

**PRARANCANGAN PABRIK SODIUM METHYLATE DARI METANOL DAN
NATRIUM HIDROKSIDA MENGGUNAKAN PROSES *REACTIVE DISTILLATION* -
PERVAPORATION DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN**



TUGAS AKHIR

**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Tugas Akhir dan Seminar
Tugas Akhir pada Program Studi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah
Vokasi, Universitas Diponegoro**

Disusun Oleh :

**Salsa Kamilia NIM 40040122650020
Yessy Nathania NIM 40040122650030**

**PROGRAM STUDI S-Tr TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
SEMARANG
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

**PRARANCANGAN PABRIK SODIUM METHYLATE DARI METANOL DAN
NATRIUM HIDROKSIDA MENGGUNAKAN PROSES *REACTIVE DISTILLATION -
PERVAPORATION* DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi dan Seminar Skripsi
pada Program Studi S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi,
Universitas Diponegoro

Disusun Oleh :

SALSA KAMILIA

NIM. 40040122650020

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 25 Mei 2026

Dosen Pembimbing



Abdullah Malik Islam Filardli, S.T., M.T.

NIP. 199608152024061003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Salsa Kamilia
NIM : 40040122650020
Judul Tugas Akhir : Prarancangan Pabrik Sodium Methylate dari Metanol dan Natrium Hidroksida Menggunakan Proses *Reactive Distillation - Pervaporation* dengan Kapasitas 80.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/S.Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya saya Salsa Kamilia dan Partner Saya Yessy Nathania 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 tanpa ada paksaan dari siapapun.



Semarang, 26 Mei 2026



Salsa Kamilia
NIM. 40040122650020

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS | iii |
| DAFTAR ISI | iv |
| DAFTAR TABEL | viii |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| KATA PENGANTAR | xii |
| INTISARI | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Kapasitas Rancangan..... | 2 |
| 1.2.1 Proyeksi Kebutuhan Sodium Methylate di Indonesia | 2 |
| 1.2.2 Kapasitas Produksi Komersial yang Sudah Ada di Dunia | 3 |
| 1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku..... | 5 |
| 1.3 Lokasi Pabrik..... | 6 |
| 1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku..... | 6 |
| 1.3.2 Letak Pasar | 7 |
| 1.3.3 Utilitas | 8 |
| 1.3.4 Transportasi | 10 |
| 1.3.5 Tenaga Kerja | 11 |
| 1.3.6 Letak Geografis | 12 |
| 1.4 Tinjauan Proses | 14 |
| 1.4.1 Macam-macam Proses Pembuatan Sodium methylate..... | 15 |
| 1.4.2 Pemilihan Proses | 20 |
| BAB II DESKRIPSI PROSES | 22 |
| 2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk..... | 22 |
| 2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku..... | 22 |
| 2.1.2 Spesifikasi Produk..... | 23 |
| 2.2 Konsep Proses | 23 |
| 2.2.1 Dasar Reaksi..... | 23 |
| 2.2.2 Mekanisme Reaksi..... | 24 |
| 2.2.3 Sifat Reaksi..... | 24 |
| 2.3 Langkah Proses..... | 27 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 2.3.1 | Tahap Penyimpanan Bahan Baku..... | 28 |
| 2.3.2 | Tahap Penyiapan Bahan Baku..... | 28 |
| 2.3.3 | Tahap Reaksi Pembentukan Sodium methylate dan Distilasi Air..... | 28 |
| 2.3.4 | Tahap <i>Recycle</i> Methanol | 29 |
| 2.3.5 | Tahap Penyimpanan dan Pengemasan Produk..... | 29 |
| 2.4 | Process Diagram Alir Sodium methylate | 31 |
| 2.5 | Neraca Massa dan Panas | 32 |
| 2.5.1 | Neraca Massa..... | 32 |
| 2.5.2 | Neraca Panas | 34 |
| 2.6 | Tata Letak Pabrik dan Pemetaan | 38 |
| 2.6.1 | <i>Lay Out</i> Pabrik..... | 38 |
| 2.6.2 | <i>Lay Out</i> Peralatan Proses..... | 41 |
| BAB III SPESIFIKASI ALAT | | 44 |
| 3.1 | Unit Penyimpanan | 44 |
| 3.2 | Unit Pemindah..... | 46 |
| 3.3 | Unit Penukar Panas..... | 47 |
| 3.4 | Unit Reaksi | 48 |
| 3.5 | Unit Pemisah | 51 |
| BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES..... | | 52 |
| 4.1 | Unit Pengadaan Air | 53 |
| 4.1.1 | Sumber Air | 53 |
| 4.1.2 | Kebutuhan Air | 53 |
| 4.2 | Unit Pengadaan Listrik | 59 |
| 4.2.1 | Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses | 59 |
| 4.2.2 | Kebutuhan Listrik untuk Utilitas | 60 |
| 4.2.3 | Kebutuhan Listrik untuk Penerangan..... | 60 |
| 4.2.4 | Kebutuhan Listrik untuk Pendingin Udara..... | 62 |
| 4.2.5 | Kebutuhan Listrik untuk Laboratorium, Instrumentasi, dan Bengkel..... | 62 |
| 4.3 | Unit Pengadaan Steam..... | 64 |
| 4.3.1 | Kebutuhan Steam..... | 64 |
| 4.3.2 | Perhitungan Kapasitas Boiler..... | 65 |
| 4.3.3 | Jenis dan Spesifikasi Boiler..... | 65 |
| 4.3.4 | Perhitungan Bahan Bakar untuk Boiler | 66 |
| 4.4 | Unit Pengadaan Bahan Bakar | 66 |
| 4.5 | Unit Pengadaan Udara Tekan | 67 |

| | | |
|--|---|------------|
| 4.5.1 | Plant Air Unit | 67 |
| 4.5.2 | <i>Instrument Air Unit</i> | 68 |
| 4.6 | Laboratorium | 69 |
| 4.6.1 | Bagian-Bagian Laboratorium | 69 |
| 4.6.2 | Pengujian yang Dilakukan di Laboratorium..... | 70 |
| 4.7 | Unit Pengolahan Limbah | 71 |
| 4.7.1 | Identifikasi Limbah | 71 |
| 4.7.2 | Baku Mutu Limbah..... | 72 |
| 4.7.3 | Pengolahan Limbah | 74 |
| 4.8 | Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup..... | 75 |
| 4.8.1 | Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)..... | 76 |
| 4.8.2 | Kelestarian Lingkungan Hidup..... | 76 |
| 4.8.3 | HIRADC (<i>Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control</i>).. | 77 |
| 4.9 | Instrumentasi | 81 |
| 4.9.1 | Pemilihan Instrumentasi | 81 |
| 4.9.2 | Jenis-jenis Instrumentasi | 82 |
| 4.9.3 | Daftar Instrumentasi pada Peralatan..... | 82 |
| BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN..... | | 84 |
| 5.1 | Bentuk Perusahaan..... | 84 |
| 5.2 | Struktur Organisasi | 86 |
| 5.3 | Tugas dan Wewenang..... | 89 |
| 5.3.1 | Dewan Komisaris | 89 |
| 5.3.2 | Dewan Direksi | 89 |
| 5.3.3 | Kepala Bagian..... | 90 |
| 5.4 | Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan | 93 |
| 5.5 | Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji..... | 94 |
| 5.5.1 | Penggolongan Jabatan | 94 |
| 5.5.2 | Jumlah Karyawan Total..... | 95 |
| 5.5.3 | Penggolongan Gaji Menurut Jabatan Tabel | 99 |
| 5.6 | Kesejahteraan Sosial Karyawan | 100 |
| 5.7 | <i>Corporate Social Responsibility (CSR)</i> | 104 |
| 5.7.1 | Dasar Pelaksanaan dan Kebijakan Program CSR..... | 104 |
| 5.7.2 | Pengertian <i>Corporate Social Responsibility (CSR)</i> | 104 |
| 5.7.3 | Kebijakan CSR pada Pabrik Sodium Methylate | 105 |
| BAB VI TROUBLESHOOTING | | 107 |

| | |
|---|------------|
| BAB VII ANALISA EKONOMI | 122 |
| 7.1 Perkiraan Harga Peralatan | 122 |
| 7.2 Dasar Perhitungan | 124 |
| 7.2.1 Kapasitas Produksi..... | 124 |
| 7.2.2 Kebutuhan Bahan Baku | 125 |
| 7.2.3 Harga Bahan Baku dan Produk..... | 125 |
| 7.3 Perhitungan Biaya | 125 |
| 7.3.1 <i>Capital Investment</i> | 125 |
| 7.3.2 <i>Production Cost</i> | 129 |
| 7.4 Analisa Kelayakan..... | 132 |
| 7.5 Hasil Perhitungan | 134 |
| 7.5.1 Hasil Perhitungan Biaya | 134 |
| 7.5.2 Hasil Analisa Kelayakan | 137 |
| BAB VIII LIFE CYCLE ASSESSMENT | 143 |
| 8.1. Goal and Scope..... | 143 |
| 8.2. Life Cycle Inventory (LCI) | 143 |
| 8.3. <i>Life Cycle Impact Assessment (LCIA)</i> | 145 |
| 8.3.1. <i>Marine Ecotoxicity</i> | 147 |
| 8.3.2. <i>Freshwater ecotoxicity</i> | 148 |
| 8.3.3. <i>Human Carcinogenic Toxicity</i> | 149 |
| 8.3.4. <i>Human Non-Carcinogenic Toxicity</i> | 149 |
| 8.3.5. <i>Terrestrial ecotoxicity</i> | 150 |
| 8.3.6. Kategori Dampak yang Tidak Signifikan..... | 150 |
| 8.3.7. Interpretasi dan Rekomendasi | 153 |
| 8.4. Kesimpulan Pembahasan..... | 154 |
| LAMPIRAN A. NERACA MASSA..... | 161 |
| LAMPIRAN B. NERACA PANAS..... | 166 |
| LAMPIRAN C. PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT..... | 172 |
| LAMPIRAN D. PERHITUNGAN ANALISIS EKONOMI..... | 231 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 1.1. Kebutuhan Sodium Methylate di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2026) | 2 |
| Tabel 1. 2 Kapasitas pabrik sodium methylate yang sudah berdiri di dunia (Market.us, 2024) 4 | |
| Tabel 1. 3 Ketersediaan Bahan Baku | 5 |
| Tabel 1. 4 Pabrik penyedia bahan baku | 7 |
| Tabel 1.5. Pabrik Biodiesel yang Telah Berdiri di Indonesia (Abdul, 2023)..... | 7 |
| Tabel 1. 6 Data kapasitas pembangkit listrik di beberapa provinsi di Indonesia..... | 8 |
| Tabel 1. 7 Data sungai terpanjang di Indonesia | 9 |
| Tabel 1. 8 Daftar pelabuhan internasional di Indonesia..... | 10 |
| Tabel 1. 9 Jarak pelabuhan ke kawasan industri | 11 |
| Tabel 1. 10 Persentase pengangguran dan tamatan pendidikan tinggi di tiap provinsi di Indonesia..... | 12 |
| Tabel 1. 11 Perbandingan alternatif pendirian lokasi pabrik..... | 13 |
| Tabel 1.12. Pertimbangan Proses Pembuatan Sodium Methylate..... | 20 |
| Tabel 2. 1 Harga ($\Delta H^{\circ}f$) masing-masing komponen..... | 25 |
| Tabel 2.2. Harga ($\Delta G^{\circ}f$) masing-masing komponen | 26 |
| Tabel 2. 3 Data Berat Molekul..... | 32 |
| Tabel 2. 4 Komposisi Target Produk..... | 32 |
| Tabel 2.5 Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (MT-01)..... | 32 |
| Tabel 2.6 Stokiometri Reaksi Sodium Methylate | 33 |
| Tabel 2.7 Neraca Massa <i>Reactive Distillation</i> (RD-01)..... | 33 |
| Tabel 2.8 Neraca Massa Membran Pervaporasi..... | 33 |
| Tabel 2.9 Neraca Massa Overall | 34 |
| Tabel 2.10 Neraca Panas Heater (H-01) | 34 |
| Tabel 2.11 Neraca Panas Reaktif Distilasi (RD-01)..... | 35 |
| Tabel 2.12 Neraca Panas Membran Pervaporasi (MP-01)..... | 36 |
| Tabel 2.13 Neraca Panas Cooler (C-01) | 36 |
| Tabel 2.14 Neraca Panas <i>Cooler</i> (C-02) | 37 |
| Tabel 2.15. Keterangan Tata Letak Pabrik..... | 40 |
| Tabel 2.16. Perincian Luas Tanah | 41 |
| Tabel 2.17. Keterangan Lay Out Proses..... | 43 |
| Tabel 3.1 Desain dan Spesifikasi Tangki Penyimpanan..... | 44 |
| Tabel 3. 2 Spesifikasi Belt Conveyor..... | 46 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 3.3 Desain dan Spesifikasi Pemanas (H-01) | 47 |
| Tabel 3.4 <i>Reactive Distillation</i> (RD-01) | 48 |
| Tabel 3. 5 Desain dan Spesifikasi Membran Pervaporasi (MP-01) | 51 |
| Tabel 4.1. Syarat Air Pendingin | 54 |
| Tabel 4.2. Kebutuhan Air Pendingin | 54 |
| Tabel 4.3. Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses | 59 |
| Tabel 4.4. Kebutuhan Listrik untuk Utilitas | 60 |
| Tabel 4.5. Kebutuhan Lumen Penerangan Pabrik | 61 |
| Tabel 4.6. Kebutuhan Listrik untuk Pendingin Udara..... | 62 |
| Tabel 4.7. Kebutuhan Steam | 65 |
| Tabel 4. 8 Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Petrokimia Hulu . | 72 |
| Tabel 4. 9 Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC) pada Pabrik Sodium Methylate | 78 |
| Tabel 4. 10 Daftar Instrumentasi pada Peralatan di Pabrik Sodium Methylate | 82 |
| Tabel 5. 1 Perbandingan PT Terbuka, PT Tertutup, dan CV (Nurnaningsih & Solihin, 2020; Selvia et al., 2024) | 85 |
| Tabel 5. 2 Penggolongan Jabatan..... | 94 |
| Tabel 5.3. Jadwal Kerja Masing-masing Regu..... | 96 |
| Tabel 5.4. Perincian Jumlah Karyawan Shift Produksi | 97 |
| Tabel 5.5. Jumlah Karyawan Utilitas | 97 |
| Tabel 5.6. Jumlah Karyawan HSE Lingkungan, Lab Analisis, dan Maintenance..... | 98 |
| Tabel 5.7. Perincian Jumlah Tenaga Kerja | 98 |
| Tabel 5.8. Penggolongan Gaji Menurut Jabatan..... | 99 |
| Tabel 6.1. <i>Troubleshooting</i> | 107 |
| Tabel 7.1. Data CEPCI (<i>toweringskills.com</i>) | 122 |
| Tabel 7. 2 Harga Alat (https://www.matche.com/equipcost/EquipmentIndex.html)..... | 123 |
| Tabel 7.3. Total direct cost | 134 |
| Tabel 7.4. Total indirect cost..... | 134 |
| Tabel 7.5. Total Fixed Capital Investment..... | 134 |
| Tabel 7.6. <i>Total Capital Investment</i> | 135 |
| Tabel 7.7. <i>Direct Manufacturing Cost</i> | 136 |
| Tabel 7.8. Fixed Charge | 136 |
| Tabel 7.9. Total Manufacturing Cost..... | 136 |
| Tabel 7.10. General Expenses | 137 |

Tabel 8. 1. *Inventory data* dari proses produksi sodium methylate 144

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|-----|
| Gambar 1. 1 Data Kebutuhan Sodium Methylate di Indonesia | 3 |
| Gambar 1. 2 Lokasi Pendirian Pabrik Sodium Methylate | 14 |
| Gambar 2.1. Process Flow Diagram Sodium methylate 30%..... | 31 |
| Gambar 2.2 Blok Diagram Massa Mixing Tank (MT-01) | 32 |
| Gambar 2.3 Blok Diagram Massa <i>Reactive Distillation</i> RD-01..... | 33 |
| Gambar 2.4 Blok Diagram Massa Membran Pervaporasi | 33 |
| Gambar 2.5 Blok Diagram Neraca Panas Heater H-01 | 34 |
| Gambar 2.6 Blok Diagram Neraca Panas <i>Reactive Distillation</i> RD-01 | 35 |
| Gambar 2.7 Blok Diagram Neraca Panas <i>Cooler</i> C-01 | 36 |
| Gambar 2.8 Blok Diagram Neraca Panas <i>Cooler</i> C-02 | 37 |
| Gambar 4. 1 <i>Plant air unit block diagram</i> | 68 |
| Gambar 4. 2 <i>Instrument air unit block diagram</i> | 68 |
| Gambar 5.1. Struktur Organisasi..... | 89 |
| Gambar 7.1. Grafik data CEPCI 2015-2023 | 123 |
| Gambar 7.2. <i>Grafik Analisa Kelayakan</i> | 142 |
| Gambar 8. 1. <i>System boundary</i> dari proses produksi sodium methylate | 144 |
| Gambar 8. 2 Hasil Normalisasi Reaction System..... | 146 |
| Gambar 8. 3 Hasil Normalisasi Separation System | 146 |

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat selama ini sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir (Skripsi) dengan Judul “**Prarancangan Pabrik Sodium Methylate 30% dari Metanol dan Natrium Hidroksida Menggunakan Proses Reactive Distillation - Pervaporation dengan Kapasitas 80.000 Ton/Tahun**”. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Keluarga yang tidak henti-hentinya selalu memberikan doa dan motivasi untuk senantiasa bersemangat dan tidak menyerah untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Abdullah Malik Islam Filardli, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang membimbing dan mengarahkan sehingga penulis dapat lebih memahami dan mengerti tentang banyak hal serta dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
3. Seluruh Dosen Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Yessy Nathania selaku partner skripsi, yang senantiasa berjuang dan memberikan semangat dan dukungan satu sama lain sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan lancar tanpa adanya suatu kendala yang berarti.
5. Adhilla Rifky Ramadhan selaku pasangan yang senantiasa mendukung. Kehadiran dan semangat yang diberikan menjadi salah satu sumber kekuatan bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir skripsi.
6. Teman-teman Teknologi Rekayasa Kimia Industri yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini. Semoga segala bantuan yang telah diberikan, diberi balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa.

Penyusun menyadari keterbatasan dan kemampuan dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu penyusun mengarapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga dapat bermanfaat bagi penyusun untuk menyempurnakan skripsi ini.

Semarang, 25 Mei 2026

Penyusun

INTISARI

Pabrik Sodium Methylate direncanakan berdiri untuk memenuhi kebutuhan industri kimia yang terus meningkat baik di dalam negeri maupun pasar ekspor, khususnya sebagai katalis utama dalam produksi biodiesel. Pabrik ini dirancang dengan kapasitas sebesar 80.000 ton/tahun menggunakan bahan baku berupa Metanol dan Natrium Hidroksida (NaOH). Proses produksi yang digunakan menerapkan integrasi teknologi *Reactive Distillation* (RD) dan *Pervaporation* (PV). Penggunaan menara *reactive distillation* berfungsi untuk menyatukan zona reaksi pembentukan sodium methylate yang bersifat reversibel dan zona pemisahan secara simultan, sehingga kesetimbangan reaksi dapat bergeser ke arah produk dengan mendistilasi air dan sisa metanol. Untuk memurnikan kembali metanol dari sisa reaksi, teknologi *pervaporation membrane* digunakan untuk memisahkan campuran azeotrop air-metanol secara efisien guna meminimalkan konsumsi energi dibandingkan dengan metode distilasi konvensional.

Berdasarkan analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap rancangan pabrik ini, diperoleh parameter kelayakan finansial yang komprehensif. Biaya operasional variabel (*variable expenses*) tercatat sebesar Rp119.255.840,46 dan biaya tetap (*fixed expenses*) adalah sebesar Rp32.062.865,51. Melalui perhitungan titik potong antara garis total pengeluaran operasional dan garis pendapatan dari penjualan produk, diperoleh nilai *Break Even Point* (BEP) sebesar 49,52%. Nilai BEP ini menunjukkan bahwa pabrik sudah mampu mencapai titik impas dan mulai menghasilkan keuntungan ketika kapasitas produksinya menyentuh angka sekitar setengah dari kapasitas total rancangan. Berdasarkan indikator-indikator teknis dan finansial tersebut, pabrik Sodium Methylate dengan kapasitas 80.000 ton/tahun ini dinilai memiliki prospek ekonomi yang baik serta layak untuk didirikan.

Kata Kunci: *Sodium Methylate*, Metanol, Natrium Hidroksida, *Reactive distillation*, *Pervaporation*, *Break Even Point*.