

TUGAS AKHIR
PRA RANCANG PABRIK METANOL DARI KARBON
DIOKSIDA DAN HIDROGEN
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN



ATIYAH MAULA
17242011001

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA AL GHAZALI
CILACAP
2022

TUGAS AKHIR
PRA RANCANG PABRIK METANOL DARI KARBON DIOKSIDA DAN
HIDROGEN KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN



Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Oleh :

Atiyah Maula

17242011001

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA AL GHAZALI

CILACAP

2022

PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : Atiyah Maula
NIM : 17242011001
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknologi Industri/Teknik Kimia
Tahun : 2022
Judul Tugas Akhir : Pra Rancang Pabrik Metanol dari Karbon Dioksida dan
Hidrogen

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini benar-benar orisinal/asli dibuat oleh saya sendiri, tidak ada pihak lain yang membuat laporan ini, tidak ada unsur plagiat kecuali pada bagian –bagian yang disebutkan rujukannya. Jika suatu hari ditemukan adanya indikasi dibuat oleh pihak lain atau plagiat, maka saya bersedia menerima konsekuensi dari institusi.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran tanpa ada paksaan.

Cilacap, 10 Januari 2022

Yang Menyatakan



Atiyah Maula

NIM. 17242011001

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR

Sebagai Civitas Akademik Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA)

Cilacap, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Atiyah Maula
NIM : 17242011001
Program Studi : Teknik Kimia
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Jenis Karya : Tugas Akhir Pra Rancang Pabrik

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas tugas akhir pra rancang pabrik saya yang berjudul "Pra Rancang Pabrik Metanol Dari Karbon Dioksida Dan Hidrogen" beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Adanya Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) berhak menyimpan, mengelola dalam bentuk database, merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada unsur paksa dari pihak lain.

Cilacap, 10 Januari 2022

Yang Menyatakan



Atiyah Maula

NIM. 17242011001

PENGESAHAN

Tugas Akhir Saudara,

Nama : Atiyah Maula

NIM : 17242011001

Judul : Pra Rancangan Pabrik Metanol dari Karbon Dioksida dan Hidrogen
Kapasitas 100.000 Ton per Tahun

Telah disidang Tugas Akhir oleh Dewan Penguji Fakultas Teknologi Industri
Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap pada hari / tanggal :

Senin, 10 Januari 2022

Dan dapat diterima sebagai pemenuhan tugas akhir mahasiswa Program Strata 1
(S.1) Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri pada Universitas Nahdlatul Ulama
Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap.

Mengetahui,

Penguji 1



Christian Soolany, S.TP., M.Si.
NIDN. 0627128801

Penguji 2



Arnesya Ramadhani, ST., MT.
NIDN. 0627019601

Pembimbing 1/Ketua Sidang



Siti Khuzaimah, ST., M.Pd
NIDN. 0622078605

Pembimbing 2



Ichya Musyafizur Ziqri, M.Si.
NIDN. 0603089201

Cilacap, Januari 2022

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknologi Industri



Christian Soolany, S.TP., M.Si.
NIDN. 0627128801

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah wa Syukurillah puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang senantiasa melimpahkan rohmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir yang berupa prarancangan pabrik kimia dengan judul Prarancangan Pabrik Metanol dari Karbon Dioksida dan Hidrogen dengan kapasitas 100.000 ton/tahun.

Tugas akhir yang berupa prarancangan pabrik kimia ini sebagai salah satu syarat untuk memenuhi kelulusan di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali.

Penyusun skripsi ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan hati penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. H Nasrulloh, selaku Rektor Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap.
2. Bapak Christian Soolany, S.TP., M.Si, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap.
3. Ibu Siti Khuzaimah, S.T., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap.
4. Bapak Ichya Musytafizur Ziqri, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap.
5. Ibu Arnesya Ramadhani, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji dan Dosen dari Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap.
6. Seluruh civitas akademika di lingkungan Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap.
7. Semua pihak yang telah membantu penyusun hingga laporan tugas akhir ini terselesaikan.

Penyusun menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penyusunan tugas akhir yang lebih baik.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua yang memerlukannya.

Cilacap, 04 Januari 2022

Penyusun

MOTTO

“Dadi wong ojo gampang loro ati, mengko angel ngopo-ngopone.”

-Romo KH. Chasbulloh Badawi-

“Uripo koyo tawon. Nengendi-endi iso ngekei manfa’at.

Nanging, menowone kok diganggu yo ngentub.”

-Abah H. Mahmudulloh ‘Abdul Wahab-

“Kabeh menungso kuwi ono apik lan ala ne.

Dadi seng apik dijupuk, seng ala di buak.”

-Budhe Hj. Mahbubah ‘Abdul Wahab-

“Nengendi-endi panggon ojo lali, menowo urip kui tujuane mung siji.

Nggolek Ridhone Gusti Allah.”

-Pakdhe H. Mahbubulloh ‘Abdul Wahab-

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Wa Syukurillah. Rasa syukur yang teramat dalam saya haturkan ke Hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena sudah memberikan saya kesempatan sehingga saya bisa menempuh dan menyelesaikan pendidikan di Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali. Semoga ilmu serta pengalaman yang saya dapatkan selama disini bisa menjadi bekal di dunia akhirat dan memperoleh Ridho dan Rohmat-Nya. Allahumma Aamiin.

Tidak lupa sholawat serta salam kepada Junjungan dan Idola seluruh ummat yakni Baginda Nabi Muhammad Shollallahu 'Alaihi Wasallam yang selalu menjadi suri tauladan dalam setiap langkah yang dilalui semoga saya bisa mendapatkan syafa'at Beliau di yaumul qiyamah nanti. Allahumma Aamiin

Kepada yang teristimewa Abah dan Ibu, terima kasih untuk segala dukungan, semangat yang tidak pernah putus baik dikala saya sedang tidak semangat, hancur, dan jatuh. Terima kasih untuk segala peluk, do'a yang tidak pernah henti-hentinya dilayangkan untuk saya. Dan terima kasih sudah selalu menjadi tempat saya pulang, tempat saya melampiaskan rindu, tempat saya mengisi ulang kasih dan sayang. Terima kasih sebanyak-banyaknya untuk segala rasa tenang, nyaman, dan hangat yang saya rasakan selama ini. Satupun dari hal tersebut, tidak bisa saya balas atau gantikan dengan apapun di dunia ini. Dan masih banyak lagi hal-hal dari Ibu dan Abah yang membuat saya kuat sampai sekarang ini tanpa orang pernah tau. Tidak pernah sekalipun Abah dan Ibu bilang cinta kepada kami, karena bahasa cinta Abah dan Ibu cukup kami mengerti tanpa perlu ada kata-kata itu. Terima kasih Abah, Ibu.

Terima kasih juga untuk Mbak Ema, Mbak Mazaya, Mas Ayub, dan Izzah yang sudah mau selalu saya repotkan di rumah dengan tingkah laku dan permintaan saya.

Teruntuk Mbak Nurlaelatul Fitriyah dan keluarga yang selalu support saya hingga akhirnya saya selesai juga nih S1 nya.

Teruntuk Almh. Budhe Mahbubah yang dulu sering banget saya curhatin, selalu dukung saya untuk bisa jadi perempuan yang mandiri, matur suwun sanget budhe.

Teruntuk keluarga Paklek H Lubbul Umam, matur nembah nuwun sanget kagem sedoyo support, semangat, dan lain lain. Hehehehe

Terima kasih kulo haturkan untuk semua keluarga dari Bani 'Abdul Wahab dan Bani 'Arwani yang sudah selalu memberikan semangat kepada saya.

Terima kasih juga untuk Kakak Cantik yang selalu ngasih motivasi, surprise dan do'a yang nge charge semangat dan mood banget.

Terima kasih untuk temen-temen sambatku Ajeng, Farah, PakBeng, Mbah, Mbak Indah, Khikmah, yang dengan sabar mau mendengarkan ocehanku selama ini. Hahaha. Thanks a lot.

Terima kasih untuk mbak wuri, mbak irnin, pak beni yang selalu bantu semangat di detik-detik akhir perjuangan skripsi yang alhamdulillah selesai sekarang.

Terimakasih kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu atas bantuan, dukungan, ilmu, kesempatan serta waktu yang telah diluangkan kepada saya, sehingga saya selalu yakin dan optimis serta semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Terima kasih banyak.

Atiyah Maula

ABSTRAK

Metanol merupakan produk yang banyak digunakan sebagai bahan baku industri petrokimia hilir seperti industri tekstil, industri plastik, resin sintetik, biodiesel dan lain sebagainya. Metanol dibuat menggunakan bahan baku CO₂ dan H₂ dengan metode hidrogenasi CO₂ dan bantuan katalis Cu/ZnO/Al₂O₃. Pabrik metanol dengan bahan baku CO₂ dan H₂ ini beroperasi secara kontinyu selama 330 hari/taun dan 24 jam/hari dengan kapasitas 100.000 ton/tahun. Reaksi dijalankan dalam reaktor fixed bed tube dengan suhu 220°C dan tekanan 50 bar. Produk metanol yang dihasilkan memiliki kemurnian 96,5% yang disimpan dalam tangki metanol dengan suhu 30°C dan tekanan atmosferis. Pabrik metanol direncanakan akan didirikan di Menganti, Cilacap diatas tanah seluas 11.663 m² dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 166 orang. Bahan baku yang dibutuhkan untuk memperoleh produk metanol yang sesuai dengan kapasitas, dibutuhkan gas CO₂ 144.294,48 ton/tahun yang diperoleh dari gas buang dari PLTU Karangandri, Cilacap yang diproses terlebih dahulu sebelum masuk ke dalam proses pembuatan metanol dan gas H₂ 19.307,614 ton/tahun yang diperoleh dari elektrolisis air. Untuk kebutuhan utilitas, diperlukan air sebanyak 65,437 m³/jam yang disuplai dari laut, steam sebanyak 5.420,743 kg/jam, pendingin sebanyak 16.955,538 kg/jam, dan udara instrument sebanyak 84,683 m³/jam. Kebutuhan listrik yang dibutuhkan sebanyak 166,580 yang akan dipenuhi oleh PLTU. Dalam menjalankan produksi, pabrik metanol ini membutuhkan modal tetap sebesar \$ 25.291.534,48 dan modal kerja sebesar \$ 15.671.116,72. Dilihat dari operasi pabrik yang bertekanan dan suhu tidak terlalu tinggi yaitu di angka 50 bar dan 220°C, maka pabrik ini tergolong dalam pabrik dengan resiko yang rendah (*low risk*). Sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik ini menarik dan layak untuk dapat dikaji lagi lebih lanjut.

Kata Kunci : *Metanol, Hidrogen, Karbon Dioksida*

ABSTRACT

Methanol is a product widely used as a raw material for downstream petrochemical industries such as the textile industry, plastic industry, synthetic resins, biodiesel and so on. Methanol is made using CO₂ and H₂ as raw materials with CO₂ hydrogenation method and the help of Cu/ZnO/Al₂O₃ catalyst. This methanol plant with CO₂ and H₂ raw materials operates continuously for 330 days/year and 24 hours/day with a capacity of 100,000 tons/year. The reaction was carried out in a fixed bed tube reactor with a temperature of 220°C and a pressure of 50 bar. The resulting methanol product has a purity of 96.5% which is stored in a methanol tank with a temperature of 30°C and atmospheric pressure. The methanol plant is planned to be established in Menganti, Cilacap on a land area of 11,663 m² with a total workforce of 166 people. The raw materials needed to obtain methanol products that are by the capacity are CO₂ 144,294.48 tons/year gas obtained from exhaust gas from the PLTU Karangandri, Cilacap which is processed first before entering the process of making methanol and H₂ gas 19,307,614 tons /year obtained from the electrolysis of water. For utility needs, 65.437 m³/hour of water is needed, supplied from the sea, 5,420.743 kg/hour of steam, 16.955.538 kg/hour of coolant, and 84,683 m³/hour of instrument air. The electricity demand required is 166,580 which will be met by the PLTU. In running the production, this methanol plant requires a fixed capital of \$25,291,534.48 and a working capital of \$15,671,116.72. Judging from the factory's operation under pressure and the temperature is not too high, namely at 50 bar and 220°C, this factory is classified as a low-risk factory. So it can be concluded that this factory is interesting and deserves to be studied further.

Keywords : Methanol, Hydrogen, Carbon Dioxide

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------|
| HALAMAN SAMPUL | i |
| HALAMAN JUDUL | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI | iv |
| HALAMAN PENGESAHAN | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| MOTTO | viii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | ix |
| ABSTRAK | xi |
| DAFTAR ISI | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xvi |
| DAFTAR TABEL | xvii |
| DAFTAR SIMBOL | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Tinjauan Pustaka | 2 |
| 1.3. Pemilihan Proses | 5 |
| 1.4. Kapasitas Perancangan | 6 |
| 1.5. Pemilihan Lokasi | 8 |
| BAB II URAIAN PROSES | 11 |
| BAB III SPEKIFIKASI BAHAN | 13 |
| 3.1. Bahan Baku | 13 |
| 3.2. Bahan Pembantu | 13 |
| 3.3. Produk | 13 |
| BAB IV DIAGRAM ALIR | 15 |
| 4.1. Diagram Alir Kualitatif | 16 |
| 4.2. Diagram Alir Kuantitatif | 17 |
| 4.3. <i>Process Engineering Flow Diagram (PEFD)</i> | 18 |
| BAB V NERACA MASSA | 19 |

| | | |
|-----------------|--|-----------|
| | 5.1. Neraca Massa Keseluruhan | 20 |
| | 5.2. Neraca Massa Tiap Alat | 20 |
| BAB VI | NERACA PANAS | 23 |
| BAB VII | SPEKIFIKASI ALAT..... | 27 |
| | 7.1. Spesifikasi Alat Proses | 27 |
| | 7.2. Spesifikasi Alat Utilitas | 53 |
| BAB VIII | UTILITAS | 66 |
| | 8.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air | 66 |
| | 8.1.1. Kebutuhan air utilitas | 66 |
| | 8.1.2. Spesifikasi air utilitas | 66 |
| | 8.1.3. Penyediaan air utilitas | 68 |
| | 8.1.4. Diagram alir proses pengolahan air | 70 |
| | 8.2. Unit Penyediaan Udara Tekan | 70 |
| | 8.3. Unit Pembangkit Listrik | 70 |
| | 8.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar | 72 |
| BAB IX | LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK | 73 |
| | 9.1. Lokasi Pabrik | 73 |
| | 9.2. <i>Lay Out</i> Pabrik | 74 |
| BAB X | ORGANISASI PERUSAHAAN | 79 |
| | 10.1. Fungsi Perusahaan | 79 |
| | 10.2. Struktur Organisasi | 79 |
| | 10.3. Tugas dan Wewenang | 80 |
| | 10.4. Tenaga Kerja | 84 |
| BAB XI | EVALUASI EKONOMI | 87 |
| | 11.1. Modal Tetap | 87 |
| | 11.2. Biaya Pembuatan | 97 |
| | 11.3. Modal Kerja | 100 |
| | 11.4. Biaya Pengeluaran Umum | 101 |
| | 11.5. Biaya Produksi | 102 |
| | 11.6. Perkiraan Keuntungan | 102 |

| | |
|--|------------|
| 11.7. <i>Return On Investment</i> | 102 |
| 11.8. <i>Pay Out Time</i> | 103 |
| 11.9. <i>Break Even Point</i> | 103 |
| 11.10. <i>Shut Down Point</i> | 104 |
| 11.11. <i>Discounted Cash Flow</i> | 104 |
| BAB XII KESIMPULAN | 107 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------|--|----|
| Gambar 4.1. | Diagram Alir Kualitatif | 16 |
| Gambar 4.2. | Diagram Alir Kuantitatif | 17 |
| Gambar 4.3. | <i>Process Engineering Flow Diagram</i> | 18 |
| Gambar 8.1. | Diagram Alir Proses Pengolahan Air | 70 |
| Gambar 9.1. | Lokasi Pendirian Pabrik Metanol | 75 |
| Gambar 9.2. | Tata Letak Pabrik | 77 |
| Gambar 9.3. | Tata Letak Alat Proses | 78 |
| Gambar 10.1 | Struktur Organisasi Perusahaan | 80 |
| Gambar 11.1. | Grafik hubungan tahun dengan indeks harga alat | 89 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabel 1.1. | Perbandingan Metode Sintesis Metanol | 4 |
| Tabel 1.2. | Data Impor Metanol di Indonesia | 7 |
| Tabel 1.3. | Data Kapasitas Produksi Metanol Berbagai Pabrik di Dunia | 7 |
| Tabel 5.1. | Neraca Massa Keseluruhan | 20 |
| Tabel 5.2. | Neraca Massa Pada <i>Electrolyzer</i> | 20 |
| Tabel 5.3. | Neraca Massa Pada Reaktor <i>Fixed Bed</i> | 20 |
| Tabel 5.4. | Neraca Massa Pada Separator-01 | 21 |
| Tabel 5.5. | Neraca Massa Pada Separator-02 | 21 |
| Tabel 5.6. | Neraca Massa Pada Adsorber-01 | 22 |
| Tabel 5.7. | Neraca Massa Pada Adsorber-02 | 22 |
| Tabel 5.8. | Neraca Massa Pada Menara Distilasi | 22 |
| Tabel 6.1. | Neraca Panas pada Reaktor <i>Fixed Bed Multitube</i> | 24 |
| Tabel 6.2. | Neraca Panas pada Separator-01 | 25 |
| Tabel 6.3. | Neraca Panas pada Separator-02 | 25 |
| Tabel 6.4. | Neraca Panas pada Adsorber-01 | 25 |
| Tabel 6.5. | Neraca Panas pada Adsorber-02 | 26 |
| Tabel 6.6. | Neraca Panas pada Menara Distilasi | 26 |
| Tabel 8.1. | Daya Motor Alat Proses | 70 |
| Tabel 8.2. | Daya Listrik Untuk Peralatan Penunjang | 71 |
| Tabel 8.3. | Daya Listrik Peralatan Utilitas | 71 |
| Tabel 9.1. | Rincian Luas Tanah Bangunan Pabrik | 76 |
| Tabel 10.1 | Daftar Gaji Pegawai yang Disesuaikan dengan Jabatan | 84 |
| Tabel 11.1. | Indeks Harga Alat dari Tahun 1987 – 2024 | 88 |
| Tabel 11.2 | Harga Peralatan Proses | 90 |
| Tabel 11.3 | Harga Peralatan Penunjang (Utilitas) | 93 |
| Tabel 11.4 | Harga Bangunan | 94 |
| Tabel 11.5 | Perincian Modal Tetap | 96 |
| Tabel 11.6 | Biaya Tenaga Kerja | 98 |

DAFTAR SIMBOL

| | |
|----------------|---|
| F | : Perkiraan kebutuhan metanol pada tahun 2024 |
| F ₀ | : Kebutuhan metanol pada tahun 2020 |
| i | : Pertumbuhan rata-rata |
| n | : selisih waktu (tahun) |
| Ex | : harga alat pada tahun x |
| Ey | : harga alat pada tahun y |
| N _x | : indeks harga alat pada tahun x |
| N _y | : indeks harga alat pada tahun y |
| ROI | : <i>Return On Investment</i> |
| If | : <i>Fixed Capital Investment</i> |
| Pr | : <i>Annual Profit</i> |
| POT | : <i>Pay Out Time</i> , tahun |
| F _a | : <i>Annual Fixed Manufacturing Cost</i> pada max produksi |
| R _a | : <i>Annual Regulated Expenses</i> pada max produksi |
| S _a | : <i>Annual Sales Value</i> pada max produksi |
| V _a | : <i>Annual Variable Expenses</i> pada max produksi |
| S | : Nilai modal pada waktu yang akan datang setelah dikoreksi dengan <i>Salvage Value (SV)</i> dan <i>Working Capital (WC)</i> |
| C | : <i>Cash Flow</i> setelah pajak berdasarkan atas total <i>finance</i> |
| R | : <i>Cash Flow</i> berdasarkan pendapatan akhir tahun |
| SV | : <i>Salvage Value</i> |
| FC | : <i>Fixed Capital</i> |
| WC | : <i>Working Capital</i> |