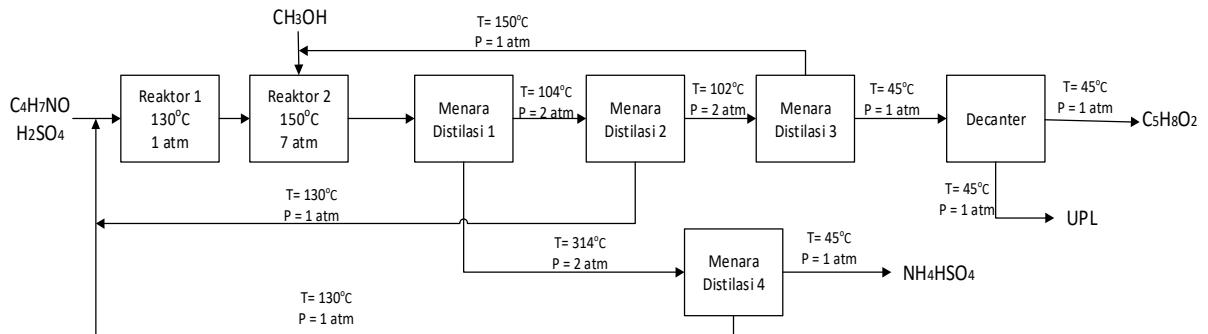
SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam Proses

Produksi Metil Metakrilat dapat dilakukan dengan beberapa macam proses, yaitu proses Acetone Cyanohydrin (ACH), Metil Metakrilat dari Isobutilena, dan Metil Metakrilat dari Etilen. Penjelasan setiap proses produksi Metil Metakrilat dijelaskan di bawah ini :

a) Proses Acetone Cyanohydrin (ACH)

Proses ini pertama kali digunakan untuk produksi Metil Metakrilat secara komersil pada tahun 1937 yang dipatentkan oleh ICI tahun 1934. Pada proses pembuatan senyawa Metil Metakrilat dengan metode acetone cyanohydrin, aseton direaksikan dengan hidrogen sianida untuk membentuk acetone cyanohydrin.



Gambar II.1 Diagram alir Proses Acetone Cyanohydrin

(Krill, 2018)

Cyanohydrin dihidrolisis dan didehidrasi dengan berbagai senyawa, biasanya asam sulfat, dan direaksikan dengan methanol atau turunan dari senyawa metanol sehingga dihasilkan senyawa Metil Metakrilat (MMA).

Reaksi Hidrolisis.





Pra Rancangan Pabrik

“PABRIK METIL METAKRILAT DENGAN PROSES DEKOMPOSISI ISOBUTANOL”

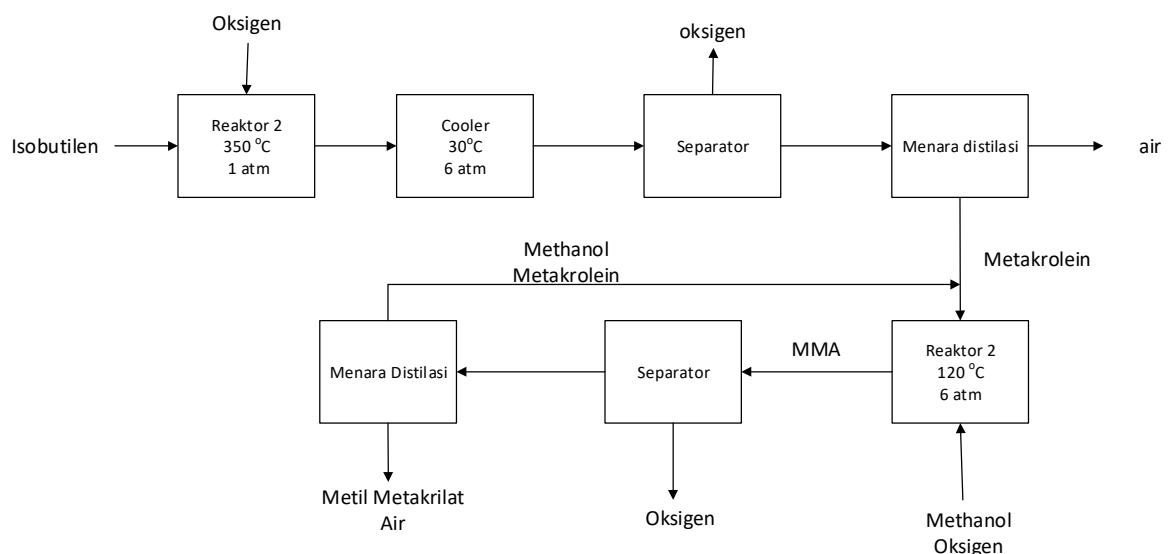
Proses selanjutnya, ekstraksi metakrilamat sulfat dengan metanol berlebih di dalam reaktor esterifikasi (reaktor tangki alir berpengaduk) pada kondisi operasi suhu 100-150°C dan tekanan 7 atm untuk mendapatkan produk Metil Metakrilat dengan produk samping amonium bisulfat. Waktu tinggal dalam reaktor ini kurang dari 1 jam dengan konversi 48%. Reaksi yang berlangsung di dalam reaktor esterifikasi sebagai berikut:



Hasil proses esterifikasi akan melalui beberapa proses separasi (pemisahan) dan purifikasi (pemurnian) hingga didapatkan produk Metil Metakrilat dengan kemurniaan tinggi dan bersih dari pengotornya.

(Krill, 2018)

b) Metil Metakrilat dari Isobutilena



Gambar II.2 Diagram alir proses Metil Metakrilat dari Isobutilena

(Krill, Ligin, *et al.*, 2018)

Tahap pertama dari reaksi ini adalah mengoksidasi isobutilen menjadi metakrolein. Kemudian tahap kedua adalah mereaksikan metakrolein dengan methanol dan oksigen untuk menghasilkan MMA. Kedua reaksi ini berlangsung dengan bantuan katalis. Katalis yang umum dipakai pada tahap



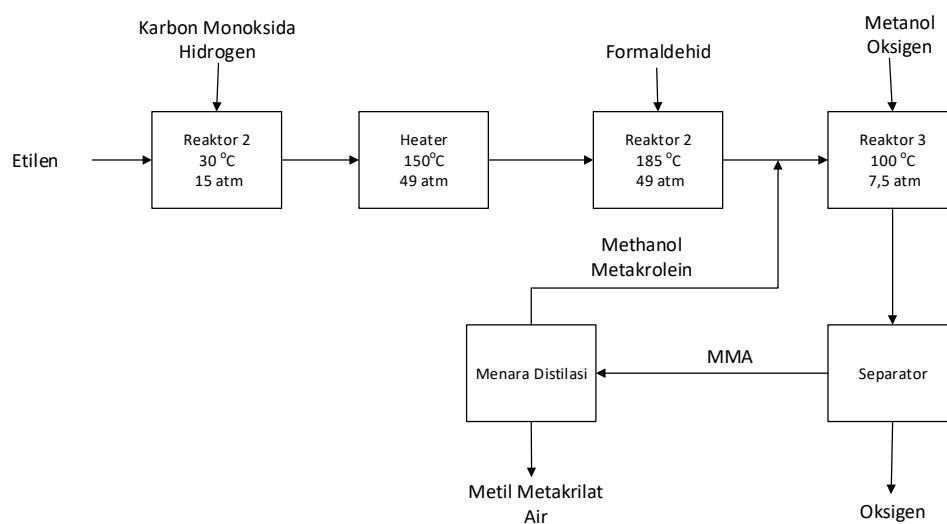
Pra Rancangan Pabrik

“PABRIK METIL METAKRILAT DENGAN PROSES DEKOMPOSISI ISOBUTANOL”

pertama adalah oksida logam multi komponen yang mengandung bismut, molibdenum dan sejumlah logam lain untuk meningkatkan aktivitas dan selektivitas. Masing-masing reaksi ini berlangsung dalam reaktor yang berbeda. Konversi yang dihasilkan 70%.



c) Metil Metakrilat dari Etilen



Gambar II.3 Diagram Alir Proses Metil Metakrilat dari Etilen

(Krill, Ligin, *et al.*, 2018)

Terdapat 4 tahap pada proses pembuatan MMA dari etilen. Pada tahap pertama dilakukan dengan mengkondensasikan etilen dengan karbon monoksida dan hidrogen untuk menghasilkan propoanoldehid pada suhu 30°C dan tekanan 15 atm pada fase gas. Selanjutnya direaksikan dengan formaldehid untuk mendapatkan metakrolein dengan kondisi operasi pada fase cair dengan berkisar antara suhu 160-185°C dan tekanan 49 atm. Kemudian metakrolein yang terbentuk direaksikan dalam fase gas dengan oksigen pada suhu 100°C dan tekanan 350°C sehingga menghasilkan asam metakrilat yang kemudian direaksikan dengan metanol. Pada tahap akhir reaksi terjadi pada kondisi 70-

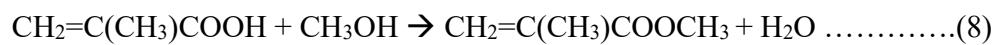
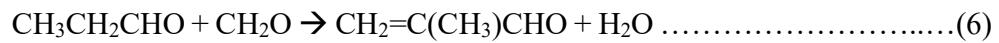


Pra Rancangan Pabrik

“PABRIK METIL METAKRILAT DENGAN PROSES DEKOMPOSISI ISOBUTANOL”

100°C pada tekanan 6,8- 7,5 atm dan reaksi berlangsung pada fase cair. Dalam reaksi pada tahap ini menghasilkan yield sebesar 75% dengan menggunakan katalis logam multi komponen.

Tahap dalam reaksi kimia :



(Krill, Ligin, *et al.*, 2018)



Pra Rancangan Pabrik

“PABRIK METIL METAKRILAT DENGAN PROSES DEKOMPOSISI ISOBUTANOL”

II.2 Seleksi Proses

Dalam produksi Metil Metakrilat ditinjau berdasarkan bahan bakunya, maka pertimbangan perlu dilakukan dengan melihat perbandingan pada tabel di bawah ini:

Tabel II.1 Perbandingan Proses Pembuatan Metil Metakrilat

Parameter	Proses Aseton Sianohidrin (ACH)	Proses Esterifikasi	Proses Dehidrasi Isobutanol
Konversi	48%	70%	70%
Suhu Operasi	150 °C	80 °C	120 °C
Tekanan Operasi	7 atm	6 atm	6 atm
Bahan Baku utama	Aseton sianohidrin, asam sulfat, metanol	metakrolein dan metanol	Isobutanol, metanol dan oksigen
Bahan baku pendukung	-	Alumina	Alumina
Kondisi alat	Korosif karena bahan bersifat asam	Ramah lingkungan	Ramah lingkungan
Keasaman produk	Perlu netralisasi karena produk bersifat asam	Tidak perlu netralisasi	Tidak perlu netralisasi
Ketersediaan bahan	Bahan mudah didapat	Penjualan metakrolein masih sedikit	Bahan mudah didapat

Pemilihan proses dalam pra rencana pembuatan pabrik Metil Metakrilat dipilih proses Dehidrasi isobutanol dilanjutkan dengan reaksi antara isobutilena, metanol, dan oksigen. Alasan pemilihan proses ini karena alat tidak mudah rusak disebabkan bahan



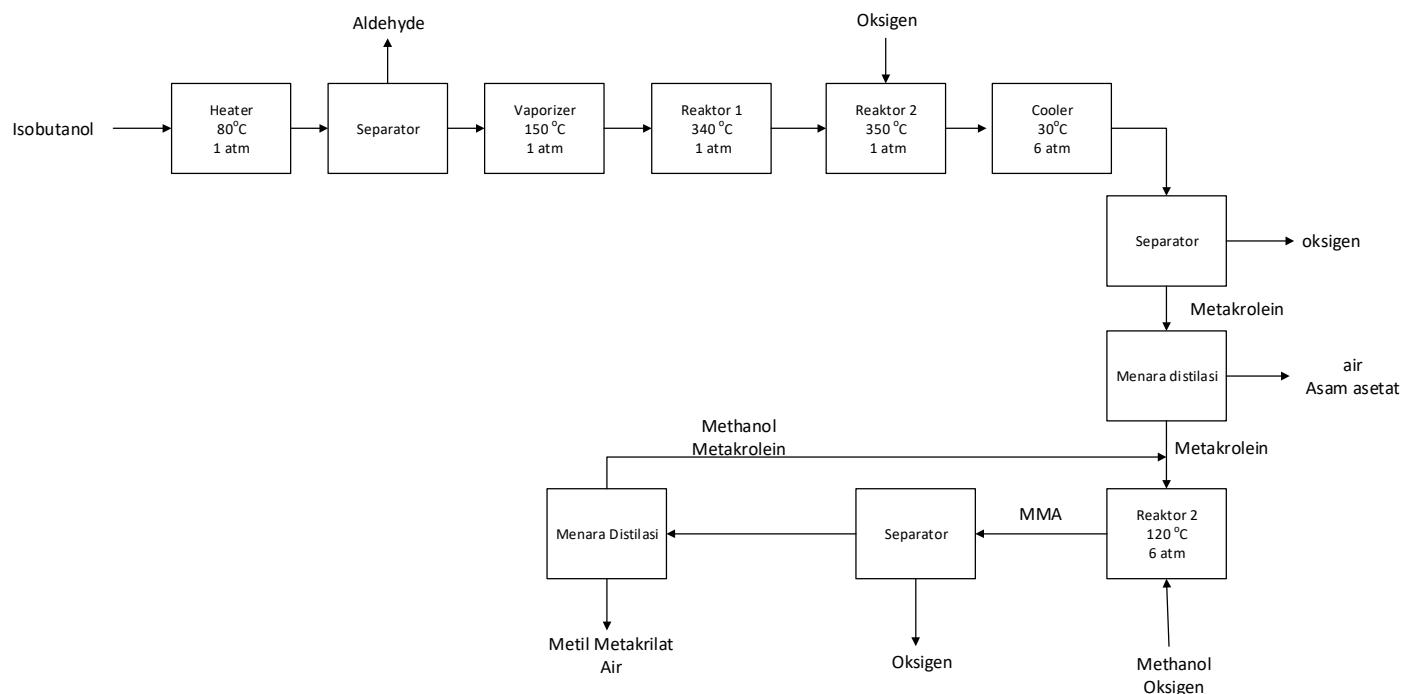
Pra Rancangan Pabrik

“PABRIK METIL METAKRILAT DENGAN PROSES DEKOMPOSISI ISOBUTANOL”

yang ramah lingkungan serta ketersediaan bahan baku yang melimpah akan menunjang keberlanjutan proses dimasa depan sehingga proses dehidrasi sesuai.

II.3 Uraian Proses

Proses pembuatan Metil Metakrilat dari isobutanol adalah inspirasi dari US Patent dari Yasukawa (2019) dan krill (2018) yang membutuhkan Isobutanol, metanol dan oksigen sebagai bahan baku utama. Proses pembuatan metil metakrilat secara umum dapat dilihat dalam diagram alir berikut.



Gambar II.4 Proses Pembutan Metil metakrilat dari isobutanol

Proses pembuatan dari senyawa Metil Metakrilat ini terdiri dari empat tahap, antara lain perisapan bahan baku, tahap dehidrasi dan oksidasi isobutilena, tahap sintesa dengan menggunakan metode *Direct Oxidative Esterification* (DOE), serta tahap pemurnian.



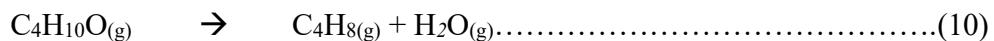
Pra Rancangan Pabrik

“PABRIK METIL METAKRILAT DENGAN PROSES DEKOMPOSISI ISOBUTANOL”

II.3.1 Persiapan Bahan Baku

Persiapan bahan baku bertujuan untuk menghilangkan impuritis isobutanol dan mengubah isobutanol menjadi metakrolein. Bahan baku yang digunakan berupa Isobutanol yang berasal dari storage tank (F-110). Bahan baku lainnya yaitu oksigen yang berasal dari storage tank T-03 diekspansi menuju expander EP-01 dan EP-02 untuk menyesuaikan tekanan yang berada didalam reaktor R-02 dan R-03. Isobutanol memiliki impurities berupa air 0,05%, asam asetat 0,4% dan aldehid 0,05% sehingga perlu dimurnikan agar tidak mengganggu proses reaksi dalam reaktor. Pemurnian dilakukan dengan pemanasan dengan suhu 80°C dalam Heater (E-112) setelah itu dipisahkan dengan perbedaan fase menggunakan separator (S-122). Aldehid akan menjadi fase gas dan menuju unit pengolahan limbah sedangkan fase cair akan diuparkan kedalam Vaporizer (S-210) yang akan menuju reaktor (R-210) untuk proses dehidrasi dan oksidasi.

Bahan Isobutanol dari separator (S-122) diumpulkan menuju Vaporizer (S-133) untuk mengubah fase cair isobutanol menjadi fase gas dan diumpulkan kedalam *fixed bed reactor* (R-210) dengan suhu 200 °C dan tekanan 1 atm untuk mengubah isobutanol menjadi isobutilen dengan bantuan katalis alumina sebagai pemercepat reaksi dehidrasi.



Konversi dari reaksi dehidrasi mengubah isobutanol menjadi isobutilen sebesar 98,97% dan selektivitas isobutilen sebesar 97,14% (Yasukawa, 2019). Isobutilen dari reaktor (R-210) keluar dengan suhu reaksi 300 °C dan tekanan 1,03 atm dalam fasa gas akan langsung diumpulkan kedalam fixed bed reaktor (R-220) bersama oksigen dari F-143. Katalis yang digunakan dalam reaksi oksidasi merupakan Pd/Alumina untuk mempercepat reaksi pembentukan metakrolein. Berdasarkan data panas pembentukan pada tekanan 1 atm dan suhu 25°C:

$$\Delta H_f (\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}) = -261,6 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H_f \text{ (C}_4\text{H}_8\text{)} = -9,49 \text{ k/kmol}$$

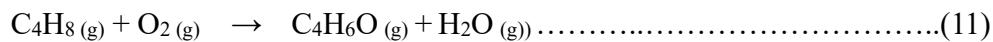


Pra Rancangan Pabrik

“PABRIK METIL METAKRILAT DENGAN PROSES DEKOMPOSISI ISOBUTANOL”

$$\begin{aligned}
 \Delta H_f \text{ (H}_2\text{O)} &= -241,8 \text{ k/kmol} \\
 \Delta H_f \text{ Reaksi} &= \Delta H_f \text{ C}_4\text{H}_{8(g)} + \Delta H_f \text{ H}_2\text{O}_{(g)} - (\Delta H_f \text{ C}_4\text{H}_{10}\text{O}_{(g)}) \\
 &= ((-9,49) + (-241,8)) - (-261,6) \text{ k/kmol} \\
 &= ((-251,29) - (-261,6)) \text{ k/kmol} \\
 &= 10,31 \text{ k/mol}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan ΔH_f reaksi diatas dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan isobutilen bersifat endotermis dengan ditunjukkan nilai positif.



Berdasarkan data panas pembentukan pada tekanan 1 atm dan suhu 25°C:

ΔH_f (C ₄ H ₈)	= -9,49 k/kmol
ΔH_f (O ₂)	= 0 k/kmol
ΔH_f (C ₄ H ₆ O)	= -112 k/kmol
ΔH_f (H ₂ O)	= -241,8 k/kmol
ΔH_f Reaksi	$= \Delta H_f \text{ C}_4\text{H}_6\text{O}_{(g)} + \Delta H_f \text{ H}_2\text{O}_{(g)} - (\Delta H_f \text{ C}_4\text{H}_{8(g)} + \Delta H_f \text{ O}_{2(g)})$ $= ((-112 + (-241,8)) - ((-9,49) + (0))) \text{ k/kmol}$ $= ((-353,8) - (-9,49)) \text{ k/kmol}$ $= -344,31 \text{ k/mol}$

Berdasarkan perhitungan ΔH_f reaksi diatas dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan metakrolein bersifat eksotermis dengan ditunjukkan nilai negatif.

konversi yang didapat sebesar 100%. Suhu reaksi keluaran reaktor sebesar 280 °C dan tekanan 1 atm. Metakrolein akan didinginkan dan ditekan untuk mengubah fase gas menjadi cair dengan menggunakan cooler (E-224) sehingga suhu 30 °C dan tekanan menggunakan compressor (EP-223) sampai tekanan 6 atm. Bahan yang berubah fase menjadi cair akan diumpulkan kedalam separator (S-235) untuk memisahkan metakrolein dengan oksigen fase gas. Metakrolein dari separator (S-235) akan diumpulkan kedalam Menara distilasi (D-245) untuk memisahkan metakrolein dengan hasil samping air dan impurities isobutanol berupa asam asetat. Metakrolein akan berada pada distilat karenatitik didih dari metakrolein (69 °C) lebih rendah



Pra Rancangan Pabrik

“PABRIK METIL METAKRILAT DENGAN PROSES DEKOMPOSISI ISOBUTANOL”

dibandingkan dengan air (100 °C) dan asam asetat(117 °C). metakrolein yang berada dalam distilat akan diumpulkan ke kedalam *fixed bed reactor* (R-261) untuk reaksi esterifikasi.

II.3.3 Direct Oxidative Esterification (DOE)

Hasil pemurnian pada menara distilasi (D-245) berupa metakrolein diumpulkan ke reaktor R-03 (Fixed Bed Reactor) pada bagian top dari reaktor. Bersamaan dengan itu, keluaran dari heater (E-147) yang berisi oksigen dari tangki (F-143) yang memiliki kondisi operasi yang sesuai juga masuk bersamaan ke dalam reaktor melalui bagian bawah dan metanol dari tangki (F-157) dengan kondisi suhu 60 °C dan tekanan 6 atm masuk dari atas reaktor.



Berdasarkan data panas pembentukan pada tekanan 1 atm dan suhu 25°C:

ΔH_f (C ₄ H ₆ O)	= -112 k/kmol
ΔH_f (CH ₃ OH)	= -207,15 k/kmol
ΔH_f (O ₂)	= 0 k/kmol
ΔH_f (C ₅ H ₈ O ₂)	= -347,36 k/kmol
ΔH_f (H ₂ O)	= -241,8 k/kmol
ΔH_f Reaksi	$= (\Delta H_f \text{ C}_5\text{H}_8\text{O}_{2(l)} + \Delta H_f \text{ H}_2\text{O}_{(l)}) - (\Delta H_f \text{ C}_4\text{H}_6\text{O}_{(l)} + \Delta H_f \text{ CH}_3\text{OH}_{(l)} + \Delta H_f \text{ O}_{2(g)})$ $= ((-347,36 + (-241,8)) - ((-112) + (-207,17) + (0))) \text{ k/kmol}$ $= ((-589,16) - (-319,17)) \text{ k/kmol}$ $= -269,99 \text{ k/mol}$

Berdasarkan perhitungan ΔH_f reaksi diatas dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan metil metakrilat bersifat eksotermis dengan ditunjukkan nilai negatif. Reaktor beroperasi pada suhu 120°C dan tekanan sebesar 6 atm. Reaksi yang terjadi pada reaktor (R-261) adalah reaksi *Direct Oxidative Esterification* (DOE) antara metakrolein, metanol, dan oksigen dengan bantuan alumina sebagai katalis. Reaksi



Pra Rancangan Pabrik

“PABRIK METIL METAKRILAT DENGAN PROSES DEKOMPOSISI ISOBUTANOL”

berjalan secara eksoterm dan konversi yang didapat sebesar 70% (Krill, 2018). Keluaran dari reaktor (R-261) berupa (metil metakrilat/ metakrolein / air dan metanol) akan dialirkan menuju cooler (E-263) untuk proses pendinginan sampai suhu 50 °C dengan tekanan 6 atm sebelum diproses pada tahap pemurnian (purifikasi).

II.3.4 Pemurnian

Pemurnian bertujuan untuk memisahkan produk metil metakrilat dan hasil samping. Keluaran produk dan bahan dari reaktor (R-261) yang tidak bereaksi selanjutnya dipisahkan dalam separator (S-310) untuk memisahkan fasa gas dan cair. Fasa gas yang berupa oksigen akan kembalikan pada reaktor 2 (R-220), sedangkan fasa cair akan dialirkan menuju MD-02 (D-323) untuk memisahkan antara produk Metil Metakrilat dan sisa hasil reaksi berupa metakrolein dan methanol menggunakan kolom distilasi MD-02. Di dalam kolom distilasi MD-02 terjadi pemisahan berdasarkan perbedaan titik didih. Pada bagian bawah kolom distilasi beroperasi pada temperatur 123°C sedangkan bagian atas kolom distilasi beroperasi pada temperatur 42°C feed masuk kedalam kolom distilasi yang akan turun melalui tray-tray kemudian komponen yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap menuju bagian atas kolom distilasi (top product), sedangkan komponen yang memiliki titik didih lebih tinggi akan langsung keluar melalui bagian bawah kolom distilasi (*bottom product*). Top product kolom distilasi akan dikondensasi menggunakan condenser CD-01. Keluaran dari condenser CD-01 sebagian di reflux dan sebagian keluar kemudian didinginkan menggunakan cooler C-02 menuju utilitas. Sementara pada bagian dari bottom product pada Menara destilasi MD-02 berupa campuran yang terdiri dari metil metakrilat, air.



Pra Rancangan Pabrik
“PABRIK METIL METAKRILAT DENGAN PROSES
DEKOMPOSISI ISOBUTANOL”

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2024. *Data Impor Methyl Methacrylate*. www.bps.go.id.
Diakses pada 26 Mei 2024 pukul 10.00 WIB
- Badan Pusat Statistik. 2024. *Data Ekspor Methyl Methacrylate*. www.bps.go.id.
Diakses pada 26 Mei 2024 pukul 10.00 WIB
- Badan Standarisasi Nasional 2023, Dokumen SNI Metil Metakrilat, BSN, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional 2022, Dokumen SNI Air Demineral, BSN, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional 2024. SNI No. 0576/PUSTAN/SNI-AS/VIII. Jakarta
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana Provinsi Banten. *KAJIAN RISIKO BENCANA NASIONAL PROVINSI BANTEN 2022 – 2026*. BNPB Banten.
Banten.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Cilegon. 2024. *Aplikasi Informasi Kebencanaan Kota Cilegon*. asikbpbd.id. Diakses pada 6 Juni 2024 10.00 WIB.
- Dinas Komunikasi Informatika, Statistik dan Persandian Kota Cilegon. 2023. *Profil Data Statistik Sektoral*. Pemkot Cilegon. Cilegon
- Gubernur Banten. 2020. *Surat Keputusan Gubernur Banten*. Pemprov Banten. Banten
- Gubernur Banten. 2021. *Surat Keputusan Gubernur Banten*. Pemprov Banten. Banten
- Gubernur Banten. 2022. *Surat Keputusan Gubernur Banten*. Pemprov Banten. Banten
- Gubernur Banten. 2024. *Surat Keputusan Gubernur Banten : Besaran Upah Minimum Kabupaten/Kota di Provinsi Banten*. Pemprov Banten. Banten
- Krill, S., Ligin, A., & Groemping, M. (2018). United States Patent US 9,963,417,B2. Procces For Producing Methyl Methacrylate
- Green, D.W. (2019). *Perry's Chemical engineers' handbook 9TH Edition*, Mc-Graw-Hill, New york.
- SEAIR Exim Solution. 2024. *Data Importer & Buyers Methyl-Metharylate in Indonesia*. Seair.co.in. Diakses pada 25 Mei 2024 pukul 19.00 WIB



Pra Rancangan Pabrik
“PABRIK METIL METAKRILAT DENGAN PROSES
DEKOMPOSISI ISOBUTANOL”

Slchem. 2023. *The Applications of Methyl Methacrylate*. slchemtech.com. Diakses pada 9 Agustus 2024 pukul 11.00 WIB.

Yasukawa, T 2019. United States Patent US 10,464,860 B2. Method producing Isobutylene from isobutanol.