

TUGAS AKHIR

**PRARANCANGAN PABRIK METIL AKRILAT DARI ASAM AKRILAT
DAN METANOL DENGAN KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN**



Disusun Oleh :

Mutiara (200606008)

Fitriatul Musarofah (200606017)

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH GRESIK

2024

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Naskah Tugas Akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik Metil Akrilat dari Asam Akrilat dan Metanol dengan Kapasitas 45.000 Ton/Tahun”.

Penulisan Naskah Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu dari tiga tugas besar yang wajib diselesaikan oleh setiap mahasiswa/i Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Gresik. Dalam proses penyusunan naskah ini, penulis mendapatkan arahan dan bimbingan, baik dalam bentuk materi maupun non-materi, dari berbagai pihak, yang sangat membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Dengan segala hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Alviani Hesthi Permata Ningtyas, S. T., M. Sc. selaku dosen pembimbing I dan Ibu Fiska Yohana Purwaningtyas, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang senantiasa sabar dalam memberikan pengarahan, memotivasi serta ilmu kepada penulis.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan semangat, kasih sayang do'a, serta nasehat yang menjadikan motivasi bagi penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik dan tepat waktu.
3. Bapak Harunur Rosyid, S.T., M.Kom., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Gresik.
4. Ibu Mega Mustikaningrum, S.T., M.Eng, selaku Kepala Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Gresik.
5. Bapak Benny Arif Pambudiarto, S.T., M.Eng. dan Ibu Mega Mustikaningrum, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji yang telah membantu memberikan saran dan masukan pada penyelesaian Tugas Akhir.
6. Zan Nubah , Choirul Anam, Nirmala Johar dan Maulana Muqorrobin yang selalu siap berkontribusi membantu teori dalam setiap tahap penyusunan, serta memberikan inspirasi bagi kami untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
6. Untuk semua pihak yang turut membantu penulis dalam penyusunan hingga terselesainya tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu – persatu.

Penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca. Kolaborasi dan pertukaran pengetahuan adalah fondasi utama dalam menciptakan kualitas yang lebih baik.

Gresik, 01 November 2024

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	ii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
ABSTRAK	xiii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tinjauan Pustaka	6
BAB II. URAIAN PROSES.....	12
2.1. Penyiapan bahan baku dan bahan penunjang.....	12
2.2. Proses reaksi	13
2.3. Pemurnian produk	13
BAB III. SPESIFIKASI BAHAN	14
3.1. Bahan Baku	14
3.2. Produk	15
3.3. Bahan Pendukung	15
BAB IV. DIAGRAM ALIR.....	17
4.1. Diagram Alir Kualitatif	17
4.2. Diagram Alir Kuantitatif	18
BAB V. NERACA MASSA.....	19
5.1. Neraca Massa Total	19
5.2. Neraca Massa Tiap Alat	20
BAB VI. NERACA ENERGI	25
6.1. Neraca Energi Total.....	25
6.2. Neraca Energi Tiap Alat	26
BAB VII. SPESIFIKASI ALAT	34
BAB VIII. UTILITAS	66
8.1. Unit Penyediaan dan Pengelolaan Air.....	67
8.2. Unit Penyedia <i>Steam</i>	84

8.3. Unit Penyedia Bahan Bakar	86
8.4. Unit Penyedia Udara Tekan.....	87
8.5. Unit Pembangkit Listrik.....	90
8.6. Unit Pengolahan Limbah.....	90
BAB IX. TATA LETAK PABRIK	101
9.1. Tata Letak Pabrik	101
BAB X. SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT	105
BAB XI. ORGANISASI PERUSAHAAN	137
11.1. Bentuk Organisasi Perusahaan	137
11.2. Struktur Organisasi Perusahaan.....	138
11.3. Tugas dan Wewenang.....	141
11.4. Jam Kerja Karyawan	146
11.5. Penggolongan Jabatan, Keahlian dan Jumlah Karyawan.....	148
11.6. Penentuan Gaji Karyawan	152
BAB XII. EVALUASI EKONOMI	153
12.1. Dasar Perhitungan	153
12.2. Perkiraan Harga Alat	154
12.3. Modal Tetap.....	159
12.4. Modal Kerja	165
12.5. Biaya Total Produksi	167
12.6. Analisa Kelayakan.....	175
BAB XIII. KESIMPULAN	181
DAFTAR PUSTKA	182
LAMPIRAN A. PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT.....	184
LAMPIRAN B. PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM.....	253

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Grafik Impor Metil Akrilat di Indonesia	3
Gambar 1. 2. Rencana Lokasi Didirikan Pabrik Metil Akrilat.....	6
Gambar 4. 1. Diagram Alir Kualitatif	17
Gambar 4. 2. Diagram Alir Kuantitatif	18
Gambar 5. 1. Diagram Arus Neraca Massa Total.....	19
Gambar 5. 2. Diagram Blok Neraca Massa di Reaktor (R-01)	20
Gambar 5. 3. Diagram Blok Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-01)	21
Gambar 5. 4. Diagram Blok Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-02)	22
Gambar 5. 5. Diagram Blok Neraca Massa di Evaporator (EV-01).....	23
Gambar 6. 1. Diagram Blok Neraca Energi Proses.....	25
Gambar 6. 2. Neraca Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE-01)	26
Gambar 6. 3. Neraca Energi Reaktor (R-01).....	27
Gambar 6. 4. Neraca Energi Menara Distilasi (MD-01).....	29
Gambar 6. 5. Neraca Energi Menara Distilasi (MD-02).....	30
Gambar 6. 6. Neraca Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE-02)	31
Gambar 6. 7. Neraca Energi Evaporator (EVP-01).....	32
Gambar 6. 8. Neraca Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE-03)	33
Gambar 8. 1. <i>Process Flow Diagram</i> Unit Pengolahan Air	89
Gambar 8. 2. <i>Process Flow Diagram</i> Unit Pengolahan Limbah	100
Gambar 9. 1. Tata Letak Pabrik.....	102
Gambar 9. 2. Tata Letak Peralatan Proses.....	104
Gambar 11. 1. Struktur Organisasi.....	140
Gambar 12. 1. Hubungan Tahun dengan Indeks	155
Gambar 12. 2. Grafik Analisa Ekonomi.....	180
Gambar A. 1 Rangkaian Alat Reaktor.....	185
Gambar A. 2 Skema <i>Entalphy</i> Pada Reaktor	193
Gambar A. 3 <i>Flanged and Dished Head (Torispherical)</i>	199
Gambar A. 4. Tampak Samping Reaktor.....	215
Gambar A. 5. Tampak Depan Reaktor	216
Gambar A. 6. Rangkaian Alat Menara Distilasi.....	217

Gambar A. 7. Diagram bagian atas Menara Distilasi 02.....	228
Gambar A. 8. Diagram bagian bawah Menara Distilasi 02.....	229
Gambar A. 9. Neraca Massa pada <i>Bottom</i>	230
Gambar A. 10. <i>Downcomer back-up</i>	239
Gambar A. 11. <i>Torispherical Flanged and Dished Head</i>	242
Gambar A. 12. Tampak Luar Samping Kanan Menara Distilasi.....	251
Gambar A. 13. Tampak Depan Terbelah Menara Distilasi.....	252



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Perkembangan Data Impor Metil Akrilat di Indonesia	2
Tabel 1. 2. Kapasitas Produksi Metil Akrilat di Global	4
Tabel 1. 3. Perbandinga Proses Pembuatan Metil Akrilat.....	8
Tabel 1. 4. Tabel Stoikiometri	9
Tabel 1. 5. ΔG_f° Masing-masing Komponen	10
Tabel 1. 6. ΔH_f° Masing-masing Komponen	11
Tabel 5. 1. Neraca Massa Total Semua Bahan	19
Tabel 5. 2. Neraca Massa Reaktor (R-01)	21
Tabel 5. 3. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)	22
Tabel 5. 4. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-02)	23
Tabel 5. 5. Neraca Massa Evaporator (EV-01).....	24
Tabel 6. 1. Neraca Energi Proses.....	25
Tabel 6. 2. Neraca Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE-01).....	26
Tabel 6. 3. Neraca Reaktor (R-01)	27
Tabel 6. 4. Neraca Reaktor (R-02)	28
Tabel 6. 5. Neraca Reaktor (R-03)	28
Tabel 6. 6. Neraca Energi Menara Distilasi (MD-01).....	29
Tabel 6. 7. Neraca Energi Menara Distilasi (MD-02).....	30
Tabel 6. 8. Neraca Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE-02).....	31
Tabel 6. 9. Neraca Energi Evaporator (EVP-01).....	32
Tabel 6. 10. Neraca Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE-03).....	33
Tabel 8. 1. Kebutuhan Air Sanitasi.....	71
Tabel 8. 2. Kebutuhan Air Pendingin	72
Tabel 8. 3. Kebutuhan <i>Steam</i>	72
Tabel 8. 4. Kebutuhan Total Air Pabrik Metil Akrilat	73
Tabel 8. 5. Standar Baku Mutu Air Limbah berdasarkan permenkes RI No.2 Tahun 2023	92
Tabel 10. 1. Aspek Keselamatan Kerja	108
Tabel 11. 1. Jadwal Pembagian Shift Karyawan	148
Tabel 11. 2. Jabatan dan Keahlian	148

Tabel 11. 3. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan	150
Tabel 11. 4. Rincian jumlah dan Gaji Karyawan	152
Tabel 12. 1. Data CEP Index	154
Tabel 12. 2. Harga peralatan Proses	156
Tabel 12. 3. Lanjutan Harga peralatan Proses.....	157
Tabel 12. 4. Harga peralatan Limbah.....	157
Tabel 12. 5. Harga peralatan Utilitas.....	158
Tabel 12. 6. Total Biaya <i>Purchased Equipment Cost</i> (PEC).....	160
Tabel 12. 7. Total <i>Physycal Plant Cost</i> (PPC).....	163
Tabel 12. 8. <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI).....	164
Tabel 12. 9. <i>Raw Material Inventory</i>	165
Tabel 12. 10. Total <i>Working Capital Investment</i> (WCI).....	166
Tabel 12. 11. Total <i>Capital Investment</i>	166
Tabel 12. 12. <i>Raw Material Cost</i>	167
Tabel 12. 13. <i>Labor Cost</i>	168
Tabel 12. 14. <i>Direct Manufacturing Cost</i>	169
Tabel 12. 15. <i>Indirect Manufacturing Cost</i>	171
Tabel 12. 16. <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	172
Tabel 12. 17. Total <i>Manufacturing Cost</i>	172
Tabel 12. 18. <i>Management Salaries</i>	173
Tabel 12. 19. Total <i>Administration Cost</i>	174
Tabel 12. 20. <i>General Expense</i>	175
Tabel 12. 21. Biaya <i>Production Cost</i>	175
Tabel 12. 22. Biaya Total Penjualan.....	176
Tabel 12. 23. Biaya <i>Fixed Cost</i>	178
Tabel 12. 24. Biaya <i>Variabel Cost</i>	178
Tabel 12. 25. Biaya <i>Regulated Cost</i>	178
Tabel 13. 1. Hasil Analisa Ekonomi.....	181
Tabel A. 1 Neraca Massa Reaktor	186
Tabel A. 2 Kesimpulan Optimasi Reaktor.....	189
Tabel A. 3 Neraca Massa Optimasi Reaktor-01	191
Tabel A. 4. Neraca Massa Optimasi Reaktor (R-02).....	191

Tabel A. 5. Neraca Massa Optimasi Reaktor (R-03).....	191
Tabel A. 6 Waktu Tinggal Reaksi	192
Tabel A. 7 Data Kaasitas Panas	192
Tabel A. 8 Panas Masuk pada Reaktor	193
Tabel A. 9 Panas Keluar pada Reaktor	193
Tabel A. 10 Total Neraca Energi pada Reaktor-01	195
Tabel A. 11 Dimensi Pipa Metanol Arus Campuran (Arus 4 & Arus 12)	206
Tabel A. 12 Dimensi Pipa Recycle Bottom Evaporator Arus 25	207
Tabel A. 13 Dimensi Pipa Katalis Asam Sulfat Arus 3	208
Tabel A. 14 Dimensi Pipa Keluaran Reaktor-01 Arus 7	209
Tabel A. 15 Dimensi Pipa Masuk Umpan Jaket Pendingin Reaktor-01.....	210
Tabel A. 16. Neraca Massa Menara Distilasi	218
Tabel A. 17. Data Vapor Pressure.....	218
Tabel A. 18. Hasil trial untuk penentuan bubble point feed.....	219
Tabel A. 19. Hasil trial untuk penentuan dew point distilat	220
Tabel A. 20. Hasil trial untuk penentuan bubble point bottom	220
Tabel A. 21. Nilai α_{Avg} tiap komponen.....	221
Tabel A. 22. Penentuan distribusi komponen.....	222
Tabel A. 23. Hasil trial nilai θ	225
Tabel A. 24. Hasil perhitungan R_{min}	226
Tabel A. 25. Data Viskositas	227
Tabel A. 26. Neraca Massa Bagian Atas	229
Tabel A. 27. Fraksi mol pada bagian Bottom.....	230
Tabel A. 28. Hasil Fraksi mol komponen liquid (L_w)	231
Tabel A. 29. Neraca Massa Bagian Bawah	231
Tabel A. 30. Data Rapat Massa	231
Tabel A. 31. Data Surface Tension	232

ABSTRAK

Pabrik Metil Akrilat dari Asam Akrilat dan Metanol dengan kapasitas 45.000 ton/tahun direncanakan untuk didirikan di Kawasan Industri KIEC, Banten. Produk Metil Akrilat yang dihasilkan memiliki kemurnian 99% dan memberikan prospek yang sangat baik mengingat meningkatnya kebutuhan di Indonesia, khususnya untuk industri tekstil. Bahan baku Asam Akrilat PT Nippon Shokubai Indonesia yang terletak di Cilegon dan metanol diperoleh dari PT Kaltim Metanol Industri, Bontang, Kalimantan Timur, sedangkan bahan baku asam sulfat sebagai katalisator dapat diperoleh dari PT Petrokimia Gresik, Jawa Timur. Pabrik ini direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 330 hari efektif dalam satu tahun dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 180 orang. Proses pembuatan Metil Akrilat dengan metode reaksi esterifikasi asam akrilat dan metanol dengan perbandingan mol 1 : 2 dengan bantuan asam sulfat sebagai katalis, reaksi berjalan secara eksotermis pada Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang disusun secara seri dengan kondisi operasi yang sama yaitu suhu 80°C dan tekanan 2 atm. Konversi yang dihasilkan untuk Reaktor 1 (R-01), Reaktor 2 (R-02), Reaktor 3 (R-03) berturut-turut adalah 80,13%; 95,60%; 99%. Bahan baku asam akrilat yang dibutuhkan sebanyak 4.804,9202 kg/jam, metanol sebanyak 4.271,0402 kg/jam, katalis yang digunakan adalah asam sulfat. Dalam menunjang proses produksinya diperlukan air untuk proses utilitas sebanyak 2.923,2500 kg/jam. Daya listrik yang diperlukan mencapai 276,3075 kW, yang disuplai oleh PLN, dengan generator diesel sebagai cadangan. Sebuah parameter kelayakan pendirian pabrik menggunakan analisis ekonomi keuntungan pabrik setelah pajak yakni sebesar Rp.2.100.475,70 dengan setiap tahunnya total penjualan produk sebesar Rp.668.929.050.000,00. Analisis kelayakan dilihat dari nilai *Return on Investment* (ROI) sebelum dan sesudah pajak masing-masing adalah 29,96% dan 23,97%, dengan *Pay Out Time* (POT) selama 2,5 tahun dan 2,9 tahun. *Break Even Point* (BEP) diperoleh sebesar 47,02%, dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 24,02%. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) mencapai 23%. Dari parameter kelayakan diatas, dapat disimpulkan bahwa prarancangan pabrik Metil Akrilat ini layak untuk didirikan.

ABSTRACT

A Methyl Acrylate plant utilizing Acrylic Acid and Methanol with a capacity of 45,000 tons/year is planned to be established in the KIEC Industrial Area, Banten. The produced Methyl Acrylate has a purity of 99% and shows a very promising prospect due to the increasing demand in Indonesia, particularly in the textile industry. The raw material, Acrylic Acid, will be sourced from PT Nippon Shokubai Indonesia located in Cilegon, while Methanol will be obtained from PT Kaltim Methanol Industri in Bontang, East Kalimantan. Additionally, Sulfuric Acid, which will serve as a catalyst, can be procured from PT Petrokimia Gresik in East Java. The plant is planned to operate continuously for 330 effective days each year with a workforce of 180 employees. The production process of Methyl Acrylate employs the esterification reaction of acrylic acid and methanol in a molar ratio of 1:2, assisted by sulfuric acid as a catalyst. The reaction is exothermic and is conducted in a series of Stirred Tank Reactors (STR) under uniform operating conditions of 80°C and 2 atm pressure. The conversions achieved in Reactor 1 (R-01), Reactor 2 (R-02), and Reactor 3 (R-03) are 80.13%; 95.60%; and 99% respectively. The raw material requirements include Acrylic Acid at 4,804.9202 kg/hour, Methanol at 4,271.0402 kg/hour, with Sulfuric Acid as the catalyst. Additionally, utility water necessary for the production process amounts to 2,923.2500 kg/hour. The electrical power required reaches 276.3075 kW, supplied by PLN, with a diesel generator as a backup. A feasibility analysis indicates a post-tax profit of Rp. 2,100,475.70, with annual total product sales amounting to Rp. 42,639,264.79. The feasibility analysis shows a Return on Investment (ROI) of 29.96% before tax and 23.97% after tax, with a Pay Out Time (POT) of 2.5 years and 2.9 years, respectively. The Break Even Point (BEP) is determined to be 47.02%, while the Shut Down Point (SDP) stands at 24.02%. The Discounted Cash Flow Rate (DCFR) is calculated at 23%. Based on these feasibility parameters, it can be concluded that the preliminary design of the Methyl Acrylate plant is viable for establishment.