

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 Musytafizur 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, Hydorgen, 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 Mlutitube</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>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor industri sebagai tumpuan perekonomian nasional di Indonesia perlu diperkuat. Salah satunya melalui pengembangan subsektor petrokimia, yaitu industri metanol. Metanol menempati posisi penting di industri hilir karena digunakan menjadi bahan utama tekstil, plastik, resin sintetis, farmasi, insektisida, dan industri kayu lapis. Selain itu, digunakan juga sebagai bahan baku methanolisis untuk menghasilkan biodiesel. Kebutuhan metanol dalam negeri diproyeksi meningkat setiap tahun seiring dengan program Mandatory B30 Biodiesel yang terus digalakkan.

Saat ini industri metanol di Indonesia hanya ada satu yaitu PT KMI (Kaltim Methanol Industry) dengan kapasitas terpasang 660.000 MTPY dan Pure Methanol grade AA (purity min 99,85%). Berdasarkan pangsanya, sekitar 70 persen dari total produksi diekspor ke Jepang, Korea Selatan, China, dan negara-negara di Asia Tenggara lainnya. Berdasarkan BPS (Badan Pusat Statistik) terkait nilai data impor metanol pada tahun 2019 hingga 2020, angka kebutuhan impor metanol mengalami kenaikan dari 772.196,427 ton menjadi 840.408,303 ton/tahun. Nilai impor metanol pada 2019 tercatat US\$279,17 juta, jauh lebih tinggi dari nilai eksportnya yang hanya US\$63,40 juta, sehingga menjadikan posisi Indonesia sebagai net importir methanol (Maulana, 2021). Bahan baku yang dapat dijadikan metanol adalah gas alam dan batubara yang rendah kalori (kualitas rendah). Cadangan minyak bumi di Indonesia akan tersedia hingga 9,5 tahun mendatang, sementara umur cadangan gas alam Indonesia mencapai 19,9 tahun (ESDM, 2020). Tantangan lain yang kerap dihadapi oleh industri metanol di Indonesia adalah pada sisi bahan baku gas alam yang memiliki tingkat harga relatif tinggi dan juga terus mengalami *natural declining* atau penurunan alami di sisi hulu migasnya.

Salah satu alternatif bahan baku pembuatan methanol adalah gas CO₂ yang dihasilkan sebagai bahan buangan industri. Sektor industri menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 93,22 juta ton CO₂ pada tahun 2015. Emisi paling besar dihasilkan dari pembakaran batubara sebesar 44%, lalu diikuti oleh gas sebesar

43%, BBM (ADO, FO, IDO, dan kerosin) 13%, dan LPG dengan nilai yang sangat kecil (di bawah 0,5%). Penyumbang emisi GRK terbesar sektor energi adalah pembangkit listrik, terutama yang dihasilkan dari pembakaran batubara. Bahan baku CO₂ diperoleh dari emisi gas buang PLTU Karangandri yang menghasilkan emisi gas CO₂ sebesar kurang lebih 2,2 juta ton/tahun. Rencana pembangunan pabrik methanol berkapasitas 100.000 ton per tahun dapat membantu memenuhi kebutuhan methanol dalam negeri dengan memanfaatkan buangan emisi CO₂ yang dihasilkan oleh PLTU Karangandri sebagai bahan baku utama.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1. Metanol (CH₃OH)

Metanol merupakan bentuk alkohol paling sederhana yang berbentuk cair pada keadaan atmosfer dengan sifat tidak berwarna, mudah menguap, terbakar, dan beracun dengan bau khas yang dimiliki. Metanol banyak digunakan sebagai bahan pendingin, pelarut, bahan bakar serta bahan additif pada suatu industri.

Metanol merupakan turunan dari gas alam yang merupakan produk dari industri petrokimia hulu. Produknya diperoleh dari proses reaksi sintesa katalis pada tekanan rendah yang melibatkan proses oksidasi parsial dari gas alam. Metanol banyak digunakan sebagai bahan baku berbagai industri seperti industri formaldehid, *polyester*, *polyvinyl*, tekstil dan lainnya. (Indonesian Commercial Newsletter, 2010)

Selain itu metanol juga pernah mendapat perhatian dalam penggunaannya sebagai campuran bahan bakar pada saat krisis minyak bumi pada tahun 1970-an dikarenakan memiliki harga yang murah serta mudah untuk mendapatkannya.

1.2.2. Karbondioksida (CO₂)

Karbondioksida merupakan jenis gas cair yang tidak memiliki warna, bau, tidak mudah terbakar, dan sedikit asam. Dalam suatu industri, CO₂ dapat diperoleh dengan berbagai proses salah satunya dapat dilakukan dengan cara membakar gas alam dalam proses

kogenerasi. Pada proses pengiriman untuk pelanggan, CO₂ dikondisikan menjadi gas cair yang disimpan pada suatu tabung baja yang bertekanan dan didinginkan dalam kontainer terinsulasi panas.

1.2.3. Hidrogen (H₂)

Hidrogen merupakan suatu unsur yang memiliki ketersediaan sangat banyak di dunia karena dapat dihasilkan dari air. Hal itu terjadi karena sebagian besar wilayah di bumi merupakan perairan. Hidrogen merupakan gas yang tidak memiliki bau, warna, dan racun sehingga tidak menimbulkan pencemaran, emisi berbahaya, maupun hujan asam. Terdapat beberapa proses untuk menghasilkan hydrogen, salah satu cara sederhana yang banyak digunakan yaitu menggunakan metode elektrolisis air yang nantinya dapat menghasilkan hidrogen dan oksigen.

1.2.4. Metode Pembuatan Metanol

1.1.1.1. Proses Sintesis Metanol Tekanan Rendah -Lurgi

Pada proses ini reaktor yang digunakan memiliki suhu operasi kisaran 220 – 260°C dengan tekanan 40 – 100 bar. Reaktor yang digunakan pada teknologi Lurgi ini yaitu reaktor *quisi isothermal shell and tube*, dimana reaksi metanol terjadi di *tube side* yang berisi katalis dan pada *shell side* dialirkan pendingin. Selain itu, reaktor juga dapat berperan sebagai pembangkit steam bertekanan 40 – 50 bar (Lee, 1990).

1.1.1.2. Proses Sintesis Metanol Tekanan Sedang -Kellog M.W

Pada proses ini, teknologi Kellog M.W memiliki perbedaan dengan teknologi sebelumnya yaitu pada reaksi sintesisnya serta reaktor yang digunakan pada dasarnya merupakan reaktor tipe adiabatik. Selain itu, panas reaksi yang dihasilkan oleh teknologi ini dikontrol menggunakan *intermediate coolers*. Katalis yang digunakan merupakan katalis tembaga yang beroperasi pada rentang suhu 200 - 280°C dan tekanan 100 – 150 atm (Ullman, 2005).

1.1.1.3. Proses Sintesis Metanol Tekanan Sedang -Nissui Topsoe

Teknologi Nissui Topsoe merupakan teknologi yang berasal dari Denmark yang didesain oleh Nihin Suiso Kogyo of Japan. Reaktor yang digunakan pada teknologi ini adalah reaktor dengan tipe adiabatik dengan aliran radial berjumlah 3 yang masing-masingnya memiliki satu tumpukan katalis dan penukar panas internal. Sintesis gas mengalir secara radial melalui katalis bed. Tekanan operasi pada teknologi ini diatas 150 bar dan suhu 200 - 310°C. Katalis yang digunakan pada teknologi ini yaitu Cu-Zn-Cr yang aktif pada suhu 230-280 dan tekanan 100 – 200 atm (Lee, 1990).

Dari beberapa teknologi yang telah dijelaskan sebelumnya, maka perbandingan diantara mereka yaitu :

Tabel 1.1. Perbandingan Metode Sintesis Metanol

No.	Spesifikasi	Lurgi	Kellog M.W.	Nissui Topsoe
1.	Tekanan (bar)	40 – 100	100 – 150	100 – 200
2.	Suhu (°C)	220 – 260	200 – 280	200 – 310
3.	Karakteristik	Shell & Tube	Adiabatik (aksial)	Adiabatik (radial)
4.	Jumlah Reaktor	1	3 – 4	3 – 4
5.	Pendinginan	Air Pendingin (on shell)	Intermediate Coolers	Intermediate Colers
6.	Kelebihan	Efisiensi termal dan selektivitas yang tinggi, suhu lebih stabil	Kecepatan dan kapasitas produksi tinggi.	Kecepatan dan kapasitas produksi tinggi.

7.	Kekurangan	Kapasitas produksi tidak terlalu besar.	Tingginya kondisi operasi menurunkan selektivitas.	Tingginya kondisi operasi menurunkan selektivitas.
----	-------------------	---	--	--

1.3 Pemilihan Proses

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dijelaskan sebelumnya, metode yang akan dipilih dalam pembuatan metanol yaitu menggunakan metode sintesis metanol bertekanan rendah-lurgi dengan beberapa pertimbangan antara lain :

1. Perpindahan Panas yang Baik

Adanya penggunaan reaktor *multitube* pada teknologi ini, dimana *tube* akan memperluas bidang kontak antara reaktan media pendinginnya. Maka semakin luas bidang perpindahan panasnya, akan semakin cepat juga kecepatan perpindahan panasnya. Perpindahan panas yang cepat ini perlu dilakukan untuk mengontrol suhu reaksi sintesis metanol dengan baik, karena sintesis metanol merupakan reaksi eksotermis.

2. Selektivitas Produk Tinggi

Katalis yang digunakan pada metode ini yaitu jenis katalis berbasis tembaga yang dibantu berupa senyawa seng dan alumunium ($\text{Cu/ZnO/Al}_2\text{O}_3$), dikarenakan penggunaan katalis tersebut telah terbukti memiliki selektivitas yang tinggi terhadap produk metanol. Sehingga banyak pabrik metanol yang menggunakan katalis tersebut.

3. Fabrikasi Reaktor Relatif Sederhana

Penggunaan reaktor pada metode ini dikarenakan reaktor mirip dengan *Heat Exchanger* (HE) jenis *multitube* yang banyak digunakan pada pabrik kimia. Sehingga melihat perkembangan HE yang semakin maju, pembuatan reaktor ini menjadi lebih mudah untuk dilakukan.

4. Kondisi Operasi Termasuk Kategori Rendah

Adanya reaktor dan katalis yang digunakan pada metode ini, kondisi dari operasi yang diperlukan tidak terlalu ekstrem dikarenakan tekanan masih dibawah 100 atm dan suhu dibawah 300°C. Selain itu, tebal alat yang

digunakan pada metode ini cukup wajar, sehingga harga material pembuatan reaktor menjadi relatif lebih murah.

1.4 Kapasitas Perancangan

Kapasitas rancangan produksi merupakan kemampuan fasilitas produksi untuk menghasilkan produk berupa barang dan jasa. Kapasitas rancangan produksi berhubungan dengan anggaran biaya yang akan dikeluarkan oleh perusahaan untuk dapat menghasilkan jumlah produk yang diharapkan. Apabila kapasitas produksi yang dirancang memiliki tingkat produktifitas tinggi, maka hal itu berkaitan dengan biaya tetap yang dikeluarkan juga besar, namun apabila tingkat produktifitas rendah hal itu dapat berdampak pada biaya produksi yang mahal. Sehingga untuk menentukan kapasitas produksi yang akan dilakukan memerlukan perhitungan, perencanaan serta penelitian terlebih dahulu sebelum memulainya.

Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam menentukan kapasitas produksi pada pabrik, diantaranya adalah :

1. Kebutuhan Pasar

Kebutuhan metanol di Indonesia pada dasarnya sangatlah besar, hal ini dapat diketahui dari besarnya impor yang dilakukan oleh Indonesia untuk memenuhi kebutuhan metanol dalam negeri berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2016 – 2020 sebagai berikut :

Tabel 1.2. Data Impor Metanol di Indonesia

Tahun	Impor = Konsumsi (Ton)	%Pertumbuhan
2016	436.987,818	
2017	350.026,050	0,199002728
2018	699.945,889	0,999696563
2019	772.196,427	0,103223034
2020	840.408,303	0,088334876
Rata-rata Pertumbuhan		0,248062936

Adanya rata-rata kenaikan nilai impor metanol setiap tahun yang dilakukan oleh Indonesia untuk memenuhi kebutuhan metanol dalam negeri dapat dirata-rata kebutuhan yang belum tercukupi mencapai nilai 400.000 – 600.000 ton/tahun.

2. Kapasitas Produksi Pabrik Metanol yang Sudah Berdiri

Adanya pertimbangan dalam menentukan kapasitas produksi suatu pabrik yaitu dengan melihat kapasitas produksi suatu pabrik yang sudah berdiri, hal ini berkaitan dengan kapasitas produksi metanol yang sudah berdiri di Indonesia dan beberapa negara sebagai produsen metanol di dunia, antara lain sebagai berikut :

Tabel 1.3. Data Kapasitas Produksi Metanol Berbagai Pabrik di Dunia

Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
Beaumont Methanol (USA)	1.700.000
Statoil (Norwegia)	1.200.000
Siberian Methanol Chemical (Rusia)	1.000.000
PT. Kaltim Methanol Industry (Indonesia)	660.000

Dari table diatas yang telah dijelaskan dapat dijadikan sebagai pembanding atau bahan pertimbangan antara kebutuhan import dengan kapasitas produksi pabrik yang sudah berdiri, sehingga dapat diketahui bahwa kebutuhan rata-rata impor Indonesia 5 tahun terakhir adalah 400.000 – 600.000 ton/tahun dan minimal kapasitas produksi di dunia yang sudah berdiri adalah 600.000 ton/tahun. Sedangkan PT. KMI yang memiliki kapasitas produksi 660.000 ton/tahun dalam pemasarannya terbagi menjadi dua yakni dalam dan luar negeri dengan pembagian 70% untuk pasar luar negeri yang dipegang oleh Sojitz Corporation dan 30% untuk kebutuhan dalam negeri.

3. Ketersediaan Bahan Baku

Pada proses pembuatan metanol, bahan baku yang dibutuhkan adalah Karbon Dioksida (CO_2) dan Hidrogen (H_2). Bahan baku CO_2 diperoleh dari emisi gas buang pada PLTU Karangandri yang menghasilkan emisi gas CO_2 sebesar kurang lebih 2,2 juta ton/tahun dan H_2 diperoleh dari proses elektrolisis menggunakan Air (H_2O). Sehingga dengan adanya ketersediaan bahan baku yang memadai dan kebutuhan yang besar, maka akan memiliki prospek yang tinggi apabila mendirikan pabrik metanol.

Sehingga rencana pabrik metanol yang akan didirikan ini memiliki kapasitas produksi sebesar 5% dari perkiraan kebutuhan metanol pada tahun 2024 yaitu 100.000 ton/tahun dengan perhitungan sebagai berikut.

$$F = F_0 (1 + i)^n$$

$$F = 840.408,303 (1 + 0,248062936)^4$$

$$F = 840.408,303 (2,4263080782)$$

$$F = 2.039.089,4546$$

Keterangan :

F = Perkiraan kebutuhan metanol pada tahun 2024 (ton)

F₀ = Kebutuhan metanol pada tahun 2020 (ton)

i = Pertumbuhan rata-rata

n = selisih waktu (tahun)

(Peter & Timmerhaus, 2003)

Dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut :

1. Kapasitas pabrik metanol yang akan didirikan ini dapat membantu memenuhi kebutuhan metanol dalam negeri dan dapat mengurangi angka ketergantungan impor dari luar negeri.
2. Kapasitas produksi pabrik metanol ini dapat memberikan keuntungan yang ekonomis dikarenakan kapasitasnya berada pada batas yang menguntungkan,
3. Sehingga selain dari pada itu, dapat membantu perkembangan industri hilir yang membutuhkan bahan baku metanol.

1.5 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik yang akan didirikan perlu memperhatikan beberapa faktor yang menjadi pertimbangan, dikarenakan berdirinya pabrik satu dengan yang lainnya memiliki perbedaan dengan menyesuaikan produk yang akan dihasilkan. Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik, yaitu :

1. Sumber Bahan Baku

Lokasi berdirinya pabrik dekat dengan bahan baku yaitu sumber penghasil CO₂ dari emisi gas buang pabrik pembangkit listrik yaitu PLTU Karangandri, Cilacap. Sedangkan untuk bahan baku yang lain yaitu H₂ yang direncanakan akan diambil dari proses elektrolisis menggunakan air (H₂O) yang bersumber dari air laut. Ditinjau dari sumber bahan baku yang banyak didapatkan di daerah Cilacap, maka dapat ditentukan bahwa pendirian pabrik ini akan berlokasi di Cilacap.

2. Sumber Tenaga Kerja

Sumber tenaga kerja didapatkan dari orang-orang disekitar lokasi pabrik dan diharapkan tersedia tenaga kerja yang baik, berpendidikan, terampil maupun kasar untuk menjalankan pabrik metanol.

3. Bahan Bakar, Listrik, dan Air

Untuk mendukung kelancaran proses produksi maka dapat dipilih lokasi yang mampu menyediakan bahan bakar yang dapat diperoleh dari PT. Pertamina (Persero), listrik diambil dari perusahaan pembangkit listrik setempat dengan generator sebagai cadangan, dan kebutuhan air yang cukup dapat diambil secara langsung dari laut.

4. Transportasi

Lokasi pabrik yang dekat dengan jalan antar provinsi serta dekat dengan Pelabuhan Tanjung Intan memudahkan transportasi yang lancar baik darat maupun laut sehingga mempermudah dalam proses pengiriman bahan baku dan pemasaran produk.

5. Kondisi Lingkungan dan Masyarakat

Meninjau efek yang diberikan oleh lingkungan dan masyarakat setempat dengan didirikannya pabrik metanol di dekat tempat tinggal mereka apakah akan diterima atau ditolak. Oleh karena adanya faktor tersebut, maka pendirian pabrik direncanakan tidak terlalu dekat dengan pemukiman penduduk dan lebih memilih untuk berada di kawasan industri dengan tujuan sarana dan prasarana yang lebih memadai.

6. Peraturan Pemerintah, Undang-Undang, dan Sistem Pajak.

Peraturan pemerintah yang mengatur beberapa aspek umum dalam industri yang diatur dalam Undang-Undang yaitu seperti jam maksimum, usia

kerja minimum dan lingkungan kerja serta sistem pajak yang sudah tercantum didalamnya.

7. Pembuangan Limbah Industri

Hal ini berkaitan dengan tingkat pencemaran, sistem pembuangan limbah, dan keseimbangan habitat. Proses pada pabrik metanol menghasilkan buangan air yang kemudian dialirkan langsung ke laut tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu sedangkan untuk limbah cair yang mengandung bahan atau senyawa kimia didalamnya, terlebih dahulu melalui proses pengolahan pemisahan zat-zat kimia sebelum dialirkan ke laut.

BAB II

URAIAN PROSES

Proses pembuatan metanol terbagi menjadi tiga tahapan penting yang secara berurutan yaitu tahap proses persiapan bahan baku, tahap proses sintesis reaktan, tahap proses separasi produk dengan reaktan tersisa. Penjelasan mengenai ketiga tahapan tersebut akan dideskripsikan sebagai berikut.

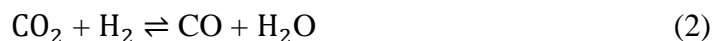
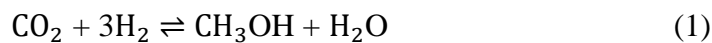
2.1. Tahap Proses Persiapan Bahan Baku

Pada tahap proses persiapan bahan baku, gas CO₂ diperoleh dari proses teknologi *Carbon Capture and Utilitation* (CCU) yang mana gas CO₂ mengalami proses pemisahan terlebih dahulu setelah adanya proses penangkapan dari emisi gas buang CO₂ dari PLTU Karangandri.

Sedangkan untuk gas hidrogen (H₂) didapatkan dari proses elektrolisis air. Pada proses ini air dialirkan menuju alat elektrolisis dalam kondisi tekanan 30 atm yang bersuhu 80°C pada operasi sehingga didapatkan hasil H₂ dan O₂ kemudian O₂ dialirkan menuju ke pabrik yang membutuhkan dan H₂ dialirkan menuju ke unit proses untuk dicampur dengan CO₂ *fresh field* dan *stream recycle*.

2.2. Tahap Proses Sintesis Reaktan

Setelah adanya bahan baku, pada tahap proses sintesis ini CO₂ dan H₂ beserta *stream recycle* dicampur dan kemudian dialirkan menuju *Fixed Bed Reactor*. Sebelum masuk ke dalam reaktor (R-01), kondisi *feed* disesuaikan menggunakan *Heat Exchanger 2* (HE-02). Kemudian tekanan dan suhu diatur dan disesuaikan pada kondisi operasi dalam reaktor yaitu sebesar 50 bar dan 220°C. Di dalam reaktor (R-01) terjadi 2 tahapan reaksi, yaitu :



Pada saat proses karbonilasi pada metanol berlangsung, dibutuhkan bantuan katalis Cu/Zn/Al₂O₃ untuk berreaksi. Setelah itu produk yang berupa metanol serta sisa gas yang tidak bereaksi akan dipisahkan terlebih dahulu.

2.3. Tahap Proses Separasi Produk dengan Reaktan Tersisa

Setelah mendapatkan hasil keluaran dari reaktor yakni campuran uap metanol, tekanan terlebih dahulu dinaikkan menjadi 50 atm menggunakan kompresor dan didinginkan menggunakan *cooler* 1 menjadi 50°C sebelum memasuki *separator drum* 1. Didalam *separator drum* 1 akan terbentuk 2 fasa yakni fasa uap dan fasa cair. Dimana pada fasa uap masih banyak mengandung CO₂ dan H₂ yang masih akan di *recycle*, kemudian ada CO, sedikit metanol dan air. Sedangkan pada fasa cair terdapat CO₂, H₂, metanol, air, dan CO. Pada hasil bawah dari *separator drum* 1 tekanannya diturunkan secara bertahap menggunakan 3 buah *Expansion Valve* hingga tekanan mencapai 1 atm dan suhu diturunkan menggunakan *Cooler* 2 hingga suhu mencapai 30°C sebelum memasuki *Separator Drum* 2 untuk dimurnikan kembali seperti pada tahap *Separator Drum* 1 yang akan membentuk 2 fasa yaitu fasa uap dan fasa cair yang mana fasa uap akan di *recycle* dan fasa cair akan dimurnikan lebih lanjut pada Menara Distilasi. Umpan *recycle* yang berasal dari *Separator Drum* 1 dan *Separator Drum* 2 akan dialirkan pada alat Adsorber 1 dan Adsorber 2 yang akan bekerja secara bergantian untuk mejerap komponen-komponen yang tidak dibutuhkan sebagai umpan.

Tahapan terakhir dari proses pemurnian dalam menghasilkan produk metanol adalah proses pemisahan metanol dari campuran lainnya di dalam Menara Destilasi dengan menaikkan tekanan menggunakan pompa hingga mencapai 3 atm dan setelah itu menaikkan suhu menggunakan *Heat Exchanger* hingga mencapai suhu 75°C. Metanol memiliki titik didih sebesar 64,7°C sedangkan air memiliki titik didih 100°C, maka dari itu air terambil sebagai hasil bawah yang masih mengandung sedikit metanol kemudian dialirkan menuju Unit Pengolahan Limbah sedangkan metanol terambil sebagai hasil atas yang mengandung sedikit karbon dikosida yang kemudian tekanannya diturunkan menggunakan *Expansion Valve* dari 2,8 atm menjadi 1 atm dan suhu juga diturunkan dari 43°C menjadi 30°C. Setelah itu metanol disimpan dalam Tangki Penyimpanan pada fasa cair.

BAB III

SPEKIFIKASI BAHAN

3.1. Bahan Baku

1. Karbon Dioksida

Rumus Molekul	:	CO ₂
Berat Molekul (g/mol)	:	32,04321
Titik Didih (°C)	:	-78
Titik Beku (°C)	:	-57
Densitas kg/m ³ (40 atm, 40 °C)	:	49,87
Viskositas cp (-78°C)	:	0,07
Kelarutan dalam Air (g/L)	:	1,45
Fase	:	Gas

2. Hidrogen

Rumus Molekul	:	H ₂
Berat Molekul (g/mol)	:	2,016
Titik Didih (°C)	:	-257,72
Titik Beku (°C)	:	-239,9
Densitas mol/cm ³ .0°C	:	0,04466
Viskositas cp (kJ/mol)	:	28,59
Fase	:	Gas

3.2. Bahan Pembantu

Katalis Cu/ZnO/Al₂O₃.

3.3. Produk

1. Metanol

Rumus Molekul	:	CH ₃ OH
Berat Molekul (g/mol)	:	32,04
Titik Didih (°C)	:	64,7
Titik Beku (°C)	:	-97

Densitas g/cm^3 (20°C)	:	0,7918
Tekanan Uap, 20°C (kPa)	:	12,3
Kelarutan dalam Air (g/L)	:	Larut Sempurna
Viskositas 20°C (mPa.s)	:	0,59
Kadar (%)	:	96,51%
Fase	:	Cair

2. Air

Rumus Molekul	:	H_2O
Berat Molekul (g/mol)	:	18,01528
Titik Didih ($^\circ\text{C}$)	:	99,974
Titik Beku ($^\circ\text{C}$)	:	0
Densitas g/cm^3 (liquid)	:	0,995
Tekanan Uap, 25°C (atm)	:	0,03127
Panas Penguapan (kcal/mol)	:	9,7171
Konduktifitas Termal (W/mK)	:	0,6065
Kenampakan Fisik	:	Cairan tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau.

BAB IV

DIAGRAM ALIR

4.1. Diagram Alir Kualitatif

Diagram alir kualitatif merupakan susunan blok dari proses pembentukan metanol dari karbon dioksida dan hidrogen dilengkapi dengan jenis bahan dan kondisi operasi seperti terlihat pada gambar.

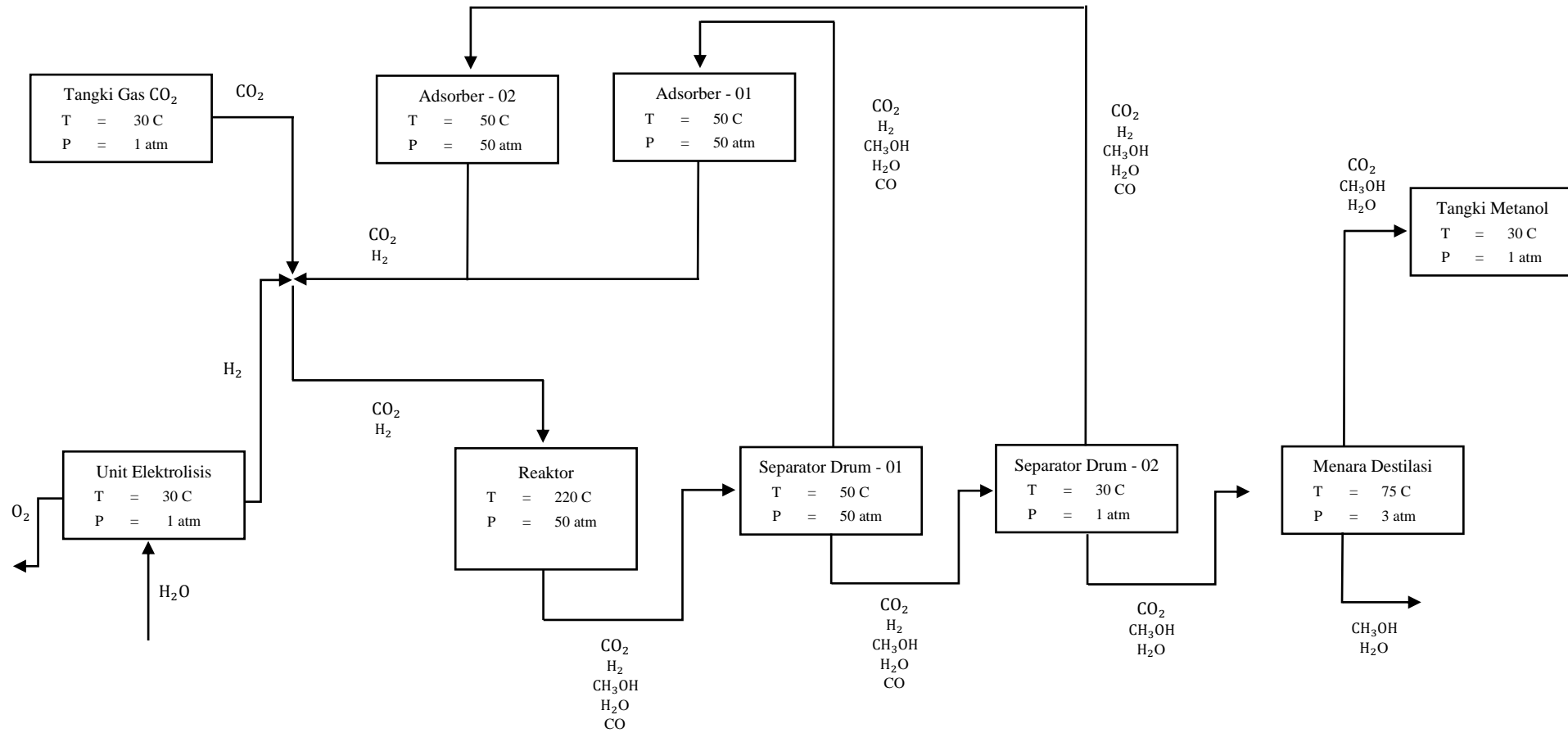
4.2. Diagram Alir Kuantitatif

Diagram alir kuantitatif merupakan susunan blok dari proses pembentukan metanol dari karbon dioksida dan hidrogen dilengkapi dengan berat dan komposisi dari setiap arus bahan masuk alat dengan satuan kg/jam seperti terlihat pada gambar.

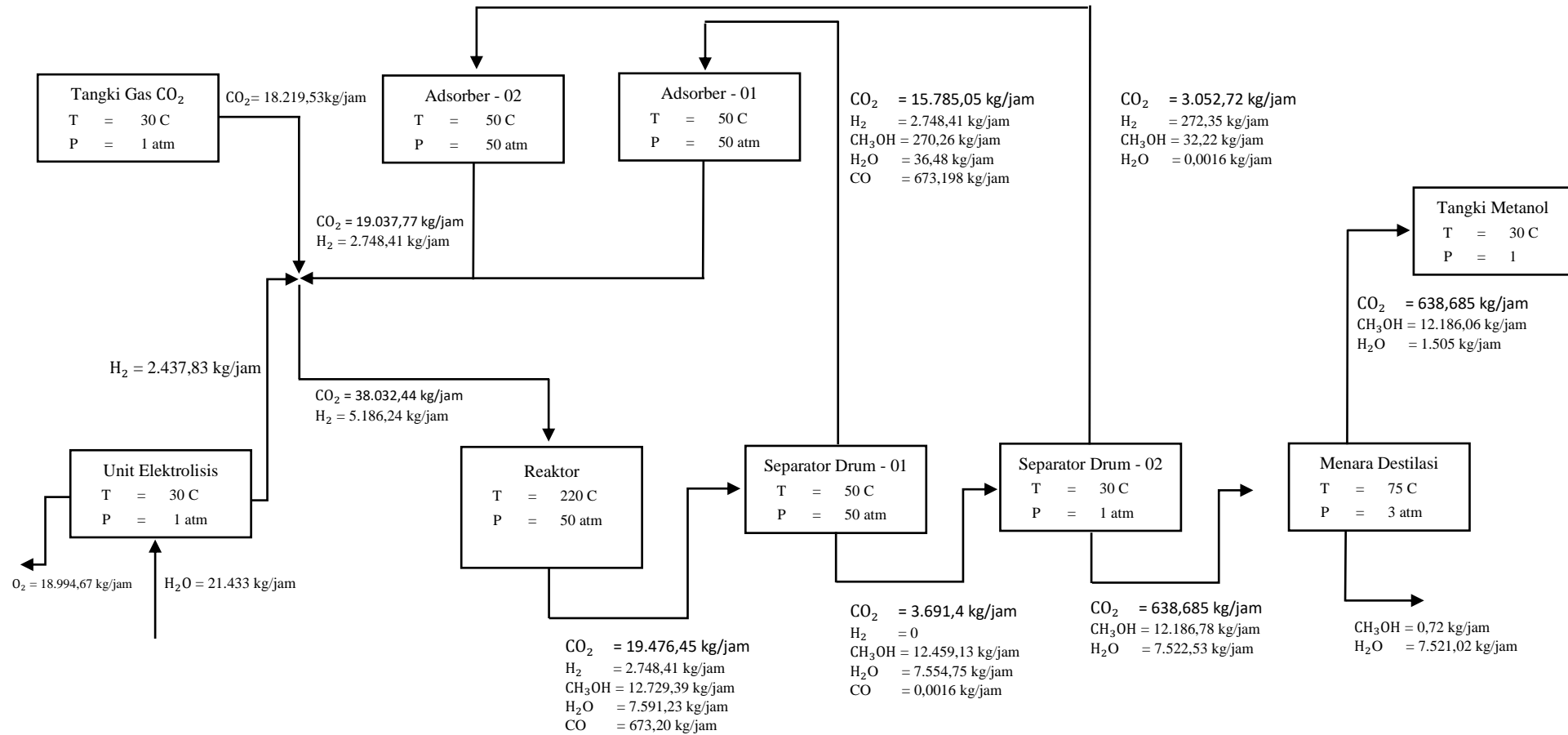
4.3. *Process Engineering Flow Diagram (PEFD)*

PEFD merupakan diagram induk yang dibuat lebih lengkap dan menyeluruh, meliputi semua alat proses, alat pembantu, kondisi proses pada alat proses, aliran bahan yang diproses dan produknya, daftar alat-alat, neraca bahan, instrument yang dipakai, kode alat dan instrument seperti terlihat pada gambar.

4.1. Diagram Alir Kualitatif



4.2. Diagram Alir Kuantitatif

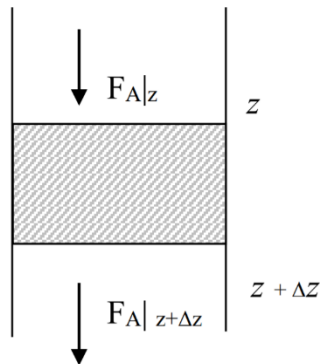


BAB V

NERACA MASSA

Perhitungan neraca massa produksi metanol dari CO₂ dan H₂ kapasitas 100.000ton/tahun dan pabrik akan beroperasi selama 330hari/tahun dan 24jam/hari.

Penyusunan neraca massa dibuat dalam elemen volume pada sebuah pipa yang berada di dalam reaktor. Hal ini diasumsikan tidak ada distribusi komposisi arah radial, sehingga yang ditinjau adalah arah axial (karena L/D>>)



rate of input – rate of output – rate of reaction = rate of accumulation

$$F_{A|z} - F_{A|z + \Delta z} - (-r_A) \cdot V = 0$$

$$F_{A|z} - F_{A|z + \Delta z} - (-r_A) \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot \Delta Z \cdot Nt = 0$$

$$F_{A|z} - F_{A|z + \Delta z} = (-r_A) \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot \Delta Z \cdot Nt$$

$$\frac{F_{A|z} - F_{A|z + \Delta z}}{\Delta Z} = (-r_A) \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot Nt$$

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{F_{A|z} - F_{A|z + \Delta z}}{\Delta Z} = (-r_A) \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot Nt$$

$$-\frac{dF_A}{dZ} = (-r_A) \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot Nt$$

Dimana : $F_A = F_{A0}(1 - x)$

$$dF_A = -F_{A0} \cdot dx$$

Sehingga diperoleh : $\frac{F_{A0} \cdot dx}{dZ} = (-r_A) \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot Nt$

$$\frac{dx}{dZ} = (-r_A) \cdot \frac{\pi \cdot ID^2 \cdot Nt}{4 \cdot F_{A0}}$$

$$k_o = 1,07 \text{ mol/kg.s.bar}^2$$

5.1. Neraca Massa Keseluruhan

Tabel 5.1. Neraca Massa Keseluruhan

Komponen	Bahan Masuk	Bahan Keluar
	Umpan	Produk
CO ₂	18.219,53	638,685
H ₂	2.437,83	2.748,41
CH ₃ OH	0	12.186,06
H ₂ O	21.433	7.522,53
O ₂	0	18.994,67
Total	42.090,36	42.090,36

5.2. Neraca Massa Tiap Alat

1. Elektrolisis

Tabel 5.2. Neraca Massa Pada *Electrolyzer*

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 1c	Arus 2	Arus 3
H ₂ O	21.433	0	0
O ₂	0	0	18.994,67
H ₂	0	2.437,83	0
Total	21.433	2.437,83	18.994,67

2. Reaktor

Tabel 5.3. Neraca Massa Pada Reaktor *Fixed Bed*

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 6b	Arus 7
CO ₂	38.032,44	19.476,45
H ₂	5.186,24	2.748,41
CH ₃ OH	0	12.729,39
H ₂ O	0	7.591,23
CO	0	673,20
Total	43.218,69	43.218,69

3. Separator-01

Tabel 5.4. Neraca Massa Pada Separator-01

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 7c	Arus 8	Arus 10
CO ₂	19.476,45	15.785,05	3.691,40
H ₂	2.748,41	2.748,41	0
CH ₃ OH	12.729,39	270,26	12.459,13
H ₂ O	7.591,23	36,48	7.554,75
CO	673,20	673,198	0,0016
Total	43.218,69	19.513,41	23.705,28

4. Separator-02

Tabel 5.5. Neraca Massa Pada Separator-02

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 10e	Arus 11	Arus 12
CO ₂	3.691,40	3.052,72	638,685
H ₂	0	0	0
CH ₃ OH	12.459,13	272,35	12.186,78
H ₂ O	7.554,75	32,22	7.522,53
CO	0,0016	0,0016	0
Total	23.705,28	3.357,29	20.347,99

5. Adsorber-01

Tabel 5.6. Neraca Massa Pada Adsorber-01

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	Arus 8	Arus 11c	Arus 9	Terserap
CO ₂	15.785,05	3.252,72	19.037,77	0
H ₂	2.748,41	0	2.748,41	0
CH ₃ OH	270,26	272,35	0	542,61
H ₂ O	36,48	32,22	0	68,7
CO	673,198	0,0016	0	673,1996
Total	19.513,41	3.557,29	21.786,18	1.284,51

6. Adsorber-02

Tabel 5.7. Neraca Massa Pada Adsorber-02

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	Arus 8	Arus 11c	Arus 9	Terserap
CO ₂	15.785,05	3.252,72	19.037,77	0
H ₂	2.748,41	0	2.748,41	0
CH ₃ OH	270,26	272,35	0	542,61
H ₂ O	36,48	32,22	0	68,7
CO	673,198	0,0016	0	673,1996
Total	19.513,41	3.557,29	21.786,18	1.284,51

7. Menara Distilasi

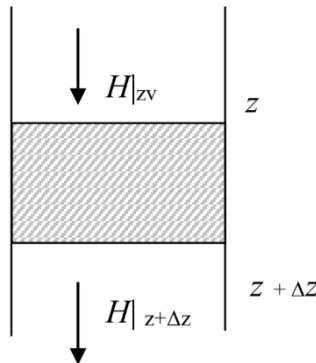
Tabel 5.8. Neraca Massa Pada Menara Distilasi

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 12c	Arus 13	Arus 14
CO ₂	638,685	638,685	0
H ₂	0	0	0
CH ₃ OH	12.186,78	12.186,06	0,72
H ₂ O	7.522,53	1.505	7.521,02
CO	0	0	0
Total	20.347,99	12.826,25	7.521,74

BAB VI

NERACA PANAS

Persamaan neraca panas pada elemen volume



Heat of input – heat of output – heat of generation – heat transfer = Acc

$$H_{A|z} - H_{A|z + \Delta z} + (-r_A) \cdot \Delta H_R \cdot V - U d \cdot N t \cdot \Delta z \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p) = 0$$

$$H_{A|z} - H_{A|z + \Delta z} + (-r_A) \cdot \Delta H_R \cdot \frac{\pi}{4} \cdot I D^2 \cdot \Delta z \cdot N t - U d \cdot N t \cdot \Delta z \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p) = 0$$

$$H_{A|z} - H_{A|z + \Delta z} = -(-r_A) \cdot \Delta H_R \cdot \frac{\pi}{4} \cdot I D^2 \cdot \Delta z \cdot N t - U d \cdot N t \cdot \Delta z \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p)$$

$$\frac{H_{A|z} - H_{A|z + \Delta z}}{\Delta z} = -(-r_A) \cdot \Delta H_R \cdot \frac{\pi}{4} \cdot I D^2 \cdot N t - U d \cdot N t \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p)$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{H_{A|z} - H_{A|z + \Delta z}}{\Delta z} = -(-r_A) \cdot \Delta H_R \cdot \frac{\pi}{4} \cdot I D^2 \cdot N t - U d \cdot N t \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p)$$

$$-\frac{dH}{dz} = -(-r_A) \cdot \Delta H_R \cdot \frac{\pi}{4} \cdot I D^2 \cdot N t - U d \cdot N t \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p)$$

$$\frac{dH}{dz} = -(-r_A) \cdot \Delta H_R \cdot \frac{\pi}{4} \cdot I D^2 \cdot N t - U d \cdot N t \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p)$$

Dimana :

$$H = Q = \sum F_i \cdot C_{p_i} \cdot (T - T_{ref})$$

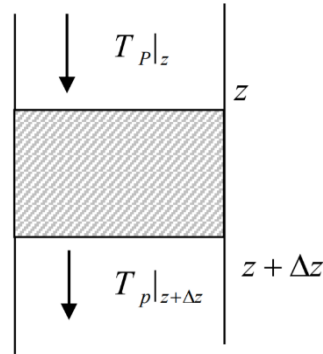
$$dH = \sum F_i \cdot C_{p_i} \cdot dT$$

Sehingga :

$$\sum F_i \cdot C_{p_i} \cdot \frac{dT}{dz} = (-r_A) \cdot \Delta H_R \cdot \frac{\pi}{4} \cdot I D^2 \cdot N t - U d \cdot N t \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p)$$

$$\frac{dT}{dz} = \frac{F_{A0} \cdot (\Delta H_R) \cdot \frac{dx}{dz} - U d \cdot N t \cdot \pi \cdot O D \cdot (T - T_p)}{\sum F_i \cdot C_{p_i}} \dots \dots \dots (2)$$

Persamaan neraca panas pendingin



Heat of input – heat of output + heat transfer = Acc

$$Wp.Cp_p.Tp|_z - Wp.Cp_p.Tp|_{z+\Delta z} + Ud.Nt.\Delta z.\pi.OD.(T - T_p) = 0$$

$$Wp.Cp_p.Tp|_z - Wp.Cp_p.Tp|_{z+\Delta z} = -Ud.Nt.\Delta z.\pi.OD.(T - T_p)$$

$$\frac{Wp.Cp_p.Tp|_z - Wp.Cp_p.Tp|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -Ud.Nt.\Delta z.\pi.OD.(T - T_p)$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{Wp.Cp_p.Tp|_z - Wp.Cp_p.Tp|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = -Ud.Nt.\Delta z.\pi.OD.(T - T_p)$$

$$-\frac{dT_p}{dz} = -\frac{Ud.Nt.\Delta z.\pi.OD.(T - T_p)}{Wp.Cp_p}$$

$$\frac{dT_p}{dz} = \frac{Ud.Nt.\Delta z.\pi.OD.(T - T_p)}{Wp.Cp_p} \dots\dots\dots(3)$$

Pressure drop

Pada reaktor, pressure drop dicari menggunakan persamaan Ergun (Fogler, p.159)

$$\frac{dP}{dz} = -\frac{Gt}{\rho g . g . D_p} \cdot \frac{1-\epsilon}{\epsilon^3} \cdot \left[\frac{150.(1-\epsilon).\mu}{D_p} + 1.75 . Gt \right] \dots\dots\dots(4)$$

Persamaan 1,2,3, dan 4 adalah persamaan diferensial simultan sehingga untuk menyelesaikannya membutuhkan metode Euler, maka diperoleh konversi reaksi, panjang reaktor, suhu reaksi keluar, dan suhu pendingin keluar.

1. Reaktor *Fixed Bed Multitube*

Tabel 6.1. Neraca Panas pada Reaktor *Fixed Bed Multitube*

Panas Masuk (kJ/jam)		Panas Keluar (kJ/jam)	
Arus 6b	11.919.328,728	Arus 7	10.077.566,768
Panas yang ditambahkan	-2.117.255,899	Panas reaksi	-275.493,939
Total	9.802.072,829	Total	9.802.072,829

2. Separator-01

Tabel 6.2. Neraca Panas pada Separator-01

Panas Masuk (kJ/jam)		Panas Keluar (kJ/jam)	
Arus 7c	-1.236.769,832	Arus 8	752.608,336
		Arus 10	1.022.983,332
		Panas yang diambil	-3.012.361,500
Total	-1.236.769,832	Total	-1.236.769,832

3. Separator-02

Tabel 6.3. Neraca Panas pada Separator-02

Panas Masuk (kJ/jam)		Panas Keluar (kJ/jam)	
Arus 10c	-484.664,807	Arus 11	45.662,053
		Arus 12	875.770,202
		Panas yang diambil	-1.406.097,061
Total	-484.664,807	Total	-484.664,807

4. Adsorber-01

Tabel 6.4. Neraca Panas pada Adsorber-01

Panas Masuk (kJ/jam)		Panas Keluar (kJ/jam)	
Arus 8 & Arus 11c	803.081,262	Arus 9	780.838,133
		Panas yang hilang	22.243,129
Total	803.081,262	Total	803.081,262

5. Adsorber-02

Tabel 6.5. Neraca Panas pada Adsorber-02

Panas Masuk (kJ/jam)		Panas Keluar (kJ/jam)	
Arus 8 & Arus 11c	803.081,262	Arus 9	780.838,133
		Panas yang hilang	22.243,129
Total	803.081,262	Total	803.081,262

6. Menara Distilasi

Tabel 6.6. Neraca Panas pada Menara Distilasi

Panas Masuk (kJ/jam)		Panas Keluar (kJ/jam)	
Arus 12c	1.764.244,368	Arus 13	237.335,893
Panas Reboiler	17.373.083,168	Arus 14	1.972.828,829
		Panas Kondensor	16.927.162,813
Total	19.137.327,536	Total	19.137.327,536

BAB VII

SPEKIFIKASI ALAT

7.1. Spesifikasi Alat Proses

1. Tangki Penyimpanan CO₂ (T-01)

Fungsi : Menampung CO₂ selama 1 jam
Fasa : Gas
Bentuk : *Gas Holder*

Kondisi Operasi :

Tekanan (atm) : 1
Suhu (°C) : 30

Spesifikasi :

Tebal *Shell* (m) : 0,029
Jenis *Head* : *Torispherical Head*
Bahan Dinding : *Carbon steel, SA-283 Grade C*
Tebal *Head* (m) : 0,051
Volume (m³) : 20.115,518
Diameter (m) : 42,672
Tinggi Total (m) : 18,288
Jumlah : 1
Harga (\$) : 1.688.756

2. Tangki Penyimpanan Metanol (T-02)

Fungsi : Menampung produk metanol selama 7 hari
Fasa : Cair
Bentuk : Silinder tegak dengan *Flat Botomed* dan *Conical Roof*

Kondisi Operasi :

Tekanan (atm) : 1
Suhu (°C) : 30

Spesifikasi :

Dimensi *Shell* (m) :

Course 1 : 0,013

Course 2 : 0,010

Course 3 : 0,008

Course 4 : 0,006

Jenis *Head* : *Conical Roof*

Bahan Dinding : *Carbon steel, SA-283 Grade C*

Tebal *Head* (m) : 0,070

Tinggi *Head* (m) : 3,883

Volume (m³) : 2.615,336

Diameter (m) : 21,336

Tinggi Total (m) : 11,198

Jumlah : 1

Harga (\$) : 489.739

3. Accumulator (AC-01)

Fungsi : Menampung arus keluaran kondensor pada Menara Distilasi untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar selama 5 menit

Fasa : Cair

Bentuk : Silinder Horizontal

Kondisi Operasi :

Tekanan (atm) : 2,8

Suhu (°C) : 43

Spesifikasi :

Tebal <i>Shell</i> (m)	: 0,25
Tebal <i>Head</i> (m)	: 0,25
Tinggi <i>Head</i> (m)	: 0,166
Volume (m ³)	: 30,232
Diameter (m)	: 0,827
Tinggi Total (m)	: 5,293
Jumlah	: 1
Harga (\$)	: 21.953,83

4. Reaktor (R-01)

Fungsi	: Tempat terjadinya reaksi antara gas karbon dioksida dengan hidrogen sehingga terbentuk produk metanol menggunakan katalis Cu/ZnO/Al ₂ O ₃ .
Fasa	: Gas
Jenis	: Fixed Bed Multitube
Jumlah	: 1
Bahan Dinding	: <i>Steinless Steel</i> , SA-167 Grade 3 Tipe 304

Kondisi Operasi :

Operasi Reaktor	: Adiabatis, Isotermal
Tekanan (atm)	: 50
Suhu (°C)	: 220

Katalis : Cu/ZnO/Al₂O₃

Density (kg/m³_s) : 1775

Porosity (m³_s / m³_s) : 0,5

Umur Katalis (tahun) : 5

Spesifikasi :

Diameter <i>Shell</i> (m)	: 3,278
Tebal <i>Shell</i> (m)	: 0,127

Diameter <i>Tube</i> (m)	: 0,048
Tinggi Tumpukan	: 5,220
Bentuk <i>Head</i> (m)	: <i>Elipstical Dished Head</i>
Tinggi <i>Head</i> (m)	: 0,758
Tebal <i>Head</i> (m)	: 0,127
Tinggi Total (m)	: 6,736
Volume (m ³) :	
<i>Head</i>	: 2,340
<i>Shell</i>	: 37,460
Total Volume	: 42,142
Reaktor	
Bahan Isolasi	: Asbestos
Tebal Isolasi (m)	: 0,104
Massa Pendingin	
<i>Downtherm A</i>	: 11.977,212
(kg/jam)	
Jumlah Tube (Buah)	: 456
Harga (\$)	: 96.259

5. *Electrolyzer* (EL-01)

Fungsi	: Memproduksi gas hidrogen dari air dengan menghasilkan produk samping berupa oksigen
Jenis	: Reaktor electrolisis dengan sel membrane
Kondisi Operasi :	
Tekanan (atm)	: 30
Suhu (°C)	: 80
Spesifikasi :	
Panjang sel (m)	: 4,11
Lebar sel (m)	: 1,46
Tinggi sel (m)	: 2,56

Tebal sel (m) : 0,143
Panjang Elektroda : 1,5
Lebar Elektroda : 1
Jarak Elektroda : 0,01

Material :

Anoda : Nikel
Katoda : Nikel
Nafion : Nafion

Jumlah : 1
Harga (\$) : 562.800

6. Separator-01 (SD-01)

Fungsi : Memisahkan fasa cair dan fasa uap
dari hasil keluaran *Cooler-01*.

Fasa : Cair-Gas

Bentuk : *Vertical Separator Single Stage*

Waktu Tinggal (menit) : 10

Kondisi Operasi :

Tekanan (atm) : 50

Suhu (°C) : 50

Spesifikasi :

Tebal *Shell* (m) : 0,035

Diameter *Shell* (m) : 1,016

Tebal *Head* (m) : 0,019

Tinggi *Head* (m) : 0,289

Bahan Dinding : *Carbon Steel, SA-167 Grade 5*

Volume (m³) : 2,697

Tinggi Total (m) : 4,563

Jumlah : 1
Harga (\$) : 99.636

7. Separator-02 (SD-02)

Fungsi : Memisahkan fasa cair dan fasa uap dari hasil keluaran *Cooler-02* (setelah terjadi pemisahan pada SD-01)

Fasa : Cair-Gas

Bentuk : *Vertical Separator Single Stage*

Waktu Tinggal (menit) : 10

Kondisi Operasi :

Tekanan (atm) : 1

Suhu (°C) : 30

Spesifikasi :

Tebal *Shell* (m) : 0,005

Diameter *Shell* (m) : 0,914

Tebal *Head* (m) : 0,005

Tinggi *Head* (m) : 0,209

Bahan Dinding : *Carbon Steel, SA-283 Grade C*

Volume (m³) : 2,057

Tinggi Total (m) : 4,364

Jumlah : 1

Harga (\$) : 97.947

8. Adsorber-01 (AD-01)

Fungsi : Menjerap beberapa komponen hasil keluaran dari SD-01 yang tidak dibutuhkan untuk di *recycle* kembali

Fasa : Gas

Bentuk : *Vertical Vessel* Berbahan Isian

Kondisi Operasi :

Tekanan (atm) : 50

Suhu (°C) : 50

Adsorben CH₃OH : Silika Gel-LiCl

Waktu Siklus (jam) : 8

Jumlah CH₃OH terjerap : 298,480
(kg/jam)

Tinggi tumpukan : 4,166
adsorben (m)

Volume (m³) : 1,564

Adsorben H₂O : Al₂O₃

Waktu Siklus (jam) : 8

Jumlah CH₃OH terjerap : 38,152
(kg/jam)

Tinggi tumpukan : 2,623
adsorben (m)

Volume (m³) : 0,984

Adsorben CO : AC-CuCl

Waktu Siklus (jam) : 8

Jumlah CH₃OH terjerap : 370,342
(kg/jam)

Tinggi tumpukan : 0,852
adsorben (m)

Volume (m³) : 0,320

Spesifikasi :

Diameter *Shell* (m) : 0,755

Tebal *Shell* (m) : 0,032

Tinggi <i>Shell</i> (m)	: 7,641
Bentuk <i>Head</i> (m)	: <i>Thorispherical Dishes Head</i>
Tinggi <i>Head</i> (m)	: 0,265
Tebal <i>Head</i> (m)	: 0,044
Bahan Dinding	: <i>Stainless Steel, SA-167 Grade 3 tipe 304</i>
Tinggi Total (m)	: 8,170
Volume Total (m ³)	: 2,866
Jumlah	: 1
Harga (\$)	: 76.244

9. Adsorber-02 (AD-02)

Fungsi	: Menjerap beberapa komponen hasil keluaran dari SD-02 yang tidak dibutuhkan untuk di <i>recycle</i> kembali
Fasa	: Gas
Bentuk	: <i>Vertical Vessel</i> Berbahan Isian

Kondisi Operasi :

Tekanan (atm)	: 50
Suhu (°C)	: 50

Adsorben CH₃OH : Silika Gel-LiCi

Waktu Siklus (jam)	: 8
Jumlah CH ₃ OH terjerap (kg/jam)	: 298,480
Tinggi tumpukan adsorben (m)	: 4,166
Volume (m ³)	: 1,564

Adsorben H₂O : Al₂O₃

Waktu Siklus (jam)	: 8
--------------------	-----

Jumlah CH₃OH terjerap : 38,152
(kg/jam)
Tinggi tumpukan : 2,623
adsorben (m)
Volume (m³) : 0,984

Adsorben CO : AC-CuCl
Waktu Siklus (jam) : 8
Jumlah CH₃OH terjerap : 370,342
(kg/jam)
Tinggi tumpukan : 0,852
adsorben (m)
Volume (m³) : 0,320

Spesifikasi :

Diameter *Shell* (m) : 0,755
Tebal *Shell* (m) : 0,032
Tinggi *Shell* (m) : 7,641
Bentuk *Head* (m) : *Thorispherical Dishes Head*
Tinggi *Head* (m) : 0,265
Tebal *Head* (m) : 0,044

Bahan Dinding : *Stainless Steel, SA-167 Grade 3 tipe*
304
Tinggi Total (m) : 8,170
Volume Total (m³) : 2,866
Jumlah : 1
Harga (\$) : 76.244

10. Menara Distilasi (MD-01)

Fungsi : Memisahkan umpan MD-01 menjadi
hasil atas dan hasil bawah
Jenis : *Sieve Tray Column*

Bahan Dinding	:	<i>Carbon Steel, SA-283 Grade C</i>
Kondisi Operasi :		
Tekanan (atm)	:	3
Suhu (°C)	:	75
Spesifikasi :		
Tebal <i>Shell</i> (m)	:	0,375
Diameter <i>Enriching Shell</i> (m)	:	1,297
Diameter <i>Stripping Shell</i> (m)	:	1,461
Tinggi <i>Shell</i> (m)	:	23,760
Bentuk <i>Head</i> (m)	:	<i>Torispherical Flanged and Dishead Head</i>
Tinggi <i>Head</i> (m)	:	0,268
Tebal <i>Head</i> (m)	:	0,008
<i>Heavy Key</i>	:	H ₂ O
<i>Light Key</i>	:	CH ₃ OH, CO ₂
<i>Reflux</i>	:	1,128
Jumlah <i>Plate</i> Teoritis	:	32
Jumlah <i>Plate</i> Aktual	:	66
Efisiensi <i>Plate</i>	:	49,07%
R min (R/R min diambil 1,5)	:	0,752
<i>Tray Spacing</i>	:	0,3
Letak Umpan <i>Plate</i>	:	31
Tinggi Total (m)	:	24,300
Harga (\$)	:	9.288

11. *Heater-01* (HE-01)

Fungsi : Memanaskan air proses dari utilitas
 sebelum masuk Reaktor Elektrolisis
 dari suhu 30°C hingga 80°C dengan
saturated steam 180°C
 Fasa : Cair
 Jenis : *Double Pipe*
 Bahan Dinding : *Carbon Steel, SA-283 Grade C*
 Beban Panas (btu/jam) : 382,989

Annulus (m) :

IPS : 0,051
 OD : 0,060
 ID : 0,053

Inner Pipe (m) :

IPS : 0,025
 OD : 0,034
 ID : 0,027

Luas Transfer Panas : 0,203
 (A),(ft²)
 Koefisien Transfer : 50,203
 Panas Bersih (Uc)
 (btu/jam ft² F)
 Koefisien Transfer : 0,080
 Panas Kotor (Rd)
 (btu/jam ft² F)
 Faktor Kotor Total : 0,001
 (Rd) terhitung (btu/jam
 ft² F) minimum
 Jumlah : 1

Harga (\$) : 1.671

12. *Heater-02 (HE-02)*

Fungsi : Memanaskan suhu campuran arus *fresh* dan *recycle* sebelum masuk ke Reaktor *Fixed Bed* dari suhu 114,3°C hingga 220°C dengan *saturated steam* 180°C

Fasa : Gas

Jenis : *Double Pipe*

Bahan Dinding : *Carbon Steel, SA-283 Grade C*

Beban Panas (btu/jam) : 1564,091

Annulus (m) :

IPS : 0,051

OD : 0,060

ID : 0,053

Inner Pipe (m) :

IPS : 0,025

OD : 0,034

ID : 0,027

Luas Transfer Panas : 0,636

(A),(ft²)

Koefisien Transfer : 39,769

Panas Bersih (Uc)

(btu/jam ft² F)

Koefisien Transfer : 0,080

Panas Kotor (Rd)

(btu/jam ft² F)

Faktor Kotor Total : 0,001
(Rd) terhitung (btu/jam
ft² F) minimum

Jumlah : 1
Harga (\$) : 1.688

13. *Heater-03* (HE-03)

Fungsi : Memanaskan suhu hasil bawah
keluaran SD-02 sebelum dimasukkan
kedalam MD-01 dari suhu 30°C hingga
75°C dengan *saturated steam* 180°C
Fasa : Cair
Jenis : *Double Pipe*
Bahan Dinding : *Carbon Steel, SA-283 Grade C*
Beban Panas (btu/jam) : 40464,239

Annulus (m) :

IPS : 0,051
OD : 0,060
ID : 0,053

Inner Pipe (m) :

IPS : 0,025
OD : 0,034
ID : 0,027

Luas Transfer Panas : 5,936
(A),(ft²)

Koefisien Transfer : 46,620
Panas Bersih (Uc)
(btu/jam ft² F)

Koefisien Transfer	:	0,080
Panas Kotor (Rd)		
(btu/jam ft ² F)		
Faktor Kotor Total	:	0,001
(Rd) terhitung (btu/jam		
ft ² F) minimum		
Jumlah	:	1
Harga (\$)	:	1.857

14. Reboiler (RB-01)

Fungsi	:	Menguapkan cairan yang keluar dari MD-01 sebagai hasil bawah dari suhu 138,377°C hingga suhu 138,379°C dengan <i>saturated steam</i> 180°C
Fasa	:	Cair
Jenis	:	<i>Kettle Reboiler (Shell and Tube)</i>
Bahan Dinding	:	<i>Carbon Steel, SA-283 Grade C</i>
Beban Panas	:	14.991.654,647

Tube Layout (m) :

Nt	:	1.044
L	:	4,877
OD	:	0,025
ID	:	0,939
BWG	:	16
<i>Passes</i>	:	2

Shell Layout (m) :

IDs	:	0,989
B	:	0,376
<i>Passes</i>	:	1

Luas Transfer Panas (A),(ft ²)	:	4.338,223
Koefisien Transfer Panas Bersih (Uc) (btu/jam ft ² F)	:	298,992
Koefisien Transfer Panas Kotor (Rd) (btu/jam ft ² F)	:	50
Faktor Kotor Total (Rd) terhitung (btu/jam ft ² F) minimum	:	0,016
Jumlah	:	1
Harga (\$)	:	58,214

15. *Cooler-01 (CL-01)*

Fungsi	:	Mendinginkan gas hasil reaksi keluar reaktor sebelum masuk SD-01 dari suhu 220°C hingga suhu 50°C menggunakan <i>Downtherm A</i>
Fasa	:	Gas
Jenis	:	<i>Shell and Tube</i>
Bahan Dinding	:	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi :	:	
Fluida <i>Tube</i>	:	Gas hasil reaksi
Panjang <i>Tube</i> (m)	:	4,877
BWG <i>Tube</i> (m)	:	16
OD <i>Tube</i> (m)	:	0,019
ID <i>Tube</i> (m)	:	0,016
Jumlah <i>Tube</i>	:	986
<i>Susunan Tube</i>	:	1 in – <i>triangular pitch</i>
Fluida <i>Shell</i>	:	<i>Downtherm A</i>

ID <i>Shell</i> (m)	:	0,940
<i>Beffels Space Shell</i> (m)	:	0,737
Luas Transfer Panas (A),(ft ²)	:	4.736,797
Koefisien Transfer Panas Bersih (Uc) (btu/jam ft ² F)	:	557,268
Koefisien Transfer Panas Kotor (Rd) (btu/jam ft ² F)	:	10
Faktor Kotor Total (Rd) terhitung (btu/jam ft ² F) minimum	:	0,099
Jumlah	:	1
Harga (\$)	:	98.106

16. *Cooler-02 (CL-02)*

Fungsi	:	Mendinginkan fluida yang keluar dari SD-01 sebelum masuk SD-02 dari suhu 50°C hingga suhu 30°C menggunakan <i>Downtherm A</i>
Fasa	:	Cair
Jenis	:	<i>Shell and Tube</i>
Bahan Dinding	:	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi :	:	
Fluida <i>Tube</i>	:	Campuran fluida keluaran SD-01
Panjang <i>Tube</i> (m)	:	4,877
BWG <i>Tube</i> (m)	:	16
OD <i>Tube</i> (m)	:	0,019
ID <i>Tube</i> (m)	:	0,016

Jumlah <i>Tube</i>	:	1240
<i>Susunan Tube</i>	:	1 in – <i>triangular pitch</i>
Fluida <i>Shell</i>	:	<i>Downtherm A</i>
ID <i>Shell</i> (m)	:	0,940
<i>Beffels Space Shell</i> (m)	:	0,752
Luas Transfer Panas (A),(ft ²)	:	5.889,702
Koefisien Transfer Panas Bersih (Uc) (btu/jam ft ² F)	:	1.116,201
Koefisien Transfer Panas Kotor (Rd) (btu/jam ft ² F)	:	15
Faktor Kotor Total (Rd) terhitung (btu/jam ft ² F) minimum	:	0,067
Jumlah	:	1
Harga (\$)	:	106.919

17. *Cooler-03 (CL-03)*

Fungsi	:	Mendinginkan metanol yang keluar dari atas MD-01 sebelum masuk tangka penyimpanan dari suhu 75°C hingga suhu 30°C menggunakan <i>Downtherm A</i>
Fasa	:	Cair
Jenis	:	<i>Shell and Tube</i>
Bahan Dinding	:	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi :	:	

Fluida <i>Tube</i>	:	Metanol
Panjang <i>Tube</i> (m)	:	4,877
BWG <i>Tube</i> (m)	:	16
OD <i>Tube</i> (m)	:	0,019
ID <i>Tube</i> (m)	:	0,016
Jumlah <i>Tube</i>	:	106
Susunan <i>Tube</i>	:	1 in – <i>triangular pitch</i>
Fluida <i>Shell</i>	:	<i>Downtherm A</i>
ID <i>Shell</i> (m)	:	0,337
<i>Beffels Space Shell</i> (m)	:	0,269
Luas Transfer Panas (A),(ft ²)	:	424,470
Koefisien Transfer Panas Bersih (Uc) (btu/jam ft ² F)	:	190,705
Koefisien Transfer Panas Kotor (Rd) (btu/jam ft ² F)	:	25
Faktor Kotor Total (Rd) terhitung (btu/jam ft ² F) minimum	:	0,043
Jumlah	:	1
Harga (\$)	:	37.688

18. *Cooler-04* (CL-04)

Fungsi	:	Mendinginkan fluida yang keluar dari SD-02 yang sudah dilewatkan melalui K-04 sebelum memasuki adsorber dari suhu 188,047°C hingga 30°C menggunakan <i>Downtherm A</i>
Fasa	:	Gas

Jenis	:	<i>Shell and Tube</i>
Bahan Dinding	:	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi :	:	
Fluida <i>Tube</i> (m)	:	Campuran fluida keluaran SD-02
Panjang <i>Tube</i> (m)	:	4,877
BWG <i>Tube</i> (m)	:	16
OD <i>Tube</i> (m)	:	0,019
ID <i>Tube</i> (m)	:	0,016
Jumlah <i>Tube</i>	:	52
<i>Susunan Tube</i>	:	1 in – <i>triangular pitch</i>
Fluida <i>Shell</i>	:	<i>Downtherm A</i>
ID <i>Shell</i> (m)	:	0,254
<i>Beffels Space Shell</i> (m)	:	0,203
Luas Transfer Panas (A),(ft ²)	:	205,736
Koefisien Transfer Panas Bersih (Uc) (btu/jam ft ² F)	:	623,852
Koefisien Transfer Panas Kotor (Rd) (btu/jam ft ² F)	:	10
Faktor Kotor Total (Rd) terhitung (btu/jam ft ² F) minimum	:	0,121
Jumlah	:	1
Harga (\$)	:	28.295

19. Kondensor (CD-01)

Fungsi	:	Mengembunkan hasil atas MD-01 dengan <i>Downtherm A</i>
--------	---	--

Fasa : Gas – Cair
Jenis : *Shell and Tube*
Bahan Dinding : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Spesifikasi :

Fluida *Tube* : Fluida panas pada *plate* paling atas menara distilasi

Panjang *Tube* (m) : 4,877

BWG *Tube* (m) : 16

OD *Tube* (m) : 0,025

ID *Tube* (m) : 0,022

Jumlah *Tube* : 278

Susunan *Tube* : 1,25 in – *triangular pitch*

Fluida *Shell* : *Downtherm A*

ID *Shell* (m) : 0,539

Buffels Space Shell (m) : 0,269

Luas Transfer Panas : 1.160,359
(A),(ft²)

Koefisien Transfer : 127,244

Panas Bersih (Uc)
(btu/jam ft² F)

Koefisien Transfer : 20

Panas Kotor (Rd)
(btu/jam ft² F)

Faktor Kotor Total : 0,042
(Rd) terhitung (btu/jam
ft² F)

Faktor Kotor Total : 0,003
(Rd) terhitung (btu/jam
ft² F) minimum

Jumlah : 1

Harga (\$) : 65.404

20. *Compressor-01* (K-01)

Fungsi : Menaikkan tekanan hidrogen dari 30 atm menjadi 50 atm untuk menyesuaikan tekanan operasi pada *mix point* suhu sebelum masuk reaktor

Fasa : Gas

Jenis : Sentrifugal *Single Stage*

Jumlah *Stage* : 1

Bahan Dinding : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Daya (Hp) : 28,293

Jumlah : 1

Harga (\$) : 67.955

21. *Compressor-02* (K-02)

Fungsi : Menaikkan tekanan CO₂ dari 1 atm sampai 50 atm

Fasa : Gas

Jenis : Sentrifugal *Multi Stage*

Jumlah *Stage* : 3

Bahan Dinding : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Daya (Hp) : 36,679

Jumlah : 1

Harga (\$) : 70.158

22. *Compressor-03* (K-03)

Fungsi : Menaikkan gas hasil reaksi yang keluar dari reaktor sebelum masuk

SD-01 dari tekanan 49,305 atm
hingga 50 atm

Fasa	:	Gas
Jenis	:	Sentrifugal <i>Single Stage</i>
Jumlah <i>Stage</i>	:	1
Bahan Dinding	:	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Daya (Hp)	:	2,964
Jumlah	:	1
Harga (\$)	:	62.620

23. *Compressor-04 (K-04)*

Fungsi	:	Menaikkan gas hasil keluaran dari SD-02 sebelum masuk ke adsorber dari tekanan 30 atm hingga 50 atm
Fasa	:	Gas
Jenis	:	Sentrifugal <i>Single Stage</i>
Jumlah <i>Stage</i>	:	1
Bahan Dinding	:	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Daya (Hp)	:	8,226
Jumlah	:	1
Harga (\$)	:	63.896

24. *Pompa-01 (P-01)*

Fungsi	:	Menaikkan tekanan air dari Utilitas sebelum diumpankan ke Reaktor Elektrolisis dari tekanan 1 atm hingga 30 atm
Fasa	:	Cair
Jenis	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Dinding	:	<i>Carbon Steel</i>
Daya (Hp)	:	30

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS	0,051
Sch	40
ID	0,053
OD	0,060
a't	0,085

Jumlah	1
Harga (\$)	7.305

25. Pompa-02 (P-02)

Fungsi : Menaikkan tekanan hasil bawah SD-02 ke Menara Distilasi dari tekanan 1 atm hingga 3 atm

Fasa : Cair

Jenis : *Centrifugal Pump*

Bahan Dinding : *Carbon Steel*

Daya (Hp) : 7,5

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS	0,051
Sch	40
ID	0,053
OD	0,060
a't	0,085

Jumlah	1
Harga (\$)	7.305

26. Pompa-03 (P-03)

Fungsi : Mengalirkan hasil bawah Menara Distilasi menuju Unit Pengolahan Limbah (UPL)

Fasa : Cair

Jenis : *Centrifugal Pump*

Bahan Dinding : *Carbon Steel*

Daya (Hp) : 1,5

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS : 0,051

Sch : 40

ID : 0,053

OD : 0,060

a't : 0,085

Jumlah : 1

Harga (\$) : 7.305

27. *Expension Valve-01 (V-01)*

Fungsi : Menurunkan tekanan campuran metanol dari SD-01 ke SD-02 dari 50 atm menjadi 35 atm

Jenis : *Globe Valve*

Bahan Dinding : *Stainless Steel SA--316*

Debit (m³/s) : 4,499

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS : 0,038

Sch : 40

ID : 0,041

OD : 0,048

a't (m²) : 0,052

Jumlah : 1

Harga (\$) : 4.211

28. *Expension Valve-02 (V-02)*

Fungsi : Menurunkan tekanan campuran metanol dari SD-01 ke SD-02 dari 35 atm menjadi 20 atm

Jenis : *Globe Valve*

Bahan Dinding : *Stainless Steel SA--316*

Debit (m³/s) : 4,499

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS : 0,038

Sch : 40

ID : 0,041

OD : 0,048

a't (m²) : 0,052

Jumlah : 1

Harga (\$) : 4.211

29. *Expension Valve-03 (V-03)*

Fungsi : Menurunkan tekanan campuran metanol dari SD-01 ke SD-02 dari 20 atm menjadi 1 atm

Jenis : *Globe Valve*

Bahan Dinding : *Stainless Steel SA--316*

Debit (m³/s) : 4,499

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS : 0,038

Sch : 40

ID : 0,041

OD : 0,048

a't (m²) : 0,052

Jumlah : 1

Harga (\$) : 4.211

30. *Expension Valve-04 (V-04)*

Fungsi : Menurunkan tekanan metanol dari bagian atas Menara Distilasi ke Tangki Penyimpanan Metanol dari 3 atm menjadi 1 atm

Jenis : *Globe Valve*

Bahan Dinding : *Stainless Steel SA--316*

Debit (m³/s) : 4.397,555

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS : 0,038

Sch : 40

ID : 0,041

OD : 0,048

a't (m²) : 0,001

Jumlah : 1

Harga (\$) : 4.211

7.2. Spesifikasi Alat Utilitas

1. Tangki Pencampur

Fungsi : Menjaga stabilitas debit air yang akan di *treatment*, terjadinya proses klorinasi yang berfungsi untuk membunuh bakteri serta mikroorganisme.

Fasa : Cair

Spesifikasi :

Tebal *Shell* (m) : 0,029

Jenis *Head* : *Torispherical Head*

Bahan Dinding : *Carbon steel, SA-283 Grade C*

Tebal *Head* (m) : 0,051

Volume (m³) : 156

Diameter (m) : 5,9

Tinggi Total (m) : 5,9

Jumlah : 1

Harga (\$) : 1.280

2. Tangki Desalinasi

Fungsi : Menampung air keluaran dari *Reverse Osmosis*

Fasa : Cair

Spesifikasi :

Tebal *Shell* (m) : 0,029

Jenis *Head* : *Torispherical Head*

Bahan Dinding : *Carbon steel, SA-283 Grade C*

Tebal *Head* (m) : 0,051

Volume (m³) :

Diameter (m) :

Tinggi Total (m) :

Jumlah : 1
Harga (\$) :

3. Tangki Penampung Air Bersih Domestik

Fungsi : Menampung air keluaran dari tangka desalinasi untuk memenuhi kebutuhan air domestik

Fasa : Cair

Spesifikasi :

Volume (m³) : 45,66

Panjang (m) : 3,1

Lebar (m) : 3,1

Tinggi (m) : 4,6

Jumlah : 1

Harga (\$) : 3.980

4. Tangki Kation Exchanger

Fungsi : Menukar ion-ion positif/kation yang ada didalam air.

Fasa : Cair

Spesifikasi :

Tebal *Shell* (m) : 0,029

Jenis *Head* : *Torispherical Head*

Bahan Dinding : *Carbon steel, SA-283 Grade C*

Tebal *Head* (m) : 0,051

Diameter Dalam (m) : 0,34

Diameter Luar (m) : 0,45

Jumlah : 1

Harga (\$) : 72.725

5. Tangki Anion Exchanger

Fungsi : Menukar anion-anion (HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , CO_3^- , Cl^-) yang terdapat didalam air

Fasa : Cair

Spesifikasi :

Tebal *Shell* (m) : 0,029

Jenis *Head* : *Torispherical Head*

Bahan Dinding : *Carbon steel, SA-283 Grade C*

Tebal *Head* (m) : 0,051

Diameter Dalam (m) : 0,275

Diameter Luar (m) : 0,3

Jumlah : 1

Harga (\$) : 72.725

6. Tangki Deaerator

Fungsi : Menghilangkan gas-gas yang terlarut dalam air menggunakan *steam*

Fasa : Cair

Spesifikasi :

Tebal *Shell* (m) : 0,029

Jenis *Head* : *Torispherical Head*

Bahan Dinding : *Steinless steel, SA-283 Grade C*

Tebal *Head* (m) : 0,051

Diameter Dalam (m) : 0,53

Diameter Luar (m) : 0,55

Jumlah : 1

Harga (\$) : 19.805

7. Tangki Demineralisasi

Fungsi : Menghilangkan ion-ion yang ada terkandung didalam air seperti ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-
Fasa : Cair

Spesifikasi :

Tebal *Shell* (m) : 0,029
Jenis *Head* : *Torispherical Head*
Bahan Dinding : *Carbon steel, SA-283 Grade C*
Tebal *Head* (m) : 0,051
Diameter Dalam (m) : 0,275
Diameter Luar (m) : 0,3
Jumlah : 1
Harga (\$) : 72.725

8. *Electrolyzer*

Fungsi : Memproduksi gas hidrogen dari air dengan menghasilkan produk samping berupa oksigen
Jenis : Reaktor electrolisis dengan sel membrane

Kondisi Operasi :

Tekanan (atm) : 30
Suhu (°C) : 80

Spesifikasi :

Panjang sel (m) : 4,11
Lebar sel (m) : 1,46
Tinggi sel (m) : 2,56
Tebal sel (m) : 0,143
Panjang Elektroda : 1,5
Lebar Elektroda : 1
Jarak Elektroda : 0,01

Material :
Anoda : Nikel
Katoda : Nikel
Nafion : Nafion

Jumlah : 1
Harga (\$) : 562.800

9. *Cooling Tower*

Fungsi : Mendinginkan air yang berasal dari alat-alat yang berada pada area proses dengan udara
Jenis : *Induce Draft Cooling Tower*
Tinggi (m) : 11
Panjang (m) : 11
Lebar (m) : 7,33

Jumlah : 1
Harga (\$) : 37.867

10. *Fan Cooling Tower*

Fungsi : Menarik udara sekitar supaya berkontak langsung dengan air yang ada di dalam *cooling tower*
Efisiensi motor : 88%
Daya (Hp) : 30
Jumlah : 1
Harga (\$) : 17.773

11. Pompa Utilitas – 01

Fungsi :
Fasa : Cair

Jenis : *Centrifugal Pump*
Bahan Dinding : *Carbon Steel*
Daya (Hp) : 1,5

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS : 0,051
Sch : 40
ID : 0,053
OD : 0,060
a't : 0,085

Jumlah : 1
Harga (\$) : 7.305

12. Pompa Utilitas – 02

Fungsi :
Fasa : Cair
Jenis : *Centrifugal Pump*
Bahan Dinding : *Carbon Steel*
Daya (Hp) : 5

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS : 0,051
Sch : 40
ID : 0,053
OD : 0,060
a't : 0,085

Jumlah : 1
Harga (\$) : 7.305

13. Pompa Utilitas – 03

Fungsi	:	
Fasa	:	Cair
Jenis	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Dinding	:	<i>Carbon Steel</i>
Daya (Hp)	:	2

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS	:	0,051
Sch	:	40
ID	:	0,053
OD	:	0,060
a't	:	0,085

Jumlah	:	1
Harga (\$)	:	7.305

14. Pompa Utilitas – 04

Fungsi	:	
Fasa	:	Cair
Jenis	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Dinding	:	<i>Carbon Steel</i>
Daya (Hp)	:	0,25

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS	:	0,051
Sch	:	40
ID	:	0,053
OD	:	0,060
a't	:	0,085

Jumlah : 1
Harga (\$) : 7.305

15. Pompa Utilitas – 05

Fungsi :
Fasa : Cair
Jenis : *Centrifugal Pump*
Bahan Dinding : *Carbon Steel*
Daya (Hp) : 0,5

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS : 0,051
Sch : 40
ID : 0,053
OD : 0,060
a't : 0,085

Jumlah : 1
Harga (\$) : 7.305

16. Pompa Utilitas – 06

Fungsi :
Fasa : Cair
Jenis : *Centrifugal Pump*
Bahan Dinding : *Carbon Steel*
Daya (Hp) : 0,75

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS : 0,051
Sch : 40
ID : 0,053

OD : 0,060
a't : 0,085

Jumlah : 1
Harga (\$) : 7.305

17. Pompa Utilitas – 07

Fungsi :
Fasa : Cair
Jenis : *Centrifugal Pump*
Bahan Dinding : *Carbon Steel*
Daya (Hp) : 0,5

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS : 0,051
Sch : 40
ID : 0,053
OD : 0,060
a't : 0,085

Jumlah : 1
Harga (\$) : 7.305

18. Pompa Utilitas – 08

Fungsi :
Fasa : Cair
Jenis : *Centrifugal Pump*
Bahan Dinding : *Carbon Steel*
Daya (Hp) : 1

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS : 0,051
Sch : 40
ID : 0,053
OD : 0,060
a't : 0,085

Jumlah : 1
Harga (\$) : 7.305

19. Pompa Utilitas – 09

Fungsi :
Fasa : Cair
Jenis : *Centrifugal Pump*
Bahan Dinding : *Carbon Steel*
Daya (Hp) : 1,5

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :
NPS : 0,051
Sch : 40
ID : 0,053
OD : 0,060
a't : 0,085

Jumlah : 1
Harga (\$) : 7.305

20. Pompa Utilitas – 10

Fungsi :
Fasa : Cair
Jenis : *Centrifugal Pump*
Bahan Dinding : *Carbon Steel*
Daya (Hp) : 0,5

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS : 0,051
Sch : 40
ID : 0,053
OD : 0,060
a't : 0,085

Jumlah : 1

Harga (\$) : 7.305

21. Pompa Utilitas – 11

Fungsi :

Fasa : Cair

Jenis : *Centrifugal Pump*

Bahan Dinding : *Carbon Steel*

Daya (Hp) : 2

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS : 0,051
Sch : 40
ID : 0,053
OD : 0,060
a't : 0,085

Jumlah : 1

Harga (\$) : 7.305

22. Pompa Utilitas – 12

Fungsi :

Fasa : Cair

Jenis : *Centrifugal Pump*
Bahan Dinding : *Carbon Steel*
Daya (Hp) : 3

Spesifikasi Pipa

Standar (m) :

NPS : 0,051
Sch : 40
ID : 0,053
OD : 0,060
a't : 0,085

Jumlah : 1
Harga (\$) : 7.305

23. Boiler

Fungsi : Memproduksi *steam* untuk digunakan pada area proses sebagai pemanas

Fasa : Cair

Spesifikasi :

Diameter *Shell* (m) : 0,43125
Jenis Alat : *Water Tube Boiler*
Tebal *Head* (m) : 0,051
Volume (m³/jam) : 1
Jumlah : 1
Harga (\$) : 448.889

24. Kompresor

Fungsi : Menaikkan tekanan udara dengan besar tekanan 4 atm

Fasa : Gas

Jenis : *Sentrifugal Single Stage*

Jumlah *Stage* : 1
Bahan Dinding : *Carbon Steel SA-283 Grade C*
Daya (Hp) : 5

Jumlah : 1
Harga (\$) : 63.698

25. Generator

Fungsi : Menyediakan cadangan arus listrik apabila terjadi gangguan atau aliran listrik dari PLN terputus.

Efisiensi motor : 80%
Jumlah : 1
Harga (\$) : 401.241

BAB VIII

UTILITAS

Utilitas merupakan suatu bagian yang sangat penting pada suatu industri yang berfungsi untuk menunjang setiap proses yang ada pada industri tersebut. Hal itu dikarenakan suatu proses produksi pada suatu industri tidak akan berjalan dengan baik tanpa adanya utilitas. Sehingga keberadaan unit utilitas harus ada dalam perancangan suatu industri. Dalam perencanaannya terdapat beberapa unit dalam utilitas, yang diantaranya yaitu :

8.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

8.1.1. Kebutuhan Air Utilitas

Kebutuhan air utilitas meliputi :

a. Air untuk kebutuhan umum/domestik	=	3.213 kg/jam
b. Air pendingin	=	16.955,538 kg/jam
c. Air untuk kebutuhan <i>steam</i>	=	5.420,743 kg/jam
d. Air untuk proses	=	25.719 kg/jam
Total kebutuhan air	=	65.437,896 kg/jam

Air diperoleh dari air laut di wilayah Cilacap yang akan diproses terlebih dahulu. Air yang telah diproses kemudian digunakan untuk air pendingin, air minum dan keperluan umum, dan air umpan boiler dan pemanas.

8.1.2. Spesifikasi Air Utilitas

1) Air Pendingin

Air yang digunakan sebagai media pendingin pada umumnya memiliki faktor-faktor sebagai berikut :

- a. Kandungan air terbebas dari zat – zat yang dapat menyebabkan korosi yang disebabkan dari air yang masih mengandung larutan – larutan asam didalamnya
- b. Air terbebas dari zat yang bisa menyebabkan *scale forming*, dimana terjadi pembentukan kerak akibat tingkat kesadahan dan suhu yang tinggi.

- c. Air terbebas dari zat – zat yang dapat menyebabkan *foaming* pada boiler yang disebabkan dari proses air yang diambil kembali dari proses hasil pemanasan yang masih membawa zat-zat organik dan zat – zat yang tidak terlarut dalam jumlah besar. Efek pembusaan biasa terjadi terutama pada alkalinitas tinggi.

2) Air Untuk Kebutuhan Umum/Domestik

Air yang akan digunakan untuk mencukupi kebutuhan air domestik meliputi kebutuhan air untuk keperluan kantor, rumah tangga, dan air minum. Berdasarkan standar WHO, kebutuhan air setiap orang adalah 150 liter/hari. Akan tetapi aturan kebutuhan air untuk suatu pabrik maka setiap 1 orang hanya mmebutuhkan 100 kg/hari (Sularso, 2001). Penyediaan air untuk kebutuhan umum/domestik yaitu untuk memenuhi sebagai beirkut :

a. Kebutuhan Air Kantor

- | | |
|---------------------------|---|
| 1. Kebutuhan air karyawan | = Jumlah karyawan x
Kebutuhan air masing-maisng karyawan |
| | = 166 x 100 kg/hari |
| | = 16.600 kg/hari |
| 2. Bengkel | = 200 kg/hari |
| 3. Poliklinik | = 300 kg/hari |
| 4. Laboratorium | = 500 kg/hari |
| 5. Pemadam Kebakaran | = 1.500 kg/hari |
| 6. Kantin, mushola, kebun | = 2.000 kg/hari |

b. Kebutuhan Air Rumah Tangga

Diperkirakan terdapat perumahan sebanyak 70 unit rumah dengan masing – masing rumah diasumsikan dihuni oleh 4 orang dan kebutuhan masing – masing orang sebanyak 200 kg/jam, maka jumlah total air yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air rumah tangga} &= 70 \times 4 \times 200 \text{ kg/hari} \\ &= 56.000 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Sehingga total kebutuhan air domestik yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air domestik} &= 16.600 + 4.500 + 56.000 \\ &= 77.100 \text{ kg/hari} \\ &= 3.213 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

3) Air Untuk Kebutuhan *Steam*

Penyediaan air untuk kebutuhan *steam* pada peralatan pabrik metanol sebagai berikut :

Heater-01	= 0,175
Heater-02	= 2,163
Heater-03	= 18,536
Reboiler-01	= 5.399,868

Pada saat proses sedang berlangsung, air dari pembangkit *steam* 80% akan dimanfaatkan kembali, sehingga *make up* yang dibutuhkan sebesar 20%, dengan adanya *blowdown* pada boiler sebesar 20% dan penggunaan *steam* untuk *Deaerator* 15%, jadi jumlah total air *make up* sebanyak = 2981,409 kg/jam.

4) Air Untuk Proses

Penyediaan air untuk proses yakni untuk memenuhi kebutuhan air untuk peralatan pada pabrik metanol sebagai berikut :

$$\text{Electrolyzer} = 21.433 \text{ kg/jam}$$

Dengan memperhitungkan faktor keamanan, maka jumlah total kebutuhan air yang digunakan dlebihkan 20% menjadi 25.719 kg/jam.

8.1.3. Penyediaan Air Utilitas

Air laut diambil secara langsung menggunakan pipa yang dilengkapi dengan *screener* untuk mencegah benda-benda mati masuk ke dalam, seperti sampah ikan, kotoran, dan lain sebagainya. Berikutnya yaitu tahap klorinasi yang dilakukan didalam tangki pencampuran menggunakan Sodium Hypochlorite (NaOCl) yang dilakukan untuk membunuh mikroorganisme dan bakteri dalam membrane osmosis tidak terjadi *biological fouling*. Selain itu, air yang

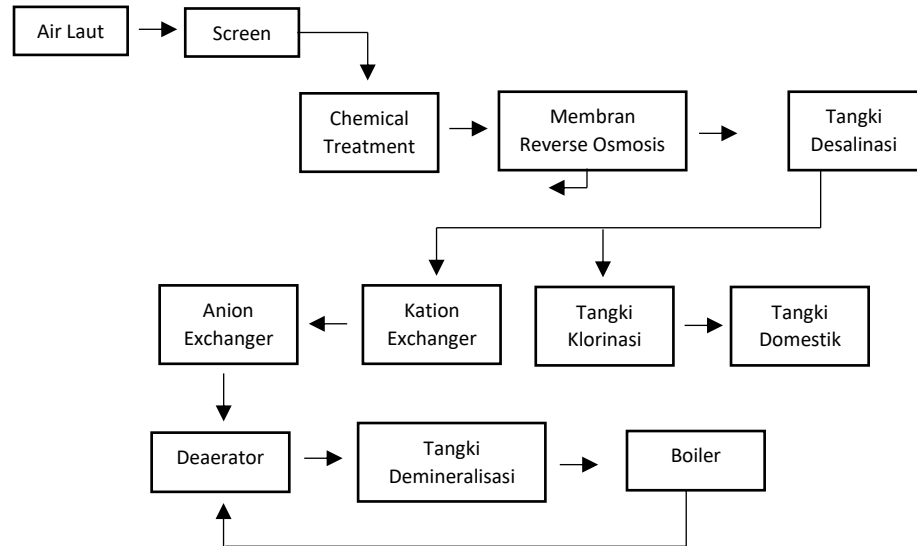
masuk kedalam tangki pencampuran dimaksudkan untuk menjaga stabilitas debit air yang akan di *treatment*.

Setelah itu, sebagai alat utama air dipompakan menuju *Sea Water Reverse Osmosis* (SWRO) untuk tahap proses desalinasi. Kemudian air akan melewati membran SWRO dengan dipompa menggunakan tekanan 13 hingga 17 atm. Setelah melewati SWRO, *permeat* ditampung dalam tangki desalinasi, sedangkan air yang masih mengandung garam dialirkan kembali menuju laut. Dari tangki ini, air terbagi untuk dialirkan ke beberapa kebutuhan yaitu untuk memenuhi kebutuhan keperluan umum atau domestik yang sebelumnya masuk ke dalam tangka klorinasi terlebih dahulu setelah itu didistribusikan, dan kebutuhan *steam* yang diproduksi boiler. Sebelum air digunakan untuk pembangkit *steam*, air menjalani tahap demineralisasi terlebih dahulu untuk menghilangkan kandungan garam yang terlarut, sehingga proses ini berfungsi untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung pada air seperti ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} , HCO_3^{-} , SO_4^{2-} . Kemudian air diumpakan ke *cation exchanger* untuk menukar ion-ion positif yang ada di air umpan dengan ion H^+ yang ada pada resin. Akibat dari adanya hal tersebut, maka air yang keluar dari *cation exchanger* memiliki pH rendah dan *Free Acid Material* (FMA) yang selanjutnya air tersebut diumpakan ke *anion exchanger* untuk menukar anion-anion seperti HCO_3^{-} , SO_4^{2-} , NO_3^{-} , CO_3^{-} , Cl^{-} yang terdapat di dalam air umpan dengan ion OH^{-} yang lepas dari resin sehingga mengakibatkan terjadinya netralisasi dan pH air yang keluar dari *anion exchanger* kembali normal.

Air yang keluar dari *cation* dan *anion exchanger* kemudian masuk pada tahap proses unit deaerasi yang merupakan unit pengambilan kandungan oksigen dalam air umpan boiler. Kemudian air yang telah dimineralisasikan dialirkan menuju deaerator setelah itu diinjeksikan dengan hidrazin (N_2H_4) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air tersebut. Hal itu berfungsi untuk mencegah terbentuknya kerak pada *tube* boiler. Setelah itu air yang keluar dari deaerator

dipompakan menuju boiler dan dialirkan menuju alat proses yaitu *electrolyzer*.

8.1.4. Diagram Alir Proses Pengolahan Air



Gambar 8.1. Diagram Alir Proses Pengolahan Air

8.2. Unit Penyediaan Udara Tekan

Unit penyediaan udara tekan merupakan unit yang menyediakan udara tekan yang diperlukan dalam pemakaian alat *pneumatic control*. Alat yang digunakan untuk menyediakan udara tekan yaitu menggunakan kompresor dengan tekanan 4 atm dengan perhitungan kebutuhan udara total yang dibutuhkan yaitu 84,683 m³/jam

8.3. Unit Pembangkit Listrik

Unit pembangkit listrik yang berfungsi sebagai penyedia listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik pabrik yang terbagi menjadi 2, yaitu :

1) Listrik untuk Penggerak Motor

Beberapa alat proses dalam pabrik menggunakan listrik sebagai penggerak motor diantaranya daya yang dibutuhkan oleh masing – masing alat yaitu sebagai berikut :

Tabel 8.1. Daya Motor Alat Proses

Nama Alat	Daya (Hp)
Pompa-01	30
Pompa-02	1,5

Pompa-03	7,5
Pompa-04	1,5
Pompa-05	1,5
<i>Compressor-01</i>	30
<i>Compressor-02</i>	40
<i>Compressor-03</i>	3
<i>Compressor-04</i>	10
<i>Electrolyzer-01</i>	89.805,31
Total	89.930,31
Angka Keamanan 10%	98.923,34

2) Listrik untuk Peralatan Penunjang

Terdapat beberapa alat penunjang yang membutuhkan sejumlah daya dalam beroperasi yang diantaranya yaitu :

Tabel 8.2. Daya Listrik Untuk Peralatan Penunjang

Keperluan	Daya (Hp)
Peralatan Bengkel	33,526
Instrumentasi	10,058
Penerangan	40,231
Peralatan Komunikasi	40,231
Total	124,044

3) Listrik untuk Utilitas

Dalam utilitas beberapa peralatan membutuhkan sejumlah daya untuk beroperasi, diantaranya :

Tabel 8.3. Daya Listrik Peralatan Utilitas

Nama Alat	Daya (Hp)
Pompa Utilitas-01	1,5
Pompa Utilitas-02	5
Pompa Utilitas-03	2
Pompa Utilitas-04	0,25

Pompa Utilitas-05	0,5
Pompa Utilitas-06	0,75
Pompa Utilitas-07	0,5
Pompa Utilitas-08	1
Pompa Utilitas-09	1,5
Pompa Utilitas-10	0,5
Pompa Utilitas-11	2
Pompa Utilitas-12	3
Pengaduk Tangki Pencampur	1,5
Tangki Klorinator (TC)	2
Kompresor Udara Tekan	5
<i>Reverse Osmosis</i>	40
<i>Fan Cooling Tower</i>	30
Total	97
Angka Keamanan 10%	106,7

8.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar merupakan unit yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar yang digunakan pada boiler dan generator. Bahan bakar yang dibutuhkan adalah *fuel oil* sebanyak 6.834,054 ton/tahun dan kebutuhan solar 281.845.335.957 liter/tahun.

BAB IX

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

9.1. Lokasi Pabrik

Penempatan lokasi pabrik yang akan didirikan merupakan aspek penting yang akan mempengaruhi faktor kelancaran dan keberhasilan proses produksi. Dimana ketepatan, perhitungan ekonomi, serta tempat yang strategis penting untuk direncanakan sehingga bisa membawa keuntungan. Selain itu terdapat faktor-faktor lain yang perlu untuk dipertimbangkan dalam menentukan lokasi suatu pabrik, yaitu :

1) Bahan Baku

Penempatan lokasi pabrik akan lebih menguntungkan bila letaknya berada dekat dengan bahan baku karena akan menghemat waktu dan juga biaya. Pabrik metanol yang akan didirikan ini membutuhkan bahan baku CO_2 yang direncanakan mengambil dari limbah gas CO_2 dari PLTU Karangandri Cilacap. Sedangkan untuk bahan baku yang lain yaitu H_2 yang akan diperoleh dari proses *elektrolisis* dengan sumber air berasal dari air laut.

2) Pemasaran

Metanol merupakan senyawa *intermediate* yang tidak bisa digunakan secara langsung oleh masyarakat, melainkan menjadi bahan baku yang banyak digunakan oleh industri kimia hilir seperti industri tekstil, plastik, biodiesel, dan lain sebagainya. Terdapat beberapa diantara industri tersebut berada dekat dengan daerah pabrik metanol yang akan didirikan ini.

3) Transportasi

Lokasi pabrik metanol ini berada di daerah Cilacap, Jawa Tengah, yang mana dekat dengan pelabuhan, sehingga memudahkan pengangkutan terhadap bahan baku maupun produk yang dapat dilakukan melalui jalan darat maupun laut. Hal ini sangat menguntungkan karena dapat mengurangi beban biaya transportasi.

4) Lahan dan Area

Pemilihan letak lokasi pendirian pabrik direncanakan berada didalam suatu kawasan industri yang mana sarana prasarana penunjangnya lebih memadai dan memilih untuk berada di area yang tidak dekat dengan pemukiman penduduk.

5) Kondisi Tanah

Adanya pendirian pabrik di wilayah Cilacap ini mempertimbangkan struktur tanah yang ada di wilayah cilacap ini termasuk ke dalam wilayah dengan struktur tanah yang stabil. Sehingga hal itu menunjukkan bahwa jenis dan struktur tanahnya sesuai dengan daerah industri dan bisa digunakan untuk mendirikan suatu pabrik.

6) Utilitas

Utilitas sebagai sarana penunjang untuk membantu kelancaran proses produksi yang dibutuhkan seperti bahan bakar, air, dan listrik yang cukup. Maka kebutuhan bahan bakar dapat diperoleh dari PT. Pertamina (Persero), kebutuhan air yang diperoleh dari laut dikarenakan Cilacap berada ujung selatan pulau jawa sehingga dekat dengan laut, dan kebutuhan listrik yang direncanakan bekerjasama/diperoleh dari PT. PLN (Persero) melalui PLTU Cilacap, karena letaknya yang paling startegis.

9.2. Lay Out Pabrik

Menentukan tata letak sebuah pabrik merupakan bagian penting dalam perancangan pabrik yang berfungsi sebagai pengatur susunan peralatan dan bangunan supaya dapat memberikan sistem operasi yang baik dan menjamin kelancaran proses produksi supaya berfungsi secara optimal serta menjaga keamanan pabrik tersebut.

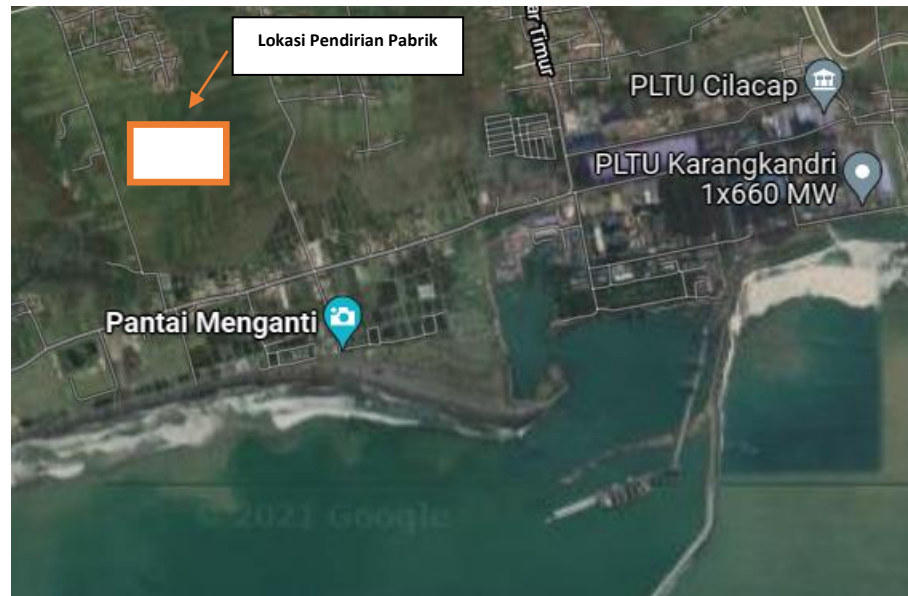
1. *Plant Lay Out*

Dalam menentukan tata letak pabrik terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan yaitu :

- a. Keselamatan kerja.
- b. Pendistribusian utilitas yang ekonomis dan tepat.
- c. Penggunaan ruang yang efektif.
- d. Peralatan proses dan peralatan lain yang menyimpan bahan berbahaya supaya tidak membatasi ruang gerak.

- e. Persiapan kemungkinan perluasan pabrik.

Pabrik metanol ini akan didirikan di Menganti, Cilacap didaerah dekat dengan PLTU Karangandri, Cilacap dekat dengan Pantai Menganti. Lokasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.1 berikut ini.



Gambar 9.1 Lokasi Pendirian Pabrik Metanol

2. *Equipment Lay Out*

Perencanaan tata ruang peralatan mempunyai dampak yang sangat besar dalam kelangsungan proses produksi, sehingga perlu memperhatikan beberapa hal sebagai berikut, yaitu :

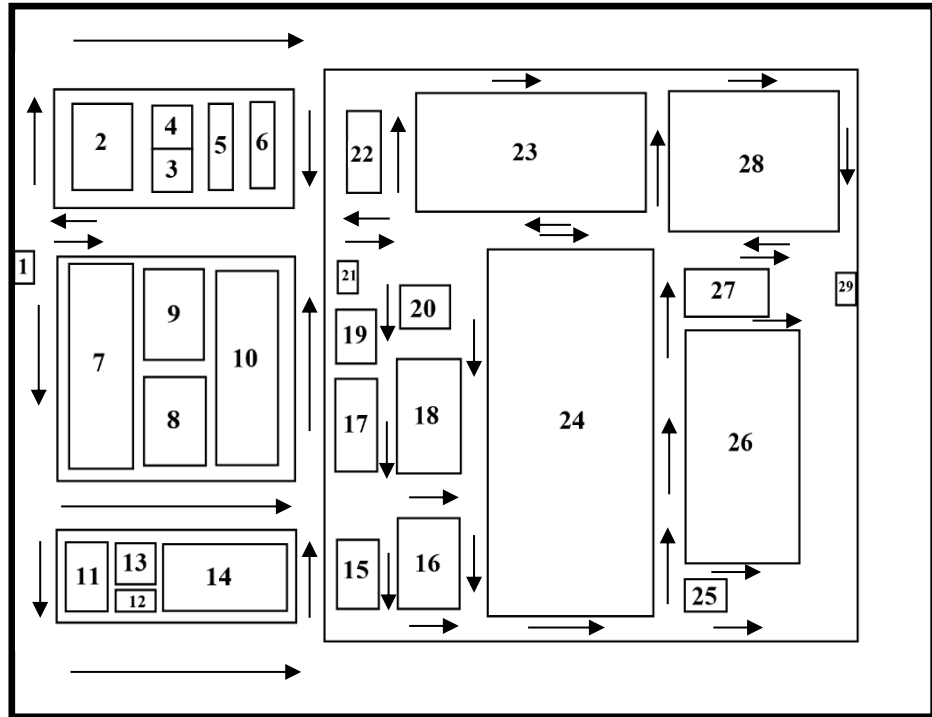
- a. Kemudahan dalam operasi dan proses yang menyesuaikan kemudahan dalam pemeliharaan alat dan kontrol hasil produksi.
- b. Peletakan posisi peralatan yang harus sesuai dengan aliran proses sehingga memudahkan dalam kontrol dan pengawasannya.
- c. Penyusunan peralatan pabrik yang sedemikian rupa supaya memudahkan dalam penanggulangan bahaya apabila terjadi kecelakaan kerja, kebakaran, maupun yang lainnya.
- d. Pertimbangan penempatan peralatan pabrik apabila terjadi kemungkinan penambahan unit baru sehingga tidak menimbulkan kesulitan dimasa mendatang.
- e. Penempatan unit utilitas dan tenaga kerja yang diletakkan terpisah dari daerah proses produksi sehingga operasi dapat berjalan dengan aman.

Tabel 9.1 Rincian Luas Tanah Bangunan Pabrik

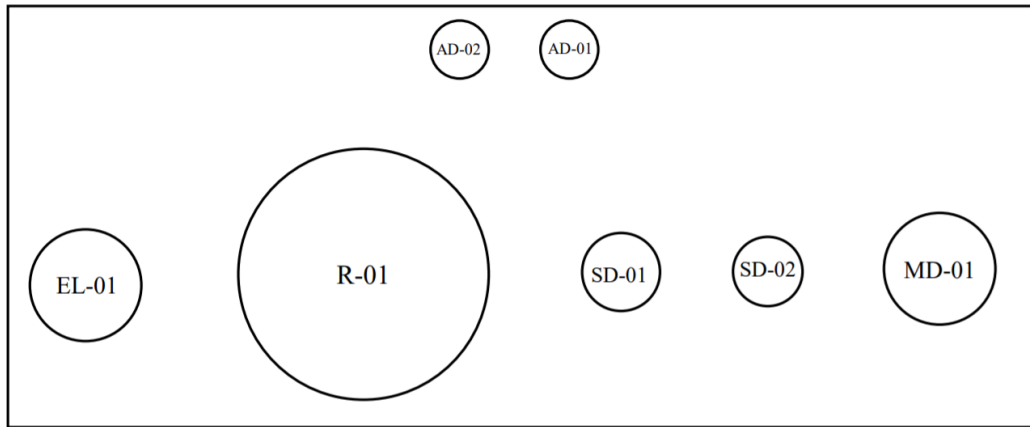
No.	Bangunan	Luas (m ²)
1.	Pos Penjagaan 1	40
2.	Masjid	270
3.	Kantin	63
4.	P3K	63
5.	Kantor Kamtib	90
6.	Kantor K3	45
7.	Kantor Pusat	675
8.	Aula	300
9.	<i>Health Strengt Fitness</i>	300
10.	Area Taman 1	150
11.	Area Taman 2	75
12.	Kantor R n D	60
13.	Perpustakaan	80
14.	Area Parkir	450
15.	Bengkel	150
16.	Ruang Kontrol	300
17.	<i>Fire Station</i>	200
18.	Area Parkir Truk	375
19.	Laboratorium	108
20.	Area Timbangan Truk	120
21.	Pos Penjagaan 2	40
22.	Tempat Evakuasi	136
23.	Area Perluasan	1.375
24.	Area Proses	3.200
25.	<i>Power Station</i>	70
26.	Area Storage	1.428
27.	<i>Control Utilitas</i>	200
28.	Utilitas	1.230

29.	Pos Penjagaan 3	40
	Total Area	21.966

Gambar 9.2 Tata Letak Pabrik



Gambar 9.3 Tata Letak Alat Proses Skala 1:100



Keterangan :

- EL = *Electrolyzer*
- R = Reaktor
- SD = Separator Drum
- MD = Menara Distilasi
- AD = Adsorber

BAB X

ORGANISASI PERUSAHAAN

10.1. Fungsi Perusahaan

Lancarnya proses produksi merupakan salah satu tujuan utama suatu perusahaan. Selain itu, keberhasilan suatu perusahaan juga dapat dilihat dari sistem manajemen dan struktur organisasinya. Adapun fungsi organisasi yaitu :

- 1) Melakukan pemeriksaan secara menyeluruh terhadap semua unsur-unsur yang ada di dalam lingkungan organisasi.
- 2) Mempersiapkan segala pelaksanaan kegiatan yang akan atau sedang dilaksanakan seperti membuat rencana, perumusan dan penyusunan kebijakan untuk mengolah, menelaah, dan mengkoordinasi.

10.2. Struktur Organisasi

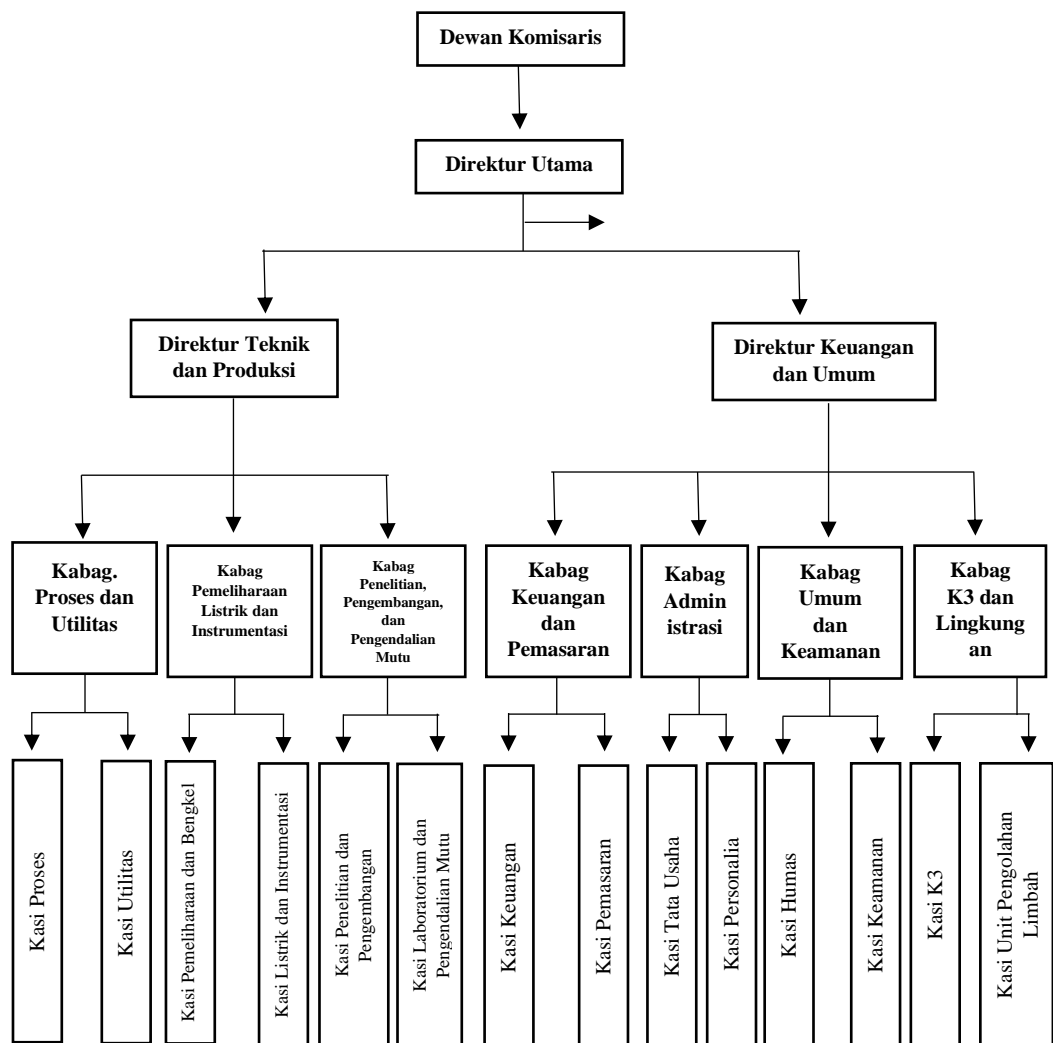
Organisasi merupakan suatu tempat bagi orang-orang yang memiliki visi yang sama untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Struktur organisasi merupakan gambaran sistematis yang terkait tentang pembagian tugas dan tanggung jawab serta hubungan antara bagian-bagian yang ada dalam perusahaan. Pabrik metanol dari CO_2 dan H_2 dengan kapasitas 100.000 ton/tahun yang akan didirikan direncanakan memiliki bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT) yang memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut, yaitu :

- 1) Mudah dalam mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
- 2) Kelancaran produksi hanya dipegang oleh pengurus perusahaan sehingga tanggung jawab pemegang saham terbatas.
- 3) Perbedaan tanggung jawab diantara pemilik dan pengurus perusahaan. Pemilik perusahaan merupakan para pemegang saham, sedangkan pengurus perusahaan yaitu dewan direksi beserta staf dalam pekerjaannya dibawah pengawasan dewan komisaris.
- 4) Kelangsungan hidup perusahaan tidak berpengaruh terhadap berhentinya pemegang saham, dewan direksi beserta staf, dan karyawan perusahaan.

5) Pemegang saham memiliki wewenang dalam menentukan orang sebagai dewan komisaris serta direktur yang dianggap cakap dan berpengalaman.

Berikut diagram susunan struktur organisasi yang menggunakan sistem garis dimana garis bawahan hanya memiliki satu tanggung jawab kepada atasannya dan begitu juga sebaliknya bagi tiap atasannya hanya memiliki satu garis perintah kepada bawahannya. Diagram susunan organisasinya dapat dilihat sebagai berikut :

Gambar 10.1. Struktur Organisasi Perusahaan



10.3. Tugas dan Wewenang

1) Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan kumpulan orang-orang yang mengumpulkan modalnya untuk kepentingan pendirian serta berjalannya operasi pada perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi yang ada pada

perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Didalam RUPS tersebut para pemegang saham berwenang untuk melakukan beberapa hal sebagai berikut :

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
- b. Mengangkat dan memberhentikan Direktur.
- c. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

2) Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas pemegang saham, sehingga dewan komisaris memiliki tanggung jawab terhadap pemegang saham. Adapun tugas dewan komisaris yaitu :

- a. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahan pemasaran.
- b. Mengawasi tugas-tugas direksi.
- c. Membantu direksi dalam tugas-tugas penting.

3) Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan yang memiliki tanggung jawab penuh terhadap hal maju mundurnya perusahaan. Direktur utama memiliki tanggung jawab kepada dewan komisaris terkait segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik serta Direktur Keuangan dan Umum. Adapun tugas dari direktur utama yaitu :

- a. Menjalankan kebijakan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya secara berkala pada pemegang saham hingga masa akhir jabatannya.
- b. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membuat keberlangsungan hubungan baik diantara pemegang shaam, pimpinan, karyawan, serta konsumen.
- c. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.

- d. Mengkoordinir kerja sama antara bagian produksi dan bagian keuangan dan umum.

4) Direktur

Dalam posisi direktur ini diisi oleh Direktur Produksi dan Teknik serta Direktur Keuangan dan Umum. Adapun Tugas dari Direktur Teknik dan Produksi yaitu :

- a. Memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang operasi dan produksi, teknik, pengembangan, pengadaan, pemeliharaan peralatan, dan laboratorium.
- b. Bertanggung jawab kepada direktur utama.

Tugas dari Direktur Keuangan dan Umum yaitu :

- a. Bertanggung jawab terkait dengan masalah yang berhubungan dengan administrasi, keuangan, pemasaran, personalia, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.
- b. Mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pekerjaan kepala bagian yang menjadi bawahannya.
- c. Bertanggung jawab kepada direktur utama.

5) Staf Ahli

Staf ahli merupakan kumpulan dari para tenaga ahli yang bertugas membantu direktur dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan Teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang keahlian masing-masing. Tugas dan wewenang staf ahli yaitu :

- a. Memberikan nasihat serta saran dalam perencanaan dan pengembangan perusahaan.
- b. Memperbaiki proses pabrik dari perencanaan alat dan pengembangan produksi.
- c. Meningkatkan efisiensi kerja.
- d. Mengevaluasi pada bidang teknik dan ekonomi perusahaan.
- e. Memberi masukan dalam bidang hukum.

6) Kepala Bagian

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagian yang

sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pemimpin perusahaan. Kepala bagian juga dapat bertindak sebagai staf direktur dan memiliki tanggung jawab kepada direktur utama. Kepala bagian terdiri dari :

a. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Kepala bagian proses dan utilitas merupakan kepala bagian yang memiliki tugas mengkoordinir kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan bahan baku serta utilitas.

b. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi.

Kepala bagian pemeliharaan, listrik, dan instrumentasi merupakan kepala bagian yang memiliki tugas bertanggung jawab terhadap segala kegiatan yang berhubungan dengan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

c. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Mutu.

Kepala bagian penelitian, pengembangan, dan pengendalian mutu merupakan kepala bagian yang memiliki tugas mengkoordinir kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan, dan pengendalian mutu.

d. Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran.

Kepala bagian keuangan dan pemasaran merupakan kepala bagian yang memiliki tugas mengkoordinir kegiatan pemasaran, pengadaan barang, dan pembukuan keuangan.

e. Kepala Bagian Administrasi.

Kepala bagian administrasi merupakan kepala bagian yang memiliki tugas bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia, dan rumah tangga perusahaan.

f. Kepala Bagian Humas dan Keamanan.

Kepala bagian humas dan keamanan merupakan kepala bagian yang memiliki tugas bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.

g. Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan.

Kepala bagian kesehatan keselamatan kerja dan lingkungan merupakan kepala bagian yang memiliki tugas bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan serta keselamatan kerja karyawan.

7) Kepala Seksi

Kepala seksi merupakan pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bagiannya yang sesuai dengan rencana yang sudah diatur oleh para kepala bagian masing-masing. Setiap kepala seksi bertanggung jawab kepada kepala bagian masing-masing yang sesuai dengan seksinya.

10.4. Tenaga Kerja

Sumber tenaga kerja dapat diperoleh dari berbagai tingkat Pendidikan dimulai dari SMA hingga pada tingkat sarjana yang ditempatkan sesuai dengan kualifikasi dan keahliannya. Pada jenjang kepegawaian dapat diperoleh berdasarkan Pendidikan formal. Terdapat beberapa persyaratan lain untuk beberapa jabatan penting dalam perusahaan, diantara persyaratan tersebut yaitu seperti pengalaman kerja, kepribadian, pendidikan khusus, serta beberapa persyaratan yang lainnya. Daftar gaji pegawai yang didapatkan disesuaikan dengan jabatan yang dipegang. Hal itu dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

Tabel 10.1. Daftar Gaji Pegawai yang Disesuaikan dengan Jabatan

No.	Jabatan	Jumlah	Golongan
1.	Direktur Utama	1	S2
2.	Direktur Teknik dan Produksi	1	S2
3.	Direktur Keuangan dan Umum	1	S2
4.	Staf Ahli	1	S1
5.	Kepala Bagian	6	S1
6.	Kepala Seksi	13	S1
7.	Karyawan Proses	40	D3-S1
8.	Karyawan Administrasi	3	D3
9.	Karyawan Keamanan	5	SMA/SMK
10.	Karyawan Humas	3	D3

11.	Karyawan Pemasaran	4	D3
12.	Karyawan Pembelian	4	D3
13.	Karyawan Kas/Anggaran	3	D3
14.	Karyawan Personalia	3	D3
15.	Karyawan Pengendalian	5	D3-S1
16.	Karyawan Pemeliharaan	7	SMA/SMK
17.	Karyawan Laboratorium	4	S1
18.	Karyawan Utilitas	9	D3-S1
19.	Karyawan K3	6	D3-S1
20.	Karyawan Litbang	3	D3
21.	Operator	23	SMA/SMK
22.	Sekretaris	5	S1
23.	Medis	2	S1
24.	Paramedis	3	S1
25.	Sopir	6	SMA/SMK
26.	<i>Cleaning Service</i>	5	SMA/SMK
	Total	166	

Jadi, jumlah tenaga kerja = 166

Jam kerja karyawan

a. Pegawai staf/kantor

Jam kerja : 08.00 – 16.00

Istirahat : 12.00 – 13.00

Hari Sabtu : 08.00 – 12.00

Hari minggu dan hari besar nasional libur.

b. Karyawan shift

Satu hari dibagi 3 shift :

Shift I : 07.00 – 15.00

Shift II : 15.00 – 23.00

Shift III : 23.00 – 07.00

Shift IV : Libur

Hari minggu dan hari besar nasional tidak libur.

c. Pengaturan jadwal kerja grup

Shift	Hari							
	1	2	3	4	5	6	7	8
I	A	A	D	D	C	C	B	B
II	B	B	A	A	D	D	C	C
III	C	C	B	B	A	A	D	D
Libur	D	D	C	C	B	B	A	A

Keterangan :

A = Grup Kerja I

B = Grup Kerja II

C = Grup Kerja III

D = Grup Kerja IV

Jadwal untuk tanggal selanjutnya berulang ke susunan awal.

BAB XI

EVALUASI EKONOMI

Analisis ekonomi dalam perancangan pabrik memiliki tujuan untuk memperoleh gambaran kelayakan terhadap pendirian pabrik tersebut. Dalam analisis ekonomi pabrik ini terdapat berbagai macam faktor yang ditinjau yaitu :

1. Laju Pengendalian Modal (*Return On Investmen*)
2. Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time*)
3. Titik Impas (*Break Event Point*)
4. Batas Produksi Sehingga Akan Bangkrut/Pailit (*Shut Down Point*)
5. Perkiraan Keuntungan yang Diperoleh Tiap Tahun Berdasarkan Jumlah Investasi Tidak Kembali Tiap Tahun Selama Umur Ekonomis Pabrik (*Discounted Cash Flow*)

Dalam meninjau faktor-faktor yang telah disebutkan diatas, maka perlu untuk membuat perhitungan terlebih dahulu terhadap beberapa hal berikut ini yaitu :

1. Penentuan modal total industri (*Total Capital Investment*) meliputi :
 - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*) meliputi :
 - a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)
3. Pendapatan total

Membuat perkiraan perhitungan untuk mengetahui nilai titik impas terhadap :

- a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya Variabel (*Variable Cost*)
- c. Biaya Regulasi (*Regulated Cost*)

(*Aries and Newton, 1995*)

11.1. Modal Tetap

Penafsiran terhadap harga alat setiap waktu akan selalu mengalami perubahan. Sehingga untuk mengetahui harga alat pada suatu keadaan atau

tahun memerlukan perhitungan konversi harga alat sekarang dengan harga alat beberapa tahun yang lalu. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Ex = Ey \frac{N_x}{N_y}$$

Keterangan :

Ex = harga alat pada tahun x

Ey = harga alat pada tahun y

Nx = indeks harga alat pada tahun x

Ny = indeks harga alat pada tahun y

(Aries and Newton, 1955)

Indeks harga tersebut dapat dilihat pada table berikut ini :

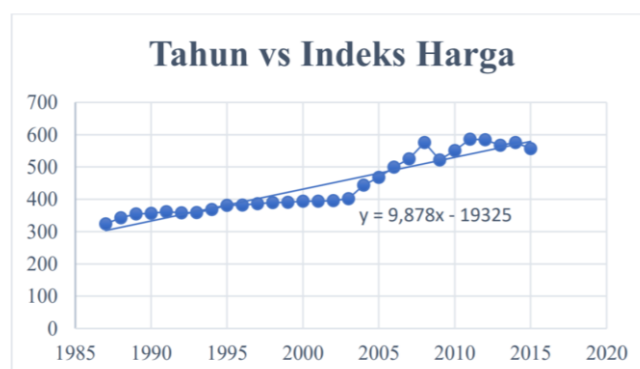
Tabel 11.1. Indeks Harga Alat dari Tahun 1987 – 2024

Tahun (X)	Indeks (Y)
1987	324
1988	343
1989	355
1990	356
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2

2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	589,048
2017	598,926
2018	608,804
2019	618,682
2020	529,78
2021	638,438
2022	648,316
2023	658,194
2024	668,072

(Peters and Timmerhaus, 2003)

Berdasarkan data diatas, maka diperoleh persamaan regresi linier $y = 9,878 x - 19325$ dengan indeks sebesar 668,072.



Gambar 11.1. Grafik hubungan tahun dengan indeks harga alat

Informasi harga alat diperoleh dari *Peters and Timmerhaus*, (2003) dan situs (www.matche.com) serta beberapa referensi yang lainnya. Berikut perincian perhitungan harga peralatan proses yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Dasar perhitungan :

Kapasitas Produksi = 100.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Tahun pendirian pabrik = 2024

Kurs mata uang = 1 US\$ = Rp. 14.256

Tabel 11.2. Harga Peralatan Proses

Nama Alat	Jumlah	Ey (\$)	Ex 2024(\$)
Tangki CO ₂	1	1.000.000	1.688.756,32
Tangki CH ₃ OH	1	290.000	489.739,33
Reaktor <i>Fixed Bed</i>	1	57.000	96.259,11
Reaktor Elektrolisis	1	446.300	562.800,66
Adsorber 1	1	45.000	76.244,59
Adsorber 2	1	45.000	76.244,59
<i>Separator Drum 1</i>	1	59.000	99.636,62
<i>Separator Drum 2</i>	1	58.000	97.947,87
Menara Destilasi	1	5.500	9.288,16
<i>Condensor</i>	1	56.400	65.404,03
Reboiler	1	50.200	58.214,22
<i>Accumulator</i>	1	13.000	21.953,83
<i>Heater 1</i>	1	990	1.671,87
<i>Heater 2</i>	1	1.000	1.688,76
<i>Heater 3</i>	1	1.100	1.857,63
<i>Cooler 1</i>	1	84.600	98.106,04
<i>Cooler 2</i>	1	92.200	106.919,35
<i>Cooler 3</i>	1	32.500	37.688,49
<i>Cooler 4</i>	1	24.400	28.295,36

Pompa 1	1	6.300	7.305,77
Pompa 2	1	6.300	7.305,77
Pompa 3	1	6.300	7.305,77
<i>Expansion Valve 1</i>	1	2.500	4.221,89
<i>Expansion Valve 2</i>	1	2.500	4.221,89
<i>Expansion Valve 3</i>	1	2.500	4.221,89
<i>Expansion Valve 4</i>	1	2.500	4.221,89
<i>Compressor 1</i>	1	58.600	67.955,25
<i>Compressor 2</i>	1	60.500	70.158,58
<i>Compressor 3</i>	1	54.000	62.620,88
<i>Compressor 4</i>	1	55.100	63.896,49
Total	30		3.725.476,95

1. Biaya pembelian alat (PEC) = \$ 3.725.476,95
 Biaya alat sampai pelabuhan = 25 % x PEC = \$ 931.369,2
 Biaya pembongkaran + biaya penyimpanan
 + biaya transport sampai ditempat = 2% x PEC = \$ 74.509,54
 _____ +
 Biaya alat sampai ditempat (DEC) = \$ 4.731.355,69

Perhitungan buruh/pekerja didasarkan sebagai berikut :

- Jumlah buruh asing disbanding buruh Indonesia = 5 : 95
- Upah buruh asing = \$ 5/man hour
- Upah buruh Indonesia = Rp. 20.000,00
- Perbandingan Man hours Asing : Man hours Indonesia = 1 : 3
- Perbandingan Man hours didasarkan pada buruh asing

2. Biaya pemasangan alat (*Equipment Installation Cost*)

(*Aries & Newton, 1955*)

Material = 11% x PEC = \$ 409.802,5

Labor = 32% x PEC = \$ 1.192.153

Man hours = $\frac{\$ 1.192.153}{\$ 5} = 238.430,5$

$$\begin{aligned} \text{T. asing} &= (0,05)(238.430,5)(\$ 5)(1) = \$ 59.607,63 \\ \text{T. Indonesia} &= (0,95)(238.430,5)(\text{Rp. } 20.000,-)(3) = \text{Rp. } 13.590.539.914 \end{aligned}$$

Biaya pemasangan alat total :

$$\begin{aligned} &= \$ 409.802,5 + \$ 59.607,63 + \text{Rp. } 13.590.539.914 \\ &= \$ 469.410,1 + \text{Rp. } 13.590.539.914 \end{aligned}$$

3. Biaya Pemipaan

(*Aries & Newton, 1955*)

$$\text{Material} = 49\% \times \text{PEC} = \$ 1.825.484,71$$

$$\text{Labor} = 37\% \times \text{PEC} = \$ 1.378.426,472$$

$$\text{Man hours} = \frac{\$ 1.378.426,472}{\$ 5} = 275.685,3$$

$$\text{T. asing} = (0,05)(275.685,3)(\$ 5)(1) = \$ 68.921,32$$

$$\text{T. Indonesia} = (0,95)(275.685,3)(\text{Rp. } 20.000,-)(3) = \text{Rp. } 15.714.061.775$$

Biaya pemasangan alat total :

$$\begin{aligned} &= \$ 1.825.484,71 + \$ 68.921,32 + \text{Rp. } 15.714.061.775 \\ &= \$ 1.894.405,03 + \text{Rp. } 15.714.061.775 \end{aligned}$$

4. Biaya Instrumentasi (*Instrumentasi Cost*)

(*Aries & Newton, 1955*)

$$\text{Material} = 24\% \times \text{PEC} = \$ 894.114,5$$

$$\text{Labor} = 6\% \times \text{PEC} = \$ 223.528,6$$

$$\text{Man hours} = \frac{\$ 223.528,6}{\$ 5} = 44.705,72$$

$$\text{T. asing} = (0,05)(44.705,72)(\$ 5)(1) = \$ 11.176,43$$

$$\text{T. Indonesia} = (0,95)(44.705,72)(\text{Rp. } 20.000,-)(3) = \text{Rp. } 2.548.226.234$$

Biaya pemasangan alat total :

$$\begin{aligned} &= \$ 894.114,5 + \$ 11.176,43 + \text{Rp. } 2.548.226.234 \\ &= \$ 905.290,93 + \text{Rp. } 2.548.226.234 \end{aligned}$$

5. Biaya Isolasi (*Insulation Cost*)

(*Aries & Newton, 1955*)

$$\text{Material} = 3\% \times \text{PEC} = \$ 111.764,3$$

$$\text{Labor} = 5\% \times \text{PEC} = \$ 186.273,8$$

$$\text{Man hours} = \frac{\$ 186.273,8}{\$ 5} = 37.254,77$$

$$\text{T. asing} = (0,05)(37.254,77)(\$ 5)(1) = \$ 9.313,69$$

$$\text{T. Indonesia} = (0,95)(37.254,77)(\text{Rp. } 20.000,-)(3) = \text{Rp. } 2.123.521.862$$

Biaya pemasangan alat total :

$$= \$ 111.764,3 + \$ 9.313,69 + \text{Rp. } 2.123.521.862$$

$$= \$ 121.078,99 + \text{Rp. } 2.123.521.862$$

6. Biaya Listrik (*Electrical Cost*)

(*Aries & Newton, 1955*)

$$\text{Material} = 12\% \times \text{PEC} = \$ 447.057,234$$

$$\text{Labor} = 3\% \times \text{PEC} = \$ 111.764,309$$

$$\text{Man hours} = \frac{\$ 111.764,309}{\$ 5} = 22.352,86$$

$$\text{T. asing} = (0,05)(22.352,86)(\$ 5)(1) = \$ 5.588,215$$

$$\text{T. Indonesia} = (0,95)(22.352,86)(\text{Rp. } 20.000,-)(3) = \text{Rp. } 1.274.113.117$$

Biaya pemasangan alat total :

$$= \$ 447.057,234 + \$ 5.588,215 + \text{Rp. } 1.274.113.117$$

$$= \$ 452.645,449 + \text{Rp. } 1.274.113.117$$

7. Peralatan Utilitas (PEC – UT)

(*Aries & Newton, 1955*)

Harga peralatan utilitas seperti yang terlihat pada tabel .

Tabel 11.3. Harga Peralatan Penunjang (Utilitas)

Nama Alat	Jumlah	Ey (\$)	Ex 2024 (\$)
Screen	1	20	21,95
Tangki NaOCl	1	7.000	11.821,29
Tangki Pencampuran	1	25.000	42.218,91
Membrane RO	1	75.000	82.301,36
Tangki Desalinasi	1	190.000	320.863,70
Tangki Khlor	1	9.000	15.198,81
Tangki Domestik	1	110.000	185.763,20
Tangki NaOH	1	30.000	50.662,69
Tangki H ₂ SO ₄	1	25.000	42.218,91

Tangki Umpan Boiler (BFW)	1	150.000	253.313,45
Tangki <i>Downtherm A</i>	1	170.000	287.088,57
Tangki Udara	1	4.000	6.755,03
Tangki Bahan Bakar	1	90.000	151.988,07
Deaerator	1	4.500	4.938,08
Kompresor	1	54.300	62.968,77
Boiler	1	461.100	534.712,72
<i>Kation Exchanger</i>	1	2.500	2.743,38
<i>Anion Exchanger</i>	1	2.000	2.194,70
<i>Cooling Tower</i>	1	10.000	34.300,65
Pompa 1	1	4.900	5.682,26
Pompa 2	1	4.900	5.682,26
Pompa 3	1	4.900	5.682,26
Pompa 4	1	3.200	3.710,87
Pompa 5	1	3.200	3.710,87
Pompa 6	1	4.900	5.682,26
Pompa 7	1	4.900	5.682,26
Pompa 8	1	4.900	5.682,26
Pompa 9	1	4.900	5.682,26
Pompa 10	1	3.200	3.710,87
Pompa 11	1	4.900	5.682,26
Pompa 12	1	4.900	5.682,26
Total	31		2.154.347,22

Utility Cost = \$ 2.154.347,22

Harga alat di negara pembuat (PEC-UT) = \$ 2.154.347,22

Biaya alat sampai pelabuhan = 25% x (PEC-UT) = \$ 538.586,8

Biaya pembongkaran + biaya penyimpanan

+ biaya transport sampai ditempat = 2% x PEC-UT = \$ 43.086,94

_____+

Biaya alat sampai ditempat (DEC) = \$ 2.736.020,97

Material = 11% x PEC-UT = \$ 236.978,19

Labor = 32% x PEC-UT = \$ 689.391,11

Man hours = $\frac{\$ 689.391,11}{\$ 5} = 137.878,22$

T. asing = (0,05)(137.878,22)(\$ 5)(1) = \$ 34.469,56

T. Indonesia = (0,95)(137.878,22)(Rp. 20.000,-)(3) = Rp. 7.859.058.659

Biaya pemasangan alat total :

= \$ 236.978,19 + \$ 34.469,56 + Rp. 7.859.058.659

= \$ 271.447,75 + Rp. 7.859.058.659

Biaya Utilitas total (*Building Cost*)

= harga alat di tempat + biaya pemasangan alat

= \$ 2.154.347,22 + \$ 271.447,75 + Rp. 7.859.058.659

= \$ 2.425.794,97 + Rp. 7.859.058.659

8. Biaya Bangunan

Tabel 11.4. Harga Bangunan

Jenis Bangunan	Luas (m ²)	Harga/m ²	Harga Total (Rp)
Pos Penjagaan 1	40	2,000,000	80,000,000
Masjid	270	2,500,000	675,000,000
Kantin	63	2,000,000	126,000,000
P3K	63	2,000,000	126,000,000
Kantor Kamtib	90	2,000,000	180,000,000
Kantor K3	45	2,000,000	90,000,000
Kantor Pusat	675	3,000,000	2,025,000,000
Aula	300	2,000,000	600,000,000
<i>Health Strengt Fitness</i>	300	2,000,000	600,000,000
Area Taman 1	150	2,000,000	300,000,000
Area Taman 2	75	2,000,000	150,000,000
Kantor R n D	60	2,000,000	120,000,000
Perpustakaan	80	2,000,000	160,000,000
Area Parkir	450	2,000,000	900,000,000
Bengkel	150	2,000,000	300,000,000
Ruang Kontrol	300	2,000,000	600,000,000
<i>Fire Station</i>	200	2,000,000	400,000,000
Area Parkir Truk	375	2,000,000	750,000,000
Laboratorium	108	2,000,000	216,000,000

Area Timbangan Truk	120	2,000,000	240,000,000
Pos Penjagaan 2	40	2,000,000	80,000,000
Tempat Evakuasi	136	2,000,000	272,000,000
Area Perluasan	1.375	500,000	687,500
Area Proses	3.2	2,000,000	6,400,000
<i>Power Station</i>	70	2,000,000	140,000,000
Area Storage	1.428	2,000,000	2,856,000
<i>Control Utilitas</i>	200	2,000,000	400,000,000
Utilitas	1.23	2,000,000	2,460,000
Pos Penjagaan 3	40	2,000,000	80,000,000
Total Building Cost			Rp. 9,622,403,500

Direncanakan untuk membuat pagar disekeliling pabrik dengan Panjang

$$= (200 + 200) \times 2 = 800 \text{ m}$$

$$\text{Harga pembuatan pagar ditetapkan} = 300.000/\text{m}$$

$$\text{Biaya pemagaran} = 800 \times \text{Rp. } 300.000,- = \text{Rp. } 240.000.000,-$$

$$\text{Biaya total bangunan} = \text{Rp. } 9.622.403.500 + \text{Rp. } 240.000.000$$

$$= \text{Rp. } 9.862.403.500$$

9. Harga Tanah dan Perbaikan (*Land and Yard Improvement*)

$$\text{Luas tanah yang diperlukan} = 11.663 \text{ m}^2$$

$$\text{Harga tanah} = \text{Rp. } 3.000.000/\text{m}^2$$

$$\text{Biaya tanah} = 11.663 \times \text{Rp. } 3.000.000$$

$$= \text{Rp. } 34.989.000.000,00$$

$$\text{Biaya perbaikan tanah (Aries \& Newton, 1955)} = 10\% \times \text{biaya tanah}$$

$$= 3.498.900.000$$

$$\text{Biaya total tanah} = \text{Rp. } 38.487.900.000,00$$

Perincian modal tetap :

Tabel 11.5. Perincian Modal Tetap

No.	Macam Biaya	US\$	Rupiah (Rp)
1	Harga Peralatan	4,731,355.69	
2	Biaya Pemasangan Alat	469,410.10	13,590,539,914
3	Biaya Pemipaan	1,894,405.03	15,714,061,775
4	Biaya Instrumentasi	905,290.93	2,548,226,234
5	Biaya Isolasi	121,078.99	2,123,521,862

6	Biaya Listrik	452,645.45	1,274,113,117
7	Peralatan Utilitas	2,425,794.97	7,859,058,659
8	Biaya bangunan		9,862,403,500
9	Harga Tanah dan Perbaikan		38,487,900,000
	Physical Plant Cost (PPC)	10,999,981.16	91,459,825,061

10. *Engineering an Construction (EC)*

$$= 20\% \times \text{PPC} = \$ 2.199.996,232 + \text{Rp. } 18.291.965.012$$

$$\text{Direct Plant Cost (DPC)} = \text{PPC} + \text{EC}$$

$$= \$ 13.199.977,39 + \text{Rp. } 109.751.790.073$$

11. *Contractors Fee (CF)*

$$= 6\% \times \text{DPC} = \$ 791.998,64 + \text{Rp. } 6.585.107.404$$

12. *Contingency Cost (C)* (Biaya tidak terduga)

$$= 15\% \times \text{DPC} = \$ 1.979.996,23 + 16.462.768.511$$

13. *Fixed Capital Investment*

$$\text{Fixed Capital Investment (FCI)} = \text{DPC} + \text{CF} + \text{C}$$

$$= \$ 25.291.534,48$$

11.2. Biaya Pembuatan

A. *Direct Manufacturing Cost*

1. Produk (*Product*)

a. Metanol

$$\text{Produksi} = 100.000 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Harga} = \$ 455,86 / \text{ton}$$

$$= \$ 455,86 \times 100.000 \text{ ton/tahun}$$

$$= \$ 45.586.000$$

b. Oksigen

$$\text{Produksi} = 150.437,79 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Harga} = \$ 906,67 / \text{ton}$$

$$= \$ 136.397.431,1$$

$$\text{Harga jual produk} = \$ 45.586.000 + \$ 136.397.431,1$$

$$= \$ 181.983.431,1$$

2. *Labor Cost*

Tabel 11.5. Biaya Tenaga Kerja

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)
1.	Direktur Utama	1	80.000.000,00
2.	Direktur Teknik dan Produksi	1	65.000.000,00
3.	Direktur Keuangan dan Umum	1	65.000.000,00
4.	Staf Ahli	1	15.000.000,00
5.	Kepala Bagian	6	18.000.000,00
6.	Kepala Seksi	13	15.000.000,00
7.	Karyawan Proses	40	8.000.000,00
8.	Karyawan Administrasi	3	8.000.000,00
9.	Karyawan Keamanan	5	5.000.000,00
10.	Karyawan Humas	3	8.000.000,00
11.	Karyawan Pemasaran	4	8.000.000,00
12.	Karyawan Pembelian	4	8.000.000,00
13.	Karyawan Kas/Anggaran	3	8.000.000,00
14.	Karyawan Personalia	3	8.000.000,00
15.	Karyawan Pengendalian	5	8.000.000,00
16.	Karyawan Pemeliharaan	7	8.000.000,00
17.	Karyawan Laboratorium	4	8.000.000,00
18.	Karyawan Utilitas	9	10.000.000,00
19.	Karyawan K3	6	8.000.000,00
20.	Karyawan Litbang	3	8.000.000,00
21.	Operator	23	10.000.000,00
22.	Sekretaris	5	8.000.000,00
23.	Medis	2	9.000.000,00
24.	Paramedis	3	7.000.000,00
25.	Sopir	6	5.000.000,00
26.	<i>Cleaning Service</i>	5	5.000.000,00
	Total	166	413.000.000,00

Total *Labor Cost* (Upah Pegawai) = Rp. 20.052.000.000,00/tahun

= \$ 1.405.067,7

3. *Supervision*

Besarnya nilai *supervision* 10 – 25% *Labor Cost* (*Aries & Newton, 1955*)

Diambil 20% dari *Labor Cost* = Rp. 4.010.400.000,00 /tahun
= \$ 281.013,54

4. *Maintenance*

3% x *Fixed Capital Investment* (*Aries & Newton, 1955*)

= \$ 758.746,0344

5. *Plant Supplies*

15% x *Maintenance cost* (*Aries & Newton, 1955*)

= \$ 113.811,91

6. *Royalty and Patent*

1% x *Sales Price* (*Aries & Newton, 1955*)

= \$ 1.819.834,31

7. *Utilities*

= \$ 1.532.320

Total *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

1) *Labor Cost* = \$ 1.405.067,7

2) *Supervisor* = \$ 281.013,54

3) *Maintenance* = \$ 758.746,034

4) *Plant Supplies* = \$ 113.811,91

5) *Royalty and Patent* = \$ 1.819.834,31

6) *Utilitas* = \$ 1.532.320 +

Total DMC = \$ 5.910.793,49

B. *Indirect Manufacturin Cost*

1. *Payroll Overhead* (15% *Labor Cost, Aries & Newton, 1955*)

= \$ 210.760,2

2. *Laboratorium* (15% *Labor Cost, Aries & Newton, 1955*)

= \$ 210.760,2

3. *Plant Overhead* (50% *Labor Cost, Aries & Newton, 1955*)

= \$ 702.533,9

4. *Packaging dan Shipping* (10% *Sales Price*, *Aries & Newton*, 1955)
= \$ 140.506,8

Perincian *Indirect Manufacturing Cost* (IMC)

Payroll Overhead = \$ 210.760,2

Laboratorium = \$ 210.760,2

Plant Overhead = \$ 702.533,9

Packaging dan Shipping = \$ 140.506,8 +

Total IMC = \$ 1.264.561,1

C. *Fixed Manufacturing Cost*

1. *Depreciation* (10% FCI, *Aries & Newton*, 1995)
= \$ 2.529.153,45

2. *Property Taxes* (1% FCI, *Aries & Newton*, 1995)
= \$ 252.915,35

3. *Insurance* (1% FCI, *Aries & Newton*, 1995)
= \$ 252.915,35

Perincian *Fixed Manufacturing Cost* (FMC)

Depreciation = \$ 2.529.153,45

Property Taxes = \$ 252.915,35

Insurance = \$ 252.915,35 +

Total FMC = \$ 3.034.984,25

Total *Manufacturing Cost* = \$ 3.034.984,25

11.3. Modal Kerja (*Working Capital*)

1. *Product Inventory*

Persediaan produk untuk setiap 1 bulan produksi dengan harga *Manufacturing Cost*.

= (1/12)(\$ 3.034.984,25)

= \$ 252.915,35

2. *Extended Credit*

Persediaan uang untuk menutup penjualan produk yang belum dibayar, diasumsikan besarnya sama dengan penjualan 1 bulan produk.

$$= (1/12)(\$ 181.983.431,1)$$

$$= \$ 15.165.285,92$$

3. *Available Cash*

Persediaan uang tunai yang tersedia di pabrik yang sewaktu-waktu dapat diambil sebesar 1 bulan dari *Manufacturing Cost*.

$$= (1/12)(\$ 3.034.984,25)$$

$$= \$ 252.915,35$$

Perincian *Working Capital* (WC)

$$Product\ Inventory = \$ 252.915,35$$

$$Extended\ Credit = \$ 15.165.285,92$$

$$Available\ Cash = \$ 252.915,35 \quad +$$

$$Total\ WC = \$ 15.671.116,72$$

$$Total\ Capital\ Investment\ (TCI) = WC + FCI$$

$$= \$ 15.671.116,72 + \$ 25.291.534,48$$

$$= \$ 40.962.651,1$$

11.4. **Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)**

1. *Administrasi* (3% dari MC, *Aries & Newton*, 1955)

$$= \$ 22.762,38$$

2. *Sales Promotion* (5% dari *Sales Price*, *Aries & Newton*, 1955)

$$= \$ 9.099.171,55$$

3. *Research* (3,5% dari *Sales Price*, *Aries & Newton*, 1955)

$$= \$ 6.369.420,087$$

4. *Finance* (7% dari Total Capital Investment) (*Peter an Timmerhauss*, 2003)

$$= \$ 2.867.385,576$$

Perincian *General Expenses* (GE)

$$Administrasi = \$ 91.049,52$$

$$Sales\ Promotion = \$ 9.099.171,55$$

$$Research = \$ 6.369.420,087$$

$$Finance = \$ 2.867.385,576 \quad +$$

$$Total\ GE = \$ 18.427.026,733$$

11.5. Biaya Produksi (*Production Cost*)

$$\begin{aligned} \text{Total Production Cost} &= \text{MC} + \text{GE} \\ &= \$ 3.034.984,25 + \$ 18.427.026,733 \\ &= \$ 21.462.010,88 \end{aligned}$$

11.6. Perkiraan Keuntungan (*Profit Estimation*)

Keuntungan sebelum pajak (*Profit Before Taxes*)

$$\begin{aligned} &= \text{Sales Price} - \text{Production Cost} \\ &= \$ 181.983.431,1 - \$ 21.462.010,88 \\ &= \$ 160.521.420,2 \end{aligned}$$

Pajak penghasilan sebesar 40% *Profit Before Taxes* (Peters and Timmerhaus, 2002)

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan sesudah pajak} &= 60\% \times \text{keuntungan sebelum pajak} \\ &= \$ 96.312.852,11 \end{aligned}$$

11.7. Return On Investmen

Return On Investment adalah perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun dengan dasar kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan.

$$ROI = \frac{Pr}{if} \times 100\%$$

Keterangan :

ROI = *Return On Investment*

If = *Fixed Capital Investment*

Pr = *Annual Profit*

Diperoleh hasil :

$$\begin{aligned} \text{ROI sebelum pajak} &= \frac{\$ 160.521.420,2}{\$ 25.291.534,48} \times 100\% \\ &= 63,5\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ROI setelah pajak} &= \frac{\$ 96.312.852,11}{\$ 25.291.534,48} \times 100\% \\ &= 38,1\% \end{aligned}$$

11.8. *Pay Out Time*

Pay Out Time merupakan waktu yang dibutuhkan supaya *Fixed Capital Investment* yang ditanamkan dapat segera kembali, dengan dasar perhitungan sebagai berikut :

$$POT = \frac{if}{(Pr + 0,1if)}$$

Keterangan :

POT = *Pay Out Time*, tahun

If = *Fixed Capital Investment*

Pr = *Annual Profit*

Diperoleh hasil :

$$\begin{aligned} \text{POT sebelum pajak} &= \frac{\$ 25.291.534,48}{\$ 160.521.420,2 + 0,1 \times 25.291.534,48} \\ &= 0,155 \text{ tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{POT setelah pajak} &= \frac{\$ 25.291.534,48}{\$ 96.312.852,11 + 0,1 \times 25.291.534,48} \\ &= 0,2558 \text{ tahun} \end{aligned}$$

11.9. *Break Event Point*

Break Event Point adalah batas produksi suatu pabrik dalam artian pabrik tidak untung dan tidak rugi.

$$BEP = \frac{Fa + 0,3Ra}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\%$$

Keterangan :

Fa = *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada max produksi

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada max produksi

Sa = *Annual Sales Value* pada max produksi

Va = *Annual Variable Expenses* pada max produksi

$$\text{Fixed Cost, Fa} = \$ 3.034.984,25$$

Variable Cost, Va :

Packaging – Shipping + Utility + Royalty

and Patent = \$ 3.492.661,11

Regulated Cost, Ra :

Labor Cost + Plant Overhead + Supervision

+ General Expenses + Maintenance + Plant

Supplies + Laboratorium = \$ 21.026.402,07

Annual Sales = \$ 81.983.431,1

Diperoleh nilai :

$$\begin{aligned} \text{BEP} &= \frac{\$ 3.304.984 + (0,3 \times 21.026.402,07)}{\$ 81.983.431,1 - \$ 3.492.661,11 - 0,7 \times \$ 21.026.402,07} \\ &= 15,07\% \end{aligned}$$

11.10. *Shut Down Point*

Shut Down Point adalah batas produksi suatu pabrik apabila dimungkinkan mengalami kebangkrutan, sehingga pabrik harus menghentikan operasinya.

$$SDP = \frac{0,3Ra}{(Sa - Va - 0,7Ra)}$$

Diperoleh nilai :

$$\begin{aligned} \text{SDP} &= \frac{0,3 \times \$ 21.026.402,07}{(\$ 81.983.431,1 - \$ 3.492.661,11 - 0,7 \times \$ 21.026.402,07)} \\ &= 9,8\% \end{aligned}$$

11.11. *Discounted Cash Flow*

Discounted Cash Flow adalah perhitungan nilai perkiraan terkait besarnya keuntungan yang diperoleh setiap tahun, yang didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali setiap tahunnya selama umur ekonomis pabrik (*Peter and Timmerhaus, 2013*).

Persamaan :

$$S = (FC + WC) (1 + i)^n - (SV + WC)$$

$$R = C1(1 + i)^{n-1} + C2(1 + i)^{n-2} \dots \dots \dots + Cn - 1(1 + i) + Cn$$

$$= C \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$$

Keterangan :

S = Nilai modal pada waktu yang akan datang setelah dikoreksi dengan *Salvage Value (SV)* dan *Working Capital (WC)*

C = *Cash Flow* setelah pajak berdasarkan atas total *finance*

R = *Cash Flow* berdasarkan pendapatan akhir tahun

SV = *Salvage Value*

FC = *Fixed Capital*

WC = *Working Capital*

C = Keuntungan sesudah pajak + *Finance* + *Depresiasi*
 = \$ 96.312.852,11 + \$ 2.867.385,576 + \$ 2.529.153,45
 = \$ 101.709.391

WC = \$ 15.671.116,72

FC = \$ 25.291.534,48

SV = 10% FC = \$ 2.529.153,45

n = 10 tahun

SV + WC = \$ 2.529.153,45 + \$ 15.671.116,72
 = \$ 18.200.270,2

FC + WC = \$ 25.291.534,48 + \$ 15.671.116,72
 = \$ 40.962.651,2

S = \$ 40.962.651,2 (1 + i)¹⁰ - \$ 18.200.270,2

$$R = C \left[\frac{(1+i)^{10} - 1}{i} \right]$$

Harga i di coba – coba, hingga diperoleh S = R

Hasil trial i sebesar = 0,0386

Maka harga DCF sebesar = 3,86 %

Nilai suku bunga bank sebesar 3,5% per tahun.

Batasan minimal DCF = [1,5 – 2] x suku bunga bank

Diambil sebesar 0,5 x suku bunga bank, maka :

DCF min = 0,5 x suku bunga bank
 = 0,5 x 3,5%

= 1,75 %

Karena prosentase perhitungan harga DCF (3,86%) dengan perhitungan DCF min (1,75%) jauh lebih besar, maka pabrik ini cukup layak untuk didirikan sehingga dapat menarik minat investor untuk menanamkan modal/investasi.

BAB XII

KESIMPULAN

Prarancangan pabrik metanol dengan kapasitas produksi 100.000 ton/tahun dengan menggunakan bahan baku CO₂ dan H₂ ini direncanakan akan didirikan di Menganti, Cilacap, Provinsi Jawa Tengah dengan kesimpulan sebagai berikut :

1. Ketersediaan bahan baku pembuatan metanol yang mudah diperoleh serta melimpah dan bisa menghasilkan produk yang ramah lingkungan.
2. Produk utama yang dihasilkan yaitu metanol dengan kemurnian 96% dengan produk sampingnya berupa oksigen.
3. Proses yang digunakan yaitu proses lurgi.
4. Total investasi yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik metanol ini yaitu senilai \$ 25.291.534,48 dengan total biaya produksi sebesar \$ 21.462.010,88.
5. Parameter kelayakan pabrik metanol dengan kapasitas pabrik 100.000ton/tahun adalah dengan total penjualan produk sebesar \$ 181.983.431,1 dengan keuntungan bersih \$ 96.312.852,11 *Break Even Point* (BEP) sebesar 15,07%, *Shut Down Point* (SDP) 9,8%, *Return on Investment* (ROI) setelah pajak 38,1%, *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 0,2558 tahun. Sehingga pabrik dapat dikategorikan dalam pabrik dengan resiko rendah dan layak untuk beroperasi .

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim., Indonesian Commercial Newsletter., 2010, “Industri Methanol di Indonesia”,
- Anonim., [www.datacon.co.id /Gasalam2010Methanol.html](http://www.datacon.co.id/Gasalam2010Methanol.html), diakses pada 27 Juli 2021
- Anonim., <https://industri.kontan.co.id/news>, diakses pada 18 November 2021.
- Anonim., <https://id.wikipedia.org/wiki/Metanol>, diakses pada 4 Desember 2021
- Anonim., <http://www.airproducts.co.id/Industries/Energy>, diakses pada 5 Desember 2021
- Aries, R.S., and Newton, R.D., “Chemical Engineering Cost Estimation”, McGraw Hill Handbook Co., Inc., New York, 1955
- Badan Pusat Statistik, 2016, <https://www.bps.go.id>, diakses pada 17 Juni 2021.
- Badan Pusat Statistik, 2017, <https://www.bps.go.id>, diakses pada 17 Juni 2021.
- Badan Pusat Statistik, 2018, <https://www.bps.go.id>, diakses pada 17 Juni 2021.
- Badan Pusat Statistik, 2019, <https://www.bps.go.id>, diakses pada 17 Juni 2021.
- Badan Pusat Statistik, 2020, <https://www.bps.go.id>, diakses pada 17 Juni 2021.
- KENT, J. A., Kent and Riegel's. (2010). “Handbook of Industrial Chemistry and Biotechnology”, Vol. 1, 7th ed., Springer Science & Business Media, New York.
- Kern, D.Q. (1965). *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Book Company, New York
- Mawaddah, M. (2018). Pra Rancangan Pabrik Metanol Dari Karbon Dioksida Dan Hidrogen Kapasitas 55.000 Ton/Tahun.
- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., and West, R.E., “Plant Design and Economics for Chemical Engineers”, 5th Edition, International Edition, : McGraw – Hill, Singapura, 2004.
- RCPK. Anggraeni., (2018), <https://jurnalprodi.idu.ac.id>, diakses pada 19 Juni 2021.
- Salimy, D. H., & Alimah, S. (2016). HTGR kogenerasi produksi hidrogen untuk konversi CO₂ menjadi metanol. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 17(2), 109-119.

- VAN DER HAM, L. G. J. (2012). “Hydrogenation of Carbon Dioxide for Methanol Production”, *Chemical Engineering Transactions*, 29, 181-186.
- Yaws, C.L., (1999). *Handbook of Thermodynamic and Physical Properties of Chemical Compounds*, Gulf Publishing Company, Houston.
- Maulana, Muhammad Fikri. 2021 Feb. *Daya Pacu Industri Metanol*. *Bisnis*.
Rubrik: Energi [internet] <https://ekonomi.bisnis.com/read/daya-pacu-industri-metanol>
- [ESDM] Kementerian Energi Sumber Daya Mineral. 2019. Data Inventory Emisi GRK Sektor Energi. *Pusat Data dan Teknologi Informasi*. ISBN: 978-602-0836-22-5