

**PRA RANCANGAN PABRIK METIL METAKRILAT DENGAN *DIRECT
ESTERIFICATION* DAN *HEAT INTEGRATED-PRESSURE SWING EXTRACTION
DISTILLATION PROCESS* (HI-PSEDP) KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi dan Seminar
Skripsi pada Jurusan S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi,
Universitas Diponegoro**

Disusun Oleh:

Deshinta Maharani 40040121650025

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2025

HALAMAN PENGESAHAN

**PRA RANCANGAN PABRIK METIL METAKRILAT DENGAN *DIRECT
ESTERIFICATION* DAN *HEAT INTEGRATED-PRESSURE SWING EXTRACTION
DISTILLATION PROCESS* (HI-PSEDP) KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

**Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik**

Disusun Oleh

Deshinta Maharani

NIM. 40040121650025

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 16 September 2025

Dosen pembimbing,



Dr. Ir. Fahmi Arifan, S.T., M.Eng., M.M, IPM., ASEAN Eng.

NIP. 198002202005011001

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Judul Laporan Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Metil Metakrilat dengan *Direct Esterification* dan *Heat Integrated-Pressure Swing Extraction Distillation Process* (HI-PSEDP) Kapasitas 80.000 Ton/Tahun

Identitas Penulis

Nama Mahasiswa : Deshinta Maharani
NIM : 40040121650025
Fakultas : Sekolah Vokasi/STr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Laporan Tugas Akhir ini telah disahkan dan disetujui pada:

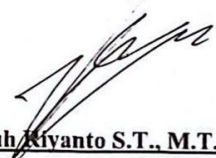
Hari : Jum'at
Tanggal : 26 September 2025

Menyetujui, Tim
Penguji

Penguji I,

Penguji II,


Dr. Eng. Vita Paramita, S.T., M.M., M.Eng.
NIP. 198102152005012002


Teguh Riyanto S.T., M.T.
NIP. 199511062024061002

BUKTI PELAKSANAAN SEMINAR TUGAS AKHIR

Pra Rancangan Pabrik Metil Metakrilat dengan *Direct Esterification* dan *Heat Integrated-Pressure Swing Extraction Distillation Process* (HI-PSEDP) Kapasitas 80.000 Ton/Tahun

Bahwa Tugas Akhir telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Akhir Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, pada tanggal 26 September 2025 dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk Mata Kuliah Skripsi dan Seminar Skripsi

Disusun Oleh:

Deshinta Maharani
NIM.40040121650025

Menyetujui,
Tim Penguji

Penguji I,

Penguji II,


Dr. Eng. Vita Paramita, S.T., M.M., M.Eng.
NIP. 198102152005012002


Teguh Rivanto S.T., M.T.
NIP. 199511062024061002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Deshinta Maharani

NIM : 40040121650025

Judul Tugas Akhir (Skripsi) : Pra Rancangan Pabrik Metil Metakrilat Dengan *Direct Esterification* Dan *Heat Integrated-Pressure Swing Extraction Distillation Process* (HI-PSEDP) Kapasitas 80.000 Ton/Tahun.

Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi / STe. Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya Deshinta Maharani dan partner saya atas nama Nadya Amalia Resi didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Diponegoro sesuai aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Semarang, 17 September 2025



Deshinta Maharani
NIM 40040121650025

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat limpahan rahmat dan kasih-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Metil Metakrilat Dengan *Direct Esterification* Dan *Heat Integrated-Pressure Swing Extraction Distillation Process* (Hi-PSEDP) Kapasitas 80.000 Ton/Tahun”. Laporan ini dibuat sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan di Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.

Penyusunan Laporan Skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan peran yang diberikan oleh berbagai pihak, maka dari itu pada kesempatan ini penulis akan menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si selaku Dekan Fakultas Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh pendidikan di program studi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri.
2. Mohamad. Endy Yulianto, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk melakukan Skripsi.
3. Dr. Ir. Fahmi Arifan, S.T., M.M., M. Eng, IPM., ASEAN Eng. selaku Dosen Wali dan Dosen Pembimbing Skripsi yang telah membimbing, mengarahkan, dan mendukung proses pengajuan judul hingga penyusunan laporan Skripsi sehingga laporan ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Seluruh Bapak serta Ibu Dosen, Tenaga Kependidikan serta Staff Administrasi Program Studi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro yang telah memberikan kelancaran selama menjalani perkuliahan.
5. Kedua orang tua, Ayah, Ibu, Adik, serta seluruh keluarga yang selalu mendukung, mendoakan, memotivasi, memfasilitasi dalam penyusunan laporan Skripsi ini sehingga penulis mampu bersemangat dalam menyelesaikan laporan.
6. Nadya Amalia Resi selaku partner Skripsi dan kepada teman-teman “Icelandic” angkatan 2021, serta kakak tingkat dari Program Studi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri maupun dari luar Program Studi yang selalu memberikan semangat dan motivasi dalam penyusunan laporan Skripsi ini.
7. Terima kasih kepada semua pihak yang membantu penulis yang tidak bisa disebutkan satu – persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari pembaca dan pihak terkait sangat di harapkan demi kesempurnaan laporan ini. Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Semarang, Mei 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	II
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	II
KATA PENGANTAR	VI
DAFTAR ISI	VIII
DAFTAR TABEL	XI
DAFTAR GAMBAR	XIV
INTISARI.....	XV
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik.....	1
1.1.1. Sejarah.....	1
1.1.2. Alasan Pendirian Pabrik.....	2
1.2. Kapasitas Rancangan.....	3
1.2.1. Kebutuhan	3
1.2.2. Ketersediaan Bahan Baku	5
1.3. Penentuan Lokasi Pabrik	6
1.3.1. Ketersediaan Bahan Baku	7
1.3.2. Pemasaran (<i>Marketing</i>).....	7
1.3.3. Utilitas.....	8
1.3.4. Keadaan Geografis dan Masyarakat	8
1.3.5. Transportasi.....	8
1.3.6. Tenaga Kerja	8
1.3.7. Pembuangan Limbah dan Buangan Pabrik	9
1.3.8. Site dan Karakteristik Lokasi	9
1.3.9. Peraturan Perundang-Undangan	9
1.4. Tinjauan Proses	10
1.4.1. Kegunaan Produk.....	10
1.4.2. Pemilihan Proses	11
1.4.3. Seleksi Proses.....	14
BAB II DESKRIPSI PROSES	16
2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	16
2.1.1. Bahan Baku Utama	16
2.2.2. Bahan Baku Pendukung.....	18
2.2.3. Produk Utama	19
2.2.4. Produk Samping	20
2.2. Konsep Proses	21
2.2.1. Pemilihan Proses	21
2.2.2. Mekanisme Reaksi	21
2.2.3. Tinjauan Termodinamika	22
2.2.4. Tinjauan Kinetika Reaksi.....	25
2.3. Langkah Proses.....	26
2.3.1. Persiapan Bahan Baku	26
2.3.2. Tahap Reaksi	26

2.3.3.	Tahap Pemisahan Awal	27
2.3.4.	Tahap Pemurnian (HI-PSEDP)	27
2.4.	Neraca Massa	30
2.5.	Neraca Panas	34
2.6.	Tata Letak Pabrik dan Pemetaan	38
BAB III SPESIFIKASI ALAT.....		46
3.1.	Unit Persiapan Bahan Baku	46
3.1.1.	Tangki Penyimpanan.....	46
3.1.2.	Pompa	48
3.1.3.	Heat Exchanger.....	49
3.2.	Unit Reaksi.....	51
3.2.1.	Reaktor.....	51
3.3.	Unit Pemurnian	52
3.3.1.	Dekanter	52
3.3.2.	Stripper.....	53
3.3.3.	Menara Distilasi	54
3.3.4.	Condenser	59
3.3.5.	Reboiler.....	61
3.3.6.	Akumulator	63
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES		64
4.1.	Unit Pengadaan dan Pengelola Air	64
4.1.1.	Pengadaan Air	64
4.1.2.	Pengelolaan Air	69
4.2.	Unit Pengadaan Listrik.....	74
4.2.1.	Listrik untuk Keperluan Proses dan Utilitas	74
4.2.2.	Listrik untuk Penerangan	75
4.2.3.	Listrik untuk AC	75
4.2.4.	Listrik untuk Laboratorium dan Instrumentasi	76
4.2.5.	Listrik untuk Alat-alat Elektronik	76
4.3.	Unit Pengadaan Steam.....	77
4.4.	Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	77
4.5.	Unit Pengadaan Udara Tekan	78
4.6.	Unit Pengolahan Limbah.....	79
4.7.	Laboratorium	82
4.8.	Kesehatan, Keselamatan Kerja, dan Lingkungan Hidup	84
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN.....		87
5.1.	Bentuk Perusahaan	87
5.2.	Struktur Organisasi	88
5.3.	Tugas dan Wewenang.....	89
5.4.	Kepegawaian.....	95
5.5.	Penentuan Jumlah Pekerja	98
5.6.	Kesejahteraan Sosial Karyawan	99
BAB VI TROUBLESHOOTING		104
6.1.	Analisis HAZOP pada Unit Persediaan Bahan Baku	104
6.2.	Analisis HAZOP pada Unit Reaksi.....	105

6.3. Analisis HAZOP pada Unit Pemurnian Bahan Baku	107
BAB VII ANALISA EKONOMI	110
7.1 Penaksiran Harga Peralatan	110
7.2 Dasar Perhitungan	111
7.2.1 Kapasitas Produksi.....	112
7.2.2 Kebutuhan Bahan Baku	112
7.2.3 Harga Bahan Baku dan Produk Harga	112
7.3 Perhitungan Biaya.....	113
7.3.1 <i>Capital Investment</i>	113
7.3.2 Production Cost	115
7.4 Analisa Kelayakan.....	117
7.4.1 <i>Percent Profit on Sales (POS)</i>	117
7.4.2 <i>Percent Return Investment (ROI)</i>	117
7.4.3 <i>Pay Out Time (POT)</i>	117
7.4.4 Break Event Point (BEP)	118
7.4.5 Shut Down Point (SDP)	118
7.4.6 <i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	119
7.5 Hasil Perhitungan.....	119
7.5.1 <i>Capital Investment</i>	119
7.5.2 Production Cost.....	121
7.5.3 Analisa Kelayakan	122
7.6 Pembahasan	124
DAFTAR PUSTAKA.....	125
LAMPIRAN	129
LAMPIRAN NERACA MASSA	129
LAMPIRAN NERACA PANAS	139
LAMPIRAN SPESIFIKASI ALAT	172
LAMPIRAN EVALUASI EKONOMI.....	213

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Data Impor Metil Metakrilat tahun 2015-2024 (Badan Pusat Statistik, 2024)	3
Tabel 1. 2. Beberapa Pabrik Berbahan Metil Metakrilat di Indonesia.....	5
Tabel 1. 3. Kapasitas Beberapa Industri Metil Metakrilat (Nagai dan Ui, 2004)	5
Tabel 1. 4. Penilaian Pemilihan Lokasi Pabrik	10
Tabel 1. 5. Perbandingan Pemilihan Proses.....	14
Tabel 2. 1. Data Panas Pembentukan (Yaws, 1999)	22
Tabel 2. 2. Data Energi Gibbs (Yaws, 1999)	22
Tabel 2. 3. Neraca Massa Mixing Point 01	30
Tabel 2. 4. Neraca Massa Reaktor (R-101).....	30
Tabel 2. 5. Neraca Massa Mixing Point 02.....	30
Tabel 2. 6. Neraca Massa Decanter 01.....	30
Tabel 2. 7. Neraca Massa Stripper-01	31
Tabel 2. 8. Neraca Massa Mixing Point 03.....	31
Tabel 2. 9. Neraca Massa Menara Destilasi 01	31
Tabel 2. 10. Neraca Massa Menara Distilasi 02	31
Tabel 2. 11. Neraca Massa Menara Destilasi 03	32
Tabel 2. 12. Neraca Massa Mixing Point 04.....	32
Tabel 2. 13. Neraca Panas Reaktor (R-01).....	34
Tabel 2. 14. Neraca Panas Heat Exchanger 1 (HE-01).....	34
Tabel 2. 15. Neraca Panas Heat Exchanger 2 (HE-02).....	34
Tabel 2. 16. Neraca Panas Decanter (DC-01).....	34
Tabel 2. 17. Neraca Panas Heat Exchanger 3 (HE-03).....	34
Tabel 2. 18. Neraca Panas Stripper 1 (ST-01).....	35
Tabel 2. 19. Neraca Panas Menara Distilasi 1 (MD-01).....	35
Tabel 2. 20. Neraca Panas Menara Distilasi 2 (MD-02).....	35
Tabel 2. 21. Neraca Panas Heat Exchanger 4 (HE-04).....	35
Tabel 2. 22. Neraca Panas Heat Exchanger 5 (HE-05).....	35
Tabel 2. 23. Neraca Panas Menara Distilasi 3 (MD-03).....	36
Tabel 2. 24. Neraca Panas Heat Exchanger 6 (HE-06).....	36
Tabel 2. 25. Neraca Panas Heat Exchanger 7 (HE-07).....	36
Tabel 2. 26. Perincian Bangunan	42
Tabel 3. 1. Spesifikasi Tangki.....	47
Tabel 3. 2. Spesifikasi Pompa.....	48

Tabel 3. 3. Spesifikasi Heat Exchanger	49
Tabel 3. 4. Spesifikasi Reaktor	51
Tabel 3. 5. Spesifikasi Condenser	59
Tabel 3. 6. Spesifikasi Reboiler	61
Tabel 3. 7. Spesifikasi Akumulator	63
Tabel 4. 1. Syarat Mutu Air Pendingin (ASME Water Quality Standard, 2016)	65
Tabel 4. 2. Kebutuhan Air Pendingin.....	66
Tabel 4. 3. Persyaratan Mutu Air Umpan Boiler	67
Tabel 4. 4. Kebutuhan Umpan Boiler	67
Tabel 4. 5. Parameter Fisis dalam Standar Baku Mutu Air	68
Tabel 4. 6. Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Air	68
Tabel 4. 7. Kebutuhan Air Domestik	69
Tabel 4. 8. Jumlah kebutuhan air di pabrik metil metakrilat	69
Tabel 4. 9. Kebutuhan Listrik Proses dan Utilitas	74
Tabel 4. 10. Total Kebutuhan Listrik Pabrik.....	76
Tabel 4. 11. Kebutuhan steam 300°C.....	77
Tabel 4. 12. Analisis Laboratorium.....	83
Tabel 5. 1. Shift Kerja.....	96
Tabel 5. 2. Jabatan dan Pendidikan Pegawai	97
Tabel 5. 3. Detail jumlah karyawan proses (Ulrich, 1984) (Hal 329).....	98
Tabel 5. 4. Perincian Jumlah Karyawan	98
Tabel 6. 1. Analisis HAZOP Tangki Penyimpanan.....	104
Tabel 6. 2. Analisis HAZOP Pompa	105
Tabel 6. 3. Analisis HAZOP Reaktor	105
Tabel 6. 4. Analisis HAZOP Tangki Penyimpanan.....	107
Tabel 7. 1. Indeks CEPCI dari tahun 2000 hingga 2028.....	111
Tabel 7. 2. Total Biaya Physical Plant Cost (PPC)	119
Tabel 7.3. Biaya Engineering and Construction.....	119
Tabel 7.4. Fixed Capital Investment	120
Tabel 7.5. Working Capital Investment.....	120
Tabel 7.6. Total Capital Investment.....	120
Tabel 7.7. Direct Manufacturing Cost	121
Tabel 7. 8. Fixed Manufacturing Cost	121
Tabel 7.9. Total Manufacturing Cost.....	121
Tabel 7.10. General Expense.....	122

Tabel 7.11. Total Production Cost.....	122
Tabel 7.12. Analisa Kelayakan Pabrik	123

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Grafik kebutuhan Metil Metakrilat di Indonesia	4
Gambar 1. 2. Peta Lokasi Pabrik	7
Gambar 2. 1. Diagram Alir Neraca Massa.....	33
Gambar 2. 2. Diagram Alir Neraca Panas.....	37
Gambar 2. 3. Tata letak pabrik.....	43
Gambar 2. 4. Layout Alat Proses	45
Gambar 4. 1. Diagram Alir Pengolahan Utilitas Air Pabrik Metil Metakrilat	71
Gambar 5. 1. Struktur Organisasi	94
Gambar 7. 1. Nilai CEPCI Indeks dari tahun 2000-2028	112
Gambar 7. 2. Grafik Analisa Kelayakan	123

INTISARI

Metil Metakrilat (MMA) merupakan bahan kimia penting yang digunakan sebagai monomer utama dalam pembuatan polimetil metakrilat (PMMA), resin, perekat, cat, serta berbagai produk polimer dan pelapis. Kebutuhan MMA terus meningkat, baik di tingkat nasional maupun internasional, namun hingga kini di Indonesia masih dipenuhi melalui impor. Kondisi ini membuka peluang pendirian pabrik MMA dalam negeri untuk mendukung kemandirian industri kimia nasional, mengurangi ketergantungan impor, meningkatkan devisa, serta memperluas lapangan kerja. Oleh karena itu, pendirian pabrik Metil Metakrilat dengan kapasitas 80.000 ton/tahun, beroperasi selama 24 jam per hari dengan 330 hari kerja per tahun, perlu dipertimbangkan guna memenuhi kebutuhan domestik sekaligus memperkuat daya saing industri di pasar global.

Proses yang digunakan dalam memproduksi Metil Metakrilat adalah proses direct esterification antara asam metakrilat dan metanol dengan katalis H_2SO_4 . Reaksi dijalankan di dalam reaktor R-101 pada kondisi operasi suhu $92\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1 atm dengan konversi sebesar 87%. Untuk mendukung tahap pemurnian, digunakan teknologi heat integrated–pressure swing extractive distillation process (HI-PSEDP) dengan entrainer berupa gliserin, yang memungkinkan pemisahan azeotrop MMA–air sehingga diperoleh produk MMA dengan kemurnian 99,9%.

Unit utilitas pabrik meliputi penyediaan kebutuhan air pendingin sebanyak 335.500,923 kg/jam, air umpan boiler 1.342,010 kg/jam, air domestik 550,029 kg/jam, serta kebutuhan steam 1587,8283 kg/jam dan bahan bakar 130,928 L/jam. Selain itu, disediakan fasilitas penunjang berupa laboratorium fisika, laboratorium analitik, serta laboratorium penelitian dan pengembangan.

Bentuk badan usaha yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT.) dengan struktur organisasi line and staff. Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 28 orang. Berdasarkan analisis kelayakan ekonomi, diperoleh nilai return on investment (ROI) sebesar 12%, pay out time (POT) 1,23 tahun, break even point (BEP) 36,19%, dan shut down point (SDP) 21,08% dengan umur pabrik diperkirakan selama 30 tahun.

Dari hasil perancangan ini dapat disimpulkan bahwa pendirian Pabrik Metil Metakrilat dengan kapasitas 80.000 ton/tahun layak untuk dipertimbangkan guna memenuhi kebutuhan dalam negeri serta meningkatkan kemandirian industri kimia Indonesia.