

No :

**PRA RANCANGAN PABRIK FORMALDEHIDA
DARI METANOL DAN UDARA DENGAN
PROSES *DUAL CATALYST* DENGAN KAPASITAS
30.000 TON/TAHUN
PERANCANGAN PABRIK**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Konsentrasi Teknik Kimia



Oleh :

Nama : Nadia Ulfa Fitri

Nama : Labbaika Salsabila Sulistya

NIM : 16521076

NIM : 16521141

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2021

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRA RANCANGAN PABRIK FORMALDEHIDA DARI METANOL DAN UDARA DENGAN PROSES *DUAL CATALYST* DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nadia Ulfa Fitri

NIM : 16521076

Nama : Labbaika Salsabila Sulistya

NIM : 16521141

Yogyakarta, 22 Oktober 2021

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangan Pabrik ini adalah hasil karyasendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siapmenanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Nadia Ulfa Fitri



Labbaika Salsabila Sulistya

LEMBAR PENGESAHAN BIMBINGAN

**PRA RANCANGAN PABRIK FORMALDEHIDA
DARI METANOL DAN UDARA DENGAN
PROSES DUAL CATALYST DENGAN KAPASITAS
30.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Oleh :

Nama : Nadia Ulfa Fitri
NIM : 16521076

Nama : Labbaika Salsabila Sulistya
NIM : 16521141

Yogyakarta, 22 Oktober 2021,

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Suharno Rusdi, Ph.D.



Dr. Diana, S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK FORMALDEHIDA DARI METANOL DAN UDARA DENGAN PROSES DUAL CATALYST DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Nadia Ulfa Fitri

Nama : Labbaika Salsabila Sulistya

NIM : 16521076

NIM : 16521141

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat

untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 24 November 2021

Tim penguji

Dr. Suharno Rusdi, Ph.D.

Ketua Penguji

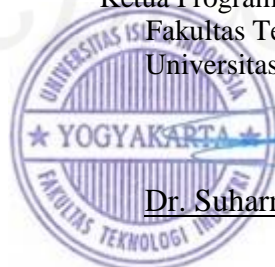
Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D

Penguji I

Ariany Zulkania, S.T, M.Eng.

Penguji II

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi, Ph.D.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil 'alamin. Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya Tugas Akhir yang berjudul "PRA RANCANGAN PABRIK FORMALDEHIDA DARI METANOL DAN UDARA DENGAN PROSES DUAL CATALYST DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN" ini dapat terselesaikan dengan baik.

Tidak lupa penulis haturkan sholawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW beserta para sahabatnya yang telah berjuang dari zaman jahiliyah hingga zaman sekarang yang kaya akan ilmu pengetahuan. Penulisan Laporan Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada program studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Selama melakukan penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis menyadari berkat bantuan dan tuntunan Allah SWT serta mendapat bimbingan, arahan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan ridho-Nya sehingga Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan semangat, motivasi dan doa selama menjalankan Tugas Akhir ini.

3. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia dan juga selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Dr. Diana, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang selalu memberikan semangat dan dukungan.
6. Dan pihak-pihak lainnya yang telah terlibat dalam proses penyusunan dan penyelesaian Laporan Penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini terdapat banyak kesalahan dan kekurangan dikarenakan kurangnya pengalaman dan ilmu pengetahuan. Maka, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan Laporan Tugas Akhir ini. Dan semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya.

Akhir kata, penulis ucapkan terimakasih.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 22 Oktober 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	i
LEMBAR PENGESAHAN BIMBINGAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
ABSTRAK	x
ABSTRACT	x
BAB I PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang	2
1.1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik	2
1.1.2 Ketersediaan Bahan Baku	4
1.1.3 Kapasitas Produksi	5
1.2 Tinjauan Pustaka	13
1.2.1 Proses pembuatan Produk	14
BAB II PERANCANGAN PRODUK	19
2.1 Spesifikasi Produk	19
2.2 Spesifikasi Bahan.....	19
2.2.1 Bahan Utama	20
2.2.2 Bahan Pembantu.....	21
2.3 Pengendalian Kualitas.....	22
2.3.1 Pengendalian kualitas Bahan Baku	22
2.3.2 Pengendalian Kualitas	22
BAB III PERANCANGAN PROSES	23
3.1 Uraian Proses	23
3.2 Spesifikasi Alat Proses.....	26
3.2.1 Tangki Penyimpanan Bahan Baku Metanol.....	26
3.2.2 Tangki Penyimpanan Produk Formaldehid.....	27

3.2.3	Vaporizer.....	28
3.2.4	Separator	29
3.2.5	Reaktor	29
3.2.6	Absorber.....	32
3.2.7	Absorber.....	32
3.2.8	Heat <i>Exchanger</i> – 01	33
3.2.9	Heat <i>Exchanger</i> – 02.....	34
3.2.10	Quencher – 01	35
3.2.11	Cooler – 01	36
3.2.12	Pompa	37
3.2.16	Fan - 01	37
3.2.17	Fan – 02.....	38
3.3	Perencanaan Produksi	39
3.3.1	Kapasitas perancangan	39
3.3.2	Perencanaan bahan baku dan alat proses	40
BAB IV	PERANCANGAN PABRIK	43
4.1	Lokasi Pabrik	43
4.1.1	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	43
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	45
4.2	Tata Letak Pabrik.....	46
4.3	Tata Letak Alat dan Proses	48
4.4	Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	52
4.5	Alir Proses dan Material	56
4.5.1	Neraca Massa	56
4.5.2	Neraca Panas	58
4.5.3	Diagram Alir Kualitatif	61
4.5.4	Diagram Alir Kuantitatif.....	62
4.6	Perawatan (Maintenance).....	63
4.7	Pelayanan Teknik (Utilitas)	64
4.7.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)....	65
4.7.2	Unit Pembangkit Steam	71

4.7.3	Unit Pembangkit Listrik.....	73
4.7.4	Unit Penyediaan Udara Tekan	73
4.7.5	Unit Pengadaan Dowtherm A	83
4.8	Organisasi Perusahaan	84
4.8.1	Bentuk Organisasi Perusahaan	84
4.8.2	Struktur Organisasi Perusahaan	86
4.8.3	Tugas dan Wewenang	90
4.8.4	Pembagian Jam Kerja Karyawan	97
4.8.5	Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji	99
4.8.6	Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	105
4.8.7	Manajemen Produksi.....	107
4.9	Evaluasi Ekonomi	110
4.9.1	Penaksiran Harga Peralatan.....	111
4.9.2	Dasar Perhitungan	114
4.9.3	Perhitungan Biaya	114
4.9.5	Hasil Perhitungan	120
4.9.6	Analisa Keuntungan	124
4.9.7	Hasil Kelayakan Ekonomi.....	125
BAB V KESIMPULAN		127
5.1	Kesimpulan	127
5.2	Saran	128
DAFTAR PUSTAKA.....		137
LAMPIRAN.....		131

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Produksi Formaldehida di Indonesia.....	4
Tabel 1. 2 Data Impor Formaldehida	5
Tabel 1. 3 Data Konsumsi Formaldehida di Indonesia	7
Tabel 1. 4 Data Ekspor Formaldehida.....	7
Tabel 1. 5 Pabrik formaldehida yang beroperasi di Indonesia	9
Tabel 1.6 Perbandingan Proses Pembuatan Formaldehida.....	17
Tabel 4. 1 Perincian luas tanah dan bangunan pabrik	47
Tabel 4. 2 Neraca Massa Total	56
Tabel 4. 3 Neraca Massa Vaporizer	56
Tabel 4. 4 Neraca Massa Separator	57
Tabel 4. 5 Neraca Massa Reaktor.....	57
Tabel 4. 6 Neraca Massa Quencher.....	57
Tabel 4. 7 Neraca Massa Absorber 1	58
Tabel 4. 8 Neraca Massa Absorber 2.....	58
Tabel 4. 9 Neraca Panas Vaporizer	58
Tabel 4. 10 Neraca Panas Heat Exchange 1	59
Tabel 4. 11 Neraca Panas Heat Exchanger 2.....	59
Tabel 4. 12 Neraca Panas Reaktor.....	59
Tabel 4. 13 Neraca Panas Quencher.....	60
Tabel 4. 14 Neraca Panas Cooler	60
Tabel 4. 15 Neraca Panas Absorber	60
Tabel 4. 16 Neraca Panas Absorber 2	61

Tabel 4. 17 Kebutuhan air pembangkit steam	70
Tabel 4. 18 Kebutuhan air pendingin	71
Tabel 4. 19 Kebutuhan air untuk perkantoran dan rumah tangga	71
Tabel 4. 20 Kebutuhan Dowtherm A	84
Tabel 4. 21 Jadwal kerja shift setiap regu	99
Tabel 4. 22 Jabatan dan keahlian.....	99
Tabel 4. 23 Perincian jumlah karyawan	101
Tabel 4. 24 Jumlah karyawan.....	102
Tabel 4. 25 Penggolongan gaji menurut jabatan	104
Tabel 4. 26 Indeks pada tahun referensi.....	112
Tabel 4. 27 Indeks pada tahun perancangan	113
Tabel 4. 28 Harga Alat dalam Proses Produksi.....	115
Tabel 4. 29 Physical Plant Cost (PPC).....	121
Tabel 4. 30 Direct Plant Cost (DPC).....	121
Tabel 4. 31 Fixed Capital Investment (FCI)	121
Tabel 4. 32 Direct Manufacturing Cost (DMC)	121
Tabel 4. 33 Indirect Manufacturing Cost (IMC)	122
Tabel 4. 34 Fixed Manufacturing Cost (FMC).....	122
Tabel 4. 35 Total Manufacturing Cost (MC).....	122
Tabel 4. 36 Working Capital (WC).....	123
Tabel 4. 37 General Expense (GE).....	123
Tabel 4. 38 Total biaya produksi.....	123
Tabel 4. 39 Fixed cost (Fa).....	123

Tabel 4. 40 Variable cost (Va) 124

Tabel 4. 41 Regulated cost (Ra) 124



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor Formaldehida.....	5
Gambar 1. 2 Grafik Konsumsi Formaldehida di Indonesia.....	8
Gambar 1. 3 Data Ekspor Formaldehida	10
Gambar 4. 1 Tata letak pabrik	49
Gambar4. 2 Tata Letak alat	50
Gambar 4. 3 Diagram Alir Kualitatif.....	61
Gambar 4. 4 Diagram Alir Kuantitatif.....	62
Gambar 4. 5 Struktur Organisasi	89
Gambar 4. 6 Indeks harga.....	113
Gambar 4. 7 Grafik hubungan harga vs kapasitas	126

ABSTRAK

Formaldehida merupakan senyawa yang banyak digunakan dalam bidang industri maupun bidang kesehatan. Di Indonesia bahan baku untuk pembuatan formaldehid sangat melimpah. Prarancangan pabrik formaldehid direncanakan akan dibangun di Bontang, Provinsi Kalimantan Timur, di wilayah tanah seluas 46.000 m². Pabrik kimia ini akan dioperasikan 330 hari dan dalam waktu 24 jam sehari. Dengan total 164 karyawan dari bahan baku metanol dan udara dengan kapasitas 30.000 ton/tahun.

Dengan formaldehida kemurnian 37% berat, metanol 10% dan air 53% menggunakan proses dual katalis, katalis yang digunakan iron molybdenum dan vanadium dioxide pada suhu reaksi 300°C dan tekanan 1 atm. Bahan baku yang dibutuhkan adalah metanol 16.313.633,3 ton/tahun dan udara 31.955.944,6 ton/tahun. Proses produksi akan dioperasikan pada suhu 300°C dan tekanan sekitar 1 atm menggunakan reaktor fixed bed multitube disusun secara paralel, karena pendingin reaktor digunakan Dowterm A. Reaksi konversi adalah 99%, menghasilkan formaldehida, metanol dan air produk. Pabrik ini membutuhkan 16.869 kg/jam air dari sungai Sangatta yang beroperasi di unit utilitas, 7.826 kg/jam uap, dan 274,417 kWh tenaga listrik yang disediakan oleh PLN dan juga membutuhkan generator sebagai cadangan.

Analisis ekonomi menunjukkan bahwa pabrik kimia ini harus ditutupi dengan modal tetap sekitar Rp 1.035.081.294.878 dan modal kerja sekitar Rp 135.791.672.000. Keuntungan sebelum pajak adalah Rp 216.381.392.000, sedangkan keuntungan setelah pajak adalah Rp 205.562.322.000. Persentase pengembalian investasi (ROI) sebelum pajak 17,094%, sedangkan setelah pajak adalah 12,821%, waktu pembayaran (POT) sebelum pajak adalah 3,69 tahun, sedangkan setelah pajaknya adalah 4,38 tahun. Nilai break event point (BEP) sekitar 54,22%, sedangkan shut down point (SDP) sekitar 22,08%. Nilai discount rate cash flow (DCFR) sekitar 29,53%. Dari hasil analisis di atas terlihat bahwa hasilnya sangat memuaskan sehingga pabrik tersebut menarik dan bisa untuk dibangun.

Kata kunci : Formaldehida, Proses Dual Katalis, Fixed bed multi tube

ABSTRACT

Formaldehyde is a compound that is widely used in industry and in the health sector. In Indonesia, the raw materials for the manufacture of formaldehyde are very abundant. A design formaldehyde plant is planned to be built in Bontang, East Kalimantan Province, on a land area of 46,000 m². This chemical plant will be operated 330 days and within 24 hours a day. With a total of 164 employees from raw materials methanol and air with a capacity of 30,000 tons / year.

With formaldehyde purity of 37% by weight, 10% methanol and 53% water using a dual catalyst process, the catalyst used was iron molybdenum and vanadium dioxide at a reaction temperature of 300°C and a pressure about 1.3 atm. The raw materials needed are methanol 16,313,633.3 tons/year and air 31,955,944.6 tons/year. The production process will be operated at a temperature of 300°C and a pressure of about 1 atm using a fixed bed multitube reactor arranged in parallel, because the reactor coolant is used Dowterm A. The conversion reaction is 99%, producing formaldehyde, methanol and product water. This plant requires 16,869 kg/hour of water from the Sangatta river operating in the utility unit, 7,826 kg/hour of steam, and 274,417 kWh of electricity provided by PLN and also requires a generator as a reserve.

An economic analysis shows that this chemical plant needs to be covered by fixed capital of about Rp 1,035,081,294,878 and working capital of about Rp.135,791,672,000. The profit before taxes is Rp.216,381,392,000, while the profit after taxes is Rp. 205,562,322,000. Percentage of return on investment (ROI) before taxes is 17.094%, while after taxes is 12.821%, %, pay out time (POT) before taxes is 3.69 years, while after taxes is 4.38 years. The value of break event point (BEP) for about 54.22%, while shut down point (SDP) of about 22.08%. The value of discounted cash flow rate (DCFR) for about 29.53%.

From the analyses above it showed that the result was satisfied so the plant are interesting and can be built.

Keywords : Formaldehyde , Dual Catalyst Process, Fixed bed multi tube

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia adalah salah satu negara berkembang yang mempunyai sumber daya alam maupun sumber daya manusia yang melimpah. Sebagai salah satu negara yang sedang berkembang, sudah selayaknya meningkatkan pembangunan di bidang industri yang diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan membuka lapangan kerja. Sumber daya yang ada di Indonesia sangat berpotensi untuk terus berkembang di berbagai bidang, salah satunya adalah bidang industri, baik yang bersifat padat modal maupun padat teknologi dan mempunyai prospek pemasaran yang menguntungkan. Salah satu industri yang memiliki syarat-syarat tersebut adalah industri kimia formaldehida.

Formaldehida merupakan senyawa dari gugus aldehid yang juga dikenal dengan nama metanal dan merupakan salah satu bahan kimia organik yang sangat penting dalam industri kimia. Bahan kimia ini banyak digunakan sebagai bahan baku maupun bahan pembantu untuk berbagai industri kimia.

Data statistik menunjukkan bahwa konsumsi formaldehida di Indonesia pada tahun 2010 hingga 2015 meningkat hampir di setiap tahunnya. Seperti pada tahun 2010, konsumsi formaldehida mencapai 27.642 ton/tahun, sedangkan pada tahun 2015, konsumsi formaldehida

naik hingga mencapai 178163,14 ton/tahun (Data Konsumsi BPS, 2019). Sayangnya, Indonesia masih perlu mengimpor kebutuhan formaldehida dari luar negeri. Seperti data yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik, pada tahun 2020 Indonesia masih mengimpor setidaknya 615 ton/tahun formaldehida dari luar negeri. Hal ini mengakibatkan devisa negara berkurang, sehingga untuk menanggulangi hal ini perlu dilakukan langkah strategis. Salah satu langkah strategis yang dapat dilakukan adalah dengan mendirikan pabrik formaldehida. Dengan didirikannya pabrik ini, selain untuk menghemat devisa negara juga dapat membuka kesempatan untuk ahli teknologi industri kimia dan tenaga terdidik lainnya untuk berkarya, mengurangi angka pengangguran dan kemiskinan, dan meningkatkan pendapatan asli daerah setempat.

Kegunaan formaldehida diantaranya, yaitu pada pembuatan melaminformaldehida, urea formaldehida, fenolformaldehida, *tryoxane*. Formaldehida juga digunakan dalam pembuatan bahan kimia antara lain sintesa 1,4 butadienol, *trimethylol propane* dan *neophentyl glycol* yang digunakan dalam pembuatan produk *polyester plastic*, *synthetic lubricating oil*. Selain itu formaldehida digunakan secara langsung, akan tetapi dalam jumlah kecil misalnya sebagai pengawet bahan penelitian dan desinfektan pada ruangan rumah sakit (Mc. Ketta, 1983).

1.1.2 Ketersediaan Bahan Baku

Pada pembuatan formaldehida ini bahan baku yang digunakan adalah metanol dan udara. Dimana bahan baku tersebut diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Indonesia (KMI) di Bontang, Kalimantan Timur, Indonesia dengan kapasitas produksi pabrik metanol tersebut mencapai 660.000 ton/tahun dimana 70% dari kapasitas diekspor ke luar negeri, sedangkan 30% sisanya dijual untuk kebutuhan domestik. Sedangkan udara diambil dari udara bebas.

Dengan melihat adanya bahan baku yang sangat banyak dan cukup untuk memproduksi formaldehida serta kebutuhan formaldehida di Asia yang besar, maka hal ini sangat memungkinkan untuk mendirikan pabrik formaldehida di Indonesia. Formaldehida yang akan diproduksi berkadar 37%, ini disesuaikan dengan kebutuhan industri perekat kayu. Selain itu kadar formaldehida yang terdapat di pasaran nasional maupun internasional berkadar 37% - 55%, jadi formaldehida yang akan diproduksi telah disesuaikan dengan kebutuhan pasar. Pendirian pabrik ini juga bertujuan untuk dapat menjadi bahan yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi sehingga akan meningkatkan orientasi ekspor di Indonesia.

1.1.3 Kapasitas Produksi

Dalam menentukan kapasitas pabrik formaldehida ada beberapa yang perlu dipertimbangan, yaitu antara lain:

1. Penentuan Kapasitas Formaldehida di Indonesia

Kebutuhan formaldehida di Indonesia setiap tahun cenderung mengalami peningkatan, sehingga negara Indonesia masih mengimpor formaldehida dari negara lainnya. Berdasarkan data dari BPS (*Badan Pusat Statistik*), data *supply dan demand* dari tahun 2009 sampai 2015 adalah sebagai berikut :

a. *Supply*

- Produksi dalam negeri

Di Indonesia, ada beberapa pabrik formaldehida yang telah berdiri sebagaimana yang ditunjukkan oleh tabel 1.1. Jika dianggap tidak ada penambahan pabrik formaldehida hingga tahun 2025, maka kapasitas total produksi dalam negeri adalah sebanyak 335.500 ton/tahun.

Tabel 1.1 Data Produksi Formaldehida di Indonesia

No	Nama	Kapasitas (ton/tahun)
1	PT. Arjuna Utama Kimia	23.000
2	PT. Batu Penggal Chemical Industry	28.000
3	PT. Belawandeli Chemical	30.000
6	PT. Gelora Citra Kimia Abadi	48.000
7	PT. Intan Wijaya Chemical Industry	61.500
8	PT. Lakosta Indah	28.000
9	PT. Putra Sumber Kimindo	45.000
10	PT. Sabak Indah	72.000
TOTAL		335.500

(Sumber: kemendag.go.id)

- Impor dari luar negeri

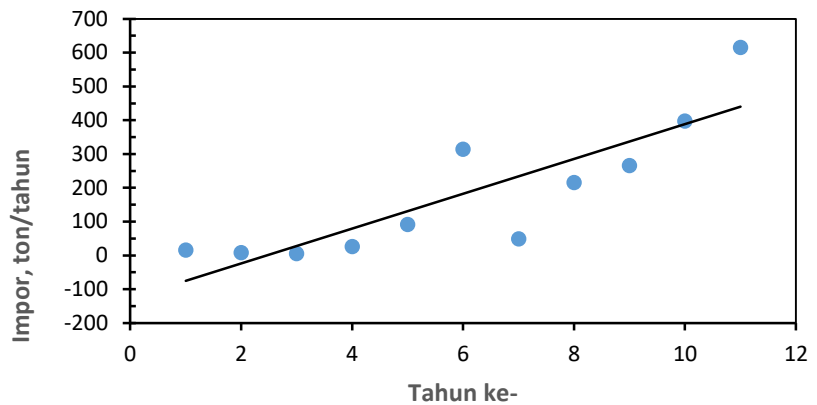
Data statistik yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) tentang kebutuhan impor formaldehida di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Perkembangan data impor akan formaldehida di Indonesia pada tahun 2010 sampai tahun 2020 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Impor Formaldehida

Tahun	Data ke-	Jumlah Impor (ton/tahun)
2010	1	15,9
2011	2	8,3
2012	3	5,3
2013	4	25,7
2014	5	91,7
2015	6	313,9
2016	7	48,9
2017	8	215,1
2018	9	266,1
2019	10	397,4
2020	11	615,4

(Sumber: *comtrade.un.org*)

Berdasarkan data impor formaldehida di atas, dapat dibuat grafik linier antara data tahun pada sumbu x dan data impor pada sumbu y, sehingga didapatkan grafik proyeksi linier seperti Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik Impor Formaldehida

Dari Gambar 1.1, dapat diperkirakan impor Formaldehida di Indonesia pada tahun yang akan datang dengan menggunakan persamaan $y = 51,566x - 127,24$ dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah impor Formaldehida. Dengan persamaan di atas diperkirakan untuk tahun 2025 kebutuhan impor Formaldehida di Indonesia sebesar 697,816 ton/tahun. Didapatkan dari perhitungan berikut :

$$y = 51,566x - 127,24 \quad (1.1)$$

$$y = 51,566(16) - 127,24$$

$$y = 825,056 - 127,24$$

$$y = 697,816$$

Berdasarkan data impor dan produksi formaldehida di Indonesia pada tahun 2025 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai *supply*(Penyediaan) dari formaldehida di Indonesia, yaitu :

$$\text{Supply} = \text{Produksi} + \text{Impor}$$

$$\text{Supply} = 33.500 + 697,816$$

$$\text{Supply} = 336.917,816 \text{ ton/tahun}$$

b. *Demand*

Demand dapat di definisikan sebagai jumlah keseluruhan dari barang dan jasa yang ingin dibeli atau diminta oleh konsumen, atau individu dalam waktu tertentu pada berbagai macam tingkat harga. Permintaan timbul akibat adanya kebutuhan seseorang terhadap barang tertentu dan barang yang dimintanya umumnya berbeda-beda. Dalam konsep demand tersebut terdapat dua variabel yaitu variabel ekspor dan variabel konsumsi dalam negeri.

- Konsumsi Dalam Negeri

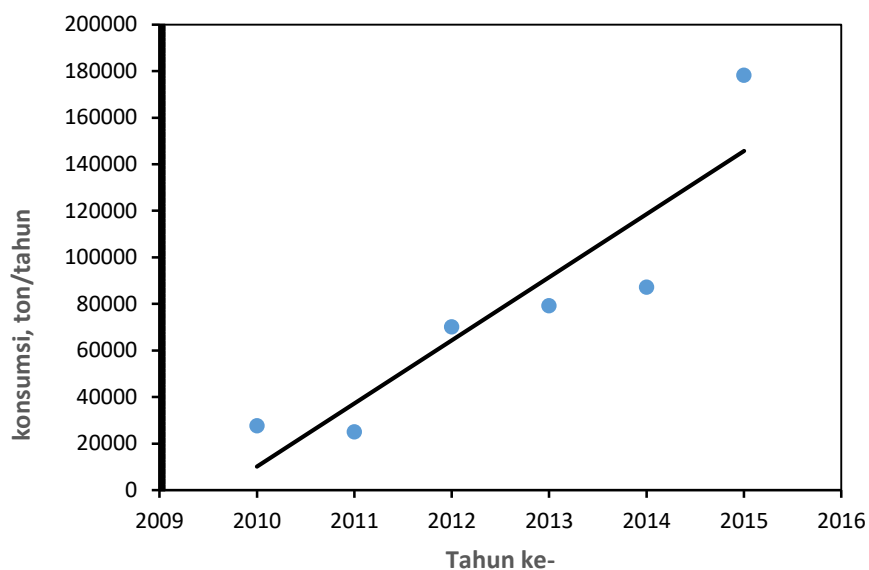
Konsumsi Formaldehida menurut data statistik yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) tentang kebutuhan linier Formaldehida di Indonesia dari tahun ke tahun terus meningkat. Data konsumsi atau pemakaian akan formaldehida di Indonesia pada tahun 2010 sampai tahun 2015 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data Konsumsi Formaldehida di Indonesia

Tahun	Data Ke	Jumlah Kebutuhan (ton/tahun)
2010	1	27642,60
2011	2	25044,50
2012	3	70136,96
2013	4	79261,94
2014	5	87240,21
2015	6	178163,14

(Badan Pusat Statistik, 2019)

Dari data konsumsi Formaldehida diatas dapat dibuat grafik linier antara data tahun pada sumbu x dan data konsumsi dari sumbu y, grafik dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Grafik Konsumsi Formaldehida di Indonesia

Perkiraan konsumsi formaldehida di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 27095x - 5E+04$ dimana x sebagai tahun dan y sebagai jumlah konsumsi formaldehida.

Dengan persamaan di atas diperkirakan untuk tahun 2025 kebutuhan konsumsi formaldehida di Indonesia sebesar 383520 ton/tahun. Jumlah ini didapatkan melalui perhitungan :

(1.2)

$$y = 27.095x - 5E + 04$$

$$y = 27.095(16) - 5E + 04$$

$$y = 433.520 - 5E + 04$$

$$y = 383.520$$

- Ekspor ke Luar Negeri

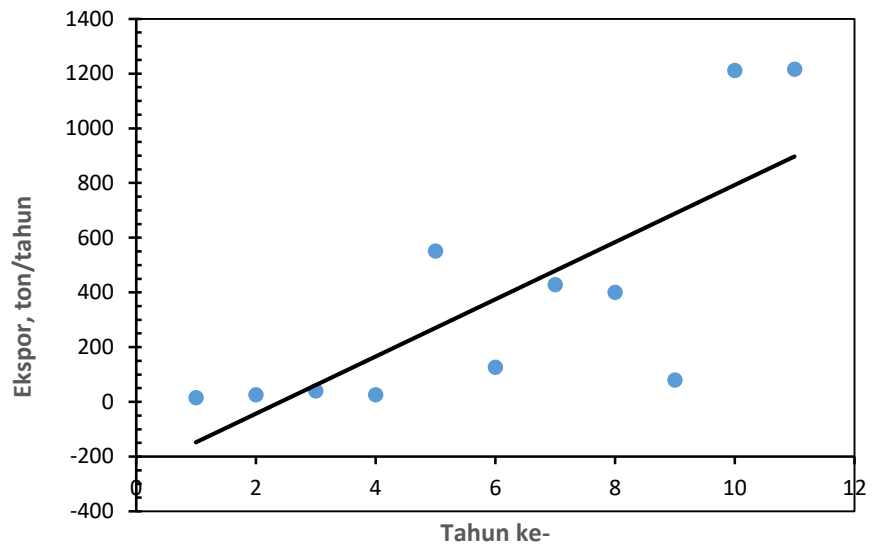
Data statistik yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) tentang kebutuhan ekspor formaldehida, didapatkan data ekspor tahun 2010 sampai tahun 2020 seperti pada tabel 1.5.

Tabel 1.5 Data Ekspor Formaldehida

Tahun	Data ke-	Jumlah Ekspor (ton)
2010	1	14,89
2011	2	25,4
2012	3	39,8
2013	4	25,6
2014	5	551,3
2015	6	126,8
2016	7	428,9
2017	8	399,8
2018	9	79,8
2019	10	1211,7
2020	11	1215,38

(Sumber: comtrade.un.org)

Dari data ekspor di atas dapat dibuat grafik linier antara data tahun sumbu x dan data ekspor sumbu y, grafik dapat dilihat pada Gambar1.3.



Gambar 1.3 Data Ekspor Formaldehida

Nilai perkiraan ekspor formaldehida pada tahun 2025 atau pada saat pembangunan pabrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 104,49x - 252,44$ dengan keterangan nilai x adalah tahun pembangunan pabrik dan nilai y adalah jumlah ekspor. Dengan persamaan tersebut diperkirakan pada tahun 2025 kebutuhan ekspor formaldehida adalah sebesar:

$$y = 104,49x - 252,44 \quad (1.3)$$

$$y = 104,49(16) - 252,44$$

$$y = 1.671,84 - 252,44$$

$$y = 1.419,4 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan data ekspor dan konsumsi formaldehida di Indonesia pada tahun 2025 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai *demand* (permintaan) dari formaldehida di Indonesia, yaitu :

$$Demand = Konsumsi + Ekspor$$

$$Demand = 383.520 + 1.419,4$$

$$Demand = 384.939,4 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan proyeksi *supply* dan *demand* pada tahun 2025, maka peluang pasar formaldehida dapat ditentukan kapasitas perancangan pabrik sebagai berikut :

$$Peluang = Demand - Supply$$

$$Peluang = 384.939,4 - 336.197,816$$

$$Peluang = 48.741,584 \text{ ton/tahun}$$

2. Kapasitas Pabrik Formaldehida yang Beroperasi di Indonesia

Berikut pabrik yang sudah beroperasi di Indonesia adalah sebagai berikut :

Tabel. 1.5 Pabrik formaldehida yang beroperasi di Indonesia

No	Nama	Kapasitas (ton/tahun)
1	PT. Arjuna Utama Kimia	23.000
2	PT. Batu Penggal Chemical Industry	28.000
3	PT. Belawandeli Chemical	30.000
6	PT. Gelora Citra Kimia Abadi	48.000
7	PT. Intan Wijaya Chemical Industry	61.500
8	PT. Lakosta Indah	28.000
9	PT. Putra Sumber Kimindo	45.000
10	PT. Sabak Indah	72.000

(sumber :

<http://www.kemendag.go.id>)

Dari data dan hasil perhitungan pada sub bab 1.1.3.1, peluang kapasitas pabrik formaldehida pada tahun 2025 adalah sebesar 48.741,58 ton/tahun. Kemudian dari tabel 1.5 dapat dilihat kapasitas terendah dari pabrik yang telah beroperasi sebesar 23.000 ton/tahun. Dengan mempertimbangkan kapasitas pabrik yang telah beroperasi dan peluang yang telah dihitung sebelumnya, maka diambil kapasitas pabrik yang akan berdiri sebesar 60%. Maka, kapasitas pabrik yang akan berdiri pada tahun 2025 adalah sebesar 30.000 ton/tahun. Formaldehida akan diekspor ke beberapa negara di Asia maupun Eropa. Hal ini untuk meningkatkan perekonomian Indonesia di bidang industri dan sebagian akan digunakan di dalam negeri.

1.2 Tinjauan Pustaka

Formaldehida (diformulasikan CH_2O) adalah suatu senyawa organik yang paling sederhana dari aldehida, digunakan sebagai bahan baku dalam jumlah besar untuk berbagai macam proses pembuatan bahan-bahan kimia. Formaldehida dapat diproduksi oleh reaksi oksidasi metanol dengan udara dan dibantu dengan adanya katalis. Formaldehida dapat diproduksi dengan biaya yang relatif rendah, kemurnian tinggi, dan dari berbagai reaksi kimia, menjadikan formaldehida salah satu bahan kimia industri yang paling banyak diproduksi di dunia (Bizzari, 2007).

1.2.1 Proses pembuatan Produk

Ada beberapa macam untuk membuat produk formaldehida. Proses-proses tersebut adalah sebagai berikut:

1. Proses Hidrokarbon

Proses hidrokarbon adalah proses yang dikembangkan pada awal perkembangan industri formaldehida. Proses ini merupakan proses oksidasi langsung dari hidrokarbon yang lebih tinggi dan hidrokarbon ini bereaksi pada suhu 400-500 °C. Biasanya yang digunakan adalah etilen dengan katalis asam borat atau asam fosfat atau garamnya dari campuran *clay* atau tanah diatomik. Proses ini mempunyai kelemahan yang merupakan alasan mengapa proses ini tidak dikembangkan lagi, yaitu dihasilkan beberapa hasil samping, yang terbentuk bersama-sama formaldehida, antara lain asetaldehid, *propane*, asam-asam organik. Sehingga tentu saja diperlukan pemurnian untuk mendapatkan formaldehida dengan kemurnian tertentu. Dengan demikian proses menjadi mahal dan hasilnya kurang memuaskan (Kirk&Othmer, 1978).

2. Proses *Silver Catalyst*

Proses ini menggunakan katalis perak dengan reaktor *fixed bed multitube*. Katalis ini berbentuk kristal-kristal perak yang ditumpuk pada *tube*. Katalis ini mempunyai umur sekitar 12 bulan. Katalis ini mudah teracun oleh sulfur dan beberapa logam dari golongan transisi.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

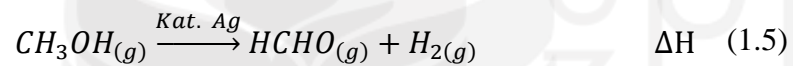
1. Oksidasi



$$= -37,3 \text{ kkal/mol}$$

$$T = 650^\circ\text{C}, P = 1,3 \text{ atm}$$

2. Dehidrogenasi



$$= 20,3 \text{ kkal/mol}$$

$$T = 700^\circ\text{C}, P = 1,3 \text{ atm}$$

Secara keseluruhan reaksinya adalah reaksi eksotermis dan pada suhu yang tinggi yaitu 650-600 °C dan tekanan sedikit diatas tekanan atmosfer. Pada proses ini udara yang dimurnikan direaksikan dengan metanol dalam reaktor katalitik.

Produk yang didinginkan dengan cepat dengan pendingin *dowtherm A*, selanjutnya dialirkan ke menara absorber dimana metanol, air dan formaldehida terkondensasi di dasar menara. Untuk memurnikan produk sesuai dengan keinginan dilakukan pemurnian dengan proses destilasi. Konversi yang diperoleh dapat mencapai

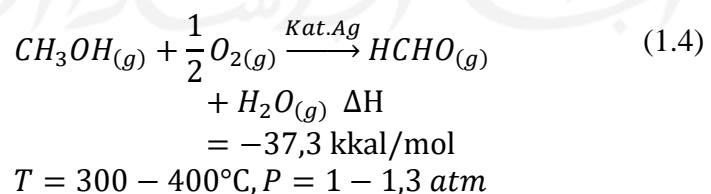
65,1% dengan *yield* keseluruhan mencapai 89,1% (Mc. Ketta, 1983).

Kelemahan proses methanol dengan menggunakan katalis perak, antara lain :

- a. Perbandingan komposisi antara methanol dan udara diperlukan metanol yang lebih banyak dari kebutuhan stoikiometri, sehingga hasil akhir masih mengandung sisa methanol yang cukup banyak.
- b. Konversi reaksi cukup tinggi, tapi ada reaksi samping yang mengurangi hasil akhir.
- c. Katalis perak sangat terpengaruh terhadap racun katalis yang terbentuk pada permukaannya, hingga umurnya menjadi pendek. Bila kecepatan aliran semakin besar, maka suhu juga semakin besar, sehingga terjadi dekomposisi formaldehida menjadi gas H₂ dan CO (Kirk&Othmer, 1978).

3. Proses Metal Oxide Catalyst

Proses pembuatan formaldehida menggunakan methanol dan katalis *Iron molybdenum oxide*. Katalis ini mempunyai umur sekitar 12 sampai 18 bulan. Proses ini beroperasi pada suhu 300-400 °C, dan tekanan 1-1,5 atm. Reaksi yang terjadi :

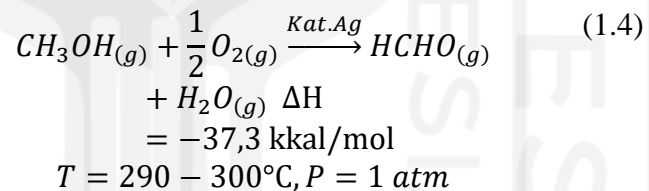


Konversi yang diperoleh mencapai 98,4% dengan *yield* keseluruhan formaldehida 94,4%. Gas yang keluar dari reaktor didinginkan melalui *waste heat boiler* sebelum memasuki absorber. (Mc. Ketta, 1983)

(Kirk & Orhmer, hal 494)

4. Proses Dual Catalyst

Proses pembuatan formaldehida menggunakan methanol dengan katalis *molybdenum oxide* dan *vanadium oxide*. Katalis ini mempunyai umur sekitar 12 hingga 18 bulan. Proses ini beroperasi pada suhu 290-300 °C, dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi adalah:



Konversi yang diperoleh mencapai 99%. Gas yang dikeluarkan dari reaktor didinginkan melalui *waste heat boiler* sebelum memasuki absorber. (US6559345)

Tabel 1.7 Perbandingan Proses Pembuatan Formaldehida

Proses	Suhu Operasi (C)	Konversi	Katalis/Bulan
Hidrokarbon	400-500	-	Asam borat atau Asam fosfat
<i>Silver Catalyst</i>	600-650	65,1%	Ag/12
<i>Metal Oxide Catalyst</i>	300-400	98,4%	Fe ₂ O ₃ MoO ₃ Cr ₂ O ₃ /18
<i>Dual Catalyst</i>	290-300	99%	V ₂ O ₅ dan MoO ₃

Dari berbagai macam proses di atas maka pada prarancangan ini dipilih proses *dual catalyst*, dengan pertimbangan konversi yang tinggi, suhu dan tekanan operasi rendah, umur katalis yang panjang dan proses yang sederhana.

BAB II PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

2.2 Spesifikasi Bahan

	Formaldehida (CH ₂ O) 37%	Metanol (CH ₃ OH) 10%	Air (H ₂ O) 53%
Wujud	Cair pada suhu 30° C	Cair pada suhu 30° C	Cair pada suhu 30° C
Tekanan (atm)	1	1	1
Warna	Jernih	Jernih	Jernih
Rumus molekul	CH ₂ O	CH ₃ OH	H ₂ O
Berat molekul (kg/mol)	30	32	18
Titik lebur (°C)	-117	-	0
Titik didih (°C)	99	64,7	-
Temperatur kritis(°C)	135	-	-
Tekanan kritis (atm)	65	78,5	-
Viskositas pada 30° C (g/cm ³)	1,11	-	-
Panas pembakaran (kkal/gmol)	134,1	-173,65	-
Panas pembentukan 25°C (kkal)	-27700	-57,036	-
Panas penguapan (kkal/gmol)	5570	8430	-
Kapasitas panas (kal/mol. K)	5,607 + 7,54.10 ⁻³ T + 7,13.10 ⁻⁶ T ² -5,494.10 ⁻¹⁰ T ³	5,052+1,694.10 ⁻² T + 6,179.10 ⁻⁶ T ² - 6,811.10 ⁻⁹ T ³	-
Kemurnian (%)	37	-	-
Impuritis (%)	Metanol 10, H ₂ O 53	-	-
Agf (kJ/mol)	-109,9	-	-
ΔHf (kJ/mol)	-115,9	-	-

2.2.1 Bahan Utama

	Metanol (CH ₃ OH)	Udara	
		N ₂	O ₂
Wujud	Cair pada suhu 30° C	Gas tidak berwarna	Gas tidak berwarna
Tekanan (atm)	1	-	-
Warna	Jernih	-	-
Berat molekul kg/kmol	32	28	32
Titik didih (°C)	64,7	-195,8	-183
Titik lebur (°C)	-	-209,68	-218,4
Temperatur kritis(°C)	240	-146,9	-116,55
Tekanan kritis (atm)	78,5	33,45	49,93
Panas pembakaran 25°C (kal/gmol)	-173,65	-	-
Panas pembentukan 25°C, cair (kal)	-57,036	-	-
Panas pembentukan 25°C, gas (kal)	-48,100	-	-
Panas penguapan (kal/gmol)	8430	-	-
Kapasitas panas (kal/mol. K)	$5,607 + 7,54 \cdot 10^{-3} T + 7,13 \cdot 10^{-6} T^2 - 5,494 \cdot 10^{-10} T^3$	-	-
Kemurnian (%)	99,85	-	-
Impuritis (%)	H ₂ O 0,15	-	-

(Mc. Ketta, 1983)

2.2.2 Bahan Pembantu

1. H₂O

Berat molekul	: 18 kg/kgmol
Titik didih	: 100°C
T _c	: 101,15°C
P _c	: 218,4 atm
Kapasitas panas	: 3,47 + 1,45.10 ⁻³ T + 0,121.105 T ² Kal/mol K

2. Katalisator Molybdenum Oxide

Wujud	: Padat
Bentuk	: sphered
Densitas	: 1,8918 gr /cm ³
Diameter	: 0,5 cm
Porositas bed	: 0,4
Densitas bulk	: 0,65 gr/ cm ³

3. Katalisator Vanadium Pentaoksida

Wujud	: Padat
Bentuk	: sphered
Densitas	: 3,357 gr/cm ³
Diameter	: 0,6 cm
Porositas Bed	: 0,3
Densitas Bulk	: 0,6 gr/cm ³

2.3 Pengendalian Kualitas

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku tidak baik, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa pada bagian Laboratorium Pemeriksaan. Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik formaldehida ini meliputi :

2.3.1 Pengendalian kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses atau belum sesuai. Apabila setelah dianalisa ternyata tidak sesuai, maka ada kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dikembalikan kepada *supplier*.

2.3.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas produk dilakukan terhadap produksi formaldehida. Pengendalian kualitas produk pada waktu pemindahan (dari satu tempat ke tempat lain). Pengendalian kualitas yang dimaksud adalah pengawasan produk terutama formaldehida pada saat akan dipindahkan dari tangki penyimpanan ke alat transportasi baik truk maupun kapal.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

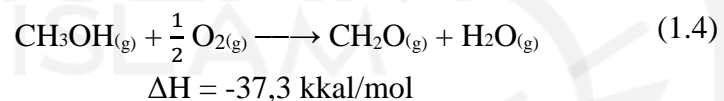
3.1 Uraian Proses

Bahan baku udara dari lingkungan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm kemudian di *fan* dengan F-02 menuju *Heat Exchanger* (HE-02) untuk dipanaskan suhunya menjadi 300°C. Tujuan untuk disesuaikan dengan suhu operasi pada reaktor.

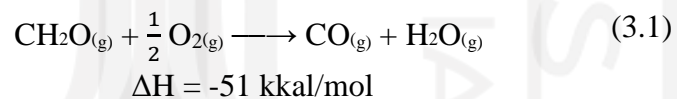
Bahan baku metanol cair disimpan di dalam tangki penyimpanan metanol (T-01) pada suhu lingkungan 30°C dan tekanan 1 atm untuk menjaga agar fase metanol tetap pada fase cair. Kemudian bahan baku metanol cair dipompa (P-01) pada tekanan 1 atm dan dialirkan menuju *vaporizer* (VP-01), media yang digunakan untuk memaaskan adalah *saturated steam*. Uap metanol yang keluar dari (VP-01) selanjutnya diumpankan ke *separator* (SP-01) untuk memisahkan cairan dengan uapnya. Sisa cairan hasil bawah *separator* (SP-01) kemudian di campurkan lagi di *ejector* (E-01) dengan bahan baku metanol dari tangki (T-01).

Uap metanol yang keluar dari (SP-01) dengan suhu 74°C, selanjutnya dialirkan ke *Heat exchanger* (HE-01) untuk dipanaskan agar suhu menjadi 300°C agar sesuai dengan suhu operasi pada reaktor.

Campuran metanol, dan udara pada suhu 300°C dan tekanan 1 atm diumpankan pada reaktor *fixed bed multi tube* (R-01), dengan kondisi non isothermal dan adiabatik. Di dalam reaktor akan terjadi reaksi oksidasi (reaksi eksotermis dan *irreversible*) sebagai berikut:



Reaksi terjadi pada fase gas dengan katalis padat Fe dan Mo. Pada temperatur 300-400°C dan tekanan 1 atm metanol teroksidasi membentuk formaldehid, dan besarnya konversi metanol dapat mencapai 99%. Temperatur sangat mempengaruhi konversi yang terbentuk. Apabila suhu reaktor mencapai > 400°C atau diluar kisaran suhu yang diijinkan (300-400°C) maka akan terbentuk reaksi samping.



(Mc. Ketta, 1983)

oleh karena itu medium pendingin sangat berperan penting untuk mencegah terbentuknya reaksi samping yang tidak diinginkan. Di dalam reaktor akan terjadi kenaikan temperatur akibat dari reaksi yang bersifat eksotermis, sehingga untuk mempertahankan suhu reaksi keluar dari reaktor sebesar 300°C diperlukan pendingin yang mengalir di *shell* reaktor. Pendingin yang digunakan adalah *dowterm A*.

Produk gas keluar reaktor terdiri dari CH_2O , H_2O , CH_3OH , O_2 dan N_2 pada suhu 300°C dan tekanan 1 atm, Selanjutnya dilewatkan ke quencher (Q-01) untuk didinginkan suhunya menjadi 100°C dengan menggunakan pending air pendingin dari utilitas. kemudian dari quencher (Q-01) di dinginkan lagi dengan cooler (CL-01) sehingga suhunya menjadi 50°C . Kemudian diumpankan ke absorber (AB-01) yang berfungsi menyerap gas formaldehid dengan menggunakan media penyerap air. Produk atas absorber berupa gas, di umpankan ke absorber (AB-02) untuk dilakukan absorpsi menggunakan media penyerap air proses . Hasil atas dari absorber (AB-02) dibuang ke udara, sedangkan produk bawah absorber (AB-02) berupa larutan CH_2O 2,1 %, CH_3OH 0,02% dan H_2O 97,8 % dimana larutan tersebut dipompa untuk diumpankan ke absorber (AB-01). Selanjutnya hasil bawah absorber (AB-01) dengan suhu 31°C dan tekanan 1 atm dipompa untuk diumpankan ke ejector (E-02) dimana akan dicampurkan methanol dari tangki (T0-1) untuk mendapatkan hasil yang di inginkan. Sehingga produk yang dihasilkan berupa formaldehyde 37% di alirkan menuju tangki penyimpanan produk (T-02).

3.2 Spesifikasi Alat Proses

3.2.1 Tangki Penyimpanan Bahan Baku Metanol

Kode	: (T-01)
Fungsi	: Menyimpan bahan baku metanol 99,85% selama 2 minggu sebanyak 508297,6416 kg
Tipe	: Tangki silinder tegak (vertical cylinder) dengan dasar datar (flat bottom) dan atap conical.
Kondisi Penyimpanan	
Suhu	: 30°C
Tekanan	: 1 atm
Jumlah	: 1 buah
Volume	: 649,0284 m ³
Bahan konstruksi	: Carbon steel SA 283 grade C
Diameter	: 9,973 m
Tinggi	: 10,97 m
Tebal shell	
• Course 1	: 0,31 in
• Course 3	: 0,23 in
• Course 4	: 0,19 in
• Course 5	: 0,1875 in
• Course 6	: 0,1875 in
• Course 7	: 0,1875 in
• Course 8	: 0,1875 in
Tebal head	: 0,277 in

Tinggi head : 73,935 in

Harga alat : US\$ 276,321

3.2.2 Tangki Penyimpanan Produk Formaldehid

Kode : (T-02)

Fungsi : Menyimpan produk formaldehid selama 7 hari sebanyak 636363,6364kg

Tipe : Tangki silinder tegak (vertical cylinder) dengan dasar datar (flat bottom) dan atap conical.

Kondisi Penyimpanan

Suhu : 35°C

Tekanan : 1 atm

Jumlah : 1 buah

Volume : 820,632644 m³

Bahan konstruksi : Stainless steel 304

Diameter : 10,14 m

Tinggi : 10,9 m

Tebal shell

• Course 1 : 0,31 in

• Course 2 : 0,27 in

• Course 3 : 0,23 in

• Course 4 : 0,19 in

• Course 5 : 0,1875 in

• Course 6 : 0,1875 in

• Course 7 : 0,1875 in

• Course 8 : 0,1875 in

Tebal head : 0,3125 in

Tinggi head : 73,93 in

Harga alat : US\$ 283,229

3.2.3 Vaporizer

Kode : (VP-01)

Fungsi : Menguapkan metanol sebelum bercampur dengan udara dan off gas absorber

Tipe : Shell and Tube Heat *Exchanger*

Jumlah : 1 buah

Kondisi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 74°C

Beban panas : 2206656,677 kJ/jam

Luas transfer panas : 11,729416 m²

Spesifikasi alat tube

OD : 1,905 cm

ID : 1,473 cm

Pass : 2

BWG : 14

L : 365,76 cm

Nt : 56 buah

Spesifikasi alat Shell

ID	: 23,25 cm
Pass	: 1
Buffle	: 25,4 cm
Bahan	: Carbon steel SA 283 grade C
Harga alat	: US\$ 283,229

3.2.4 Separator

Kode	: (SP-01)
Fungsi	: Memisahkan campuran uap-cair dari vaporizer, 80% uap dan sisanya direcycle ke vaporizer
Tipe	: Silinder Vertikal, torispherical dishhead
Jumlah	: 1 buah
Kondisi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 74°C
Diameter	: 0,762 m
Tinggi	: 1,771 m
Tebal shell	: 0,476 cm
Tebal head	: 0,325 cm
Bahan	: Carbon steel SA 283 grade C
Harga alat	: US\$ 6,908,019

3.2.5 Reaktor

Kode	: (R-01)
Fungsi	: Sebagai tempat berlangsungnya reaksi oksidasi metanol menjadi formaldehid dengan bantuan

katalisiron molybdenum oxide dan vanadium dioxide

Tipe : Fixed bed multitube disusun paralel

Jumlah : 1 buah

Tekanan : 1,4 atm

Suhu : 300°C

Spesifikasi alat

a. Katalisator

• Bahan : Iron molybdenum oxide (MoO_3)

Bentuk : sphere

Umur : 18 bulan

Diameter : 0,5cm

Density : 4,89g/cm³

Porositas : 0,389

Bulk density : 0,65 g kat/m³ reaktor

• Bahan : Vanadium Pentaoksida (V_2O_5)

Bentuk : sphere

Umur : 18 bulan

Diameter : 0,6 cm

Density : 3,357 gr/cm³

Porositas : 0,5

Bulk density : 0,6 g kat/m³ reaktor

b. Tube

Panjang tube : 8,38 m

ID : 4,089 cm

OD : 4,826 cm

A : 13,1613 cm²

Jumlah

c. Shell : 550 buah

ID : 93,98 cm

Tebal shell

d. Pendingin : 0,476 cm

Bahan : Dowterm A

Suhu masuk : 100°C

Suhu keluar : 290°C

e. Head

Bentuk : elipstical dished head

Tinggi : 27,08 cm

Tebal : 0,476 cm

Volume

f. Reaktor : 160,770 cm³

Tinggi : 3,9417 m

Volume : 0,1500 m³

Bahan : Carbon steel SA 283 grade C

Harga alat : US\$12.434

3.2.6 Absorber

Kode	: (AB-01)
Fungsi	: Menyerap formaldehid dalam campuran gas hasil reaktor R-01 dengan pelarut air
Jenis packing	: Menara bahan isian rasching ring
Jumlah	: 1 buah
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 50°C
Tinggi menara	: 13,3458 m
Diameter menara	: 2,7881 m
Tebal shell	: 0,79 cm
Tebal head	: 0,95 cm
Bahan	: Stainless steel type 304
Harga alat	: US\$ 27,632

3.2.7 Absorber

Kode	: (AB-02)
Fungsi	: Menyerap formaldehid dalam campuran gas hasil Absorber (AB-01) dengan pelarut air
Jenis packing	: Menara bahan isian rasching ring
Jumlah	: 1 buah
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 50°C
Tinggi menara	: 8,3756 m
Diameter menara	: 1,3542 m

Tebal shell	: 0,79375 cm
Tebal head	: 0,9525 cm
Bahan	: Stainless steel type 304
Harga alat	: US\$ 13,816

3.2.8 Heat Exchanger – 01

Kode	: (HE-01)
Fungsi	: Memanaskan campuran metanol dan off gas absorber dari suhu 70°C menjadi suhu 300°C
Tipe	: Shell and tube heat <i>exchanger</i>
Jumlah	: 1 buah
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 74°C
Luas perpindahan	: 68,5879 m ²
Spesifikasi tube	
OD	: 1,905 cm
ID	: 1,483 cm
BWG	: 14
Susunan	: triangular pitch
Jumlah tube	: 470
Passes	: 1
Panjang tube	: 2,4384 m
Spesifikasi shell	
ID	: 40,64 cm
Passes	: 1

Bahan : Carbon steel SA 283 grade C

Harga alat : US\$ 27,632

3.2.9 Heat Exchanger – 02

Kode : (HE-02)

Fungsi : Memanaskan udara dari suhu 30°C menjadi suhu 300°C

Tipe : Shell and tube heat *exchanger*

Jumlah : 1 buah

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Luas perpindahan : 136,883 m²

Spesifikasi tube

OD : 1,905 cm

ID : 1,483 cm

BWG : 14

Susunan : triangular pitch

Jumlah tube : 938

Passes : 2

Panjang tube : 2,4384 m

Spesifikasi shell

ID : 88,9cm

Passes : 2

Bahan : Carbon steel SA 283 grade C

Harga alat : US\$ 41,448

3.2.10 Quencher – 01

Kode	: (Q-01)
Fungsi	: Mendinginkan gas produk keluar reaktor dari suhu 300°C menjadi 100°C
Tipe kerucut	: silinder vertical dengan alas bawah
Jumlah	: 1 buah
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 300°C
Tinggi head	: 3,55 cm
Tinggi quencher	: 4,5 m
Luas perpindahan	: 45,98 m ²
Spesifikasi nozzle	
Ukuran butiran cairan	: 55 mm
a. Lubang pemasukan gas	
OD	: 40,64 cm
ID	: 38,735 cm
b. Lubang pengeluaran gas dan cairan	
OD	: 21,9 cm
ID	: 20,27 cm
c. Lubang pemasukan	
OD	: 6,045 cm
ID	: 5,25 cm
Harga alat	: US\$ 2,072

3.2.11 Cooler – 01

Kode	: (CL-01)
Fungsi	: Mendinginkan gas keluar dari CL-01 dari suhu 100°C menjadi 50°C
Tipe	: Shell and tube heat <i>exchanger</i>
Jumlah	: 1 buah
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 100°C
Luas perpindahan	: 307,939 m ²
Spesifikasi tube	
OD	: 1,31318 cm
ID	: 1,905 cm
BWG	: 16
Susunan	: triangular pitch
Jumlah tube	: 160
Passes	: 2
Panjang tube	: 3,048 m
Spesifikasi shell	
ID	: 32,74 cm
Passes	: 1
Harga alat	: US\$ 27,632

3.2.12 Pompa

	Pompa-01	Pompa-02	Pompa-03	Pompa-04
Kode	(P-01)	(P-02)	(P-03)	(P-04)
Fungsi	Memompakan fresh methanol dari T-01 ke V-01	Mengalirkan air demand ke dalam quencher	Mengalirkan absroben ke dalam absorber	Mengalirkan produk formaldehida ke penyimpanan
Tipe	Single stage centrifugal pump	Single stage centrifugal pump	Single stage centrifugal pump	Single stage centrifugal pump
Jumlah (buah)	1	1	1	1
Tekanan (atm)	1	1	1	1
Suhu (°C)	30	30	30	31
Kapasitas (kg/jam)	1888,152	15704,5495	918,6920	3787,879
Motor penggerak (HP)	0,08	1,5	0,08	0,33
Bahan	Carbon steel SA 283 grade C	Carbon steel SA 283 grade C	Carbon steel SA 283 grade C	Carbon steel SA 283 grade C
Harga alat (US\$)	24,868	55,264	16,580	12,434

3.2.13 Fan - 01

Kode : (F-01)

Fungsi : Menghisap, menghembuskan gas methanol menuju heat exchanger (HE-01)

Tipe : blower centrifugal

Jumlah : 1 buah

Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 74°C
Kapasitas	: 3698,60467 kg/jam
Motor penggerak	: 0,125 HP
Bahan	: Carbon steel SA 283 grade C
Harga alat	: US\$ 69,080

3.2.14 Fan – 02

Kode	: (F-02)
Fungsi	: Menghisap dan menghembuskan udara menuju heat <i>exchanger</i> (HE-02)
Tipe	: blower centrifugal
Jumlah	: 1 buah
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30°C
Kapasitas	: 1512,7906 kg/jam
Motor penggerak	: 0,125 HP
Bahan	: Carbon steel SA 283 grade C
Harga alat	: US\$ 27,632

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Kapasitas perancangan

Kapasitas produksi dari pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik. Semakin besar kapasitas produksinya maka kemungkinan keuntungannya juga semakin besar. Namun ada faktor-faktor lain yang harus diperhatikan dalam penentuan kapasitas produksi, seperti kebutuhan pasar, ketersediaan bahan baku dan kapasitas rancangan minimum yang telah berdiri.

Kebutuhan pasar

Berdasarkan data statistik yang didapat dari *Badan Pusat Statistik* (2020), konsumsi formaldehid di Indonesia dari tahun ke tahun meningkat. Oleh karena itu dapat diharapkan :

- a. Dapat menambah devisa negara dengan cara ekspor ke Negara-negara di Asia mengingat pasar internasional yang cukup besar.
- b. Dapat memenuhi kebutuhan formaldehid di dalam negeri yang masih mengimpor dari luar negeri walaupun sedikit.
- c. Dapat memberikan keuntungan perusahaan karena melihat kapasitas terkecil pabrik formaldehid yang masih berdiri di Indonesia yaitu 20.000 ton/tahun.

Ketersediaan bahan baku

Keberlangsungan ketersediaan bahan baku untuk pembuatan formaldehid merupakan hal penting dan mutlak yang harus dipikirkan. Oleh karena itu diharapkan kebutuhan bahan baku dapat diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Indonesia (KMI) di Bontang, Kalimantan Timur, Indonesia dengan kapasitas produksi pabrik metanol tersebut mencapai 660.000 ton/tahun. Sedangkan udara diambil dari udara bebas.

3.3.2 Perencanaan bahan baku dan alat proses

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu diperhatikan yaitu factor eksternal dan factor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

a. Kemampuan pasar

terbagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu :

a. Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.

b. Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik, maka perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya :

1) Perencanaan produksi disesuaikan dengan kemampuan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan keuntungan dan kerugian.

2) Perencanaan produksi tetap akan tetapi dengan pertimbangan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.

3) Mencari daerah pemasaran.

b. Kemampuan pabrik

Beberapa faktor yang dapat menentukan pabrik, antara lain :

a. Material (bahan baku)

Dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan tercapai target produksi yang diinginkan.

b. Manusia (tenaga kerja)

Terampilnya tenaga kerja akan memberikan keuntungan juga terhadap pabrik. Dan perlunya juga dilakukan peningkatan mutu ketenagakerjaan misal memberikan pelatihan kepada tenaga kerja agar keterampilannya meningkat.

c. Mesin (peralatan)

Ada 2 hal yang juga mempengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan kinerja mesin.

Jam kerja yang efektif merupakan kemampuan suatu alat untuk bagaimana beroperasi pada kapasitas yang telah ditentukan pada

waktu tertentu. Sedangkan kemampuan mesin merupakan kemampuan suatu alat dalam proses produksi.



BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi merupakan hal yang sangat penting dalam perancangan suatu pabrik, karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Pabrik Formaldehid dengan kapasitas produksi 30.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Bontang – Kalimantan Timur, yang merupakan daerah kawasan industri.

Adapun pertimbangan-pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik ini adalah sebagai berikut :

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer merupakan faktor yang secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik. Tujuan utama ini meliputi proses produksi dan distribusi, adapun faktor-faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik adalah :

1. Penyediaan Bahan Baku

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan penyediaan bahan baku dan pemasaran produk untuk menghemat biaya transportasi. Pabrik juga sebaiknya dekat dengan pelabuhan laut jika ada bahan baku atau produk yang dikirim dari atauke luar negeri. Bahan baku pabrik Formaldehid ini adalah metanol yang diperoleh dari Kaltim Methanol Industri (KMI), Bontang.

2. Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu hal yang sangat mempengaruhi kelayakan proses. Dengan pemasaran yang tepat akan menghasilkan keuntungan dan menjamin kelangsungan proyek. Lokasi di kawasan Bontang relatif strategis untuk pemasaran produk terutama bagi pabrik - pabrik yang menggunakan Formaldehid.

3. Utilitas

Utilitas yang diperlukan adalah air, bahan bakar dan listrik. Kebutuhan air dapat dipenuhi dengan baik dan murah karena area kawasan ini memiliki sumber aliran sungai, yaitu sungai Sangatta. Sarana yang lain seperti bahan bakar dan listrik dapat diperoleh dengan cukup mudah.

4. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik. Sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan sebagian sarjana. Untuk memenuhinya dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik. Selain itu faktor kedisiplinan dan pengalaman kerja juga menjadi prioritas dalam perekrutan tenaga kerja, sehingga diperoleh tenaga kerja yang berkualitas.

5. Transportasi

Untuk mempermudah lalu lintas produk dan pemasarannya, pabrik didirikan di Bontang karena dekatnya lokasi pabrik dengan pelabuhan, serta jalan raya yang memadai, sehingga diharapkan pemasaran Formaldehid baik ke daerah-daerah di pulau Jawa atau ke pulau-pulau lain di Indonesia

maupun keluar negeri dapat berjalan dengan baik.

6. Letak Geografis

Daerah Bontang, Kalimantan Timur merupakan suatu daerah yang terletak di daerah kawasan industri dan pesisir pantai yang memiliki daerah alam yang sangat menunjang. Daerah Bontang dan sekitarnya telah direncanakan oleh pemerintah sebagai salah satu pusat pengembangan wilayah produksi industri.

Penentuan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting yang akan menentukan kelancaran perusahaan dalam menjalankan operasinya. Dari pertimbangan tersebut maka area tanah yang tersedia memenuhi persyaratan untuk pembangunan sebuah pabrik.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik itu sendiri. Adapun faktor-faktor sekunder adalah sebagai berikut :

1. Perluasan Areal Unit.

Pemilihan lokasi pabrik berada di kawasan pengembangan produksi Kalimantan Timur untuk kawasan Bontang, sehingga memungkinkan adanya perluasan areal pabrik dengan tidak mengganggu pemukiman penduduk.

2. Perizinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik. Pengaturan tata letak pabrik merupakan bagian yang penting dalam proses pendirian pabrik, hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- a. Segi keamanan kerja terpenuhi.
- b. Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.
- c. Pemanfaatan areal tanah seefisien mungkin.
- d. Transportasi yang baik dan efisien.

3. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia. Selain itu fasilitas-fasilitas sosial seperti sarana pendidikan, ibadah, hiburan, dan perumahan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan hidup.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, dan sarana lain seperti utilitas, taman dan tempat parkir. Secara garis besar lay out pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu :

1. Daerah administrasi/ perkantoran dan laboratorium

Daerah administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium sebagai pusat pengendalian kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan dijual.

2. Daerah Proses dan Ruang Kontrol

Merupakan daerah tempat alat-alat proses diletakkan saat proses

berlangsung. Ruang control sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.

3. Daerah pergudangan, umum, bengkel, dan garasi

4. Daerah Utilitas dan Power Station

Merupakan daerah dimana kegiatan penyediaan air dan tenaga listrik dipusatkan.

Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel

4. 1.

Tabel 4. 1 Perincian luas tanah dan bangunan pabrik

Lokasi	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m ²
Kantor utama	40	15	600
Pos Keamanan/satpam	5	4	20
Mess	16	36	576
Parkir Tamu	12	24	288
Parkir Truk	20	14	280
Ruang timbang truk	12	6	72
Kantor teknik dan produksi	20	14	280
Klinik	12	10	120
Masjid	16	16	256
Kantin	14	12	168
Bengkel	12	24	288
Unit pemadam kebakaran	16	14	224
Gudang alat	20	10	200
Laboratorium	12	16	192
Utilitas	24	10	240
Area proses	60	40	2400
Control Room	28	10	280
Control Utilitas	10	10	100
Jalan dan taman	60	40	2400
Perluasan pabrik	100	30	3000
Luas Tanah			11984
Luas Bangunan			6584
Total	509	355	11984

4.3 Tata Letak Alat dan Proses

Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Aliran bahan baku dan produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

2. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin.

3. Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

4. Lalu lintas manusia dan kendaraan

Dalam perancangan lay out peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5. Pertimbangan Ekonomi

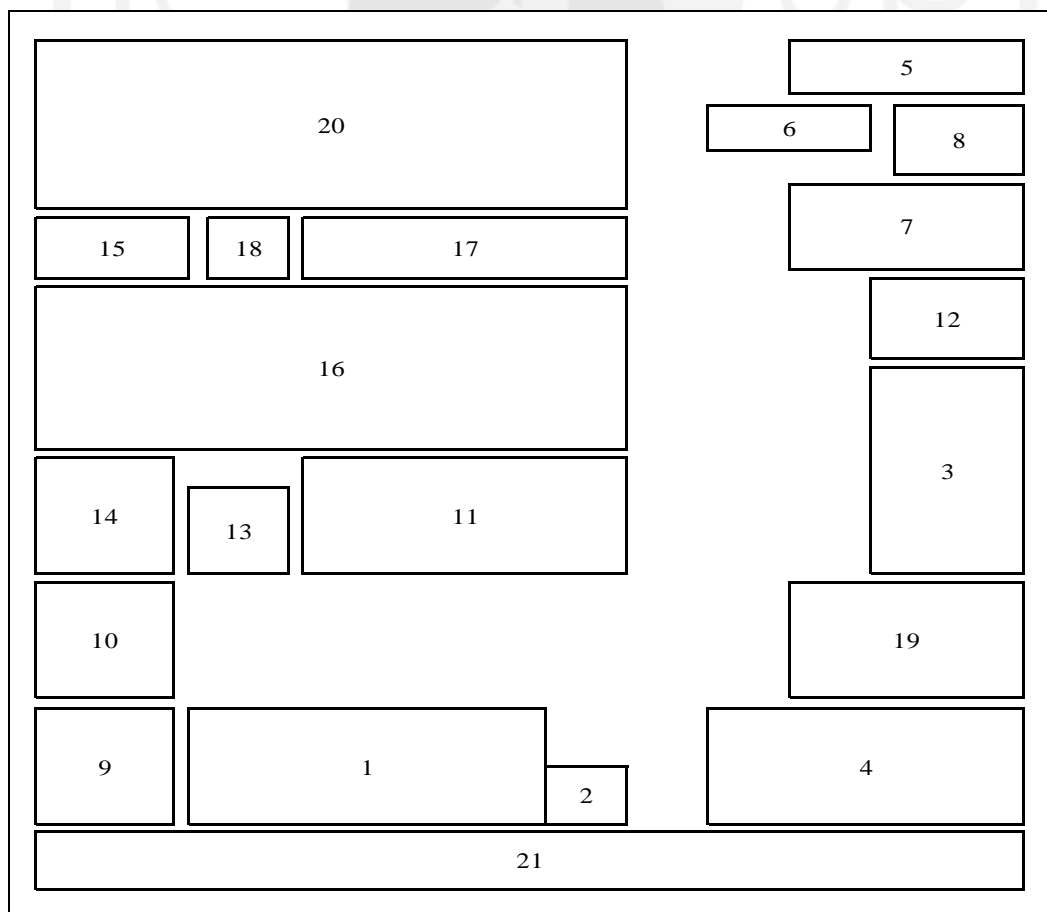
Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat

menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

6. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.

LAY OUT PABRIK FORMALDEHIDA

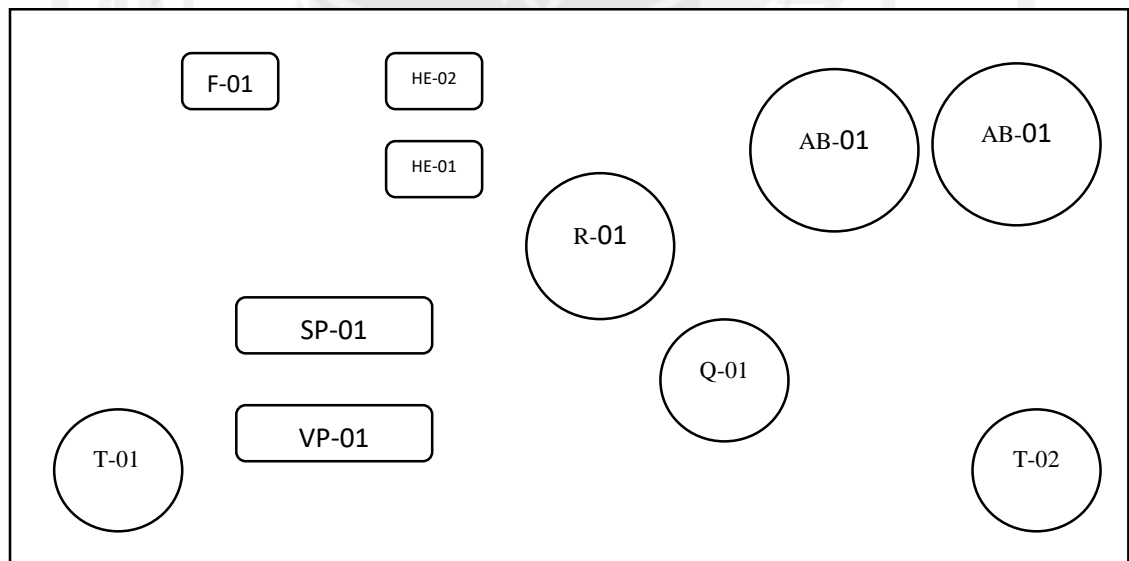


Skala = 1:1000

Gambar 4. 1 Tata letak pabrik

Keterangan gambar :

- | | | |
|----------------------|------------------|------------------|
| 1. Kantor Utama | Klinik | 15. Area Proses |
| 2. Pos Keamanan | 8. Masjid | 16. Kontrol room |
| 3. Mess | 9. Kantin | 17. Kontrol |
| 4. Parkir Tamu | 10. Bengkel | Utilitas |
| 5. Parkir truk | 11. Unit | 18. Taman |
| 6. Ruang timbang | pemadam | 19. Perluasan |
| truk | kebakaran | pabrik |
| 7. Kantor teknik dan | 12. Gudang alat | 20. Jalan raya |
| produksi | 13. Laboratorium | |
| | 14. Utilitas | |



Skala = 1:100

Gambar 4. 2Tata Letak Alat

Keterangan gambar:

T : Tangki

CL : Cooler

VP : Vaporizer

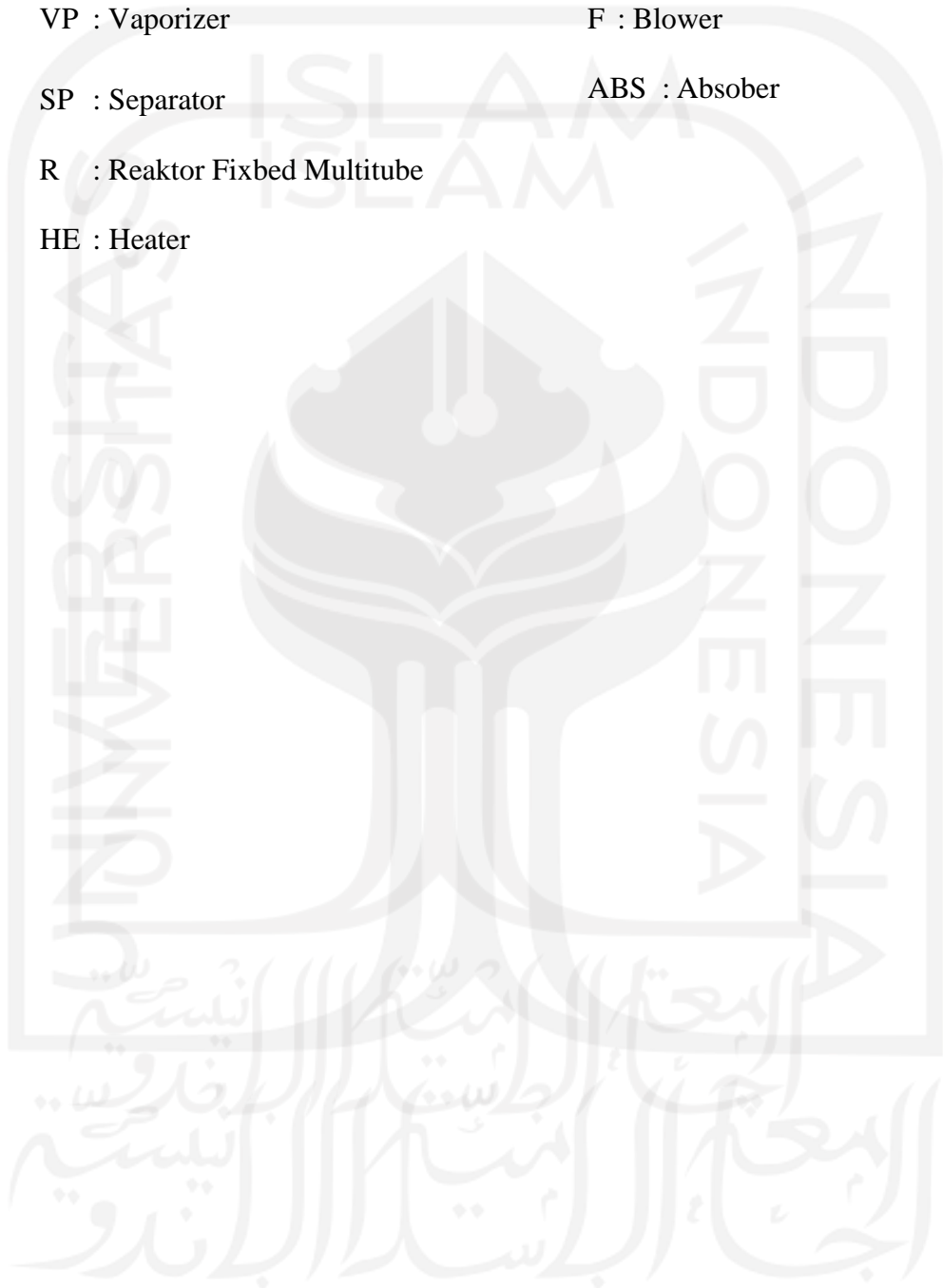
F : Blower

SP : Separator

ABS : Absorber

R : Reaktor Fixbed Multitube

HE : Heater



4.4 Kesehatan dan Keselamatan Kerja

a. Pengertian Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Kesehatan kerja menurut ILO (International Labour Organization), kesehatan kerja harus mengarahkan pada promosi dan pemeliharaan derajat kesehatan yang paling tinggi secara fisik, mental, dan social yang baik dari para tenaga kerja dalam semua jenis pekerjaan dan jabatan (John Ridley, 2008: 1).

Adapun menurut Mangkunegara (2013: 161) kesehatan kerja menunjukkan pada kondisi yang bebas dari gangguan fisik, mental, emosi, atau rasa sakit yang disebabkan lingkungan kerja.

Keselamatan kerja, menurut UU RI No.1 tahun 1970 adalah suatu syarat atau norma-norma kerja di segala tempat kerja dengan terus menerus wajib diciptakan dan dilakukan pembinaannya sesuai dengan perkembangan masyarakat, industrilisasi dan teknologi. Tujuan keselamatan kerja yaitu menjamin keutuhan dan kesempurnaan, baik jasmani maupun rohani manusia, serta hasil kerja dan budaya tertuju pada kesejahteraan masyarakat umumnya (Daryanto, 2010: 1)

Menurut Daryanto (2010: 1), keselamatan kerja meliputi : pencegahan terjadinya kecelakaan, mencegah dan atau mengurangi terjadinya penyakit akibat pekerjaan, mencegah dan atau mengurangi terjadinya cacat tetap, mencegah dan atau mengurangi kematian, dan mengamankan material, konstruksi, pemeliharaan, yang kesemuanya itu menuju pada peningkatan taraf hidup dan kesejahteraan manusia.

Berdasarkan pengertian di atas, kesehatan dan keselamatan kerja adalah suatu usaha atau tindakan yang dibuat untuk menciptakan rasa aman dan nyaman saat bekerja sehingga meminimalkan kecelakaan saat bekerja. Rasa aman dan nyaman ini dimulai pada diri sendiri, orang lain dan lingkungan bekerja.

b. Dasar Hukum Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Kesehatan dan keselamatan penting adanya, oleh sebab itu banyak upaya pencegahan yang dilakukan untuk melindungi hak pekerja akibat kecelakaan kerja. Salah satunya adalah upaya pemerintah dalam melindungi dan menjaga manusia sebagai subjek untuk melakukan pekerjaan.

Menurut Martina dan Yusuf (2005) berikut ini adalah dasar hukum K3 yang berlaku di Indonesia :

Undang-undang No. 1 tahun 1970 tentang keselamatan kerja yang diberlakukan pada tanggal 12 Januari 1970 yang memuat berbagai persyaratan tentang keselamatan kerja. Undang-undang ini ditetapkan mengenai kewajiban pengelola laboratorium, kewajiban dan hak praktikan serta syarat- syarat keselamatan kerja pengguna.

Undang-undang No. 13 tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan. Undang - undang ini berisi tentang keselamatan kerja yang dimuat pada pasal 86 yang menyebutkan bahwa manajemen bengkel wajib menerapkan upaya keselamatan untuk melindungi praktikan. Sedangkan pada pasal

87 mewajibkan setiap manajemen laboratorium untuk melaksanakan manajemen K3 yang terintegrasi dengan manajemen organisasi lainnya.

c. Faktor-Faktor Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Menurut Mangkunegara (2013:162-163) banyak hal-hal yang mempengaruhi kesehatan dan keselamatan kerja. Beberapa sebab yang memungkinkan terjadinya kecelakaan dan gangguan kesehatan antara lain:

1) Keadaan Tempat Lingkungan Kerja

- a) Penyusunan dan penyimpanan barang-barang yang berbahaya kurang memperhatikan keamanannya
- b) Ruang kerja yang terlalu padat dan sesak
- c) Pembuangan limbah yang tidak pada tempatnya

2) Pengaturan Udara

- a) Pergantian udara atau sirkulasi udara di ruang kerja yang tidak baik
- b) Suhu udara yang tidak dikondisikan pengaturannya

3) Pengaturan Penerangan

- a) Pengaturan dan penggunaan sumber cahaya yang tidak tepat
- b) Ruang kerja yang kurang pencahayaannya atau remang-remang

4) Pemakaian Peralatan Kerja

- a) Pengaman peralatan kerja yang sudah rusak atau tidak berfungsi sebagaimana mestinya
- b) Penggunaan mesin, alat elektronik tanpa pengaman yang memadai.

5) Kondisi Fisik dan Mental

- a) Kerusakan alat indra, stamina pegawai yang tidak stabil.

b) Emosi pegawai yang tidak stabil, kepribadian pegawai yang rapuh, cara berfikir yang rendah dan kemampuan persepsi yang lemah, motivasi rendah, sikap pegawai yang ceroboh, kurang cermat, dan kurang pengetahuan dalam menggunakan fasilitas kerja terutama fasilitas kerja yang membawa resiko bahaya. Sebab-sebab terjadinya kecelakaan kerja dapat berasal dari faktor manusia ataupun lingkungan kerja sehingga perlu adanya identifikasi bahaya setiap lingkungan yang ada.

d. Potensi bahaya (Hazard)

Potensi Bahaya adalah sesuatu yang berpotensi untuk terjadinya insiden yang berakibat pada kerugian (ILO, 2013). Potensi bahaya yang ada dapat berupa berbagai bentuk. Menurut ILO (2013), potensi bahaya digolongkan menjadi 5 yaitu:

1. Potensi bahaya biologi yang termasuk kedalam kategori ini antara lain, virus, jamur, bakteri, tanaman, burung, binatang yang dapat menginfeksi atau memberikan reaksi negatif kepada manusia.
2. Potensi bahaya kimia, adalah bahaya yang ditimbulkan oleh bahan kimia seperti toksisitas bahan kimia, daya ledak bahan kimia, penyebab kanker, oksidasi, bahan kimia mudah terbakar.
3. Potensi bahaya ergonomi, yang termasuk didalam kategori ini antara lain desain tempat kerja yang tidak sesuai, postur tubuh yang salah saat melakukan aktifitas, desain pekerjaan yang dilakukan, pergerakan yang berulang-ulang.

4. Potensi bahaya fisika, yang termasuk didalam kategori ini antara lain kebisingan, tekanan, suhu, getaran, dan radiasi.
5. Potensi bahaya psikologi, yang termasuk kategori ini adalah stress kerja yang diakibatkan oleh beberapahal seperti jam kerja yang terlalu lama, pimpinan yang terlalu galak, lingkungan kerja yang tidak nyaman, dan sebagainya.

4.5 Alir Proses dan Material

4.5.1 Neraca Massa

A. Neraca Massa Total

Tabel 4. 2 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar, kg/jam
CH ₃ OH	1874,20	378,78
H ₂ O	16871,49	17712,12
O ₂	861,57	114,84
N ₂	2837,02	2837,02
CH ₂ O	-	1401,51
Total	22444,30	22444,30

B. Neraca Massa Setiap Alat

1. Vaporizer (VP-01)

Tabel 4. 3 Neraca Massa Vaporizer

Komponen	Masuk, kg/jam	Keluar kg/jam
CH ₃ OH	1888,1518	1888,1518
H ₂ O	2,8365	2,8365
Total	1890,9883	1890,9883

2. Separator (SP-01)

Tabel 4. 4 Neraca Massa Separator

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Separator cair 20%	Separator Uap 80%
CH ₃ OH	1888,1518	377,6304	1510,5214
H ₂ O	2,8365	0,5673	2,2692
TOTAL	1890,9883	1890,9883	

3. Reaktor (R-01)

Tabel 4. 5 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Masuk, kg/h		Keluar, kg/h
CH ₃ OH	1510,5214		15,1052
H ₂ O	2,2692		842,8983
O ₂		861,5748	114,8468
N ₂		2837,0299	2837,0299
CH ₂ O			1401,5152
Total	5211,3953		5211,3953

4. Quencher (Q-01)

Tabel 4. 6 Neraca Massa Quencher

Komponen	Masuk, kg/h		kg/h
CH ₃ OH	15,1052		15,1052
H ₂ O	842,8983	15704,5495	16547,4478
O ₂	114,8468		114,8468
N ₂	2837,0299		2837,0299
CH ₂ O	1401,5152		1401,5152
TOTAL	20915,9448		20915,9448

5. Absorber (AB-01)

Tabel 4. 7 Neraca Massa Absorber 1

Komponen	Masuk, kg/jam		Keluar, kg/jam	
	Produk Reaktor	Absorben Recycle	Hasil Atas	Hasil Bawah
CH ₃ OH	15,1052	0,4532	15,1052	0,4532
H ₂ O	16547,4478	1164,1312	2007,0294	15704,5495
O ₂	114,8468	-	-	114,8468
N ₂	2837,0299	-	-	2837,0299
CH ₂ O	1401,5152	42,0455	1401,5152	42,0455
Total	22122,5746		22122,5746	

6. Absorber (AB-02)

Tabel 4. 8 Neraca Massa Absorber 2

Komponen	Masuk, kg/jam		Keluar, kg/jam	
	Produk AB-01	Absorben	Hasil Atas	Hasil Bawah
CH ₃ OH	0,4532	-	0,4532	-
H ₂ O	15704,5495	1164,1312	1164,1312	15704,5495
O ₂	114,8468	-	-	114,8468
N ₂	2837,0299	-	-	2837,0299
CH ₂ O	42,0455	-	42,0455	-
Total	19863,0560		19863,0560	

4.5.2 Neraca Panas

1. Neraca Panas Vaporizer (VP-01)

Tabel 4. 9 Neraca Panas Vaporizer

Komponen	Masuk, kj/jam	Keluar, kj/jam
CH ₃ OH	34862,9714	104333,0288
H ₂ O	202,3015	62,8883
Q pemanas	2152708,0387	
Quap		2083377,3946
Total	2187773,3117	2187773,3117

2. Neraca Panas Heat Exchanger 1 (HE-01)

Tabel 4. 10 Neraca Panas Heat Exchange 1

Komponen	Masuk, kj/jam	Keluar, kj/jam
CH ₃ OH	9417,1454	517346,0912
H ₂ O	21,3616	1014,1432
Qpemanas	508921,7273	
Total	518360,2344	518360,2344

3. Neraca Panas Heat Exchanger 2 (HE-02)

Tabel 4. 11 Neraca Panas Heat Exchanger 2

Komponen	Masuk, kj/jam	Keluar, kj/jam
O ₂	3971,8687	215481,4619
N ₂	14855,2775	810187,1968
Qpemanas	1006841,5125	
Total	1025668,6587	1025668,6587

4. Neraca Panas Reaktor (R-01)

Tabel 4. 12 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Masuk, kj/jam	Keluar, kj/jam
CH ₃ OH	517346,0912	5173,4609
H ₂ O	1008,2658	374524,4070
O ₂	215481,4619	28708,0293
N ₂	810187,1968	931453,2896
CH ₂ O		430150,0697
Panas Reaksi	7294804,4121	
Pendingin		7068818,1713
Total	8838827,4278	8838827,4278

5. Neraca Panas Quencher (Q-01)

Tabel 4. 13 Neraca Panas Quencher

Komponen	Masuk, kj/jam	Keluar, kj/jam
CH ₃ OH	28723,3913	7876,0499
H ₂ O	810187,1968	222027,5292
O ₂	4335,2840	1190,5051
N ₂	430150,0697	117541,2149
CH ₂ O	430351,6735	118178,1525
Pendingin		1236934,1637
Total	1703747,6153	1703747,6153

6. Neraca Panas Cooler (CL-01)

Tabel 4. 14 Neraca Panas Cooler

Komponen	Masuk, kj/jam	Keluar, kj/jam
CH ₃ OH	13078,4476	2639,9108
H ₂ O	369330,0366	74191,8221
O ₂	1977,2544	466,9133
N ₂	194216,9683	39770,8100
CH ₂ O	196276,5859	39582,7217
Pendingin		618227,1150
Total	774879,2928	774879,2928

7. Neraca Panas Absorber 1 (AB-01)

Tabel 4. 15 Neraca Panas Absorber

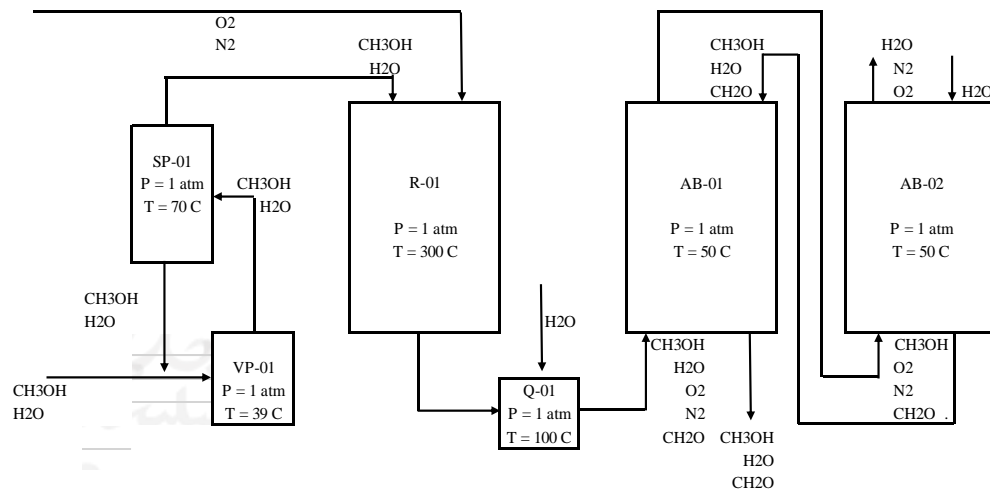
Komponen	Masuk, kj/jam	Keluar, kj/jam
CH ₃ OH	469,8330	136,5654
H ₂ O	807050,1491	802249,2787
O ₂	2639,9108	2639,9108
N ₂	74191,8221	74191,8221
CH ₂ O	40712,1023	45855,6686
Q Pencampuran	9,4284	
Total	925073,2456	925073,2456

8. Neraca Panas Absorber 2 (AB-02)

Tabel 4. 16 Neraca Panas Absorber 2

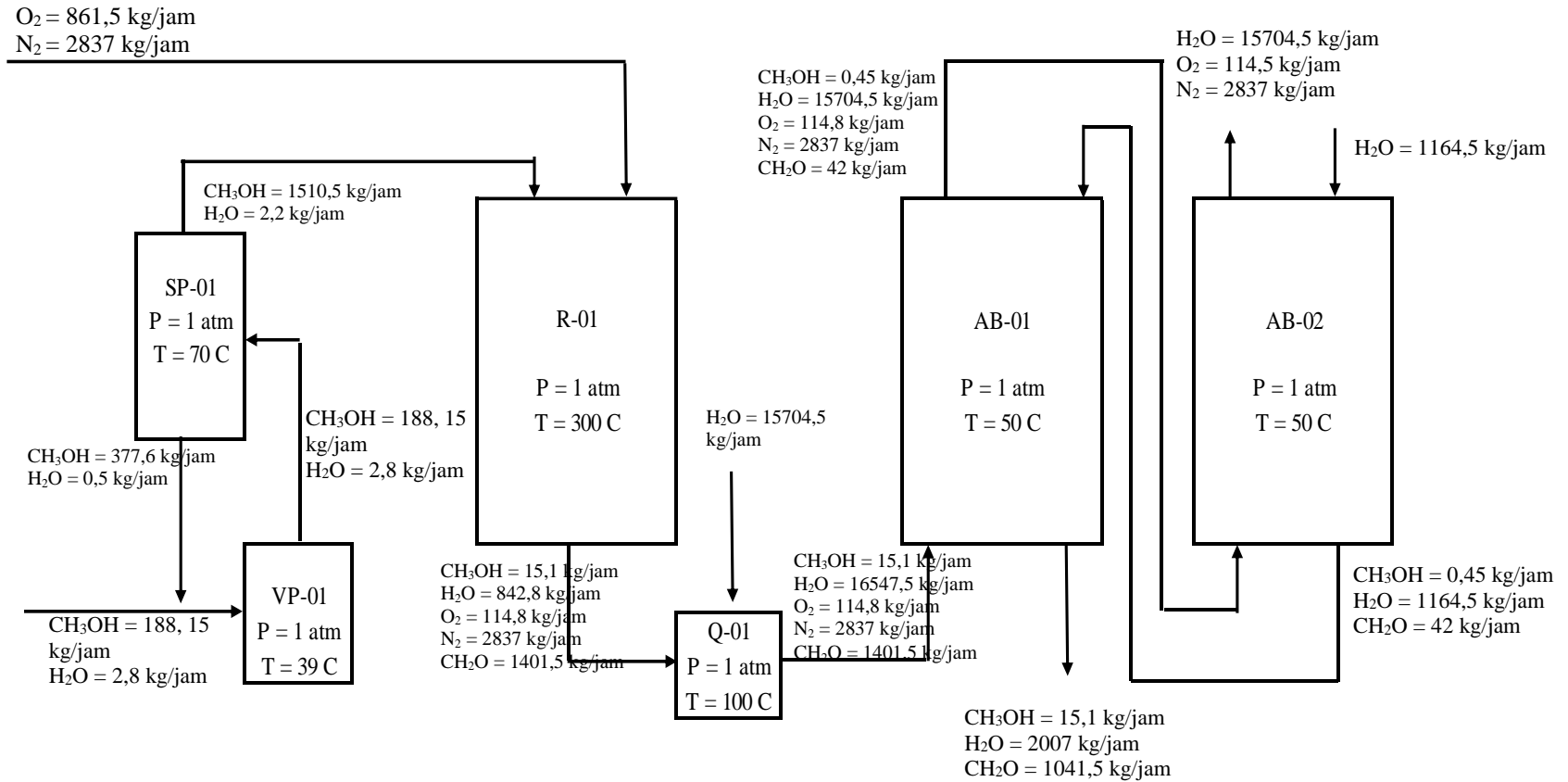
Komponen	Masuk, kj/jam	Keluar, kj/jam
CH ₃ OH	14,0074	2,9197
H ₂ O	767204,2248	767467,4274
O ₂	2639,9108	2639,9108
N ₂	74191,8221	74191,8221
CH ₂ O	1193,1243	941,2922
Q Pencampuran	0,2829	
Total	845243,3722	845243,3722

4.5.3 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4. 3 Diagram Alir Kualitatif

4.5.4 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4. 4 Diagram Alir Kuantitatif

4.6 Perawatan (Maintenance)

Maintenance berguna untuk menjaga saran atau fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktifitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi produk yang diharapkan.

Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat - alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

Perawatan alat - alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dapat dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada setiap alat. Perawatan mesin tiap-tiap alat meliputi:

1. *Overhead* 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta *leveling* alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak, kemudian kondisi alat dikembalikan seperti kondisi semula.

1. *Repairing*

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

- Umur alat

Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan, hal ini menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

- Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan meyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

- Tenaga manusia

Pemanfaatan tenaga kerja terdidik, terlatih dan berpengalaman akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula.

4.7 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Untuk mendukung proses dalam suatu pabrik, diperlukan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas ini meliputi :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

4.7.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

1. Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik Formaldehida ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai Sangatta. Adapun penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.
- Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
- Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur.
- Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk :

a. Air Pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor berikut:

- 1) Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- 2) Mudah dalam pengolahan dan pengaturan.
- 3) Dapat menyerap panas dengan jumlah yang relatif tinggi per satuan volume.
- 4) Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan perubahan

suhu pendingin.

5) Tidak terdekomposisi.

b. Air Umpan *Boiler*

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah sebagai berikut:

1) Zat-zat yang menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam *boiler* disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O₂, CO₂, H₂S dan NH₃. O₂ masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

2) Zat yang dapat menyebabkan kerak

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

3) Zat yang menyebabkan *foaming*

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada *boiler* karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

c. Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran laboratorium, masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

1) Syarat fisika

- Suhu : Di bawah suhu udara
- Warna : Jernih
- Rasa : Tidak berasa
- Bau : Tidak berbau

2) Syarat kimia

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- Tidak mengandung bakteri

2. Unit Pengolahan Air

Tahapan - tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut:

a. *Clarifier*

Kebutuhan air dalam suatu pabrik dapat diambil dari sumber air yang ada di sekitar pabrik dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan tersebut dapat meliputi pengolahan secara fisika dan kimia, penambahan desinfektan maupun dengan penggunaan ion *exchanger*.

Mula-mula raw water diumpankan ke dalam tangki kemudian diaduk dengan putaran tinggi sambil menginjeksikan bahan-bahan kimia, yaitu:

- 1) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, yang berfungsi sebagai flokulan.
- 2) Na_2CO_3 , yang berfungsi sebagai flokulan.

Air baku dimasukkan ke dalam *clarifier* untuk mengendapkan lumpur dan partikel padat lainnya, dengan menginjeksikan alum

($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), koagulan acid sebagai pembantu pembentukan flok dan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku ini dimasukkan melalui bagian tengah *clarifier* dan diaduk dengan agitator. Air bersih keluar dari pinggir *clarifier* secara *overflow*, sedangkan sludge (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan di *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang mempunyai *turbidity* sekitar 42 ppm diharapkan setelah keluar *clarifier turbidity*nya akan turun menjadi lebih kecil dari 10 ppm.

a) Penyaringan

Air dari *clarifier* dimasukkan ke dalam *sand filter* untuk menahan/ menyaring partikel - partikel solid yang lolos atau yang terbawa bersama air dari *clarifier*. Air keluar dari *sand filter* dengan *turbidity* kira - kira 2 ppm, dialirkan ke dalam suatu tangki penampung (*filter water reservoir*).

Air bersih ini kemudian didistribusikan ke menara air dan unit demineralisasi. *Sand filter* akan berkurang kemampuan penyaringannya. Oleh karena itu perlu diregenerasi secara periodik dengan *back washing*.

b) Demineralisasi

Untuk umpan ketel (*boiler*) dibutuhkan air murni yang memenuhi persyaratan bebas dari garam-garam murni yang terlarut. Proses demineralisasi dimaksudkan untuk menghilangkan ion - ion yang terkandung pada *filtered water* sehingga konduktivitasnya dibawah

0,3 Ohm dan kandungan silica lebih kecil dari 0,02 ppm.

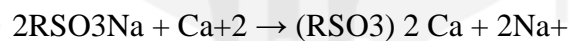
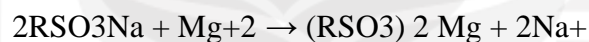
Adapun tahap-tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut:

a) *Cation Exchanger*

Cation exchanger ini berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation- kation yang dikandung di dalam air diganti dengan ion H⁺ sehingga air yang akan keluar dari *cation exchanger* adalah air yang mengandung *anion* dan ion H⁺.

Sehingga air yang keluar dari *cation tower* adalah air yang mengandung *anion* dan ion H⁺.

Reaksi:



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan NaCl.

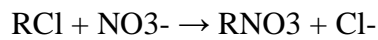
Reaksi:



b) *Anion Exchanger*

Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (*anion*) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga *anion-anion* seperti CO₃²⁻, Cl⁻ dan SO₄²⁻ akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi:



Dalam waktu tertentu, *anion* resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaCl.

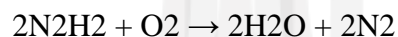
Reaksi:



c) Deaerasi

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen (O₂). Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan ke dalam deaerator dan diinjeksikan hidrazin (N₂H₄) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada tube *boiler*.

Reaksi:



Air yang keluar dari deaerator ini dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

3. Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air Pembangkit Steam

Tabel 4. 17 Kebutuhan air pembangkit steam

Nama Alat	Jumlah (kg/jam)
HE-02	1068,9914
HE-02	2352,5578
VP-01	683,1825
Jumlah	4104,7317

Air pembangkit steam 80% dimanfaatkan kembali, maka make up yang diperlukan 20%, sehingga make up steam = $20\% \times 4104,7317 \text{ kg/jam} = 4926 \text{ kg/jam}$.

b. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4. 18 Kebutuhan air pendingin

Nama Alat	Jumlah (kg/jam)
C-01	2.983,18
Jumlah	2.983,18

c. Air Untuk Perkantoran dan Rumah Tangga

Dianggap 1 orang membutuhkan air sebanyak 100 liter per hari. Jika jumlah karyawan sebanyak 120 orang, maka kebutuhan air untuk perkantoran dan rumah tangga dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Kebutuhan air untuk perkantoran dan rumah tangga

No	Penggunaan	Kebutuhan (kg/hari)
1	Karyawan	24.000
2	Perumahan	18.000
3	Laboratorium dan Bengkel	700
4	Kantin	1.500
5	Kebersihan, Pertamanan, dan lain-lain	1.800
	Jumlah	46.000

Dari beberapa tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan air adalah sebanyak 9.003,8 kg/jam. Diambil angka keamanan 10% = $1,1 \times 9.003,8 = 9.904,24 \text{ kg/jam}$

4.7.2 Unit Pembangkit Steam

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan steam pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi:

Kapasitas : 46839650 kg/jam

Jenis : Water Tube *Boiler*

Jumlah : 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis.

Air dari water treatment plant yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan - bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pHnya yaitu sekitar 10,5 – 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi.

Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 150°C, kemudian diumpankan ke *boiler*.

Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa - pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding - dinding dan pipa - pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

4.7.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik ini dipenuhi oleh 2 sumber, yaitu PLN dan generator diesel. Selain sebagai tenaga cadangan apabila PLN mengalami gangguan, diesel juga dimanfaatkan untuk menggerakkan *power - power* yang dinilai penting antara lain *boiler*, kompresor, pompa. Spesifikasi diesel yang digunakan adalah:

Kapasitas : 246,3121 KWatt

Jenis : Generator Diesel

Jumlah : 2 buah

Prinsip kerja dari diesel ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Listrik ini didistribusikan ke panel yang selanjutnya akan dialirkan ke unit pemakai. Pada operasi sehari - hari digunakan listrik PLN 100%. Tetapi apabila listrik padam, operasinya akan menggunakan tenaga listrik dari diesel 100%.

4.7.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat pneumatic control. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 46,728 m³/jam.

1. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada generator dan *boiler*. Bahan bakar yang digunakan untuk generator adalah biosolar yang diperoleh dari PT. Pertamina, Balikpapan. Sedangkan bahan

bakar yang dipakai pada *boiler* adalah biosolar yang juga diperoleh dari PT. Pertamina, Balikpapan. Bahan bakar yang dibutuhkan sebesar 1259,089445 Kg/Jam.

2. Spesifikasi Alat – Alat Utilitas

a. Penyediaan Air

1. Bak Sedimentasi (BS)

Fungsi : Mengendapkan kotoran serta lumpur yang dibawa air sungai

Jenis : Bak persegi terbuka dengan rangka beton

Kapasitas : 54,0009 m³/jam Dimensi

Tinggi = 4,326 m

Lebar = 8,6535 m

Panjang = 8,6535 m

Harga : \$ 2.321

2. Bak Kougulasi dan flokulasi (BU-01)

Fungsi : Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan, untuk menggumpal kotoran.

Jenis : Tangki silinder berpengaduk

Jenis pengaduk : Marine propeller 3 blade

Volume : 51,25 m³/jam

Dimensi

Diameter : 4,0268 m

Jumlah impeller 1

Power : \$ 2.321

3. Tangki larutan alum (TU-01)

Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5%
untuk 1 minggu operasi

Jenis : tangki silinder tegak

Volume : 219,586 m³

Dimensi

Tinggi = 10,3816 m

Diameter = 5,1908 m

Harga = \$ 15.084

4. Bak pengendap (BU-02)

Fungsi : Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang
terbawa air sungai dengan proses flokulasi

Jenis : Bak persegi terbuka dengan rangka beton

Kapasitas : 51,3008 m³ / jam

Dimensi

Tinggi : 4,2534 m

Panjang : 8,5068 m

Lebar : 8,5068 m

Harga : \$ 2.321

5. Bak pengendap II (BU-03)

Fungsi : Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang

terbawa air sungai dengan proses flokulasi

Jenis : Bak persegi terbuka dengan rangka beton

Kapasitas : 48,7358 m³ / jam

Dimensi

Tinggi : 4,1813 m

Panjang : 8,3626 m

Lebar : 8,3626 m

Harga : \$ 2.321

6. *Sand filter* (FU-02)

Fungsi : Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai.

Jenis : spheres

Kapasitas : 38.550 Kg/jam

Dimensi

Tinggi = 1,0898 m

Panjang = 2,1796

Lebar = 2,1796 Tinggi lapisan pasir = 1,0944 m

Harga : \$ 8.586

7. Bak Penampung Sementara (BU-04)

Fungsi : Menampung air bersih dari *Sand filter*

Jenis : Bak persegi terbuka dengan rangka beton

Kapasitas : 43,9467 m³ Dimensi

Panjang = 4,4462 m

Tinggi = 2,2231 m

Lebar = 4,4462 m

Harga : \$ 2.321

b. Pengolahan Air Sanitasi

1. Tangki Klorinator (TU-02)

Fungsi : Mencampur kaporit kedalam air untuk kebutuhan air minum dan rumah tangga.

Jenis : Tangki silinder berpengaduk

Kapasitas : 10 m³/jam

Dimensi

Tinggi = 2,4818 m

Diameter = 2,4818 m

Harga: \$ 7.542

2. Tangki Kaporit (TU-03)

Fungsi : Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan ke dalam tangki klorinasi (T-02).

Jenis : Tangki silinder berpengaduk

Volume : 0,0264 m³

Dimensi

Tinggi = 0,3329 m

Diameter = 0,3329 m

Harga : \$ 7.542

3. Tangki Air Bersih (TU-04)

Fungsi : Menampung kebutuhan air untuk keperluan kantor dan rumah tangga

Jenis : Tangki silinder berpengaduk

Volume : 288 m³

Dimensi

Tinggi = 7,1588 m

Diameter = 7,1588 m

Harga : \$ 82.845

c. Pengolahan Service Water

1. Tangki Service Water (TU-05)

Fungsi : Menampung air untuk keperluan layanan umum

Jenis : Tangki silinder tegak

Kapasitas : 0,7 m³/jam Dimensi

Tinggi = 2,9504 m

Diameter = 2,9504 m

Harga : \$ 16.012

2. Tangki Air Bertekanan (T-06)

Fungsi : Menampung air bertekanan untuk keperluan layana umum

Jenis : Tangki silinder tegak

Kapasitas : 0,7 m³/jam

Dimensi

Tinggi = 2,9504 m

Diameter = 2,9504 m

Harga : \$ 16.012

d. Pengolahan Air Pendingin

1. Bak Air Pendingin (BU-05)

Fungsi : Menampung kebutuhan air pendingin

Jenis : Bak persegi Panjang

Kapasitas : 14,3947 m³/jam

Dimensi

Tinggi = 1,6286 m

Panjang = 3,2571 m

Lebar = 3,2571 m

Harga : \$ 19.145

2. Cooling Tower (CT-01)

Fungsi : Mendinginkan air pendingin setelah digunakan

Jenis : Tangki silinder tegak

Kapasitas : 14,3974 m³/jam

Dimensi

Luas = 2,2621 m²

Tinggi = 4,1852 m

Panjang = 1,5040 m

Lebar = 1,5040 m

Harga : \$ 23.846

3. Blower Cooling Tower (G-121)

Fungsi : Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan

Kebutuhan Udara : 5593,5944 ft³/min

Tekanan : 28,3075 psi

Power Blower : 4,7312 hp

Harga : \$ 7.890

4. Pengolahan Steam Mixed Bed (M-01)

Fungsi : Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta *anion* seperti Cl,SO₄, dan NO₃.

Kapasitas : 3044,5393 m³/jam

Dimensi

Tinggi = 1,2192 m

Volume = 5790,7362 m³

Harga : \$ 197.250

5. Tangki NaCl (TU-07)

Fungsi : Menampung/menyimpan larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi kation *exchanger*

Jenis : Tangki silinder

Volume : 3,8360 m³

Dimensi

Diameter = 1,6970 m

Tinggi = 1,6970 m

Harga : \$ 21.117

6. Tangki Air Demin (TU-08)

Fungsi : Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga

Jenis : Tangki silinder tegak

Kapasitas : 11,5248 m³/jam

Volume : 331,9153 m³

Dimensi

Diameter = 7,5056 m

Tinggi = 7,5056 m

Harga : \$ 146.197

7. Deaerator (De-01)

Fungsi : Menghilangkan kandungan gas yang terlarut

Jenis : Cold water vacuum deaerator

Kapasitas : 11,5248 m³/jam

Volume : 13,8298 m³

Dimensi

Tinggi = 2,6020 m

Diameter = 2,6020 m

Harga : \$ 6.962

8. Tangki N2h4 (TU-10)

Fungsi : Menyimpan larutan n2h4

Jenis : Silinder tegak

Kebutuhan n_2h_4 : 0,00386 m³/jam

Volume : 14,0576 m³

Tinggi = 2,6163 m

Diameter = 2,6163 m

Harga : \$ 32.372

e. Pengolahan Steam (*Boiler*)

1. *Boiler*

Fungsi : Membuat *saturated steam*

Jenis : *Water Tube Boiler*

Kapasitas : 7006,1376 kg/jam

Luas transfer panas : 68,5953 m²

Jumlah 1

Harga : \$ 39.450

2. Tangki Bahan Bakar *Boiler*

Fungsi : Menyimpan bahan bakar generator selama 7 hari

Jenis : Tangki silinder tegak

Kapasitas : 46839650 KJ/jam

Dimensi

Tinggi = 12,7297 m

Diameter = 6,3648 m

Harga : \$ 36.201

f. Pompa Utilitas

Tabkesimel 4. 20 Spesifikasi Pompa

Nama Alat	Kode	Kapasitas (gpm)	Head Pompa (ft.lbf/lbm)	Tenaga (Hp)	Jumlah	Harga (\$)
Pompa-01	PU-01	244,58	47,22	3,78	2	26,45
Pompa-02	PU-02	232,35	33,98	2,72	2	26,45
Pompa-03	PU-03	220,73	43,72	3,32	2	26,45
Pompa-04	PU-04	65	16,40	5,73	2	26,45
Pompa-05	PU-05	220,73	17,48	1,33	2	26,45
Pompa-06	PU-06	127,26	16,76	0,73	2	26,45
Pompa-07	PU-07	120,89	10,45	0,43	2	26,45
Pompa-08	PU-08	114,85	14,12	0,6	2	21,34
Pompa-09	PU-09	114,85	67,22	2,8	2	21,34
Pompa-10	PU-10	200	18,21	0,5	2	21,34
Pompa-11	PU-11	51,67	25,73	0,98	2	21,34
Pompa-12	PU-12	51,67	10,97	0,42	2	21,34
Pompa-13	PU-13	3,62	12,49	0,58	2	26,45
Pompa-14	PU-14	11,75	8,22	0,55	2	21,34
Pompa-15	PU-15	0,2	4,08	2,03	2	21,34
Pompa-16	PU-16	5,16	9,85	0,51	2	21,34
Pompa-17	PU-17	5,16	9,85	0,51	2	21,34
Pompa-18	PU-18	14,41	8,23	0,66	2	21,34
Pompa-19	PU-19	36,2	3,77	0,92	2	26,45
Pompa-20	PU-20	14,03	7,95	0,37	2	21,34

4.7.5 Unit Pengadaan Dowtherm A

Dowtherm A digunakan sebagai pendingin pada alat-alat proses yang digunakan (Reaktor dan Cooler). Kondisi operasi proses dilakukan dalam fase gas serta beroperasi pada suhu 300 C dan pada tekanan 1 atm. Jika menggunakan air sebagai pendingin akan banyak air yang akan di terapkan dan konsumsi air juga akan banyak karena kondisi operasi diatas titik didih air. Maka, dicari bahan pendingin yang sifat fisik dan kimia nya lebih ringan dan dapat bertahan pada suhu tinggi dan tekanan tinggi. Oleh karena itu dipilih Dowtherm A sebagai pendingin yang terdiri dari senyawa dipenil eter

dan bipenil eter. Senyawa ini memiliki tekanan uap yang sama, sehingga campuran dapat ditangani seolah-olah itu senyawa tunggal.

Dowtherm A adalah cairan yang dapat digunakan dalam fase cair atau fase uap. Kisaran aplikasi normal adalah 60 F sampai 750 F (15-400)°C dan kisaran tekanan adalah 1 atm – 152,2 psig. Fluida ini stabil tidak mudah terurai pada suhu tinggi, dan dapat digunakan secara efektif baik dalam fase cair atau fase uap. Viskositasnya rendah sepanjang rentang operasi pada perpindahan panas yang efisien sehingga tidak ada masalah dalam pemompaan.

Tabel 4. 21 Kebutuhan Dowtherm A

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor	R-01	37.272,5723
Total		37.272,5723

4.8 Organisasi Perusahaan

4.8.1 Bentuk Organisasi Perusahaan

Pabrik Formaldehyde yang akan didirikan ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas (PT) merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Dalam Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

Untuk perusahaan - perusahaan skala besar, biasanya menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT/korporasi). Perseroan Terbatas (PT) merupakan asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap

sebagai badan hukum.

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan (PT) ini adalah didasarkan atas beberapa faktor sebagai berikut:

1. Mudah mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
3. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
4. Efisiensi dari manajemen
5. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur yang cukup cakap dan berpengalaman.
6. Lapangan usaha lebih luas
7. Suatu PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.
8. Merupakan badan usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.
9. Mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.
10. Mudah bergerak di pasar global.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas (PT) adalah :

1. Perusahaan didirikan dengan akta notaris berdasarkan kitab undang - undang hukum dagang.
2. Pemilik perusahaan adalah pemilik pemegang saham.

3. Biasanya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham - saham.
4. Perusahaan dipimpin oleh direksi yang dipilih oleh para pemegang saham.
5. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan undang - undang pemburuhan.

4.8.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Untuk menjalankan segala aktivitas di dalam perusahaan secara efisien dan efektif, diperlukan adanya struktur organisasi. Struktur organisasi merupakan salah satu unsur yang sangat diperlukan dalam suatu perusahaan. Dengan adanya struktur yang baik maka para atasan dan para karyawan dapat memahami posisi masing - masing. Dengan demikian struktur organisasi suatu perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang dan tanggung jawab dari masing - masing personil dalam perusahaan tersebut.

Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman antara lain:

- a) Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
- b) Pendelegasian wewenang
- c) Pembagian tugas kerja yang jelas
- d) Kesatuan perintah dan tanggung jawab
- e) Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
- f) Organisasi perusahaan yang fleksibel.

Dengan berpedoman terhadap azas - azas tersebut, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu: sistem line dan staf. Pada sistem ini,

garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini, yaitu:

- a. Sebagai garis atau line yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
- b. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum. Dimana Direktur Teknik dan Produksi membawahi bidang produksi, pengendalian, utilitas dan pemeliharaan. Sedangkan Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum membawahi bidang pembelian dan pemasaran, administrasi, keuangan dan umum, serta penelitian dan pengembangan. Direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang

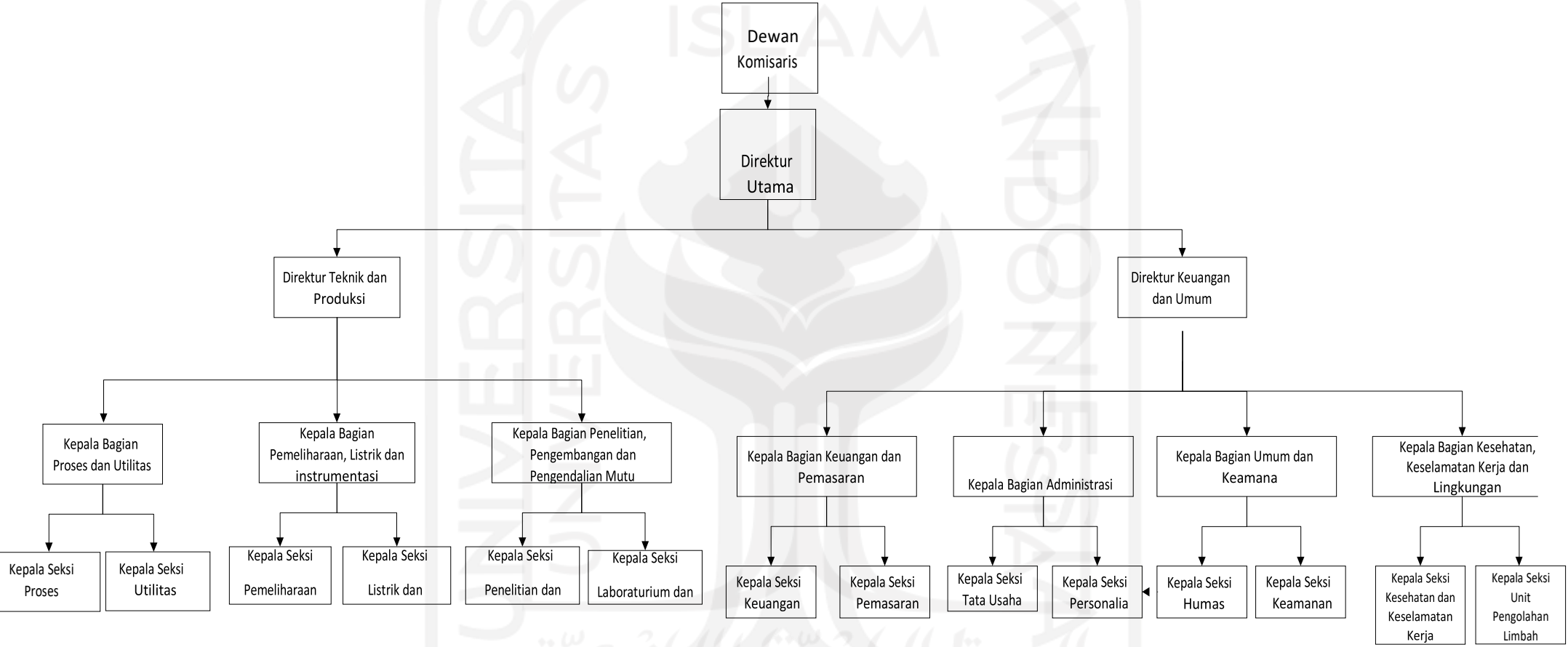
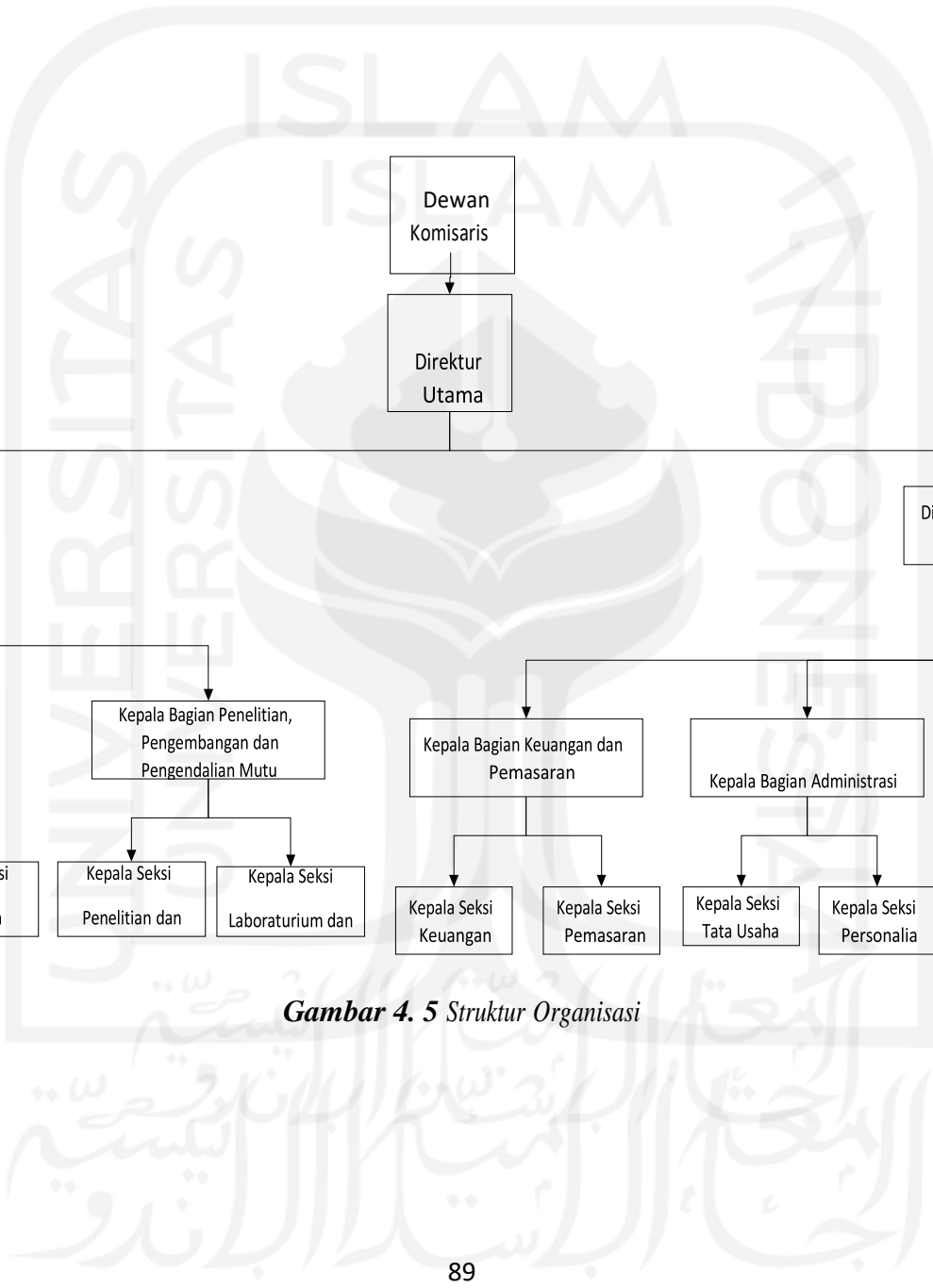
bertanggung jawab atas bawahannya sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi yang dikepalai oleh kepala seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi para karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi.

Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli di bidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan.

Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut :

- a) Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang.
- b) Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
- c) Penempatan pegawai yang lebih tepat.
- d) Penyusunan program pengembangan manajemen.
- e) Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.

Berikut gambar struktur organisasi pabrik Formaldehida dari metanol dan udara dengan kapasitas 30.000 ton/tahun:



Gambar 4. 5 Struktur Organisasi

4.8.3 Tugas dan Wewenang

1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan yang mempunyai bentuk Perseroan Terbatas (PT) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut para pemegang saham berwenang:

- 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 sehari - hari daripada pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

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

3. Dewan Direksi

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum.

Tugas Direktur Utama antara lain:

- a. Tugas kebijakan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada akhir masa jabatannya.
- b. Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen dan karyawan.
- c. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
- d. Mengkoordinir kerjasama dengan Direktur Teknik dan Produksi serta Administrasi, Keuangan dan Umum.

Tugas Direktur Teknik dan Produksi antara lain:

- a) Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi dan teknik.
- b) Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala - kepala bagian yang menjadi bawahannya.

Tugas Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum antara lain:

- a) Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang administrasi, keuangan dan umum, pembelian dan pemasaran, serta penelitian dan pengembangan.
- b) Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala - kepala bagian yang menjadi bawahannya.

4. Staff Ahli

Staff ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staff ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing.

Tugas dan wewenang:

- a) Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
- b) Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.
- c) Mempertinggi efisiensi kerja.

5. Kepala Bagian

a. Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi.

Kepala Bagian Produksi membawahi:

- i. Seksi Proses

Tugas Seksi Proses meliputi:

- Menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan, sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang.

- Mengawasi jalannya proses produksi.

- Seksi Pengendalian

Tugas Seksi Pengendalian meliputi:

- Menangani hal - hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.

- Seksi Laboratorium

Tugas Seksi Laboratorium meliputi:

- Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu.
- Mengawasi dan menganalisa produk.
- Mengawasi kualitas buangan pabrik.

b. Kepala Bagian Teknik

Tugas Kepala Bagian Teknik antara lain:

- Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang utilitas dan pemeliharaan.
- Mengkoordinir kepala - kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala Bagian Teknik membawahi:

- Seksi Pemeliharaan

Tugas Seksi Pemeliharaan antara lain:

- Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan table pabrik.

- Memperbaiki kerusakan peralatan pabrik .

- Seksi Utilitas

Tugas Seksi Utilitas antara lain:

- Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas memenuhi kebutuhan proses, air, steam, dan tenaga listrik.

c. Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran

Tugas Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran antara lain:

- Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang pengadaan bahan baku dan pemasaran hasil produksi.
- Mengkoordinir kepala - kepala seksi yang menjadi bawahannya. Kepala bagian pembelian dan pemasaran membawahi:

- Seksi Pembelian

Tugas Seksi Pembelian antara lain:

- Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan.
- Mengetahui harga pemasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

- Seksi Pemasaran

Tugas Seksi Pemasaran antara lain:

- Merencanakan strategi penjualan hasil produksi.
- Mengatur distribusi barang dari gudang.

d. Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum

Tugas Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum antara lain:

- Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang administrasi dan keuangan, personalia dan humas, serta keamanan.
- Mengkoordinir kepala - kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala bagian administrasi, keuangan dan umum membawahi:

- Seksi Administrasi dan Keuangan

Tugas Seksi Administrasi dan Keuangan antara lain:

- Menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan serta masalah pajak.

- Seksi Personalia

Tugas Seksi Personalia antara lain:

- Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.
- Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang dinamis.
- Melaksanakan hal - hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

- Seksi Humas

Tugas Seksi Humas antara lain:

- Mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan.

- Seksi Keamanan

Tugas Seksi Keamanan antara lain:

- Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas yang ada di perusahaan.
- Mengawasi keluar masuknya orang-orang baik karyawan maupun bukan ke dalam lingkungan perusahaan.
- Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan.

e. Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan

Tugas Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan antara lain:

- Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang penelitian dan pengembangan produksi.
- Mengkoordinir kepala - kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan membawahi:

- Seksi Penelitian
- Seksi Pengembangan

6. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bidangnya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh kepala bagian masing-masing agar diperoleh hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagiannya masing-masing sesuai dengan seksinya.

7. Status Karyawan

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status

karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut status karyawan ini dapat dibagi menjadi 3 golongan, sebagai berikut :

a) Karyawan Tetap

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

b) Karyawan Harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

c) Karyawan Borongan

Karyawan yang digunakan oleh pabrik/perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

8. Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik ini direncanakan beroperasi 330 hari dalam 1 tahun dan 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan atau perawatan dan shut down. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan digolongkan dalam dua golongan, yaitu :

1. Karyawan Non-Shift

Karyawan non shift adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk para karyawan non shift adalah: Direktur Utama, Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum, Kepala Bagian serta bawahan yang berada di kantor. Karyawan non shift dalam satu minggu bekerja selama 6 hari dengan jam kerja

sebagai berikut:

Jam kerja : Senin – Kamis : jam 07.00 – 16.00

Jumat : jam 07.00 – 17.00

Jam istirahat : Senin – Kamis : jam 12.00 – 13.00

Jumat : jam 11.00 – 13.00

2. Karyawan Shift

Karyawan shift adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan shift ini adalah operator produksi, bagian teknik, bagian gudang dan bagian-bagian yang harus siaga untuk menjaga keselamatan serta keamanan pabrik. Para karyawan akan bekerja secara bergantian sehari semalam. Karyawan shift dibagi dalam 3 shift dengan pengaturan sebagai berikut :

- Shift pagi : jam 07.00 – 15.00
- Shift siang : jam 15.00 – 23.00
- Shift malam : jam 23.00 – 07.00

Untuk karyawan shift dibagi menjadi 4 regu, dimana 3 regu bekerja dan 1 regu lainnya istirahat dan ini berlaku secara bergantian. Tiap regu mendapat giliran 3 hari kerja dan 1 hari libur tiap shift, dan masuk lagi untuk shift berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan pemerintah, maka regu yang masuk tetap masuk. Jadwal kerja masing-masing regu ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4. 22 Jadwal kerja *shift* setiap regu

Regu	Hari											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	P	P	S	S	M	M	L	P	P	S	S	M
II	S	S	M	M	L	P	P	S	S	M	M	L
III	M	M	L	P	P	S	S	M	M	L	P	P
IV	L	P	P	S	S	M	M	L	P	P	S	S

Keterangan : P = shift pagi
 S = shift siang
 M = shift malam
 L = libur

Kelancaran produksi dari suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh faktor kedisiplinan karyawannya. Untuk itu kepada seluruh karyawan diberlakukan presensi dan masalah presensi ini akan digunakan pimpinan perusahaan sebagai dasar dalam mengembangkan karier para karyawan dalam perusahaan.

9. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji

a. Jabatan dan Keahlian

Masing-masing jabatan dalam struktur organisasi diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan yang sesuai dengan jabatan dan tanggung jawab. Jenjang pendidikan karyawan yang diperlukan berkisar dari Sarjana S-1 sampai lulusan SMP. Perinciannya sebagai berikut :

Tabel 4. 23 Jabatan dan keahlian

No.	Jabatan	Keahlian
1	Direktur Utama	Magister Teknik Kimia
2	Direktur Teknik dan Produksi	Sarjana Teknik Kimia
3	Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum	Sarjana Ekonomi
4	Staf Ahli	Sarjana Teknik Kimia dan Ekonomi
5	Kepala Bagian Produksi	Sarjana Teknik Kimia
6	Kepala Bagian Teknik	Sarjana Teknik Mesin
7	Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran	Sarjana Ekonomi
8	Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum	Sarjana Ekonomi
9	Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan	Sarjana Teknik Kimia
10	Kepala Seksi Personalia dan Humas	Sarjana Sosial
11	Kepala Seksi Keamanan	Ahli Madya
12	Kepala Seksi Pembelian dan Pemasaran	Sarjana Industri/Ekonomi
13	Kepala Seksi Administrasi dan Keuangan	Sarjana Industri/Ekonomi
14	Kepala Seksi Proses	Sarjana Teknik Kimia
15	Kepala Seksi Pengendalian	Sarjana Teknik Kimia
16	Kepala Seksi Laboratorium	Sarjana Teknik Kimia
17	Kepala Seksi Utilitas dan Pemeliharaan	Sarjana Teknik Kimia
18	Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan	Sarjana Teknik Kimia
19	<i>Foreman</i> Proses	Ahli Madya Teknik Kimia
20	Operator Proses	Ahli Madya Teknik Kimia
21	<i>Foreman</i> Teknik	Ahli Madya Teknik Mesin
22	Operator Teknik	Ahli Madya Teknik Mesin
23	<i>Foreman</i> Utilitas	Ahli Madya Teknik Kimia
24	Operator Utilitas	Ahli Madya Teknik Kimia
25	Karyawan Pembelian dan Pemasaran	Ahli Madya Teknik Industri / Ekonomi
26	Karyawan Administrasi dan Keuangan	Ahli Madya Ekonomi

27	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	Ahli Madya Teknik Kimia
28	Karyawan Personalia dan Humas	Ahli Madya Sosial
29	Karyawan Keamanan	Lulusan SMA
30	Karyawan Proses	Ahli Madya Teknik Kimia
31	Karyawan Pengendalian	Ahli Madya Teknik Kimia
32	Karyawan Laboratorium	Ahli Madya Teknik Kimia
33	Karyawan Utilitas dan Pemeliharaan	Ahli Madya Teknik Kimia
34	Sekretaris	Ahli Madya Sekretaris
35	Medis	Dokter
36	Paramedis	Sarjana Keperawatan
37	Sopir	Lulusan SMP
38	Cleaning Service	Lulusan SMP

b. Perincian Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan harus disesuaikan secara tepat sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselesaikan dengan baik dan efisien. Penentuan jumlah karyawan dapat dilakukan dengan melihat jenis proses ataupun jumlah unit proses yang ada. Penentuan jumlah karyawan proses dapat digambarkan sebagai berikut :

Tabel 4. 24 Perincian jumlah karyawan

Nama Alat	Σ Unit	Orang/Unit.Shift	Orang/shift
Reaktor Fiksbed	1	0,5	0,5
Separator	1	0,25	0,25
Vaporizer	1	0,25	0,25
Heater	2	0,25	0,5
Cooler	2	0,25	0,5
Tangki	2	0,1	0,2
Pompa	3	0,2	0,6

Blower	2	0,2	0,4
Filter Udara	1	0,05	0,05
Absorber	2	0,5	1
Total			4,25

- Jumlah operator untuk alat proses = 4 x 3 Shift
= 13 Orang
- Jumlah operator utilitas = 0,5 x Jumlah operator produksi
= 0,5 x 13 Orang
= 7 Orang

Sehingga total keseluruhan operator lapangan = 13 Orang + 7 Orang
= 20 Orang

Tabel 4. 25 Jumlah karyawan

Jabatan	Jumlah
Direktur Utama	1
Direktur Teknik dan Produksi	1
Direktur Keuangan dan Umum	1
Staff Ahli	2
Ka. Bag. Pembelian dan Pemasaran	1
Ka. Bag. Administrasi, Keuangan dan umum	1
Ka. Bag. Teknik	1
Ka. Bag. Produksi	1
Ka. Sek. Personalia dan Humas	1
Ka. Sek. Keamanan	1
Ka. Sek. Pembelian dan Pemasaran	1
Ka. Sek. Administrasi dan Keuangan	1
Ka. Sek. Proses	1
Ka. Sek. Pengendalian	1

Ka. Sek. Laboratorium	1
Ka. Sek. Utilitas dan Pemeliharaan	1
Ka. Sek. Penelitian dan Pengembangan	1
Karyawan Personalia dan Humas	3
Karyawan Keamanan	8
Karyawan Pembelian dan Pemasaran	4
Karyawan Administrasi dan Keuangan	3
Foremen Proses	4
Karyawan Proses	12
Foreman Teknik	4
Karyawan Teknik	10
Foreman Utilitas	2
Karyawan Utilitas	6
Karyawan Pengendalian	5
Karyawan Laboratorium	4
Karyawan Pemeliharaan	7
Karyawan KKK	6
Sekretaris	3
Medis	1
Paramedis	3
Sopir	6
Cleaning Service	7

c. Penggolongan Gaji

Sistem gaji perusahaan ini dibagi menjadi tiga golongan yaitu :

1) Gaji bulanan

Gaji ini diberikan kepada pegawai tetap. Besarnya gaji sesuai dengan peraturan perusahaan.

2) Gaji harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

3) Gaji lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang melebihi jam kerja yang telah ditetapkan dan besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.

Tabel 4. 26 Penggolongan gaji menurut jabatan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji
1	Direktur Utama	1	Rp40.000.000	Rp40.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
3	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
4	Staff Ahli	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
5	Ka. Bag. Proses	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
6	Ka. Bag. Utilitas	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
7	Ka. Bag. Pemasaran dan Keuangan	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
8	Ka. Bag. Administrasi dan Umum	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
9	Ka. Bag. Litbang	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
10	Ka. Bag. Humas dan Keamanan	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
11	Ka. Bag. K3	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
12	Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
13	Ka. Sek. UPL	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
14	Ka. Sek. Proses	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
15	Ka. Sek. Bahan Baku dan Produk	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
16	Ka. Sek. Pemeliharaan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
17	Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
18	Ka. Sek. Laboratorium	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
19	Ka. Sek. Keuangan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
20	Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
21	Ka. Sek. Personalia	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
22	Ka. Sek. Humas	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000

23	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
24	Ka. Sek. K3	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
25	Karyawan Personalia	5	Rp10.000.000	Rp50.000.000
26	Karyawan Humas	5	Rp8.000.000	Rp40.000.000
27	Karyawan Litbang	5	Rp8.000.000	Rp40.000.000
28	Karyawan Pembelian	5	Rp8.000.000	Rp40.000.000
29	Karyawan Pemasaran	5	Rp8.000.000	Rp40.000.000
30	Karyawan Administrasi	6	Rp8.000.000	Rp48.000.000
31	Karyawan Kas/Anggaran	7	Rp8.000.000	Rp56.000.000
33	Karyawan Pengendalian	10	Rp10.000.000	Rp100.000.000
34	Karyawan Laboratorium	6	Rp10.000.000	Rp60.000.000
35	Karyawan Pemeliharaan	6	Rp10.000.000	Rp60.000.000
37	Karyawan K3	6	Rp10.000.000	Rp60.000.000
38	Karyawan Keamanan	8	Rp5.000.000	Rp40.000.000
39	Sekretaris	4	Rp7.000.000	Rp28.000.000
40	Dokter	3	Rp9.500.000	Rp28.500.000
41	Perawat	5	Rp4.500.000	Rp22.500.000
42	Supir	10	Rp3.600.000	Rp36.000.000
43	Cleaning Service	10	Rp3.600.000	Rp36.000.000
Total		130	Rp565.000.000	Rp1.240.000.000

10. Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain berupa :

1. Tunjangan
 - a) Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
 - b) Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
 - c) Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.

2. Cuti

- a. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun.
- b. Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

3. Pakaian Kerja

Pakaian kerja diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya.

4. Pengobatan

- c. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang - undang yang berlaku.
- d. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak diakibatkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

5. Asuransi Tenaga Kerja (ASTEK)

ASTEK diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebih dari 10 orang dengan gaji karyawan Rp 1.000.000,00 per bulan.

Fasilitas untuk kemudahan bagi karyawan dalam melaksanakan aktivitas selama di pabrik antara lain:

- i. Penyediaan mobil dan bus untuk transportasi antar jemput karyawan.
- ii. Kantin, untuk memenuhi kebutuhan makan karyawan terutama makan siang.
- iii. Sarana peribadatan seperti masjid.

- iv. Pakaian seragam kerja dan peralatan - peralatan keamanan seperti safety helmet, safety shoes dan kacamata, serta tersedia pula alat - alat keamanan lain seperti masker, ear plug, sarung tangan tahan api.
- v. Fasilitas kesehatan seperti tersedianya poliklinik yang dilengkapi dengan tenaga medis dan paramedis.

11. Manajemen Produksi

Manajemen produksi merupakan salah satu bagian dari manajemen perusahaan yang fungsi utamanya adalah menyelenggarakan semua kegiatan untuk memroses bahan baku dengan mengatur penggunaan faktor - faktor produksi sedemikian rupa sehingga proses produksi berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

Manajemen produksi meliputi manajemen perencanaan dan pengendalian produksi. Tujuan perencanaan dan pengendalian produksi adalah mengusahakan agar diperoleh kualitas produksi yang sesuai dengan rencana dan dalam jangka waktu yang tepat. Dengan meningkatkan kegiatan produksi maka selayaknya untuk diikuti dengan kegiatan perencanaan dan pengendalian agar dapat dihindarkan terjadinya penyimpangan - penyimpangan yang tidak terkendali.

Perencanaan ini sangat erat kaitannya dengan pengendalian. Dimana perencanaan merupakan tolak ukur bagi kegiatan operasional, sehingga penyimpangan yang terjadi dapat diketahui dan selanjutnya dikendalikan ke arah yang sesuai.

1. Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu

dipertimbangkan yaitu faktor eksternal dan internal. Yang dimaksud faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedang faktor internal adalah kemampuan pabrik.

a. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi dua kemungkinan :

- Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik.

Ada tiga alternatif yang dapat diambil :

- Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar, dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
- Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
- Mencari daerah pemasaran lain.

b. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor antara lain:

a. Material (Bahan Baku)

Dengan pemakaian yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan mencapai target produksi yang diinginkan.

b. Manusia (Tenaga Kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilan meningkat.

c. Mesin (Peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu.

2. Pengendalian Produksi

Setelah perencanaan produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standard dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal. Untuk itu perlu dilaksanakan pengendalian produksi sebagai berikut :

1. Pengendalian kualitas

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku jelek, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor / analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan.

2. Pengendalian kuantitas

Penyimpangan kuantitas terjadi karena kesalahan operator, kerusakan mesin, keterlambatan pengadaan bahan baku, perbaikan alat terlalu lama dan lain-lain.

Penyimpangan tersebut perlu diidentifikasi penyebabnya dan diadakan evaluasi. Selanjutnya diadakan perencanaan kembali sesuai dengan kondisi yang ada.

3. Pengendalian waktu

Untuk mencapai kuantitas tertentu perlu adanya waktu tertentu pula.

4. Pengendalian bahan proses

Bila ingin dicapai kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan untuk proses harus mencukupi. Karenanya diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekurangan.

4.9 Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (estimation) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi ini faktor - faktor yang ditinjau adalah :

1. *Return On Investment*
2. *Pay Out Time*
3. *Discounted Cash Flow*
4. *Break Even Point*
5. *Shut Down Point*

Sebelum dilakukan analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal sebagai berikut :

1. Penentuan modal 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 modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

- a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya variabel (*Variable Cost*)
- c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

4.9.1 Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Pabrik Formaldehid beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari, dan tahun evaluasi pada tahun 2025. Di dalam analisa ekonomi harga – harga alat maupun harga – harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari index pada tahun analisa.

Harga indeks tahun 2025 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1995 sampai 2025, dicari dengan persamaan regresi linier.

Tabel 4. 27 Indeks pada tahun referensi

No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1987	324
2	1988	343
3	1989	355
4	1990	356
5	1991	361,3
6	1992	358,2
7	1993	359,2
8	1994	368,1
9	1995	381,1
10	1996	381,7
11	1997	386,5
12	1998	389,5
13	1999	390,6
14	2000	394,1
15	2001	394,3
16	2002	395,6
17	2003	402
18	2004	444,2
19	2005	468,2
20	2006	499,6
21	2007	525,4
22	2008	575,4
23	2009	521,9
24	2010	550,8
25	2011	585,7
26	2012	584,6
27	2013	567,3
28	2014	576,1
29	2015	556,8

Sumber : (Chemical engineering plant cost index)

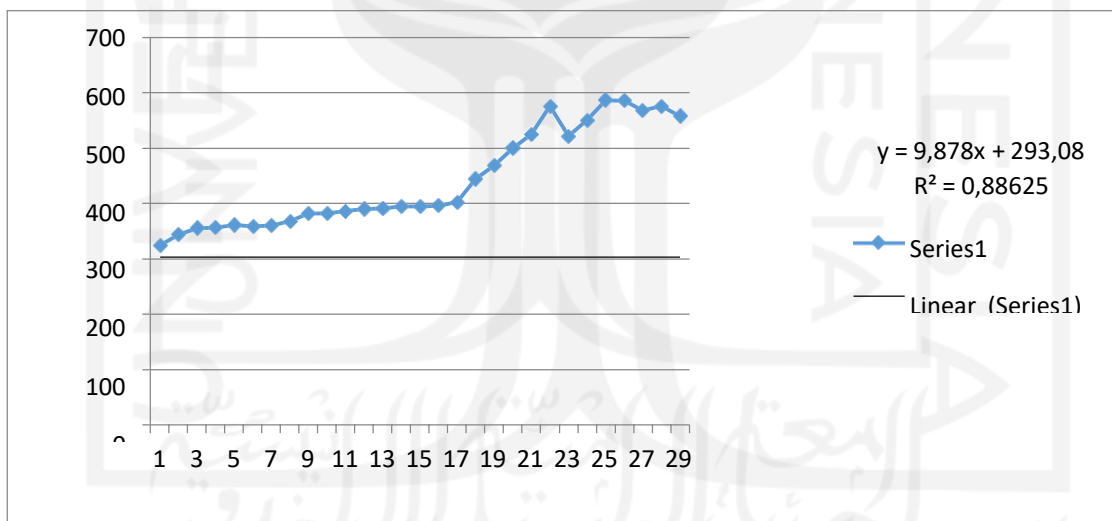
Persamaan yang diperoleh adalah : $y = 9,878x + 293,08$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2025 adalah:

Tabel 4. 28 Indeks pada tahun perancangan

30	2016	589,42
31	2017	599,298
32	2018	609,176
33	2019	619,054
34	2020	628,932
35	2021	638,81
36	2022	648,688
37	2023	658,566
38	2024	668,444
39	2025	678,322

Jadi indeks pada tahun 2025 = **678,322**



Gambar 4. 6 Indeks harga

Harga – harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan website www.matche.com. Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan :

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Nv} \quad (\text{Aries \& Newton, 1955})$$

Dalam hubungan ini:

- Ex : Harga pembelian pada tahun 2025
 Ey : Harga pembelian pada tahun referensi
 Nx : Index harga pada tahun 2025
 Ny : Index harga pada tahun referensi

4.9.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi Formaldehyde = 30.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Umur pabrik = 10 tahun

Pabrik didirikan pada tahun = 2025

Kurs mata uang = 1 US\$ = Rp 14.371,-

Harga bahan baku (metanol) = Rp 63.940.931. 000

Harga bahan pembantu :

- Katalis Vanadium Pentaokside = Rp 16.453. 000
- Katalis (Iron Molybdenum Oxyde) = Rp 118.839. 000

Harga Jual = Rp 888.000.000.000

4.9.3 Perhitungan Biaya

1. Capital Investment

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran – pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya.

Capital investment terdiri dari:

a. Fixed Capital Investment

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

b. Working Capital Investment

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

Tabel 4. 29 Harga Alat dalam Proses Produksi

No	Nama Alat	Kode	Ukuran	Satuan	Harga	Jumlah	Harga Total (\$)
1	Tangki Methanol	T-01	480.070,75	gallons	\$236.700	1	\$274.641,03
2	Vaporizer	VP-01	871,27	Ft ²	\$169.800	1	\$197.017,52
3	Seperator	SP-01	26,800.00	Inchi	\$35.400	1	\$41.074,32
4	Heat Exchanger	HE-01	208	Ft ²	\$14.609,54	2	\$33.902,66
5	Heat Exchanger	HE-02	217	Ft ²	\$29.700	2	\$68.921,32
6	Fan	F-01	4377,49	Cuft	\$9.800	2	\$22.741,72
7	Fan	F-02	1826,92	Cuft	\$5.500	2	\$12.763,21
8	Reaktor Fixed Bed	R-01	3010,73	Ft ²	\$206.100	1	\$239.649,11
9	Reaktor Fixed Bed	R-01	3010,73	Ft ²	\$206.100	1	\$239.649,11

10	Cooler	CL-01	1048	Ft ²	\$126.500	2	\$293.5553,78
11	Cooler	CL-02	738,00	Ft ²	\$89.800,00	2	\$208.388,37

12	Absorber	AB-01	12.470	M ³ /h	\$174.987,58	1	\$203.036,63
13	Absorber	Ab-02	6.669,69	M ³ /h	\$120.212,85	1	\$139.481,96
14	Tangki Formaldehide	T-02	505.835,22	Gallons	\$381.959,00	1	\$443.183,83
15	Pompa	P-01	2,50	Inchi	\$5.700	2	\$13.227,32
16	Pompa	P-02	1,50	Inchi	\$4.200	2	\$9.746,45
17	Pompa	P-03	4,00	Inchi	\$13.600	2	\$31.559,93
18	Pompa	P-04	2,50	Inchi	\$5.700	2	\$13.227,32
TOTAL							\$2.485.765,59

2. Manufacturing Cost

Manufacturing Cost merupakan jumlah Direct, Indirect dan Fixed Manufacturing Cost, yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

Menurut Aries & Newton, Manufacturing Cost meliputi :

a. Direct Cost

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan

pembuatan produk.

b. Indirect Cost

Indirect Cost adalah pengeluaran–pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c. Fixed Cost

Fixed Cost adalah biaya – biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

3. General Expense

General Expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran–pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk Manufacturing Cost.

4.9.4 Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak, maka dilakukan suatu analisa atau evaluasi kelayakan.

Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

1. Percent Return On Investment

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

2. Pay Out Time (POT)

Pay Out Time (POT) adalah :

- Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya Capital Investment dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.
- Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi})}$$

3. Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah :

- Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
- Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
- Kapasitas produksi pada saat sales sama dengan total cost. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.

$$\text{BEP} = \frac{(Fa + 0.3 Ra)}{(Sa - Va - 0.7 Ra)} \times 100\%$$

Dalam hal ini:

Fa : Annual Fixed Manufacturing Cost pada produksi maksimum

Ra : Annual Regulated Expenses pada produksi maksimum

Va : Annual Variable Value pada produksi maksimum

Sa : Annual Sales Value pada produksi maksimum

4. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point (SDP) adalah :

- Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain Variable Cost yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit).
- Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
- Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar Fixed Cost.
- Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

$$\text{SDP} = \frac{(0.3 Ra)}{(Sa - Va - 0.7 Ra)} \times 100\%$$

5. Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) adalah:

- Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
- Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
- Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

Persamaan untuk menentukan DCFR :

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} \frac{1}{(1 + i)^n}$$

Dimana:

FC : Fixed capital

WC : Working capital

SV : Salvage value

C : Cash flow

: profit after taxes + depresiasi + finance

n : Umur pabrik = 10 tahun

i : Nilai DCFR

4.9.5 Hasil Perhitungan

Perhitungan rencana pendirian pabrik Formaldehyde memerlukan rencana PPC, PC, MC, serta General Expense. Hasil rancangan masing-masing disajikan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 30 Physical Plant Cost (PPC)

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Purchased Equipment cost	Rp55.982.873.387	\$3.887.700
2	Delivered Equipment Cost	Rp2.311.587.000	\$971.925
3	Instalasi cost	Rp5.138.100.000	\$695.034
4	Pemipaan	Rp6.507.230.000	\$941.755
5	Instrumentasi	Rp14.157.835.418	\$983.183
6	Insulasi	Rp2.281.107.706	\$158.410
7	Listrik	Rp173.369.000	\$388.770
8	Bangunan	Rp21.758.000.000	\$457.222
9	Land & Yard Improvement	Rp230.000.000.000	\$416.111
	Total	Rp338.136.733.511	\$8.900.110

Tabel 4. 31 Direct Plant Cost (DPC)

No	Tipe of Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Engineering and Construction	Rp138.010.853.000	\$1.780.022
	DPC	Rp828.065.115.878	\$10.680.132

Tabel 4. 32 Fixed Capital Investment (*FCI*)

No	Fixed Capital	Biaya (Rp)	Biaya, \$
1	Direct Plant Cost	Rp828.065.115.878	\$10.680.132
2	Cotractor's fee	Rp82.806.512.000	\$427.205
3	Contingency	Rp124.209.767.000	\$1.068.013
	Jumlah	Rp1.035.081.394.878	\$12.175.350

Tabel 4. 33 Direct Manufacturing Cost (*DMC*)

No	Tipe of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
----	------------------	------------	------------

1	Raw Material	Rp64.076.223.000	\$8.481.827
2	Labor	Rp3.120.000.000	\$1.280.000
3	Supervision	Rp468.000.000	\$128.000
4	Maintenance	Rp72.455.698.000	\$243.507
5	Plant Supplies	Rp10.868.355.000	\$36.526
6	Royalty and Patents	Rp8.880.000.000	\$294.000
7	Utilities	Rp46.554.591.000	\$7.577.641
	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp206.422.867.000	\$18.041.501

Tabel 4. 34 Indirect Manufacturing Cost (*IMC*)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp624.000.000	\$192.000
2	<i>Laboratory</i>	Rp624.000.000	\$128.000
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp3.120.000.000	\$640.000
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp44.400.000.000	\$1.430.000
	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp56.645.326.000	\$2.430.000

Tabel 4. 35 Fixed Manufacturing Cost (*FMC*)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp103.508.139.000	\$1.217.535
2	<i>Property taxes</i>	Rp12.657.972.000	\$243.507
3	<i>Insurance</i>	Rp10.350.814.000	\$121.754
	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp126.516.925.000	\$1.582.796

Tabel 4. 36 Total Manufacturing Cost (*MC*)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp206.422.867.000	\$18.041.501
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp56.645.326.000	\$2.430.000
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp126.516.925.000	\$1.582.796
	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp389.585.118.000	\$22.054.297

Tabel 4. 37 Working Capital (*WC*)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp5.339.685.000	\$179.918
2	<i>Inproses Onventory</i>	Rp590.280. 000	\$33.416
3	<i>Product Inventory</i>	Rp32.465.427.000	\$467.818
4	<i>Extended Credit</i>	Rp64.930.853.000	\$623.636
5	<i>Available Cash</i>	Rp32.465.427.000	\$2.004.936
	<i>Working Capital (WC)</i>	Rp135.791.672.000	\$3.309.724

Tabel 4. 38 General Expense (*GE*)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp44.400.000.000	\$661.629
2	<i>Sales Expense</i>	Rp17.760.000.000	\$1.102.715
3	<i>Research</i>	Rp22.200.000.000	\$771.900
4	<i>Finance</i>	Rp146.359.133.000	\$619.403
	<i>General Expenses(GE)</i>	Rp230.719.133.000	\$3.155.647

Tabel 4. 39 Total biaya produksi

Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp389.585.118.000	\$22.054.297
<i>General Expenses(GE)</i>	Rp230.719.113.000	\$3.155.647
<i>Total Production Cost (TPC)</i>	Rp630.304.251.000	\$25.209.944

Tabel 4. 40 Fixed cost (*Fa*)

No.	Komponen	Harga (Rp)
1.	Depresiasi	17.532.504.666
2.	<i>Property tax</i>	3.506.500.933
3.	Asuransi	1.753.250.467
	Total	22.792.256.066

Tabel 4. 41 Variable cost (*Va*)

No	Komponen	Harga (Rp)
1	<i>Raw Material</i>	64.076.223.000
2	<i>Packing and Shipping</i>	44.400.000.000
3	Utilitas	46.554.591.000
4	<i>Royalties & patents</i>	8.880.000.000
	Total Va	171.788.140.000

Tabel 4. 42 Regulated cost (*Ra*)

No.	Komponen	Harga (Rp)
1	Gaji karyawan	3.120.000.000
2	<i>Payroll overhead</i>	3.120.000.000
3	<i>Plant overhead</i>	624.000.000
4	Supervisi	468.000.000
5	<i>Laboratorium</i>	624.000.000
6	<i>Maintenance</i>	72.455.698. 000
7	<i>General expense</i>	230.719.133.000
8	<i>Plant supplies</i>	10.868.355.000
	Total	321.999.186.000

4.9.6 Analisa Keuntungan

Harga jual produk *Formaldehyde* = Rp 29.600 /kg

Annual Sales (Sa) = Rp 888.000.000.000

Total Cost = Rp 671.618.608.000

Keuntungan sebelum pajak = Rp 216.381.392.000

Pajak Pendapatan = 5 %

Keuntungan setelah pajak = Rp 205.286.044.000

4.9.7 Hasil Kelayakan Ekonomi

1. *Percent Return On Investment (ROI)*

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan} \times 100\%}{\text{Total Investasi}}$$

$$\text{ROI sebelum pajak} = 17,094\%$$

$$\text{ROI sesudah pajak} = 12,82\%$$

2. *Pay Out Time (POT)*

$$POT = \frac{\text{Total Investasi}}{\text{Keuntungan}} \times 1 \text{ tahun}$$

$$\text{POT sebelum pajak} = 3,69 \text{ tahun}$$

$$\text{POT sesudah pajak} = 4,38 \text{ tahun}$$

3. *Break Even Point (BEP)*

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

$$BEP = 54,22\%$$

4. *Shut Down Point (SDP)*

$$SDP = \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\%$$

$$SDP = 22,1\%$$

5. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

$$\text{Umur pabrik} = 10 \text{ tahun}$$

$$\text{Fixed Capital Investment} = \text{Rp } 1.035.081.394.878$$

Working Capital = Rp 135.791.672.000

Salvage Value (SV) = Rp 251.758.000.000

Cash flow (CF) = *Annual profit + depresiasi +finance*

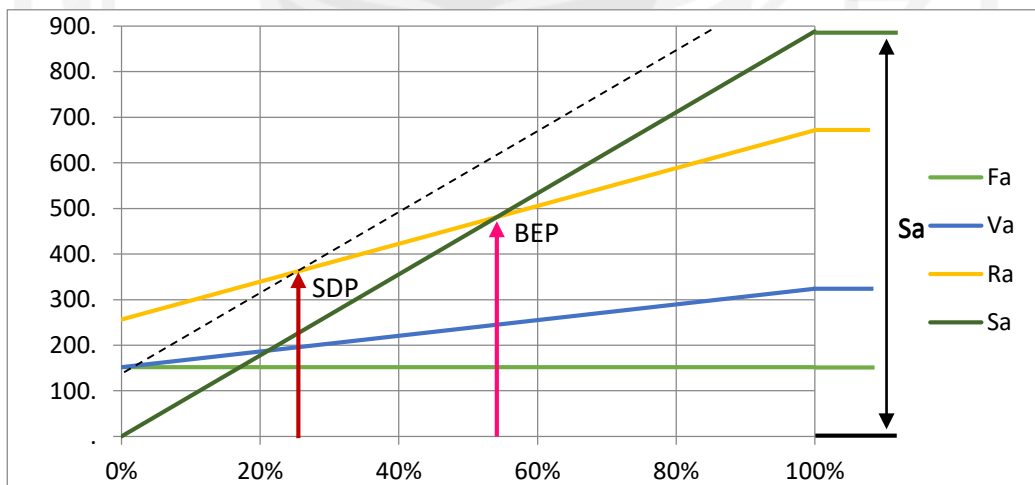
CF = Rp 485.864.161.000

Discounted cash flow dihitung secara *trial & error*

$$(FC + WC)(1 + i)^n = C \sum_{n=0}^{n-1} (1 + i)^n + WC + SV$$

R = S

Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i = 29,53\%$



Gambar 4. 7 Grafik hubungan harga vs kapasitas

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa Pra Rancangan Pabrik formaldehyde menggunakan bahan baku methanol dan Udara dengan kapasitas 30.000 Ton / tahun layak untuk dipertimbangkan. Pabrik Formaldehid dari metanol dan udara dengan kapasitas 30.000 ton/tahun, dapat digolongkan sebagai pabrik beresiko rendah karena:

- 1) Berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, serta lokasi pabrik, maka pabrik Formaldehida dari methanol dan udara ini tergolong pabrik beresiko rendah.
- 2) Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut:
 1. Keuntungan yang diperoleh:
Keuntungan sebelum pajak diperoleh Rp. 216.381.392.000/tahun, dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp. 205.286.044.000/tahun.
 2. Return On Investment (ROI):
Presentase ROI sebelum pajak sebesar 17,094%, dan ROI setelah pajak sebesar 12,82%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% (Aries & Newton, 1955).
 3. Pay Out Time (POT):
POT sebelum pajak selama 3,69 tahun dan POT setelah pajak selama 4,38 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun (Aries & Newton, 1955).

5.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep - konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut:

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses/alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produk Formaldehid dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, "*Chemical Engineering Cost Estimation*" Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York.

Badan Pusat Statistik (BPS), 2021. www.bps.go.id

Brown, G.G., Donal Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R., 1978, "*Unit Operation*" Modern Asia Edition, Charles E. Tuttle co., New Delhi, India.

Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, "*Process Equipment Design*" John Wiley and Sons, Inc., New York.

Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, "*Chemical Engineering*" vol. 1 & 6, Pergamon International Library, New York.

Evans, F.L., 1979, "*Equipment Design Handbook for Refineries and Chemical Plants*" Gulf Publishing Company, Book Division, Houston.

Holman, J., 1981, "*Heat Transfer*", Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.

Kern, D.Q., 1983, "*Process Heat Transfer*", Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York.

Ketta, Mc., 1983, "*Encyclopedia of Chemical Processing and Design*", vol. 21, 23, 29, Marcel Dekker., Inc. New York.

Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1978, "*Encyclopedia of Chemical Technology*", 3rd., vol. 4, John Wiley and Sons., Inc., New York.

Ludwig, E., 1983, "*Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plant*", 2nd ed., vol. 2, Mc. Graw Hill Book co., Tokyo.

Mc. Cabe, W.L., Smith, J.C., 1993, "*Operasi Teknik Kimia*", Jilid 2, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Peters, M.S., and Timeerhaus, K.D., 1991, "*Plant and Design for Process Plant*", 1st ed., John Wiley and Sons., New York.

Powell, S.P., 1954, “*Water Conditioning for Industry*” Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.

Rase, F.H., 1977, “*Chemical Reaktor Design for Process Plants*”, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Smith, J.M., and Van Ness, H.C.,1975, “*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic*”, 3rd ed., 5th. Ed., Mc. Graw Hill Book Student International Edition, Tokyo.

Ulrich, G.D., 1984, “*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic*”, John Wiley and Sons Inc., New York.

UN Comtrade, 2021. Comtrade.un.org

Yaws, C.L., 1999, “*Thermodynamics and Physical Property Data*”, Mc Graw-Hill Book Co, Tokyo.

LAMPIRAN

REAKTOR (R-01)

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi bahan baku utama Metanol dan Udara membentuk Formalin

Tipe Reaktor : Fixed Bed Multitube

Kondisi Operasi :

- Tekanan : 1,4 atm
- Suhu : 700 °C
- Konversi : 98% (Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry)
- Isothermal

Tipe Perancangan : Silinder tegak dengan elipstical head sebagai tutup atas dan bawah

Bahan Konstruksi : Carbon steel SA 283 grade C

a. Dasar pemilihan jenis reaktor

1. Reaksi pada fasa gas dengan katalis padat.
2. Reaksi eksotermis sehingga diperlukan luas perpindahan panas yang besar agar kontak dengan pendingin berlangsung optimal.
3. Pressure drop lebih kecil
4. Pengendalian suhu relatif lebih mudah karena menggunakan tipe shell and tube.

b. Dasar pemilihan bahan konstruksi

1. Reaktor tidak berisi larutan maupun gas yang berbahaya.
2. Suhu operasi antara -20 – 650°F

Laju Reaksi

Kecepatan Reaksi

$$-r_A = k \cdot \left[\frac{F_{AO} \cdot (1-x) \cdot P}{F_{TO} \cdot R \cdot T} \right]^2$$

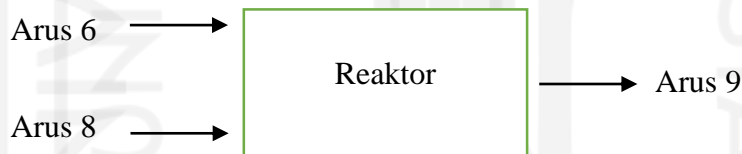
Konstanta laju reaksi didapat dari persamaan Arrhenius :

$$k = K_0 \cdot \frac{-E_a}{RT}$$

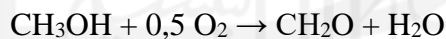
Konstanta laju reaksi didapat dari persamaan Arrhenius :

Nilai K_0 dan E_a diperoleh dari jurnal yang berjudul *A Macrokinetic Study Of The Oxidation Of Methanol To Formaldehyde On Fe₂O₃ – MoO₃ Oxide Catalyst, Studia Ubb Chemia*, LXI, 2, Tahun 2016. Dari jurnal tersebut, nilai K_0 adalah $3,1 \times 10^4$, sedangkan nilai E_a adalah 57,23 kJ/mol.

1. Neraca Massa di Reaktor



Reaksi yang terjadi di reaktor:



Neraca massa total:

$$\text{Arus 6} + \text{Arus 8} = \text{Arus 9}$$

Data:

1. Berat Massa

Komponen	BM (kg/mol)
----------	-------------

CH ₃ OH	32,0420
H ₂ O	18,0120
O ₂	32,0000
N ₂	28,0100
CH ₂ O	30,0300

2. Komposisi

Komposisi Cairan Metanol

Komponen	% massa
CH ₃ OH	99,85
H ₂ O	0,15

Komposisi Udara

Komponen	% massa
O ₂	21
N ₂	79

Komposisi Produk

Komponen	% massa
CH ₂ OH	0,3700
CH ₃ OH	0,1000
H ₂ O	0,5300

3. Neraca Massa

Neraca massa masuk arus 6:

Massa methanol = (koefisien metanol/koefisien produk) x (mol produk/konversi)

$$= 47,1419 \text{ kmol/h}$$

$$= 1510,5214 \text{ kg/h}$$

Massa air impuritas dari metanol = (0.0015/0.9985) x massa methanol

$$= 0,1260 \text{ kmol/h}$$

$$= 2,2692 \text{ kg/h}$$

Neraca massa masuk arus 8:

$$\text{Massa Oksigen} = 1.1538 \times 54.9989 \text{ kmol/h}$$

$$= 26,9242 \text{ kmol/h}$$

$$= 861,5748 \text{ kg/h}$$

$$\text{Massa Nitrogen} = ((21/79) \times \text{mol oksigen}) \times \text{BM nitrogen}$$

$$= 101,2863 \text{ kmol/h}$$

$$= 2837,0299 \text{ kg/h}$$

Neraca Massa Keluar

Neraca massa keluar arus 9:

$$\text{Massa methanol} = \text{mol sisa reaksi} \times \text{BM metanol}$$

$$= 15,1052 \text{ kg/h}$$

$$\text{Massa air impuritas dari methanol} = (0.0015/0.9985) \times \text{massa methanol}$$

$$= 2,2692 \text{ kg/h}$$

$$\text{Massa air hasil reaksi} = \text{mol sisa reaksi} \times \text{BM air}$$

$$= 840,6291 \text{ kg/h}$$

$$\text{Massa air total} = \text{Massa air impuritas dari metanol} + \text{Massa air hasil reaksi}$$

$$= 842,8983 \text{ kg/h}$$

$$\text{Massa Oksigen} = \text{mol sisa reaksi} \times \text{BM Oksigen}$$

$$= 114,8468 \text{ kg/h}$$

$$\text{Massa Nitrogen} = \text{massa nitrogen di arus 6}$$

$$= 2837,0299 \text{ kg/h}$$

$$\text{Massa formaldehyde} = \text{mol sisa reaksi} \times \text{BM formaldehyde}$$

$$= 1401,5152 \text{ kg/h}$$

No Arus	MASUK		KELUAR
	6	8	9
Komponen	kg/h	kg/h	kg/h
CH ₃ OH	1510,5214		15,1052
H ₂ O	2,2692		842,8983
O ₂		861,5748	114,8468

N ₂		2837,0299	2837,0299
CH ₂ O			1401,5152
Jumlah	1512,7906	3698,6047	5211,3953
Total	5211,3953		5211,3953

4. Neraca Energi

Entalpi Pembentukan Standar ($\Delta H^\circ F$) :

Komponen	$\Delta H^\circ F$	$\Delta H^\circ F$	$\Delta H^\circ F$	Berat Molekul (kg/kmol)
	(kcal/mol)	(kj/mol)	(kj/kmol)	
CH ₃ OH	-48,0534289	-201,19	-201190,0000	32,0420
H ₂ O	-57,7530	-241,8	-241800,0000	18,0120
O ₂	0,0000	0	0,0000	32,0000
CH ₂ O	-27,6823	-115,9	-115900,0000	30,0300

(Table 2-178. Perry Edisi 8th., Hal.2-186)

Kapasitas panas komponen

Rumus :

$$C_p = A + B.T + C.T^2 + D.T^3$$

$$T = 25^\circ\text{C}$$

$$= 298,15 \text{ K}$$

Data Cp gas masing-masing komponen

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4 \text{ (Joule/mol K)}$$

Komponen	A	B	C	D	E
Formaldehid	34,428	-2,98E-02	1,51E-04	-1,27E-07	3,39E-11
Metanol	40,046	-3,83E-02	2,45E-04	-2,17E-07	5,99E-11
Oksigen	29,526	-8,90E-03	3,81E-05	-3,26E-08	8,86E-12
Nitrogen	29,342	-3,54E-03	1,01E-05	-4,31E-09	2,59E-13
Air	33,933	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12

(Yaws, 1999, Hal. 51)

Neraca Energi Masuk:

Neraca energi arus 8:

$$\text{Energi Oksigen} = n_i f C_p \cdot dT = 215481,4619 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{Energi Nitrogen} = n_i f C_p \cdot dT = 810187,1968 \text{ kJ/jam}$$

$$H_8 = \text{Energi Oksigen arus 8} + \text{Energi Nitrogen arus 8}$$

$$T_{\text{ref}} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_{\text{in}} = 300^\circ\text{C} = 573 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

Komponen	Fi	BM	ni	$\int C_p \cdot dT$	$\Delta H_8 = n_i \cdot \int C_p \cdot dT$
	(kg/jam)		(kmol/jam)	kJ/kmol.K	(kJ/jam)
O ₂	861,5748	32,0000	26,9242	8003,2597	215481,4619
N ₂	2837,0299	28,0100	101,2863	7998,9793	810187,1968
Total			128,2105		1025668,6587

Neraca Energi masuk R-01 arus 6 (H6)

$$\text{Energi Metanol} = n_i f C_p \cdot dT = 517346,0912$$

$$\text{Energi Air} = n_i f C_p \cdot dT = 1158,5597$$

$$H_6 = \text{Energi metanol arus 6} + \text{Energi air arus 6}$$

$$T_{\text{ref}} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_{\text{in}} = 300^\circ\text{C} = 573 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

Komponen	Fi	BM	ni	$\int C_p \cdot dT$	$\Delta H_6 = n_i \cdot \int C_p \cdot dT$
	(kg/jam)		kmol/jam	kJ/kmol.K	(kJ/jam)
CH ₃ OH	1510,5214	32,0420	47,1419	10974,2261	517346,0912
H ₂ O	2,2692	18,0120	0,1260	9196,2397	1158,5597
Total			47,2679		518504,6509

$$\Delta H_{\text{in}} (\text{R-01}) = 1544173,3095 \text{ kJ/jam}$$

Neraca Energi Keluar

Neraca Energi Keluar R-01 arus 9

$$\begin{aligned} \text{Energi Metanol} &= n_i f C_p \cdot dT \\ &= 5173,4609 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Air} &= n_i f C_p \cdot dT \\ &= 430351,6735 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Oksigen} &= n_i \int C_p \cdot dT \\ &= 28723,3913 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Nitrogen} &= n_i \int C_p \cdot dT \\ &= 810187,1968 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Formaldehid} &= n_i \int C_p \cdot Dt \\ &= 430150,0697 \end{aligned}$$

$$H_9 = \text{Energi metanol arus 9} + \text{Energi Air arus 9} + \text{Energi Oksigen arus 9} + \text{Energi Nitrogen arus 9} + \text{Energi Formaldehid arus 9}$$

$$T_{ref} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_{in} = 300^\circ\text{C} = 573 \text{ K}$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

Komponen	Fi	BM	ni	$\int C_p \cdot dT$	$\Delta H_9 = n_i \cdot \int C_p \cdot dT$
	(kg/jam)		(kmol/jam)	(kJ/kmol.K)	(kJ/jam)
CH ₃ OH	15,1052	32,0420	0,4714	10974,2261	5173,4609
H ₂ O	842,8983	18,0120	46,7965	9196,2397	430351,6735
O ₂	114,8468	32,0000	3,5890	8003,2597	28723,3913
N ₂	2837,0299	28,0100	101,2863	7998,9793	810187,1968
CH ₂ O	1401,5152	30,0300	46,6705	9216,7442	430150,0697
Total			47,2679		1704585,7922

$$\Delta H_{out} \text{ Total} = 1704585,7922 \text{ kJ/jam}$$

• Menentukan ΔH_R

$$T_{umpan} = 573 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 298 \text{ K}$$

Komponen	A	B	C	D	E
CH ₃ OH	40,046	-3,83E-02	2,45E-04	-2,17E-07	5,99E-11
CH ₂ O	34,428	-2,98E-02	1,51E-04	-1,27E-07	3,39E-11
O ₂	29,526	-8,90E-03	3,81E-05	-3,26E-08	8,86E-12
N ₂	29,342	-3,54E-03	1,01E-05	-4,31E-09	2,59E-13

H ₂ O	33,933	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12
------------------	--------	-----------	----------	-----------	----------

Komponen	ΔH_f (kj/mol)	ΔH_f (kJ/kmol)	ΔH (J/mol)	ΔH (kJ/kmol)
CH ₃ OH	-201,17	-201170	1,49E+04	14942,76621
CH ₂ O	-115,9	-115900	1,13E+04	11262,98681
O ₂	0	0	8,40E+03	8396,332551
H ₂ O	-241,8	-241800	9,53E+03	9533,617091
Total	-558,87		44135,70266	44135,70266

$$\begin{aligned} \Delta H_{R 298} &= \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan} \\ &= -156530 \quad \text{Kj/kmol} \\ \Delta H_r &= 19140,93248 \quad \text{Kj/kmol} \\ \Delta H_p &= 20796,60391 \quad \text{Kj/kmol} \\ \Delta H_R &= -154874,3286 \quad \text{Kj/kmol} \\ &= -36991,11388 \quad \text{kkal/kmol} \end{aligned}$$

Menentukan Cp pendingin

$$\begin{aligned} \text{Jenis} &= \text{Downterm A} \\ T &= 200 - 750 \text{ F} \quad (366.3 - 671.89 \text{ K}) \\ \text{BM} &= 165 \\ C_p &= 0.1152 + 0.0003402 T \text{ cal/gr.K} \\ \text{Densitas } (\rho) &= 1.3644 - 9.7073 \cdot 10^{-4} T \text{ g/cm}^3 \\ \text{Viskositas } (\mu) &= 35.5898 - 6.04212 T \text{ (g/cm.J)} \\ \text{Kond. thermal (k)} &= 1.512 - 0.0010387 T \text{ cal/g.cm.K} \end{aligned}$$

	K	C	F
T in	373	100	212,0
T out	563	290	554,0
delta T	190	190	342,0

$$\begin{aligned} C_{pp} &= 0,11152+0,0003402T \\ C_{pp} &= 0,2384 \quad \text{Cal/gr K} \\ &= 0,4295 \quad \text{BTU/lb K} \end{aligned}$$

$$= 0,0009 \quad \text{BTU /gr K}$$

$$= 0,9980 \quad \text{J/gr K}$$

Menentukan pendingin yang di butuhkan

Pendingin yang dipakai adalah downthem A :

$$\text{Suhu steam masuk} = 100^{\circ}\text{C} = 373 \quad \text{K}$$

$$\text{Suhu steam keluar} = 290^{\circ}\text{C} = 563 \quad \text{K}$$

$$\text{Cp downthem} = 0,9980 \text{ J/gr K}$$

$$\text{Qh} = 7067650,0574 \text{ kJ/jam} \quad 7067650057 \quad \text{J/jam}$$

$$\text{Pendingin yang dibutuhkan (Wp)} = 37272572,31 \text{ gr/jam}$$

$$= 37272,5723 \text{ kg/jam}$$

$$= 10,3535 \quad \text{kg/menit}$$

$$\text{Qreaksi} = \Delta\text{HR} \cdot \text{FAo} \cdot \text{X}$$

$$\text{Qreaksi} = -7228062,5401 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{Qpendingin} = 7067650,0574 \text{ kJ/jam}$$

Energi Total pada Reaktor (R-01)

	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
ΔH6	1025668,6587	
ΔH8	518504,6509	
ΔHR	7228062,5401	
ΔH9		1704585,7922
QPendinginan		7067650,0574
	8772235,8496	8772235,8496

5. Spesifikasi Reaktor

Komponen	BM	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	kmol in	kmol out
Methanol	32,0420	1510,5214	15,1052	47,1419	0,4714
Air	18,0120	2,2692	842,8983	0,1260	46,7965
Oksigen	32,0000	861,5748	114,8468	26,9242	3,5890

Nitrogen	28,0100	2837,0299	2837,0299	101,2863	101,2863
Formaldehid	30,0300	0	1401,5152	0,0000	46,6705
Total	140,0940	5211,3953	5211,3953	175,4784	198,8137

1. Menentukan volume gas masuk reaktor

$$F_{in} = 5211.3953 \quad (\text{kg/jam})$$

2. Menentukan faktor kompresibilitas Z umpan masuk reaktor

$$T_c \text{ umpan} = 206.4791 \text{ K}$$

$$P_c \text{ umpan} = 44.4896 \text{ atm}$$

$$T_r = T/T_c = 573\text{K}/206\text{K} = 2,7751$$

$$P_r = P/P_c = 1,3 \text{ atm}/44,4896 \text{ atm} = 0,0292$$

$$P_r/T_r = 0,0292 / 2,7751 = 0.0105$$

Dari harga $T_r = 2.7751$ dan $P_r = 0.0292$ berdasarkan Fig. 3.15 (Smith van Ness), untuk menentukan Z menggunakan koefisien virial dengan menggunakan persamaan 3.61 sampai 3.66.

$$B^0 = \frac{BP_c}{RT_c} = B^0 + \omega B^1 \quad B^0 = 0,083 - \frac{0.422}{T_r^{1.6}}$$

$$Z = 1 + \frac{BP}{RT} = 1 + B^0 \frac{P_r}{T_r} \quad B^1 = 0,139 - \frac{0.172}{T_r^{4.2}}$$

$$Z = 1 + \left(\frac{BP_c}{RT_c} \right) \left(\frac{P_r}{T_r} \right)$$

$$Z \text{ umpan masuk reaktor} = 0,9998$$

$$\text{BM campuran} = 29,6982 \text{ kg/mol}$$

Laju alir volumetrik

$$V_g = \frac{Z \cdot n \cdot R \cdot T}{P}$$

$$V_g = \frac{0,9998 \times 175,4784 \times 82,05 \times 573}{1,3} = 6344747,8540 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$= 6,3447 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dimana :

V_g = Laju alir volumetrik, cm^3/dtk

n = mol umpan, gmol/dtk

R = Konstanta gas, $\text{cm}^3 \cdot \text{atm}/\text{gmol} \cdot \text{K}$

T = temperatur, K

P = Tekanan, atm

Z = 0.9998

n = 175.4784 kmol/dtk

T = 573 K

P = 1,3 atm

R = 82,05 $\text{cm}^3 \cdot \text{atm}/\text{kmol} \cdot \text{K}$

3. Menentukan volume GHSV (gas hourly space velocity)

$$\text{GHSV} = 1000/\text{hour}$$

4. Menentukan volume katalis

$$\text{GHSV} = \frac{\text{Laju alir volumetrik}}{\text{Volume katalis}}$$

$$V_{\text{katalis}} = \frac{6,3447 \text{ m}^3/\text{s}}{2,777777778/\text{s}} = 2,284109227 \text{ m}^3$$

Menentukan volume total katalis

Dimana dalam rongga pemasangan katalis dalam tube, akan terdapat rongga kosong

$$x(\text{porositas}) = 0.389$$

$$V_k = 2.284109227 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{kosong}} = x \cdot V_{\text{Tk}}$$

$$V_{\text{tk}} = V_k + V_{\text{kosong}}$$

$$V_{\text{tk}} = 3.738312975 \text{ m}^3$$

Jumlah Katalis

$$W(\text{MoTi}) = 809.9678111$$

$$W(\text{V}_2\text{O}_5) = 1495.32519$$

$$W = 2305.293001$$

Data katalis

Katalis	Molybdenum oxide
Bentuk	Sphere
Diameter	0.5 cm
Densitas	1891.8 kg/m ³
Porositas	0.389
bulk density	650 kg/m ³

Katalis	Vanadium pentaoksida
Bentuk	Sphere
Diameter	0.6
Densitas	3357 kg/m ³

Porositas	0.5
bulk density	600 kg/m ³

5. Menentukan ukuran tube

Diameter reaktor dipilih berdasarkan pertimbangan agar perpindahan panas berjalan dengan baik. Pengaruh rasio D_p/D_t terhadap koefisien perpindahan dalam pipa yang berisi butir-butir katalisator di bandingkan dibandingkan dengan pipa kosong (h_w/h) telah diteliti oleh Colburn's, yaitu :

Katalis Molybdenum oxide

D_p/D_t	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
h_w/h	5,50	7,00	7,80	7,50	7,00	6,60

dipilih $D_p/D_t = 0.15$ (karena menghasilkan perpindahan panas yang paling besar), dimana :

h_w : koefisien perpindahan panas dalam pipa berisi katalis

h : koefisien perpindahan panas dalam pipa kosong

D_p : diameter katalisator

D_t : diameter tube

D_p : 0,5 cm

D_p/D_t : 0,15

$D_t = 3,33 \text{ cm} = 1,312 \text{ in}$

Katalis Vanadium pentaoksida

D_p/D_t	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
h_w/h	5,50	7,00	7,80	7,50	7,00	6,60

(Smith, Chem Kinetik Eng, P.571)

dipilih $D_p/D_t = 0,15$ (karena menghasilkan perpindahan panas yang paling besar), dimana :

h_w : koefisien perpindahan panas dalam pipa berisi katalis

h : koefisien perpindahan panas dalam pipa kosong

D_p : diameter katalisator

D_t : diameter tube

D_p : 0.6 cm

D_p/D_t : 0.15

D_t : 4.00 cm = 1.575 in

maka di dapatkan diameter tube adalah 4 cm atau 1,5 in.

Dari hasil perhitungan, maka dipilih ukuran pipa standart :

Ukuran pipa (IPS)	: 1,50 in	: 3,81 cm	: 0,0381	m
OD	: 1,9 in	: 4,826 cm	: 0,0483	m
ID	: 1,610 in	: 4,0894 cm	: 0,0409	m
Flow area per pipe	: 2.040 in ²	: 13.1613 cm ²	: 0.0013	m ²
Schedule number	: 40			
Surface per lin ft	: 0,498 ft ² /ft	: 0,422 ft ² /ft		

(Kern, hal. 844)

6. Menentukan jumlah pipa

Penentuan asumsi RE

Asumsi aliran dalam pipa adalah aliran transisi, maka $N_{re} = 2500$

$$PR = \frac{C_p \cdot \mu}{k}$$

$$PR = (0,31236 \times 0,6391)/0,02600 = 0,7679$$

$$NRe = \frac{Gt \cdot Dt}{\mu} \quad Gt = \frac{\mu \cdot NRe}{Dt}$$

$$NRe = 2500$$

$$\mu = 0.000264 \text{ g/cm.dtk}$$

$$Dt = 3.3333 \text{ cm}$$

$$G \text{ (umpan total)} = 5211.3953 \text{ kg/jam}$$

$$= 1447.6098 \text{ gr/dtk}$$

GHSG

$$Gt = \frac{\mu \cdot NRe}{Dt}$$

$$GT = (0,000264 \times 2500)/3,333 = 0,1981 \text{ gr/cm}^2\text{s} = 7133,1572 \text{ kg/m}^2\text{.jam}$$

At : luas penampang total

$$At = \frac{G}{Gt}$$

$$At = 1447,6098/0,1981 = 7305,8747 \text{ cm}^2 = 0,7306 \text{ m}^2$$

Ao : luas penampang pipa

$$Ao = \frac{\pi}{4} ID^2$$

$$A_o = (3,14/4) \times (4,0894^2) = 13,1277 \text{ cm}^2 = 0,00131 \text{ m}^2$$

Nt (jumlah pipa) max :

$$Nt \text{ max} = \frac{A_t}{A_o}$$

$$Nt \text{ max} = 7305,8747 \text{ cm}^2 / 13,1277 \text{ cm}^2 = 556,5233 \text{ buah}$$

$$P_s = 1,8918 \text{ g/cm}^3$$

$$P = 1,3 \text{ atm}$$

$$BM = 29,6982 \text{ g/gmol}$$

$$R = 82,05 \text{ cm}^3 \text{ atm/gmol K}$$

$$T_{\text{udara}} = 303 \text{ K}$$

$$\rho_g = 0,0008214 \text{ g/cm}^3$$

$$\frac{P_{\text{udara}} \cdot BM_{\text{udara}}}{R \cdot T_{\text{udara}}}$$

$$\rho_{\text{udara}} = (1,3 \times 29,6982) / (82,05 \times 303) = 0,0015529 \text{ gr / cm}^3$$

Katalis MoO₃ :

$$\text{Bentuk} = \text{Sphere}$$

$$Re = 2500$$

$$F_d = 0,4 \text{ porositas}$$

$$V_{\text{max}} = \sqrt{\frac{4(\rho_b - \rho_g)g \cdot D_p}{3 \cdot \rho_g \cdot f_D}}$$

$$= \frac{\sqrt{4 \times (0,65 - 0,0008214) \times 981 \times 0,5}}{3 \times 0,0008214 \times 0,4^2} = 1136,7662 \text{ cm/s} = 40923,5842$$

m/jam

Katalis V2O5 :

Bentuk = Sphere

Re = 2500

Fd = 0,4 porositas

$$V_{\max} = \sqrt{\frac{4(\rho_b - \rho_g)g \cdot Dp}{3 \cdot \rho_g \cdot f_D}}$$

$$= \frac{\sqrt{4 \times (0,6 - 0,0008214) \times 981 \times 0,6}}{3 \times 0,0008214 \times 0,4^{0,5}} = 1196,3488 \text{ cm/s} =$$

43068,5585 m/jam

Vmax 1 : 2'

$$V_{\max} \text{ MoO}_3 = \frac{1}{3} \times 1136,7662 = 378,9220756 \text{ cm/s}$$

$$V_{\max} \text{ V}_2\text{O}_5 = \frac{2}{3} \times 1196,3488 = 797,5658983 \text{ cm/s}$$

total = 1176,487974 cm/s

$$Q = \frac{G}{\rho_g}$$

$$Q = \frac{1447,6098 \text{ gr/dtk}}{0,0008214 \text{ gr/cm}^2} = 176249,9594 \text{ cm}^2/\text{s} \quad \text{laju alir luas per waktu}$$

$$At = \frac{Q}{V_{\max}}$$

$$At = \frac{176249,9594 \text{ cm}^2}{1176,487974 \text{ cm/s}} = 1498,0433 \text{ cm}^2 \quad \text{luas penampang katalis}$$

$$Nt \text{ min} = \frac{At}{Ao}$$

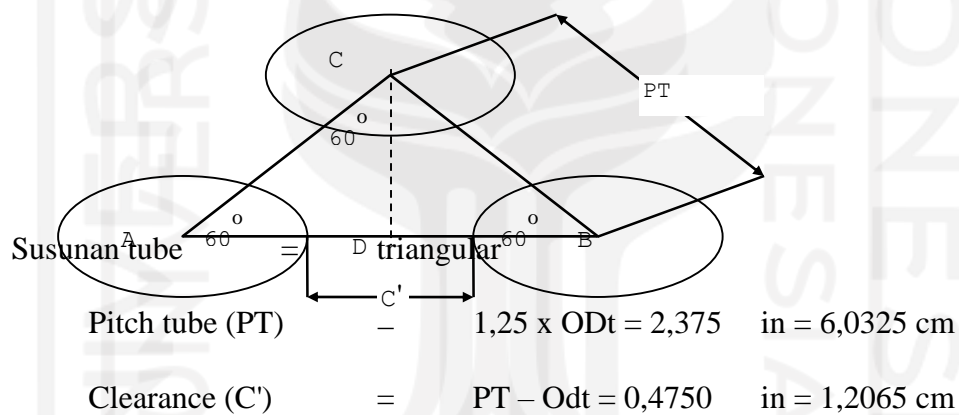
$$Nt = x = \frac{1498,0433}{13,1277} = 114,1131 \text{ buah}$$

Jumlah tube antara 114,1131 sampai dengan 556,5233

Diambil Nt 200 buah

7. Menentukan Diameter Reaktor (IDs)

Pipa (tube) disusun dengan pola 'triangular pitch' agar turbulensi yang terjadi pada aliran fluida dalam shell menjadi besar, sehingga akan memperbesar koefisien perpindahan panas konveksi (h_o).



untuk menghitung diameter shell, dicari luas penampang shell total (A_{total})

luas shell = luas segitiga

$$A_{total} = 2 \cdot Nt \cdot \text{Luas segitiga ABC}$$

$$\frac{\pi}{4} \times IDs^2 = 2 \cdot Nt \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot PT^2 \cdot \sin 60 \right)$$

$$\frac{\pi}{4} \times ID_s^2 = 2 \cdot Nt \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot PT^2 \cdot 0,866 \right)$$

Jadi ,

$$ID_s = \sqrt{\frac{4 \cdot Nt \cdot P_T^2 \cdot 0,866}{\pi}}$$

$$= \frac{\sqrt{4 \times 550 \times 6,0325^2 \times 0,866}}{3,14} = 148,5945 \text{ cm} = 1,485945198 \text{ m}$$

$$= 58,5018 \text{ in}$$

8. Menentukan Cp Pendingin

Jenis	=	Dowhterm A
T	=	200 - 750 F (366.3 - 671.89 K)
BM	=	165
Cp	=	0.1152 + 0.0003402 T.cal/gr.K
Densitas (ρ)	=	1.3644 - 9.7073.10 ⁻⁴ T.g/cm ³
Viskositas (μ)	=	35.5898 - 6.04212 T(g/cm.J)
Kond. thermal (k)	=	1.512 - 0.0010387 T.cal/g.cm.K

	K	C	F
T in	373	100	212.0
T out	563	290	554.0
delta T	190	190	342.0

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ Joule}$$

$$1 \text{ Btu} = 252 \text{ cal}$$

$$1 \text{ lb} = 454 \text{ gr}$$

$$C_{pp} = 0,11152 + 0,0003402T$$

$$C_{pp} = 0,11152 + 0,0003402 \times 373 = 0,2384 \text{ Cal/gr K}$$

$$= 0,4295 \quad \text{BTU/lb K}$$

$$= 0,0009 \quad \text{BTU /gr K}$$

$$= 0,9980 \quad \text{J/gr K}$$

9. Menghitung densitas pendingin pada T in

$$\rho_p = \frac{1.3644 - (9.7073 \times 10^{-4} T_{in})}{1,3644 - (0,0097073 \times 373)} = 1,0043 \quad \text{gr/cm}^3$$

10. Menghitung konduktivitas thermal pendingin pada T in

$$K_p = \frac{1.512 - 0.0010387 T_{in}}{73} = 11,1246 \text{ cal/cm jam K}$$

$$= 0,4708 \text{ kJ/m.jam.K}$$

$$= 1,1604 \text{ Btu/ft.jam.F}$$

11. Menghitung viskositas pendingin pada T in

$$\mu_p = \frac{35.5898 - 0.04212 T_{in}}{19.8790} = 19.8790 \text{ gr/cm jam}$$

$$= 0.0055 \text{ gr/cm det}$$

$$= 1.9879 \text{ kg/m.jam}$$

$$= 1.3358 \text{ lb/ft.jam}$$

12. Menentukan pendingin yang di butuhkan

Pendingin yang dipakai adalah dowtherm A :

$$W_p = \frac{Q_H}{C_p \times \Delta T}$$

$$\text{suhu steam masuk} = 100\text{C} = 373 \text{ K}$$

$$\text{suhu steam keluar} = 290\text{C} = 563 \text{ K}$$

$$C_p \text{ dowtherm} = 0,9980 \text{ J/gr.K}$$

$$Q_h = 7067650,0574 \text{ kJ/jam} = 7067650057 \text{ j/jam}$$

$$\text{Pendingin yang dibutuhkan} = 7067650,0574 \times \frac{0,9980}{563-373} = 37272572,31 \text{ gr/jam}$$

$$= 37272,5723 \text{ kg/jam} = 10.3535 \text{ kg/s}$$

13. Menghitung koefisien perpindahan panas overall (Ud)

a. tube side

$$C_p = 393983 \text{ kJ/kmol K} = 1,3078 \text{ kJ/kg.K} = 0,31236 \text{ Btu/lb.F}$$

$$\mu = 0,00026 \text{ g/cm s} = 0,06391 \text{ lb/ft.h}$$

$$k = 0,0450 \text{ W/m k} = 0,02600 \text{ Btu/ft.h.F}$$

$$Pr = \frac{0,31226 \times 0,06391}{0,02600} = 0,7679$$

$$G_t = 0,19814 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{dtk}$$

$$D_t = 3,3333 \text{ cm}$$

$$Re = \frac{G_t D_t}{\mu} = \frac{0,19814 \times 3,3333}{0,00026} = 2500 \text{ (dari fig.24 kern, hal.834 didapat } j_H)$$

10)

$$\begin{aligned}
 h_i &= j_H \cdot \left(\frac{k}{ID_t} \right) \cdot (Pr)^{1/3} \\
 &= 10 \times \frac{0,02600}{1,3 \times 0,08333} \times 0,7679^{1/3} \\
 &= 2,1977 \text{ btu/jam.ft}^2 \cdot \text{F}
 \end{aligned}$$

$$h_{io} = h_i \times (ID/OD) = 0,0050 \text{ btu/jam.ft}^2 \cdot \text{F}$$

b. shell side

Didalam shell digunakan pendingin, dengan sesifik sebagai berikut :

sifat fisis pendingin (liquid)

$$T = 563 \text{ K}$$

$$\mu_s = 0.0055 \text{ gr/cm det}$$

$$= 1.98790 \text{ kg/m.jam}$$

$$= 1.3358 \text{ lb/ft.jam}$$

CPs :

$$\begin{aligned} T &= 563 \text{ K} \\ \text{CPs} &= 0,4295 \text{ Cal/gr K} \\ &= \frac{0,4295 \times 454 \times 255,928}{251,996} \\ &= 198,0470 \text{ btu/lb.F} \\ &= 0,9980 \text{ J/gr K} \end{aligned}$$

Ks :

$$\begin{aligned} T &= 563 \text{ K} \\ K_s &= 1,1604 \text{ Btu/ft.jam.F} \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} \text{Cps} &= 198,0470 \text{ Btu/lb.F} \\ \mu_s &= 1,3358 \text{ lb/ft.jam} \\ k_s &= 1,1604 \text{ Btu/ft.jam.F} \end{aligned}$$

Menghitung bilangan Reynold di shell (Res)

$$\text{IDs} = \text{diameter dalam shell} = 58,5018 \text{ in}$$

$$B = \text{baffle spacing } (0.25 \times \text{IDs}) \text{ (kern,1965)} = 14,6254 \text{ in}$$

$$\text{PT} = \text{pitch tube} = 2.38 \text{ in}$$

$$C' = \text{jarak antar tube (clearance)} = 0.4750 \text{ in}$$

$$W_s = \text{laju aliran pendingin} =$$

$$37272.5723 \text{ kg/jam}$$

$$= 82171.8584 \text{ lb/jam}$$

$$a_s = \frac{ID_s \cdot C' \cdot B}{144 \cdot PT}$$

As = low area pada shell, ft²

$$= \frac{58.5018 \text{ in} \times 0.4750 \text{ in} \times 14.6254 \text{ in}}{144 \times 2.38 \text{ in}}$$

$$= 1.18835354 \text{ in}^2 = 0.008252389 \text{ ft}^2$$

$$G_s = \frac{W_s}{a_s}$$

G_s = mass velocity fluida dalam shell, lb/ft².h

$$= \frac{82171.8584 \text{ lb/jam}}{0.008252389 \text{ ft}^2} = 9957341.6908 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{h}$$

Menentukan Diameter Equivalen (De) menurut buku kern, 1983
halaman 139

$$De = \frac{4 \left(0,5 \cdot PT^2 \cdot 0,866 - 0,5 \cdot \pi \cdot \frac{OD^2}{4} \right)}{0,5 \cdot \pi \cdot OD}$$

$$= \frac{4 \times \left((0,5 \times (2,38)^2 \text{ in} \times 0,866) - \left(0,5 \times 3,14 \times \left(\frac{1,9^2 \text{ in}}{4} \right) \right) \right)}{0,5 \times 3,14 \times 1,9 \text{ in}}$$

$$= 1.3751 \text{ in} = 0.1146 \text{ ft}$$

Bilangan reynold di shell (Res)

$$Re_s = \frac{G_s \cdot De}{\mu_s}$$

$$= \frac{9957341.6908 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} \cdot \text{h} \times 0.1146 \text{ ft}}{1.3358 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \cdot \text{jam}} = 854138.9714$$

Berdasarkan Fig. 28 buku kern halaman 838 didapatkan jH sebesar

600

$$h_o = jH \left(\frac{K_s}{De} \right) \left(\frac{Cp_s \cdot \mu_s}{k_s} \right)^{1/3}$$

$$= 600 \times \left(\frac{1.3358 \frac{lb}{ft} \cdot jam}{0.1146 ft} \right) \times \left(\frac{198.0470 \frac{Btu}{lb} \cdot ft \times 1.3358 \frac{lb}{ft} \cdot jam}{1.1604 \frac{Btu}{ft} \cdot jam \cdot F} \right)^{1/3}$$

$$= 37119.7760 \text{ Btu/jam} \cdot ft^2 \cdot F$$

a. Clean Overall Coefficient (U_c)

$$U_c = \frac{h_{i_o} \cdot h_o}{h_{i_o} + h_o}$$

$$= \frac{0,0050 \times 37119,7760}{0,0050 + 37119,7760} = 0,00498595 \text{ Btu/jam} \cdot ft^2 \cdot F$$

14. Menentukan R_d (Dirty Factor)

Menurut buku kern halaman 107 didapatkan R_d shell dan tube sebagai berikut:

$$R_d \text{ shell} = 0,0015 ; R_d \text{ tube} = 0,001$$

$$R_d = R_d \text{ shell} + R_d \text{ tube}$$

$$= 0,0015 + 0,001 = 0,0025$$

$$U_d = \frac{1}{R_d + \frac{1}{U_c}}$$

$$= \frac{1}{0,0025 + \frac{1}{0,00498595}} = 0,00498588 \frac{Btu}{jam} \cdot ft^2 \cdot F$$

$$= 0,0243 \frac{kcal}{jam} \cdot m^2 \cdot K = 0,1019 \frac{Kj}{jam} \cdot m^2 \cdot K$$

15. Menghitung panjang reaktor

Persamaan neraca massa pada elemen volume adalah

$$\frac{dX}{dZ} = \frac{(-rA) \cdot Nt \cdot \pi \cdot (IDt)^2}{4 \cdot FAo}$$

Dimana,

$$\frac{dX}{dZ} = k \cdot \left[\frac{F_{A0}(1-X) \cdot P}{R \cdot T} \right]^2$$

Persamaan neraca panas pada elemen volume adalah

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{(-\Delta H_r) \cdot F_{A0} \cdot \frac{dX}{dZ} - uD \cdot \pi \cdot ODt \cdot Nt \cdot (T - TP)}{\Sigma Fi \cdot Cpi}$$

Dimana,

$$\Delta HR = \Delta HR_{298} + \int_{298}^T \Delta Cp \cdot dT$$

Persamaan neraca pans pendingin

$$\frac{dT_s}{dZ} = \frac{Ud \cdot \pi \cdot ODt \cdot Nt \cdot (T - T_s)}{Wp \cdot Cp_p}$$

Persamaan pressure drop

$$\frac{dP}{dZ} = \frac{Gt}{\rho \cdot g_c \cdot Dp} \cdot \frac{(1 - \epsilon)}{\epsilon^3} \cdot \left(\frac{(150 \cdot (1 - \epsilon) \cdot \mu)}{Dp} + 1,75 \cdot Gt \right)$$

Persamaan diatas diselesaikan dengan cara euler

Diketahui kondisi masuk reaktor adalah :

Suhu masuk pipa = 573 K

Tekanan masuk pipa = 1,3 atm

Aliran massa methanol masuk pipa = 47,1419 kmol/jam

Aliran massa masuk pipa total = 175,4784 kmol/jam

Suhu pendingin masuk shell = 373 K = 100 C

Aliran massa pendingin masuk shell = 37272,5723 kg/jam

Diameter dalam tube	=	0.040894 m	= 4.0894 cm
Diameter luar tube	=	0.048260 m	= 4.826 cm
Jumlah tube Nt	=	550	buah
Koef. perpindahan panas overall	=	0.1019 kJ/jam.m ² .K	
Diameter katalis	=	0.0050 m	= 0.5 cm
Porositas katalis dalam tube	=	0.4	
Panas pembentukan standar	=	-156530 kJ/kmol	
Faktor Frekuensi	=	3,1 x 10 ⁴	
Energi aktivasi	=	57,23 kJ/kmol	
Kecepatan massa per satuan luas	=	7133,1572 kg/m ² .jam	
Konstanta gravitasi	=	12713760000 m/jam cp s	
	=	0.2384 kal/gr.K	
Rg	=	1.987 kal/mol.K	

z (m)	x	T (K)	Ts (K)	k	ra, Kmol/ m ³ jam	dx/dz	dT/dz	dTs/dz	dP/dz
0	0,000	573,00	373,00	29480,3	0,0079424	0,0001216	-0,0034909	1,0233697	0,0000202
0,10	0,122	573,00	373,10	29480,3	0,0069763	0,0001068	-0,0040176	1,0226949	0,0000202
0,20	0,228	573,00	373,20	29480,3	0,0061277	0,0000939	-0,0045066	1,0220205	0,0000202
0,30	0,322	573,00	373,31	29480,3	0,0053823	0,0000824	-0,0049580	1,0213465	0,0000202
0,40	0,405	573,00	373,41	29480,3	0,0047275	0,0000724	-0,0053725	1,0206729	0,0000202
0,50	0,477	573,00	373,51	29480,3	0,0041525	0,0000636	-0,0057514	1,0199997	0,0000202
0,60	0,541	573,00	373,61	29480,3	0,0036473	0,0000559	-0,0060962	1,0193270	0,0000202
0,70	0,597	573,00	373,71	29480,3	0,0032037	0,0000491	-0,0064086	1,0186547	0,0000202
0,80	0,646	573,00	373,82	29480,3	0,0028140	0,0000431	-0,0066907	1,0179829	0,0000202
0,90	0,689	573,00	373,92	29480,3	0,0024716	0,0000379	-0,0069446	1,0173116	0,0000202
1,00	0,727	572,99	374,02	29480,3	0,0021710	0,0000333	-0,0071722	1,0166408	0,0000202
1,10	0,760	572,99	374,12	29480,3	0,0019069	0,0000292	-0,0073758	1,0159705	0,0000202
1,20	0,789	572,99	374,22	29480,3	0,0016749	0,0000257	-0,0075574	1,0153008	0,0000202
1,30	0,815	572,99	374,33	29480,3	0,0014712	0,0000225	-0,0077190	1,0146316	0,0000202
1,40	0,837	572,99	374,43	29480,3	0,0012922	0,0000198	-0,0078625	1,0139629	0,0000202

1,50	0,857	572,99	374,53	29480,3	0,0011350	0,0000174	-0,0079896	1,0132948	0,0000202
1,60	0,874	572,99	374,63	29480,3	0,0009969	0,0000153	-0,0081019	1,0126273	0,0000202
1,70	0,890	572,99	374,73	29480,3	0,0008757	0,0000134	-0,0082010	1,0119603	0,0000202
1,80	0,903	572,99	374,83	29480,2	0,0007691	0,0000118	-0,0082883	1,0112939	0,0000202
1,90	0,915	572,99	374,93	29480,2	0,0006756	0,0000103	-0,0083650	1,0106281	0,0000202
2,00	0,925	572,99	375,03	29480,2	0,0005934	0,0000091	-0,0084323	1,0099629	0,0000202
2,10	0,934	572,99	375,13	29480,2	0,0005212	0,0000080	-0,0084912	1,0092983	0,0000202
2,20	0,942	572,99	375,24	29480,2	0,0004578	0,0000070	-0,0085426	1,0086343	0,0000202
2,30	0,949	572,98	375,34	29480,2	0,0004021	0,0000062	-0,0085875	1,0079708	0,0000202
2,40	0,956	572,98	375,44	29480,2	0,0003532	0,0000054	-0,0086265	1,0073080	0,0000202
2,50	0,961	572,98	375,54	29480,2	0,0003102	0,0000048	-0,0086604	1,0066458	0,0000202
2,60	0,966	572,98	375,64	29480,2	0,0002725	0,0000042	-0,0086896	1,0059842	0,0000202
2,70	0,970	572,98	375,74	29480,2	0,0002393	0,0000037	-0,0087149	1,0053232	0,0000202
2,80	0,974	572,98	375,84	29480,2	0,0002102	0,0000032	-0,0087365	1,0046627	0,0000202
2,90	0,977	572,98	375,94	29480,2	0,0001846	0,0000028	-0,0087551	1,0040030	0,0000202
3,00	0,980	572,98	376,04	29480,2	0,0001622	0,0000025	-0,0087708	1,0033438	0,0000202
3,10	0,982	572,98	376,14	29480,2	0,0001424	0,0000022	-0,0087841	1,0026852	0,0000202
3,20	0,984	572,98	376,24	29480,2	0,0001251	0,0000019	-0,0087953	1,0020272	0,0000202
3,30	0,986	572,98	376,34	29480,2	0,0001099	0,0000017	-0,0088045	1,0013699	0,0000202
3,40	0,988	572,97	376,44	29480,2	0,0000965	0,0000015	-0,0088121	1,0007131	0,0000202
3,50	0,989	572,97	376,54	29480,2	0,0000848	0,0000013	-0,0088182	1,0000570	0,0000202
3,60	0,991	572,97	376,64	29480,2	0,0000745	0,0000011	-0,0088230	0,9994014	0,0000202
3,70	0,992	572,97	376,74	29480,2	0,0000654	0,0000010	-0,0088267	0,9987465	0,0000202
3,80	0,993	572,97	376,84	29480,2	0,0000575	0,0000009	-0,0088294	0,9980922	0,0000202
3,90	0,994	572,97	376,94	29480,2	0,0000505	0,0000008	-0,0088312	0,9974385	0,0000202
4,00	0,994	572,97	377,04	29480,2	0,0000443	0,0000007	-0,0088323	0,9967854	0,0000202

Resume

konversi (X)	=	0,991	
suhu gas masuk (Tin)	=	573 K	
suhu gas keluar (Tout)	=	57,97 K	
Z (panjang pipa tube)	=	3,600 m	= 141,732 in
tekanan masuk (P in)	=	1,3 atm	
tekanan keluar (P out)	=	1,3 atm	

diameter shell (IDS) = 148,5945 cm

suhu pendingin masuk (Ts in) = 373 K

suhu pendingin keluar (Ts out) = 376,64 K

18. Mechanical design

1. Tube

IPS = 1,50 in = 2.54 cm

OD = 1,90 in = 4.826 cm

Sc. Number = 40

ID = 1,610 in = 4.0894 cm

Flow area per pipe = 2,040 in²

Surface per lin ft :

 Outside = 0,498 ft²/ft

 Inside = 0,422 ft²/ft

Weight per lin ft = 2,7200 lb steel

Panjang pipa = 133,8583 in = 340 cm

Susunan pipa = Triangular pitch

Jumlah pipa = 550 buah

Pitch (jrk antara 2 pusat pipa) = 2,375 in = 6,0325 cm

Clearance (jrk antara 2 pipa) = 0,475 in = 1.2065 cm

2. Shell

a) Tekanan design (max over design 20%)

tekanan operasi = 1,3 atm

= 19,11 psi

$$\begin{aligned}
 &= 1,3172 \text{ bar} \\
 \text{tekanan desain} &= 22,9320 \text{ psi} \\
 &= 8,2320 \text{ psig}
 \end{aligned}$$

b) Bahan konstruksi shell

Dipilih material Carbon Steel SA 283 Grade C (Brownell, halaman 253). Dengan pertimbangan, reaktor tidak berisi larutan maupun gas yang beracun suhu operasi antara -20 sampai dengan 500 F

F	C
20	2.7778
650	632.7778

c) Tebal dinding shell

Tebal dinding shell dihitung dengan persamaan :

$$ts = \frac{Pxr}{fxE - 0.6P} + c$$

(Eq 13.1, P.254, Brownell, 1959)

Dimana :

Ts = tebal dinding shell (in)

P = tekanan design (psi)

r = (IDs/2) = radius dalam shell (in)

E = efisiensi sambungan

f = allowable working stress (psi)

c = factor korosi (in)

Dari tabel 13.1, P.251, Brownell, 1959. diperoleh :

$$\text{Tekanan yang diijinkan (f)} = 12650 \text{ psi}$$

Efficiency pengelasan (E) = 0.85 (double welded butt joint, tabel 13.2, P.254)

Faktor korosi (c) = 0.125

Dengan IDs = 58.5018 in

$$\text{Tebal shell (ts)} = \frac{22,9320 \times \left(\frac{58,5018}{2}\right)}{(12650 \times 0,85) - (0,6 \times 22,9320)} + 0,125$$

$$= 0.1875 \text{ in}$$

Dipilih tebal dinding standar = 3/16 in
= 0.1875

$$\text{ODs} = \text{IDs} + 2 (\text{tebal shell})$$

$$= 58,5018 \text{ in} + (2 \times 0,1875 \text{ in})$$

$$= 58.8768 \text{ in}$$

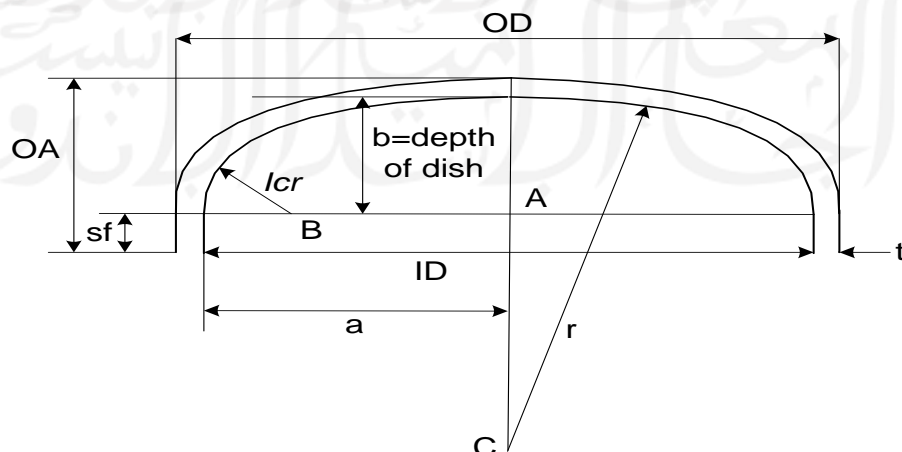
dari tabel 5.7, halaman 90, buku Brownell,1959 dipilih OD standar 60 in

3. Head Reaktor

a. bentuk head : elipstical

Digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar dan harganya cukup ekonomis, digunakan untuk vessel dengan tekanan antara 15 sampai dengan 200 psig, brownell young, 1959

Gambar elipstical head . (Brownell p.87 fig.5.8)



b. Bahan konstruksi head

Dipilih material Carbon Steel SA 283 Grade C, dengan pertimbangan, reaktor tidak berisi lauratan maupun gas yang beracun suhu operasi antara -20 sampai dengan 650 F.

c. Tebal Head (tH)

Untuk elipstical dished head, tebal head dihitung dengan persamaan 13.10 (Brownell and Young, 1959). Di mana :

P = Tekanan Perancangan, Psi

f = Tekanan maksimum yang diijinkan pada bahan, Psi

C = Joint efficiency, in

E = Corrosion Allowance, in

Dipilih material Carbon Steel SA 283 Grade C, dari tabel 13.1, P.251, Brownell diperoleh :

Tekanan yang diijinkan (f) = 12650 psi

Efficiency pengelasan (E) = 0,85

Faktor korosi (c) = 0,125 in

Tebal head reaktor (tH) = 0,1874 in

Dipilih tebal head standart = 3/16 in = 0,1875 in
0,47625 cm

d. Tinggi head (hH)

Berbentuk *elipstical dished head* , dengan spesifikasi:

$$\begin{aligned}
\text{OD} &= 58,8768 \text{ in} \\
\text{OD standar} &= 60 \text{ in} \\
\text{ID standar} &= 58,5018 \text{ in} \\
r \text{ (radius)} &= 60 \text{ in} \\
\text{icr (inside corner radius)} &= 1,88 \text{ in} \\
\text{sf} &= 1,75 \text{ in} \quad (\text{brownell, Tabel 5.6 hal.88}) \\
a &= \text{IDs}/2 = 58,5018 \text{ in} / 2 = 29,2509 \text{ in} \\
\text{AB} &= a - \text{icr} = 29,2509 \text{ in} - 1,88 \text{ in} = 27,3759 \text{ in} \\
\text{BC} &= r - \text{icr} = 60 \text{ in} - 1,88 \text{ in} = 58,1250 \text{ in} \\
\text{AC} &= (\text{BC}^2 - \text{AB}^2)^{0,5} = (58,1250^2 - 27,3759^2)^{0,5} = 51,2745 \text{ in} \\
b &= r - \text{AC} = 60 \text{ in} - 51,2745 \text{ in} = 8,7255 \text{ in} \\
\text{hH} &= \text{sf} + b + \text{th} \\
&= 1,75 \text{ in} + 8,7255 \text{ in} + 0,1875 \text{ in} = 10,6630 \text{ in} \\
&= 0,8886 \text{ in} \\
&= 0,2708 \text{ m}
\end{aligned}$$

4. Tinggi Reaktor (HR)

$$\begin{aligned}
\text{HR} &= \text{panjang tube} + 2 \times \text{tinggi head} \\
&= 133,8583 + (2 \times 10,6630) \\
&= 12.9320 \text{ ft} \\
&= 3.9417 \text{ m}
\end{aligned}$$

5. Volume Reaktor

A. Volume head (VH) = $0.000049 \times ID_s^3$

(Eq 5.11, P.88, Brownell, 1959)

$$= 0.000049 \times (58.8768)^3 \text{ in}^3$$
$$= 160.7701485 \text{ cm}^3$$

B. Volume shell (VS) = $\frac{\pi}{4} \times ID_s^3 \times Z$

$$= 9134.5409 \text{ in}^3$$

$$= 0.1497 \text{ m}^3$$

C. Volume reaktor (VR) = volume shell + (2 x volume head)

$$= 321.6900 \text{ m}^3$$

6. Spesifikasi Nozzle

Dipilih jenis pipa : Carbon Steel (karena harga yang terjangkau dan komponen yang melewati pipa tidak bersifat korosif)

$$D_{opt} = 293G^{0.53} \rho^{-0.37}$$

- a. Diameter saluran gas umpan

Dimana :

G = kecepatan umpan masuk = 1,4476 kg/s

ρ = densitas gas umpan mix = 0,8214 kg/m³

D_{opt} = 383,3834 mm

$$= 15,0938 \text{ in}$$

Dari tabel 11 hal.844 Kern, 1980, dipilih standar

ID = 15,25 in

OD = 16 in

- b. Diameter saluran gas keluar

Komponen	kmol/jam	yi	BM	BM.Yi
Methanol	0.4714	0.0024	32.042	0.0760
Air	46.7965	0.2354	18.012	4.2396
Oksigen	3.5890	0.0181	32	0.5777
Nitrogen	101.2863	0.5095	28.01	14.2698
Formaldehid	46.6705	0.2347	30.03	7.0494
Total	198.8137	1.0000		26.2125

$$\text{Densitas gas out mix } (\rho) = \frac{P \cdot \text{BM}}{R \cdot T} = 0,7253 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Dimana : } D_{opt} = 293G^{0,53} \rho^{-0,37}$$

$$G = \text{kecepatan umpan out} = 1,4476 \text{ kg/s}$$

$$\rho = \text{densitas gas out mix} = 0,7253 \text{ kg/m}^3$$

$$D_{opt} = \text{diameter optimum} = 401,4461 \text{ mm}$$

$$= 15,8050 \text{ in}$$

Dari tabel. 11, P.844, Kern 1980, dipilih ukuran standart

$$\text{ID} = 15,25 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 16 \text{ in}$$

c. Diameter pendingin masuk

$$\rho_p = 1.3644 - (9.7073 \times 10^{-4} T_{in})$$

$$\text{Rho p} = 1,0043 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 1004,31771 \text{ kg/m}^3$$

$$D_{opt} = 293G^{0,53} \rho^{-0,37}$$

Dimana :

G = kecepatan

aliran pendingin = 10,3535 kg/s

ρ = densitas pendingin = 1004.3177 kg/m³

D_{opt} = diameter optimum = 78,3739 mm

= 3,0856 in

Dari tabel 11 hal.844, kern 1980 , dipilih ukuean standar

ID = 3.068 in

OD = 3.5 in

d. Diameter pendingin keluar

$$\rho_p = 1.3644 - (9.7073 \times 10^{-4} T_{in})$$

T pendingin out = 376.4419 K

ρ_p = 0.9990 gr/cm³

= 998.9766 kg/m³

di mana :

G = kec. Aliran pendingin = 10.3535 kg/s

ρ = densitas pendingin = 998.9766 kg/m³

Sehingga :

D_{opt} = diameter optimum = 78.5287 mm = 3.0917 in

Dari Tabel.11, P.844, Kern 1980, dipilih ukuran standart:

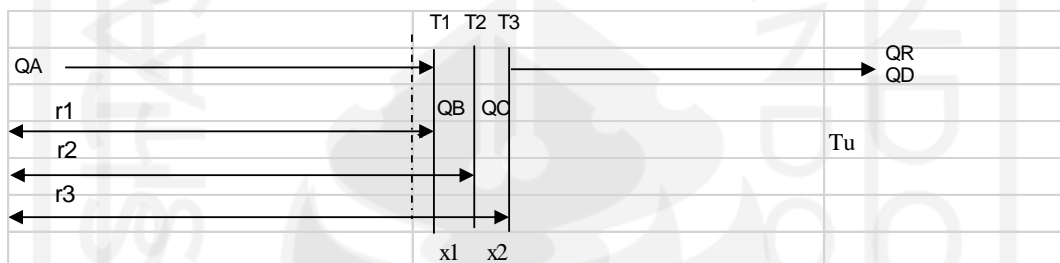
ID = 3.068 in

OD = 3.5 in

7. Tebal isolator

Asumsi :

1. keadaan steady state
2. suhu udara luar = 30°C
3. Suhu dinding luar isolasi isothermal



r_1 = jari-jari dalam shell

r_2 = jari-jari luar shell

r_3 = jari-jari luar setelah diisolasi

x_1 = tebal dinding shell

x_2 = tebal isolator

T_1 = suhu dinding dalam shell

T_2 = suhu dinding luar shell

T_3 = suhu isolator luar

T_u = suhu udara luar

Q_A = Perp. Konveksi dari gas ke dinding dalam reaktor

Q_B = Perp. Konduksi melalui dinding reaktor

Q_C = Perp. Konduksi melalui isolator

Q_D = Perp. konveksi dari permukaan luar isolator

Q_R = Perp. Panas radiasi

sehingga :

$$Q_A = Q_B = Q_C = (Q_D + Q_R)$$

$$Q_D = 1238,1146$$

$$(QD+QR) = 3564,7409$$

$$QR = 2326,6263$$

$$QC-(QD+QR) = 0,0000$$

$$QC = 3564,74089$$

$$Q = 3564,74089$$

jadi tebal isolasi

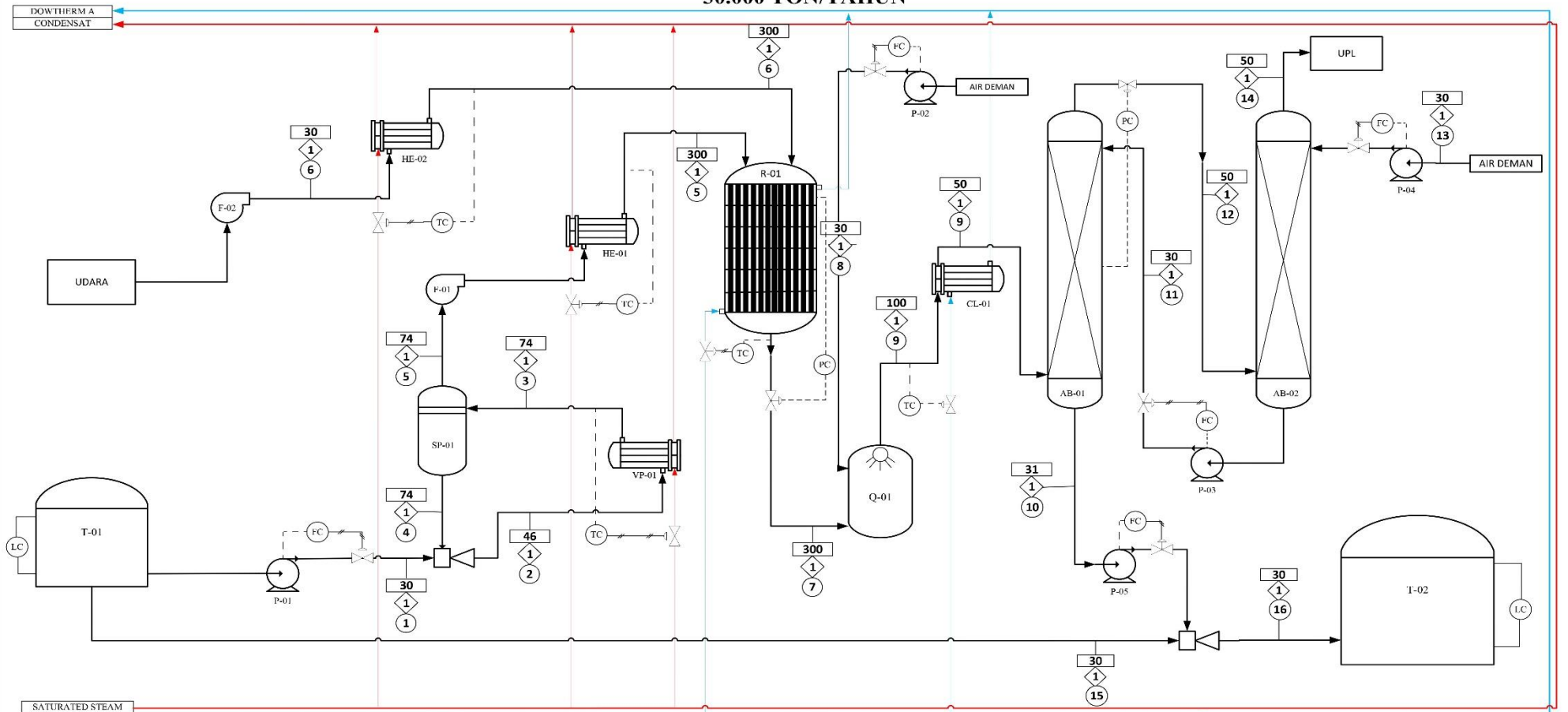
$$x = 0,053350451$$

$$= 5,3350451 \text{ cm}$$

$$T2 = 388,9383 \text{ K}$$

Reaktor			
Kode	: R-01		
Fungsi	Tempat berlangsungnya reaksi bahan baku utama metanol dan udara membentuk Formalin dengan bantuan katalis		
Tipe			
Bahan			
Konstruksi	: Carbon Steel SA 283 Grade C		
Jumlah	: 1	Unit	
		Luas area	
Tinggi	: 12,932	ft	
Diameter	: 1,25782	ft	
Tebal Shell	: 3/16	in	
U _C	: 0,00498595	BTU/(Jam.°F.ft ²)	
U _D	: 0,00498588	BTU/(Jam.°F.ft ²)	
R _d	: 0,0025	(Jam.°F.ft ²)/BTU	
Tube (Udara)			

PRA RANCANGAN PABRIK FORMALDEHID DARI METHANOL DAN UDARA DENGAN PROSES DUAL CATALYST DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN



SATURATED STEAM DOWTHERM A

	NO ARUS (KG/JAM)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
CH3OH	1510.521	1888.152	1888.152	377.6304	1510.521	0	15.10521	0	15.1052	15.1052	0.453156	0.453156	0	363.6827	378.7879	
H2O	2.2692	2.8365	2.8365	0.567296	2.269186	0	842.8983	15704.55	16547.45	2007.029	15704.55	1164.131	1164.131	15704.55	0.546344	2007.576
O2	0	0	0	0	0	861.5748	114.8468	0	114.8468	0	114.8468	0	0	114.8468	0	0
N2	0	0	0	0	0	2837.03	2837.03	0	2837.03	0	2837.03	0	0	2837.03	0	0
CH2O	0	0	0	0	0	1401.515	0	1401.515	1401.515	42.04545	42.04545	0	0	0	1401.515	

KETERANGAN SIMBOL

- : REAKTOR, AIR, DOWTHERM A
- : SEPARATOR, CONDENSER, NO AIRS
- : AIRS PROSES, AIRS DIBELAKANG, AIRS DOPROSEDING
- : CONTROL VALVE
- : AIRS SENYAI, INTENSIFIKASI, AIRS SENSITIFISIR
- : REKTOR, KONTROLER, KONTROLER
- : KONTROLER, KONTROLER, KONTROLER
- : KONTROLER, KONTROLER, KONTROLER
- : KONTROLER, KONTROLER, KONTROLER
- : KONTROLER, KONTROLER, KONTROLER
- : KONTROLER, KONTROLER, KONTROLER

KETERANGAN ALAT

- AB : ABSORBER
- CT : COOL PIR
- F : FAN
- HE : HEATER
- P : POMPA
- R : REAKTOR
- SP : SEPARATOR
- T : TANGKI
- VP : VAPORIZER
- Q : QUENCHER

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PRA RANCANGAN PABRIK FORMALDEHID DARI METHANOL DAN UDARA DENGAN PROSES DUAL CATALYST DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Dikerjakan Oleh :

 1. Nadia Ulia Fitri (16521076)

 2. Labbaika Salsabila Sulistyia (16521141)

Dosen Pembimbing :

 1. Subarno Rusdi, Ph. D.

 2. Dr. Diana, S.T., M.Sc.

