

**PRA RANCANG PABRIK METIL METAKRILAT C₅H₈O₂ DENGAN
PROSES ESTERIFIKASI OKSIDATIF KAPASITAS 100.000
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:

MUHAMMAD FIKRI ARIEF TRI IZZUL ISLAM

NIM. 40040118650035

PRODI S-Tr TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2022

**PRA RANCANG PABRIK METIL METAKRILAT C₅H₈O₂ DENGAN
PROSES ESTERIFIKASI OKSIDATIF KAPASITAS 100.000
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:

MUHAMMAD FIKRI ARIEF TRI IZZUL ISLAM

NIM. 40040118650035

PRODI S-Tr TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**PRA RANCANG PABRIK METIL METAKRILAT $C_5H_8O_2$ DENGAN PROSES
ESTERIFIKASI OKSIDATIF KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD FIKRI ARIEF TRI IZZUL ISLAM NIM. 40040118650035

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 3 September 2022

Dosen Pembimbing,


Dr. Eng. Vita Paragita, S.T., M.M., M.Eng.

NIP. 198102152005012002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fikri Arief Tri Izzul Islam
NIM : 40040118650035
Judul Skripsi : Prarancang Pabrik Metil Metrakrilat Menggunakan Proses *Direct Oxidative Esterification* dengan Kapasitas 100.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Putri Puji Nugraheni 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 paksaan dari siapapun.



Semarang, 7 Desember 2022



Muhammad Fikri Arief Tri Izzul Islam
NIM. 40040118650035

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Judul : Pra Rancang Pabrik Metil Metakrilat $C_5H_8O_2$ Dengan Proses Esterifikasi Oksidatif Kapasitas 100.000 Ton/Tahun

Identitas Penulis :

Nama : Muhammad Fikri Arief Tri Izzul Islam

NIM : 40040118650035

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

Laporan Tugas Akhir/Skripsi ini telah disahkan dan disetujui pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 14 Desember 2022


Semarang, 14 Desember 2022


Mengetahui,

Tim Penguji

Penguji I,

Penguji II,


Mohamad Endy Julianto, S.T., M.T.
NIP.197107311999031001


Anggun Puspitarini Siswanto, S.T., Ph.D.
NIP.H.7.198803152018072001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri Universitas Diponegoro Semarang. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, maka dengan hati yang tulus ikhlas penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Mohamad Endy Julianto, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S.Tr-Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan kegiatan skripsi.
2. Anggun Puspitarini Siswanto, S.T., Ph.D. selaku Dosen Wali Kelas A 2018 Program Studi S.Tr-Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Universitas Diponegoro yang senantiasa memberikan nasihat, arahan, dan bimbingan dalam perkuliahan.
3. Dr. Eng. Vita Paramita S.T., M.M., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang senantiasa memberikan nasihat dan membimbing dalam melaksanakan skripsi.
4. Seluruh dosen, tenaga pendidik, dan segenap staff administrasi Program Studi S.Tr-Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Universitas Diponegoro yang telah banyak membantu selama menjalani perkuliahan.
5. Keluarga penulis, Bapak (Sutrisno, S.Pd.), Ibu (Dra. Urva Handayani), Kakak (Rizky Arief Eka Trisnawan, S.Si dan Annisa Rahma Dwi Izzati, S.Psi), yang selalu mengasihi dan mendukung penulis baik secara moral maupun material.
6. Putri Puji Nugraheni sebagai partner seperjuangan yang selalu memberi dukungan.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Penyusun berharap semoga Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi setiap pembaca dan semua pihak.

Semarang, Desember 2022

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
INTISARI.....	xiv
<i>SUMMARY</i>	xv
BAB I.....	1
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.....	5
1.3.1. Penyediaan Bahan Baku dan Bahan Pembantu.....	5
1.3.3. Transportasi.....	6
1.3.4. Pemasaran.....	6
1.3.5. Utilitas.....	6
1.4. Tinjauan Proses.....	7
1.4.1. Pemilihan Proses.....	7
1.4.2. Seleksi Proses.....	9
1.4.3. Uraian Proses Terpilih.....	10

1.4.4.	Kegunaan Produk	10
BAB II		11
DESKRIPSI PROSES		11
2.1.	Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	11
2.1.1.	Bahan Baku Utama.....	11
2.1.2.	Bahan Pendukung.....	12
2.1.3.	Produk Utama.....	13
2.1.4.	Produk Samping	14
2.2.	Konsep Proses.....	15
2.2.1.	Pemilihan Proses	15
2.2.2.	Mekanisme Reaksi	15
2.2.3.	Kondisi Operasi.....	15
2.3.	Langkah Proses.....	18
2.3.1.	Persiapan Bahan Baku.....	18
2.3.2.	Direct Oxidative Esterification (DOE).....	18
2.3.3.	Pemurnian.....	19
2.4.	Diagram Alir Proses	20
2.5.	Neraca Massa dan Neraca Panas	21
2.5.1.	Neraca Massa	21
2.5.2.	Neraca Panas	27
2.6.	Tata Letak Pabrik dan Pemetaan	32
2.7.	Tata Letak Alat Proses.....	36
BAB III		40
SPESIFIKASI ALAT		40
3.1.	Unit Persiapan Bahan Baku	40
3.1.1.	Tangki (T-01)	40
3.1.2.	Pompa (P-01).....	41

3.1.3.	Heater (H-01)	42
3.2.	Unit Reaksi	43
3.2.1.	Reaktor	43
3.3.	Unit Pemurnian.....	44
3.3.1.	Kolom Distilasi (KD-01).....	44
BAB IV	.....	46
UNIT PENDUKUNG PROSES	.....	46
4.1.	Unit Pengadaan dan Pengolahan Air	46
4.1.1.	Air Umpan <i>Boiler</i>	49
4.1.2.	Air Domestik.....	49
4.2.	Unit Pengadaan Listrik	50
4.2.1.	Listrik untuk Peralatan	50
4.2.2.	Listrik untuk Penerangan	51
4.3.	Unit Pengadaan Steam.....	52
4.4.	Unit Pengadaan Bahan Bakar	53
4.5.	Unit Pengadaan Udara Tekan	54
4.6.	Unit Pengolahan Limbah	54
4.7.	Laboratorium	55
BAB V	.....	57
MANAJEMEN PERUSAHAAN	.....	57
5.1.	Bentuk Perusahaan	57
5.2.	Struktur Organisasi	58
5.3.	Tugas dan Wewenang.....	59
5.3.1.	Pemegang Saham	59
5.3.2.	Dewan Komisaris	60
5.3.3.	Dewan Direksi.....	60
5.3.4.	Staff Ahli	60

5.3.5.	Departemen	61
5.4.	Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan	63
5.5.	Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji.....	64
5.5.1	Penggolongan Jabatan.....	65
5.5.2	Jumlah Karyawan dan Gaji	66
5.6.	Kesejahteraan Sosial Karyawan	67
5.7.	<i>Corporate Social Responsibility (CSR)</i>	68
BAB VI	.....	70
TROUBLESHOOTING	.....	70
BAB VII	.....	76
ANALISA EKONOMI	.....	76
7.1.	Perkiraan Harga Peralatan	76
7.2.	Penetapan Dasar Perhitungan	79
7.3.	Perhitungan Biaya Produksi (<i>Production Cost</i>)	79
7.3.1.	Penaksiran Modal Industri (Total Capital Investmen)	79
7.3.2.	Production Cost.....	82
7.4.	Analisis Kelayakan	85
7.4.1.	<i>Percent Profit on Sales (POS)</i>	85
7.4.2.	<i>Percent Return on Investmen (ROI)</i>	85
7.4.3.	<i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	85
7.4.4.	<i>Pay Out Time (POT)</i>	85
7.4.5.	<i>Break Event Point (BEP)</i>	86
7.4.6.	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	86
7.4.7.	<i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	86
7.5.	Hasil Perhitungan	87
7.5.1.	<i>Capital Invesment</i>	87
7.5.2.	<i>Production Cost</i>	88

7.5.3. <i>Genenral Expense (GE)</i>	90
7.5.4. Analisa Kelayakan.....	90
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN A	95
PERHITUNGAN NERACA MASSA	95
LAMPIRAN B	113
PERHITUNGAN NERACA PANAS	113
LAMPIRAN C	140
SPESIFIKASI ALAT	140
LAMPIRAN D	191
PERHITUNGAN EVALUASI EKONOMI.....	191

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Impor Metil Metakrilat Tahun 2017-2021 (Badan Pusat Statistik, 2021).....	3
Tabel 1.2 Beberapa Pabrik Berbahan Metil Metakrilat di Indonesia.....	4
Tabel 1.3 Perbandingan Pemilihan Proses Berdasarkan Bahan Baku	9
Tabel 2.1 Neraca Massa di Mixing Point-01.....	21
Tabel 2.2 Neraca Massa di Reaktor-01	21
Tabel 2.3 Neraca Massa di Separator-01	21
Tabel 2.4 Neraca Massa di Mixing Tank-01	22
Tabel 2.5 Neraca Massa di Tanki Netralisasi-01	22
Tabel 2.6 Neraca Massa di Kolom Distilasi-01	22
Tabel 2.7 Neraca Massa di Kondensor.....	23
Tabel 2.8 Neraca Massa di Reboiler	23
Tabel 2.9 Neraca Massa di Decanter-	23
Tabel 2.10 Neraca Massa Overall	24
Tabel 2.11 Neraca Panas di Heater-01	27
Tabel 2.12 Neraca Panas di Heater-02	27
Tabel 2.13 Neraca Panas di Reaktor-01	27
Tabel 2.14 Neraca Panas di Cooler-01	28
Tabel 2.15 Neraca Panas Heater-03	28
Tabel 2.16 Neraca Panas di Kolom Distilasi-01	28
Tabel 2.17 Neraca Panas di Condensor-01	29
Tabel 2.18 Neraca Panas di Reboiler-01	29
Tabel 2.19 Neraca Panas di Cooler-02.....	29
Tabel 2.20 Neraca Panas Overall	30
Tabel 2.21 Perincian Bangunan	35
Tabel 4.1 Kebutuhan Air Pendingin.....	47
Tabel 4.2 Kebutuhan Air Domestik	49
Tabel 4.3 Total Kebutuhan Air dalam Pabrik	50
Tabel 4.4 Kebutuhan Listrik Peralatan.....	50
Tabel 4.5 Total Kebutuhan Listrik Pabrik Metil Metakrilat	52
Tabel 4.6 Kebutuhan <i>Steam</i> 150°C	52
Tabel 4.7 Data C_p dalam Fase <i>Liquid</i>	53

Tabel 5.1 Jadwal Kerja Setiap Regu	65
Tabel 5.2 Jabatan dan Pendidikan	65
Tabel 5.3 Detail jumlah karyawan proses (ulrich, 1984) (Hal 329).....	66
Tabel 5.4 Jumlah Karyawan.....	66
Tabel 5.5 Rincian Gaji Berdasarkan Jabatan	67
Tabel 6.1 Analisa HAZOP Tangki Penyimpanan	70
Tabel 6.2 Analisa HAZOP Pompa	71
Tabel 6.3 Analisa HAZOP Reaktor.....	71
Tabel 6.4 Analisa HAZOP pada Pemurnian Produk.....	74
Tabel 7.1 Indeks CEP Tahun 2001 sampai dengan 2020 (Chemengonline.com, 2021).....	77
Tabel 7.2 Total <i>Purchased Equipment Cost</i> (PEC).....	87
Tabel 7.3 Tabel <i>Physical Plant Cost</i> (PPC)	87
Tabel 7.4 Total Biaya Fixed Capital Investment (FCI).....	87
Tabel 7.5 Total Biaya <i>Working Capital Investment</i> (WCI).....	88
Tabel 7.6 Total Biaya <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC).....	88
Tabel 7.7 Total Biaya <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC).....	89
Tabel 7.8 Total Biaya <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC)	89
Tabel 7.9 Total Biaya <i>Manufacturing Cost</i> (MC).....	89
Tabel 7.10 Total Biaya <i>General Expense</i> (GE).....	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Pabrik.....	7
Gambar 2.1 Gambar Diagram Alir Proses Produksi.....	20
Gambar 2.2 Diagram Alir Neraca Massa.....	26
Gambar 2.3 Diagram Alir Neraca Panas.....	31
Gambar 2.4 Tata Letak Pabrik.....	36
Gambar 2.5 Layout Alat Proses.....	38
Gambar 2.6 Layout Alat Area Proses.....	39
Gambar 5.1 Struktur Organisasi Perusahaan.....	59
Gambar 7.1 Index CEP tahun 2009-2020.....	78
Gambar 7.2 Metode Grafik Analisa Ekonomi.....	91

INTISARI

Metil Metakrilat (MMA) merupakan senyawa turunan ester yang digunakan sebagai bahan baku pada industri cat, industri kosmetik, dan industri polimer. Kebutuhan metil metakrilat di Indonesia sampai saat ini masih hanya mengandalkan impor semata yang mana cenderung mengalami peningkatan pada tiap tahunnya. Oleh sebab itu pendirian pabrik metil metakrilat di Indonesia sangatlah penting guna mengurangi impor, dan tidak menutup kemungkinan untuk di ekspor. Pabrik metil metakrilat direncanakan dibuat dengan kapasitas 100.000 ton/tahun. Proses yang digunakan dalam memproduksi metil metakrilat pada pabrik ini adalah dengan menggunakan proses *direct oxidative esterification*. Bahan baku yang digunakan adalah metakrolein, metanol, dan oksigen. Kemudian untuk bahan pembantunya yaitu natrium hidroksida serta katalis Pd/Al₂O₃. Reaksi bahan-bahan tersebut dilakukan di dalam reaktor *trickle bed* pada temperatur 80°C dan tekanan 6 bar. Pemurnian produk dari reaktor dilakukan dengan proses distilasi dan dekantasi, sehingga akan diperoleh produk metil metakrilat dengan kemurnian 99% dan 1% air. Untuk mendukung proses diperlukan unit utilitas yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan air pendingin sebanyak 689.507,70 kg/jam, air umpan *boiler* 4.451,55 kg/jam sebanyak, air domestik sebanyak 131,25 kg/jam. Kemudian kebutuhan steam sebanyak 1.089,572 kg/jam dan kebutuhan bahan bakar sebanyak 140.8627 kg/jam. Terdapat 3 laboratorium, yaitu laboratorium fisika, laboratorium analitik, laboratorium penelitian dan pengembangan. Bentuk perusahaan ini adalah PT (Perseroan Terbatas), sistem kerja karyawan yang terdiri dari 16 karyawan *shift* dan 10 karyawan *non-shift*. Pabrik beroperasi selama 24 jam perhari dan 330 hari pertahun. Hasil analisa kelayakan menunjukkan ROI sebelum pajak yaitu 30% dan setelah pajak yaitu 24%. POT sebelum pajak yaitu 2,52 tahun dan setelah pajak yaitu 2,99 tahun, nilai BEP yang diperoleh 41%, dan SDP sebesar 17%. Berdasarkan analisa ekonomi dapat disimpulkan bahwa pendirian pabrik metil metakrilat dengan kapasitas 100.000 ton/tahun layak dipertimbangkan.

SUMMARY

Methyl methacrylate (MMA) is an ester-derived compound used as a raw material in the paint industry, cosmetic industry, and polymer industry. The need for methyl methacrylate in Indonesia until now has only relied on imports, which tend to increase every year. Therefore, the establishment of a methyl methacrylate factory in Indonesia is very important in order to reduce imports but does not rule out exports. The methyl methacrylate plant is planned to be built with a capacity of 100,000 tons per year. The process used in producing methyl methacrylate in this factory is the direct oxidative esterification process. The raw materials used are methacrolein, methanol, and oxygen. then for the supporting materials, namely sodium hydroxide and the catalyst Pd/Al₂O₃. The reactions of these materials were carried out in a trickle-bed reactor at a temperature of 80 °C and a pressure of 6 bar. Product purification from the reactor was carried out by distillation and decantation processes so that a methyl methacrylate product with a purity of 99% and 1% water would be obtained. To support the process, a utility unit is needed that aims to meet the needs of cooling water of 689,507.70 kg/hour, boiler feed water of 4,451.55 kg/hour, and domestic water of 131.25 kg/hour. Then the steam requirement is 1,089.572 kg/hour and the fuel requirement is 140.8627 kg/hour. Laboratories are classified into three types: physics laboratories, analytical laboratories, and research and development laboratories. The legal form of this company is a PT (limited liability company), with an employee work system consisting of 16 shift employees and 10 non-shift employees. The factory operates 24 hours a day, 330 days a year. The results of the feasibility analysis show that the ROI before tax is 30% and after tax is 24%. POT before tax is 2.52 years, and after tax, it is 2.99 years. The BEP value obtained is 41%, and the SDP is 17%. Based on the economic analysis, it can be concluded that the establishment of a methyl methacrylate plant with a capacity of 100,000 tons per year is worth considering.