

**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

Nadyn Amalia Resi 40040121650072

**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

Nadyn Amalia Resi

NIM. 40040121650072

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 16 September 2025

Dosen Pembimbing I,



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

NIP. 198002202005011001

Dosen Pembimbing II,



**Prof. Ir. Tutuk Djoko Kusworo S.T.,
M.Eng., Ph.D.**

NIP. 197306211997021001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

Jalan Gubernur Mochtar
Kampus Universitas Diponegoro
Tembalang Semarang Kode Pos 50275
Telepon/Faksimile (024) 7471379
Laman: vokasi@liveundip.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Judul Laporan TA : 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:

N a m a : Nadya Amalia Resi

N I M : 40040121650072

Fakultas/Prodi : Sekolah Vokasi/S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Laporan Tugas Akhir ini telah disahkan dan disetujui pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 24 Desember 2025

Semarang, 29 Desember 2025

Mengetahui,
Tim Penguji

Penguji I,

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

Penguji II,

Yusuf Ma'rifat Fajar Azis, S.T., M.T.
NIP. 199511062024061002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Nadya Amalia Resi

NIM : 40040121650072

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 / STeK. Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya Nadya Amalia Resi dan partner saya atas nama Deshinta Maharani 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, September 2025



Nadya Amalia Resi
NIM 40040121650072

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. 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.
2. Dr. Ir. Fahmi Arifan, S.T., M.M., M. Eng, IPM., ASEAN Eng. selaku Dosen Wali dan Dosen Pembimbing 1 serta Prof. Ir. Tutuk Djoko Kusworo S.T, M.Eng, Ph.D. selaku dosen pembimbing 2 yang telah membimbing, mengarahkan, mendukung secara material dan moral selama proses pengajuan judul hingga penyusunan laporan Skripsi sehingga laporan ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak, Mbak Nindy, Mbak Serin, Dek Nohan, Wingko serta seluruh keluarga yang selalu mendukung, mendoakan, memotivasi, memfasilitasi dalam penyusunan laporan Skripsi ini sehingga penulis mampu bersemangat dalam menyelesaikan laporan.
4. Sobat 1M (Tarissya, Nurhasanah, Alifa), Sobat TIENZZ (Patricia, Devika, Sabin, Gigih, Raffi, Bentar, Mamad, Ega, Alegra, Frito), Oktarissa Salsabila, dan kepada “Icelansc” 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.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, 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, September 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	III
DAFTAR ISI	V
DAFTAR TABEL	IX
DAFTAR GAMBAR	XII
INTISARI	XIII
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.....	6
1.3. Penentuan Lokasi Pabrik	7
1.3.1. Ketersediaan Bahan Baku.....	8
1.3.2. Pemasaran (<i>Marketing</i>).....	9
1.3.3. Utilitas.....	9
1.3.4. Keadaan Geografis dan Masyarakat	9
1.3.5. Transportasi.....	10
1.3.6. Tenaga Kerja	10
1.3.7. Pembuangan Limbah dan Buangan Pabrik.....	10
1.3.8. Site dan Karakteristik Lokasi.....	10
1.3.9. Peraturan Perundang-Undangan	11
1.4. Tinjauan Proses	12
1.4.1. Kegunaan Produk.....	12
1.4.2. Pemilihan Proses.....	13
1.4.3. Seleksi Proses	17
BAB II DESKRIPSI PROSES	19
2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	19
2.1.1. Bahan Baku Utama	19
2.2.2. Bahan Baku Pendukung	21

2.2.3.	Produk Utama.....	23
2.2.4.	Produk Samping	24
2.2.	Konsep Proses.....	25
2.2.1.	Pemilihan Proses.....	25
2.2.2.	Mekanisme Reaksi.....	25
2.2.3.	Tinjauan Termodinamika	26
2.2.4.	Tinjauan Kinetika Reaksi.....	30
2.3.	Langkah Proses	31
2.3.1.	Persiapan Bahan Baku	31
2.3.2.	Tahap Reaksi.....	31
2.3.3.	Tahap Pemisahan Awal	32
2.3.4.	Tahap Pemurnian (HI-PSED)	32
2.4.	Neraca Massa.....	35
2.5.	Neraca Panas	40
2.6.	Tata Letak Pabrik dan Pemetaan	44
BAB III	SPEKIFIKASI ALAT	53
3.1.	Unit Persiapan Bahan Baku.....	53
3.1.1.	Tangki Penyimpanan	53
3.1.2.	Pompa.....	55
3.1.3.	<i>Heat Exchanger</i>	56
3.2.	Unit Reaksi.....	58
3.2.1.	Reaktor	58
3.3.	Unit Pemurnian	59
3.3.1.	Dekanter.....	59
3.3.2.	<i>Stripper</i>	60
3.3.3.	Menara Distilasi.....	61
3.3.4.	<i>Condenser</i>	67
3.3.5.	Reboiler.....	69
3.3.6.	Akumulator	71
BAB IV	UNIT PENDUKUNG PROSES.....	72
4.1.	Unit Pengadaan dan Pengelola Air	72

4.1.1.	Pengadaan Air	72
4.1.2.	Pengelolaan Air	79
4.2.	Unit Pengadaan Listrik	83
4.2.1.	Listrik untuk Keperluan Proses dan Utilitas	84
4.2.2.	Listrik untuk Penerangan	84
4.2.3.	Listrik untuk AC	85
4.2.4.	Listrik untuk Laboratorium dan Instrumentasi	86
4.2.5.	Listrik untuk Alat-alat Elektronik	86
4.3.	Unit Pengadaan Steam.....	87
4.4.	Unit Pengadaan Bahan Bakar	87
4.5.	Unit Pengadaan Udara Tekan	88
4.6.	Unit Pengolahan Limbah.....	89
4.7.	Laboratorium	93
4.8.	Kesehatan, Keselamatan Kerja, dan Lingkungan Hidup	95
	BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN.....	98
5.1.	Bentuk Perusahaan	98
5.2.	Struktur Organisasi	100
5.3.	Tugas dan Wewenang.....	100
5.4.	Kepegawaian.....	107
5.5.	Penentuan Jumlah Pekerja	111
5.6.	Kesejahteraan Sosial Karyawan	113
	BAB VI TROUBLESHOOTING.....	119
6.1.	Analisis HAZOP pada Unit Persediaan Bahan Baku	119
6.2.	Analisis HAZOP pada Unit Reaksi.....	121
6.3.	Analisis HAZOP pada Unit Pemurnian Bahan Baku	123
	BAB VII ANALISA EKONOMI.....	126
7.1	Penaksiran Harga Peralatan	127
7.2	Dasar Perhitungan	128
7.2.1	Kapasitas Produksi.....	128
7.2.2	Kebutuhan Bahan Baku	129
7.2.3	Harga Bahan Baku dan Produk Harga	129

7.3 Perhitungan Biaya.....	129
7.3.1 <i>Capital Investment</i>	129
7.3.2 <i>Production Cost</i>	132
7.4 Analisa Kelayakan.....	134
7.4.1 <i>Percent Profit on Sales (POS)</i>	134
7.4.2 <i>Percent Return Investment (ROI)</i>	135
7.4.3 <i>Pay Out Time (POT)</i>	135
7.4.4 <i>Break Event Point (BEP)</i>	135
7.4.5 <i>Shut Down Point (SDP)</i>	136
7.4.6 <i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	136
7.5 Hasil Perhitungan	137
7.5.1 <i>Capital Investment</i>	137
7.5.2 <i>Production Cost</i>	138
7.5.3 Analisa Kelayakan	140
7.6 Pembahasan	142
DAFTAR PUSTAKA.....	143
LAMPIRAN NERACA PANAS.....	158
LAMPIRAN SPESIFIKASI ALAT	202
LAMPIRAN ANALISA EKONOMI	245

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Data Impor Metil Metakrilat tahun 2015-2024 (Badan Pusat Statistik, 2024)	4
Tabel 1. 2. Beberapa Pabrik Berbahan Metil Metakrilat di Indonesia	5
Tabel 1. 3. Kapasitas Industri Metil Metakrilat (Nagai dan Ui, 2004)	6
Tabel 1. 4. Penilaian Pemilihan Lokasi Pabrik	11
Tabel 1. 5. Perbandingan Pemilihan Proses	17
Tabel 2. 1. Data Panas Pembentukan (Yaws, 1999)	26
Tabel 2. 2. Data Energi Gibbs (Yaws, 1999)	26
Tabel 2. 3. Neraca Massa <i>Mixing Point 01</i> (MP-01)	35
Tabel 2. 4. Neraca Massa Reaktor (R-01)	35
Tabel 2. 5. Neraca Massa <i>Mixing Point 02</i> (MP-02)	35
Tabel 2. 6. Neraca Massa <i>Decanter 01</i> (DC-01)	36
Tabel 2. 7. Neraca Massa <i>Stripper-01</i> (ST-01)	36
Tabel 2. 8. Neraca Massa <i>Mixing Point 03</i> (MP-03)	36
Tabel 2. 9. Neraca Massa Menara Distilasi 01 (MD-01)	37
Tabel 2. 10. Neraca Massa Menara Distilasi 02 (MD-02)	37
Tabel 2. 11. Neraca Massa Menara Destilasi 03 (MD-03)	37
Tabel 2. 12. Neraca Massa <i>Mixing Point 04</i> (MP-04)	38
Tabel 2. 13. Neraca Panas Reaktor (R-01)	40
Tabel 2. 14. Neraca Panas <i>Heat Exchanger 1</i> (HE-01)	40
Tabel 2. 15. Neraca Panas <i>Heat Exchanger 2</i> (HE-02)	40
Tabel 2. 16. Neraca Panas <i>Decanter 1</i> (DC-01)	40
Tabel 2. 17. Neraca Panas <i>Heat Exchanger 3</i> (HE-03)	40
Tabel 2. 18. Neraca Panas <i>Stripper 1</i> (ST-01)	41
Tabel 2. 19. Neraca Panas Menara Distilasi 1 (MD-01)	41
Tabel 2. 20. Neraca Panas Menara Distilasi 2 (MD-02)	41
Tabel 2. 21. Neraca Panas <i>Heat Exchanger 4</i> (HE-04)	41
Tabel 2. 22. Neraca Panas <i>Heat Exchanger 5</i> (HE-05)	42
Tabel 2. 23. Neraca Panas Menara Distilasi 3 (MD-03)	42

Tabel 2. 24. Neraca Panas <i>Heat Exchanger</i> 6 (HE-06)	42
Tabel 2. 25. Neraca Panas <i>Heat Exchanger</i> 7 (HE-07)	42
Tabel 2. 26. Perincian Bangunan	49
Tabel 3. 1. Spesifikasi Tangki.....	54
Tabel 3. 2. Spesifikasi Pompa.....	55
Tabel 3. 3. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i>	56
Tabel 3. 4. Spesifikasi Reaktor	58
Tabel 3. 5. Spesifikasi <i>Condenser</i>	67
Tabel 3. 6. Spesifikasi Reboiler	69
Tabel 3. 7. Spesifikasi Akumulator.....	71
Tabel 4. 1. Syarat Mutu Air Pendingin (ASME Water Quality Standard, 2016)...	73
Tabel 4. 2. Kebutuhan Air Pendingin	74
Tabel 4. 3. Persyaratan Mutu Air Umpan Boiler	76
Tabel 4. 4. Kebutuhan Umpan Boiler	76
Tabel 4. 5. Parameter Fisis dalam Standar Baku Mutu Air	77
Tabel 4. 6. Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Air	77
Tabel 4. 7. Kebutuhan Air Domestik	78
Tabel 4. 8. Jumlah kebutuhan air di pabrik metil metakrilat	78
Tabel 4. 9. Kebutuhan Listrik Proses dan Utilitas	84
Tabel 4. 10. Total Kebutuhan Listrik Pabrik.....	86
Tabel 4. 11. Kebutuhan steam 300°C	87
Tabel 4. 12. Analisis Laboratorium	94
Tabel 5. 1. Shift Kerja.....	110
Tabel 5. 2. Jabatan dan Pendidikan Pegawai	110
Tabel 5. 3. Detail jumlah karyawan proses (Ulrich, 1984) (Hal 329)	111
Tabel 5. 4. Perincian Jumlah Karyawan	112
Tabel 6. 1. Analisis HAZOP Tangki Penyimpanan	119
Tabel 6. 2. Analisis HAZOP Pompa	120
Tabel 6. 3. Analisis HAZOP Reaktor.....	121
Tabel 6. 4. Analisis HAZOP Tangki Penyimpanan	123
Tabel 7. 1. Indeks CEPCI dari tahun 2000 hingga 2028	127

Tabel 7. 2. Total Biaya <i>Physical Plant Cost</i> (PPC)	137
Tabel 7.3. Biaya <i>Engineering and Construction</i>	137
Tabel 7.4. Fixed Capital Investment	137
Tabel 7.5. Working Capital Investment.....	138
Tabel 7.6. <i>Total Capital Investment</i>	138
Tabel 7.7. <i>Direct Manufacturing Cost</i>	138
Tabel 7. 8. <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	139
Tabel 7.9. Total <i>Manufacturing Cost</i>	139
Tabel 7.10. <i>General Expense</i>	139
Tabel 7.11. Total <i>Production Cost</i>	140
Tabel 7.12. Analisa Kelayakan Pabrik	142

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1.	Grafik kebutuhan Metil Metakrilat di Indonesia	4
Gambar 1. 2.	Peta Lokasi Pabrik	8
Gambar 2. 1.	Diagram Alir Neraca Massa.....	39
Gambar 2. 2.	Diagram Alir Neraca Panas	43
Gambar 2. 3.	Tata letak pabrik.....	50
Gambar 2. 4.	Layout Alat Proses	52
Gambar 4. 1.	Diagram Alir Pengolahan Utilitas Air Pabrik Metil Metakrilat.....	80
Gambar 5. 1.	Struktur Organisasi	106
Gambar 7. 1.	Nilai CEPCI Indeks dari tahun 2000-2028	128
Gambar 7. 2.	Grafik Analisa Kelayakan.....	141

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-01 pada kondisi operasi suhu 92 °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.