

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM FORMIAT
DARI METIL FORMIAT DAN AIR
DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Oleh:

Nama : Tiara Rachma Amalia Nama : Muhammad Aqila Fauzan Putera
NIM : 20521004 NIM : 20521081

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

2025

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRARANCANGAN PABRIK ASAM FORMIAT

DARI METIL FORMIAT DAN AIR

DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tiara Rachma Amalia Nama : Muhammad Aqila Fauzan Putera

NIM : 20521004

NIM : 20521081

Yogyakarta, 1 Januari 2025

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

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

Tanda Tangan



Tiara Rachma Amalia

Tanda Tangan



Muhammad Aqila Fauzan Putera

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK ASAM FORMIAT

DARI METIL FORMIAT DAN AIR

DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Tiara Rachma Amalia Nama : Muhammad Aqila Fauzan Putera
NIM : 20521004 NIM : 20521081



Yogyakarta, 4 Januari 2025

Pembimbing,



Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng

NIP. 165210101

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRARANCANGAN PABRIK ASAM FORMIAT
DARI METIL FORMIAT DAN AIR
DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN
PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Tiara Rachma Amalia Nama : Muhammad Aqila Fauzan Putera
NIM : 20521004 NIM : 20521081

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, 20 Februari 2025

Tim Penguji,

Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng

Ketua

Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D

Anggota I

Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T., M.Eng

Anggota II



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



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

NIK. 995200445

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Prarancangan Pabrik Asam Formiat dari Metil Formiat dan Air dengan Kapasitas 30.000 Ton/Tahun”** dengan baik dan tepat waktu.

Tugas Akhir merupakan syarat untuk menyelesaikan studi sarjana Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, sekaligus sebagai penerapan dari ilmu Teknik Kimia yang telah didapat selama perkuliahan berlangsung.

Laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik berkat dukungan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak yang sangat berarti bagi penulis. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT karena atas segala berkat dan rahmat-Nya telah memberikan pertolongan, kemampuan dan kelancaran dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Orang tua kami yang sudah memberi dukungan dan doa baik moril maupun materil yang selalu diberikan selama penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo., M.T., IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Dr. Ifa Puspasari S. T., M. Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
6. Ibu Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mendukung dengan sabar, memberikan semangat dan masukan kepada kami dalam pengerjaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
7. Seluruh teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2020 yang telah membantu dalam penyusunan laporan tugas akhir kami.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun sehingga laporan ini dapat menjadi lebih baik lagi kedepannya, Penulis berharap agar laporan ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca.

Yogyakarta, 1 Januari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	3
1.2.1 <i>Demand</i>	3
1.2.2 <i>Supply</i>	5
1.2.3 Kapasitas Produksi Pabrik	8
1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku	9
1.2.5 Kapasitas Komersial	9
1.3 Tinjauan Pustaka	11
1.3.1 Asam Formiat.....	11
1.3.2 Metil Formiat	13
1.3.3 Macam-macam Proses Pembuatan Asam Formiat.....	15
1.3.4 Perbandingan Proses Pembuatan Asam Formiat	21
1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika.....	22
1.4.1 Tinjauan Kinetika.....	22
1.4.2 Tinjauan Termodinamika	28
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	31
2.1 Spesifikasi Produk	31
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan bahan Pendukung.....	33
2.3 Pengendalian Kualitas	34
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	35

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses	35
2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk	37
BAB III PERANCANGAN PROSES.....	38
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	38
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif.....	38
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif.....	39
3.2 Uraian Proses.....	40
3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku	40
3.2.2 Tahap Pembentukan Produk	42
3.2.3 Tahap Pemurnian Produk.....	42
3.3 Spesifikasi Alat.....	50
3.3.1 Spesifikasi Reaktor	50
3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah.....	52
3.3.3 Spesifikasi Alat Penukar Panas.....	58
3.3.4 Spesifikasi Alat Penyimpanan	80
3.3.5 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan	86
3.4 Neraca Massa.....	96
3.4.1 Neraca Massa Total.....	97
3.4.2 Neraca Massa Alat	97
3.5 Neraca Panas	100
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	106
4.1 Lokasi Pabrik (<i>Plant Location</i>)	106
4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	113
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines Layout</i>)	118
4.4 Organisasi Perusahaan.....	121
4.4.1 Bentuk Organisasi	121
4.4.2 Struktur Organisasi	124
4.4.3 Tugas dan Wewenang	129
4.4.4 Status Karyawan	138
4.4.5 Pengaturan Jam Kerja	139
4.4.6 Jumlah Karyawan dan Penggolongan Gaji	142
4.4.7 Fasilitas dan Hak Karyawan	146
BAB V UTILITAS.....	150
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	150

5.1.1 Unit Penyediaan Air.....	150
5.1.2 Unit Pengolahan Air.....	163
5.1.3 Spesifikasi Alat Unit Pengolahan Air	173
5.2 Unit Pembangkit <i>Steam</i>	188
5.3 Unit Pembangkit Listrik	190
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan.....	194
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar.....	195
5.6 Unit Pengolahan Limbah.....	196
BAB VI EVALUASI EKONOMI	200
6.1 Penaksiran Harga Alat.....	201
6.2 Dasar Perhitungan	209
6.3 Perhitungan Biaya	210
6.3.1 Modal (<i>Capital Investment</i>)	210
6.3.2 Biaya Produksi (<i>Manufacturing Cost</i>)	213
6.3.3 Pengeluaran Umum (<i>General Expense</i>).....	216
6.4 Analisa Keuntungan	217
6.5 Analisa Kelayakan.....	218
6.6 Analisis Resiko Pabrik	223
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....	230
7.1 Kesimpulan.....	230
7.2 Saran	231
DAFTAR PUSTAKA	233
LAMPIRAN.....	237

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data konsumsi asam formiat di Indonesia	3
Tabel 1.2 Data impor asam formiat di Indonesia	5
Tabel 1.3 Persen pertumbuhan impor asam formiat di Indonesia.....	6
Tabel 1.4 Kapasitas komersial asam formiat	10
Tabel 1.5 Perbandingan proses pembuatan asam formiat.....	21
Tabel 1.6 Nilai entalpi masing-masing komponen	29
Tabel 1.7 Nilai energi bebas gibbs masing-masing komponen.....	29
Tabel 2.1 Spesifikasi produk.....	31
Tabel 2.2 Spesifikasi bahan baku	33
Tabel 3.1 Spesifikasi akumulator	80
Tabel 3.2 Spesifikasi tangki penyimpanan bahan baku	83
Tabel 3.3 Spesifikasi tangki penyimpanan produk samping.....	84
Tabel 3.4 Spesifikasi tangki produk utama	85
Tabel 3.5 Spesifikasi pompa	86
Tabel 3.6 Spesifikasi <i>expansion valve</i>	94
Tabel 3.7 Neraca massa total	97
Tabel 3.8 Neraca massa reaktor (R-01).....	97
Tabel 3.9 Neraca massa flash drum (FD-01)	98
Tabel 3.10 Neraca massa menara distilasi 1 (MD-01).....	98
Tabel 3.11 Neraca massa menara distilasi 2 (MD-02).....	99
Tabel 3.12 Neraca massa menara distilasi 3 (MD-03).....	99
Tabel 3.13 Neraca massa menara distilasi 4 (MD-04).....	100
Tabel 3.14 Neraca panas reaktor (R-01)	100
Tabel 3.15 Neraca panas flash drum (FD-01).....	101
Tabel 3.16 Neraca panas menara distilasi 1 (MD-01).....	101
Tabel 3.17 Neraca panas menara distilasi 2 (MD-02).....	102
Tabel 3.18 Neraca panas menara distilasi 3 (MD-03).....	102
Tabel 3.19 Neraca panas menara distilasi 4 (MD-04).....	103
Tabel 3.20 Neraca panas heater 1 (HE-01)	103
Tabel 3.21 Neraca panas heater 2 (HE-02)	103
Tabel 3.22 Neraca panas cooler 1 (CL-01)	104
Tabel 3.23 Neraca panas cooler 2 (CL-02)	104
Tabel 3.24 Neraca panas cooler 3 (CL-03)	105
Tabel 3.25 Neraca panas cooler 4 (CL-04)	105
Tabel 4.1 Rincian luas tanah dan bangunan.....	116
Tabel 4.2 Jam kerja karyawan non-shift	140
Tabel 4.3 Jam kerja karyawan shift.....	140
Tabel 4.4 Jadwal kerja masing-masing tim.....	141
Tabel 4.5 Rincian jumlah tenaga kerja dan total gaji.....	142
Tabel 5.1 Total kebutuhan air proses	152
Tabel 5.2 Kualitas air pendingin	155
Tabel 5.3 Total kebutuhan air pendingin	156
Tabel 5.4 Spesifikasi air umpan boiler.....	158

Tabel 5.5 Total kebutuhan air umpan boiler	159
Tabel 5.6 Spesifikasi air bersih	161
Tabel 5.7 Total kebutuhan air sanitasi	162
Tabel 5.8 Total kebutuhan air utilitas	163
Tabel 5.9 Standar komposisi air laut.....	163
Tabel 5.10 Spesifikasi bak penampungan.....	177
Tabel 5. 11 Spesifikasi tangki penyimpanan bahan utilitas	179
Tabel 5.12 Spesifikasi tangki penyimpanan air utilitas	180
Tabel 5.13 Spesifikasi pompa utilitas	181
Tabel 5.14 Spesifikasi boiler.....	189
Tabel 5.15 Total kebutuhan listrik unit proses.....	191
Tabel 5.16 Total kebutuhan listrik unit utilitas	192
Tabel 5.17 Total kebutuhan listrik	193
Tabel 5.18 Parameter air limbah	196
Tabel 6.1 Nilai indeks berdasarkan CEPCI.....	201
Tabel 6.2 Harga alat proses	204
Tabel 6.3 Harga alat utilitas	207
Tabel 6.4 <i>Physical Plant Cost</i> (PPC)	210
Tabel 6.5 <i>Direct Plant Cost</i> (DPC)	211
Tabel 6.6 <i>Fixed Capital Investement</i> (FCI).....	212
Tabel 6.7 <i>Working Capital Investment</i> (WCI)	212
Tabel 6.8 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC)	214
Tabel 6.9 <i>Indirect Manufacturig Cost</i> (IMC)	215
Tabel 6.10 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC)	215
Tabel 6.11 Total <i>manufacturing cost</i>	216
Tabel 6.12 <i>General Expense</i> (GE)	217
Tabel 6.13 Total <i>production cost</i>	217
Tabel 6.14 <i>Annual fixed manufacturing cost</i> (Fa).....	220
Tabel 6.15 <i>Annual regulated expenses</i> (Ra)	220
Tabel 6.16 <i>Annual variable value</i> (Va).....	221
Tabel 6.17 <i>Annual sales value</i> (Sa).....	221
Tabel 6.18 Analisis resiko pabrik.....	224
Tabel 6.19 Hasil analisis kelayakan ekonomi	229

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik konsumsi asam formiat di Indonesia	4
Gambar 1.2 Grafik impor asam formiat di Indonesia	6
Gambar 1.3 Struktur dua dimensi asam formiat	12
Gambar 1.4 Struktur tiga dimensi asam formiat	13
Gambar 1.5 Struktur dua dimensi metil formiat	13
Gambar 1.6 Struktur tiga dimensi metil formiat	14
Gambar 3.1 Diagram alir kualitatif	38
Gambar 3.2 Diagram alir kuantitatif	39
Gambar 4.1 Peta lokasi pendirian pabrik	106
Gambar 4.2 Tata letak pabrik	118
Gambar 4.3 Tata letak alat proses	121
Gambar 4.4 Struktur organisasi	128
Gambar 5.1 Pengolahan air utilitas	165
Gambar 5.2 Kapasitas teknologi desalinasi global	168
Gambar 5.3 Skema prinsip dasar <i>reverse osmosis</i>	170
Gambar 6.1 Grafik regresi linear nilai indeks alat	203
Gambar 6.2 Grafik hasil analisis ekonomi	223

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Perancangan Reaktor	238
LAMPIRAN B <i>Process Engineering Flow Diagram</i> (PEFD).....	284
LAMPIRAN C Kartu Konsultasi Bimbingan	286

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	: Suhu, °C
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
P	: Tekanan, psia
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, kg/m ³
Q	: Kebutuhan Kalor, Kj/Jam
A	: Luas Penampang, m ²
V	: Volume, m ³
t	: Waktu, jam
M	: Massa, Kg
Fv	: Laju Volumetrik, m ³
R	: Jari- jari, in
P	: <i>Power motor</i> , Hp
ts	: Tebal <i>shell</i> , in
ΔP	: <i>Pressure drop</i> , psia
ID	: <i>Inside diameter</i> , in
OD	: <i>Outside diameter</i> , in
Th	: Tebal <i>head</i> , in
Re	: Bilangan Reynold
f	: <i>Allowable stress</i> , psia
icr	: Jari-jari sudut dalam, in

L	: Lebar pengaduk, m
N	: Kecepatan putaran, rpm
UD	: <i>Dirt Overall Coefficient</i> HE, Btu/jam.ft ² .°F
UC	: <i>Clean Overall Coefficient</i> HE, Btu/jam.ft ² .°F
P	: Panjang, m
l	: Lebar, m
x	: Konversi, %
E	: Efisiensi sambungan
K	: Konduktivitas termal, Btu/jam.ft ² .°F
k	: Konstanta kinetika reaksi
R	: Tatapan konstan gas
Fv	: Laju alir, m ³ /jam
Sg	: <i>Specific gravity</i>
LMTD	: <i>Long Mean Temperature Different</i> , °F

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara berkembang dengan perkembangan berbagai sektor industri yang cukup pesat, salah satunya pada bidang industri kimia berupa produksi asam formiat. Asam formiat sendiri merupakan bahan kimia yang dapat digunakan diberbagai sektor industri seperti industri karet sebagai koagulan, industri tekstil sebagai bahan pencampur warna, industri farmasi sebagai desinfektan, dan sebagainya. Penggunaan asam formiat yang terus meningkat tidak sebanding dengan tingkat produksi asam formiat di Indonesia yang hanya memiliki satu pabrik saja. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan dalam dan luar negeri, maka akan dibuat prarancangan pabrik asam formiat dari metil formiat dan air dengan kapasitas 30.000 ton/tahun menggunakan proses hidrolisis. Pada proses produksi akan dibutuhkan bahan baku metil formiat sebanyak 6.264,884 kg/jam dan air sebanyak 2.565,744 kg/jam untuk menghasilkan metil formiat sebanyak 3.787,879 kg/jam. Proses hidrolisis ini akan memanfaatkan air yang bersumber dari air laut yang kemudian diolah menggunakan membran *reverse osmosis* dan bahan baku berupa metil formiat akan di impor dari China. Pabrik ini direncanakan untuk didirikan di Gresik, Jawa Timur. Proses reaksi ini akan terjadi di Reaktor Alir Tangki Berpengaduk dengan tekanan 9 atm dan suhu 120°C. Uji analisis resiko menyatakan bahwa pabrik ini memiliki resiko yang rendah dari aspek bahan baku, produk, dan kondisi operasi. Namun, berdasarkan uji kelayakan dari prarancangan pabrik ini menunjukkan bahwa pabrik akan mengalami kerugian setelah pajak sebesar Rp.218.346.082.289. Sehingga, nilai ROI sebelum pajak didapat sebesar -56,59% dan ROI sesudah pajak sebesar -45,27%, serta *pay out time* (POT) sebelum pajak selama -2,06 tahun dan POT sesudah pajak selama -2,68 tahun. Maka, dapat disimpulkan bahwa pabrik asam formiat dari metil formiat dan air dengan kapasitas 30.000 ton/tahun ini tidak layak bangun akibat biaya produksi yang begitu besar, terutama dari biaya pembelian bahan baku berupa metil formiat yang tinggi.

Kata kunci: Industri Kimia, Asam Formiat, Metil Formiat, Hidrolisis, Air Laut

ABSTRACT

Indonesia is a developing country experiencing rapid growth across various industrial sectors, one of which is the chemical industry, specifically in the production of formic acid. Formic acid itself is a chemical that can be used in various industrial sectors, such as the rubber industry as a coagulant, the textile industry as a color mixing agent, and the pharmaceutical industry as a disinfectant, among others. The continuously increasing use of formic acid is not matched by the level of formic acid production in Indonesia, which only has one factory. Therefore, to meet domestic and international demand, a pre-design for a formic acid plant from methyl formate and water with a capacity of 30,000 tons/year will be created using the hydrolysis process. In the production process, 6,264,884 kg/hour of methyl formate and 2,565,744 kg/hour of water will be required as raw materials to produce 3,787,879 kg/hour of formic acid. This hydrolysis process will utilize water sourced from seawater, which will then be treated using a reverse osmosis membrane, and the raw material of methyl formate will be imported from China. The plant is planned to be established in Gresik, East Java. The reaction process will occur in a Continuous Stirred Tank Reactor at a pressure of 9 atm and a temperature of 120°C. Risk analysis tests indicate that this plant has a low risk in terms of raw materials, products, and operating conditions. However, based on the feasibility study of the plant's pre-design, it shows that the plant will experience a post-tax loss of Rp. 218,346,082,289. Thus, the ROI before tax is -56.59% and the ROI after tax is -45.27%, with a pay-out time (POT) before tax of -2.06 years and a POT after tax of -2.68 years. Therefore, it can be concluded that the formic acid plant from methyl formate and water with a capacity of 30,000 tons/year is not feasible to build due to the high production costs, especially from the high cost of purchasing raw materials in the form of methyl formate.

Keywords: *Chemical Industry, Formic Acid, Methyl Formate, Hydrolysis, Seawater*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang dengan jumlah penduduk yang sangat banyak. Banyaknya jumlah penduduk di Indonesia dan pertumbuhannya mengakibatkan kebutuhan masyarakat di berbagai bidang terus meningkat. Oleh karena itu, seiring berjalannya waktu Indonesia terus membenahi pembangunan di berbagai bidang, salah satunya adalah bidang industri.

Zaman yang terus berkembang membuat perkembangan industri di Indonesia juga meningkat. Peningkatan bidang industri yang terjadi mencakup berbagai hal, seperti peningkatan kualitas dan kuantitas guna memenuhi kebutuhan pasar. Selama ini, industri kimia seringkali menjadi jawaban dari berbagai macam permasalahan, seperti lingkungan, kesehatan, energi, dan lain-lain (Axon & James, 2018).

Salah satu industri kimia yang perlu dikembangkan saat ini adalah industri pembuatan asam formiat. Nama lain asam formiat adalah asam metanoat yang memiliki rumus kimia HCOOH , jenis asam ini juga merupakan turunan pertama dari asam karboksilat. Asam formiat memiliki berbagai keunggulan yang menjadikannya banyak dimanfaatkan di berbagai industri, seperti industri karet, farmasi, kosmetik, tekstil, dan peternakan (Eppinger & Huang, 2017).

Industri yang paling banyak memanfaatkan asam formiat adalah industri karet. Asam formiat pada industri karet digunakan sebagai koagulan untuk mengkoagulasi karet dari lateks. Hal tersebut sesuai dengan anjuran Pusat Penelitian Karet yang menyebutkan bahwa asam formiat dan asam cair murni atau dikenal dengan merek dagang *Deorub* merupakan koagulan yang baik untuk industri karet (Vachlepi dkk., 2015).

Selain di industri karet, asam formiat juga dimanfaatkan di beberapa industri lain, diantaranya yaitu di industri tekstil yang digunakan sebagai salah satu bahan untuk mencampurkan warna dan di industri farmasi yang digunakan sebagai bahan pembuat desinfektan serta *intermediate* bahan farmasi serta bahan-bahan kimia lainnya (Kirk & Othmer, 1954). Sedangkan di industri kulit digunakan sebagai bahan pembersih zat kapur.

Melihat asam formiat yang banyak dibutuhkan di berbagai industri mengakibatkan kebutuhan asam formiat di Indonesia juga semakin meningkat. Namun, di Indonesia hanya terdapat satu perusahaan yang memproduksi asam formiat yaitu PT. Sintas Kurama Perdana dengan kapasitas produksi sebesar 11.000 ton/tahun. Hal tersebut mengakibatkan ketidak sesuaian antara asam formiat yang dibutuhkan dengan asam formiat yang tersedia. Oleh karena itu, kebutuhan asam formiat dipenuhi dengan melakukan impor yang cukup besar dari tahun ke tahun yang dibuktikan melalui data dari Badan Pusat Statistik di Indonesia, yaitu rata-rata kebutuhan impor asam formiat dari tahun 2018 sampai 2023 sebesar 3.267 ton.

Berdasarkan uraian di atas, mendirikan pabrik asam formiat akan memberikan beberapa dampak positif, yaitu menghemat biaya devisa negara akibat kebutuhan impor yang ditekan, membuka lapangan pekerjaan baru sehingga taraf ekonomi masyarakat sekitar dapat meningkat, dan diharapkan dapat memenuhi kebutuhan asam formiat pada berbagai industri yang ada.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Proyeksi untuk perancangan kapasitas pabrik asam formiat menggunakan metode *demand* dan *supply*. *Demand* terdiri dari nilai ekspor dan kebutuhan konsumsi dalam negeri. Sedangkan, *supply* dipengaruhi oleh nilai impor dan kapasitas produksi dalam negeri.

1.2.1 Demand

a. Konsumsi

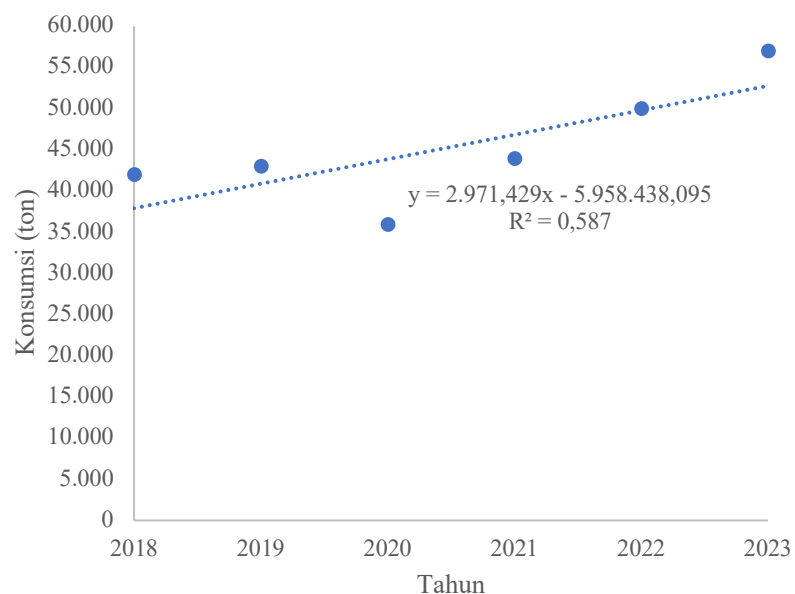
Data konsumsi asam formiat di Indonesia cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.1 di bawah ini.

Tabel 1.1 Data konsumsi asam formiat di Indonesia

Tahun	Berat (Ton)
2018	42.000
2019	43.000
2020	36.000
2021	44.000
2022	50.000
2023	57.000

Sumber: IndexBox, 2024

Berdasarkan data di atas, dapat dilihat bahwa produksi asam formiat terus meningkat setiap tahun, walaupun sempat turun di tahun 2020 akibat pandemi. Data di atas juga dapat dibuat grafik linear dengan tahun sebagai sumbu x dan data konsumsi per tahun sebagai sumbu y. Pada Grafik 1.1 di bawah ini, didapatkan persamaan yang digunakan untuk memprediksi jumlah konsumsi pada tahun 2031.



Gambar 1.1 Grafik konsumsi asam formiat di Indonesia

Dari Gambar 1.1 di atas, didapatkan persamaan garis linear yaitu $y = 2.971,429x - 5.968.438,095$ dengan nilai $R^2 = 0,587$ yang berarti nilai R^2 yang didapatkan cukup baik sehingga persamaannya dapat digunakan untuk memproyeksikan nilai konsumsi asam formiat pada tahun 2031. Berdasarkan persamaan di atas dengan nilai $x = 2031$ didapatkan proyeksi konsumsi asam formiat sebesar 76.534,204 ton.

1.2.2 Supply

a. Impor

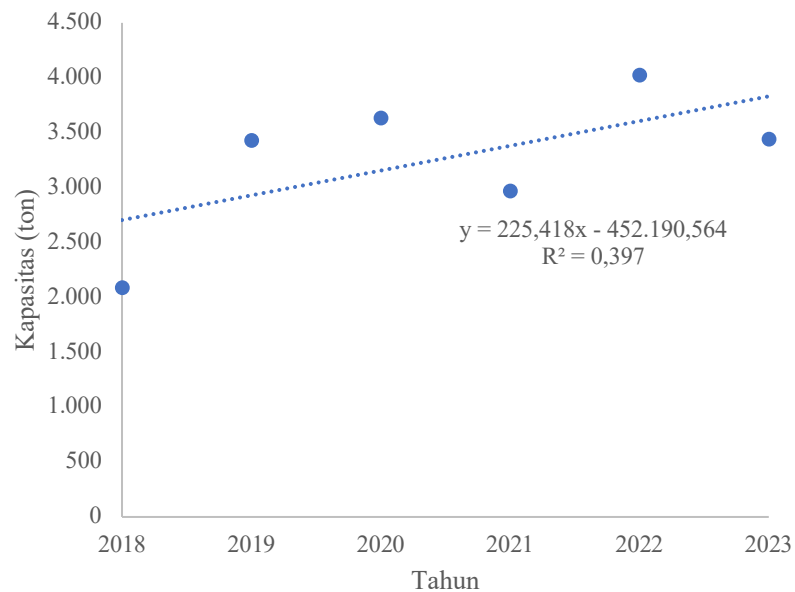
Data impor asam formiat di Indonesia cenderung terus meningkat setiap tahunnya dengan angka yang cukup besar. Data impor asam formiat ditunjukkan oleh Badan Pusat Statistik pada Tabel 1.2 di bawah ini.

Tabel 1.2 Data impor asam formiat di Indonesia

Tahun	Berat (kg)	Berat (ton)
2018	2.091.096	2.091
2019	3.433.532	3.434
2020	3.633.431	3.633
2021	2.973.992	2.974
2022	4.026.993	4.027
2023	3.444.836	3.445

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2024

Dari Tabel 1.2 di atas dapat dilihat bahwa jumlah impor asam formiat per tahun sangat tinggi. Hal tersebut membuktikan bahwa produksi asam formiat di Indonesia masih belum tercukupi. Lebih jelasnya, grafik mengenai impor asam formiat di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.2 di bawah ini.



Gambar 1.2 Grafik impor asam formiat di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.2 di atas, dapat dilihat bahwa didapat persamaan $y = 225,418x - 452.190,564$ dengan nilai $R^2 = 0,397$. Namun, karena nilai R^2 yang didapat relatif kecil mengakibatkan perhitungan untuk proyeksi impor asam formiat di tahun 2031 menjadi kurang efektif. Oleh karena itu, proyeksi impor asam formiat di Indonesia untuk tahun 2031 akan dihitung menggunakan persen pertumbuhan yang dapat dilihat pada Tabel 1.3 di bawah ini.

Tabel 1.3 Persen pertumbuhan impor asam formiat di Indonesia

Tahun	Berat (ton)	Pertumbuhan (%)
2018	2.091	
2019	3.434	0,642
2020	3.633	0,058
2021	2.974	-0,181

Tahun	Berat (ton)	Pertumbuhan (%)
2022	4.027	0,354
2023	3.445	-0,145
Total		0,728
Rata-rata		0,146

Setelah mendapatkan nilai rata-rata persen pertumbuhan, langkah selanjutnya adalah menghitung proyeksi impor pada tahun 2031 dengan rumus sebagai berikut:

$$Pt = Po \times (1 + r)^n$$

Keterangan:

Pt = Proyeksi jumlah impor tahun 2031

Po = Jumlah impor dari tahun terakhir berdasarkan data

r = Rata-rata persen pertumbuhan dari total data

n = Selisih tahun terakhir data dengan tahun yang diinginkan

Dari perhitungan rumus di atas, didapat proyeksi impor asam formiat di Indonesia pada tahun 2031 sebesar 3.485,178 ton.

b. Produksi

Di Indonesia sendiri hanya terdapat satu perusahaan yang memproduksi asam formiat, yaitu PT. Sintas Kurama Perdana yang berlokasi di Kawasan Industri Kujang Cikampek (KIKC), Karawang. Dari awal berdiri hingga saat ini, PT. Sintas Kurama Perdana memiliki kapasitas produksi 11.000 ton/tahun dengan produk berupa asam formiat 85%, asam formiat 90%, dan asam formiat 94%.

1.2.3 Kapasitas Produksi Pabrik

Kapasitas produksi merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik di industri. Hal tersebut karena akan berkaitan dengan perhitungan teknis dan ekonomis suatu pabrik. Secara umum, dapat dikatakan bahwa semakin besar kapasitas pabrik maka keuntungan yang didapatkan akan semakin besar, tetapi perlu diperhatikan bahwa perhitungan keuntungan pabrik akan berbuhungan dengan berbagai aspek. Oleh karena itu, untuk menghitung peluang kapasitas pendirian pabrik asam formiat pada tahun 2031 akan digunakan rumus:

$$\text{Peluang} = \text{Demand} - \text{Supply}$$

$$\text{Peluang} = (\text{Ekpor} + \text{Konsumsi}) - (\text{Impor} + \text{Produksi})$$

Dari penjabaran pada poin-poin sebelumnya, didapatkan bahwa proyeksi konsumsi asam formiat pada tahun 2031 sebesar 76.534,204 ton, impor sebesar 3.485,178 ton, dan produksi sebesar 11.000 ton. Oleh karena itu, peluang kapasitas produksi asam formiat tahun 2031 yang didapat dari perhitungan adalah 62.049,026 ton.

Selanjutnya, kapasitas akan diambil dari 50% total peluang. Hal tersebut sesuai dengan UU No. 5 Tahun 1999 Pasal 17 (2) menyatakan bahwa pelaku usaha diduga atau dianggap melakukan penguasaan atas produksi dan atau pemasaran barang dan atau jasa jika menguasai lebih dari 50% pangsa pasar. Oleh karena itu, kapasitas produksi asam formiat tahun 2031 adalah 31.024,513 ton/tahun atau diambil sebesar 30.000 ton/tahun.

1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku

Selain menentukan kapasitas produksi, mengetahui ketersediaan bahan baku juga merupakan faktor penting dalam pendirian sebuah pabrik karena akan berdampak pada keberlangsungan proses produksi. Dalam pendirian pabrik asam formiat kali ini, dua jenis bahan baku utama yang diperlukan adalah metil formiat dan air.

Bahan baku metil formiat sendiri tidak tersedia di Indonesia karena sampai saat ini belum ada perusahaan yang memproduksi metil formiat. Oleh karena itu, metil formiat akan didapat melalui impor dari PT. Shenyu (Shadong) Energy Development Co., Ltd. Perusahaan tersebut berasal dari China dengan kapasitas produksi metil formiat sebesar 24.000 ton/tahun. Sedangkan, bahan baku berupa air akan didapat dari perairan laut Jawa yang dekat dengan lokasi pabrik. Laut ini dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan, diantaranya adalah jarak dengan lokasi pabrik, ketersediaan air laut yang melimpah, dan air laut yang dirasa cukup efektif untuk menjadi bahan baku produksi setelah melewati *treatment* di unit utilitas.

1.2.5 Kapasitas Komersial

Penentuan kapasitas pabrik yang didirikan juga akan dipengaruhi oleh kapasitas komersial atau diartikan sebagai kapasitas dari pabrik-pabrik serupa yang sudah berdiri sebelumnya. Kapasitas komersial ini akan menjadi acuan kapasitas minimum dari pendirian pabrik. Kapasitas

produk asam formiat secara komersial dapat dilihat pada tabel 1.4 di bawah ini.

Tabel 1.4 Kapasitas komersial asam formiat

Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
PT. Sintas Kurama Perdana	Indonesia	11.000
BASF	United States	250.000
Feicheng Acid Chemical	Feicheng, Cina	100.000
Rashtriya Chemicals	Thal, India	11.000
Gujarat Narmada Valley	Bharuch, India	20.000
Huang Hua Pengfa Chemical	Hebei, Cina	20.000
Eastman Chemical Company	North America	120.000
Perstop	Stenungsund, Sweden	70.000
Shanxi Yuanping Chemical	Yuanping, Cina	20.000
Shandong Asam Technology Co.Ltd.	Feicheng, Cina	200.000

Berdasarkan Tabel 1.4 di atas dapat dilihat bahwa perusahaan asam formiat di Indonesia hanya satu, yaitu PT. Sintas Kurama Perdana dengan kapasitas produksi 11.000 ton/tahun. Oleh karena itu, kapasitas pendirian pabrik asam formiat di Indonesia minimal adalah 11.000 ton/tahun. Sehingga, pabrik asam formiat dengan kapasitas 30.000 ton/tahun sudah dianggap layak didirikan. Selain itu, bahan baku yang

dibutuhkan pun sudah tersedia dan mampu mencukupi kebutuhan produksi.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Asam Formiat

Asam formiat merupakan produk dari industri kimia yang penting karena keberadaannya yang sulit digantikan dalam beberapa aplikasi industri. Hal tersebut dikarenakan asam formiat memiliki kandungan asam yang kuat dan memiliki sifat pereduksi sehingga akan berguna untuk industri farmasi, pertanian, tekstil, makanan, dan bahan kimia. (Rumayor dkk., 2018)

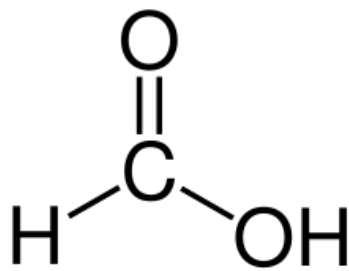
Asam formiat dengan rumus kimia HCOOH atau CH_2O_2 dikenal dengan nama sistematis sebagai asam metanoat hanya memiliki satu karbon sehingga asam formiat tergolong dalam jenis asam karboksilat paling sederhana. Nama asam formiat sendiri berasal dari kata dalam bahasa latin *formica* yang berarti semut. Asam ini pertama kali dibuat pada abad ke-18 melalui penyulingan dari semut (S, 2011).

Secara alami, asam formiat dapat ditemukan pada sengatan lebah dan tubuh sejenis semut *Formica rufa*. Oleh karena itu, beberapa orang juga mengenal jenis asam ini sebagai asam semut. Selain itu, asam ini juga terdapat dalam beberapa macam tumbuhan dengan jumlah yang kecil.

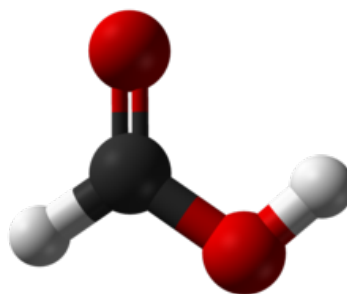
Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, asam ini banyak dimanfaatkan sebagai koagulan dalam industri karet. Namun,

kinerjanya sebagai koagulan memiliki beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan, diantaranya adalah sifatnya yang korosif sehingga dapat berbahaya bagi manusia dan lingkungan, bau yang asam dan busuk akibat mikroorganisme yang tumbuh saat terjadi pengolahan (Vachlepi dkk., 2015).

Secara fisik, asam formiat memiliki tampilan sebagai cairan jernih yang tidak memiliki warna, mudah menguap, dan memiliki bau yang khas. Asam ini dapat larut dalam air, alkohol, dan eter pada segala perbandingan. Sifat pereduksi dari asam formiat serupa dengan aldehyd, hal tersebut menyebabkan beberapa ahli kimia menyebutkan bahwa asam formiat memiliki struktur yang tidak normal (Gibson, 1969). Struktur dua dimensi dan tiga dimensi dari asam formiat dapat dilihat pada Gambar 1.3 dan 1.4 di bawah ini.



Gambar 1.3 Struktur dua dimensi asam formiat



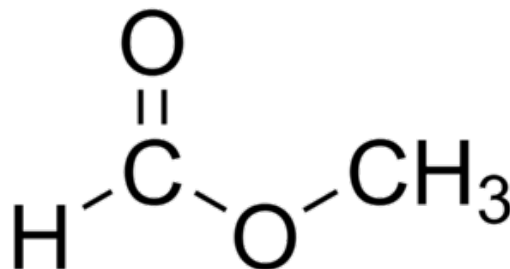
Gambar 1.4 Struktur tiga dimensi asam formiat

Beberapa kegunaan penting dari asam formiat dalam beberapa jenis industri dapat dijabarkan sebagai berikut (Kirk & Othmer, 1954)

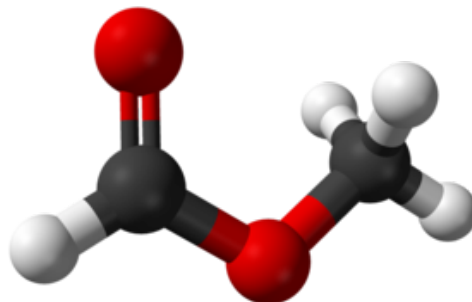
- a. Koagulan pada industri karet
- b. Salah satu bahan yang mengatur pH dalam proses pewarnaan industri tekstil
- c. Bahan campuran untuk zat warna pada industri tekstil
- d. Bahan pengawet dan bahan pembuat desinfektan pada industri farmasi
- e. Pelarut untuk membuat parfum

1.3.2 Metil Formiat

Metil formiat dengan rumus kimia HCOOCH_3 atau $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ dapat disebut sebagai metil metanoat merupakan metil ester asam formiat. Metil formiat merupakan senyawa pertama yang muncul sebagai senyawa komersial (Reutemann & Kieczka, 2000). Struktur dua dimensi dan tiga dimensi dari metil formiat dapat dilihat pada Gambar 1.5 dan 1.6 di bawah ini.



Gambar 1.5 Struktur dua dimensi metil formiat



Gambar 1.6 Struktur tiga dimensi metil formiat

Sama halnya seperti asam formiat, metil formiat juga memiliki tampilan fisik sebagai cairan bening yang mudah menguap, serta merupakan ester dari asam karboksilat yang paling sederhana. Metil formiat merupakan senyawa yang dapat larut dengan etanol, kloroform, eter, karbon disulfida, karbon tetraklorida, asam asetat glasial, aseton dan minyak.

Dalam skala laboratorium, metil formiat dapat dibuat menggunakan reaksi kondensasi antara methanol dan asam formiat. Namun, dalam skala industri, jenis metil ini diproduksi dari kombinasi antara methanol dan karbon monoksida melalui reaksi karbonilasi dengan adanya basa kuat, seperti natrium metoksida. Proses inilah yang secara umum dipraktikkan secara komersial oleh perusahaan ternama, seperti BASF sehingga menghasilkan metil formiat dengan selektivitas hingga 96% (Reutemann & Kieczka, 2000).

Metil formiat merupakan zat yang penting dalam kimia golongan C_1 . Hal tersebut karena zat ini sudah digunakan dalam berbagai produksi bahan kimia, diantaranya adalah metanimida, asam asetat, dimetil karbonat, etilen glikol, metil metakrilat, CO dengan kemurnian

tinggi, asam formiat, dan sebagainya. Selain memproduksi berbagai bahan kimia, metil formiat juga seringkali digunakan secara langsung sebagai bakterisida dalam pengolahan tembakau, biji-bijian, buah keting atau sebagai pelarut untuk nitroselulosa. Tidak cukup sampai disitu, metil formiat juga berguna untuk bidang kedokteran, yaitu sebagai bahan baku sintesis obat-obatan (Rong dkk., 2018).

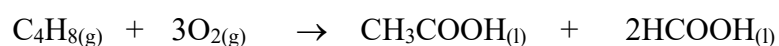
Selain beberapa hal yang sudah disebutkan di atas, metil formiat memiliki beberapa kegunaan lain, diantaranya:

- a. *Refrigerant* dengan titik didih yang tinggi sebagai peralatan dalam rumah tangga
- b. Fumigan dan larvasida untuk perkebunan tembakau dan tanaman pangan
- c. Dapat menghindari dari bahaya kebakaran ketika digunakan dengan karbon dioksida
- d. Bahan kimia perekat
- e. Bahan pembusa untuk industri busa

1.3.3 Macam-macam Proses Pembuatan Asam Formiat

a Oksidasi Hidrokarbon pada Fase Cair

Pada proses ini bahan yang dibutuhkan adalah butena atau naphta ringan yang akan dioksidasi menggunakan gas oksigen sehingga menghasilkan asam formiat sebagai produk samping. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:





Proses yang terjadi pada reaksi di atas dimulai dari butena yang akan direaksikan dengan gas O₂ di dalam reaktor pada suhu 180°C dengan tekanan 5 atm. Butena yang tersisa dari proses reaksi akan dipisahkan oleh separator. Hasil atas dari separator akan berupa gas yang banyak mengandung butena sehingga gasnya akan dikondensasikan pada suhu -5°C untuk selanjutnya dialirkan menuju absorber untuk diambil kandungan butannya. Sedangkan cairan yang menjadi hasil bawah dari separator akan dipisahkan kembali menggunakan kolom distilasi untuk menghasilkan asam asetat, metil etil keton, metil asetat dan asam formiat. Dilihat dari proses secara keseluruhan, proses oksidasi butena ini akan menghasilkan *yield* sekitar 40-50% karena asam formiat yang didapat hanya berupa hasil samping dari produk utama berupa asam asetat (Kirk & Othmer, 1954).

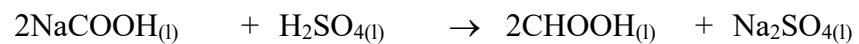
b. Proses Sintesa dari Sodium Hidroksida, Karbon Monoksida dan Asam Sulfat

Proses pembentukan asam formiat ini pertama dikenalkan oleh Berthelot pada tahun 1855. Terdapat beberapa tahapan yang diperlukan, yang pertama adalah pembuatan sodium formiat melalui reaksi antara natrium hidroksida dengan karbon monoksida. Kemudian sodium formiat yang didapatkan akan direaksikan dengan asam sulfat sehingga asam formiat akan

diperoleh sebagai produk utama dengan sodium sulfat sebagai produk samping. Reaksi yang terjadi yaitu:



Natrium hidroksida + Karbon monoksida → Natrium formiat



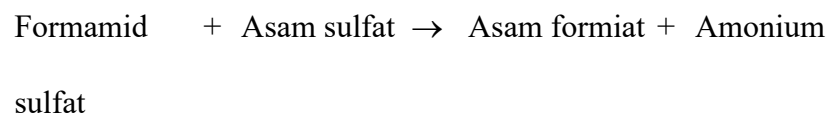
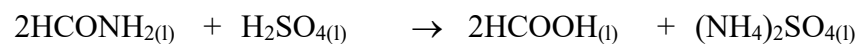
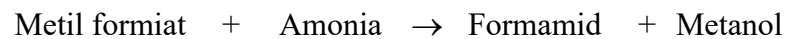
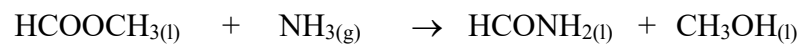
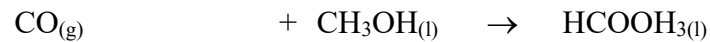
Natrium formiat + Asam sulfat → Asam formiat + Natrium sulfat

Reaksi pertama yang terjadi antara natrium hidroksida dan karbon monoksida akan terjadi pada temperatur 150-200°C dengan tekanan 7-10 atm sehingga terbentuk natrium formiat (S, 2011). Natrium formiat atau garam yang terbentuk kemudian direaksikan dengan asam sulfat pada reaktor berpengaduk pada temperatur 350°C dan tekanan atmosfer. Campuran yang dihasilkan dari reaktor kemudian masuk ke evaporator untuk dipisahkan dalam tekanan normal dengan temperatur 100-120°C untuk mendapatkan asam formiat dan natrium sulfat. Pada proses ini rendemen yang diperoleh adalah 90% dengan konsentrasi produk 75% asam formiat dalam air (Kirk & Othmer, 1954).

Proses ini memiliki kekurangan, yaitu kondisi operasi yang cukup tinggi sehingga penanganannya akan lebih sulit dan reaksi yang terjadi dua tahap akan memerlukan waktu yang lebih lama sehingga dianggap kurang ekonomis. Sedangkan, kelebihan adalah tidak perlu menggunakan katalis.

c. Proses Hidrolisis Formamid

Proses hidrolisis formamid ini dapat dikatakan lebih rumit dari reaksi-reaksi sebelumnya karena reaksinya melibatkan 3 tahap, yaitu:



Proses ini merupakan proses karbonisasi metanol dengan gas karbon monoksida yang membentuk metil formiat. Reaksi ini terjadi pada temperatur 80°C dengan tekanan 45 atm. Pada tahap pertama yang terjadi, katalis berupa sodium atau *potassium metoxide* akan ditambahkan sebanyak 2,5% berat dari methanol yang dibutuhkan. Kemudian, terjadi amolisis metil formiat dengan amonia yang akan membentuk formamid pada suhu 65°C dan tekanan 13 atm.

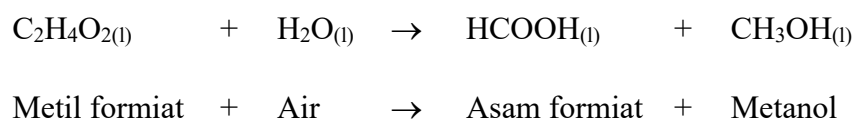
Selanjutnya, terjadi proses hidrolisis formamid dengan penambahan asam sulfat 68-74% pada reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Hasil dari reaktor berupa ammonium sulfat dan asam formiat akan masuk ke kiln. Selanjutnya, asam formiat

akan diuapkan dan masuk ke kolom distilasi, sedangkan amonium sulfat akan di *blow down* dan dikeringkan. *Yield* yang dihasilkan dari proses ini cukup tinggi, yaitu 93% karena asam formiat yang dihasilkan merupakan produk utama (Kirk & Othmer, 1954).

Reaksi ini tentu memiliki beberapa kekurangan. Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, reaksi ini membutuhkan tiga tahap sehingga dianggap cukup kompleks dan membutuhkan waktu yang lama. Selain itu, dibutuhkan kondisi operasi dengan tekanan yang tinggi dengan bantuan katalis sehingga biaya produksi akan lebih tinggi. Kelebihan dari reaksi ini adalah konversi yang sangat tinggi yaitu 93%.

d. Proses Hidrolisis Metil Formiat

Berbeda dengan proses hidrolisis sebelumnya, proses hidrolisis metil formiat hanya membutuhkan satu tahap reaksi dengan bantuan air. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Pada proses ini, asam formiat akan didapat langsung dari hidrolisis metil formiat dan air dengan metanol sebagai produk samping. Proses ini terjadi pada suhu 120°C dan tekanan 9 atm menggunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Proses reaksi hidrolisis yang terjadi di reaktor akan mencapai 95% dari keadaan setimbang pada waktu tinggal 20 detik. Sehingga, nilai

konversi dari reaktornya sebesar 74% dengan kinetika reaksi $0,00577 \text{ L.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ (US-4299981-A).

Selanjutnya, dari reaktor akan masuk ke *flash drum* pada tekanan dan suhu yang relatif rendah untuk kemudian dipisahkan dengan menara distilasi dalam kondisi vakum. Langkah ini dimaksudkan untuk memisahkan metanol dari asam formiat dengan waktu kontak minimum dan suhu yang rendah sehingga tidak terjadi reaksi reesterifikasi. Selanjutnya, uap yang keluar berupa metil formiat akan dikembalikan ke reaktor, sedangkan hasil bawah menara distilasi akan masuk ke menara distilasi kedua untuk memisahkan sisa metil formiat untuk didaur ulang dari produk samping metanol. Selanjutnya, asam formiat akan didapat dengan kemurnian tinggi, yaitu 85-90% (Leonard & East, t.t.). Sesuai data di atas, asam formiat yang terbentuk dapat mencapai tingkat kemurnian 85% dan 90%.

Kekurangan dari proses ini adalah memerlukan dua reaktor sehingga proses akan menjadi lebih panjang. Sedangkan, kelebihan adalah kondisi operasi yang relatif lebih rendah dibanding proses lainnya. Selain itu, konversi asam formiat yang dihasilkan cukup tinggi dengan bahan baku yang relatif lebih murah, yaitu air dan metanol sebagai produk samping memiliki nilai jual yang cukup tinggi.

1.3.4 Perbandingan Proses Pembuatan Asam Formiat

Berdasarkan keempat uraian proses di atas, langkah selanjutnya adalah memilih proses yang akan diaplikasikan. Perbandingannya dapat dilihat pada Tabel 1.5 di bawah ini.

Tabel 1.5 Perbandingan proses pembuatan asam formiat

Parameter	Oksidasi	Sintesis	Hidrolisis	
			Formamid	Metil Formiat
Suhu	180°C	150-200°C	80°C	120°C
Tekanan	5 atm	7-10 atm	45 atm	9 atm
Tahapan	Sederhana	Kompleks	Kompleks	Sederhana
Ekonomis	Tidak	Tidak	Tidak	Ekonomis
Katalis	Tidak	Tidak	Sodium	Tidak
Kemurnian	40-50%	90%	93%	85-90%

Berdasarkan beberapa perbandingan di atas, maka akan dipilih proses hidrolisis menggunakan metil formiat dan air untuk menghasilkan asam formiat. Proses ini dipilih berdasarkan beberapa alasan berikut:

- Proses hidrolisis menggunakan metil formiat dan air memiliki nilai potensial ekonomi paling besar dan paling sering dipakai sehingga dianggap paling komersial
- Bahan baku air yang mudah diperoleh dengan harga relatif rendah
- Menghasilkan produk samping berupa metanol yang bernilai jual cukup tinggi

- d. Dapat dioperasikan pada suhu dan tekanan yang rendah sehingga dapat mengurangi biaya investasi dan minimnya tingkat bahaya saat proses berlangsung
- e. Tahap reaksi yang sederhana, yaitu hanya satu sehingga peralatan yang dibutuhkan akan lebih sedikit dan sederhana dibandingkan dengan proses yang lain
- f. Kemurnian yang dihasilkan cukup tinggi yaitu sekitar 85-90% dengan proses yang sederhana dibandingkan dengan yang lain, jadi bernilai ekonomis untuk dikembangkan

1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika

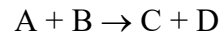
1.4.1 Tinjauan Kinetika

Reaksi yang terjadi pada pembentukan asam formiat ini adalah reaksi *irreversible* atau tidak bolak-balik. Hal ini dikarenakan terdapat banyak umpan yang masuk sehingga reaksi bergerak ke arah kanan atau ke arah pembentukan produk. Maka, kinetika reaksi dari pembuatan asam formiat dan metanol menggunakan bahan baku metil formiat dan air pada kondisi operasi 120°C, tekanan 9 atm, dan waktu tinggal di reaktor selama 20 detik (US-4299981-A) adalah sebagai berikut.



Sebelum mencari nilai kinetika reaksi, perlu diketahui nilai konversi reaktor. Perhitungan untuk mendapat nilai konversi reaktor adalah sebagai berikut.

Diketahui:



$x = 95\%$ dari konversi kesetimbangan

$$A:B = 2,4:1$$

$$T_1 = 298 \text{ K}$$

$$T_2 = 120^\circ\text{C} = 393,15 \text{ K}$$

$$K_1 = 1,6$$

$$\Delta H_R = 11 \text{ kJ/mol} = 11.000 \text{ J/mol}$$

$$R = 8,314 \text{ J/K/mol}$$

Rumus:

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = -\frac{\Delta H_R}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Maka, akan dihitung untuk mendapatkan nilai K_2 , sebagai berikut.

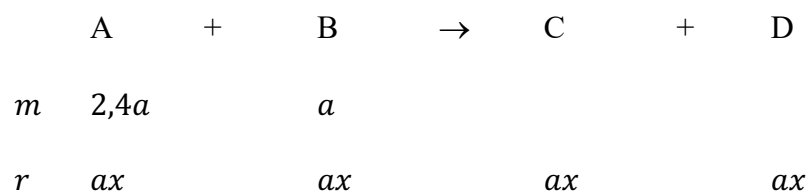
$$\ln \frac{K_2}{1,6} = -\frac{11.000}{8,314} \left(\frac{1}{393,15} - \frac{1}{298} \right)$$

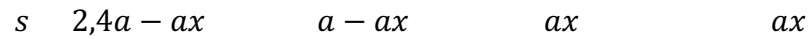
$$\ln \frac{K_2}{1,6} = 1,074$$

$$\ln K_2 = 0,505$$

$$K_2 = 1,66$$

Selanjutnya, berdasarkan reaksi stoikiometrinya akan dihitung nilai konversi reaktor.





$$K = \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

$$K = \frac{[ax][ax]}{[2,4a - ax][a - ax]}$$

$$K = \frac{x^2}{2,4 - 3,4x + x^2}$$

Selanjutnya, substitusikan nilai $K_2 = 1,66$ ke persamaan di atas, sehingga hasilnya menjadi:

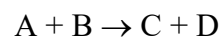
$$0,66x^2 - 5,63x + 3,98 = 0$$

Dengan menggunakan rumus $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ di dapat nilai $x_1 = 7,75$

dan $x_2 = 0,78$. Maka, diambil nilai $x_2 = 0,78$ untuk kemudian diambil 95% dari konversi tersebut. Sehingga, konversi reaktor yang didapat sebesar 0,74 atau 74%.

Setelah seluruh data terkumpul, dilanjutkan untuk menghitung kinetika dari reaksi hidrolisis pada perancangan pabrik kali ini.

Diketahui:



$$n_{A0} = 2,4 \text{ mol}$$

$$n_{B0} = 1 \text{ mol}$$

$$\rho_A = 980 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_B = 997 \text{ kg/m}^3$$

$$V_A = 2,4 \text{ mol} \times \frac{60 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0,144 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,144 \text{ kg}}{980 \text{ kg/m}^3} = 0,000147 \text{ m}^3 = 0,147 \text{ L}$$

$$V_B = 1 \text{ mol} \times \frac{18 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0,018 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,018 \text{ kg}}{997 \text{ kg/m}^3} = 0,000018 \text{ m}^3 = 0,018 \text{ L}$$

$$V = 0,147 \text{ L} + 0,018 \text{ L} = 0,165 \text{ L}$$

$$t = 20 \text{ sec}$$

$$x = 0,74$$

Data-data tersebut dapat diolah dengan menggunakan rumus-rumus di bawah ini.

$$(-r_B) = k \times C_A \times C_B$$

Dimana,

$-r_B$ = Laju kecepatan reaksi

k = Konstanta kecepatan laju reaksi

C = Konsentrasi bahan $C = \frac{n}{V}$

Berdasarkan rumus dari neraca massa pada reaktor *batch*, didapat hasil sebagai berikut.

$$R_{in} - R_{out} - R_{reaksi} = R_{acc}$$

$$0 - 0 - r_B \times V = \frac{dn}{dt}$$

$$-((-r_B) \times V) = \frac{d(V \times C_B)}{dt}$$

$$-((-r_B) \times V) = V \times \frac{dC_B}{dt}$$

$$-k \times C_A \times C_B = \frac{dC_B}{dt}$$

Selanjutnya, berdasarkan persamaan stoikiometri yang terjadi pada reaktor, didapat:

A	+	B	→	C	+	D
$m \quad C_{A0}$		C_{B0}				
$r \quad C_{B0} \times x$		$C_{B0} \times x$		$C_{B0} \times x$		$C_{B0} \times x$
$s \quad C_{A0} - (C_{B0} \times x)$		$C_{B0} (1 - x)$		$C_{B0} \times x$		$C_{B0} \times x$

Kemudian, seluruh rumus di atas dapat disusun kembali sehingga menjadi persamaan sebagai berikut.

$$-k \times (C_{A0} - (C_{B0} \times x)) \times C_{B0} (1 - x) = \frac{d(C_{B0} (1 - x))}{dt}$$

$$-k \times (C_{A0} - (C_{B0} \times x)) \times C_{B0} (1 - x) = C_{B0} \times -\frac{dx}{dt}$$

$$k \times (C_{A0} - (C_{B0} \times x)) \times (1 - x) = \frac{dx}{dt}$$

$$k \times \left(\frac{n_{A0}}{V} - \frac{n_{B0}}{V} \times x \right) \times (1 - x) = \frac{dx}{dt}$$

$$k \times (n_{A0} - n_{B0} \times x) \times (1 - x) = V \times \frac{dx}{dt}$$

$$k \int_0^{20} dt = V \int_0^{0,74} \frac{1}{(n_{A0} - n_{B0} \times x)(1 - x)} dx$$

$$\int_0^{20} dt = 20 - 0 = 20$$

$$\int_0^{0,74} \frac{1}{(n_{A0} - n_{B0} \times x)(1 - x)} dx$$

$$\frac{1}{(n_{A0} - n_{B0} \times x)(1 - x)} = \frac{1}{(2,4 - x)(1 - x)}$$

$$\frac{1}{(2,4-x)(1-x)} = \frac{A}{2,4-x} + \frac{B}{1-x}$$

$$\frac{1}{(2,4-x)(1-x)} = \frac{A(1-x) + B(2,4-x)}{(2,4-x)(1-x)}$$

$$1 = A(1-x) + B(2,4-x)$$

$$1 = A - Ax + 2,4B - Bx$$

$$1 = (A + 2,4B) - (A + B)x$$

Gunakan pemisalan,

$$A + 2,4B = 1 \dots (1) \text{ dan } A = -B \dots (2)$$

Substitusikan persamaan (2) ke persamaan (1), maka persamaannya menjadi sebagai berikut.

$$-B + 2,4B = 1$$

$$1,4B = 1$$

$$B = \frac{1}{1,4} = \frac{5}{7}$$

$$A = -B = -\frac{5}{7}$$

Maka, persamaan integralnya menjadi:

$$\frac{A}{2,4-x} + \frac{B}{1-x} = \int_0^{0,74} \frac{-\frac{5}{7}}{2,4-x} dx + \int_0^{0,74} \frac{\frac{5}{7}}{1-x} dx$$

$$\text{dimana, } \int \frac{1}{a-x} dx = -\ln |1-x|$$

$$= -\frac{5}{7} [-\ln|2,4-x|]_0^{0,74} + \frac{5}{7} [-\ln|1-x|]_0^{0,74}$$

$$= -\frac{5}{7} [-\ln|2,4-x|]_0^{0,74} - \frac{5}{7} [\ln|1-x|]_0^{0,74}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{5}{7} \ln(2,4 - 0,74) - \frac{5}{7} \ln(1 - 0,74) - \left(\frac{5}{7} \ln(2,5 - 0) - \frac{5}{7} \ln(1 - 0) \right) \\
&= \left(\frac{5}{7} \times (\ln(1,66) + \ln(0,26) - \ln(2,4) - \ln(1)) \right)
\end{aligned}$$

Maka, keseluruhan persamaan integralnya menjadi:

$$\begin{aligned}
k \int_0^{20} dt &= V \int_0^{0,74} \frac{1}{(n_{A0} - n_{B0} \times x)(1 - x)} dx \\
20 \times k &= 0,165 \times \left(\frac{5}{7} \times (\ln(1,66) + \ln(0,26) - \ln(2,4) - \ln(1)) \right)
\end{aligned}$$

$$20 \times k = 0,165 \times 0,699$$

$$k = \frac{0,165 \times 0,699}{20}$$

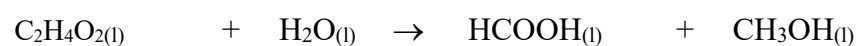
$$k = 0,00577 \text{ L.mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

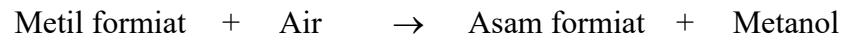
Maka, berdasarkan perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa reaksi pembuatan asam formiat dari hidrolisis metil formiat merupakan reaksi orde 2 berdasarkan persamaan elementernya, dengan begitu konstanta laju reaksi yang didapat sebesar $0,00577 \text{ L.m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

1.4.2 Tinjauan Termodinamika

a. Panas Reaksi

Panas reaksi (ΔH_R) berguna dalam menentukan apakah reaksi bersifat endotermis atau eksotermis. Berikut merupakan perhitungan panas reaksi antara metil formiat dan air untuk membuat asam formiat yang dapat dilihat pada Tabel 1.6 berikut.





Tabel 1.6 Nilai entalpi masing-masing komponen

Komponen	(ΔH°_f) (kJ/mol)
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	-349,78
H_2O	-241,00
HCOOH	-378,61
CH_3OH	-201,17

Sumber: (Yaws, 1999)

$$\Delta H^\circ_{R(298K)} = \Delta H^\circ_{f(\text{produk})} - \Delta H^\circ_{f(\text{reaktan})}$$

$$\Delta H^\circ_{R(298K)} = (\Delta H^\circ_{f(\text{HCOOH})} + \Delta H^\circ_{f(\text{CH}_3\text{OH})}) - (\Delta H^\circ_{f(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)} + \Delta H^\circ_{f(\text{H}_2\text{O})})$$

$$\Delta H^\circ_{R(298K)} = ((-378,61) + (-201,17)) - ((-349,78) + (-241,00))$$

$$\Delta H^\circ_{R(298K)} = 11,00 \text{ kJ/mol}$$

Dikarenakan harga ΔH°_{R298K} bernilai positif, maka reaksi bersifat endotermis.

b. Energi Bebas Gibbs

Berikut merupakan perhitungan energi bebas Gibbs antara metil formiat dan air untuk membuat asam formiat yang dapat dilihat pada Tabel 1.7 berikut.

Tabel 1.7 Nilai energi bebas gibbs masing-masing komponen

Komponen	(ΔG°_f) (kJ/mol)
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	-297,19
H_2O	-228,60

HCOOH	-351,00
CH ₃ OH	-162,51

Sumber: (Yaws, 1999)

$$\Delta G^\circ_{298K} = \Delta G^\circ_{f(\text{produk})} - \Delta G^\circ_{f(\text{reaktan})}$$

$$\Delta G^\circ_{298K} = (\Delta G^\circ_{f(\text{HCOOH})} + \Delta G^\circ_{f(\text{CH}_3\text{OH})}) - (\Delta G^\circ_{f(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)} + \Delta G^\circ_{f(\text{H}_2\text{O})})$$

$$\Delta G^\circ_{298K} = ((-351,00) + (-162,51)) - ((-297,19) + (-228,60))$$

$$\Delta G^\circ_{298K} = 12,28 \text{ kJ/mol} = 12280 \text{ J/mol}$$

Dikarenakan harga $\Delta G^\circ < 50 \text{ kJ/mol}$ maka metil formiat dan air mungkin menguntungkan untuk direaksikan (Yaws, 1999)

c. Konstanta Keseimbangan Reaksi

Konstanta keseimbangan reaksi dapat dihitung dengan rumus berikut (Smith dkk., 2017) persamaan (14.11b):

$$\ln K_{298} = -\frac{\Delta G^\circ}{RT}$$

$$\ln K_{298} = -\frac{12280 \text{ J/mol}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \times 298K}$$

$$\ln K_{298} = -4,96$$

$$K_{298} = 1,60$$

Karena nilai $K > 1$ maka reaksi berjalan ke kanan atau ke arah pembentukan produk, yaitu asam formiat sebagai produk utama dan metanol sebagai produk samping. Dengan begitu, reaksi akan berjalan secara *irreversible*.

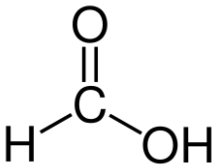
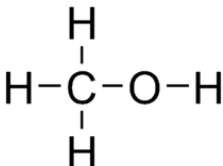
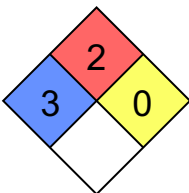
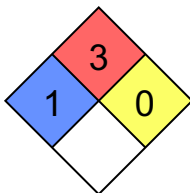
BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

Berikut adalah spesifikasi produk berupa sifat fisika dan kimia yang disajikan dalam Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Spesifikasi produk

Spesifikasi	Produk	
	Asam Formiat	Metanol
Sinonim	Asam Metanoat	Metil Alkohol
Rumus molekul	HCOOH CH ₂ O ₂	CH ₃ OH CH ₄ O
Struktur kimia		
<i>Hazard</i>		
Berat molekul (g/mol)	46,026	32,042
Wujud	Cair	Cair
Warna	Tidak berwarna	Tidak berwarna
Bau	Pedih	Khas
pH (10 g/l, 20°C)	2,2	-
Titik didih (K)	373,71	337,85
Titik lebur (K)	277,15	175,15
Titik beku (K)	281,55	175,47
Titik nyala (K)	342	284

Lanjutan Tabel 2.1

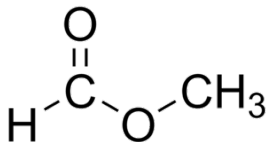
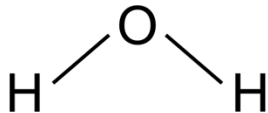
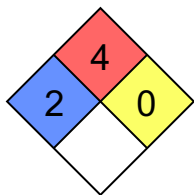
Spesifikasi	Produk	
	Asam Formiat	Metanol
Viskositas (cP, 25°C)	1,641	0,539
Densitas (g/mol, 25°C)	1,214	0,787
Konduktivitas termal (W/m.K, 25°C)	0,2740	0,2011
Kelarutan dalam air (20°C)	Larut	Larut
Kemurnian (%)	85-90	99
Sifat kimia	a. Mudah terbakar b. Toksisitas akut c. Korosif	a. Mudah terbakar b. Toksisitas akut c. Karsinogenik, toksik, muragenik
Keterangan	a. Resiko pembentukan gas atau uap yang tidak menyala dengan alumunium b. Resiko meledak dengan senyawa nitro organik, natrium hipoklorit. c. Menghasilkan gas atau uap yang berbahaya jika mengalami kontak dengan basa.	a. Beresiko meledak dengan: Oksidator, perchloric acid. b. Reaksi eksotermik dengan acid halides, anihrida, reduktor, jenis asam-asam c. Menghasilkan gas atau uap yang berbahaya jika kontak dengan logam alkali-tanah dan logam basa

Sumber: MSDS, 2017;(Yaws, 1999)

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan bahan Pendukung

Berikut adalah spesifikasi bahan baku berupa sifat fisika dan kimia yang disajikan dalam Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Spesifikasi bahan baku

Spesifikasi	Bahan Baku	
	Metil Formiat	Air
Sinonim	Metil Metanoat	Dihidrogen Oksida
Rumus molekul	$C_2H_4O_2$	H_2O
Struktur kimia		
<i>Hazard</i>		-
Berat molekul (g/mol)	60,053	18,015
Wujud	Cair	Cair
Warna	Tidak berwarna	Tidak berwarna
Bau	Sedap	Tidak berbau
pH (200 g/l, 20°C)	4-5	7
Titik didih (K)	304,90	373,15
Titik lebur (K)	173,15	273,15
Titik beku (K)	174,15	273,15
Titik nyala (K)	254,15	-
Viskositas (cP, 25°C)	0,330	0,911
Densitas (g/mol, 25°C)	0,967	1,02
Konduktivitas termal (W/m.K, 25°C)	0,1876	0,607

Lanjutan Tabel 2.2

Spesifikasi	Bahan Baku	
	Metil Formiat	Air
Kelarutan dalam air (20°C)	Larut	Larut
Kemurnian (%)	97	100
Sifat kimia	a. Mudah terbakar b. Menyebabkan iritasi, toksisitas akut	-
Keterangan	a. Beresiko meledak dengan natrium metanolat b. Reaksi yang hebat dengan reduktor c. Resiko memercikan api dan pembentukan gas atau uap dengan basa, asam, dan oksidator kuat	a. Bereaksi dengan karbon monoksida membentuk asam formiat

Sumber: MSDS 2021;(Yaws, 1999)

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas atau disebut sebagai *quality control* pada pembangunan pabrik asam formiat meliputi beberapa hal, yaitu pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, dan pengendalian kualitas produk. Tujuan adanya pengendalian kualitas adalah untuk menjaga dan

memperoleh mutu produk sesuai dengan standar yang ada dengan mengendalikan bahan baku dan proses sesuai yang telah dirancang.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Tujuan dari adanya pengendalian kualitas bahan baku adalah untuk memastikan dan menjaga standar bahan baku sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditentukan sehingga proses dapat berjalan dengan baik dan produk yang didapatkan sesuai dengan standar mutu yang ada. Pengendalian kualitas bahan baku dijalankan melalui pengujian dan analisa laboratorium.

Apabila setelah diuji ternyata bahan baku tidak memenuhi spesifikasi yang sudah ditetapkan, maka kemungkinan yang dapat dilakukan adalah mengembalikan bahan baku berupa metil formiat ke *supplier* dan meminta penggantian bahan baku, sedangkan untuk air perlu dilakukan evaluasi proses yang ada hingga mencapai standar yang ditetapkan. Beberapa pengujian bahan baku untuk metil formiat dan air yang dilakukan, yaitu kemurnian, kadar komposisi komponen, uji viskositas, uji volatilitas, uji densitas, dan kadar pengotor.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas dari proses produksi dimaksudkan untuk memastikan proses yang dilakukan berjalan sesuai dengan standar prosedur yang ada didukung dengan bahan baku yang berkualitas sehingga produk yang didapat akan sesuai dengan yang diharapkan. Pusat penjalanan pengendalian dari jalannya proses akan dilakukan di

control room. Pada ruang ini, semua alat yang beroperasi akan diawasi melalui indikator yang ada. Maka, ketika terjadi masalah dalam penjalanan proses dapat diketahui dan diatasi secepatnya.

Pengendalian proses produksi dapat dibagi menjadi dua macam sistem kontrol, yaitu alat sistem kontrol dan aliran sistem kontrol. Selain itu, perlu juga diperhatikan pengendalian waktu produksi sehingga proses akan berjalan efisien dan pabrik akan mendapat produk sesuai dengan kapasitas dan standar yang diinginkan. Berikut adalah penjelasannya:

- a. Alat sistem kontrol terbagi menjadi dua, yaitu sensor dan *controller*. Sensor akan digunakan untuk mengidentifikasi variabel dalam proses, seperti alat yang digunakan untuk sensor aliran fluida, tekanan, level, dan sensor suhu. Sementara, *controller* meliputi level indikator dan kontrol, *temperature indicator control*, *flow control*, dan *interface level control*. Jika terjadi hal-hal yang tidak sesuai maka sensor akan membaca dan mengirimkan sinyal ke *controller* sehingga dapat dilakukan pengendalian sesuai yang masalah yang terjadi.
- b. Aliran sistem kontrol terbagi menjadi dua yaitu aliran elektrik dan aliran mekanik. Aliran elektrik merupakan aliran listrik yang digunakan sebagai tenaga penggerak untuk alat proses. Sedangkan, aliran mekanik merupakan aliran gerakan atau perpindahan level yang akan digunakan untuk aliran dari sensor ke *controller*.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas dari produk yang dihasilkan akan sangat bergantung pada kualitas bahan baku dan penjalanan proses yang sesuai. Ketika dua hal tersebut sudah dikendalikan dengan baik, maka besar kemungkinan produk yang dihasilkan akan sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan. Selanjutnya, tetap perlu dilakukan pengendalian kualitas produk dengan melakukan uji dan analisa laboratorium.

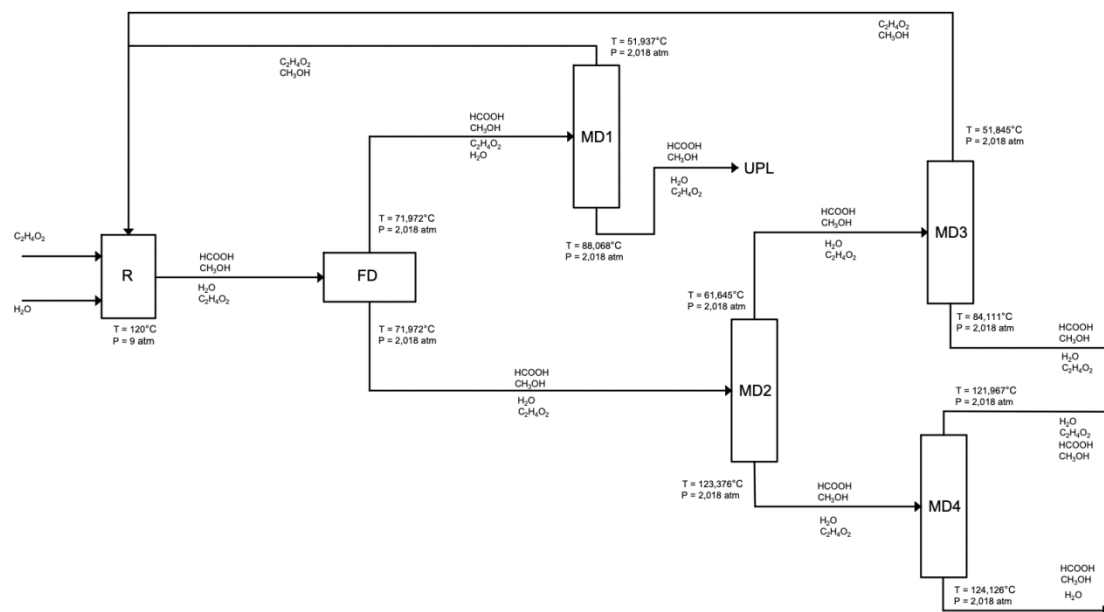
Kualitas produk yang kurang baik dapat terjadi akibat dari mutu bahan baku yang tidak sesuai, kesalahan penjalanan proses, dan kerusakan alat. Maka dari itu, perlu dilakukan *monitoring* melalui *control room* dan analisa laboratorium. Pengujian laboratorium untuk produk diantaranya uji densitas, kemurnian, dan komposisi komponen produk. Setelah itu, hal yang perlu diperhatikan adalah proses pengiriman metil formiat ke tangki penyimpanan sementara dan proses pengiriman asam formiat ke konsumen.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

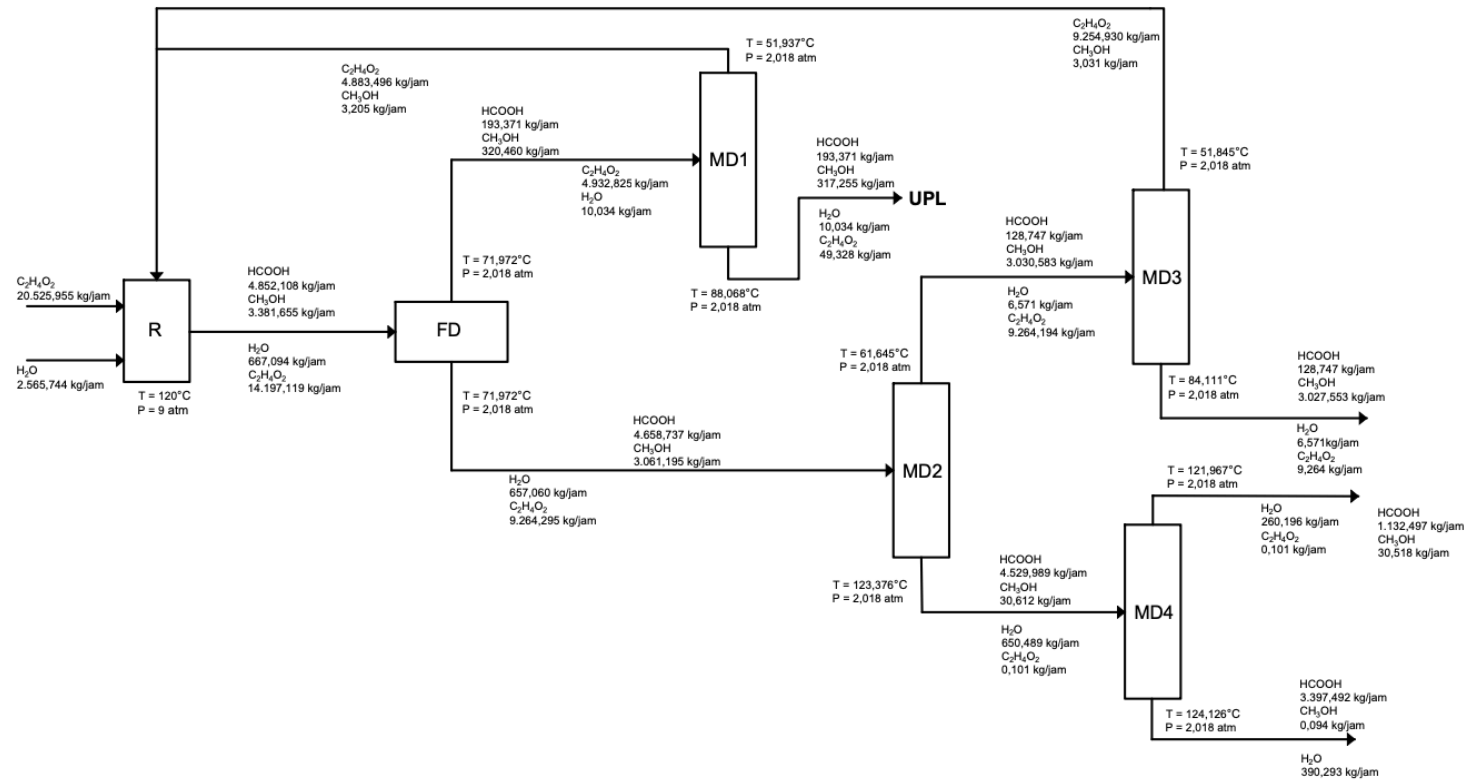
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.1 Diagram alir kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3.2 Diagram alir kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Proses pembuatan asam formiat dengan bahan dasar metil formiat akan menggunakan metode hidrolisis dengan bantuan air sebagai bahan baku. Reaksi hidrolisis yang terjadi antara metil formiat dan air akan menghasilkan produk samping berupa metanol. Proses reaksi yang terjadi akan berada pada temperatur 120°C dengan tekanan 9 atm.

Secara keseluruhan, proses pembuatan asam formiat ini akan melibatkan tiga tahap utama, yaitu:

- a. Tahap persiapan bahan baku
- b. Tahap pembentukan produk
- c. Tahap pemurnian produk

3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap persiapan bahan baku merupakan tahap awal yang dilakukan untuk membuat asam formiat dari metil formiat dan air. Pada tahap ini, bahan baku utama berupa metil formiat ($C_2H_4O_2$) disimpan pada tekanan 1,5 atm dan suhu 35°C di tangki penyimpanan (T-01) berbentuk silinder tegak dengan alas datar dan atap berbentuk *torispherical*. Pemilihan jenis tangki ini didasarkan pada sifat bahan yang korosif dan mudah menguap. Selain itu, tangki jenis ini memiliki kemampuan untuk menampung kapasitas yang cukup besar dengan lebih ekonomis. Metil formiat ($C_2H_4O_2$) akan disimpan selama 30 hari karena harus melalui proses *import* dari PT. Shenyu (Shadong) Energy and Development Co. Ltd yang berada di China. Dari tangki

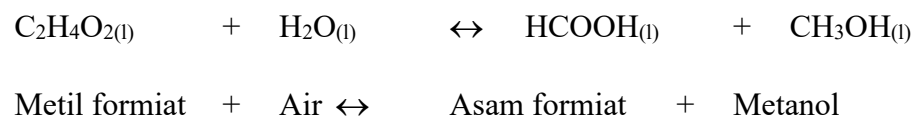
penyimpanan (T-01), metil formiat ($C_2H_4O_2$) akan dialirkan menggunakan pompa (P-01) dan dinaikkan tekanannya menjadi 9 atm. Setelah tekanan metil formiat ($C_2H_4O_2$) sudah sesuai, metil formiat ($C_2H_4O_2$) ini akan bercampur dengan hasil *recycle* dari menara distilasi (MD-01) dan (MD-03) yang dialirkan menggunakan pompa (P-06) dan (P-12), serta sudah dinaikkan tekanannya menjadi 9 atm. Kemudian, metil formiat ($C_2H_4O_2$) yang sudah bercampur tersebut akan menuju *heater* (HE-01) untuk dinaikkan suhunya menjadi $120^\circ C$ menggunakan *saturated steam* dengan suhu $150^\circ C$. Jenis *heater* yang digunakan adalah *double pipe heat exchanger* karena luas perpindahan panas yang terjadi antara aliran metil formiat ($C_2H_4O_2$) dan *steam* kurang dari 200 ft^2 . Setelah dinaikkan suhunya, bahan akan dialirkan menggunakan pompa (P-03) menuju reaktor (R-01).

Bahan selanjutnya yang akan dipersiapkan pada tahap ini adalah air (H_2O) yang diambil dari air laut dan diproses terlebih dulu di unit utilitas untuk dihilangkan kadar garam, anion, dan kationnya hingga menjadi air demin dengan suhu $35^\circ C$ dan tekanan 1 atm. Air demin yang sudah ditampung tersebut akan dialirkan dan dinaikkan tekanannya menjadi 9 atm menggunakan pompa (P-02) menuju *heater* (HE-02). Sama halnya seperti (HE-01), (HE-02) ini berfungsi untuk menaikkan suhu menjadi $120^\circ C$ dan jenis *heater* yang digunakan adalah *double pipe heat exchanger* karena luas perpindahan panas yang kurang dari

200 ft². Setelah itu, air (H₂O) yang sudah sesuai spesifikasi akan dialirkan menuju reaktor (R-01).

3.2.2 Tahap Pembentukan Produk

Tahap pembentukan produk akan terjadi di reaktor (R-01) dengan tekanan 9 atm dan suhu 120°C. Reaktor yang akan digunakan pada tahap ini adalah Reaktor Alir Tangki Berpengaduk dengan kondisi *isothermal*. Jenis reaktor ini dipilih karena bahan baku berfase cair-cair dengan kondisi *steady state*, Sifat reaksi yang terjadi antara metil formiat (C₂H₄O₂) dan air (H₂O) adalah endotermis. Oleh karena itu, reaktor akan membutuhkan panas. Panas yang dibutuhkan reaktor akan didapat melalui koil pemanas menggunakan *saturated steam* dengan suhu 150°C. Pemilihan koil pemanas didasarkan karena luas transfer panas yang terjadi lebih besar dibandingkan dengan luas selubung reaktor. Reaksi yang terjadi di reaktor memiliki nilai konversi sebesar 74% dan akan menghasilkan asam formiat (HCOOH) sebagai produk utama dan metanol (CH₃OH) sebagai produk samping. Berikut adalah reaksi yang terjadi di reaktor:



3.2.3 Tahap Pemurnian Produk

Pada dasarnya, tahap pemurnian produk merupakan tahapan yang dilakukan akan produk yang dihasilkan dari reaktor sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Keluaran reaktor (R-01) yang dihasilkan

akan masuk ke *flash drum* (FD-01) untuk dipisahkan dengan prinsip distilasi satu tahap berdasarkan kesetimbangan uap cair. Proses ini akan menghasilkan keluaran atas dengan fase uap dan keluaran bawah dengan fase cair. *Flash drum* (FD-01) akan beroperasi pada tekanan 2,018 atm dengan suhu 71,972°C dan ditempatkan dengan posisi horizontal. Hal tersebut karena komposisi cairan yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan uapnya. Tujuan utama dari penggunaan *flash drum* (FD-01) ini adalah untuk memisahkan asam formiat (HCOOH) sebagai produk utama dari metanol (CH₃OH) yang ikut terbentuk saat reaksi berlangsung. Selain itu, komposisi keluaran reaktor yang dihasilkan juga masih mengandung sedikit bahan baku berupa metil formiat (C₂H₄O₂) dan air (H₂O) yang perlu dipisahkan.

Selanjutnya, hasil keluaran atas dari *flash drum* (FD-01) dengan fase uap akan mengalir menuju menara distilasi 1 (MD-01) untuk memisahkan metil formiat (C₂H₄O₂) sebagai komponen *light key* dan metanol (CH₃OH) sebagai komponen *heavy key*. Menara distilasi 1 (MD-01) ini akan beroperasi pada tekanan 2,018 atm dengan suhu distilat sebesar 51,924°C dan suhu *bottom* 88,066°C. Hasil atas dari menara distilasi 1 (MD-01) berupa metil formiat (C₂H₄O₂) dan sedikit asam formiat (HCOOH) akan berada pada fase *saturated vapor*. Oleh karena itu, hasil atasnya akan dialirkan menuju kondensor (CD-01) untuk dikondensasikan menggunakan air pendingin dengan suhu 30°C dan selanjutnya akan ditampung sementara di akumulator (ACC-01).

Jenis kondensor (CD-01) yang digunakan adalah *shell and tube heat exchanger* karena luas transfer panas yang terjadi lebih dari 200 ft². Sebagian hasil atas yang sudah disimpan di akumulator (ACC-01) akan dialirkan kembali ke menara distilasi 1 (MD-01) menjadi aliran refluks menggunakan pompa (P-05), sementara sebagian lagi akan keluar sebagai *recycle* menuju *heater* (HE-01) menggunakan pompa (P-06). Hasil bawah dari menara distilasi 1 (MD-01) akan mengandung banyak metanol (CH₃OH) dengan sedikit komposisi dari metil formiat (C₂H₄O₂), air (H₂O), dan asam formiat (HCOOH) akan memiliki fase cair yang kemudian dipanaskan kembali di reboiler (RB-01) menggunakan *saturated steam* dengan suhu 150°C. Jenis reboiler (RB-01) yang digunakan adalah *shell and tube heat exchanger* karena luas transfer panas yang terjadi lebih dari 200 ft². Sebagian hasil bawah yang sudah dipanaskan kembali akan menguap dan kembali ke menara distilasi 1 (MD-01) sebagai aliran refluks, sementara yang tidak menguap akan keluar dan dialirkan menuju *cooler* (CL-01) menggunakan pompa (P-07) untuk diturunkan suhunya menjadi 35°C serta melalui *expansion valve* untuk menurunkan tekanan menjadi 1 atm. Selanjutnya akan dialirkan menuju Unit Pengolahan Limbah (UPL). Hasil bawah dari menara distilasi 1 (MD-01) akan menjadi limbah karena kandungan metanol yang tidak terlalu besar, jadi dianggap tidak efisien jika dipisahkan untuk menjadi produk samping dari pabrik.

Hasil bawah dari *flash drum* (FD-01) dengan fase cair akan dialirkan menggunakan pompa (P-08) menuju menara distilasi 2 (MD-02) sebagai umpan. Menara distilasi 2 (MD-02) berfungsi untuk memisahkan metanol (CH_3OH) sebagai komponen *light key* dan air (H_2O) sebagai komponen *heavy key*. Menara distilasi 2 (MD-02) ini akan beroperasi pada tekanan 2,018 atm dengan suhu distilat sebesar $61,646^\circ\text{C}$ dan suhu *bottom* $123,376^\circ\text{C}$. Hasil atas dari menara distilasi 2 (MD-02) dengan banyak kandungan metanol (CH_3OH) akan berada pada fase *saturated vapor*. Oleh karena itu, hasil atasnya akan dialirkan menuju kondensor (CD-02) untuk dikondensasikan menggunakan air pendingin dengan suhu 30°C dan selanjutnya akan ditampung sementara di akumulator (ACC-02). Jenis kondensor (CD-02) yang digunakan adalah *shell and tube heat exchanger* karena luas transfer panas yang terjadi lebih dari 200 ft^2 . Sebagian hasil atas yang sudah disimpan di akumulator (ACC-02) akan dialirkan kembali ke menara distilasi 2 (MD-02) menjadi aliran refluks menggunakan pompa (P-09), sementara sebagian lagi akan keluar sebagai umpan untuk menara distilasi 3 (MD-03) yang dialirkan menggunakan pompa (P-10). Hasil bawah dari menara distilasi 2 (MD-02) akan mengandung banyak air (H_2O) dan asam formiat (HCOOH) akan memiliki fase cair yang kemudian dipanaskan kembali di reboiler (RB-02) menggunakan *saturated steam* dengan suhu 150°C . Jenis reboiler (RB-02) yang digunakan adalah *shell and tube heat exchanger* karena luas transfer

panas yang terjadi lebih dari 200 ft². Sebagian hasil bawah yang sudah dipanaskan kembali akan menguap dan kembali ke menara distilasi 2 (MD-02) sebagai aliran refluks, sementara yang tidak menguap akan keluar dan dialirkan menuju menara distilasi 4 (MD-04) menggunakan pompa (P-14).

Hasil atas menara distilasi 2 (MD-02) akan dipisahkan lagi menggunakan menara distilasi 3 (MD-03). Menara distilasi 3 (MD-03) berfungsi untuk memisahkan metil formiat ($C_2H_4O_2$) sebagai komponen *light key* dan metanol (CH_3OH) sebagai komponen *heavy key*. Menara distilasi 3 (MD-03) ini akan beroperasi pada tekanan 2,018 atm dengan suhu distilat sebesar 51,876°C dan suhu *bottom* 84,111°C. Hasil atas dari menara distilasi 3 (MD-03) dengan banyak kandungan metil formiat ($C_2H_4O_2$) akan berada pada fase *saturated vapor*. Oleh karena itu, hasil atasnya akan dialirkan menuju kondensor (CD-03) untuk dikondensasikan menggunakan air pendingin dengan suhu 30°C dan selanjutnya akan ditampung sementara di akumulator (ACC-03). Jenis kondensor (CD-03) yang digunakan adalah *shell and tube heat exchanger* karena luas transfer panas yang terjadi lebih dari 200 ft². Sebagian hasil atas yang sudah disimpan di akumulator (ACC-03) akan dialirkan kembali ke menara distilasi 3 (MD-03) menjadi aliran refluks menggunakan pompa (P-11), sementara sebagian lagi akan keluar sebagai *recycle* umpan masuk reaktor yang akan dialirkan menggunakan pompa (P-12). Hasil bawah dari menara distilasi 3 (MD-

03) akan mengandung banyak metanol (CH_3OH) dengan fase cair yang kemudian akan dipanaskan kembali di reboiler (RB-03) menggunakan *saturated steam* dengan suhu 150°C . Jenis reboiler (RB-03) yang digunakan adalah *shell and tube heat exchanger* karena luas transfer panas yang terjadi lebih dari 200 ft^2 . Sebagian hasil bawah yang sudah dipanaskan kembali akan menguap dan kembali ke menara distilasi 3 (MD-03) sebagai aliran refluks, sementara yang tidak menguap akan keluar dan dialirkan menuju *cooler* (CL-02) menggunakan pompa (P-13), serta melewati *expansion valve* untuk diturunkan tekanannya menjadi 1 atm. Di *cooler* (CL-02), metanol (CH_3OH) yang dihasilkan dari hasil bawah menara distilasi 3 (MD-03) dengan kemurnian 95% tersebut akan diturunkan suhunya menjadi 35°C menggunakan air pendingin dengan suhu 30°C . Selanjutnya, metanol (CH_3OH) 95% tersebut akan menjadi produk samping yang akan disimpan di tangki penyimpanan produk (T-02) berbentuk silinder tegak dengan alas datar dan atap *torispherical* karena sifat bahan yang korosif dan mudah menguap. Tangki penyimpanan (T-02) ini akan menyimpan produk selama 14 hari sebelum dipasarkan.

Hasil bawah menara distilasi 2 (MD-02) akan dimurnikan lagi menggunakan menara distilasi 4 (MD-04). Menara distilasi 4 (MD-04) berfungsi untuk memisahkan air (H_2O) sebagai komponen *light key* dan asam formiat (HCOOH) sebagai komponen *heavy key*. Menara distilasi 4 (MD-04) ini akan beroperasi pada tekanan 2,018 atm dengan suhu

distilat sebesar $123,068^{\circ}\text{C}$ dan suhu *bottom* $124,208^{\circ}\text{C}$. Hasil atas dari menara distilasi 4 (MD-04) dengan banyak kandungan metil formiat ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) dan sedikit air (H_2O) akan berada pada fase *saturated vapor*. Oleh karena itu, hasil atasnya akan dialirkan menuju kondensor (CD-04) untuk dikondensasikan menggunakan air pendingin dengan suhu 30°C dan selanjutnya akan ditampung sementara di akumulator (ACC-04). Jenis kondensor (CD-04) yang digunakan adalah *shell and tube heat exchanger* karena luas transfer panas yang terjadi lebih dari 200 ft^2 . Sebagian hasil atas yang sudah disimpan di akumulator (ACC-04) akan dialirkan kembali ke menara distilasi 4 (MD-04) menjadi aliran refluks menggunakan pompa (P-15), sementara sebagian lagi akan keluar menjadi produk berupa asam formiat (HCOOH) dengan kemurnian 80% yang akan dialirkan menggunakan pompa (P-16) dan melewati *expansion valve* untuk diturunkan tekanannya menjadi 1 atm menuju *cooler* (CL-03). *Cooler* (CL-03) berfungsi untuk menurunkan suhu menjadi 35°C menggunakan air pendingin dengan suhu 30°C . Selanjutnya, asam formiat (HCOOH) 80% tersebut akan menjadi produk utama yang akan disimpan di tangki penyimpanan produk (T-03) berbentuk silinder tegak dengan alas datar dan atap *conical* karena sifat bahan yang korosif dan tidak mudah menguap. Tangki penyimpanan (T-03) ini akan menyimpan produk selama 14 hari sebelum dipasarkan. Hasil bawah dari menara distilasi 4 (MD-04) juga memiliki banyak kandungan asam formiat (HCOOH) dengan fase cair

yang kemudian akan dipanaskan kembali di reboiler (RB-04) menggunakan *saturated steam* dengan suhu 150°C. Jenis reboiler (RB-04) yang digunakan adalah *shell and tube heat exchanger* karena luas transfer panas yang terjadi lebih dari 200 ft². Sebagian hasil bawah yang sudah dipanaskan kembali akan menguap dan kembali ke menara distilasi 4 (MD-04) sebagai aliran refluks, sementara yang tidak menguap akan keluar dan dialirkan menuju *cooler* (CL-04) menggunakan pompa (P-17), serta melewati *expansion valve* untuk diturunkan tekanannya menjadi 1 atm. Di *cooler* (CL-04), asam formiat (HCOOH) yang dihasilkan dari hasil bawah menara distilasi 4 (MD-04) dengan kemurnian 90% tersebut akan diturunkan suhunya menjadi 35°C menggunakan air pendingin dengan suhu 30°C. Selanjutnya, asam formiat (HCOOH) 90% tersebut akan menjadi produk utama yang akan disimpan di tangki penyimpanan produk (T-04) berbentuk silinder tegak dengan alas datar dan atap *conical* karena sifat bahan yang korosif dan tidak mudah menguap. Tangki penyimpanan (T-04) ini akan menyimpan produk selama 30 hari sebelum dipasarkan.

Pemilihan menara distilasi sebagai alat pemisahan pada pembuatan asam formiat (HCOOH) ini didasarkan pada perbedaan titik didih yang tidak terlalu jauh antar bahan yang digunakan. Pada pabrik ini, akan dihasilkan tiga produk, yaitu dua produk utama berupa asam formiat (HCOOH) 90% dan 85%, serta satu produk samping berupa metanol (CH₃OH) 95%.

3.3 Spesifikasi Alat

Perancangan spesifikasi alat pada pabrik asam formiat dari metil formiat dan air dengan produk samping metanol telah dirancang berdasarkan beberapa pertimbangan, terutama terkait dengan efisiensi dan optimasi alat dan proses yang telah dipilih. Berikut adalah spesifikasi alat-alat pada perancangan pabrik ini.

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

a. Reaktor (R-01)

Kode : R-01

Fungsi : Tempat bereaksi antara metil formiat ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) dengan air (H_2O) untuk menghasilkan asam formiat (HCOOH) sebagai produk utama dan metanol (CH_3OH) sebagai produk samping.

Jenis reaktor : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Mode operasi : Kontinyu

Konversi reaktor : 74%

Kondisi Operasi

Suhu : 120°C

Tekanan : 9 atm

Kondisi proses : Isotermal

Spesifikasi Reaktor

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Jenis head : *Torispherical Dished Head*

Tinggi reaktor	: 1,783 m
Volume reaktor	: 0,614 m ³
Diameter reaktor	: 0,707 m
Tinggi <i>shell</i>	: 1,413 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,1875 in
Volume <i>shell</i>	: 0,554 m ³
Tinggi <i>head</i>	: 0,185 m
Tebal <i>head</i>	: 0,25 in
Volume <i>head</i>	: 0,0003 m ³

Spesifikasi Pengaduk Reaktor

Jenis pengaduk	: Turbin dengan 6 <i>flat blades</i> dan 4 <i>baffle</i>
Jumlah pengaduk	: 1
Diameter pengaduk	: 0,236 m
Tinggi pengaduk	: 0,047 m
Lebar pengaduk	: 0,059 m
Jarak pengaduk	: 0,236 m
Lebar <i>baffle</i>	: 0,059 m
Tinggi <i>baffle</i>	: 1,178 m
Kecepatan. pengaduk	: 400 rpm
<i>Power</i> pengaduk	: 2 Hp

Spesifikasi Koil Pemanas

Fungsi	: Untuk menjaga kondisi fluida di dalam reaktor agar tetap pada suhu operasi sebesar 120°C
--------	--

Jumlah pemanas	: 195.070,652 kg/jam
Luas transfer panas	: 16,710 m ²
Diameter luar	: 0,219 m
Diameter dalam	: 0,203 m
Jumlah lilitan	: 32 lilitan

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah

a. *Flash Drum* (FD-01)

Kode	: FD-01
Fungsi	: Untuk memisahkan bahan baku dari produk dengan membaginya menjadi dua fase yaitu fase uap dan fase cair sehingga dapat diproses lebih lanjut untuk pemurnian.
Jenis	: <i>Horizontal Flash Drum</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Tipe <i>head</i>	: <i>Torispherical head</i>
Faktor pemisahan	: 0,213

Kondisi Operasi

Suhu	: 71,972°C
Tekanan	: 2,018 atm

Spesifikasi *Flash Drum*

Panjang <i>flash drum</i>	: 4,841 m
Diameter <i>flash drum</i>	: 1,186 m
Volume <i>flash drum</i>	: 5,238 m ³
Tebal <i>shell</i>	: 0,1875 in

Panjang *shell* : 4,313 m

Tebal *head* : 0,1875 in

Panjang *head* : 0,264 m

b. Menara Distilasi 1 (MD-01)

Kode : MD-01

Fungsi : Untuk memisahkan metil formiat ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) sebagai komponen *light key* dan metanol (CH_3OH) sebagai komponen *heavy key*, untuk selanjutnya hasil distilat akan di *recycle* kembali ke reaktor, sementara hasil bawah akan diproses lebih lanjut di UPL.

Jenis : *Multi Stage Distillation*

Tipe : *Sieve Tray Distillation Tower*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Tipe *head* : *Torispherical Dished Head*

Kondisi Operasi

Suhu umpan : 71,972°C

Tekanan umpan : 2,018 atm

Suhu distilat : 51,924°C

Tekanan distilat : 2,018 atm

Suhu *bottom* : 88,066°C

Tekanan *bottom* : 2,018 atm

Spesifikasi Menara Distilasi 1

Total *plate* : 23

Jumlah <i>plate</i> atas	: 16
Jumlah <i>plate</i> bawah	: 17
<i>Plate spacing</i>	: 0,45 m
Tebal <i>plate</i>	: 0,003 m
Diameter kolom	: 1,207 m
Tinggi kolom	: 10,874 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,25 in
Tebal <i>head</i>	: 0,25 in
Panjang <i>weir</i>	: 0,888 m
Tinggi <i>weir</i>	: 0,045 m
Diameter <i>hole</i>	: 0,005 m
Luas 1 <i>hole</i>	: 0,0000196 m ²
Jumlah <i>hole</i>	: 808 lubang

c. Menara Distilasi 2 (MD-02)

Kode	: MD-02
Fungsi	: Untuk memisahkan metanol (CH ₃ OH) sebagai komponen <i>light key</i> dan air (H ₂ O) sebagai komponen <i>heavy key</i> , untuk selanjutnya akan dimurnikan lagi ke MD-03 sehingga asam formiat (HCOOH) sebagai produk utama dan metanol (CH ₃ OH) sebagai produk samping dapat tercapai kemurniannya.
Jenis	: <i>Multi Stage Distillation</i>
Tipe	: <i>Sieve Tray Distillation Tower</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>

Tipe *head* : *Torispherical Dished Head*

Kondisi Operasi

Suhu umpan : 71,972°C

Tekanan umpan : 2,018 atm

Suhu distilat : 71,059°C

Tekanan distilat : 2,018 atm

Suhu *bottom* : 123,376°C

Tekanan *bottom* : 2,018 atm

Spesifikasi Menara Distilasi 2

Total *plate* : 30

Jumlah *plate* atas : 17

Jumlah *plate* bawah : 13

Plate spacing : 0,45 m

Tebal *plate* : 0,003 m

Diameter kolom : 2,207 m

Tinggi kolom : 14,383 m

Tebal *shell* : 0,3125 in

Tebal *head* : 0,25 in

Panjang *weir* : 1,693 m

Tinggi *weir* : 0,045 m

Diameter *hole* : 0,005 m

Luas 1 *hole* : 0,0000196 m²

Jumlah *hole* : 4649 lubang

d. Menara Distilasi 3 (MD-03)

Kode : MD-03

Fungsi : Untuk memisahkan metil formiat ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) sebagai komponen *light key* dan metanol (CH_3OH) sebagai komponen *heavy key*, untuk selanjutnya hasil distilat berupa metil formiat ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) akan di-*recycle* ke reaktor dan dari *bottom* akan didapat metanol (CH_3OH) sebagai hasil samping pabrik dengan kemurnian 95%.

Jenis : *Multi Stage Distillation*

Tipe : *Sieve Tray Distillation Tower*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Tipe *head* : *Torispherical Dished Head*

Kondisi Operasi

Suhu umpan : 61,645°C

Tekanan umpan : 2,018 atm

Suhu distilat : 71,059°C

Tekanan distilat : 2,018 atm

Suhu *bottom* : 84,111°C

Tekanan *bottom* : 2,018 atm

Spesifikasi Menara Distilasi 3

Total *plate* : 29

Jumlah *plate* atas : 16

Jumlah *plate* bawah : 13

<i>Plate spacing</i>	: 0,45 m
Tebal <i>plate</i>	: 0,003 m
Diameter kolom	: 3,032 m
Tinggi kolom	: 14,235 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,3125 in
Tebal <i>head</i>	: 0,3125 in
Panjang <i>weir</i>	: 2,348 m
Tinggi <i>weir</i>	: 0,045 m
Diameter <i>hole</i>	: 0,005 m
Luas 1 <i>hole</i>	: 0,0000196 m ²
Jumlah <i>hole</i>	: 5362 lubang

e. Menara Distilasi 4 (MD-04)

Kode	: MD-04
Fungsi	: Untuk memisahkan air (H ₂ O) sebagai komponen <i>light key</i> dan asam formiat (HCOOH) sebagai komponen <i>heavy key</i> , untuk selanjutnya akan dihasilkan hasil distilat berupa HCOOH 80% dan hasil bawah berupa HCOOH 90%.
Jenis	: <i>Multi Stage Distillation</i>
Tipe	: <i>Sieve Tray Distillation Tower</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Tipe <i>head</i>	: <i>Torispherical Dished Head</i>

Kondisi Operasi

Suhu umpan	: 123,376°C
Tekanan umpan	: 2,018 atm
Suhu distilat	: 123,068°C
Tekanan distilat	: 2,018 atm
Suhu <i>bottom</i>	: 124,208°C
Tekanan <i>bottom</i>	: 2,018 atm

Spesifikasi Menara Distilasi 4

Total <i>plate</i>	: 20
Jumlah <i>plate</i> atas	: 1
Jumlah <i>plate</i> bawah	: 19
<i>Plate spacing</i>	: 0,45 m
Tebal <i>plate</i>	: 0,003 m
Diameter kolom	: 1,359 m
Tinggi kolom	: 9,572 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,25 in
Tebal <i>head</i>	: 0,25 in
Panjang <i>weir</i>	: 0,974 m
Tinggi <i>weir</i>	: 0,045 m
Diameter <i>hole</i>	: 0,005 m
Luas 1 <i>hole</i>	: 0,0000196 m ²
Jumlah <i>hole</i>	: 1538 lubang

3.3.3 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. Heater 1 (HE-01)

Kode : HE-01

Fungsi : Untuk menaikkan suhu umpan metil formiat ($C_2H_4O_2$) dari $35^\circ C$ menjadi $120^\circ C$ sebelum menuju reaktor

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Kondisi Operasi				
Posisi	<i>Pipe</i>		<i>Annulus</i>	
Fluida	Metil Formiat ($C_2H_4O_2$)		<i>Saturated Steam</i>	
Tipe fluida	Fluida Dingin		Fluida Panas	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir massa cairan (kg/jam)	20.409,545	20.409,545	837,636	0
Laju alir massa uap (kg/jam)	0	0	0	837,636
Suhu ($^\circ C$)	46,692	120	150	150

	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Tekanan (atm)	1	1	1	1

Desain Mekanik			
<i>Pipe</i>		<i>Annulus</i>	
Panjang (ft)	20	Panjang (ft)	20

<i>Hairpin</i>	4		
IPS (in)	3	ID (in)	4
ID (in)	3,068	ID (in)	4,026
OD (in)	3,5	OD (in)	4,5
A (in ²)	7,38	A (in ²)	3,14
<i>Schedule no.</i>	40	<i>Schedule no.</i>	40
$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	1,174	$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	0,151
$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10	$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10
$R_{d_{\text{terhitung}}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,003		
$R_{d_{\text{minimal}}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,001		

b. Heater 2 (HE-02)

Kode : HE-02

Fungsi : Untuk menaikkan suhu umpan air (H₂O)
dari 35°C menjadi 120°C sebelum menuju reaktor

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Kondisi Operasi				
Posisi	<i>Pipe</i>		<i>Annulus</i>	
Fluida	Air (H ₂ O)		<i>Saturated Steam</i>	
Tipe fluida	Fluida Dingin		Fluida Panas	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar

Laju alir massa cairan (kg/jam)	2.565,744	2.565,744	543,345	0
Laju alir massa uap (kg/jam)	0	0	0	543,345
Suhu (°C)	35	120	150	150
Tekanan (atm)	1	1	1	1

Desain Mekanik			
<i>Pipe</i>		<i>Annulus</i>	
Panjang (ft)	20	Panjang (ft)	20
<i>Hairpin</i>	4		
IPS (in)	3	ID (in)	4
ID (in)	3,068	ID (in)	4,026
OD (in)	3,5	OD (in)	4,5
A (in ²)	7,38	A (in ²)	3,14
<i>Schedule no.</i>	40	<i>Schedule no.</i>	40
$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	0,065	$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	0,025
$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10	$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10
$R_{\text{dterhitung}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,006		
R_{dminimal} (jam.ft ² .°F/Btu)	0,001		

c. Kondensor 1 (CD-01)

Kode : CD-01

Fungsi : Untuk mengembunkan uap dari hasil atas menara distilasi 1 (MD-01)

Jenis : *Shell and Tube Horizontal Condenser*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Kondisi Operasi				
Posisi	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
Fluida	Hasil Atas Menara Distilasi 1 (MD-01)		Air Pendingin	
Tipe fluida	Fluida Panas		Fluida Dingin	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir massa cairan (kg/jam)	0	9.068,080	28.014,683	28.014,683
Laju alir massa uap (kg/jam)	9.068,080	0	0	0
Suhu (°C)	71,972	51,921	30	45
Tekanan (atm)	2,018	2,018	2,018	2,018

Desain Mekanik			
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
Panjang (ft)	16	Panjang (ft)	16

Jumlah <i>pass</i>	1	Jumlah <i>pass</i>	4
ID (in)	29	OD (in)	0,75
<i>Baffle spaces</i> (in)	7,25	Jumlah <i>tube</i>	556
		A (in ²)	0,182
		BWG	10
		<i>Pitch</i> (in)	1 <i>Triangular Pitch</i>
$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	2,793	$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	1,388
$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10	$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10
$R_{d\text{terhitung}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,025		
$R_{d\text{minimal}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,0005		

d. Kondensor 2 (CD-02)

Kode : CD-02

Fungsi : Untuk mengembunkan uap dari hasil atas menara distilasi 2 (MD-02)

Jenis : *Shell and Tube Horizontal Condenser*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Kondisi Operasi		
Posisi	Shell	Tube
Fluida	Hasil Atas Menara Distilasi 2 (MD-02)	Air Pendingin
Tipe fluida	Fluida Panas	Fluida Dingin

	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir massa cairan (kg/jam)	0	16.443,853	93.698,605	93.698,605
Laju alir massa uap (kg/jam)	16.443,853	0	0	0
Suhu (°C)	71,972	61,653	30	45
Tekanan (atm)	2,018	2,018	2,018	2,018

Desain Mekanik			
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
Panjang (ft)	16	Panjang (ft)	16
Jumlah <i>pass</i>	1	Jumlah <i>pass</i>	4
ID (in)	37	OD (in)	0,75
<i>Baffle spaces</i> (in)	27,75	Jumlah <i>tube</i>	1.012
		A (in ²)	0,182
		BWG	10
		<i>Pitch</i> (in)	1 <i>Triangular Pitch</i>
$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	0,373	$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	4,144
$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10	$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10
$R_{d\text{terhitung}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,010		

$R_{d_{\text{minimal}}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,0005
---	--------

e. Kondensor 3 (CD-03)

Kode : CD-03

Fungsi : Untuk mengembunkan uap dari hasil atas menara distilasi 3 (MD-03)

Jenis : *Shell and Tube Horizontal Condenser*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Kondisi Operasi				
Posisi	Shell		Tube	
Fluida	Hasil Atas Menara Distilasi 3 (MD-03)		Air Pendingin	
Tipe fluida	Fluida Panas		Fluida Dingin	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir massa cairan (kg/jam)	0	19.291,512	50.888,987	50.888,987

	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir massa uap (kg/jam)	19.291,512	0	0	0

Suhu (°C)	61,645	51,845	30	45
Tekanan (atm)	2,018	2,018	2,018	2,018

Desain Mekanik			
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
Panjang (ft)	16	Panjang (ft)	16
Jumlah <i>pass</i>	1	Jumlah <i>tube</i>	4
ID (in)	33	OD (in)	0,75
<i>Baffle spaces</i> (in)	24,75	Nomor	774
		A (in ²)	0,182
		BWG	10
		<i>Pitch</i> (in)	1 <i>Triangular Pitch</i>
$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	0,265	$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	1,827
$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10	$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10
$R_{d\text{terhitung}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,009		
$R_{d\text{minimal}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,0005		

f. Kondensor 4 (CD-04)

Kode : CD-04

Fungsi : Untuk mengembunkan uap dari hasil atas menara distilasi 4 (MD-04)

Jenis : *Shell and Tube Horizontal Condenser*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Kondisi Operasi				
Posisi	Shell		Tube	
Fluida	Hasil Atas Menara Distilasi 4 (MD-04)		Air Pendingin	
Tipe fluida	Fluida Panas		Fluida Dingin	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir massa cairan (kg/jam)	0	3,496,136	12.304,968	12.304,968
Laju alir massa uap (kg/jam)	3,496,136	0	0	0
Suhu (°C)	123,376	121,544	30	45
Tekanan (atm)	2,018	2,018	2,018	2,018

Desain Mekanik			
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
Panjang (ft)	16	Panjang (ft)	16
Jumlah <i>pass</i>	1	Jumlah <i>tube</i>	4

ID (in)	12	OD (in)	1
<i>Baffle spaces</i> (in)	9	Nomor	48
		A (in ²)	0,421
		BWG	10
		<i>Pitch</i> (in)	1 <i>Triangular Pitch</i>
$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	0,946	$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	3,675
$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10	$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10
$R_{d\text{terhitung}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,031		
$R_{d\text{minimal}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,0005		

g. Reboiler 1 (RB-01)

Kode : RB-01

Fungsi : Untuk memanaskan kembali dan menguapkan sebagian hasil bawah menara distilasi 1 (MD-01)

Jenis : *Kettle Reboiler*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Kondisi Operasi				
Posisi	Shell		Tube	
Fluida	Hasil Bawah Menara Distilasi 1 (MD-01)		<i>Saturated Steam</i>	
Tipe fluida	Fluida Dingin		Fluida Panas	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar

Laju alir massa cairan (kg/jam)	2.564,609	0	1.053,987	0
Laju alir massa uap (kg/jam)	1.994,620	569,989	0	1.053,987
Suhu (°C)	88,064	88,064	150	150
Tekanan (atm)	2,018	2,018	2,018	2,018

Desain Mekanik			
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
Panjang (ft)	24	Panjang (ft)	24
Jumlah <i>pass</i>	1	Jumlah <i>pass</i>	4
ID (in)	13,25	OD (in)	0,75
		Jumlah <i>tube</i>	68
		A (in ²)	0,182
		BWG	10
		<i>Pitch</i> (in)	1 <i>Square Pitch</i>
$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	Dapat Diabaikan	$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	0,182
$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10	$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10
$R_{\text{dterhitung}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,009		
R_{dminimal} (jam.ft ² .°F/Btu)	0,0005		

h. Reboiler 2 (RB-02)

Kode : RB-02

Fungsi : Untuk memanaskan kembali dan menguapkan sebagian hasil bawah menara distilasi 2 (MD-02)

Jenis : *Kettle Reboiler*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Kondisi Operasi				
Posisi	Shell		Tube	
Fluida	Hasil Bawah Menara Distilasi 2 (MD-02)		<i>Saturated Steam</i>	
Tipe fluida	Fluida Dingin		Fluida Panas	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir massa cairan (kg/jam)	18.039,171	0	3.860,226	0
Laju alir massa uap (kg/jam)	12.827,980	5.211,191	0	3.860,226
Suhu (°C)	123,390	123,390	150	150
Tekanan (atm)	2,018	2,018	2,018	2,018

Desain Mekanik			
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
Panjang (ft)	24	Panjang (ft)	24
Jumlah <i>pass</i>	1	Jumlah <i>pass</i>	4

ID (in)	19,25	OD (in)	0,75
		Jumlah <i>tube</i>	204
		A (in ²)	0,182
		BWG	10
		<i>Pitch</i> (in)	1 <i>Square Pitch</i>
$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	Dapat Diabaikan	$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	0,263
$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10	$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10
$R_{\text{dterhitung}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,002		
R_{dminimal} (jam.ft ² .°F/Btu)	0,0005		

i. Reboiler 3 (RB-03)

Kode : RB-03

Fungsi : Untuk memanaskan kembali dan menguapkan sebagian hasil bawah menara distilasi 3 (MD-03)

Jenis : *Kettle Reboiler*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Kondisi Operasi		
Posisi	Shell	Tube

Fluida	Hasil Bawah Menara Distilasi 3 (MD-03)		<i>Saturated Steam</i>	
Tipe fluida	Fluida Dingin		Fluida Panas	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir massa cairan (kg/jam)	13.589,991	0	2.517,481	0
Laju alir massa uap (kg/jam)	10.417,856	3.172,135	0	2.517,481
Suhu (°C)	84,115	84,115	150	150
Tekanan (atm)	2,018	2,018	2,018	2,018

Desain Mekanik			
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
Panjang (ft)	24	Panjang (ft)	24
Jumlah <i>pass</i>	1	Jumlah <i>pass</i>	4
ID (in)	12	OD (in)	0,75
		Jumlah <i>tube</i>	68
		A (in ²)	0,182
		BWG	10
		<i>Pitch</i> (in)	1 <i>Square Pitch</i>

$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	Dapat Diabaikan	$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	0,847
-------------------------------------	-----------------	-------------------------------------	-------

$\Delta P_{\text{diizinkan}} \text{ (psi)}$	10	$\Delta P_{\text{diizinkan}} \text{ (psi)}$	10
$R_{\text{dterhitung}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,002		
R_{dminimal} (jam.ft ² .°F/Btu)	0,0005		

j. Reboiler 4 (RB-04)

Kode : RB-04

Fungsi : Untuk memanaskan kembali dan menguapkan sebagian hasil bawah menara distilasi 4 (MD-04)

Jenis : *Kettle Reboiler*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Kondisi Operasi				
Posisi	Shell		Tube	
Fluida	Hasil Bawah Menara Distilasi 4 (MD-04)		<i>Saturated Steam</i>	
Tipe fluida	Fluida Dingin		Fluida Panas	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir massa cairan (kg/jam)	7.686,102	0	532,663	0
Laju alir massa uap (kg/jam)	3.898,224	3.787,879	0	532,663
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Suhu (°C)	124,208	124,208	150	150

Tekanan (atm)	2,018	2,018	2,018	2,018
------------------	-------	-------	-------	-------

Desain Mekanik			
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
Panjang (ft)	24	Panjang (ft)	24
Jumlah <i>pass</i>	1	Jumlah <i>pass</i>	4
ID (in)	12	OD (in)	0,75
		Jumlah <i>tube</i>	68
		A (in ²)	0,182
		BWG	10
		<i>Pitch</i> (in)	1 <i>Square Pitch</i>
$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	Dapat Diabaikan	$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	0,064
$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10	$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10
$R_{d\text{terhitung}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,002		
$R_{d\text{minimal}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,0005		

k. Cooler 1 (CL-01)

Kode : CL-01

Fungsi : Untuk menurunkan suhu hasil bawah menara distilasi 1 (MD-01) sebelum dialirkan menuju Unit Pengolahan Limbah (UPL)

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Kondisi Operasi				
Posisi	<i>Pipe</i>		<i>Annulus</i>	
Fluida	Hasil Bawah Menara Distilasi 1 (MD-01)		Air Pendingin (H ₂ O)	
Tipe fluida	Fluida Panas		Fluida Dingin	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir massa cairan (kg/jam)	569,989	569,989	449,050	449,050
Laju alir massa uap (kg/jam)	0	0	0	0
Suhu (°C)	88,064	35	30	45
Tekanan (atm)	1	1	1	1

Desain Mekanik			
<i>Pipe</i>		<i>Annulus</i>	
Panjang (ft)	20	Panjang (ft)	20
<i>Hairpin</i>	3		
IPS (in)	3	ID (in)	4
ID (in)	3,068	ID (in)	4,026
OD (in)	3,5	OD (in)	4,5
A (in ²)	7,38	A (in ²)	3,14
<i>Schedule no.</i>	40	<i>Schedule no.</i>	40
$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	0,002	$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	0,052
$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10	$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10

$R_{d_{\text{terhitung}}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,014
$R_{d_{\text{minimal}}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,001

1. *Cooler 2 (CL-02)*

Kode : CL-02

Fungsi : Untuk menurunkan suhu hasil bawah menara distilasi 3 (MD-03) berupa Metanol (CH₃OH) 95% sebelum dialirkan menuju tangki penyimpanan produk (T-02)

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Kondisi Operasi				
Posisi	<i>Pipe</i>		<i>Annulus</i>	
Fluida	Metanol (CH ₃ OH) 95%		Air Pendingin (H ₂ O)	
Tipe fluida	Fluida Panas		Fluida Dingin	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir massa cairan (kg/jam)	3.172,135	3.172,135	3.057,674	3.057,674
Laju alir massa uap (kg/jam)	0	0	0	0
Suhu (°C)	84,115	35	30	45
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar

Tekanan (atm)	1	1	1	1
------------------	---	---	---	---

Desain Mekanik			
<i>Pipe</i>		<i>Annulus</i>	
Panjang (ft)	20	Panjang (ft)	20
<i>Hairpin</i>	4		
IPS (in)	3	ID (in)	4
ID (in)	3,068	ID (in)	4,026
OD (in)	3,5	OD (in)	4,5
A (in ²)	7,38	A (in ²)	3,14
<i>Schedule no.</i>	40	<i>Schedule no.</i>	40
$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	0,046	$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	1,815
$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10	$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10
$R_{d\text{terhitung}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,005		
$R_{d\text{minimal}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,001		

m. Cooler 3 (CL-03)

Kode : CL-03

Fungsi : Untuk menurunkan suhu hasil atas menara distilasi 4 (MD-04) berupa Asam Formiat (HCOOH) 80% sebelum dialirkan menuju tangki penyimpanan produk (T-03)

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Kondisi Operasi

Posisi	<i>Pipe</i>		<i>Annulus</i>	
Fluida	Air Pendingin (H ₂ O)		Asam Formiat (HCOOH) 80%	
Tipe fluida	Fluida Dingin		Fluida Panas	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir massa cairan (kg/jam)	2.154,559	2.154,559	1.423,312	1.423,312
Laju alir massa uap (kg/jam)	0	0	0	0
Suhu (°C)	30	45	121,544	35
Tekanan (atm)	1	1	1	1

Desain Mekanik			
<i>Pipe</i>		<i>Annulus</i>	
Panjang (ft)	20	Panjang (ft)	20
<i>Hairpin</i>	2		
IPS (in)	3	ID (in)	4
ID (in)	3,068	ID (in)	4,026
OD (in)	3,5	OD (in)	4,5
A (in ²)	7,38	A (in ²)	3,14
<i>Schedule no.</i>	40	<i>Schedule no.</i>	40
$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	0,010	$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	0,220
$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10	$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10
$R_d_{\text{terhitung}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,004		

$R_{d_{\text{minimal}}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,001
---	-------

n. Cooler 4 (CL-04)

Kode : CL-04

Fungsi : Untuk menurunkan suhu hasil bawah menara distilasi 4 (MD-04) berupa Asam Formiat (HCOOH) 90% sebelum dialirkan menuju tangki penyimpanan produk (T-04)

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Kondisi Operasi				
Posisi	<i>Pipe</i>		<i>Annulus</i>	
Fluida	Air Pendingin (H ₂ O)		Asam Formiat (HCOOH) 80%	
Tipe fluida	Fluida Dingin		Fluida Panas	
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
Laju alir massa cairan (kg/jam)	4.288,738	4.288,738	3.787,879	3.787,879
Laju alir massa uap (kg/jam)	0	0	0	0
Suhu (°C)	30	45	124,208	35

Masuk	Keluar	Masuk	Keluar	Masuk
-------	--------	-------	--------	-------

Tekanan (atm)	1	1	1	1
------------------	---	---	---	---

Desain Mekanik			
<i>Pipe</i>		<i>Annulus</i>	
Panjang (ft)	20	Panjang (ft)	20
<i>Hairpin</i>	2		
IPS (in)	3	ID (in)	4
ID (in)	3,068	ID (in)	4,026
OD (in)	3,5	OD (in)	4,5
A (in ²)	7,38	A (in ²)	3,14
<i>Schedule no.</i>	40	<i>Schedule no.</i>	40
$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	0,0034	$\Delta P_{\text{terhitung}}$ (psi)	1,199
$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10	$\Delta P_{\text{diizinkan}}$ (psi)	10
$R_{\text{dterhitung}}$ (jam.ft ² .°F/Btu)	0,002		
R_{dminimal} (jam.ft ² .°F/Btu)	0,001		

3.3.4 Spesifikasi Alat Penyimpanan

a. Akumulator

Spesifikasi dari masing-masing akumulator yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Spesifikasi akumulator

Spesifikasi Akumulator		
Kode	ACC-01	ACC-02
Fungsi	Untuk tempat penampungan sementara hasil atas	Untuk tempat penampungan sementara hasil atas

	menara distilasi 1 (MD-01) setelah melewati kondensor (CD-01)	menara distilasi 2 (MD-02) setelah melewati kondensor (CD-02)
Jenis	Tangki Silinder Horizontal	Tangki Silinder Horizontal
Tipe <i>head</i>	<i>Torispherical Dished Head</i>	<i>Torispherical Dished Head</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	51,921	61,653
Tekanan (atm)	2,018	2,018
Spesifikasi Tangki		
Waktu tampung (menit)	5	5
Volume tangki (m ³)	0,528	1,399
Diameter tangki (m)	0,610	0,864
Panjang tangki (m)	2,162	2,995
Panjang <i>shell</i> (m)	1,829	2,591
Tebal <i>shell</i> (m)	0,005	0,005
Diameter <i>head</i> (m)	0,660	0,864
Panjang <i>head</i> (m)	0,167	0,202
Tebal <i>head</i> (m)	0,005	0,006

Spesifikasi Akumulator		
Kode	ACC-03	ACC-04
Fungsi	Untuk tempat penampungan sementara hasil atas menara distilasi 3 (MD-03) setelah melewati kondensor (CD-03)	Untuk tempat penampungan sementara hasil atas menara distilasi 4 (MD-04) setelah melewati kondensor (CD-04)
Jenis	Tangki Silinder Horizontal	Tangki Silinder Horizontal
Tipe head	<i>Torispherical Dished Head</i>	<i>Torispherical Dished Head</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	51,845	121,544
Tekanan (atm)	2,018	2,018
Spesifikasi Tangki		
Waktu tampung (menit)	5	5
Volume tangki (m ³)	1,000	0,127
Diameter tangki (m)	0,762	0,406
Panjang tangki (m)	2,640	1,458
Panjang <i>shell</i> (m)	2,286	1,219
Tebal <i>shell</i> (m)	0,005	0,005

Diameter <i>head</i> (m)	0,762	0,406
Panjang <i>head</i> (m)	0,177	0,120
Tebal <i>head</i> (m)	0,005	0,005

b. Tangki Penyimpanan Bahan Baku

Spesifikasi tangki penyimpanan bahan baku yang digunakan, dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 Spesifikasi tangki penyimpanan bahan baku

Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Baku	
Kode	T-01
Fungsi	Untuk menyimpan Metil Formiat ($C_2H_4O_2$) sebagai bahan baku produksi
Fasa	Cair
Jumlah tangki	2 unit
Jenis	Tangki Silinder Vertikal
Tipe <i>head</i>	<i>Torispherical Head</i>
Tipe <i>bottom</i>	<i>Flat Bottomed</i>
Lama penyimpanan	30 hari
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Kondisi Operasi	
Suhu ($^{\circ}C$)	35
Tekanan (atm)	1,5
Spesifikasi Tangki	
Volume tangki (m^3)	2.835,895
Diameter tangki (m)	18,288
Tinggi tangki (m)	19,696
Tinggi <i>shell</i> (m)	16,459

Tebal <i>shell</i> (in)	0,625
Tinggi <i>head</i> (m)	3,237
Tebal <i>head</i> (in)	2,608
Tebal <i>bottom</i> (in)	0,313
Jumlah <i>course</i>	9

c. Tangki Penyimpanan Produk

Spesifikasi tangki penyimpanan produk terbagi menjadi produk utama dan produk samping. Tabel 3.3 di bawah ini, menunjukkan spesifikasi tangki penyimpanan produk samping.

Tabel 3.3 Spesifikasi tangki penyimpanan produk samping

Spesifikasi Tangki Penyimpanan Produk Samping	
Kode	T-02
Fungsi	Untuk menyimpan Metanol (CH_3OH) 95% sebagai produk samping
Fasa	Cair
Jumlah tangki	1 unit
Jenis	Tangki Silinder Vertikal
Tipe <i>head</i>	<i>Torispherical Head</i>
Tipe <i>bottom</i>	<i>Flat Bottomed</i>
Lama penyimpanan	14 hari
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3</i> tipe 304
Kondisi Operasi	
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	35
Tekanan (atm)	1
Spesifikasi Tangki	
Volume tangki (m^3)	1.608,529
Diameter tangki (m)	13,716

Tinggi tangki (m)	15,226
Tinggi <i>shell</i> (m)	12,802
Tebal <i>shell</i> (in)	0,375
Tinggi <i>head</i> (m)	2,424
Tebal <i>head</i> (in)	0,883
Tebal <i>bottom</i> (in)	0,313
Jumlah <i>course</i>	7

Sedangkan, pada Tabel 3.4 di bawah ini menunjukkan spesifikasi dua produk utama yang dihasilkan oleh pabrik.

Tabel 3.4 Spesifikasi tangki produk utama

Spesifikasi Tangki Penyimpanan Produk Utama		
Kode	T-03	T-04
Fungsi	Untuk menyimpan Asam Formiat (HCOOH) 80% sebagai produk utama	Untuk menyimpan Asam Formiat (HCOOH) 90% sebagai produk utama
Fasa	Cair	Cair
Jumlah tangki	1 unit	1 unit
Jenis	Tangki Silinder Vertikal	Tangki Silinder Vertikal
Tipe <i>head</i>	<i>Conicall Head</i>	<i>Conicall Head</i>
Tipe <i>bottom</i>	<i>Flat Bottomed</i>	<i>Flat Bottomed</i>
Lama penyimpanan	14 hari	30 hari
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	35	35

Tekanan (atm)	1	1
Spesifikasi Tangki		
Volume tangki (m ³)	504,494	2.824,922
Diameter tangki (m)	9,144	6,096
Tinggi tangki (m)	10,191	6,064
Tinggi <i>shell</i> (m)	9,144	5,486
Tebal <i>shell</i> (in)	0,313	0,250
Tinggi <i>head</i> (m)	1,047	0,577
Tebal <i>head</i> (in)	0,313	0,250
Tebal <i>bottom</i> (in)	0,313	0,313
Jumlah <i>course</i>	5	3

3.3.5 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

a. Pompa

Pada perancangan alat proses kali ini, akan digunakan 17 pompa dengan masing-masing spesifikasi ditunjukkan pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Spesifikasi pompa

Spesifikasi Pompa		
Kode	P-01	P-02
Fungsi	Mengalirkan Metil Formiat (C ₂ H ₄ O ₂) sebagai umpan dari tangki penyimpanan (T-01) menuju <i>heater</i> (HE-01) dan	Mengalirkan Air (H ₂ O) sebagai umpan dari unit utilitas menuju <i>heater</i> (HE-02) dan menaikkan

	menaikkan tekanannya dari 1,5 atm menjadi 9 atm	tekanannya dari 1,5 atm menjadi 9 atm
Jenis	<i>Centrifugal Pump, Multi Stage, Single Suction</i>	<i>Centrifugal Pump, Multi Stage, Single Suction</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Bahan yang dipompa	Metil Formiat (C ₂ H ₄ O ₂)	Air (H ₂ O)
Kapasitas (m ³ /jam)	7,877	3,010
Viskositas (cP)	0,313	0,815
Suhu fluida (°C)	35	35
<i>Pump head</i> (m)	67,104	70,366
Daya motor (Watt)	3.728,500	2,237,100

Spesifikasi Pompa		
Kode	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan hasil keluaran <i>heater</i> (HE- 01) menuju reaktor (R-01)	Mengalirkan Air (H ₂ O) sebagai hasil keluaran <i>heater</i> (HE- 02) menuju reaktor (R-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>

Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Bahan yang dipompa	Metil Formiat ($C_2H_4O_2$), Air (H_2O), dan Metanol (CH_3OH)	Air (H_2O)
Kapasitas (m^3/jam)	30,360	3,293
Viskositas (cP)	0,149	0,230
Suhu fluida ($^{\circ}C$)	120	120
<i>Pump head</i> (m)	7,539	5,653
Daya motor (Watt)	372,850	93,212

Spesifikasi Pompa		
Kode	P-05	P-06
Fungsi	Mengalirkan bahan dari akumulator (ACC-01) kembali ke menara distilasi 1 (MD-01) sebagai aliran refluks	Mengalirkan dan menaikkan tekanan bahan dari akumulator (ACC-01) menuju <i>heater</i> (HE-01) sebagai aliran <i>recycle</i> dari 2,018 atm menjadi 9 atm
Jenis	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>	<i>Centrifugal Pump, Multi Stage, Single Suction</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>

Bahan yang dipompa	Metil Formiat ($C_2H_4O_2$) dan Metanol (CH_3OH)	Metil Formiat ($C_2H_4O_2$) dan Metanol (CH_3OH)
Kapasitas (m^3/jam)	6,332	6,332
Viskositas (cP)	0,259	0,259
Suhu fluida ($^{\circ}C$)	51,921	51,921
<i>Pump head</i> (m)	12,559	86,136
Daya motor (Watt)	559,275	3.728,500

Spesifikasi Pompa		
Kode	P-07	P-08
Fungsi	Mengalirkan hasil keluaran reboiler (RB-01) menuju <i>cooler</i> (CL-01)	Mengalirkan hasil bawah <i>flash drum</i> (FD-01) menuju menara distilasi 2 (MD-02)
Jenis	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Bahan yang dipompa	Metil Formiat ($C_2H_4O_2$), Air (H_2O), Asam Formiat ($HCOOH$) dan Metanol (CH_3OH)	Metil Formiat ($C_2H_4O_2$), Air (H_2O), Asam Formiat ($HCOOH$) dan Metanol (CH_3OH)

Kapasitas (m ³ /jam)	0,785	22,693
Viskositas (cP)	0,364	0,374
Suhu fluida (°C)	88,064	71,972
<i>Pump head</i> (m)	11,007	18,883
Daya motor (Watt)	62,141	2.237,100

Spesifikasi Pompa		
Kode	P-09	P-10
Fungsi	Mengalirkan bahan dari akumulator (ACC-02) kembali ke menara distilasi 2 (MD-02) sebagai aliran refluks	Mengalirkan bahan dari akumulator (ACC-02) menuju menara distilasi 3 (MD-03)
Jenis	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Bahan yang dipompa	Metil Formiat (C ₂ H ₄ O ₂), Air (H ₂ O), Asam Formiat (HCOOH) dan Metanol (CH ₃ OH)	Metil Formiat (C ₂ H ₄ O ₂), Air (H ₂ O), Asam Formiat (HCOOH) dan Metanol (CH ₃ OH)
Kapasitas (m ³ /jam)	17,057	17,057
Viskositas (cP)	0,273	0,273

Suhu fluida (°C)	61,653	61,653
<i>Pump head</i> (m)	13,538	16,573
Daya motor (Watt)	1.491,400	1.491,400

Spesifikasi Pompa		
Kode	P-11	P-12
Fungsi	Mengalirkan bahan dari akumulator (ACC-03) kembali ke menara distilasi 3 (MD-03) sebagai aliran refluks	Mengalirkan dan menaikkan tekanan bahan dari akumulator (ACC-03) menuju <i>heater</i> (HE-01) sebagai aliran <i>recycle</i> dari 2,018 atm menjadi 9 atm
Jenis	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>	<i>Centrifugal Pump, Multi Stage, Single Suction</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Bahan yang dipompa	Metil Formiat (C ₂ H ₄ O ₂) dan Metanol (CH ₃ OH)	Metil Formiat (C ₂ H ₄ O ₂) dan Metanol (CH ₃ OH)
Kapasitas (m ³ /jam)	11,993	11,993
Viskositas (cP)	0,259	0,259
Suhu fluida (°C)	51,845	51,845
<i>Pump head</i> (m)	19,235	97,602

Daya motor (Watt)	1.491,400	7.457,000
----------------------	-----------	-----------

Spesifikasi Pompa		
Kode	P-13	P-14
Fungsi	Mengalirkan Metanol (CH_3OH) 95% dari reboiler (RB-03) menuju cooler (CL-02)	Mengalirkan hasil keluaran reboiler (RB-02) menuju menara distilasi 4 (MD-04)
Jenis	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Bahan yang dipompa	Metanol (CH_3OH) 95%	Metil Formiat ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$), Air (H_2O), Asam Formiat (HCOOH) dan Metanol (CH_3OH)
Kapasitas (m^3/jam)	5,106	6,005
Viskositas (cP)	0,292	0,339
Suhu fluida ($^{\circ}\text{C}$)	84,115	123,390
<i>Pump head</i> (m)	10,380	11,242
Daya motor (Watt)	372,850	559,275

Spesifikasi Pompa		
Kode	P-15	P-16

Fungsi	Mengalirkan bahan dari akumulator (ACC-04) kembali ke menara distilasi 4 (MD-04) sebagai aliran refluks	Mengalirkan Asam Formiat (HCOOH) 80% dari akumulator (ACC-04) menuju <i>cooler</i> (CL-03)
Jenis	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Bahan yang dipompa	Metil Formiat (C ₂ H ₄ O ₂), Air (H ₂ O), Asam Formiat (HCOOH) dan Metanol (CH ₃ OH)	Asam Formiat (HCOOH) 80%
Kapasitas (m ³ /jam)	1,657	1,657
Viskositas (cP)	0,335	0,335
Suhu fluida (°C)	121,544	121,544
<i>Pump head</i> (m)	10,474	6,355
Daya motor (Watt)	186,425	93,212

Spesifikasi Pompa	
Kode	P-17
Fungsi	Mengalirkan Asam Formiat (HCOOH) 90% dari reboiler (RB-04) menuju <i>cooler</i> (CL-04)

Jenis	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>
-------	---

Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Bahan yang dipompa	Asam Formiat (HCOOH) 90%
Kapasitas (m ³ /jam)	4,349
Viskositas (cP)	0,339
Suhu fluida (°C)	124,208
<i>Pump head</i> (m)	8,627
Daya motor (Watt)	372,850

b. *Expansion Valve*

Spesifikasi dari *expansion valve* yang sudah dirancang dapat dilihat pada Tabel 3.6 di bawah ini.

Tabel 3.6 Spesifikasi *expansion valve*

Spesifikasi <i>Expansion Valve</i>		
Kode	EV-01	EV-02
Fungsi	Menurunkan tekanan bahan hasil keluaran reaktor (R-01) menuju <i>flash drum</i> (FD-01)	Menurunkan tekanan hasil bawah menara distilasi 1 (MD-01) dari reboiler (RB-01) menuju <i>cooler</i> (CL-01)
Jenis	<i>Globe Valve</i>	<i>Globe Valve</i>

Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Bahan yang dialirkan	Metil Formiat ($C_2H_4O_2$), Air (H_2O), Asam Formiat ($HCOOH$) dan Metanol (CH_3OH)	Metil Formiat ($C_2H_4O_2$), Air (H_2O), Asam Formiat ($HCOOH$) dan Metanol (CH_3OH)
Viskositas (cP)	0,205	0,364
Tekanan masuk (atm)	9	2,018
Tekanan keluar (atm)	2,018	1
<i>Pressure head</i> (m)	85,235	12,070

Spesifikasi <i>Expansion Valve</i>		
Kode	EV-03	EV-04
Fungsi	Menurunkan tekanan hasil bawah menara distilasi 3 (MD-03) dari reboiler (RB-03) menuju <i>cooler</i> (CL-02)	Menurunkan tekanan hasil distilat menara distilasi 4 (MD-04) sebelum menuju <i>cooler</i> (CL-03)
Jenis	<i>Globe Valve</i>	<i>Globe Valve</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Bahan yang dialirkan	Metanol (CH_3OH) 95%	Asam Formiat ($HCOOH$) 80%
Viskositas (cP)	0,292	0,335

Tekanan masuk (atm)	2,018	2,018
Tekanan keluar (atm)	1	1
<i>Pressure head</i> (m)	14,108	10,205

Spesifikasi <i>Expansion Valve</i>	
Kode	EV-05
Fungsi	Menurunkan tekanan hasil bawah menara distilasi 4 (MD-04) dari reboiler (RB-04) menuju <i>cooler</i> (CL-04)
Jenis	<i>Globe Valve</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Bahan yang dialirkan	Asam Formiat (HCOOH) 90%
Viskositas (cP)	0,339
Tekanan masuk (atm)	2,018
Tekanan keluar (atm)	1
<i>Pressure head</i> (m)	10,062

3.4 Neraca Massa

Berdasarkan perhitungan neraca massa untuk perancangan pabrik asam formiat dari metil formiat dan air dengan kapasitas 30.000 ton/tahun didapatkan hasil neraca massa total dan neraca massa alat pada tabel-tabel di bawah ini.

3.4.1 Neraca Massa Total

Neraca massa total dari perancangan pabrik asam formiat dapat dilihat pada Tabel 3.7 di bawah ini.

Tabel 3.7 Neraca massa total

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
$C_2H_4O_2$	20.525,955	14.197,119
H_2O	2.565,744	667,094
HCOOH	0,000	4.852,108
CH_3OH	6,276	3.381,655
Total	23.097,975	23.097,975

3.4.2 Neraca Massa Alat

a. Reaktor (R-01)

Tabel 3.8 di bawah, dapat dilihat neraca massa reaktor (R-01) pada perancangan pabrik asam formiat ini.

Tabel 3.8 Neraca massa reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
$C_2H_4O_2$	20.525,955	14.197,119
H_2O	2.565,744	667,094
HCOOH	0,000	4.852,108
CH_3OH	6,276	3.381,655
Total	23.097,975	23.097,975

b. *Flash Drum* (FD-01)

Tabel 3.9 di bawah, dapat dilihat neraca massa *flash drum* (FD-01) pada perancangan pabrik asam formiat ini.

Tabel 3.9 Neraca massa *flash drum* (FD-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Uap	Cair
C ₂ H ₄ O ₂	14.197,119	4.932,825	9.264,295
H ₂ O	667,094	10,034	657,060
HCOOH	4.852,108	193,371	4.658,737
CH ₃ OH	3.381,655	320,460	3.061,195
Total	23.097,975	5.456,689	17.641,286
		23.097,975	

c. Menara Distilasi 1 (MD-01)

Tabel 3.10 di bawah, dapat dilihat neraca massa menara distilasi 1 (MD-01) pada perancangan pabrik asam formiat ini.

Tabel 3.10 Neraca massa menara distilasi 1 (MD-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Distilat	Bottom
C ₂ H ₄ O ₂	4.932,825	4.883,496	49,328
H ₂ O	10,034	0,000	10,034
HCOOH	193,371	0,000	193,371
CH ₃ OH	320,460	3,205	317,255
Total	5.456,689	4.886,701	569,989
		5.456,689	

d. Menara Distilasi 2 (MD-02)

Tabel 3.11 di bawah, dapat dilihat neraca massa menara distilasi 2 (MD-02) pada perancangan pabrik asam formiat ini.

Tabel 3.11 Neraca massa menara distilasi 2 (MD-02)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Distilat	Bottom
C ₂ H ₄ O ₂	9.264,295	9.264,194	0,101
H ₂ O	657,060	6,571	650,489
HCOOH	4.658,737	128,747	4.529,989
CH ₃ OH	3.061,195	3.030,583	30,612
Total	17.641,286	12.430,095	5.211,191
		17.641,286	

e. Menara Distilasi 3 (MD-03)

Tabel 3.12 di bawah, dapat dilihat neraca massa menara distilasi 3 (MD-03) pada perancangan pabrik asam formiat ini.

Tabel 3.12 Neraca massa menara distilasi 3 (MD-03)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Distilat	Bottom
C ₂ H ₄ O ₂	9.264,194	9.254,930	9,264
H ₂ O	6,571	0,000	6,571
HCOOH	128,747	0,000	128,747
CH ₃ OH	3.030,583	3,031	3.027,553
Total	12.430,095	9.257,960	3.172,135
		12.430,095	

f. Menara Distilasi 4 (MD-04)

Tabel 3.13 di bawah, dapat dilihat neraca massa menara distilasi 4 (MD-04) pada perancangan pabrik asam formiat ini.

Tabel 3.13 Neraca massa menara distilasi 4 (MD-04)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Distilat	Bottom
C ₂ H ₄ O ₂	0,101	0,101	0,000
H ₂ O	650,489	260,196	390,293
HCOOH	4.529,989	1.132,497	3.397,492
CH ₃ OH	30,612	30,518	0,094
Total	5.211,191	1.423,312	3.787,879
		5.211,191	

3.5 Neraca Panas

Berdasarkan perhitungan neraca panas untuk perancangan pabrik asam formiat dari metil formiat dan air dengan kapasitas 30.000 ton/tahun didapatkan hasil neraca panas pada tabel-tabel di bawah ini.

a. Reaktor (R-01)

Neraca panas reaktor (R-01) dapat dilihat pada Tabel 3.14 di bawah ini.

Tabel 3.14 Neraca panas reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q masuk	3.300.319,270	-
Q keluar	-	2.468.978,612
Panas Reaksi	-	1.991.627,302
Pemanas	1.160.286,644	-
Total	4.460.605,914	4.460.605,914

b. Flash Drum (FD-01)

Neraca panas *flash drum* (FD-01) dapat dilihat pada Tabel 3.15 di bawah ini.

Tabel 3.15 Neraca panas *flash drum* (FD-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q masuk	5.758.888,393	2.468.978,612
Q keluar uap	-	773.384,015
Q keluar cair	-	2.516.525,766
Hvap	-	5.758.888,393
Total	5.758.888,393	2.468.978,612

c. Menara Distilasi 1 (MD-01)

Neraca panas menara distilasi 1 (MD-01) dapat dilihat pada Tabel 3.16 di bawah ini.

Tabel 3.16 Neraca panas menara distilasi 1 (MD-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
ΔH umpan	70.336,763	-
ΔH distilat	-	20.109,841
ΔH kondensor	-	2.141.675,257
ΔH bottom	-	135.943,228
ΔH reboiler	2.227.391,563	-
Total	2.297.728,325	2.297.728,325

d. Menara Distilasi 2 (MD-02)

Neraca panas menara distilasi 2 (MD-02) dapat dilihat pada Tabel 3.17 di bawah ini.

Tabel 3.17 Neraca panas menara distilasi 2 (MD-02)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
ΔH umpan	470.864,924	-
ΔH distilat	-	198.994,840
ΔH kondensor	-	7.163.100,366
ΔH <i>bottom</i>	-	1.266.585,573
ΔH reboiler	8.157.815,855	-
Total	8.628.680,778	8.628.680,778

e. **Menara Distilasi 3 (MD-03)**

Neraca panas menara distilasi 3 (MD-03) dapat dilihat pada Tabel 3.18 di bawah ini.

Tabel 3.18 Neraca panas menara distilasi 3 (MD-03)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
ΔH umpan	263.528,975	-
ΔH distilat	-	58.422,606
ΔH kondensor	-	3.890.377,247
ΔH <i>bottom</i>	-	1.634.921,759
ΔH reboiler	5.320.192,636	-
Total	5.583.721,612	5.583.721,612

f. **Menara Distilasi 4 (MD-04)**

Neraca panas menara distilasi 4 (MD-04) dapat dilihat pada Tabel 3.19 di bawah ini.

Tabel 3.19 Neraca panas menara distilasi 4 (MD-04)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
ΔH umpan	207.335,948	-
ΔH distilat	-	48.117,083
ΔH kondensor	-	940.694,051
ΔH bottom	-	344.201,764
ΔH reboiler	1.125.676,950	-
Total	1.333.012,898	1.333.012,898

g. Heater 1 (HE-01)

Neraca panas *heater* 1 (HE-01) dapat dilihat pada Tabel 3.20 di bawah ini.

Tabel 3.20 Neraca panas *heater* 1 (HE-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
ΔH masuk	373.705,689	-
ΔH keluar	-	2.143.881,634
ΔH steam	1.770.175,945	-
Total	2.143.881,634	2.143.881,634

h. Heater 2 (HE-02)

Neraca panas *heater* 2 (HE-02) dapat dilihat pada Tabel 3.21 di bawah ini.

Tabel 3. 21 Neraca panas *heater* 2 (HE-02)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
ΔH masuk	130.919,011	-
ΔH keluar	-	1.213.785,861
ΔH steam	1.082.866,850	-
Total	1.213.785,861	1.213.785,861

i. Cooler 1 (CL-01)

Neraca panas *cooler* 1 (CL-01) dapat dilihat pada Tabel 3.22 di bawah ini.

Tabel 3.22 Neraca panas *cooler* 1 (CL-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
ΔH masuk	38.846,564	-
ΔH keluar	-	4.517,473
ΔH pendingin	-	34.329,091
Total	38.846,564	38.846,564

j. Cooler 2 (CL-02)

Neraca panas *cooler* 2 (CL-02) dapat dilihat pada Tabel 3.23 di bawah ini.

Tabel 3.23 Neraca panas *cooler* 2 (CL-02)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
ΔH masuk	273.252,739	-
ΔH keluar	-	39.498,751
ΔH pendingin	-	233.753,988
Total	273.252,739	273.252,739

k. Cooler 3 (CL-03)

Neraca panas *cooler* 3 (CL-03) dapat dilihat pada Tabel 3.24 di bawah ini.

Tabel 3.24 Neraca panas *cooler* 3 (CL-03)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
ΔH masuk	175.475,525	-
ΔH keluar	-	10.763,135
ΔH pendingin	-	164.712,391
Total	175.475,525	175.475,525

1. *Cooler* 4 (CL-04)

Neraca panas *cooler* 4 (CL-04) dapat dilihat pada Tabel 3.25 di bawah ini.

Tabel 3.25 Neraca panas *cooler* 4 (CL-04)

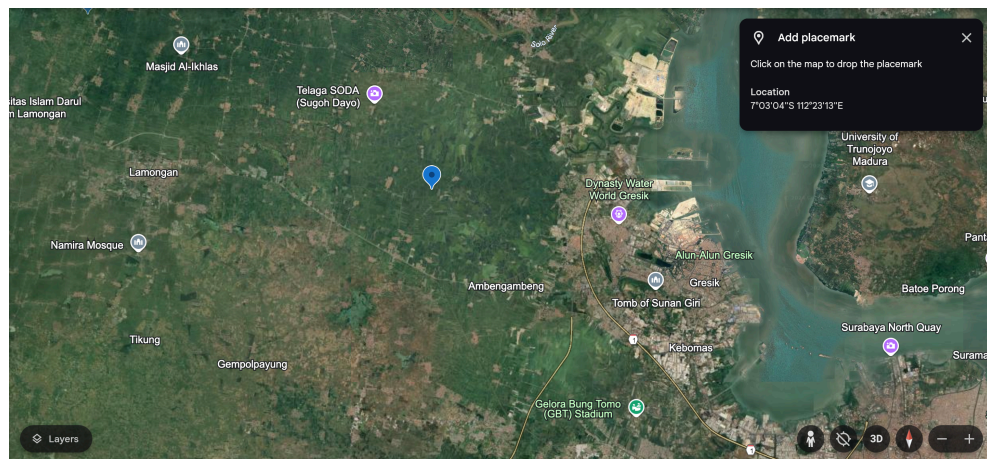
Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
ΔH masuk	339.047,914	-
ΔH keluar	-	11.181,111
ΔH pendingin	-	327.866,803
Total	339.047,914	339.047,914

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik (*Plant Location*)

Pemilihan lokasi pembangunan pabrik atau *plant location* akan memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap kemajuan dan kelangsungan proses dalam suatu industri. Maka dari itu, penentuan lokasi pabrik dilakukan berdasarkan beberapa pertimbangan mengenai faktor keuntungan pendirian pabrik, baik dari sisi ekonomis maupun penjalanan teknis selama pabrik beroperasi. Berdasarkan berbagai pertimbangan tersebut, pabrik pembuatan asam formiat akan didirikan di Kawasan Industri Kota Gresik, Jawa Timur. Peta lokasi dari pendirian pabrik ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Peta lokasi pendirian pabrik

Pada dasarnya, pertimbangan mengenai penentuan lokasi pabrik didasarkan pada dua faktor, yaitu faktor primer dan sekunder. Faktor primer merupakan faktor-faktor yang harus terpenuhi mengenai lokasi pendirian

pabrik karena akan berpengaruh sangat besar terhadap jalannya proses, sedangkan faktor sekunder merupakan faktor-faktor yang sebaiknya ada karena tidak berpengaruh begitu besar terhadap jalannya proses. Berikut adalah penjabaran mengenai berbagai pertimbangan yang dilakukan dalam penentuan Kawasan Industri Kota Gresik, Jawa Timur sebagai lokasi pendirian pabrik asam formiat.

a. Transportasi

Permasalahan mengenai transportasi perlu diperhatikan guna menjamin kelancaran dari proses suplai bahan baku hingga pemasan produk dengan waktu yang singkat dan biaya serendah mungkin. Beberapa hal mengenai kemudahan transportasi yang perlu diperhatikan antara lain jalan raya yang dapat dilalui mobil dan angkutan darat lain, sungai atau laut yang dapat dilalui kapal atau perahu, serta pelabuhan atau lapangan udara disekitar lokasi pabrik.

Berdasarkan penjelasan mengenai kemudahan transportasi di atas, dapat disimpulkan bahwa Kawasan Industri Gresik merupakan daerah strategis dengan jalan raya dan tol yang dapat menghubungkan kota-kota besar. Selain itu, kawasan ini juga dekat dengan perairan dan Pelabuhan yang akan digunakan sebagai akses *import* bahan baku.

b. Pemasaran

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan mengenai pemasaran dalam penentuan lokasi pabrik adalah daerah pemasaran produk

sebaiknya dekat dengan lokasi pabrik, jumlah pesaing yang ada dan pengaruhnya, serta sistem pemasaran yang digunakan oleh pabrik.

Kawasan Industri Gresik dianggap memenuhi persyaratan mengenai kemudahan pemasaran karena merupakan salah satu pusat industri besar yang ada di Indonesia. Selain itu, beberapa industri lain di Kawasan Industri Gresik juga memanfaatkan asam formiat sebagai salah satu bahan baku produksi pabrik, diantaranya industri farmasi (PT. Salopes, PT. Afi farma), industri tekstil (PT. Lotus Indah Tekstil, PT. Tristate, PT. Baktidoteks Prima), pabrik karet dan industri vulkanisir ban (PT. Radia Indolates, PT. Madju Mandiri Perkasa), Industri kulit (Aneka usaha), industri makanan ternak (PT. Hadeka Feedmill, PT. Arta Citra Terpadu Feedmill), industri pembuatan minuman anggur dan bir (PT. Sumber Sari Mekar), industri elektroplating. Perlu diperhatikan bahwa target pasar dalam negeri akan diprioritaskan untuk perusahaan karena biaya pengangkutan akan lebih murah, sehingga diharapkan penjualan akan lebih menguntungkan.

c. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik. Oleh karena itu, lokasi pendirian pabrik harus berjarak cukup dekat dengan bahan baku yang dibutuhkan sehingga akan memudahkan transportasi dan pasokan bahan baku dapat selalu terpenuhi. Oleh karena itu, kapasitas bahan baku yang tersedia di sumber perlu

diperhatikan dengan penanganannya selama proses transportasi ke pabrik.

Bahan baku yang digunakan dalam pendirian pabrik asam formiat adalah metil formiat dan air. Bahan baku berupa air dapat diperoleh dari perairan laut Jawa yang melewati selat Madura dengan panjang dermaga total 6.200 m, kedalaman air laut dermaga: -7,00 LWS; -11,00 LWS; -14,00 LWS; -16,00 LWS. Sedangkan, bahan baku berupa metil formiat akan di *import* dari China karena sampai saat ini belum ada pabrik di Indonesia yang memproduksi metil formiat sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan. Proses *import* asam formiat ini dianggap lebih ekonomis karena letak pabrik yang cukup dekat dengan Pelabuhan JIPE yang terletak di daerah Manyar, Gresik.

d. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan faktor penting lain dari pendirian suatu pabrik karena kebutuhan tenaga kerja, baik tenaga kerja kasar maupun tenaga kerja ahli akan sangat berpengaruh terhadap kelancaran perusahaan.

Daerah Gresik dianggap sebagai salah satu daerah utama yang dituju oleh pencari kerja, terutama dalam dunia industri karena banyaknya industri yang sudah dibangun dan akan dibangun pada kawasan ini. Dengan begitu, perusahaan akan mudah memperoleh tenaga kerja yang terampil dan berkualitas.

e. Kondisi Iklim

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dari kondisi iklim adalah keadaan alam yang tidak mendukung akan menambah biaya pembangunan pabrik, kecepatan dan arah angin, kemungkinan terjadinya bencana alam, dan pengaruh alam terhadap perluasan pabrik pada masa mendatang.

Kawasan Industri Gresik memiliki kondisi iklim yang relatif stabil sehingga jalannya proses akan optimal. Hal ini dapat dibuktikan dari banyaknya industri yang sudah dibangun di daerah ini, Selain itu, kondisi alam sekitar pabrik belum pernah mengalami bencana sehingga memungkinkan pendirian pabrik akan berjalan lancar sampai pada perluasannya dimasa mendatang.

f. Lingkungan dan Masyarakat

Ketika pabrik akan dibangun di suatu daerah, maka hal itu berarti daerah tersebut akan menjadi daerah proses, yaitu daerah yang digunakan untuk menempatkan berbagai macam alat untuk menunjang proses produksi. Oleh karena itu, sedikit banyak keberadaan daerah proses juga dapat mengganggu aktivitas lingkungan dan masyarakat, Maka, penentuan lokasi pabrik harus memperhatikan keadaan lingkungan dan masyarakat sekitar.

Pendirian pabrik di Kawasan Industri Gresik dapat memunculkan sikap masyarakat yang terbuka karena keberadaan lapangan pekerjaan

baru bagi mereka, sehingga kesejahteraan masyarakat sekitar akan meningkat setelah pabrik-pabrik didirikan dengan baik.

g. Kebutuhan Tanah dan Pengembangannya

Dalam pembangunan pabrik, biaya penyiapan tanah akan ditentukan berdasarkan topologi tanah, yaitu jenis dan keadaan tanah. Maka, diperlukan survei lebih lanjut sebelum memutuskan pendirian pabrik di sebuah lokasi.

Kawasan Industri Gresik dianggap memiliki tipe tanah yang sesuai untuk pembangunan pabrik, terutama dalam hal perluasan untuk pengembangan pabrik. Dalam hal ini, akan dibutuhkan daerah dengan lahan yang luas sehingga rencana perluasan dapat dipertimbangan untuk waktu mendatang.

h. Sumber Air

Air merupakan komponen yang penting dalam penjalanan proses sebuah industri kimia. Beberapa kebutuhan air untuk industri ini antara lain adalah air proses, air pendingin, air *steam*, air sanitasi, dan sebagainya. Kebutuhan air dari suatu pabrik dapat dipenuhi melalui dua sumber, yaitu sumber langsung dari sungai atau air tanah dan sumber tidak langsung yang berasal dari sebuah instansi penyedia air. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penyediaan sumber air untuk pabrik adalah kapasitas sumber air, kualitas sumber air, jarak sumber air dari lokasi pabrik, pengaruh musim terhadap kualitas sumber air dan

ketersediaannya untuk pabrik, serta polusi air yang tidak boleh melebihi ambang batas yang sudah ditetapkan.

Pada Kawasan Industri Gresik, kebutuhan air dapat dipenuhi dari dua sumber, yaitu sumber langsung yang berasal dari perairan laut dalam yang dekat dengan pabrik, serta instansi penyedia air, yaitu PDAM Delta Sidoarjo.

i. Sumber Listrik

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dari tersedianya sumber listrik dalam suatu pabrik adalah ketersediaannya untuk masa sekarang dan masa mendatang, serta biaya yang dibutuhkan. Pada sebuah pabrik, sumber listrik akan sangat dibutuhkan untuk menggerakkan perusahaan dan merupakan faktor penunjang yang sangat penting. Kebutuhan tenaga listrik untuk proses penjalanan pabrik dapat diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) Sidoarjo. Selain itu, sumber listrik juga dapat diperoleh dari pembangkit listrik cadangan berupa generator diesel milik perusahaan.

j. Peraturan Pemerintah/Daerah

Peraturan pemerintah atau daerah berupa undang-undang mengenai kawasan industri perlu diperhatikan. Tidak hanya mengenai proses penjalanan industri, tetapi juga mengenai ketentuan mengenai jalan umum dan pembangunan pabrik, serta perpajakan dan asuransi. Salah satu peraturan pemerintah mengenai pembangunan industri kimia tercantum dalam Peraturan Pemerintah Nomor 187 Tahun 1961.

k. Pengontrolan terhadap Bahaya Alam

Pengontrolan terhadap bahaya alam pada sekitar daerah proses memiliki tujuan untuk menghindari stagnansi yang dapat mengakibatkan akumulasi dari bahan-bahan kimia berbahaya yang digunakan selama proses produksi. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah lokasi pabrik harus berjarak cukup jauh dari pemukiman penduduk, tidak berada pada lokasi rawan banjir karena akan memicu bahaya dari bahan-bahan kimia yang digunakan, memastikan pabrik dibangun dengan kuat dan memiliki alat penunjang untuk mengatasi bahaya yang mungkin terjadi.

l. Limbah Pabrik

Bukan hanya keberadaan bahan baku yang perlu diperhatikan, namun aliran limbah yang dihasilkan dari pabrik juga perlu diolah dengan tepat untuk menunjang keamanan serta kelancaran proses produksi perusahaan. Oleh karena itu, buangan limbah pabrik harus diolah dengan cermat agar tidak berdampak bagi kesehatan masyarakat sekitar atau pencemaran lingkungan lainnya.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik atau *plant layout* adalah bagian dari perencanaan terkait pengaturan fasilitas fisik dan tenaga kerja di perusahaan dalam mengelola bahan baku hingga menjadi produk yang siap dipasarkan. Menentukan tata letak pabrik membutuhkan perhatian khusus untuk menempatkan alat-alat produksi. Hal tersebut dilakukan untuk menjaga

keamanan, kenyamanan, dan keselamatan tenaga kerja dan masyarakat sekitar pabrik.

Namun, perlu diperhatikan bahwa penentuan tata letak pabrik bukan hanya terfokus pada penempatan alat produksi yang sudah terdapat dalam diagram alir proses, tetapi juga bangunan fisik lain seperti kantor, laboratorium, gudang dan sebagainya. Penempatan berbagai bangunan fisik tersebut harus dipikirkan dengan baik sehingga tidak mengganggu lalu lintas barang, jalannya proses tetap dapat terkontrol dengan baik, keamanan terjaga, dan tidak merugikan dari sisi ekonomi.

Penentuan tata letak pabrik akan sangat mempengaruhi biaya konstruksi dan produksi. Selain itu, penentuan tata letak pabrik juga akan menentukan efisiensi proses di suatu pabrik dan keselamatan kerja seluruh karyawan yang nantinya juga akan mempengaruhi lingkungan sekitar pabrik. Dilihat dari hubungan antara seluruh fasilitas yang disediakan pabrik, tata letak pabrik sudah seharusnya dirancang dengan baik untuk memastikan kelancaran dari proses produksi hingga distribusi, sehingga seluruh aktivitas di pabrik dapat berjalan dengan efisien.

Faktor-faktor penting yang harus menjadi pertimbangan dalam menentukan tata letak pabrik, antara lain mengenai ketersediaan tanah yang memungkinkan jika terjadi perluasan pabrik, jaminan kelancaran distribusi dari bahan baku hingga menjadi produk termasuk utilitasnya, berbagai masalah mengenai keselamatan, harus mengikuti peraturan daerah setempat,

dan penggunaan ruang kerja secara efisien. Secara garis besar, tata letak pabrik dapat dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu:

- a. Daerah perkantoran sebagai pusat administrasi dan keuangan pabrik, laboratorium sebagai pusat kontrol dari bahan baku hingga produk, dan fasilitas pendukung seperti poliklinik, *mess*, kantin, aula, masjid, dan sebagainya.
- b. Daerah proses, ruang kontrol, dan perluasan. Daerah ini merupakan tempat berlangsungnya pusat pengendalian dari proses produksi pabrik.
- c. Daerah utilitas sebagai lokasi yang mengontrol penyediaan berbagai jenis air yang dibutuhkan oleh pabrik, dan daerah *power station* atau pusat tenaga listrik yang disiapkan untuk menunjang jalannya proses.

Selain hal-hal yang sudah disebutkan di atas, beberapa hal lain yang perlu diperhatikan dalam pengaturan tata letak di pabrik adalah sebagai berikut.

- a. Pengaliran bahan baku dan produk harus efisien agar menguntungkan dari sisi ekonomis, serta dapat menunjang keamanan dan kelancaran proses produksi. Oleh karena itu, perlu diperhatikan juga penempatan pipa agar tidak mengganggu lalu lintas kerja.
- b. Jarak yang cukup antar fasilitas untuk memudahkan jalannya proses produksi, serta memudahkan juga dalam pemeriksaan dan perawatan.
- c. Keamanan terhadap kemungkinan adanya bencana yang disebabkan oleh aktivitas senyawa kimia harus sangat diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik.

Berdasarkan kebutuhan dari berbagai jenis alat dan fasilitas pabrik, pabrik asam formiat dari metil formiat dan air ini akan direncanakan untuk dibangun pada lahan dengan luas 35.000 m². Tata letak bangunan akan disusun dengan efektif, efisien dan ekonomis sehingga akan menjamin kelancaran proses produksi dan keselamatan tenaga kerja yang terlibat. Perincian luas tanah dan bangunan-bangunannya dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Rincian luas tanah dan bangunan

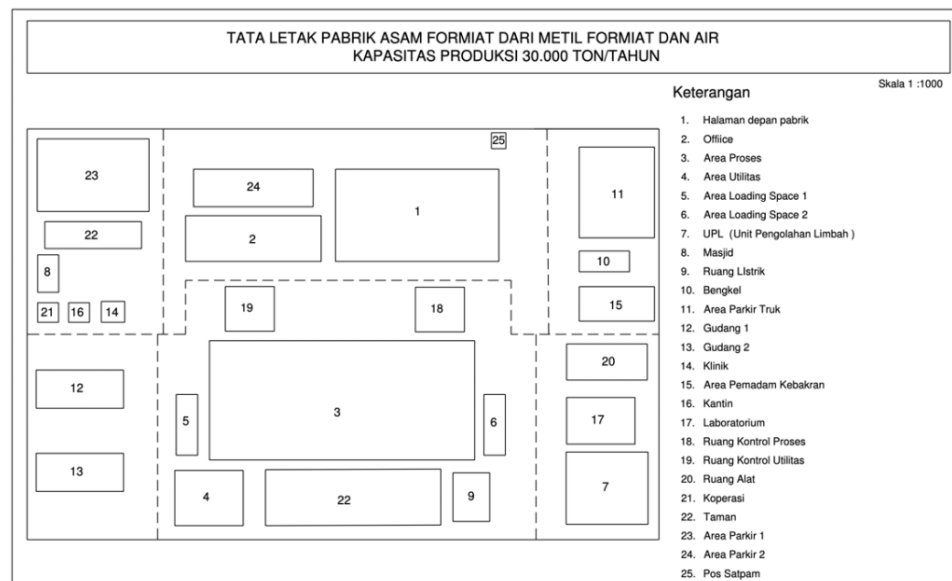
No	Area	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Halaman Depan Pabrik	28	21	588
2	<i>Office</i>	30	22	660
3	Area Proses	60	50	3.000
4	Area Utilitas	40	25	1.000
5	<i>Area Loading Space 1</i>	50	6	300
6	<i>Area Loading Space 2</i>	23	9	207
7	UPL (Unit Pengolahan Limbah)	30	25	750
8	Masjid	13	7	91
9	Ruang Listrik	13	11	143
10	Bengkel	19	12	228
11	Area Parkir Truk	24	15	360
12	Gudang 1	20	15	300
13	Gudang 2	20	15	300
14	Klinik	15	9	135

Lanjutan Tabel 4.1

No	Area	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
15	Area Pemadam Kebakaran	22	10	220

16	Kantin	8	8	64
17	Laboratorium	18	16	288
18	Ruang Kontrol Proses	18	18	324
19	Ruang Kontrol Utilitas	12	14	168
20	Ruang Alat	12	12	144
21	Koperasi	6	5	30
22	Taman	8	5	40
23	Area Parkir 1	18	14	252
24	Area Parkir 2	21	16	336
25	Pos Satpam	5	4	20
Total Luas Bangunan				9.948
Total Luas Tanah				15.000

Selanjutnya, dari rincian luas tanah dan bangunan di atas, *layout* pabrik dapat dibuat dengan skala 1:100. *Layout* pabrik yang sudah dibuat dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Tata letak pabrik

4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (*Machines Layout*)

Tata letak mesin/alat proses merupakan penataan dari alat-alat yang akan digunakan dalam proses produksi. Tata letak alat proses ini harus dirancang dengan baik untuk kelancaran produksi, menjamin keamanan dan meningkatkan produktivitas kerja karyawan. Beberapa hal yang harus dipertimbangkan mengenai tata letak alat proses adalah sebagai berikut.

a. Aliran bahan baku dan produk

Jika aliran bahan baku dan produk diperhatikan dengan baik, maka hal tersebut akan mempengaruhi keuntungan ekonomis bagi pabrik. Pengaliran bahan baku dan produk akan erat kaitannya dengan penempatan pipa dalam pabrik, maka perlu diperhatikan jika pipa akan diletakan di atas permukaan tanah maka harus pada ketinggian tiga meter atau lebih, sedangkan jika pipa diletakan persis di permukaan

tanah maka penempatannya harus diperhatikan agar tidak mengganggu lalu lintas pekerja di area proses.

b. Aliran udara

Aliran udara yang dimaksud juga menyangkut arah hembusan angin, baik di dalam area proses maupun di sekitar area proses. Selain itu perlu diperhatikan bahwa pabrik ini akan menghasilkan metanol, sehingga udara di sekitar aliran proses juga perlu diperhatikan. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari adanya stagnansi udara pada tempat tertentu yang memiliki kemungkinan menyebabkan akumulasi dari bahan-bahan kimia berbahaya yang digunakan pada proses sehingga akan berdampak pada keselamatan kerja.

c. Lalu lintas alat berat

Jarak antar alat harus diperhatikan karena akan mempengaruhi lebar jalan yang akan dilalui oleh pekerja. Hal ini akan berdampak pada kemudahan pekerja untuk mengatasi gangguan alat proses dan akan lebih aman bagi para pekerja.

d. Pencahayaan

Selanjutnya, pencahayaan yang mencakup seluruh area pabrik dan proses perlu diperhatikan, terutama pada tempat-tempat dengan risiko bahaya yang cukup tinggi.

e. Lalu lintas manusia dan kendaraan

Lalu lintas manusia dan keadaan perlu diperhatikan dengan maksud untuk memudahkan dan mempercepat pekerja dalam mencapai

seluruh alat proses. Dengan begitu, gangguan yang mungkin terjadi pada alat proses dapat di atasi dengan segera dan kemananan pekerja juga dapat terjamin.

f. Pertimbangan ekonomi

Selain keselamatan kerja yang perlu diperhatikan dalam penentuan letak alat-alat proses, sisi ekonomis dari penempatan alat-alat tersebut juga perlu diperhitungkan dengan baik. Hal ini dimaksudkan untuk menekan biaya operasi perusahaan, disamping tetap memprioritaskan kelancaran serta menjaga keamanan proses produksi, sehingga pembangunan pabrik ini akan memberikan keuntungan.

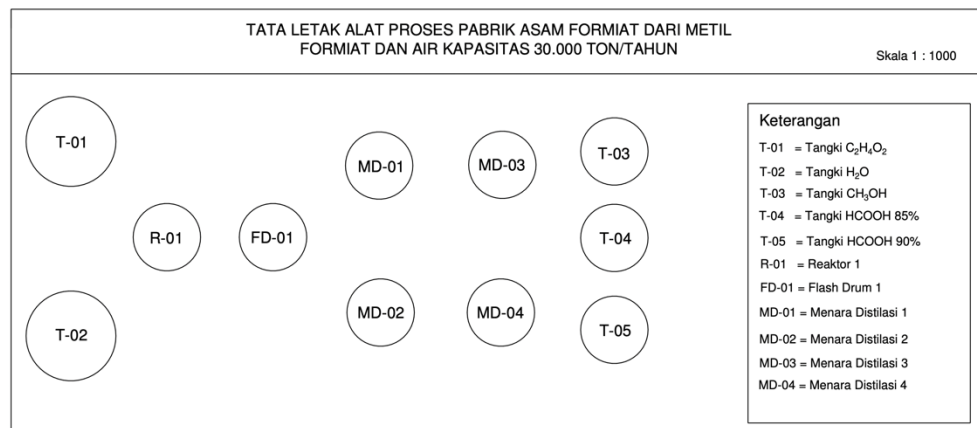
g. Jarak antar alat proses

Jarak antar alat proses perlu diperhatikan, terutama untuk alat proses dengan kondisi operasi, baik suhu ataupun tekanan yang tinggi. Alat-alat seperti itu perlu diletakan terpisah atau berjarak cukup jauh dengan alat proses lain. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari bahaya yang lebih besar jika terjadi ledakan atau kebakaran.

h. *Maintenance*

Proses *maintenance* atau pemeliharaan berfungsi untuk menjaga alat-alat yang digunakan pabrik selama proses berlangsung. Setiap alat yang digunakan harus diperhatikan pemeliharaannya melalui pengecekan secara berkala sesuai dengan jadwal yang telah dibuat.

Berdasarkan berbagai pertimbangan yang ada, tata letak mesin/alat proses dapat dibuat sedemikian rupa dengan skala 1:100 yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3 Tata letak alat proses

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Organisasi

Dalam mengoperasikan pabrik asam formiat ini dibutuhkan manajemen perusahaan yang baik. Oleh karena itu, diperlukan organisasi perusahaan yang terstruktur dan berjalan dengan baik, sehingga terbentuk tanggung jawab antar karyawan dengan pembagian tugas yang jelas.

Pabrik asam formiat ini direncanakan akan didirikan dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas atau biasa disebut dengan PT merupakan bentuk perusahaan yang modalnya berasal dari penjualan saham, yaitu setiap orang atau kelompok berhak mengambil

satu saham atau lebih. Namun, dalam bentuk perusahaan Perseroan terbatas ini pemegang saham hanya memiliki tanggung jawab dalam menyetor seluruh jumlah yang disebutkan dalam setiap saham. Asosiasi pemegang saham yang tergabung dalam sebuah Perseroan terbatas akan diatur berdasarkan hukum yang berlaku dan dapat dianggap sebagai badan hukum. Selain definisi singkat mengenai Perseroan Terbatas (PT) yang sudah disebutkan, bentuk perusahaan ini memiliki beberapa ciri lainnya, antara lain:

- a. Didirikan menggunakan akta notaris yang didasarkan pada Undang-Undang Hukum Dagang yang berlaku di Indonesia.
- b. Total modal yang diperlukan sudah ditentukan dalam akta pendirian yang terdiri dari berbagai saham yang dapat dibeli oleh para pemilik saham.
- c. Pemegang saham merupakan pemilik perusahaan.
- d. Proses jalannya perusahaan dipimpin oleh seorang direktur yang kompeten dan dipilih langsung oleh pemilik perusahaan atau pemegang saham.
- e. Pembinaan terhadap personalia perusahaan akan diserahkan kepada Direktur, tentunya hal ini akan didasarkan pada hukum perburuhan yang berlaku.

Pemilihan bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT) dilakukan berdasarkan beberapa faktor pertimbangan, yaitu:

Kemudahan dalam mendapatkan modal dengan cara menjual saham perusahaan.

- a. Diatur jelas dalam hukum, sehingga kekayaan perusahaan akan terpisah dari kekayaan pribadi milik pemegang saham, dengan kata lain tanggung jawab dari pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi tetap dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- b. Jalannya perusahaan dalam jangka panjang lebih terjamin karena tidak dipengaruhi oleh berhentinya pemegang saham, direksi beserta staff, ataupun karyawan perusahaan. Hal tersebut didasarkan karena pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu dengan yang lain. Pemilik perusahaan merupakan pemegang saham, sementara pengatur perusahaan berisi direksi dan staff yang akan diawasi langsung oleh dewan komisaris perusahaan.
- c. Manajemen yang efisien, yaitu dewan komisaris yang ahli dan direktur utama yang kompeten dapat dipilih langsung oleh pemegang saham.
- d. Tersedianya lapangan pekerjaan yang lebih luas, terutama untuk masyarakat sekitar pabrik.
- e. Kemudahan dalam mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan. Hal ini dapat dilakukan jika dibutuhkan untuk keuntungan perusahaan.
- f. Kelangsungan perusahaan terjamin karena hidup perusahaan tidak digantungkan pada suatu pihak. Hal tersebut karena kepemilikan

dari suatu perusahaan dapat berganti karena alasan satu dan lain hal.

- g. Kemudahan dalam bergerak di pasar global, sehingga kemajuan perusahaan dapat lebih cepat

4.4.2 Struktur Organisasi

Salah satu hal penting untuk menunjang kemajuan dan penjalanan sebuah perusahaan adalah dengan adanya struktur organisasi. Hal ini akan berhubungan erat dengan komunikasi yang terjalin dalam perusahaan secara internal dan eksternal. Beberapa hal yang dibutuhkan dalam menjalankan suatu perusahaan antara lain adalah sumber daya manusia yang kompeten dan manajemen organisasi yang terstruktur sehingga pembagian tugas dan wewenang dapat dijalankan dengan jelas dan baik.

Tidak terdapat patokan khusus dalam membuat struktur organisasi suatu perusahaan karena kebutuhan setiap perusahaan sudah pasti berbeda. Namun, untuk mendapatkan sistem organisasi yang baik perlu memperhatikan beberapa hal, seperti tujuan perusahaan yang jelas, tujuan organisasi yang harus dipahami seluruh pihak yang terlibat, adanya keseimbangan antara wewenang dan tanggung jawab yang sesuai, pembagian tugas yang jelas, koordinasi yang baik, dan penempatan yang sesuai dengan keahlian. Terbentuknya struktur organisasi perusahaan yang baik akan memberikan dampak yang positif bagi perusahaan, yaitu terbantunya perusahaan untuk membagi posisi,

tugas, wewenang, kedudukan, dan tanggung jawab masing-masing bagian atau divisi yang terbentuk.

Beberapa penjabaran mengenai manfaat adanya struktur organisasi yang mengikat pada sebuah perusahaan antara lain:

- a. Pembatasan tugas, wewenang, dan tanggung jawab akan tercantum dengan jelas.
- b. Dapat digunakan sebagai orientasi pejabat.
- c. Penempatan pegawai dapat dilakukan dengan adil dan tepat.
- d. Manajemen perusahaan akan terlaksana dengan baik dan dapat berkembang semakin baik.
- e. Jika terdapat masalah, dapat dilakukan evaluasi secara terstruktur sehingga langkah kerja dan prosedur kerja dapat diatur kembali untuk mencapai tujuan perusahaan.

Jabatan atau bagian yang akan dibuat dalam struktur organisasi perusahaan ini dapat dimulai berdasarkan jenjangnya. Bentuk struktur organisasi ini dikenal dengan sistem *line* dan staff, yaitu terdapat dua kelompok orang berpengaruh yang akan menjalankan bentuk organisasi ini, yaitu sebagai berikut.

- a. *Line* merupakan kelompok berisi orang-orang yang akan menjalankan tugas pokok dari organisasi untuk mencapai tujuan perusahaan.

- b. Sedangkan, staf merupakan kelompok orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya masing-masing. Fungsi dari kelompok ini adalah untuk memberi saran kepada unit operasional.

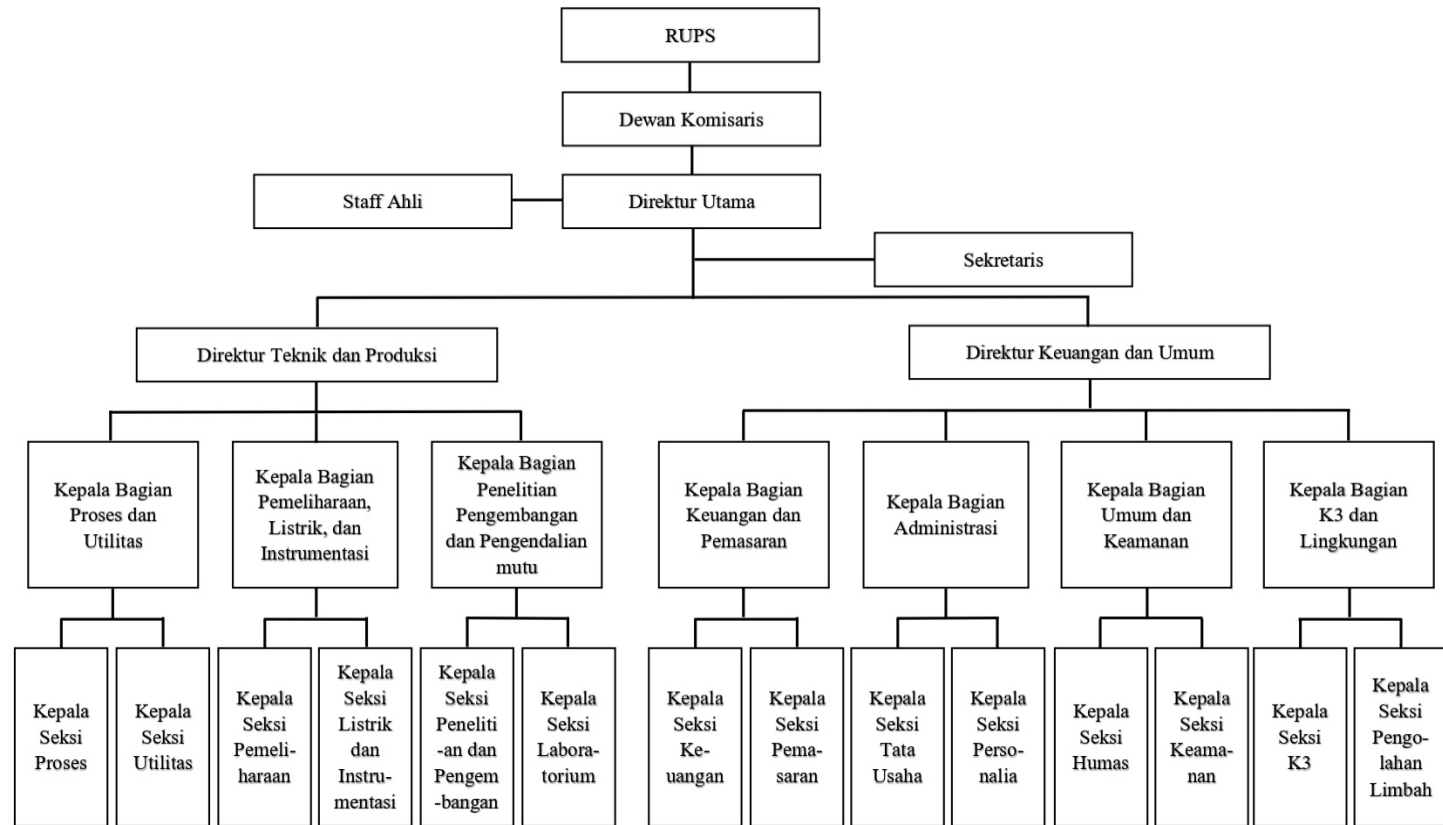
Dalam penjalanannya, tugas dari pemilik perusahaan atau pemegang saham akan diwakili oleh Dewan Komisaris. Sedangkan, perusahaan akan dijalankan oleh seorang Direktur Utama yang akan dibantu oleh Direktur Produksi dan Direktur Administrasi, Keuangan, dan Umum. Kedua direktur tersebut akan membawahi berbagai bidang sesuai dengan tugasnya. Direktur Produksi akan membawahi berbagai bidang yang berhubungan dengan proses produksi yang dijalankan oleh perusahaan, seperti bidang produksi, proses, pengendalian kualitas, utilitas, dan pemeliharaan. Sementara, Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum akan membawahi bidang-bidang yang memiliki kaitan dengan permasalahan diluar proses produksi pabrik, seperti bidang pembelian, pemasaran, administrasi dan keuangan, personalia, humas dan kewan, serta penelitian dan pengembangan.

Bidang-bidang yang sudah terbagi di atas akan dipimpin oleh seorang kepala bagian yang akan bertanggung jawab atas bawahannya langsung kepada direktur yang bersangkutan. Hal ini merupakan bentuk delegasi dari wewenang dan tanggung jawab yang dimiliki oleh kepala bagian. Dalam pelaksanaannya, kepala bagian akan membawahi beberapa seksi, kemudian seksi-seksi tersebut akan membawahi karyawan pada masing-masing bidang. Karyawan perusahaan akan

terbagi lagi menjadi beberapa kelompok tim yang akan dipimpin langsung oleh kepala tim yang akan bertanggung jawab langsung kepada masing-masing seksi.

Selanjutnya, dalam upaya perusahaan untuk mencapai kelancaran dari proses produksi akan diperlukan staf ahli yang merupakan orang-orang terpilih dengan keahlian tertentu pada bidang tertentu. Pada pelaksanaan perusahaan, terutama proses produksi, staf ahli akan menyumbangkan pemikiran sebagai seorang ahli kepada pengawas agar tujuan perusahaan dapat tercapai.

Struktur organisasi yang direncanakan untuk pembangunan pabrik asam formiat dengan kapasitas 30.000 ton/tahun ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4 Struktur organisasi

4.4.3 Tugas dan Wewenang

Berikut adalah penjelasan mengenai tugas dan wewenang berdasarkan struktur organisasi pada Gambar 4.4 di atas.

a. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS)

Berdasarkan struktur organisasi di atas, dapat dilihat bahwa pemegang kekuasaan tertinggi ada pada Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). RUPS ini akan diadakan minimal satu kali dalam satu tahun dan dihadiri oleh para pemilik saham beserta Dewan Komisaris. Pelaksanaan RUPS ini memiliki tujuan dalam mengevaluasi dan memantau jalannya perusahaan dalam kurun waktu tertentu. Meskipun diagendakan satu tahun sekali, namun RUPS ini dapat tetap dilaksanakan jika ada hal mendesak. Hak dan wewenang dalam RUPS adalah sebagai berikut:

1. Meminta pertanggung jawaban dari Dewan Komisaris terhadap jalannya perusahaan
2. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris serta Direktur utama
3. Mengesahkan pengunduran diri dari anggota pemegang saham berdasarkan hasil musyawarah
4. Mengesahkan hasil kerja serta perhitungan dari keuntungan serta kerugian perusahaan dalam waktu satu tahun

5. Menetapkan jumlah keuntungan tahunan yang didapat perusahaan dengan tujuan untuk dibagikan, disimpan, ataupun ditanamkan kembali

b. Dewan Komisaris

Selanjutnya, di bawah RUPS terdapat Dewan Komisaris. Dewan Komisaris ini dipilih oleh para pemegang saham sehingga Dewan Komisaris akan bertanggung jawab langsung terhadap para pemilik saham sesuai dengan hasil kinerjanya. Beberapa tugas dari Dewan Komisaris adalah sebagai berikut.

1. Menilai dan menyetujui neraca direksi mengenai kebijaksanaan umum, target perusahaan, alokasi sumber dana, dan pengarahannya
2. Melaksanakan pengawasan terhadap seluruh aktivitas dari pelaksanaan tugas direktur yang nantinya akan dipertanggung jawabkan kepada para pemilik saham dalam RUPS
3. Membantu Direktur Utama dalam kegiatan yang bersifat penting sehingga dapat dipastikan bahwa kegiatan tersebut dapat terlaksana dengan baik

c. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pemegang kekuasaan tertinggi dalam perusahaan yang akan bertanggung jawab secara penuh atas keberhasilan maupun kegagalan perusahaan yang sudah disesuaikan dengan target berdasarkan RUPS. Dalam

penjalanannya, Direktur Utama akan mempertanggung jawabkan segala tindakan dan kebijakannya kepada Dewan Komisaris. Lebih lengkap mengenai tugas dan wewenang dari Direktur Utama adalah sebagai berikut.

1. Memimpin dan mengembangkan perusahaan dengan efektif dan efisien
2. Merumuskan dan melaksanakan kebijakan umum perusahaan sesuai dengan target yang sudah ditetapkan dan disetujui dalam RUPS
3. Menjaga stabilitas dari jalannya perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik secara internal maupun eksternal, dalam hal ini juga termasuk untuk mengusulkan dan mewakili perusahaan melakukan perjanjian kerja sama dengan pihak eksternal
4. Merencanakan dan mengawasi pelaksanaan tugas setiap bidang yang bekerja di perusahaan untuk selanjutnya dipertanggung jawabkan kepada Dewan Komisaris
5. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian sesuai dengan persetujuan berdasarkan RUPS

Dalam melaksanakan tugasnya, Direktur Utama akan membutuhkan bantuan dari Sekretaris, Direktur Teknik dan Produksi, serta Direktur Keuangan dan Umum. Sekretaris sendiri nantinya akan diangkat oleh Direktur Utama untuk menangani hal-

hal terkait surat-menyurat yang berkaitan dengan kepentingan perusahaan, menangani kearsipan dan pekerjaan lain untuk membantu administrasi perusahaan.

d. Staff Ahli

Staff ahli akan terdiri dari tenaga ahli pada bidangnya yang memiliki tugas utama yaitu membantu direksi dalam menjalankan perusahaan, baik yang berhubungan secara teknis maupun administrasi. Staff Ahli akan bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Beberapa tugas dan wewenang yang dimiliki staff ahli, antara lain:

1. Memberikan saran dan nasehat dalam perencanaan pengembangan perusahaan
2. Memperbaiki jalannya proses jika dibutuhkan, dan memberikan saran terkait perkembangan proses produksi dengan tujuan menjaga mutu produk
3. Meningkatkan efisiensi kerja perusahaan secara menyeluruh

e. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur Teknik dan produksi akan bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama. Berikut adalah beberapa tugas dan wewenang dari Direktur Teknik dan Produksi:

1. Bertanggung jawab penuh terhadap Direktur Utama dalam bidang yang mencakup produksi dan teknik dalam perusahaan

2. Mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan dari pekerjaan kepala bagian.

Seperti yang sudah dilihat pada Gambar 4.4 di atas, nantinya Direktur Teknik dan Produksi akan membawahi tiga kepala bagian, yaitu bagian proses dan utilitas, bagian pemeliharaan, listrik, dan instrumentasi, serta bagian penelitian pengembangan dan pengendalian mutu. Berikut adalah penjelasan mengenai kepala bidang yang dibawah oleh Direktur Teknik dan Produksi:

1. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Tugas dari kepala bagian proses dan utilitas adalah mengatur serta mengawasi pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan proses dan utilitas secara menyeluruh. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian proses dan utilitas akan dibantu beberapa seksi, yaitu seksi proses dan seksi utilitas.

Tugas dari seksi proses sendiri selain mengawasi jalannya proses produksi, akan meliputi menjalankan tindakan sesuai batasan tertentu terkait peralatan produksi yang mengalami kerusakan, sebelum nantinya akan diperbaiki oleh seksi yang berwenang.

Sedangkan seksi utilitas akan mempunyai tugas dalam melaksanakan dan mengatur sarana utilitas yang berlaku di

perusahaan, seperti kebutuhan air proses, *steam*, dan sebagainya.

2. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

Tugas dari kepala bagian pemeliharaan, listrik dan instrumentasi adalah mengatur dan mengawasi pemeliharaan alat proses, pendistribusian listrik untuk menunjang proses, serta instrumentasi proses di perusahaan. Nantinya, kepala bidang ini akan dibantu oleh beberapa seksi, yaitu seksi pemeliharaan serta seksi listrik dan instrumentasi.

Seperti namanya, tugas dari seksi pemeliharaan adalah melaksanakan pemeliharaan fasilitas perusahaan, baik berupa gedung maupun alat di pabrik, serta memperbaiki kerusakan alat.

Sedangkan, tugas dari seksi listrik dan instrumentasi adalah memenuhi kebutuhan *power supply* perusahaan, dan mengatasi masalah instrumentasi yang akan mempengaruhi jalannya proses produksi.

3. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Mutu

Tugas dari kepala bagian penelitian, pengembangan dan pengendalian mutu adalah mengatur dan mengawasi jalannya perusahaan di bidang penelitian, pengembangan, dan pengendalian mutu dari bahan baku hingga menjadi produk.

Bagian ini akan berkaitan dengan laboratorium dalam pengendalian mutu. Oleh karena itu, dalam pelaksanaan tugasnya, kepala bagian penelitian, pengembangan, dan pengendalian mutu akan dibantu oleh beberapa seksi, yaitu seksi penelitian dan pengembangan serta seksi laboratorium.

Tugas dari seksi laboratorium adalah mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan baku pembuatan asam formiat, mengawasi dan menganalisa mutu dari produk, serta mengawasi kualitas bahan buangan proses agar tetap sesuai dengan ambang batas yang sudah ditetapkan hukum.

f. Direktur Keuangan dan Umum

Seperti halnya dengan Direktur Proses dan Teknik, Direktur Keuangan dan Umum juga akan bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama terkait penjalanan perusahaan di bidang keuangan dan umum. Berikut adalah beberapa tugas dan wewenang dari Direktur Keuangan dan Umum:

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama terkait hal-hal yang berhubungan dengan administrasi, keuangan, pembelian, pemasaran, dan personalia
2. Mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala bagian yang ada di bawahnya

Dalam pelaksanaan tugasnya, Direktur Keuangan dan Umum akan membawahi empat kepala bagian yang berkaitan dengan

administrasi, keuangan dan hal-hal umum mengenai perusahaan lainnya. Berikut adalah penjelasan mengenai kepala bidang yang dibawahhi oleh Direktur Keuangan dan Umum:

1. Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran

Tugas dari kepala bagian keuangan dan pemasaran adalah mengatur dan mengawasi seluruh pelaksanaan kegiatan perusahaan yang memiliki hubungan dengan bidang pembelian bahan baku, pemasaran produk, dan keuangan perusahaan. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian keuangan dan pemasaran akan dibantu oleh seksi keuangan dan seksi pemasaran.

Seksi keuangan agar bertugas untuk menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, adminitrasi persediaan kantor, dan pembukuan pembelian serta pemasaran, dan juga mengawasi masalah pajak perusahaan.

Seksi pemasaran sendiri nantinya akan bertugas untuk merencanakan strategi penjuangan produk serta mengatur distribusi barang dari gudang.

2. Kepala Bagian Administrasi

Tugas dari kepala bagian administrasi adalah mengatur dan mengawasi seluruh pelaksanaan terkait administrasi perusahaan, seperti pembukuan dan pengaturan gaji karyawan.

Nantinya, kepala bagian administrasi akan dibantu oleh kepala seksi tata usaha dan seksi personalia.

Tugas dari seksi personalia antara lain membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang baik, kompetitif, dan sehat sehingga tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya terkait tenaga kerja, mengusahakan disiplin kerja yang tinggi sehingga menciptakan suasana kerja yang dinamis, serta menjamin hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

3. Kepala Bagian Umum dan Keamanan

Tugas dari kepala bagian umum dan keamanan adalah mengatur dan mengawasi seluruh pelaksanaan kegiatan di perusahaan terkait hubungan masyarakat dan keamanan perusahaan. Seperti namanya, kepala bagian umum dan keamanan akan dibantu oleh seksi humas dan seksi keamanan.

Tugas dari seksi humas adalah mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat sekitar, terutama masyarakat disekitar perusahaan sehingga terjalin hubungan yang baik satu sama lain. Sedangkan, tugas dari seksi keamanan meliputi penjagaan terhadap seluruh bangunan pabrik dan fasilitas yang ada di dalamnya, mengawasi keluar masuknya tamu atau karyawan ke lingkungan perusahaan, serta menjaga dan memelihara kerahasiaan hubungan internal perusahaan.

4. Kepala Bagian K3 dan Lingkungan

Bagian K3 merupakan bagian mengenai Kesehatan dan Keselamatan Kerja yang berhubungan langsung oleh pihak-pihak yang terlibat di perusahaan, terutama karyawan yang akan terjun langsung di unit proses. Oleh karena itu, tugas dari kepala bagian K3 dan lingkungan adalah mengatur dan mengawasi seluruh pelaksanaan yang berhubungan dengan K3 dan lingkungan, dalam hal ini juga terkait dengan limbah yang dihasilkan selama proses produksi. Dalam pelaksanaan tugasnya, kepala bidang K3 dan lingkungan akan dibantu oleh seksi K3 dan seksi dari unit pengolahan limbah.

4.4.4 Status Karyawan

Sistem upah untuk karyawan akan dibuat berdasarkan status karyawan, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian karyawan tersebut. Oleh karena itu, upah setiap orang dapat berbeda. Status karyawan sendiri dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu:

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap merupakan golongan karyawan yang akan diangkat dan diberhentikan dengan SK atau Surat Keputusan Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja karyawan tersebut.

b. Karyawan Harian

Karyawan harian merupakan golongan karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa SK atau Surat Keputusan Direksi dan akan mendapat upah harian dan akan dibayarkan tiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan

Karyawan borongan merupakan golongan karyawan yang digunakan oleh perusahaan bila diperlukan. Karyawan jenis ini akan menerima upah borongan tergantung kesepakatan yang sudah dibuat berdasarkan hasil kerja yang sudah dilakukan.

4.4.5 Pengaturan Jam Kerja

Pabrik asam formiat dari metil formiat dan air direncanakan untuk beroperasi selama 330 hari selama satu tahun secara kontinyu dalam waktu 24 jam perhari. Sisa hari lainnya dapat digunakan untuk perbaikan dan perawatan alat jika diperlukan, serta *shutdown* pabrik. Dalam pengaturan jam kerja untuk karyawan, pembagiannya dapat dibagi menjadi dua kelompok sebagai berikut.

a. Karyawan *Non-shift*

Karyawan *non-shift* merupakan karyawan yang tidak secara langsung menangani jalannya proses produksi. Jenis karyawan ini hanya akan bekerja selama 5 hari dalam satu minggu atau dengan total jam kerja sebanyak 40 jam per minggu. Karyawan jenis ini terdiri dari Direktur Utama, Sekretaris, Direktur Teknik dan Produksi, Direktyr Keuangan dan Umum, Kepala Bagian beserta

bawahannya yang bekerja di kantor. Perincian jam kerja untuk karyawan *non-shift* dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Jam kerja karyawan *non-shift*

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin – Kamis	07.00 – 16.00 WIB	12.00 – 13.00 WIB
Jum'at	07.00 – 16.00 WIB	11.00 – 13.00 WIB
Sabtu - Minggu	Libur	

b. Karyawan *Shift*

Berbeda dengan karyawan *non-shift*, karyawan *shift* merupakan karyawan yang bekerja langsung dalam menangani seluruh proses dalam produksi di pabrik atau mengatur beberapa bagian dalam perusahaan yang berkaitan dengan keamanan serta kelancaran proses produksi selama 24 jam penuh. Jajaran karyawan yang termasuk dalam karyawan *shift* antara lain adalah operator produksi, bagian teknik dan gudang, serta beberapa bagian lain yang memang diharuskan untuk selalu siaga dalam menjaga keamanan dan keselamatan pabrik. Jam kerja dari karyawan *shift* akan diatur menjadi 3 *shift* dalam sehari. Lebih jelasnya, pembagian jam kerja karyawan *shift* dapat dilihat pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Jam kerja karyawan *shift*

Kelompok <i>Shift</i>	Jam Kerja	Jam Istirahat
<i>Shift 1</i> (Pagi)	07.00 – 15.00 WIB	11.00 – 12.00 WIB
<i>Shift 2</i> (Sore)	15.00 – 23.00 WIB	18.30 – 19.30 WIB
<i>Shift 3</i> (Malam)	23.00 – 07.00 WIB	04.00 – 05.00 WIB

Pembagian karyawan *shift* akan dibagi menjadi empat tim, yaitu (A/B/C/D). Dalam satu hari, akan ada tiga tim yang masuk dan satu tim yang libur. Setiap tim akan bekerja bergiliran selama enam hari dengan dua hari libur setiap minggunya. Jika ada hari libur nasional, maka tim yang bertugas tetap harus bekerja, akan tetapi jam kerjanya dihitung sebagai kerja lembur dengan tambahan intensif tertentu. Masing-masing *shift* akan dikepalai oleh satu orang kepala tim sehingga jalannya pekerjaan dapat lebih terorganisir. Jadwal kerja dari masing-masing tim dari karyawan *shift* dapat dilihat pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.4 Jadwal kerja masing-masing tim

Kelompok	Tanggal									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S
B	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M
C	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L
D	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P
Kelompok	Tanggal									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L
B	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M

Lanjutan Tabel 4.4

Kelompok	Tanggal									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
C	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P
D	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S
Kelompok	Tanggal									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
B	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
C	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
D	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S

Keterangan:

P = *Shift Pagi* (07.00 – 15.00 WIB)

S = *Shift Sore* (15.00 – 23.00 WIB)

M = *Shift Malam* (23.00 – 07.00 WIB)

L = *Libur*

4.4.6 Jumlah Karyawan dan Penggolongan Gaji

Jumlah tenaga kerja akan disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan agar pekerjaan dan pengeluaran perusahaan dapat dilakukan secara efektif. Nantinya, gaji karyawan akan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1. Namun, jika tanggal tersebut merupakan hari libur nasional, maka pembayaran gaji dapat dilakukan satu hari sebelumnya. Berikut adalah Tabel 4.5 yang menampilkan rincian jumlah tenaga kerja pada setiap jabatan beserta total gajinya.

Tabel 4.5 Rincian jumlah tenaga kerja dan total gaji

Jabatan	Jumlah	Gaji	
		Per Orang dan per Bulan	Total per Bulan
Direktur Utama	1	Rp 45.000.000	Rp 45.000.000
Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	Rp 17.000.000	Rp 17.000.000
Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Bag. Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Bag. Keuangan dan Pemasaran	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Bag. Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Bag. Administrasi dan Sumber Daya Manusia	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000

Lanjutan Tabel 4.5

Jabatan	Jumlah	Gaji	
		Per Orang dan per Bulan	Total per Bulan
Ka. Bag. Umum dan Keamanan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
Ka. Sek. Proses	1	Rp 11.000.000	Rp 11.000.000
Ka. Sek. Utilitas	1	Rp 11.000.000	Rp 11.000.000
Ka. Sek. Pemeliharaan dan Bengkel	1	Rp 11.000.000	Rp 11.000.000
Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1	Rp 11.000.000	Rp 11.000.000
Ka. Sek. Penelitian dan Pengembangan	1	Rp 11.000.000	Rp 11.000.000
Ka. Sek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1	Rp 11.000.000	Rp 11.000.000
Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1	Rp 11.000.000	Rp 11.000.000
Ka. Sek. Unit Pengolahan Limbah	1	Rp 11.000.000	Rp 11.000.000
Ka. Sek. Tata Usaha	1	Rp 9.000.000	Rp 9.000.000
Ka. Sek. Personalia	1	Rp 9.000.000	Rp 9.000.000
Ka. Sek. Hubungan Masyarakat	1	Rp 9.000.000	Rp 9.000.000
Ka. Sek. Keamanan	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000

Lanjutan Tabel 4.5

Jabatan	Jumlah	Gaji	
		Per Orang dan per Bulan	Total per Bulan
Karyawan Proses	6	Rp 7.000.000	Rp 42.000.000
Karyawan Utilitas	4	Rp 7.000.000	Rp 28.000.000
Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	4	Rp 7.000.000	Rp 28.000.000
Karyawan Listrik dan Instrumentasi	4	Rp 7.000.000	Rp 28.000.000
Karyawan Penelitian dan Pengembangan	8	Rp 7.000.000	Rp 56.000.000
Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu	8	Rp 7.000.000	Rp 56.000.000
Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja	6	Rp 7.000.000	Rp 42.000.000
Karyawan Unit Pengolahan Limbah	4	Rp 7.000.000	Rp 28.000.000
Karyawan Tata Usaha	5	Rp 5.000.000	Rp 25.000.000
Karyawan Personalia	5	Rp 5.000.000	Rp 25.000.000
Karyawan Hubungan Masyarakat	5	Rp 5.000.000	Rp 25.000.000

Lanjutan Tabel 4.5

Jabatan	Jumlah	Gaji	
		Per Orang dan per Bulan	Total per Bulan
Karyawan Keamanan	10	Rp 5.000.000	Rp 50.000.000
Operator	33	Rp 5.000.000	Rp 165.000.000
Dokter	2	Rp 12.000.000	Rp 24.000.000
Perawat	6	Rp 6.000.000	Rp 36.000.000
Sopir	6	Rp 4.500.000	Rp 27.000.000
Cleaning Service	10	Rp 4.500.000	Rp 45.000.000
Satpam	4	Rp 4.500.000	Rp 18.000.000
Total Gaji Karyawan per Bulan			Rp1.082.000.000

4.4.7 Fasilitas dan Hak Karyawan

Tersedianya fasilitas untuk karyawan dimaksudkan untuk meningkatkan produktivitas kerja karyawan. Hal tersebut karena penyediaan fasilitas dapat menjaga kondisi jasmani dan rohani karyawan sehingga karyawan tidak merasa jenuh dalam melaksanakan tugas perusahaan. Berkaitan dengan hal tersebut, maka penyediaan fasilitas dapat bermanfaat terhadap lingkungan perusahaan yang berkaitan dengan kesejahteraan karyawannya. Berikut merupakan berbagai macam fasilitas dan hak karyawan yang dapat diberikan perusahaan untuk menunjang kinerja karyawan:

a. Hak Cuti

Hak cuti bagi karyawan dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu sebagai berikut.

1. Cuti Tahunan

Hak cuti tahunan dari setiap karyawan dapat diajukan maksimal 12 hari dalam kurun waktu satu tahun. Apabila dalam jangka waktu tersebut hak cuti tidak digunakan, maka hak cuti akan hilang dan tidak dapat diganti atau ditambahkan pada tahun selanjutnya.

2. Cuti Massal

Cuti massal ini diberikan kepada karyawan pada hari raya Idul Fitri, yaitu selama 4 hari kerja.

3. Cuti Hamil

Karyawan Wanita yang akan melahirkan berhak mendapatkan cuti hamil selama 3 bulan. Dalam kurun waktu tersebut, karyawan yang bersangkutan akan tetap menerima gaji dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dan anak kedua minimal 2 tahun.

b. Hari Libur Nasional

Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, untuk karyawan jenis *shift* hari libur nasional tetap harus masuk bekerja dan dihitung sebagai jam lembur. Namun, untuk karyawan *non-shift*, hari libur nasional merupakan hari libur kerja.

c. Kerja Lembur

Contoh dari kerja lembur adalah ketika karyawan *shift* tetap harus bekerja saat hari libur nasional. Untuk kasus lain, kerja lembur dapat dilaksanakan dengan persetujuan kepala bagian apabila ada hal mendesak yang harus segera diselesaikan oleh pekerja yang bersangkutan.

d. Pakaian Kerja

Perusahaan akan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahun dengan tujuan untuk menghindari kesenjangan antar karyawan. Selain itu, pakaian kerja akan dilengkapi dengan atribut pengaman untuk memastikan keamanan karyawan selama bekerja di perusahaan.

e. Jamsostek

Jamsostek adalah asuransi yang bertanggung jawab atas kecelakaan kerja yang bertujuan untuk menciptakan rasa aman dan nyaman kepada karyawan saat sedang menjalankan tugas karena setiap pekerjaan, terutama di pabrik memiliki risiko yang patut diwaspadai.

f. Tunjangan Hari Raya (THR)

Seperti namanya, tunjangan ini akan diberikan setiap tahun menjelang hari raya Idul Fitri. Besarnya tunjangan yang diberikan akan sesuai dengan jumlah yang disepakati perusahaan.

g. Penyediaan Fasilitas Lainnya

Fasilitas lain yang dapat diberikan perusahaan untuk menjamin kesejahteraan karyawannya antara lain sebagai berikut.

1. Penyediaan sarana transportasi berupa bus karyawan
2. Penyediaan poliklinik yang ditangani langsung oleh dokter dan perawat yang kompeten
3. Penyediaan tempat ibadah yang layak, yaitu dilengkapi dengan air dan listrik yang memadai
4. Penyediaan fasilitas koperasi karyawan untuk mempermudah karyawan dalam hal simpan pinjam atau memenuhi kebutuhan pokok yang mendesak
5. Penyediaan fasilitas kantin
6. Pemberian penghargaan kepada pekerja yang berhasil mencapai masa kerja 10 tahun atau lebih

BAB V

UTILITAS

Unit utilitas dalam suatu pabrik memiliki peran penting sebagai unit penunjang untuk kelancaran proses produksi. Unit penunjang memiliki fungsi untuk mendukung unit proses agar produk yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan. Penyediaan utilitas dalam suatu pabrik mencakup beberapa unit, yaitu:

- a. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
- b. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)
- c. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
- d. Unit Penyedia Udara Tekan (*Air System*)
- e. Unit Penyedia Bahan Bakar
- f. Unit Pengolahan Limbah

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Unit penyedia air dalam utilitas pabrik memiliki fungsi untuk memenuhi kebutuhan air, baik untuk keperluan proses produksi maupun domestik. Dalam perancangan pabrik asam formiat ini, air keperluan proses yang dibutuhkan meliputi air proses sebagai bahan baku utama pembuatan asam formiat, air pendingin, dan air *steam*. Sedangkan, air domestik yang dimaksud adalah air sanitasi yang berfungsi memenuhi kebutuhan air untuk karyawan dan keperluan lain diluar proses produksi.

Pada umumnya, penyediaan air dalam suatu pabrik dapat berasal dari air sumur, air sungai, air danau, ataupun air laut dengan pemilihan berdasarkan pertimbangan tertentu. Nantinya, air tersebut akan diolah menjadi air tawar sebelum akhirnya akan dialirkan menuju unit pendinginan atau pemanasan. Alasan tidak langsung menggunakan air tawar pada unit utilitas adalah karena total ketersediaan air di bumi diperkirakan sebesar $1.385.984 \text{ km}^3$ dengan kandungan air tawar berjumlah 35.029 km^3 . Hal tersebut berarti, dari keseluruhan air di bumi hanya terdapat $\pm 2,5\%$ yang merupakan air tawar (Ragestisvara & Titah, 2021).

Dalam perancangan pabrik asam formiat yang akan dibangun di daerah Gresik ini, air yang akan digunakan sebagai unit utilitas akan berasal dari air laut dengan pertimbangan berikut.

- a. Ketersediaan air laut yang melimpah. Hal ini berdasarkan data bahwa 70% dari keseluruhan air yang ada dipermukaan bumi merupakan air laut. Namun, pemanfaatan air laut dalam memenuhi kebutuhan air sehari-hari masih sangat kurang.
- b. Lokasi pabrik dekat dengan laut, sehingga akan memudahkan proses pengambilan air laut sebelum diolah di unit utilitas.

Secara keseluruhan, kebutuhan air pada pabrik asam formiat ini akan digunakan untuk beberapa keperluan proses dan *non*-proses berikut adalah penjelasannya.

a. Air Proses

Pada pabrik pembuatan asam formiat dari metil formiat dan air ini, air proses akan digunakan sebagai bahan baku utama yang akan menjadi umpan pada reaktor. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penyediaan air proses sebagai bahan baku adalah mikroba laut atau partikel-partikel kecil yang dapat menyebabkan *fouling*, kesadahan yang dapat menyebabkan kerak pada pipa dan alat, adanya kandungan logam yang larut dalam air dan menyebabkan korosi pada alat proses serta menyebabkan penurunan efisiensi. Oleh karena itu, kebutuhan air proses akan didapat dari tangki air demineralisasi yang sudah melalui proses penukaran ion dan kation.

Tabel 5.1 di bawah ini merupakan rincian dari kebutuhan air proses pada pabrik pembuatan asam formiat ini.

Tabel 5.1 Total kebutuhan air proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	Reaktor	R-01	2.565,744
Total			2.565,744

Karena mempertimbangkan faktor keamanan dari pabrik, maka kebutuhan air proses akan dibuat *over design* sebesar 20%. Sehingga, kebutuhan air proses pada pabrik pembuatan asam formiat menjadi 3.078,893 kg/jam.

b. Air Pendingin

Air pendingin akan digunakan sebagai media pendingin pada alat penukar panas yang digunakan pada beberapa alat proses, seperti *cooler* dan kondensor. Air pendingin sendiri merupakan air yang digunakan untuk menyerap panas berlebih pada suatu alat proses (Dhamayanthie & Nugraha, 2018).

Terdapat beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam membuat air pendingin sehingga air yang digunakan tidak mengganggu jalannya proses. Parameter-parameter tersebut harus ditinjau secara berkala melalui analisa laboratorium. Berikut adalah hal-hal yang perlu diperhatikan untuk air pendingin (Dhamayanthie & Nugraha, 2018).

1. *Turbidity*, yaitu jumlah padatan tersuspensi di dalam air.
2. pH air pendingin yang akan menunjukkan kecenderungan terjadinya korosi dan pembentukan kerak.
3. *Electrical conductivity*, yaitu jumlah padatan yang larut dalam air.
4. *M-alkalinity*, yaitu untuk memprediksi pertumbuhan dari kerak Kalsium Karbonat (CaCO_3).
5. *Calcium dan magnesium hardness*, merupakan parameter penting dalam memperkirakan pertumbuhan kerak dari kalsium karbonat dan ion magnesium yang akan membentuk magnesium silikat.

6. *Chloride*, yaitu parameter yang akan digunakan sebagai indeks untuk mengendalikan *cycle number cooling water*. Selain itu, konsentrasi *chloride* yang tinggi pada air pendingin mengindikasikan bahwa air memiliki sifat korosif yang cenderung tinggi.
7. Kandungan sulfat harus rendah karena mengindikasikan sifat korosif dan kandungan silika yang merupakan komponen pembentuk kerak pada alat proses.
8. Nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang tinggi akan mempercepat pertumbuhan *slime*.
9. Kandungan ammonium ion akan mempercepat pembentukan *slime* dan korosi pada tembaga dengan membentuk senyawa garam tembaga-ammonium. Selain itu, ketika ammonia berubah menjadi asam nitrat akibat bakteri nitrifikasi, pH air pendingin akan menurun sehingga bahan kimia penghambat korosi menjadi tidak berfungsi.
10. Total iron, merupakan salah satu *fouling* material dalam air pendingin, yaitu ketika senyawa besi terindikasi pada permukaan *tube heat exchanger* maka akan menyebabkan korosi pada material jenis *carbon steel*.
11. Konsentrasi *chlorine* harus dipertahankan pada angka tertentu sehingga air pendingin dapat menciptakan efek anti bakteri.

12. Konsentrasi dari *corrosion inhibitor* atau bahan kimia penghambat korosi juga perlu dipertahankan untuk menjaga efek anti korosi. Salah satu contoh senyawa yang biasa digunakan adalah total fosfat.

Kualitas dari air pendingin yang diinginkan dari pengolahan unit utilitas pabrik asam formiat ini dapat dilihat pada Tabel 5.2 (Dhamayanthie & Nugraha, 2018)

Tabel 5.2 Kualitas air pendingin

No	Parameter	Nilai	Unit
1	pH	8,2 – 8,7	
2	Konduktivitas	< 3.000	μs/cm
3	Total <i>hardness</i> (CaCO ₃)	< 800	ppm
4	Ca <i>hardness</i>	Tidak ada	
5	<i>Turbidity</i>	< 20	NTU
6	<i>Chloride</i> (Cl ⁻)	< 200	ppm
7	Fosfat (PO ₄ ⁻³)	1 – 3	ppm
8	Silika (SiO ₂)	Tidak ada	
9	Total solid	< 1.500	ppm
10	<i>Total Dissolved Solids</i> (TDS)	< 1.500	ppm
11	<i>Total Suspended Solids</i> (TSS)	< 500	ppm
12	<i>Iron</i> (Fe)	< 3	ppm
13	<i>M-Alkalinity</i>	100 - 400	ppm
14	<i>Free Chlorine</i> (Cl ₂)	≥ 0,1	ppm
15	Nitrit	Tidak ada	

Tabel 5.3 di bawah ini menunjukkan rincian kebutuhan air pendingin yang dibutuhkan pada alat proses perancangan pabrik asam formiat ini.

Tabel 5.3 Total kebutuhan air pendingin

No	Nama Alat	Kode Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	Kondensor	CD-01	28.014,683
		CD-02	93.698,605
		CD-03	50.888,987
		CD-04	12.304,968
2	Cooler	CL-01	449,050
		CL-02	3.057,674
		CL-03	2.154,559
		CL-04	4.288,738
Total			194.857,263

Karena mempertimbangkan faktor keamanan dari pabrik, maka kebutuhan air pendingin akan dibuat *over design* sebesar 20%. Sehingga, kebutuhan air pendingin pada pabrik pembuatan asam formiat menjadi 233.828,716 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pendingin mengalami *blowdown* pada unit *cooling tower* sehingga diperlukan air *make-up*. Setelah

dilakukan perhitungan didapatkan kebutuhan air *make-up* pendingin sebesar 5.331,295 kg/jam.

c. Air Pemanas (*Steam*)

Air pemanas atau *steam* akan digunakan sebagai media pemanas pada alat penukar panas, seperti pada *heater* dan reboiler. *Steam* yang dihasilkan akan didapat dari boiler. Boiler ini akan mengubah air menjadi fase uap dengan cara dididihkan. Permasalahan yang biasanya timbul dari sistem boiler dapat disebabkan oleh kualitas air umpan, bahan bakar, dan udara yang tidak sesuai persyaratan sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada alat dan *steam* yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditentukan. (Tarigan dkk., 2023).

Untuk meminimalisasi terjadinya kerusakan pada boiler sehingga dapat dihasilkan air pemanas yang sesuai maka perlu diperhatikan beberapa hal penting pada air umpan boiler, yaitu sebagai berikut.

1. Adanya zat pengotor seperti CaCO_3 , CaSO_4 , Fe_2O_3 , dan lain-lain yang dapat melekat pada logam dan menjadi keras sehingga dapat menimbulkan kerak pada alat proses. Kerak tersebut dapat menjadi penyebab terjadinya *local overheating* dan *failure*.
2. Adanya penyebab korosi yang dapat merusak permukaan logam yang diakibatkan oleh pH air yang terlalu rendah, gas-

gas dalam air seperti O_2 , masih adanya garam yang terkandung dalam air umpan boiler, dan kandungan padatan tersuspensi yang masih tinggi.

3. Adanya pembentukan busa atau *foaming* yang ditandai dengan adanya gelembung di atas permukaan air dalam boiler. Hal ini dapat disebabkan karena adanya kontaminasi zat kimia dalam air boiler.

Adapun spesifikasi air umpan boiler yang diharapkan dapat dilihat pada Tabel 5.4 di bawah ini (Tarigan dkk., 2023).

Tabel 5.4 Spesifikasi air umpan boiler

No	Parameter	Nilai	Unit
1	pH	10,5 – 11,5	
2	Konduktivitas	< 5.000	$\mu\text{s/cm}$
3	<i>Total Dissolved Solids</i> (TDS)	< 3.500	ppm
4	<i>P-Alkalinity</i>	Tidak ada	
5	<i>M-Alkalinity</i>	< 800	ppm
6	<i>O-Alkalinity</i>	$2,5 \times \text{SiO}_2$	ppm
7	<i>Hardness</i>	Tidak ada	
8	Silika (SiO_2)	< 150	ppm
9	<i>Iron</i> (Fe)	< 2	ppm
10	Fosfat	20 - 50	ppm
11	Sulfat	20 - 50	ppm
12	pH kondensat	8 - 9	

Tabel 5.5 di bawah ini menunjukkan rincian kebutuhan air umpan boiler yang akan dijadikan air pemanas untuk alat proses perancangan pabrik asam formiat ini.

Tabel 5.5 Total kebutuhan air umpan boiler

No	Nama Alat	Kode Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	Koil Pemanas pada Reaktor	R-01	195.070,652
2	Heater	HE-01	837,636
		HE-02	512,406
3	Reboiler	RB-01	1.053,987
		RB-02	3.860,226
		RB-03	2.517,481
		RB-04	532,663
Total			204.385,051

Karena mempertimbangkan faktor keamanan dari pabrik, maka kebutuhan air umpan boiler akan dibuat *over design* sebesar 20%. Sehingga, kebutuhan air pendingin pada pabrik pembuatan asam formiat menjadi 245.262,061 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air umpan boiler mengalami *blowdown* sehingga diperlukan air *make-up*. Setelah dilakukan perhitungan

didapatkan kebutuhan air *make-up steam* sebesar 38.264,817 kg/jam.

d. Air Sanitasi

Penggunaan air sanitasi akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan umum diluar kebutuhan proses, seperti air minum, perkantoran, kamar mandi, pemadam kebakaran, laboratorium, dan lain sebagainya. Menurut *World Health Organization* (WHO), persyaratan air bersih meliputi beberapa hal, seperti air harus jernih, tidak berbau, tidak berasa, bebas dari bahan kimia, bebas dari patogen dan parasit yang akan berbahaya bagi manusia, suhu yang sesuai dengan udara dan tidak mengandung zat berbahaya seperti zat radioaktif.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor: 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang syarat kualitas air bersih menyebutkan bahwa air bersih memiliki pengertian sebagai air yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari yang dapat diminum setelah dimasak sehingga dan tidak menimbulkan masalah kesehatan. Parameter spesifik lain mengenai air bersih sudah diatur berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017 yang dapat dilihat pada Tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5.6 Spesifikasi air bersih

No	Parameter	Nilai	Unit
1	Kekeruhan	25	NTU
2	Warna	50	TCU
3	<i>Total Dissolved Solids</i> (TDS)	1.000	mg/L
4	Suhu	Suhu udara	
5	Rasa	Tidak berasa	
6	Bau	Tidak berbau	
7	Total coliform	50	CFU/100 ml
8	E. coli	0	CFU/100 ml
9	pH	6,5 – 8,5	
10	Besi	1	mg/L
11	Fluorida	1,5	mg/L
12	Kesadahan (CaCO_3)	500	mg/L
13	Mangan	0,5	mg/L
14	Nitrat	10	mg/L
15	Nitrit	1	mg/L
16	Sianida	0,1	mg/L
17	Deterjen	0,05	mg/L
18	Total pestisida	0,1	mg/L

Dengan mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M/2020 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang, disebutkan bahwa minimal air yang dibutuhkan perhari untuk setiap pekerja adalah 60 liter. Oleh karena itu, direncanakan kebutuhan air untuk tiap karyawan pada pabrik asam formiat ini adalah 100 liter per hari.

Maka, rincian kebutuhan sanitasi pada pabrik asam formiat dapat dilihat pada Tabel 5.7 di bawah ini.

Tabel 5.7 Total kebutuhan air sanitasi

No	Jenis Kebutuhan		Kebutuhan Air (kg/jam)
1	Karyawan		644,905
2	Service water	Bengkel	200
		Poliklinik	500
		Taman, kantin, mushola	1.500
3	Pemadam kebakaran dan cadangan air		644.905
Total			3.789,905

Dengan begitu, didapat perencanaan untuk kebutuhan air sanitasi pabrik asam formiat ini sebesar 3.789,905 kg/jam.

Berdasarkan rincian kebutuhan air proses dan *non*-proses di atas, didapat rincian total kebutuhan air yang dapat dilihat pada Tabel 5.8 di bawah ini.

Tabel 5.8 Total kebutuhan air utilitas

No	Komponen	Kebutuhan Air (kg/jam)
1	Air proses	3.078,893
2	Air pendingin	233.828,716
3	Air pemanas	245.262,061
4	Air sanitasi	3.789,905
Total		485.959,575

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Unit pengolahan air berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air pada pabrik seperti yang sudah disebutkan sebelumnya. Sumber air yang akan digunakan pada pabrik ini akan berasal dari air laut. Standar komposisi dari air laut sendiri dapat dilihat pada Tabel 5.9 di bawah ini (Ragestisvara & Titah, 2021).

Tabel 5.9 Standar komposisi air laut

No	Komposisi	Konsentrasi	Unit
1	<i>Total Dissolved Solids</i> (TDS)	35.000	mg/L
2	pH	8,1	
3	<i>Turbidity</i>	3 - 15	NTU
4	Kalsium	410	mg/L
5	Magnesium	1.310	mg/L
6	Sodium	10.900	mg/L
7	Potassium	390	mg/L

Lanjutan Tabel 5.9

No	Komposisi	Konsentrasi	Unit
8	Barium	0,05	mg/L
9	Strontium	12	mg/L
10	Besi	< 0,02	mg/L
11	Mangan	< 0,01	mg/L
12	Silika	0,04 – 8	mg/L
13	<i>Chloride</i>	19.700	mg/L
14	Sulfat	2.740	mg/L
15	<i>Fluoride</i>	1,4	mg/L
16	<i>Bromide</i>	65	mg/L
17	Nitrat	< 0,7	mg/L
18	Bikarbonat	152	mg/L
19	Boron	4 - 5	mg/L

Dengan rincian komposisi seperti di atas, air laut perlu melalui proses pengolahan terlebih dulu sebelum akhirnya layak untuk disalurkan sebagai air proses, air pendingin, air umpan boiler, dan air sanitasi pada pabrik. Proses pengolahan utama yang digunakan pada unit utilitas ini adalah sistem *Sea Water Reverse Osmosis* (SWRO) yang mampu menampung kapasitas air yang besar dan dianggap efektif untuk memanfaatkan air laut sebagai air utilitas. Tahap pengolahan air laut pada unit utilitas dapat dilihat pada Gambar 5.1 di bawah ini.

a. Penyaringan atau *Screening*

Tahap pertama yang dilakukan adalah penyaringan atau *screening* air laut yang bertujuan sebagai proses pembersihan air laut dari kotoran atau benda-benda asing yang ikut terambil pada aliran pompa. Unit penyedia air laut sebagai bahan baku air utilitas ini dinamakan *sea water intake system* yang terdiri dari *screen* dan pompa. Jenis *screen* yang akan digunakan adalah *bar screen*. Alasan digunakannya *bar screen* adalah karena jenis *screen* ini biasa dipakai untuk menyaring kotoran berukuran medium-sedang dan mudah untuk dibersihkan dibanding tipe yang lainnya (Qasim, 1999).

Air laut akan dihisap lalu dialirkan menggunakan *sea water intake pump* yang posisinya berada pada kedalaman 7,3 m dari ICD (*International Chart Datum*), karena pada posisi ini kualitas air laut yang didapat akan lebih baik. Pada unit ini, akan dilengkapi bar-bar yang bertujuan untuk mencegah hewan laut yang mungkin ikut masuk. Bar-bar tersebut akan berfungsi sebagai penyaring awal sebelum air laut akan diolah lebih lanjut

b. Klorinasi

Tahap selanjutnya setelah proses penyaringan awal adalah penambahan klorin yang dilakukan melalui injeksi ke bak penampungan. Penambahan klorin ini merupakan bagian dari *chemical treatment* pengolahan air laut yang dilakukan dengan

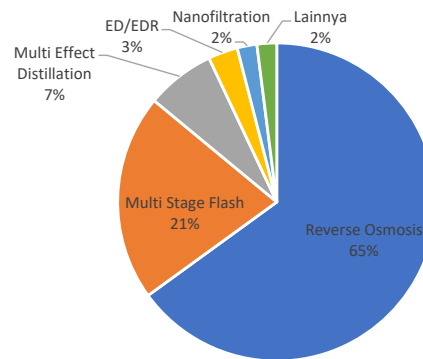
tujuan mencegah pertumbuhan alga dan mikroorganisme laut lainnya yang dapat menempel pada dinding alat, serta menjaga air agar bebas dari kerak akibat organisme laut. Pada tahap ini senyawa klorin yang akan dipakai berasal dari NaOCl dengan konsentrasi 200 ppm (Abdillah, 2021).

c. Desalinasi

Desalinasi dapat didefinisikan sebagai proses pengolahan air payau atau air laut menjadi air yang dapat dimanfaatkan, yaitu air dengan total padatan terlarut yang masih dalam batas yang diizinkan dan dapat diminum sebesar 200 – 500 ppm (Ragestisvara & Titah, 2021). Desalinasi sendiri merupakan solusi yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air tawar yang ketersediaannya cukup langka.

Air laut sendiri merupakan jenis air yang mengandung banyak garam yang berwujud ion-ion seperti yang sudah disebutkan sebelumnya. Banyaknya kadar garam pada air laut inilah yang mengakibatkan perlunya proses desalinasi untuk penjernihan air laut. Terdapat dua cara desalinasi, yaitu distilasi dan filtrasi. Desalinasi dengan distilasi, yaitu *Multi Stage Flash Distillation* (MSF), *Multiple Effect Distillation* (MED) dan *vapor compression*. Sedangkan, desalinasi dengan filtrasi meliputi RO, Elektrodialisis (ED), dan *Nanofiltration* (NF). Gambar 5.2 di bawah ini

menunjukkan kapasitas teknologi desalinasi global (Cohen dkk., 2017).



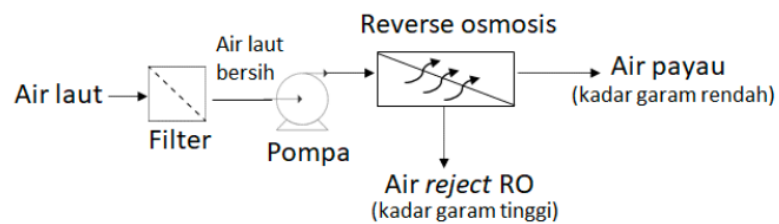
Gambar 5.2 Kapasitas teknologi desalinasi global

Dari Gambar 5.2 di atas, dapat diketahui bahwa teknologi RO lebih banyak digunakan dibandingkan dengan teknik desalinasi lainnya. Teknologi MED sendiri pada umumnya memiliki kapasitas yang cukup besar yaitu 600 – 91.000 m³/hari dengan kebutuhan energi 2 – 3 kali lebih besar dari RO. Sedangkan, untuk teknologi MSF membutuhkan energi 3 – 4 kali lebih besar dari RO. Besarnya energi yang dibutuhkan untuk teknologi MED dan MSF tersebut diakibatkan oleh adanya proses penguapan yang membutuhkan energi panas dan listrik, sedangkan RO hanya membutuhkan energi listrik. Oleh karena itu, metode RO atau *Reverse Osmosis* dapat dikatakan sebagai salah satu metode terbaik dalam menjernihkan air laut (Ragestisvara & Titah, 2021).

Prinsip dasar dari RO sendiri adalah proses fisik yang memanfaatkan tekanan osmotik. Perbedaan tekanan osmotik antara air laut dengan air tawar akan dimanfaatkan untuk menghilangkan

kandungan garam dalam air. Teknologi ini menerapkan sistem osmosis yang dibalik yaitu dengan memberikan tekanan yang lebih besar dari tekanan osmosis air asin. Air asin tersebut ditekan supaya melewati membran yang bersifat semipermeabel sehingga molekul yang mempunyai diameter lebih besar dari air akan tersaring. Tekanan yang biasa digunakan untuk sistem RO air laut berkisar antara 700 - 900 psi dengan menggunakan pompa bertekanan, yaitu pompa piston aksial dengan konsumsi energi 2 - 6 kWh/m³ atau 2,58 - 8,5 kWh/m³ (Ragestisvara & Titah, 2021). Pada perancangan kali ini, tekanan yang digunakan sebesar 700 psi.

Proses utama dari sistem RO akan menggunakan sistem membran yang terdiri dari bejana bertekanan dan membrane semipermeabel yang berfungsi sebagai alat pemisah atau penyaring air dari garam yang terkandung didalamnya. Nantinya, pengaturan pH pada air akan diupayakan berada pada kisaran 6,8 – 8,1 sesuai dengan syarat spesifikasi air minum yang diizinkan. Sistem aliran operasi dari RO ini ada tiga, yaitu umpan, *permeate* yang merupakan air tawar setelah melewati membran, dan *concentrate* yang merupakan bagian dari campuran yang tidak melewati membran atau air dengan konsentrasi kandungan garam yang masih sangat tinggi. Skema dari prinsip dasar RO dapat dilihat pada Gambar 5.3 di bawah ini.



S

Gambar 5. 3 Skema prinsip dasar *reverse osmosis*

Selain karena teknologi RO banyak digunakan dibandingkan dengan teknologi desalinasi lainnya, pemilihan RO sebagai teknologi desalinasi kali ini juga didasarkan pada beberapa kelebihan RO lainnya, yaitu.

1. Tidak memerlukan penambahan bahan kimia untuk menghilangkan zat terlarut.
2. Tidak memerlukan energi panas tambahan sehingga suhu air yang masuk akan sama dengan yang keluar.
3. Efisiensi yang tinggi dengan peralatan yang sederhana dan perawatan yang mudah.
4. Konsumsi energi yang rendah dengan kapasitas yang cukup tinggi.

Setelah melalui proses desalinasi menggunakan RO, air laut yang sudah menjadi air tawar dapat dialirkan menuju unit-unit yang membutuhkan, seperti area sanitasi, dan lainnya.

d. Unit Pendinginan

Air pendingin yang dibutuhkan pada unit proses didapat melalui proses pendinginan menggunakan *cooling tower*. Pada bagian ini, air akan dikontakkan dengan udara dalam *cooling tower* menggunakan *fan* sehingga suhunya dapat turun dan dapat dialirkan menuju unit proses yang membutuhkan.

e. Demineralisasi

Demineralisasi merupakan proses yang berfungsi untuk mengurangi kandungan ion positif dan ion negatif yang masih terkandung dalam air hasil proses desalinasi. Proses ini perlu dilakukan karena air umpan boiler yang digunakan tidak cukup hanya menggunakan air bersih, namun air tersebut harus bebas dari kandungan ion-ion didalamnya atau biasa disebut sebagai air demin. Kandungan ion tersebut jika dibiarkan dan dijadikan air umpan boiler akan menyebabkan kerak dan bersifat korosif pada boiler.

Proses demineralisasi ini akan menggunakan *ion exchanger* yang terdiri dari dua tahap, yaitu *cation exchanger* dan *anion exchanger*. Penukaran ion akan memanfaatkan resin penukar anion dan kation yang pada periode tertentu akan jenuh sehingga tidak lagi mampu mengikat ion secara optimal. Oleh karena itu, proses ini akan memerlukan regenerasi resin yang merupakan pengaktifan kembali resin agar kembali dapat digunakan untuk mengikat ion-ion dalam air.

Air desalinasi akan terlebih dulu dialirkan menuju *cation exchanger* yang akan bekerja untuk mengikat ion positif dan menggantikan ion H^+ dari resin sehingga ion positif yang terkandung dalam air dapat terikat. Untuk kebutuhan regenerasi resin pada *cation exchanger* akan didapat dari senyawa HCl atau asam klorida. Dari proses ini, air yang dihasilkan akan bersifat asam.

Selanjutnya, air yang sudah bersifat asam tersebut akan dialirkan menuju tahap kedua yaitu *anion exchanger*. Prinsip yang digunakan pada tahap ini adalah mengikat ion negatif dan menggantikan ion OH^- yang terkandung dalam resin sehingga ion negatif yang terdapat dalam air dapat terikat. Regenerasi resin yang digunakan adalah senyawa NaOH. Dari proses ini, air yang dihasilkan akan bersifat netral atau dapat dikatakan sebagai air demin. Air demin tersebut akan dialirkan menuju tangki air demin untuk selanjutnya dapat dialirkan langsung ke reaktor sebagai air proses. Namun, untuk menjadi air umpan boiler masih perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut.

f. Deaerasi

Deaerasi merupakan proses yang terjadi dengan menggunakan deaerator yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan oksigen (O_2) yang terkandung dalam air demin. Kandungan oksigen pada air demin perlu dihilangkan agar air umpan boiler

yang digunakan tidak berpotensi untuk menyebabkan korosi pada boiler.

Untuk menghilangkan gas tersebut, pada deaerator akan diinjeksikan hidrazin (N_2H_4) yang akan mengikat O_2 . Setelah air yang dihasilkan sudah bebas dari oksigen, air dari deaerator akan akan dialirkan sebagai air umpan boiler untuk selanjutnya diproses hingga menghasilkan *steam* dengan suhu $150^\circ C$ dan digunakan sebagai media pemanas pada unit proses yang membutuhkan.

5.1.3 Spesifikasi Alat Unit Pengolahan Air

Tahapan dari unit pengolahan air akan membutuhkan beberapa alat dengan spesifikasi yang sudah disesuaikan berdasarkan bahan baku yang digunakan dan air yang ingin dihasilkan. Berikut adalah rinciannya.

a. *Screen* (SC-01)

Kode	: SC-01
Fungsi	: Untuk menyaring kotoran-kotoran dari air laut sebelum diolah lebih lanjut
Jenis	: <i>Bar Screen</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>

Spesifikasi *Screen*

Lebar <i>screen</i>	: 0,214 m
Kedalaman <i>screen</i>	: 0,321 m
Luas penampang	: 0,069 m ²

Total *bar* : 4 *bar*
Head loss (clear) : 0,017 m
Head loss (clogged) : 0,118 m

b. Reverse Osmosis (RO-01)

Kode : RO-01
 Fungsi : Untuk menghilangkan adar garam yang terkandung dalam air laut
 Jenis : *Spiral wound* dengan *flow channel* 90 mil
 Bahan konstruksi : *Composite*
 Bahan *housing* : *Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Kondisi Operasi

Suhu : 30°C
 Tekanan : 48 atm

Spesifikasi Reverse Osmosis

Jumlah *permeate* : 148.678,013 L/jam
 Fluks : 16 L/m²/jam
 Nomor membran : 6
 Nomor *housing* : 20
 Luas area tekanan : 486,593 m²

c. Cooling Tower (CT-01)

Kode : CT-01

Fungsi : Untuk mendinginkan air desalinasi sehingga menjadi air pendingin yang akan digunakan pada alat proses yang butuh media pendingin

Jenis : *Cooling Tower Induced Draft*

Bahan konstruksi : *Carbon Steel*

Kondisi Operasi

Suhu masuk : 35°C

Suhu keluar : 30°C

Spesifikasi *Cooling Tower*

Konsentrasi air : 3,5 gal/menit.ft²

Luas *tower* : 27,330 m²

Tinggi *tower* : 9 m

Fan power : 15 Hp

d. *Kation Exchanger* (KE-01)

Kode : KE-01

Fungsi : Untuk menghilangkan kation atau ion-ion positif yang terdapat dalam air

Jenis : *Down flow cation exchanger*

Bahan konstruksi : *Carbon Steel*

Jenis resin : HCl

Spesifikasi *Kation Exchanger*

Kecepatan aliran air : 4 gpm/ft²

Luas tangki : 4,228 m²

Diameter tangki : 2,321 m
 Tinggi bed : 0,587 m
 Kebutuhan HCl : 83.972,705 kg/tahun

e. *Anion Exchanger* (AE-01)

Kode : AE-01
 Fungsi : Untuk menghilangkan anion atau ion-ion negatif yang terdapat dalam air
 Jenis : *Strongly basic anion exchanger*
 Bahan konstruksi : *Carbon Steel*
 Jenis resin : NaOH

Spesifikasi *Anion Exchanger*

Kecepatan aliran air : 5 gpm/ft²
 Luas tangki : 3,383 m²
 Diameter tangki : 2,076 m
 Tinggi bed : 1,467 m
 Kebutuhan NaOH : 1.836.902,932 kg/tahun

f. *Deaerator* (DE-01)

Kode : DE-01
 Fungsi : Untuk menghilangkan kandungan gas terlarut dalam air umpan boiler
 Jenis : Tangki silinder
 Bahan konstruksi : *Carbon Steel*

Spesifikasi *Deaerator*

Jumlah tangki	: 1 buah
Volume tangki	: 541,127 m ²
Diameter tangki	: 8,834 m
Tinggi tangki	: 8,834 m

g. Bak Penampungan

Spesifikasi bak penampungan pada utilitas dapat dilihat pada Tabel 5.10 di bawah ini.

Tabel 5.10 Spesifikasi bak penampungan

Spesifikasi Bak Penampungan		
Kode	BU-01	BU-02
Fungsi	Menampung air laut yang sudah disaring untuk kemudian diinjeksikan klorin berupa natrium hipoklorin (NaOCl) 200 ppm	Menampung air desalinasi dari <i>reverse osmosis</i> (RO-01) sebelum dialirkan menuju proses pengolahan selanjutnya
Jenis	Bak persegi panjang	Bak persegi panjang
Bahan konstruksi	Beton bertulang	Beton bertulang
Jumlah air (kg/jam)	151.394,443	151.394,443
Waktu tinggal (jam)	12	12
Volume (m ³)	2.140,963	2.140,963
Tinggi (m)	8,119	8,119
Panjang (m)	16,239	16,239
Lebar (m)	16,239	16,239

Spesifikasi Bak Penampungan		
Kode	<i>Hot</i> basin	<i>Cold</i> basin
Fungsi	Menampung air yang akan didinginkan di <i>cooling tower</i> (CT-01)	Menampung air pendingin yang telah diproses di <i>cooling tower</i> (CT-01) sebelum dialirkan menuju alat proses yang membutuhkan
Jenis	Bak persegi panjang	Bak persegi panjang
Bahan konstruksi	Beton bertulang	Beton bertulang
Jumlah air (kg/jam)	233.828,716	233.828,716
Waktu tinggal (jam)	1	1
Volume (m ³)	275,560	275,560
Tinggi (m)	4,099	4,099
Panjang (m)	8,199	8,199
Lebar (m)	8,199	8,199

h. Tangki Penyimpanan Bahan

Spesifikasi tangki penyimpanan bahan yang digunakan dalam unit utilitas dapat dilihat pada Tabel 5.11 di bawah ini.

Tabel 5. 11 Spesifikasi tangki penyimpanan bahan utilitas

Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan	
Jenis Bahan yang Disimpan	NaOCl
Fungsi	Untuk menyimpan klorin yang akan diinjeksikan ke bak penampungan (BU-01) yang bertujuan untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme pada dinding alat
Konsentrasi (mg/L)	200
Fasa	Cair
Jumlah tangki	1 unit
Jenis	Tangki silinder tegak
Lama penyimpanan	14 hari
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Spesifikasi Tangki	
Total kebutuhan bahan (kg)	9.991,162
Volume (m ³)	9,941
Diameter tangki (m)	2,331
Tinggi tangki (m)	2,331

Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan		
Jenis Bahan yang Disimpan	HCl	NaOH
Fungsi	Untuk menyimpan larutan HCl yang	Untuk menyimpan larutan NaOH yang

	akan digunakan sebagai regenerasi resin pada <i>kation exchanger</i> (KE-01)	akan digunakan sebagai regenerasi resin pada <i>anion exchanger</i> (AE-01)
Kadar (%)	5	5
Fasa	Cair	Cair
Jumlah tangki	1 unit	1 unit
Kapasitas	2 regenerasi	2 regenerasi
Jenis	Tangki silinder tegak dengan atap <i>conical</i> dan dasar rata	Tangki silinder tegak dengan atap <i>conical</i> dan dasar rata
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Spesifikasi Tangki		
Total kebutuhan bahan (kg)	254,463	5.566,373
Volume tangki (m ³)	5,368	128,578
Diameter tangki (m)	1,898	5,471
Tinggi tangki (m)	1,898	5,471

i. Tangki Penyimpanan Produk

Tabel 5.12 di bawah ini menunjukkan spesifikasi dari masing-masing tangki penyimpanan kebutuhan air utilitas.

Tabel 5.12 Spesifikasi tangki penyimpanan air utilitas

Spesifikasi Tangki Penyimpanan Produk		
Kode	TU-01	TU-02
Nama	Tangki Air Sanitasi	Tangki Air Demin

Fungsi	Untuk menyimpan air bersih hasil desalinasi sebelum dialirkan menuju area kebutuhan sanitasi	Menamoung air bersih hasil demineralisasi sebelum dialirkan sebagai air proses dan diolah lebih lanjut sebagai air umpan boiler
Fasa	Cair	Cair
Jumlah tangki	1 unit	1 unit
Jenis	Tangk isilinder tegak	Tangk isilinder tegak
Waktu tinggal air	4 jam	2 jam
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>
Spesifikasi Tangki		
Volume tangki (m ³)	17,865	97,445
Diameter tangki (m)	2,834	4,988
Tinggi tangki (m)	2,834	4,988

j. Pompa

Dalam unit pengolahan air utilitas, akan digunakan 14 pompa dengan spesifikasi masing-masing pompa ditunjukkan oleh Tabel 5.13 di bawah ini.

Tabel 5.13 Spesifikasi pompa utilitas

Spesifikasi Pompa Utilitas		
Kode	PU-01	PU-02

Fungsi	Mengalirkan air dari laut menuju <i>bar screen</i>	Mengalirkan air laut dari <i>bar screen</i> menuju bak penampungan sementara (BU-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Bahan yang dipompa	Air Laut	Air Laut
Kapasitas (m ³ /jam)	178,414	178,414
Viskositas (cP)	0,733	0,733
Suhu fluida (°C)	35	35
<i>Pump head</i> (m)	22,559	8,449
Daya motor (Watt)	14.914	1.491,400

Spesifikasi Pompa Utilitas		
Kode	PU-03	PU-04
Fungsi	Mengalirkan dan menaikkan tekanan air laut dari bak penampungan (BU-01) menuju <i>Sea Water Reverse Osmosis</i> (RO-01)	Mengalirkan air desalinasi dari <i>reverse osmosis</i> (RO-01) menuju tangki sanitasi (TU-01)

Jenis	<i>Centrifugal Pump, Multi Stage, Single Suction</i>	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Bahan yang dipompa	Air Laut	Air Desalinasi
Kapasitas (m ³ /jam)	178,414	4,466
Viskositas (cP)	0,733	0,733
Suhu fluida (°C)	35	35
<i>Pump head</i> (m)	175,863	23,056
Daya motor (Watt)	149.140	372,850

Spesifikasi Pompa Utilitas		
Kode	PU-05	PU-06
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki sanitasi (TU-01) menuju area kebutuhan sanitasi	Mengalirkan air desalinasi dari <i>reverse osmosis</i> (RO-01) menuju <i>hot</i> basin
Jenis	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Bahan yang dipompa	Air Sanitasi	Air Desalinasi

Kapasitas (m ³ /jam)	4,466	275,560
Viskositas (cP)	0,733	0,733
Suhu fluida (°C)	35	35
<i>Pump head</i> (m)	24,748	20,688
Daya motor (Watt)	745,700	18.642,500

Spesifikasi Pompa Utilitas		
Kode	PU-07	PU-08
Fungsi	Mengalirkan air dari <i>hot</i> basin menuju <i>cooling tower</i> (CT-01) untuk proses pendinginan	Mengalirkan air pendingin dari <i>cooling tower</i> (CT-01) menuju <i>cold</i> basin
Jenis	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Bahan yang dipompa	Air Desalinasi	Air Pendingin
Kapasitas (m ³ /jam)	275,560	274,319
Viskositas (cP)	0,733	0,733
Suhu fluida (°C)	35	30
<i>Pump head</i> (m)	8,679	15,634
Daya motor (Watt)	11.185,500	18.642,500

Spesifikasi Pompa Utilitas		
Kode	PU-09	PU-10
Fungsi	Mengalirkan air desalinasi dari <i>reverse osmosis</i> (RO-01) menuju <i>kation exchanger</i> (KE-01)	Mengalirkan air dari <i>kation exchanger</i> (KE-01) menuju <i>anion exchanger</i> (AE-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Bahan yang dipompa	Air Desalinasi	Air Desalinasi
Kapasitas (m ³ /jam)	48,722	48,722
Viskositas (cP)	0,733	0,733
Suhu fluida (°C)	35	35
<i>Pump head</i> (m)	24,443	4,697
Daya motor (Watt)	5.592,750	1.491,400

Spesifikasi Pompa Utilitas		
Kode	PU-11	PU-12
Fungsi	Mengalirkan air demin dari <i>anion exchanger</i> (AE-01) menuju tangki air demin (TU-02)	Mengalirkan air demin dari tangki air demin (TU-02) sebagai air proses

		menuju unit proses yang membutuhkan
Jenis	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Bahan yang dipompa	Air Demineralisasi	Air Proses
Kapasitas (m ³ /jam)	48,722	3,628
Viskositas (cP)	0,733	0,733
Suhu fluida (°C)	35	35
<i>Pump head</i> (m)	8,172	9,519
Daya motor (Watt)	3.728,500	93,212

Spesifikasi Pompa Utilitas		
Kode	PU-13	PU-12
Fungsi	Mengalirkan air demin dari tangki air demin (TU-02) menuju deaerator (DE-01)	Mengalirkan air dari deaerator (DE-01) menuju boiler (BO-01) untuk proses pemanasan
Jenis	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>	<i>Centrifugal Pump, Single Stage, Single Suction</i>
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>

Bahan yang dipompa	Air Demineralisasi	Air Demineralisasi
Kapasitas (m ³ /jam)	45,094	289,034
Viskositas (cP)	0,733	0,733
Suhu fluida (°C)	35	35
<i>Pump head</i> (m)	5,839	7,579
Daya motor (Watt)	2.237,100	11.185,5

k. *Expansion Valve*

Spesifikasi <i>Expansion Valve</i>	
Kode	EV-01
Fungsi	Menurunkan tekanan hasil desalinasi dari <i>reverse osmosis</i> (RO-01) sebelum menuju bak penampungan (BU-02)
Jenis	<i>Globe Valve</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 tipe 304</i>
Bahan yang dialirkan	Air (H ₂ O)
Viskositas (cP)	0,733
Tekanan masuk (atm)	47,632
Tekanan keluar (atm)	1
<i>Pressure head</i> (m)	473,171

5.2 Unit Pembangkit *Steam*

Unit pembangkit *steam* memiliki fungsi untuk memenuhi kebutuhan proses berupa *steam* yang dihasilkan menggunakan boiler. Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, air yang akan dialirkan sebagai umpan boiler sebesar 245.262,061 kg/jam.

Pada dasarnya, boiler sendiri merupakan bejana tertutup yang menghasilkan *steam* melalui proses pembakaran secara kontinyu didalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar (Shahab & Amna, 2023). Untuk mengubah air menjadi uap, bahan bakar yang digunakan boiler harus memiliki nilai kalor yang tinggi sehingga efisiensinya juga tinggi.

Pada prinsipnya, boiler terbagi menjadi dua, yaitu boiler pipa api (*fire tube boiler*) dan boiler pipa air (*water tube boiler*). Pada boiler pipa api, gas akan melewati *tube*, sedangkan air umpan boiler akan berada pada *shell* untuk diubah menjadi uap. Biasanya, boiler jenis ini digunakan untuk menghasilkan uap dengan kapasitas yang cenderung kecil, yaitu 12 ton/jam dengan tekanan uap yang cenderung rendah, yaitu sekitar 250 psi. Sedangkan, boiler pipa air merupakan jenis boiler yang memiliki kapasitas lebih besar dengan tekanan yang juga lebih tinggi. Seperti namanya, boiler pipa air akan mengalirkan air pada pipa atau *tube*, sedangkan gas panas akan berada pada *shell*. Boiler pipa air yang modern dapat dirancang hingga kapasitas uap di atas 10.000 kg/jam dengan tekanan lebih dari 100 bar. (Shahab & Amna, 2023)

Pada perancangan pabrik asam formiat ini, jenis boiler yang digunakan adalah *water tube boiler*. Hal tersebut didasarkan pada kebutuhan *steam* yang cukup tinggi, yaitu 245.262,061 kg/jam. Prinsip dasar dari boiler sendiri adalah proses pembakaran yang merupakan reaksi kimia cepat antara oksigen dengan bahan yang dapat terbakar sehingga dapat menghasilkan kalor. Boiler akan menghasilkan efisiensi yang tinggi ketika reaksi pembakaran sempurna, panas pembakaran dari bahan bakar maksimal, *tube* bersih, dan sistem pembakaran bahan bakar yang baik. Setelah, air umpan boiler diubah menjadi *steam* dengan suhu 150°C, *steam* tersebut akan dialirkan menuju unit proses yang membutuhkan, yaitu pada koil pemanas reaktor, *heater*, dan reboiler.

Pada Tabel 5.14 di bawah ini, dapat dilihat rincian spesifikasi dari perancangan boiler (BO-01) yang digunakan pada unit utilitas ini.

Tabel 5.14 Spesifikasi boiler

Spesifikasi Boiler	
Kode	BO-01
Fungsi	Memanaskan air demineralisasi dari deaerator (DE-01) menjadi uap untuk dialirkan ke unit proses yang membutuhkan media pemanas berupa <i>saturated steam</i>
Jenis	<i>Water Tube Boiler</i>
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Jenis bahan bakar	<i>Fuel Oil</i>
Kapasitas umpan (kg/jam)	245.262,061
Kapasitas <i>steam</i> (kg/jam)	306.577,577

Kondisi Operasi	
Suhu air (°C)	1
Suhu <i>steam</i> (°C)	473,171
Tekanan (atm)	1
Luas perpindahan panas (m ²)	2.824,407

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Unit pembangkit listrik memiliki fungsi untuk menyediakan tenaga penggerak bagi alat proses sekaligus sebagai penyedia listrik cadangan. Oleh karena itu, kebutuhan listrik dari pabrik asam formiat ini akan diperoleh melalui dua sumber, yaitu PLN dan generator. Generator akan digunakan sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan karena kebutuhan listrik dalam pabrik harus berjalan secara terus-menerus dan tidak boleh terjadi perubahan tegangan. Oleh karena itu, jenis generator yang akan digunakan pada unit pembangkit listrik ini adalah generator dengan arus bolak-balik atau disebut juga sebagai AC generator dengan input sebesar 2.500 kW dengan efisiensi sebesar 80%.

Secara umum, generator merupakan alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator AC sendiri merupakan generator yang dapat menghasilkan energi listrik melalui arus bolak-balik yang didasari dengan hukum faraday. Jenis generator AC ini menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dibanding generator DC atau generator dengan arus searah (Supriyatna, 2023).

Kebutuhan listrik pada pabrik pembuatan asam formiat akan dibagi menjadi beberapa jenis kebutuhan, yaitu kebutuhan alat proses, alat utilitas, penerangan dan AC, instrumentasi, serta laboratorium dan bengkel. Rincian kebutuhan listrik untuk unit proses dapat dilihat pada Tabel 5.15 di bawah ini.

Tabel 5.15 Total kebutuhan listrik unit proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Daya	
			HP	kW
1	Reaktor	R-01	2,000	1,491
2	Pompa	P-01	5,000	3,729
		P-02	3,000	2,237
		P-03	0,500	0,373
		P-04	0,125	0,093
		P-05	0,750	0,559
		P-06	5,000	3,729
		P-07	0,083	0,062
		P-08	3,000	2,237
		P-09	2,000	1,491
		P-10	2,000	1,491
		P-11	2,000	1,491
		P-12	10,000	7,457
		P-13	0,500	0,373
		P-14	0,750	0,559
		P-15	0,250	0,186
		P-16	0,125	0,093
		P-17	0,500	0,373
Total				34,644

Dengan mempertimbangan faktor keamanan, kebutuhan listrik untuk unit proses akan dibuat *over design* sebesar 20%. Oleh karena itu, total kebutuhan listrik untuk unit proses menjadi 33,631 kW.

Selanjutnya, kebutuhan listrik untuk unit utilitas dapat dilihat pada Tabel 5.16 di bawah ini.

Tabel 5.16 Total kebutuhan listrik unit utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Daya	
			HP	kW
1	Fan <i>Cooling Tower</i>	CT-01	15,000	11,186
2	Kompresor	CP-01	10,000	7,457
3	Pompa Utilitas	PU-01	20,000	14,914
		PU-02	2,000	1,491
		PU-03	200,000	149,140
		PU-04	0,500	0,373
		PU-05	1,000	0,746
		PU-06	25,000	18,643
		PU-07	15,000	11,186
		PU-08	25,000	18,643
		PU-09	7,500	5,593
		PU-10	2,000	1,491
		PU-11	5,000	3,729
		PU-12	0,125	0,093
		PU-13	3,000	2,237
		PU-14	15,000	11,186
Total				258,105

Dengan mempertimbangan faktor keamanan, kebutuhan listrik untuk unit utilitas akan dibuat *over design* sebesar 20%. Oleh karena itu, total kebutuhan listrik untuk unit proses menjadi 309,726 kW.

Kebutuhan listrik untuk penerangan dirancang dengan mempertimbangan kebutuhan dalam ruangan dan luar ruangan. Lampu dalam ruang akan menggunakan jenis lampu dengan daya 40 watt, sedangkan lampu luar ruangan akan menggunakan jenis lampu *mercury* dengan daya 250 watt. Dengan begitu, kebutuhan listrik untuk penerangan pada pabrik sebesar 141.320 watt atau setara dengan 141,320 kW. Selanjutnya, untuk kebutuhan listrik AC dirancang berdasarkan pertimbangan luas ruangan yang membutuhkan AC, sehingga secara keseluruhan listrik AC yang dibutuhkan sebesar 333,288 kW.

Kebutuhan listrik untuk instrumentasi diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik dari unit proses dan unit utilitas. Maka, kebutuhan listrik untuk instrumentasi yang diperlukan sebesar 52,695 kW. Kebutuhan listrik yang terakhir adalah untuk laboratorium dan bengkel yang diperkirakan sebesar 20% dari total kebutuhan listrik unit proses dan utilitas, yaitu 70,260 kW.

Dengan begitu, rincian kebutuhan total listrik untuk pabrik asam formiat dapat dilihat pada Tabel 5.17 di bawah ini.

Tabel 5.17 Total kebutuhan listrik

No	Keperluan Listrik	Kebutuhan Listrik (kW)
1	Unit Proses	33,631
2	Unit Utilitas	309,726

3	Penerangan dan AC	474,608
4	Laboratorium dan Bengkel	70,260
5	Instrumentasi	52,695
Total		932,535

Karena mempertimbangkan faktor keamanan untuk kebutuhan listrik lainnya, maka total kebutuhan listrik akan dirancang *over design* sebesar 10% sehingga totalnya menjadi 1.025,789kW.

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan berfungsi untuk menyediakan udara bertekanan dalam pabrik yang memiliki tugas untuk menjadi penggerak bagi sistem instrumentasi berupa *controller* yang terdapat dalam unit proses secara pneumatik. Secara sederhana, sistem kerja pneumatik bekerja dengan menaikkan tekanan udara oleh kompresor sehingga mampu menggerakkan berbagai alat industri.

Beberapa syarat yang harus diperhatikan sebagai bahan baku dari unit ini yaitu udara harus mengandung kadar air maksimum sesuai batas yang diizinkan agar berfungsi optimal dan ukuran partikel yang terperangkap harus maksimum agar meminimalisasi penyumbatan yang mungkin terjadi pada jalur jalannya udara.

Bahan baku berupa udara akan didapat dari lingkungan sekitar pabrik yang akan dinaikkan tekanannya menggunakan kompresor. Selanjutnya, udara akan dialirkan menuju *controller*. Namun, perlu diperhatikan bahwa udara harus dalam keadaan kering sehingga akan dibutuhkan tangki berisi *silica gel* yang berfungsi untuk menampung udara kering atau sebagai

penjerap air yang terkandung dalam udara. Daya absorpsi dari *silica gel* terhadap air dapat mencapai 80%.

Tekanan dari unit udara tekan biasanya berada pada kisaran 5,5 - 7,2 bar. Pada perancangan kompresor kali ini, tekanan yang digunakan adalah 7 bar. Pada pabrik asam formiat ini, kompresor yang digunakan merupakan jenis komproses sentrifugal yang akan menaikkan tekanan 54 buah *controller* yang digunakan pada alat proses. Pada setiap *controller*, udara tekan yang dibutuhkan sebesar 1 ft³/menit atau sekitar 1,699 m³/jam. Maka, kebutuhan total udara tekan pada pabrik asam formiat ini sebesar 91,757 m³/jam. Dengan memperhatikan faktor keamanan, total udara tekan akan dibuat *over design* sebesar 10%, sehingga kebutuhannya menjadi 100,932 m³/jam atau 2.422,380 m³/hari. Total *power* dari kompresor sentrifugal yang bekerja adalah 10 Hp atau 7.457 watt.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar diperlukan sebagai penyedia bahan bakar bagi generator dan boiler yang akan digunakan pada unit utilitas. Bahan bakar untuk kedua alat tersebut akan didapat dari PT. Pertamina.

Bahan bakar yang digunakan oleh boiler adalah *fuel oil* sebesar 26.357,758 liter/jam. Sedangkan, generator akan menggunakan solar (*Industrial Diesel Oil*) sebanyak 625 liter/jam. Kedua jenis bahan bakar tersebut akan disimpan dalam masing-masing tangki dengan waktu penyimpanan tertentu.

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Pabrik asam formiat dari metil formiat dan air ini menghasilkan limbah buangan, baik yang berasal dari proses produksi, utilitas, maupun kegiatan lain diluar produksi. Limbah-limbah tersebut perlu penanganan khusus sebelum nantinya dibuang agar tidak menimbulkan bahaya bagi lingkungan.

Pada dasarnya, baku mutu dari limbah yang dibuang dari kegiatan industri sudah di atur oleh peraturan pemerintah, beberapa diantaranya adalah Permen LHK 55 Tahun 2015 Uji Karakteristik Limbah B3, Permen LHK 59 Tentang Baku Mutu Air Lindi TPA, Permen LHK 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, Permen No 6 Tahun 2021 Tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Beracun, Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dan lain sebagainya. Berikut adalah jenis limbah yang dihasilkan dari pabrik ini beserta pengolahannya.

a. Limbah Cair

Berdasarkan Permen LHK No. 68 Tahun 2016, terdapat beberapa parameter untuk baku mutu dan nilai ambang batas limbah cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri. Tabel 5.18 di bawah ini akan menunjukan parameter air limbah.

Tabel 5.18 Parameter air limbah

No	Parameter	Kadar Maksimum	Satuan
1	pH	6 – 9	

2	BOD	30	mg/L
3	COD	100	mg/L
4	TSS	30	mg/L
5	Minyak dan lemak	5	mg/L
6	Amoniak	10	mg/L
7	Total coliform (bakteri)	3.000	/100mL

Limbah cair yang dihasilkan dari pabrik asam formiat ini didapat dari limbah air proses, utilitas, sanitasi dan laboratorium. Limbah air proses yang dihasilkan dapat berupa *backwash filter* atau air berminyak yang dihasilkan dari pompa. Air berminyak tersebut akan melalui proses pemisahan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Nantinya, minyak yang akan berada pada bagian atas akan dialirkan ke penampungan sebelum akhirnya dibakar dalam tungku pembakaran. Sedangkan, air yang sudah terpisah pada bagian bawah akan dialirkan menuju penampungan sebelum akhirnya dibuang setelah dipastikan sesuai dengan baku mutu air limbah.

Limbah cair dari unit utilitas dapat berupa *blowdown* dari *cooling tower* dan boiler, serta regenerasi yang dihasilkan dari proses demineralisasi. Nantinya, air yang dihasilkan perlu dinetralkan dengan menambahkan asam jika pH buangan lebih dari 7. Namun, jika pH air buangan kurang dari 7, maka perlu ditambahkan basa. Jenis asam yang digunakan dapat berupa HCl, sedangkan jenis basa yang digunakan dapat berupa NaOH. Setelah pH air netral, maka air dapat dibuang tanpa merusak lingkungan.

Selanjutnya, limbah cair dari air proses sanitasi dapat berasal dari aktivitas perkantoran, toilet, dan lain sebagainya. Jenis limbah cair ini tidak memerlukan penanganan khusus. Nantinya, jenis air limbah ini akan dikumpulkan dan distabilisasi menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin sebelum dibuang ke lingkungan.

Kemudian, limbah cair yang berasal dari laboratorium perlu diolah terlebih dahulu karena akan mengandung bahan kimia yang membahayakan lingkungan. Proses pengolahannya dapat melalui tiga jenis pengolahan, yaitu *physical treatment* dengan pengendapan dan penyaringan, *chemical treatment* dengan penambahan bahan kimia untuk penetralan dan pengurangan kadar zat berbahaya, serta *biological treatment*. Ketiga jenis pengolahan tersebut dipilih berdasarkan jenis limbah cair yang akan diolah.

b. Limbah Gas

Proses yang dilakukan untuk membuat asam formiat dari pabrik ini adalah hidrolisis. Proses ini memungkinkan adanya gas emisi yang dihasilkan dari uap air yang memiliki kandungan senyawa organik didalamnya. Oleh karena itu, sebelum dibuang, gas yang dihasilkan perlu diukur kadarnya agar sesuai dengan regulasi yang ditetapkan oleh pemerintah.

Limbah gas yang dihasilkan harus diperhatikan suhu dan tekanannya. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 41 Tahun 1999, gas yang dibuang ke udara harus memperhatikan beberapa hal, diantaranya:

1. Kandungan karbon monoksida (CO) tidak boleh lebih dari 10.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dalam waktu 24 jam. Jika lebih dari itu, maka perlu dikurangi dengan NDIR Analisis.
2. Kandungan sulfur dioksida (SO_2) yang berasal dari pembakaran bahan bakar tidak boleh lebih dari 365 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dalam waktu 24 jam. Metode analisis yang dapat digunakan adalah analisis Pararosanilin.
3. Kandungan hidrokarbon (HC) tidak boleh lebih dari 160 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dalam waktu 3 jam.
4. Kandungan nitrogen dioksida (NO_2) tidak boleh lebih dari 150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dalam waktu 24 jam.
5. Kandungan *Total Suspended Particulate* (TSP) yang merupakan partikel debu dengan ukuran 1 mikron hingga 500 mikron juga perlu diukur dan tidak boleh lebih dari 230 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dalam waktu 24 jam.

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Dalam perancangan pabrik, evaluasi ekonomi perlu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah pabrik yang didirikan dapat memberikan keuntungan yang layak bagi perusahaan. Selain itu, evaluasi ekonomi akan memberikan estimasi mengenai kelayakan investasi modal dalam kegiatan produksi di perusahaan dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, waktu modal akan dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas ketika pabrik tidak untung, namun juga tidak mengalami kerugian,

Maka, pada perancangan pabrik asam formiat dari metal formiat dan air ini memiliki beberapa faktor yang akan ditinjau untuk menghitung evaluasi ekonomi, yaitu:

- a. Modal (*Capital Investment*)
 1. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 2. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
- b. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 1. Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 2. Biaya Produksi Tidak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 3. Biaya Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
- c. Pengeluaran Umum
- d. Analisa Kelayan Ekonomi
 1. *Percent Return on Investment* (ROI)
 2. *Pay Out Time* (POT)

3. *Shut Down Point* (SDP)
4. *Break Even Point* (BEP)
5. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga setiap alat proses akan dipengaruhi oleh kondisi ekonomi yang akan terjadi. Oleh karena itu, harga alat proses di setiap tahunnya akan berbeda, harganya dapat mengalami kenaikan maupun penurunan. Sehingga, akan sulit untuk menentukan setiap harga alat dengan pasti. Maka dari itu, penaksiran harga alat dapat dilakukan dengan mengetahui nilai indeks alat proses pada tahun tersebut berdasarkan nilai indeks yang ada pada tahun-tahun sebelumnya.

Analisa harga alat dilakukan untuk pembelian alat proses pada tahun pembangunan, yaitu tahun 2029. Oleh karena itu, analisa ekonomi dari seluruh harga pada kebutuhan pabrik akan diperhitungkan sesuai dengan tahun pembangunan yang dipilih. Pada Tabel 6.1 di bawah ini, dapat dilihat indeks harga berupa *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI) dari tahun 1990 sampai dengan 2023.

Untuk memperkirakan harga alat pada tahun pembuatan, akan dilakukan pendekatan menggunakan regresi linear berdasarkan nilai indeks yang tertera pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Nilai indeks berdasarkan CEPCI

Tahun	Nilai Indeks
1980	261,2
1981	297

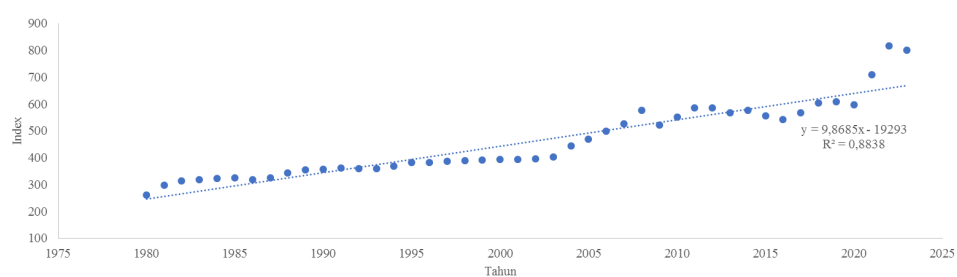
Lanjutan Tabel 6.1

Tahun	Nilai Indeks
1982	314
1983	317
1984	322,7
1985	325,3
1986	318,4
1987	323,8
1988	342,5
1989	355,4
1990	357,6
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9

Lanjutan tabel 6.1

Tahun	Nilai Indeks
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	541,7
2017	567,5
2018	603,1
2019	607,5
2020	596,2
2021	708,2
2022	816
2023	800,8

Maka, didapat grafik regresi linear untuk mengetahui nilai indeks alat pada Tahun 2029 sesuai Gambar 6.1 di bawah ini.



Gambar 6.1 Grafik regresi linear nilai indeks alat

Berdasarkan Gambar 6.1 di atas, dapat dilihat bahwa dari grafik regresi linear tersebut, didapat persamaan, yaitu $y = 9,8685x - 19.293$. Dengan menggunakan persamaan tersebut, dapat dicari nilai CEP Indeks pada tahun referensi dan tahun pembuatan. Nilai CEP Indeks pada tahun referensi, yaitu

tahun 2014 adalah 576,1, sementara nilai CEP Indeks pada tahun pembuatan, yaitu tahun 2029 adalah 730,2. Berdasarkan kedua nilai CEP Indeks tersebut, dapat ditentukan harga alat proses dan harga alat utilitas yang digunakan pada pabrik menggunakan rumus sebagai berikut.

$$E_x = E_y \times \frac{N_x}{N_y}$$

Keterangan :

E_x : Harga pembelian pada tahun pembuatan, yaitu 2029

E_y : Harga pembelian pada tahun referensi, yaitu 2014

N_x : Indeks harga pada tahun pembuatan, yaitu 2029

N_y : Indeks harga pada tahun referensi, yaitu 2014

Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus tersebut, didapat harga alat proses dan alat utilitas yang dapat dilihat pada Tabel 6.2 dan Tabel 6.3 di bawah ini.

Tabel 6.2 Harga alat proses

Nama Alat	Kode Alat	Harga Satuan		Harga Total
		2014	2029	
Tangki Metil Formiat (C ₂ H ₄ O ₂)	T-01	\$ 252.900	\$ 641.084	Rp 10.278.142.704
Tangki Metanol (CH ₃ OH) 95%	T-02	\$ 461.400	\$ 584.808	Rp 9.375.909.536

Lanjutan Tabel 6.2

Nama Alat	Kode Alat	Harga Satuan		Harga Total
		2014	2029	
Tangki Asam Formiat (HCOOH) 90%	T-03	\$ 650.300	\$ 824.232	Rp 13.214.464.611
Tangki Asam Formiat (HCOOH) 80%	T-04	\$ 200.000	\$ 253.493	Rp 4.064.113.366
Reaktor RATB	R-01	\$ 343.000	\$ 434.740	Rp 6.969.954.423
<i>Flash Drum</i>	FD-01	\$ 100.800	\$ 127.760	Rp 2.048.313.137
Menara Distilasi 1	MD-01	\$ 525.000	\$ 665.419	Rp 10.668.297.587
<i>Reboiler 1</i>	RB-01	\$ 20.800	\$ 26.363	Rp 422.667.790
<i>Condensor 1</i>	CD-01	\$ 20.000	\$ 25.349	Rp 406.411.337
Menara Distilasi 2	MD-02	\$ 525.000	\$ 665.419	Rp10.668.297.587
<i>Reboiler 2</i>	RB-02	\$ 20.800	\$ 26.363	Rp 422.667.790
<i>Condensor 2</i>	CD- 02	\$ 20.000	\$ 25.349	Rp 406.411.337
Menara Distilasi 3	MD-03	\$ 525.000	\$ 665.419	Rp 10.668.297.587

Lanjutan Tabel 6.2

Nama Alat	Kode Alat	Harga Satuan		Harga Total
		2014	2029	
<i>Reboiler 3</i>	RB-03	\$ 20.800	\$ 26.363	Rp 422.667.790
<i>Condensor 3</i>	CD-03	\$ 20.000	\$ 25.349	Rp 406.411.337
Menara Distilasi 4	MD-04	\$ 525.000	\$ 665.419	Rp 10.668.297.587
<i>Reboiler 4</i>	RB-04	\$ 20.800	\$ 26.363	Rp 422.667.790
<i>Condensor 4</i>	CD-04	\$ 20.000	\$ 25.349	Rp 406.411.337
<i>Heater 1</i>	HE-01	\$ 2.400	\$ 3.042	Rp 48.769.360
<i>Heater 2</i>	HE-02	\$ 2.400	\$ 3.042	Rp 48.769.360
<i>Cooler 1</i>	CL-01	\$ 2.200	\$ 2.788	Rp 44.705.247
<i>Cooler 2</i>	CL-02	\$ 2.200	\$ 2.788	Rp 44.705.247
<i>Cooler 3</i>	CL-03	\$ 2.200	\$ 2.788	Rp 44.705.247
<i>Cooler 4</i>	CL-04	\$ 2.200	\$ 2.788	Rp 44.705.247
<i>Cooler 5</i>	CL-05	\$ 2.200	\$ 2.788	Rp 44.705.247
<i>Cooler 6</i>	CL-06	\$ 2.800	\$ 3.549	Rp 56.897.587
Pompa 1	P-01	\$ 3.400	\$ 4.309	Rp 69.089.927
Pompa 2	P-02	\$ 3.400	\$ 4.309	Rp 69.089.927
Pompa 3	P-03	\$ 3.400	\$ 4.309	Rp 69.089.927
Pompa 4	P-04	\$ 3.400	\$ 4.309	Rp 69.089.927
Pompa 5	P-05	\$ 3.400	\$ 4.309	Rp 69.089.927
Pompa 6	P-06	\$ 2.800	\$ 3.549	Rp 56.897.587
Pompa 7	P-07	\$ 2.800	\$ 3.549	Rp 56.897.587
Pompa 8	P-08	\$ 2.800	\$ 3.549	Rp 56.897.587
Pompa 9	P-09	\$ 2.800	\$ 3.549	Rp 56.897.587
Pompa 10	P-10	\$ 2.800	\$ 3.549	Rp 56.897.587
Pompa 11	P-11	\$ 3.400	\$ 4.309	Rp 69.089.927

Lanjutan Tabel 6.2

Nama Alat	Kode Alat	Harga Satuan		Harga Total
		2014	2029	
Pompa 12	P-12	\$ 3.400	\$ 4.309	Rp 69.089.927
Pompa 13	P-13	\$ 3.400	\$ 4.309	Rp 69.089.927
Pompa 14	P-14	\$ 2.200	\$ 2.788	Rp 44.705.247
Pompa 15	P-15	\$ 3.400	\$ 4.309	Rp 69.089.927
Pompa 16	P-16	\$ 2.200	\$ 2.788	Rp 44.705.247
Pompa 17	P-17	\$ 3.400	\$ 4.309	Rp 69.089.927
<i>Expansion Valve 1</i>	EV-01	\$ 2.300	\$ 2.915	Rp 46.737.304
<i>Expansion Valve 2</i>	EV-02	\$ 2.300	\$ 2.915	Rp 46.737.304
<i>Expansion Valve 3</i>	EV-03	\$ 2.300	\$ 2.915	Rp 46.737.304
<i>Expansion Valve 4</i>	EV-04	\$ 2.300	\$ 2.915	Rp 46.737.304
<i>Expansion Valve 5</i>	EV-05	\$ 2.300	\$ 2.915	Rp 46.737.304
Total harga alat proses				Rp 93.757.063.306

Tabel 6.3 Harga alat utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Harga Satuan		Harga Total
		2014	2029	
Pompa 1	PU-01	\$ 7.700	\$ 9.759	Rp 156.468.365
Pompa 2	PU-02	\$ 7.700	\$ 9.759	Rp 156.468.365
Pompa 3	PU-03	\$ 7.700	\$ 9.759	Rp 156.468.365
Pompa 4	PU-04	\$ 3.900	\$ 4.943	Rp 79.250.211
Pompa 5	PU-05	\$ 3.900	\$ 4.943	Rp 79.250.211
Pompa 6	PU-06	\$ 3.900	\$ 4.943	Rp 79.250.211

Lanjutan Tabel 6.3

Nama Alat	Kode Alat	Harga Satuan		Harga Total
		2014	2029	
Pompa 7	PU-07	\$ 3.900	\$ 4.943	Rp 79.250.211
Pompa 8	PU-08	\$ 3.900	\$ 4.943	Rp 79.250.211
Pompa 9	PU-09	\$ 3.900	\$ 4.943	Rp 79.250.211
Pompa 10	PU-10	\$ 3.900	\$ 4.943	Rp 79.250.211
Pompa 11	PU-11	\$ 3.900	\$ 4.943	Rp 79.250.211
Pompa 12	PU-12	\$ 3.900	\$ 4.943	Rp 79.250.211
Pompa 13	PU-13	\$ 3.900	\$ 4.943	Rp 79.250.211
Pompa 14	PU-14	\$ 3.900	\$ 4.943	Rp 79.250.211
<i>Reverse Osmosis</i>	RO-01	\$ 68.900	\$ 87.328	Rp 1.400.087.055
Tangki NaOCL	TU-02	\$ 9.400	\$ 11.914	Rp 191.013.328
Tangki NaOH	TU-03	\$ 1.700	\$ 2.155	Rp 34.544.964
Tangki HCL	TU-04	\$ 1.900	\$ 2.408	Rp 38.609.077
Tangki Silica Gel	TU-05	\$ 10.000	\$ 12.675	Rp 203.205.668
Tangki Bahan Bakar	TU-06	\$ 1.200	\$ 1.521	Rp 24.384.680
Tangki Air Sanitasi	TU-07	\$ 2.900	\$ 3.676	Rp 58.929.644
Tangki Air Demin	TU-08	\$ 2.600	\$ 3.295	Rp 52.833.474
Tangki Anion	AE-01	\$ 1.120	\$ 1.420	Rp 22.759.035

Lanjutan Tabel 6.3

Nama Alat	Kode Alat	Harga Satuan		Harga Total
		2014	2029	
Tangki Kation	KE-01	\$ 1.000	\$ 1.267	Rp 20.320.567
<i>Screen</i>	SC-01	\$ 15.000	\$ 19.012	Rp 304.808.502
<i>Cooling Tower</i>	CT-01	\$ 149.000	\$ 188.852	Rp 3.027.764.458
Deaerator	DE-01	\$ 1.000	\$ 1.267	Rp 20.320.567
<i>Boiler</i>	BO-01	\$ 97.000	\$ 122.944	Rp 1.971.094.983
Bak Penam-pungan	BU-01	\$ 25.400	\$ 32.194	Rp 516.142.398
Bak Penam-pungan	BU-02	\$ 25.400	\$ 32.194	Rp 516.142.398
Total harga alat utilitas				Rp 9.744.118.207

6.2 Dasar Perhitungan

Berikut adalah dasar perhitungan yang akan digunakan dalam menentukan evaluasi ekonomi dari perancangan pembangunan pabrik asam formiat dari metal formiat dan air.

Kapasitas produksi : 30.000 ton/tahun

Pabrik beroperasi : 330 hari kerja

Umur alat : 10 tahun

Pabrik didirikan : Tahun 2029

Kurs mata uang : 1 US\$ = Rp 16.032,450 (per Desember 2024)

UMR kota Gresik : Rp 4.642.031 (tahun 2024)

6.3 Perhitungan Biaya

6.3.1 Modal (*Capital Investment*)

Modal atau *capital investment* merupakan total biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik sehingga dapat beroperasi dengan baik. Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, modal atau *capital investment* akan terbagi menjadi dua, yaitu modal tetap (*fixed capital investment*) dan modal kerja (*working capital investment*). Berikut adalah perhitungan untuk masing-masing modal tersebut.

a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

Modal tetap atau *fixed capital investment* merupakan biaya yang diperlukan untuk kelengkapan fasilitas-fasilitas pabrik. Rincian dari *fixed capital investment* akan meliputi *Physical Plant Cost* (PPC) yang tertera pada Tabel 6.4 dan *Direct Plant Cost* (DPC) yang tertera pada Tabel 6.5 berikut ini.

Tabel 6.4 *Physical Plant Cost* (PPC)

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	\$ 6.455.731	Rp 103.501.181.514
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	\$ 1.613.933	Rp 25.875.295.378
3	Instalasi <i>cost</i>	\$ 1.058.243	Rp 16.966.233.207

Lanjutan Tabel 6.4

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
4	Pemipaan	\$ 3.565.814	Rp 57.168.729.563
5	Instrumentasi	\$ 1.131.538	Rp 18.141.319.371
6	Insulasi	\$ 248.065	Rp 3.977.082.827
7	Listrik	\$ 645.573	Rp 10.350.118.151
8	Bangunan	\$ 3.815.462	Rp 61.171.200.000
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	\$ 748.482	Rp 12.000.000.000
Total		\$ 19.282.839	Rp 309.151.160.010

Tabel 6.5 *Direct Plant Cost* (DPC)

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Engineering and Constrution</i>	\$ 3.856.567	Rp 61.830.232.002
2	<i>Direct Plant Cost</i>	\$ 23.139.407	Rp 370.981.392.012
Total		\$ 26.995.975	Rp 432.811.624.014

Dari kedua data di atas, dapat diperoleh total dari modal tetap (*fixed capital investment*) yang dapat dilihat pada Tabel 6.6 di bawah ini.

Tabel 6.6 *Fixed Capital Investement* (FCI)

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Engineering and Constrution</i>	\$23.139.407	Rp 370.981.392.012
2	<i>Contractor's fee</i>	\$925.576	Rp 14.839.255.680
3	<i>Contigency</i>	\$5.784.852	Rp 92.745.348.003
Total		\$24.064.984	Rp 385.820.647.693

b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)

Modal kerja atau *working capital investment* merupakan total biaya yang diperlukan suatu pabrik untuk menjalankan usahanya. Tabel 6.7 di bawah ini menunjukan rincian dari modal kerja (*working capital investment*) dari pabrik asam formiat.

Tabel 6.7 *Working Capital Investment* (WCI)

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	\$ 1.653.929	Rp 26.516.539.591
2	<i>Inproses Inventory</i>	\$ 981.329	Rp 15.733.109.419
3	<i>Product Inventory</i>	\$ 1.373.861	Rp 22.026.353.187
4	<i>Extended Credit</i>	\$ 1.962.658	Rp 31.466.218.839
5	<i>Available Cash</i>	\$ 5.887.974	Rp 94.398.656.516
Total		\$ 11.859.751	Rp 190.140.877.553

6.3.2 Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Biaya produksi atau *manufacturing cost* merupakan biaya yang dibutuhkan pabrik dalam menjalankan produksi untuk membuat suatu produk. *Manufacturing cost* merupakan jumlah dari *direct cost*, *indirect cost*, dan *fixed cost*. Tiga hal tersebut merupakan komponen biaya yang berkaitan langsung dengan proses produksi suatu produk dalam pabrik. Berikut adalah penjelasannya.

a. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct manufacturing cost atau biaya langsung merupakan biaya pengeluaran pabrik yang berkaitan langsung dalam proses produksi suatu produk, sehingga akan berkaitan dengan harga bahan baku dan produk.

Berdasarkan Imarc (2024) harga metil formiat terendah terdapat di China senilai \$1.100, sedangkan harga metil formiat tertinggi terdapat di United States senilai \$1.840/ton. Oleh karena itu, diambil harga metil formiat senilai \$1.100/ton atau setara dengan Rp 17.635.695/ton. Untuk produk, berdasarkan Methanex (2025), harga metanol terendah terdapat di China senilai \$400/ton, dan tertinggi di North America senilai \$891/ton. Maka, diambil harga produk methanol senilai \$891/ton atau setara dengan Rp 14.284.913/ton. Selanjutnya, untuk produk utama berupa asam formiat, berdasarkan Businessanalytiq (2024) harga asam formiat terendah sebesar \$390/ton di Asia dan harga asam formiat tertinggi

terdapat di Amerika senilai \$890/ton. Oleh karena itu, untuk asam formiat 85% diambil harga senilai \$800/ton atau Rp 12.825.960/ton dan untuk asam formiat 90% senilai \$890/ton atau Rp 14.268.881/ton.

Direct manufacturing cost dari pabrik asam formiat ini dapat dilihat pada Tabel 6.8.

Tabel 6.8 *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Raw Material</i>	\$ 54.579.669	Rp 875.045.806.515
2	<i>Labor</i>	\$ 809.858	Rp 12.984.000.000
3	<i>Supervision</i>	\$ 80.986	Rp 1.298.400.000
4	<i>Maintenance</i>	\$ 1.684.549	Rp 27.007.445.338
5	<i>Plant Supplies</i>	\$ 252.682	Rp 4.051.116.801
6	<i>Royalty and Patents</i>	\$ 581.030	Rp 9.315.330.027
7	<i>Utilities</i>	\$ 778.921	Rp 12.488.008.093
Total		\$ 58.767.693	Rp 942.190.106.775

b. *Indirect Manufacturing Cost* (IMC)

Berbeda dengan *direct manufacturing cost*, *indirect manufacturing cost* merupakan biaya tidak langsung, yaitu biaya-biaya yang tidak ikut berkaitan langsung dengan proses produksi dalam suatu pabrik. *Indirect manufacturing cost* pada pabrik asam formiat ini dapat dilihat pada Tabel 6.9.

Tabel 6.9 *Indirect Manufacturig Cost (IMC)*

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Payroll Overhead</i>	\$ 121.479	Rp 1.947.600.000
2	<i>Laboratory</i>	\$ 161.972	Rp 2.596.800.000
3	<i>Plant Overhead</i>	\$ 404.929	Rp 6.492.000.000
4	<i>Packaging and Shipping</i>	\$ 2.905.149	Rp 46.576.650.137
Total		\$ 3.593.528	Rp 57.613.050.137

c. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Seperti namanya, *fixed manufacturing cost* merupakan biaya tetap yang dikeluarkan oleh pabrik baik saat pabrik beroperasi, maupun tidak. Pengeluaran dari FMC ini akan bersifat konstan dan tidak tergantung terhadap waktu maupun tingkat produksi. *Fixed manufacturing cost* dari pabrik asam formiat ini dapat dilihat pada Tabel 6.10.

Tabel 6.10 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Depreciation</i>	\$ 1.925.199	Rp 30.865.651.815
2	<i>Property taxes</i>	\$ 240.650	Rp 3.858.206.477
3	<i>Insurance</i>	\$ 240.650	Rp 3.858.206.477
Total		\$ 2.406.498	Rp 38.582.064.769

Dari ketiga komponen *manufacturing cost* di atas, selanjutnya didapatkan nilai total untuk biaya produksi pabrik yang dapat dilihat pada Tabel 6.11 di bawah ini.

Tabel 6.11 Total *manufacturing cost*

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	\$ 58.767.693	Rp 942.190.106.775
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	\$ 3.593.528	Rp 57.613.050.137
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	\$ 2.406.498	Rp 38.582.064.769
Total		\$ 64.767.719	Rp 1.038.385.221.681

6.3.3 Pengeluaran Umum (*General Expense*)

Pengeluaran umum atau *general expense* terdiri dari pengeluaran-pengeluaran yang berhubungan dengan fungsi-fungsi dari perusahaan, namun tidak termasuk *manufacturing cost*. Dengan kata lain, pengeluaran umum merupakan biaya yang diperlukan untuk kepentingan jalannya perusahaan secara keseluruhan. Rincian dari *general expense* pabrik asam formiat ini dapat dilihat pada Tabel 6.12.

Tabel 6.12 *General Expense (GE)*

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Administration</i>	\$ 1.943.032	Rp 31.151.556.650
2	<i>Sales Expense</i>	\$ 3.238.386	Rp 51.919.261.084
3	<i>Research</i>	\$ 1.054.350	Rp 16.903.815.108
4	<i>Finance</i>	\$ 718.495	Rp 11.519.230.505
Total		\$ 6.954.262	Rp 111.493.863.347

Dengan begitu, didapat total biaya produksi yang dibutuhkan perusahaan berdasarkan jumlah dari *manufacturing cost* dan *general expense* yang dapat dilihat pada Tabel 6.13 di bawah ini.

Tabel 6.13 *Total production cost*

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	\$ 64.767.719	Rp1.038.385.221.681
2	<i>General Expenses(GE)</i>	\$ 6.954.262	Rp 111.493.863.347
Total		\$ 71.721.982	Rp1.149.879.085.028

6.4 Analisa Keuntungan

Analisa keuntungan dari perancangan pabrik ini ditinjau berdasarkan keuntungan sebelum pajak dan keuntungan sesudah pajak. Berikut adalah analisisnya.

a Keuntungan sebelum Pajak

Total penjualan : Rp 931.533.002.739

Total biaya produksi : Rp 1.149.879.085.028

Total keuntungan : -Rp 218.346.082.289 (Rugi)

b Keuntungan sesudah Pajak

Pajak 20% : -Rp 43.669.216.458

Keuntungan : -Rp 174.676.865.831

6.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan bertujuan untuk mengetahui total laba yang didapat perusahaan agar mendapat keuntungan maksimum dan dapat melihat besarnya keuntungan yang didapat. Dengan begitu, pabrik dapat dikategorikan sebagai pabrik yang potensial atau tidak berdasarkan tinjauan ekonominya. Berikut adalah beberapa cara yang dilakukan untuk meninjau kelayakan suatu pabrik:

a. *Return on Investment (ROI)*

Return on Investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang di dapat setiap tahun dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Pabrik dengan resiko yang rendah akan mempunyai nilai minimum *ROI before tax* sebesar 11%, sedangkan pabrik dengan resiko yang tinggi akan mempunyai nilai minimum *ROI before tax* sebesar 44%. Nilai ROI dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$\%ROI = \frac{\text{profit}}{\text{fixed capital investment}} \times 100\%$$

Dari perhitungan yang dilakukan berdasarkan data yang ada, didapat hasil ROI sebagai berikut.

1. ROI sebelum pajak (ROI b) sebesar -56,59%.
2. ROI sesudah pajak (ROI a) sebesar -45,27%.

b. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time atau POT merupakan lamanya waktu pengembalian modal berdasarkan keuntungan yang diperoleh pabrik. Perhitungan ini diperlukan untuk analisis kelayakan karena dapat mengetahui berapa tahun investasi yang diberikan dapat dikembalikan kepada investor. Nilai POT sebelum pajak dari suatu pabrik kimia harus dengan resiko rendah, yaitu maksimal selama 5 tahun. Nilai POT dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$POT = \frac{\text{fixed capital investment}}{\text{keuntungan} + \text{depresant}}$$

Dari perhitungan yang dilakukan berdasarkan data yang ada, didapat nilai POT sebagai berikut.

- 1 POT sebelum pajak (POT b) selama -2,06 tahun.
- 2 POT sesudah pajak (POT a) selama -2,68 tahun.

c. *Break Even Point (BEP)*

Break Even Point atau BEP merupakan titik yang menunjukkan tingkatan ketika biaya dan penghasilan pabrik jumlahnya sama. BEP akan berguna untuk menentukan tingkat harga jual produk dan jumlah unit yang dijual secara minimum, serta harga per unit yang dijual sehingga pabrik akan mendapat keuntungan yang sesuai. Nilai BEP untuk pabrik kimia umumnya berada pada kisaran 40 – 60%, berikut adalah rumus perhitungan BEP:

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

Keterangan:

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

Berdasarkan perhitungan, masing-masing nilai *Fa*, *Ra*, *Va*, dan *Sa* untuk analisis kelayakan pada perancangan pabrik asam formiat dari metil formiat dan air dapat dilihat pada Tabel 6.14 sampai Tabel 6.17 di bawah ini.

Tabel 6.14 *Annual fixed manufacturing cost (Fa)*

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Depreciation</i>	\$ 1.925.199	Rp 30.865.651.815
2	<i>Property Taxes</i>	\$ 240.650	Rp 3.858.206.477
3	<i>Insurance</i>	\$ 240.650	Rp 3.858.206.477
Total		\$ 2.406.498	Rp 38.582.064.769

Tabel 6.15 *Annual regulated expenses (Ra)*

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	Gaji Karyawan	\$ 809.858	Rp 12.984.000.000
2	<i>Payroll Overhead</i>	\$ 121.479	Rp 1.947.600.000
3	<i>Supervision</i>	\$ 80.986	Rp 1.298.400.000

Lanjutan Tabel 6.15

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
4	<i>Plant Overhead</i>	\$ 404.929	Rp 6.492.000.000
5	<i>Laboratory</i>	\$ 161.972	Rp 2.596.800.000
6	<i>General Expense</i>	\$ 6.954.262	Rp 111.493.863.347
7	<i>Maintenance</i>	\$ 1.684.549	Rp 27.007.445.338
8	<i>Plant Supplies</i>	\$ 252.682	Rp 4.051.116.801
Total		\$ 10.470.716	Rp 167.871.225.486

Tabel 6.16 *Annual variable value (Va)*

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Raw Material</i>	\$ 54.579.669	Rp 875.045.806.515
2	<i>Packaging and Shipping</i>	\$ 2.905.149	Rp 46.576.650.137
3	<i>Utilities</i>	\$ 778.921	Rp 12.488.008.093
4	<i>Royalty & Patent</i>	\$ 581.030	Rp 9.315.330.027
Total		\$ 58.844.768	Rp 943.425.794.773

Tabel 6.17 *Annual sales value (Sa)*

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Annual sales value</i>	\$ 58.102.973	Rp 931.533.002.739
Total		\$ 58.102.973	Rp 931.533.002.739

Dengan menggunakan data pada tabel-tabel di atas, nilai BEP yang didapat berdasarkan rumus yang ada adalah sebesar -69%.

d. ***Shut Down Point (SDP)***

Shut Down Point (SDP) adalah titik atau kondisi ketika proses produksi harus terhenti. Hal ini dapat disebabkan oleh *variable cost* yang terlalu tinggi atau keputusan pihak manajemen pabrik akibat aktivitas ekonomi yang tidak lagi menghasilkan profit. Hal tersebut diakibatkan karena biaya untuk pengoperasian lanjutan pabrik lebih mahal dari biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*. Nilai SDP dapat dihitung berdasarkan rumus di bawah ini.

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

Berdasarkan data yang ada, nilai SDP untuk pabrik asam formiat yang akan didirikan adalah sebesar -38,92%.

e. ***Discounted Cash Flow Rate (DCFR)***

Discounted Cash Flow Rate (DCFR) merupakan perkiraan dari total keuntungan yang didapat pabrik setiap tahunnya. Perhitungan DCFR didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun sesuai dengan umur pabrik. Batasan dari nilai DCFR adalah 1,5 kali bunga bank. Berikut adalah rumus perhitungan untuk DCFR:

$$\begin{aligned} & \frac{(WC + FCI) \times (1 + i)^{10}}{CF} \\ &= ((1 + i)^n + (1 + i)^{n-1} + \dots + (1 + i)^1) \frac{WC + SV}{CV} \end{aligned}$$

Keterangan:

FCI : *Fixed capital investment*

WC : *Working capital investment*

SV : *Salvage value* (depresiasi)

n : umur pabrik, yaitu 10 tahun

i : nilai DCFR

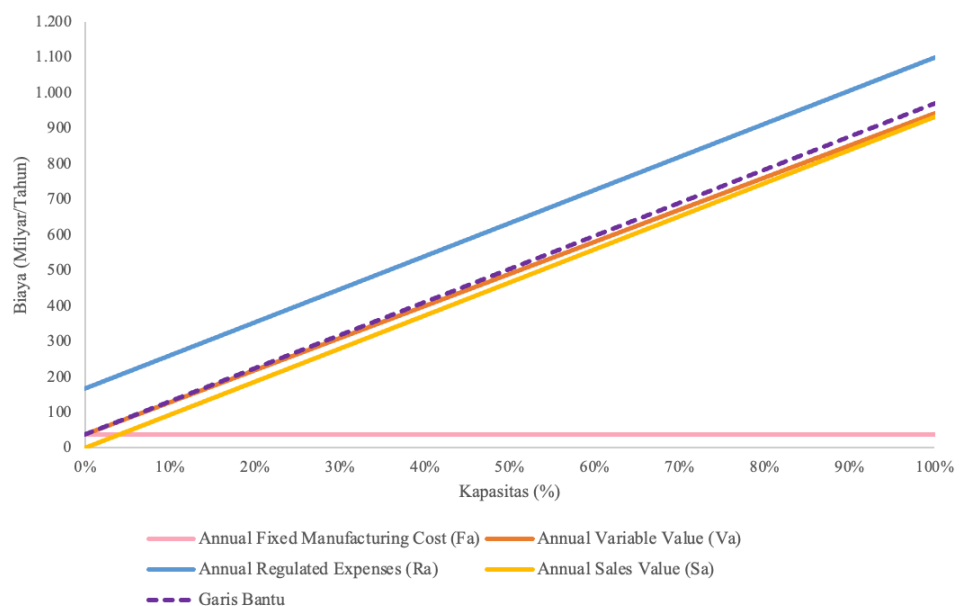
Berdasarkan data yang sebelumnya sudah didapatkan, diperoleh *trial and error* untuk nilai DCFR adalah sebagai berikut:

DCFR : -177,82%

Bunga bank Indonesia pada 2029 : 5,75%

1,5% dari bunga bank : 2,24%

Dengan berbagai analisa ekonomi yang sudah dilakukan, didapat grafik evaluasi ekonomi untuk perancangan pabrik asam formiat dari metil formiat dan air yang dapat dilihat pada Gambar 6.2 berikut ini.



Gambar 6.2 Grafik hasil analisis ekonomi

6.6 Analisis Resiko Pabrik

Analisis resiko pabrik dilakukan dengan tujuan untuk menentukan besar kecilnya resiko sebuah pabrik yang akan didirikan dengan

mempertimbangkan kemungkinan yang terjadi, serta mencari solusi dari setiap resiko yang ada. Analisis resiko pabrik ditentukan berdasarkan beberapa parameter, diantaranya adalah kondisi operasi, sifat bahan baku dan produk, regulasi pemerintah, dan sebagainya. Lebih jelasnya, analisis resiko pabrik asam formiat dari metil formiat dan air dapat dilihat pada Tabel 6.18 di bawah ini.

Tabel 6.18 Analisis resiko pabrik

No	Parameter Resiko	Deskripsi	Resiko	
			Rendah	Tinggi
1	Kondisi Operasi	Suhu maksimal yang digunakan 120°C	✓	
		Tekanan maksimal yang digunakan 9 atm	✓	
2	Sifat Bahan Baku			
	Metil Formiat	Toksisitas : akut		✓
		Explosion limits : <i>lower</i> 3,1% ; <i>upper</i> 16%	✓	
		Flamability : mudah terbakar		✓
		Stabilitas : dibawah 25°C	✓	
	Air	Toksisitas : tidak toksik	✓	
		Explosion limits : -	✓	
		Flamability : tidak mudah terbakar	✓	
		Stabilitas : 0 - 100°C	✓	

Lanjutan Tabel 6.18

No	Parameter Resiko	Deskripsi	Resiko	
			Rendah	Tinggi
3	Sifat Produk			
	Asam Formiat	Toksisitas : akut		✓
		Explosion limits : <i>lower</i> 18% ; <i>upper</i> 57%		✓
		Flamability : mudah terbakar		✓
		Stabilitas : stabil disuhu kamar	✓	
	Metanol	Toksisitas : akut		✓
		Explosion limits : <i>lower</i> 5,5% ; <i>upper</i> 36,5%	✓	
		Flamability : mudah terbakar		✓
		Stabilitas : dibawah 25°C	✓	
4	Regulasi Pemerintah	Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 13 Tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja menetapkan Nilai Ambang Batas (NAB) untuk: - Asam Formiat = 5 mg/m ³	✓	

		- Metanol = 200 ppm untuk waktu pemaparan 8 jam ACGIH (<i>American Conference of Governmental and Industrial Hygienists</i>) menetapkan Nilai Ambang Batas (NAB) untuk: - Metil Formiat = 5 ppm untuk paparan jangka panjang		
		Kebijakan Pemerintah dalam bidang investasi, Pemerintah masih membuka kesempatan investasi bagi industri asam formiat di Indonesia. Hal ini terlihat Daftar Negatif Investasi (DNI) yang tertuang dalam Keppres No. 54 tahun 1993, bahwa asam formiat tidak termasuk dalam bidang usaha tertutup mutlak bagi penanam modal, sehingga masih terbuka peluang investasi untuk PMDN maupun PMA	✓	

Lanjutan Tabel 6.18

No	Parameter Resiko	Deskripsi	Resiko	
			Rendah	Tinggi
5	Penggunaan Produk			
	Asam Formiat	a. Pada industri karet digunakan sebagai koagulan untuk menggumpalkan lateks. b. Pada industri tekstil digunakan sebagai bahan baku produksi berbagai senyawa kimia, salah satunya formamida. c. Pada industri pertanian digunakan sebagai pengawet makanan dan bahan baku pupuk. d. Pada industri farmasi digunakan sebagai desinfektan dan bahan pengawet.	✓	
	Metanol	a. Pada industri kimia digunakan sebagai bahan baku formaldehida, resin sintesis, dan asam asetat.	✓	

		b. Pada industri energi digunakan sebagai bahan bakas bersih dan campuran biodiesek. c. Dalam industri plastik dan tekstil digunakan sebagai bahan dalam proses produksi. d. Dalam industri farmasi digunakan sebagai pelarut dan bahan pembuat obat.		
6	Keberadaan Pabrik	Pabrik Asam Formiat hanya ada satu di Indonesia, yaitu PT. Sintas Kurama Perdana dengan kapasitas 11.000 ton/tahun		✓

Selain mealakukan analisis berdasarkan beberapa resiko di atas, dilakukan juga analisis berdasarkan perhitungan ekonomi yang sudah dilakukan sebelumnya. Analisis tersebut meliputi nilai profit, ROI, POT, BEP, SDP, dan DCFRR. Berikut hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.19 di bawah ini.

Tabel 6.19 Hasil analisis kelayakan ekonomi

Parameter Kelayakan		Perhitungan	Standar Kelayakan
Keuntungan	Sebelum pajak	-Rp218.346.082.289	Undang-Undang Pajak Penghasilan (UU PPh) adalah 20% dari keuntungan sebelum pajak
	Sesudah pajak	-Rp174.676.865.831	
<i>Return On Investment</i> (ROI)	Sebelum pajak	-56,59%	Minimum 11% (<i>Industrial Chemical</i>)
	Sesudah pajak	-45,27%	
<i>Pay Out Time</i> (POT)	Sebelum pajak	-2,06 tahun	Maksimum 5 tahun (<i>Industria Chemical</i>)
	Sesudah pajak	-2,68 tahun	
<i>Break Even Point</i> (BEP)		-68,73%	40 – 60%
<i>Shut Down Point</i> (SDP)		-38,92%	20 – 30%
<i>Discounted Cash Flow Rate of Return</i> (DCFRR)		-117,82%	> 1,5 kali bunga bank

Berdasarkan analisis resiko yang terdapat pada Tabel 6.18 pabrik asam formiat dari metil formiat dan air ini dikategorikan sebagai pabrik dengan resiko rendah. Tetapi, berdasarkan hasil analisis kelayakan ekonomi pada Tabel 6.19, menunjukkan bahwa pabrik ini tidak layak bangun. Hal tersebut dikarenakan pabrik akan mengalami kerugian sebelum pajak sebesar Rp218.346.082.289 dan sesudah pajak sebesar Rp174.676.865.831.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan dari tinjauan secara teknis dan ekonomi, maka dalam prarancangan pabrik asam formiat dari metil formiat dan air dengan kapasitas 30.000 ton/tahun, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Pendirian pabrik asam formiat dari metil formiat dan air dengan kapasitas 30.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan asam formiat dalam negeri dan mengurangi ketergantungan impor asam formiat.
- b. Pabrik asam formiat berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didirikan di Gresik, Jawa Timur dengan luas tanah 12.000 m² dengan jumlah karyawan 152 orang.
- c. Berdasarkan evaluasi kelayakan ekonomi, pabrik ini tidak layak untuk didirikan dengan parameter sebagai berikut.
 1. *Return On Investment* (ROI)
 - a) ROI sebelum pajak sebesar -56,59%
 - b) ROI sesudah pajak sebesar -45,27%
 2. *Pay Out Time* (POT)
 - a) POT sebelum pajak selama -2,06 tahun
 - b) POT sesudah pajak selama -2,68 tahun

3. *Break Even Point* (BEP) sebesar -68,73%
 4. *Shut Down Point* (SDP) sebesar -38,92%
 5. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar -117,82%
- d. Berdasarkan hasil analisis resiko pabrik, menyatakan bahwa pabrik asam formiat dari metil formiat dan air ini termasuk ke dalam pabrik dengan resiko rendah.
 - e. Tetapi, berdasarkan hasil analisis ekonomi pabrik, menunjukan bahwa pabrik asam formiat dari metil formiat dan air ini tidak layak bangun akibat kerugian sebesar Rp174.676.865.831, yang disebabkan oleh besarnya biaya produksi, terutama dari harga bahan baku berupa metil formiat yang terlalu tinggi.

7.2 Saran

Untuk meningkatkan kelayakan pendirian pabrik dalam prarancangan ini, maka diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar, diantaranya sebagai berikut.

- a. Perlunya peninjauan ulang terkait proses yang dipilih untuk membuat asam formiat agar adanya optimasi dari pemilihan alat proses dan penunjang, sehingga pembangunan pabrik dapat mencapai keuntungan.
- b. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan lebih memperhatikan keberadaan limbah dan pengolahannya agar dapat mewujudkan pabrik kimia yang ramah lingkungan.

- c. Pemenuhan bahan baku, yaitu metil formiat didapat dari pabrik lain dan melalui proses impor sehingga diperlukan adanya kontrak pembelian bahan baku dengan ketentuan yang jelas untuk memastikan ketersediannya selama proses produksi di pabrik berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, N. (2021). Impelementasi Metode Reverse Osmosis pada Perhitungan Kapasitas Tangki Pengolahan Air Laut. *UniversalTeknologi*, 14.
- Axon, S., & James, D. (2018). The UN Sustainable Development Goals: How can sustainable chemistry contribute? A view from the chemical industry. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 13, 140–145.
<https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.04.010>
- Brown, G. G. (1950). *Unit Operations*. John Wiley & Sons, Inc.
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc.
- Businessanalytiq.com. (2025). Formic Acid Price Index. Diakses pada 21 Februari 2025, dari <https://businessanalytiq.com/procurementanalytics/index/formic-acid-price-index/>
- Chopey, N. P. (2004). *Handbook of Chemical Engineering Calculations* (3 ed.). McGraw-Hill.
- Cohen, Y., Semiat, R., & Rahardianto, A. (2017). A Perspective on Reverse Osmosis Water Desalination: Quest for Sustainability. *AIChE Journal*, 63(6), 1771–1784. <https://doi.org/10.1002/aic.15726>
- Dhamayanthie, I., & Nugraha, D. F. (2018). Proses Pengolahan Air Pendingin pada Unit Utilitas Area Karawang. *Migasian*, 2, 15–21.
- Eppinger, J., & Huang, K.-W. (2017). Formic Acid as a Hydrogen Energy Carrier. *ACS Energy Letters*, 2(1), 188–195.
<https://doi.org/10.1021/acsenergylett.6b00574>

- Geankoplis, C. J. (1993). *Transport Processes and Unit Operations* (3rd ed.). Pretince-Hall International, Inc.
- Gibson, H. W. (1969). Chemistry of formic acid and its simple derivatives. *Chemical Reviews*, 69(5), 673–692. <https://doi.org/10.1021/cr60261a005>
- Imarcgroup.com. (2024). Methyl Formate Prices, Trend, Chart, Demand, Market Analysis, News, Historical and Forecast data Report 2024 Edition. Diakses pada 21 Februari 2025, dari <https://www.imarcgroup.com/methyl-formate-pricing-report>
- Kern, D. Q. (1950). *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Kirk, R. F., & Othmer, D. F. (1954). *Encyclopedia of Chemical Technology* (Vol. 23). John Willey & Sons Inc.
- Leonard, J. D., & East, B. (t.t.). 54 *PREPARATION OF FORMIC ACID BY HYDROLYSIS OF METHYL FORMATE*.
- Methanex.com. (2025). Methanol Prices. Diakses pada 21 Februari 2025, dari <https://www.methanex.com/about-methanol/pricing/>
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1958). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Qasim, S. R. (1999). *Wastewater Treatment Plants* (Second). TechnomicPublishing.
- Ragestisvara, A. A., & Titah, H. S. (2021). Studi Kemampuan Desalinasi Air Laut Menggunakan Sistem Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) pada Kapal Pesiar . *TEKNIKITS*, 10.

- Rase, H. F. (1977). *Chemical Reactor Design for Process Plants Principles & Techniques* (Vol. 1). John Wiley and Sons.
- Reutemann, W., & Kieczka, H. (2000). Formic Acid. Dalam *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. https://doi.org/10.1002/14356007.a12_013
- Rong, L., Xu, Z., Sun, J., & Guo, G. (2018). New methyl formate synthesis method: Coal to methyl formate. *Journal of Energy Chemistry*, 27(1), 238–242. <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2017.07.015>
- Rumayor, M., Dominguez-Ramos, A., & Irabien, A. (2018). Formic Acid Manufacture: Carbon Dioxide Utilization Alternatives. *Applied Sciences*, 8(6), 914. <https://doi.org/10.3390/app8060914>
- S, H. (2011). Asam Format. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 30. <https://doi.org/10.24817/jkk.v0i0.4935>
- Shahab, A., & Amna, S. (2023). Efficiency Analysis of Fire Tube Boiler Type at Refinery Utility Unit Center for Oil and Gas Human Resources Development (PPSDM MIGAS) Cepu. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(7), 3109–3118. <https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v2i7.5401>
- Smith, J. M., Ness, H. C. V., Abbott, M. M., & Swihart, M. T. (2017). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics* (8 ed.). McGraw-Hill Education.
- Supriyatna, D. (2023). Analysis of Power Efficiency Produced by AC and DC Generators: A Literature Review. *MOTIVATION : Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 5(2), 261–268. <https://doi.org/10.46574/motivation.v5i2.211>

- Tarigan, M. R., Supriyanto, G., & Hermantoro. (2023). Analisis Kualitas Air dan Pemakaian Air pada Water Tube Boiler di Pabrik Kelapa Sawit. *AGROFORETECH, 1*.
- Towler, G., & Sinnott, R. (2008). *Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*. Butterworth-Heinemann.
- Vachlepi, A., Suwardin, D., Mili, D., Balai, P., Sembawa, P., Karet, P., Raya, J., Km, P.-B., Pos, K., Palembang, J., & Selatan, S. (2015a). Characterization of Coagulation Condition and Quality of Rubber That Coagulated with New Coagulant Based Liquid Smoke. Dalam *Indonesian J. Nat. Rubb. Res* (Vol. 33, Nomor 2).
- Vachlepi, A., Suwardin, D., Mili, D., Balai, P., Sembawa, P., Karet, P., Raya, J., Km, P.-B., Pos, K., Palembang, J., & Selatan, S. (2015b). Characterization of Coagulation Condition and Quality of Rubber That Coagulated with New Coagulant Based Liquid Smoke. Dalam *Indonesian J. Nat. Rubb. Res* (Vol. 33, Nomor 2).
- Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment Selection and Design*. Butterworth-Heinemann.
- Walas, S. M., Penney, W. R., Fair, J. R., & Couper, J. R. (2012). *Chemical Process Equipment Selection and Design* (3rd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. McGraw-Hill Book.

LAMPIRAN

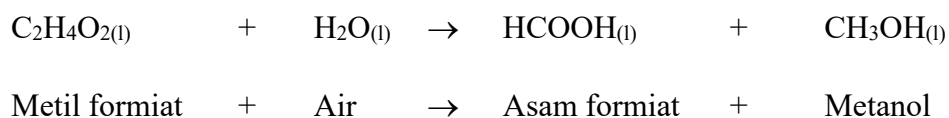
LAMPIRAN A

PERANCANGAN REAKTOR

Perancangan Reaktor

Kode Alat	: R-01
Fungsi Alat	: Tempat bereaksi antara metil formiat ($C_2H_4O_2$) dengan air (H_2O) untuk menghasilkan asam formiat ($HCOOH$) sebagai produk utama dan metanol (CH_3OH) sebagai produk samping.
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Bentuk	: Tangki Silinder
Bahan	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304</i>
Tekanan Operasi	: 9 atm
Suhu Operasi	: $120^\circ C$ (393,15 K)
Waktu Tinggal	: 20 s

Di dalam reaktor terjadi reaksi antara metil formiat dan air yang membentuk asam formiat dan metanol. Berikut adalah persamaan reaksinya:



1. Konversi Reaktor

Dari (US-4299981-A) diketahui bahwa konversi reaktor adalah 95% dari konversi kesetimbangannya. Dari perhitungan tinjauan termodinamika pada Bab 1, di dapat data sebagai berikut:

$$K_{298K} = 1,6$$

$$T_1 = 298 \text{ K}$$

$$T_2 = 393,15 \text{ K}$$

$$P = 9 \text{ atm}$$

$$R = 11 \text{ kJ/mol} = 11.000 \text{ J/mol}$$

$$\Delta H_R = 8,314 \text{ J/K.mol}^{-1}$$

Selanjutnya, data tersebut akan digunakan untuk mencari nilai K_2 yaitu konversi kesetimbangan pada suhu reaksi, dengan rumus sebagai berikut:

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = -\frac{\Delta H_R}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Maka, penyelesaiannya adalah sebagai berikut:

$$\ln \frac{K_2}{1,6} = -\frac{11.000}{8,314} \left(\frac{1}{393,15} - \frac{1}{298} \right)$$

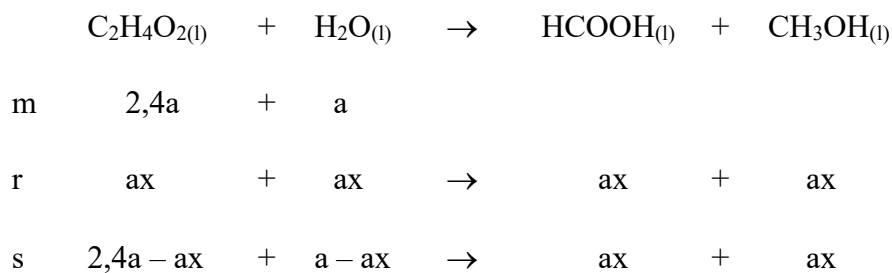
$$\ln \frac{K_2}{1,6} = 1,075$$

$$\ln K_2 = 1,075 \times \ln 1,6$$

$$\ln K_2 = 0,505$$

$$K_2 = 1,657$$

Perhitungan konversi kesetimbangan didapat melalui persamaan reaksi stoikiometri dengan menggunakan perbandingan rasio mol umpan yang didapat dari (US-4299981-A), yaitu $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O} = 2,4 : 1$. Persamaan stoikiometrinya menjadi:



Selanjutnya, nilai konversi kesetimbangan reaksi tersebut didapat dari rumus berikut ini.

$$K = \frac{[produk]}{[reaktan]}$$

Maka, penyelesaian untuk nilai konversi kesetimbangan reaksi dari persamaan stokiometri adalah sebagai berikut:

$$K = \frac{[ax][ax]}{[2,4a - ax][a - ax]}$$

$$K = \frac{[x][x]}{[2,4 - x][1 - x]}$$

$$K = \frac{x^2}{2,4 - 3,4x + x^2}$$

Substitusi nilai $K_2 = 1,66$

$$3,98 - 5,62x + 1,66x^2 - x^2 = 0$$

$$0,66x^2 - 5,63x + 3,98 = 0$$

Untuk mencari nilai x , digunakan persamaan berikut:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \text{ dengan nilai } a = 0,66; b = -5,63; c = 3,98$$

$$x = \frac{-(-5,63) \pm \sqrt{(-5,63)^2 - 4(0,66)(3,98)}}{2(0,66)}$$

$$x_1 = 7,752$$

$$x_2 = 0,78$$

Dipilih nilai konversi kesetimbangan sebesar 0,78. Selanjutnya, dicari nilai konversi reaktor sebesar 95% dari konversi kesetimbangan reaksi. Sehingga konversi reaktor menjadi:

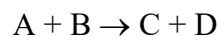
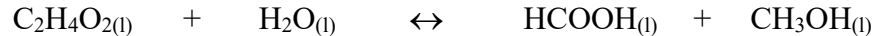
$$x = 95\%(0,78)$$

$$x = 0,74$$

Maka, konversi reaktor adalah 74%.

2. Menghitung Konstanta Laju Reaksi

Reaksi akan terjadi secara *irreversible* atau tidak bolak-balik karena berdasarkan nilai kesetimbangan bahwa reaksi bergerak ke kanan atau ke arah pembentukan produk. Maka, konstanta kecepatan reaksi atau k dari pembuatan asam formiat dan metanol menggunakan bahan baku metil formiat dan air pada kondisi operasi 120°C, tekanan 9 atm, dan waktu tinggal di reaktor selama 20 detik dengan rasio umpan metil formiat : air = 2,4 : 1 (US-4299981-A) adalah sebagai berikut.



$$n_{A0} = 2,4 \text{ mol}$$

$$n_{B0} = 1 \text{ mol}$$

$$\rho_A = 980 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_B = 997 \text{ kg/m}^3$$

$$V_A = 2,4 \text{ mol} \times \frac{60 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0,144 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,144 \text{ kg}}{980 \text{ kg/m}^3} = 0,000147 \text{ m}^3 = 0,147 \text{ L}$$

$$V_B = 1 \text{ mol} \times \frac{18 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0,018 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,018 \text{ kg}}{997 \text{ kg/m}^3} = 0,000018 \text{ m}^3 = 0,018 \text{ L}$$

$$V = 0,147 L + 0,018 L = 0,165 L$$

$$t = 20 \text{ sec}$$

$$x = 0,74$$

Data-data tersebut dapat diolah dengan menggunakan rumus-rumus di bawah ini.

$$(-r_B) = k \times C_A \times C_B$$

Dimana,

$-r_B$ = Laju kecepatan reaksi

k = Konstanta kecepatan laju reaksi

C = Konsentrasi bahan $C = \frac{n}{V}$

Berdasarkan rumus dari neraca massa pada reaktor *batch*, didapat hasil sebagai berikut.

$$R_{in} - R_{out} - R_{reaksi} = R_{acc}$$

$$0 - 0 - r_B \times V = \frac{dn}{dt}$$

$$-((-r_B) \times V) = \frac{d(V \times C_B)}{dt}$$

$$-((-r_B) \times V) = V \times \frac{dC_B}{dt}$$

$$-k \times C_A \times C_B = \frac{dC_B}{dt}$$

Selanjutnya, berdasarkan persamaan stoikiometri yang terjadi pada reaktor, didapat:

	A	+	B	→	C	+	D
<i>m</i>	C_{A0}		C_{B0}				
<i>r</i>	$C_{B0} \times x$		$C_{B0} \times x$		$C_{B0} \times x$		$C_{B0} \times x$
<i>s</i>	$C_{A0} - (C_{B0} \times x)$		$C_{B0} (1 - x)$		$C_{B0} \times x$		$C_{B0} \times x$

Kemudian, seluruh rumus di atas dapat disusun kembali sehingga menjadi persamaan sebagai berikut.

$$-k \times (C_{A0} - (C_{B0} \times x) \times C_{B0} (1 - x) = \frac{d(C_{B0} (1 - x))}{dt}$$

$$-k \times (C_{A0} - (C_{B0} \times x) \times C_{B0} (1 - x) = C_{B0} \times -\frac{dx}{dt}$$

$$k \times (C_{A0} - (C_{B0} \times x) \times (1 - x) = \frac{dx}{dt}$$

$$k \times \left(\frac{n_{A0}}{V} - \frac{n_{B0}}{V} \times x \right) \times (1 - x) = \frac{dx}{dt}$$

$$k \times (n_{A0} - n_{B0} \times x) \times (1 - x) = V \times \frac{dx}{dt}$$

$$k \int_0^{20} dt = V \int_0^{0,74} \frac{1}{(n_{A0} - n_{B0} \times x)(1 - x)} dx$$

$$\int_0^{20} dt = 20 - 0 = 20$$

$$\int_0^{0,74} \frac{1}{(n_{A0} - n_{B0} \times x)(1 - x)} dx$$

$$\frac{1}{(n_{A0} - n_{B0} \times x)(1 - x)} = \frac{1}{(2,4 - x)(1 - x)}$$

$$\frac{1}{(2,4 - x)(1 - x)} = \frac{A}{2,4 - x} + \frac{B}{1 - x}$$

$$\frac{1}{(2,4 - x)(1 - x)} = \frac{A(1 - x) + B(2,4 - x)}{(2,4 - x)(1 - x)}$$

$$1 = A(1 - x) + B(2,4 - x)$$

$$1 = A - Ax + 2,4B - Bx$$

$$1 = (A + 2,4B) - (A + B)x$$

Gunakan pemisalan,

$$A + 2,4B = 1 \dots (1) \text{ dan } A = -B \dots (2)$$

Substitusikan persamaan (2) ke persamaan (1), maka persamaannya menjadi sebagai berikut.

$$-B + 2,4B = 1$$

$$1,4B = 1$$

$$B = \frac{1}{1,4} = \frac{5}{7}$$

$$A = -B = -\frac{5}{7}$$

Maka, persamaan integralnya menjadi:

$$\frac{A}{2,4 - x} + \frac{B}{1 - x} = \int_0^{0,74} \frac{-\frac{5}{7}}{2,4 - x} dx + \int_0^{0,74} \frac{\frac{5}{7}}{1 - x} dx$$

$$\text{dimana, } \int \frac{1}{a-x} dx = -\ln |1 - x|$$

$$= -\frac{5}{7} [-\ln|2,4 - x|]_0^{0,74} + \frac{5}{7} [-\ln|1 - x|]_0^{0,74}$$

$$= -\frac{5}{7} [-\ln|2,4 - x|]_0^{0,74} - \frac{5}{7} [\ln|1 - x|]_0^{0,74}$$

$$= \frac{5}{7} \ln(2,4 - 0,74) - \frac{5}{7} \ln(1 - 0,74) - \left(\frac{5}{7} \ln(2,5 - 0) - \frac{5}{7} \ln(1 - 0) \right)$$

$$= \left(\frac{5}{7} \times (\ln(1,66) + \ln(0,26) - \ln(2,4) - \ln(1)) \right)$$

Maka, keseluruhan persamaan integralnya menjadi:

$$k \int_0^{20} dt = V \int_0^{0,74} \frac{1}{(n_{A0} - n_{B0} \times x)(1 - x)} dx$$

$$20 \times k = 0,165 \times \left(\frac{5}{7} \times (\ln(1,66) + \ln(0,26) - \ln(2,4) - \ln(1)) \right)$$

$$20 \times k = 0,165 \times 0,699$$

$$k = \frac{0,165 \times 0,699}{20}$$

$$k = 0,00577 \text{ L.mol}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

Maka, berdasarkan perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa reaksi pembuatan asam formiat dari hidrolisis metil formiat merupakan reaksi orde 2 berdasarkan persamaan elementernya, dengan begitu konstanta laju reaksi yang didapat sebesar $0,00577 \text{ L.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$.

3. Neraca Massa Reaktor

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
C ₂ H ₄ O ₂	20.525,955	14.197,119
H ₂ O	2.565,744	667,094
HCOOH	0,000	4.852,108
CH ₃ OH	6,276	3.381,655
Total	23.097,975	23.097,975

4. Neraca Panas Reaktor

Berikut adalah data perhitungan yang dibutuhkan untuk menghitung neraca panas pada reaktor:

$$T_{in} = 120^{\circ}\text{C} = 393,150 \text{ K}$$

$$T_{out} = 120^{\circ}\text{C} = 393,150 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} = 298,150 \text{ K}$$

Selanjutnya, neraca panas reaktor akan dihitung menggunakan data *heat capacity input* dan *ouput* untuk fase cair, serta nilai panas reaksi yang terjadi di reaktor. *Heat capacity liquid* didapat dengan rumus sebagai berikut.

$$\Delta H = AT + \left(\frac{B}{2}\right)T^2 + \left(\frac{C}{3}\right)T^3 + \left(\frac{D}{4}\right)T^4 + \left(\frac{E}{5}\right)T^5 \Big|_{T_1}^{T_2}$$

Sumber: (Yaws, 1999)

Kemudian, nilai Q akan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q = n \int C_p dt$$

Maka, panas masuk reaktor (Q_{in}) yang didapatkan adalah sebagai berikut.

Komponen	Mol (kmol/jam)	H _{in} (kJ/kmol.K)	Q _{in} (kJ/jam)
C ₂ H ₄ O ₂	342,099	6.096,366	2.085.562,441
H ₂ O	142,541	8.515,324	1.213.785,862
HCOOH	0,000	1.779,227	0,001
CH ₃ OH	0,196	4.951,008	970,966
Total	484,837	21.341,926	3.300.319,270

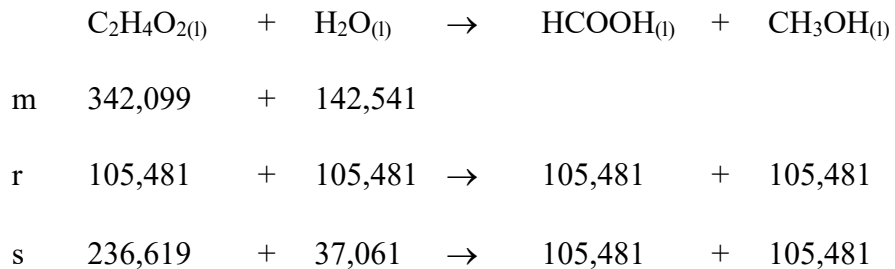
Sedangkan, panas keluar reaktor (Q_{out}) yang didapat adalah sebagai berikut.

Komponen	Mol (kmol/jam)	H _{out} (kJ/kmol.K)	Q _{out} (kJ/jam)
C ₂ H ₄ O ₂	236,619	6.096,366	1.442.514,021
H ₂ O	37,061	8.515,324	315.584,324
HCOOH	105,481	1.779,227	187.673,991
CH ₃ OH	105,677	4.951,008	523.206,275
Total	484,837	21.341,926	2.468.978,612

Panas reaksi yang terjadi di reaktor akan dihitung menggunakan data entalpi komponen hingga mendapatkan nilai ΔH reaksi sesuai dengan reaksi

stoikiometri yang melibatkan laju alir molar dalam kmol/jam pada reaktor.

Berikut adalah data laju reaksi pada reaktor.



Dan, data entalpi komponen pada suhu 298K didapat dari (Yaws, 1999) yang juga digunakan untuk tinjauan termodinamika, yaitu:

Komponen	ΔH_f (kJ/mol)	ΔH_f (kJ/kmol)
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	-349,780	-349.780,000
H_2O	-241,000	-241.000,000
HCOOH	-378,610	-378.610,000
CH_3OH	-201,170	-201.170,000
Total	-349,780	-349.780,000

$$\Delta H_R = \Delta H_f \times \text{laju alir mol reaksi}$$

$$\Delta H_R \text{ reaktan} = -62.315.831,219 \text{ kJ/jam}$$

$$\Delta H_R \text{ produk} = -61.155.544,575 \text{ kJ/jam}$$

$$Q \text{ Reaksi} = \Delta H_R \text{ produk} - \Delta H_R \text{ reaktan}$$

$$Q \text{ Reaksi} = 1.160.286,644 \text{ kJ/jam}$$

Selanjutnya, panas reaksi yang terjadi sesuai data di atas dapat dihitung dengan rincian sebagai berikut.

$$\text{Panas reaksi} = Q_{in} - Q_{out} + Q_R$$

$$\text{Panas reaksi} = 3.300.319,270 - 2.468.978,612 + 1.160.286,644$$

$$\text{Panas reaksi} = 1.991.627,302 \text{ kJ/jam}$$

Maka, didapat neraca panas reaktor yang terdiri dari *input* berupa Q_{in} dan penggunaan energi yang dibutuhkan dan *output* berupa Q_{out} dan panas reaksi.

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q_{in}	3.300.319,270	-
Q_{out}	-	2.468.978,612
Panas Reaksi	-	1.991.627,302
Pemanas	1.160.286,644	-
Total	4.460.605,914	4.460.605,914

5. Perhitungan Sifat Fisis Komponen

Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, reaktor akan bereaksi pada suhu operasi 120°C atau 393,15 K dengan tekanan operasi sebesar 9 atm dan konversi reaktor 74%. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan untuk sifat fisis komponen sesuai dengan kondisi operasi dan jumlah komponen yang dibutuhkan. Sifat fisis yang akan dihitung meliputi densitas campuran dan viskositas campuran.

a. Densitas Campuran

Densitas bahan dengan fase cair dapat dihitung menggunakan rumus dan data berikut.

$$\rho = A \times B^{-\left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^n}$$

Sumber: (Yaws, 1999)

Komponen	A	B	n	T _c (K)
C ₂ H ₄ O ₂	0,34143	0,25838	0,27680	487,20
H ₂ O	0,34710	0,27400	0,28571	647,13
HCOOH	0,36821	0,24960	0,23663	580,00
CH ₃ OH	0,27197	0,27192	0,23310	512,58

Maka, nilai densitas pada masing-masing komponen hingga mendapat densitas campuran adalah sebagai berikut.

Komponen	Fraksi massa	ρ (kg/m ³)	ρ campuran (kg/m ³)
C ₂ H ₄ O ₂	0,889	805,533	715,835
H ₂ O	0,111	935,100	103,872
HCOOH	0,000	1.064,465	0,000
CH ₃ OH	0,000	687,456	0,187
Total	1,000		819,893

Dari data di atas, dapat dilihat bahwa nilai densitas campuran komponen sesuai dengan massa dan kondisi operasi yang digunakan adalah 819,893 kg/m³.

b. Viskositas Campuran

Viskositas campuran untuk fase cair dapat dihitung menggunakan rumus dan data sebagai berikut.

$$\log_{10} n_{liq} = A + \frac{B}{T} + CT + DT^2$$

Sumber: (Yaws, 1999)

Komponen	A	B	C	D
C ₂ H ₄ O ₂	-8,0637	1,0137E+03	2,0884E-02	-2,2997E-05
H ₂ O	-10,2158	1,7925E+03	1,7730E-02	-1,2631E-05

HCOOH	-4,2125	9,7953E+02	5,5520E-03	-5,7723E-06
CH ₃ OH	-9,0562	1,2542E+03	2,2383E-02	-2,3538E-05

Maka, nilai viskositas pada masing-masing komponen hingga mendapat viskositas campuran adalah sebagai berikut.

Komponen	Fraksi massa	μ (cP)	μ campuran (cP)
C ₂ H ₄ O ₂	0,889	0,148	0,132
H ₂ O	0,111	13,148	1,460
HCOOH	0,000	0,371	0,000
CH ₃ OH	0,000	0,198	0,000
Total	1,000		1,592

Dari data di atas, dapat dilihat bahwa nilai viskositas campuran komponen sesuai dengan massa dan kondisi operasi yang digunakan adalah 0,157 cP.

6. Perhitungan Perancangan Reaktor

a. Kinetika Reaksi

Pada poin sebelumnya, sudah dihitung dan disebutkan bahwa kinetika reaksi yang didapat sebesar 0,00577 L/mol.s pada waktu tinggal 20 detik. Kinetika tersebut dapat dikonversi menjadi m³/kmol.jam untuk menyesuaikan dengan perhitungan yang akan dilakukan.

$$k = 0,00577 \text{ L/mol.s} \times 3600$$

$$k = 20,722 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

Maka, nilai k sebesar $20,722 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$ akan digunakan untuk perhitungan perancangan reaktor.

b. Laju Alir Volumetrik

Nilai laju alir volumetrik akan digunakan untuk perhitungan volume *shell* pada reaktor.

$$F_V = \frac{\text{Laju alir massa umpan}}{\rho_{\text{campuran}}}$$

$$F_V = \frac{23.097,975 \text{ kg/jam}}{819,893 \text{ kg/m}^3}$$

$$F_V = 28,234 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Laju alir volumetrik yang didapat pada perhitungan reaktor sesuai reaksi yang digunakan adalah $28,234 \text{ m}^3/\text{jam}$.

c. Volume *Shell*

Penentuan volume *shell* akan menggunakan penurunan dari rumus neraca massa komponen H_2O sebagai reaktan pembatas. Berikut adalah penjabaran rumusnya.

$$\text{in} - \text{out} - \text{reac} = \text{acc}$$

$$F_{B0} - F_B - (-r_B)V = 0$$

$$V = \frac{F_{B0}F_B}{-r_B}$$

$$V = \frac{F_{B0}F_B}{k \cdot C_A \cdot C_B}$$

$$V = \frac{F_{B0} - F_B}{k \cdot \frac{F_A}{F_V} \frac{F_B}{F_V}}$$

Nilai F_A dan F_B adalah sebagai berikut, dengan F adalah laju alir mol dan x merupakan konversi reaktor:

$$F_A = F_{A0} - (F_{B0} \cdot x)$$

$$F_A = 342,099 - (142,541 \times 0,74)$$

$$F_A = 236,619 \text{ kmol/jam}$$

$$F_B = F_{B0} - (F_{B0} \cdot x)$$

$$F_B = 142,541 - (142,541 \times 0,74)$$

$$F_B = 37,061 \text{ kmol/jam}$$

Berikut adalah perhitungan volume *shell* yang akan digunakan pada reaktor.

$$V = \frac{142,541 - 37,061}{(20,772) \left(\frac{236,619}{28,234} \right) \left(\frac{37,061}{28,234} \right)}$$

$$V = 0,462 \text{ m}^3 = 461,616 \text{ L}$$

Dengan mempertimbangkan faktor keamanan, maka akan digunakan volume *overdesign* sebesar 20%(Chopey, 2004).

$$V_{desain} = 1,2 \times V$$

$$V_{desain} = 1,2 \times 0,462$$

$$V_{desain} = 0,554 \text{ m}^3 = 553,939 \text{ L}$$

Maka, volume *shell* yang akan digunakan pada reaktor adalah 0,554 m³.

d. Diameter dan Tinggi *Shell*

Reaktor yang dipilih berbentuk silinder tegak, dimana volume silinder dapat dihitung sebagai berikut.

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

Keterangan :

D = Diameter *shell*

H = Tinggi *shell*

Dengan menggunakan rasio $D : H = 1 : 2$ (Brownell & Young, 1959).

Maka, diameter dan tinggi *shell* adalah sebagai berikut.

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 2D$$

$$V = \frac{\pi}{4} 2D^3$$

$$D = \left(\frac{2V}{\pi} \right)^{1/3}$$

$$D = \left(\frac{2 \times 0,554}{3,14} \right)^{1/3}$$

$$D = 0,707 \text{ m} = 27,820 \text{ in}$$

$$H = 2D$$

$$H = 2 \times 0,707$$

$$H = 1,413 \text{ m} = 55,640 \text{ in}$$

Maka, diameter dari *shell* adalah 0,707 m dan tinggi *shell* sebesar 1,413 m dengan volume yang digunakan sebesar 0,554 m³.

e. Volume Reaktor

Penentuan volume total dari reaktor dapat dihitung melalui beberapa tahapan perhitungan, yaitu menghitung volume *dished head*, volume *head*, volume *bottom*, dan volume reaktor (Brownell & Young,

1959). Tahap pertama adalah perhitungan volume *dished head*, sebagai berikut.

$$V_{dish} = 0,000049Ds^3$$

Sumber: (Brownell & Young, 1959)

$$V_{dish} = 0,000049 \times 27,820^3$$

$$V_{dish} = 1,055 \text{ ft}^3$$

Selanjutnya, dihitung volume pada nilai *sf* (*straight of flange*), yaitu $sf = 2 \text{ in}$. Nilai tersebut merupakan standar yang biasa digunakan pada dunia industri. *Straight of Flange* sendiri merupakan standar faktor keamanan yang digunakan untuk memastikan bahwa desain reaktor kuat untuk menahan tekanan dan beban operasional. Berikut adalah tahap perhitungannya.

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{sf}{144}$$

Sumber: (Brownell & Young, 1959)

$$V_{sf} = \frac{3,14}{4} (27,820)^2 \frac{2}{144}$$

$$V_{sf} = 8,438 \text{ in}^3 = 0,005 \text{ ft}^3$$

Tahap berikutnya adalah perhitungan volume *head* atau volume bagian atas dari reaktor yang digunakan, yaitu:

$$V_{Head} = 2 (V_{dish} + V_{sf})$$

Sumber: (Brownell & Young, 1959)

$$V_{Head} = 2 (1,055 + 0,005)$$

$$V_{Head} = 2,120 \text{ ft}^3 = 0,060 \text{ m}^3$$

Setelah mengetahui volume *head* reaktor, perhitungan dilanjutkan dengan menghitung volume *bottom* atau bagian bawah dari reaktor dengan perhitungan sebagai berikut.

$$V_{Bottom} = 0,5 \times V_{Head}$$

Sumber: (Brownell & Young, 1959)

$$V_{Bottom} = 0,5 \times 2,120$$

$$V_{Bottom} = 1,060 \text{ ft}^3 = 0,030 \text{ m}^3$$

Selanjutnya, volume total dari reaktor dapat dihitung dengan data yang sudah dicari sebelumnya, yaitu:

$$V_{Reaktor} = V_{Shell} + V_{Head}$$

Sumber: (Brownell & Young, 1959)

$$V_{Reaktor} = 0,554 + 0,060$$

$$V_{Reaktor} = 0,614 \text{ m}^3$$

Maka, volume total reaktor dari RATB yang akan digunakan pada perancangan adalah $0,614 \text{ m}^3$.

f. Volume dan Tinggi Cairan

Berikut adalah perhitungan volume cairan yang dapat ditampung oleh reaktor, yaitu:

$$V_{Cairan} = V_{Shell} - V_{Bottom}$$

Sumber: (Brownell & Young, 1959)

$$V_{Cairan} = 0,554 - 0,030$$

$$V_{Cairan} = 0,524 \text{ m}^3$$

Sedangkan, tinggi cairan yang dapat ditampung reaktor dihitung melalui persamaan berikut:

$$h_{cairan} = \frac{4V_{shell}}{\pi D^2}$$

Sumber: (Brownell & Young, 1959)

$$h_{cairan} = \frac{4 \times 0,554}{3,14 \times (0,707)^2}$$

$$h_{cairan} = 1,413 \text{ m} = 4,637 \text{ ft}$$

Maka, volume cairan dalam reaktor adalah 0,524 m³ dengan tinggi cairan maksimal dalam reaktor adalah 1,413 m.

g. Tekanan Desain

Untuk menentukan tekanan desain, diperlukan data mengenai tekanan operasi dan tekanan hidrostatik. Tekanan hidrostatik sendiri merupakan tekanan zat cair karena adanya gaya gravitasi yang akan menekan berat partikel cairan. Oleh karena itu, tekanan hidrostatik akan dipengaruhi oleh densitas cairan, gaya gravitasi, dan kedalaman cairan itu sendiri. Perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$P_{Hidrostatik} = \frac{\rho g h_{cairan}}{g_c}$$

karena $\frac{g}{g_c} = 1$, maka:

$$P_{Hidrostatik} = 819,893 \times 1 \times 1,413$$

$$P_{Hidrostatik} = 1.158,710 \text{ kg/m}^2 = 1,648 \text{ psi}$$

Maka, tekanan total akan didapat dari penjumlahan antara tekanan operasi dan tekanan hidrostatik. Seperti yang sudah disebutkan pada

data di atas, tekanan operasi yang akan digunakan pada reaktor adalah 9 atm atau 132,264 psi, maka tekanan totalnya adalah sebagai berikut.

$$P_{Total} = P_{Hidrostatik} + P_{Operasi}$$

$$P_{Total} = 1,648 + 132,264$$

$$P_{Total} = 133,912 \text{ psi} = 9,112 \text{ atm}$$

Dengan mempertimbangkan faktor keamanan sebesar 20%, seperti dalam menentukan volume *shell* sebelumnya, maka tekanan desain dalam reaktor adalah sebagai berikut.

$$P_{Desain} = 1,2 \times P_{total}$$

$$P_{Desain} = 1,2 \times 133,912$$

$$P_{Desain} = 160,694 \text{ psi} = 10,935 \text{ atm}$$

Jadi, tekanan desain yang akan digunakan dengan pertimbangan faktor keamanan sebesar 20% adalah 160,694 psi atau 10,935 atm.

h. Tebal Dinding *Shell*

Perlu diketahui bahwa, bahan yang digunakan pada perancangan reaktor ini adalah *Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304* (Brownell & Young, 1959), hal ini karena bahan ini sudah memiliki kandungan kromium dan nikel yang cukup untuk menahan korosi yang ditimbulkan dari metil formiat, asam formiat, dan metanol. Selain itu, jenis bahan ini mampu untuk menahan kondisi operasi yang cukup tinggi.

Selanjutnya, untuk pengelasan pada reaktor atau *welded-joint* akan digunakan *single-welded butt joint with backing trip* (Brownell &

Young, 1959). Hal ini karena jenis pengelasan ini lebih sederhana dan murah dibandingkan dengan *double welded*, serta cukup untuk menahan korosi dan kekuatan yang tinggi.

Sedangkan, untuk nilai *corrosion allowance* atau faktor korosi pada reaktor dipertimbangkan dari nilai 0,010 sampai 0,015 in/tahun. Untuk jangka panjang, dapat dilihat nilai *corrosion allowance* sebesar 0,125 in (Peters & Timmerhaus, 1958).

Dari penjelasan di atas, didapat data-data untuk perhitungan tebal dinding reaktor berikut ini.

$$f \text{ (maximum allowable stress)} = 187.500$$

$$E \text{ (welded joint efficiency)} = 85\%$$

$$c \text{ (corrosion allowance)} = 0,125 \text{ in}$$

$$P_{Desain} \text{ (tekanan desain)} = 160,694 \text{ psi}$$

$$r_i \left(\text{inside radius} = \frac{D}{2} \right) = 13,910 \text{ in}$$

Maka, nilai tebal dinding reaktor dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$t_{shell} = \frac{P \times r_i}{fE - 0,6P} + c$$

Sumber: (Brownell & Young, 1959)

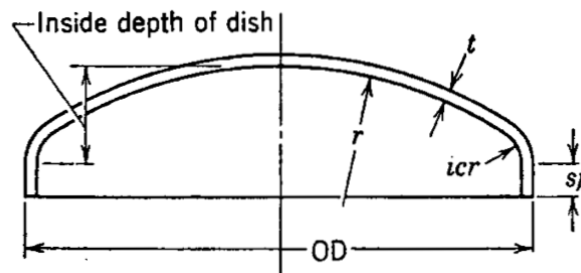
$$t_{shell} = \frac{160,694 \times 13,910}{(187.500 \times 0,85) - (0,6 \times 160,694)} + 0,125$$

$$t_{shell} = 0,139 \text{ in}$$

Dengan mempertimbangkan nilai tebal dinding reaktor standar pada (Brownell & Young, 1959), maka dipilih nilai t_{shell} standar sebesar 3/16 in atau 0,1875 in.

i. Tebal *Head*

Bentuk *head* yang dipilih adalah *torispherical*, karena bentuk *head* ini dapat menahan tekanan tinggi, tahan korosi, dan lebih ekonomis dibandingkan dengan tipe lainnya. Berikut adalah bentuk *head torispherical* berdasarkan ASME dan API-ASME.



Sumber: (Brownell & Young, 1959)

Dengan mengetahui nilai $ID_{shell} = 27,820$ in dan $t_{shell} = 0,1875$ in dari perhitungan sebelumnya, maka didapat nilai OD (*Outside Diameter*) dari *head* adalah sebagai berikut.

$$OD = ID_{shell} + 2t_{shell}$$

Sumber: (Brownell & Young, 1959)

$$OD = 27,820 + (2 \times 0,1875)$$

$$OD = 28,195 \text{ in}$$

Nilai OD sebesar 28,195 in akan disesuaikan lagi berdasarkan nilai OD standar. Oleh karena itu, didapat data standar sebagai berikut (Brownell & Young, 1959).

$$OD \text{ standar} = 30 \text{ in}$$

$$icr \text{ (inside crown radius)} = 1,875 \text{ in}$$

$$r = 30 \text{ in}$$

Selanjutnya, tebal *head* standar dapat dihitung dengan terlebih dulu mencari nilai W (*stress intensification factor*), yaitu.

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right)$$

Sumber: (Brownell & Young, 1959)

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{30}{1,875}} \right)$$

$$W = 1,750$$

Maka, berikut adalah perhitungan dari tebal *head* yang akan digunakan berdasarkan data dari perhitungan-perhitungan di atas:

$$t_{head} = \frac{PrW}{1fE - 0,2P} + c$$

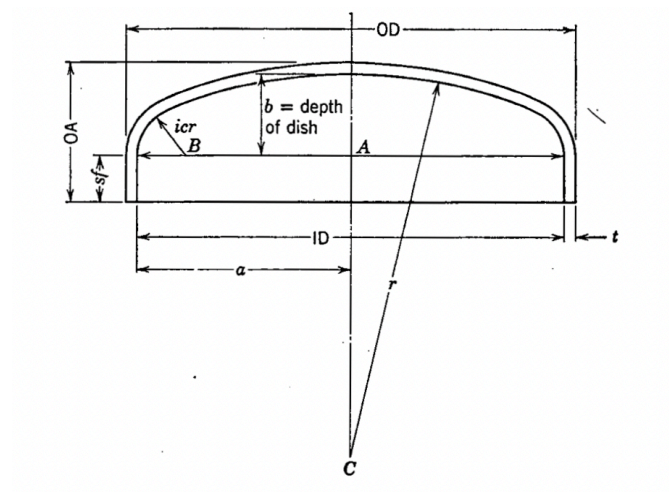
Sumber: (Brownell & Young, 1959)

$$t_{head} = \frac{160,694 \times 30 \times 1,750}{(187.500 \times 0,85) - (0,2 \times 160,694)} + 0,125$$

$$t_{head} = 0,178 \text{ in}$$

Dengan mempertimbangkan nilai tebal dinding standar pada (Brownell & Young, 1959), maka dipilih nilai t_{head} standar sebesar 1/4 in atau 0,25 in.

j. Tinggi Head



Sumber: (Brownell & Young, 1959)

Berdasarkan gambar bentuk *head* di atas, berikut adalah data yang didapat dari perhitungan *head*:

Komponen	Perhitungan
ID (<i>Inside Diameter</i>)	$ID = OD - 2t_{shell}$ $ID = 0,25 - (2 \times 0,1875)$ $ID = 29,625 \text{ in}$
a	$a = \frac{ID}{2}$ $a = \frac{29,625}{2}$ $a = 14,813 \text{ in}$
AB	$AB = a - icr$ $AB = 14,813 - 1,875$

	$AB = 12,938 \text{ in}$
BC	$BC = r - icr$ $BC = 30 - 1,875$ $BC = 28,125 \text{ in}$
AC	$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$ $AC = \sqrt{(28,125)^2 - (12,938)^2}$ $AC = 24,973 \text{ in}$
b	$b = r - AC$ $b = 30 - 24,973$ $b = 5,027 \text{ in}$

Sumber: (Brownell & Young, 1959)

Maka, tebal berdasarkan data-data di atas , tebal *head* dapat dihitung sebagai berikut.

$$h_{head} = t_{head} + b + sf$$

Sumber: (Brownell & Young, 1959)

Karena, $t_{head} = 0,25 \text{ in}$, maka berdasarkan (Brownell & Young, 1959), nilai *sf* (*straight of flange*) berada pada rentang $1\frac{1}{2} - 2\frac{1}{2} \text{ in}$. Berdasarkan standar umum yang dipakai di industri, nilai *sf* yang dipilih adalah 2 in. Maka, perhitungannya akan menjadi sebagai berikut.

$$h_{head} = 0,25 + 5,027 + 2$$

$$h_{head} = 7,277 \text{ in} = 0,185 \text{ m}$$

Maka, tinggi *head* yang didapat berdasarkan perhitungan adalah sebesar 7,277 in atau 0,185 m.

k. Tinggi Reaktor

Tinggi total dari reaktor didapat dari menjumlahkan dua kali tinggi *head* dengan tinggi *shell*, yaitu:

$$h_{reaktor} = 2h_{head} + h_{shell}$$

Sumber: (Brownell & Young, 1959)

$$h_{reaktor} = (2 \times 7,277) + 55,640$$

$$h_{reaktor} = 70,194 \text{ in} = 1,783 \text{ m}$$

Maka, didapat tinggi total dari keseluruhan reaktor yaitu 70,194 in atau 1,783 m.

l. Spesifikasi Reaktor

Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan, berikut adalah spesifikasi Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang akan digunakan pada perancangan kali ini.

Kode	R-01	
Jenis	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk dengan <i>Torispherical Head</i>	
Bahan	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304</i>	
Konversi	0,74	
Tekanan Operasi	9 atm	132,264 psi
Suhu Operasi	120°C	393,150 K
Tinggi Reaktor	70,194 in	1,783 m

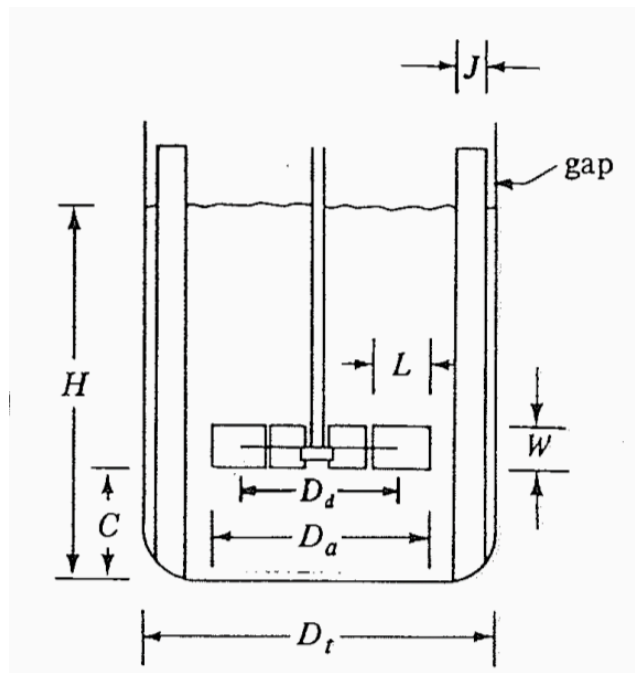
Volume Reaktor	37.466,445 in ³	0,614 m ³
Diameter Shell	27,820 in	0,707 m
Tinggi Shell	55,640 in	1,413 m
Tebal Shell	0,1875 in	0,005 m
Volume Shell	33.803,447 in ³	0,554 m ³
Tinggi Head	7,277 in	0,185 m
Tebal Head	0,25 in	0,006 m
Volume Head	3.662,998 in ³	1,783 m ³

7. Perhitungan Perancangan Pengaduk

Seperti yang sudah disebutkan ada poin sebelumnya, viskositas campuran bahan pada reaktor adalah sebesar 1,592 cP yang berarti nilai viskositasnya cukup kecil. Maka dari itu pada perancangan kali ini, jenis pengaduk yang dipilih adalah turbin dengan *flat vertical blades*. Tipe ini cocok karena memiliki jangkauan viskositas yang luas hingga 100.000 cP, sesuai untuk tangki dengan volume yang tidak terlalu besar, kecepatan tinggi, dan terbukti efektif dibanding dengan pengaduk jenis lain (Walas, 1990).

a. Desain Standar Pengaduk

Berikut adalah gambaran dari reaktor dengan pengaduk yang disertai *baffle*.



Sumber: (Geankoplis, 1993)

Berikut adalah data untuk perhitungan mengenai desain standar pengaduk:

Proporsi Geometri untuk Standar Sistem Pengadukan	
Komponen	Nilai
$\frac{D_d}{D_t}$	$\frac{1}{3}$
$\frac{W}{D_d}$	$\frac{1}{5}$
$\frac{H}{D_t}$	1
$\frac{D_d}{D_a}$	$\frac{2}{3}$
$\frac{L}{D_a}$	$\frac{1}{4}$
$\frac{C}{D_t}$	$\frac{1}{3}$

$\frac{J}{D_t}$	$\frac{1}{12}$
-----------------	----------------

Sumber: (Geankoplis, 1993)

Selanjutnya, perhitungan desain standar pengaduk dapat dihitung berdasarkan data di atas. Maka, di dapat hasil perhitungan sebagai berikut.

Komponen	Perhitungan
D_t (Diameter Reaktor)	$D_t = 0,707 \text{ m}$
D_a (Diameter Pengaduk)	$\frac{D_a}{D_t} = 0,333$ $D_a = 0,333 \times 0,707$ $D_a = 0,236 \text{ m} = 9,273 \text{ in} = 0,773 \text{ ft}$
W (Tinggi Pengaduk)	$\frac{W}{D_a} = 0,200$ $W = 0,200 \times 0,236$ $W = 0,047 \text{ m} = 1,855 \text{ in} = 0,155 \text{ ft}$
L (Lebar Pengaduk)	$\frac{L}{D_a} = 0,250$ $L = 0,250 \times 0,236$ $L = 0,059 \text{ m} = 2,319 \text{ in} = 0,193 \text{ ft}$
C (Jarak Pengaduk dari Dasar Reaktor)	$\frac{C}{D_t} = 0,333$ $C = 0,333 \times 0,707$ $C = 0,236 \text{ m} = 9,273 \text{ in} = 0,773 \text{ ft}$
J (Lebar <i>Baffle</i>)	$\frac{J}{D_t} = 0,083$

	$J = 0,083 \times 0,707$ $J = 0,059 \text{ m} = 2,318 \text{ in} = 0,193 \text{ ft}$
h_{baffle} (Tinggi Baffle)	$h_{baffle} = h_{shell} - C$ $h_{baffle} = 1,413 - 0,236$ $h_{baffle} = 1,178 \text{ m} = 46,366 \text{ in}$ $h_{baffle} = 3,864 \text{ ft}$

b. Jumlah Pengaduk

Karena nilai viskositas yang rendah, yaitu 0,157 cP ($\mu < 25.000$ cP), maka jumlah pengaduk yang akan digunakan adalah 1 buah (Walas, 1990).

c. Kecepatan Pengaduk

Kecepatan pengadukan akan ditentukan berdasarkan rumus berikut ini.

$$N = \frac{600}{\pi D_a} \sqrt{\frac{WELH}{2D_a}}$$

Sumber: (Rase, 1977)

Keterangan:

N : Kecepatan pengadukan (rpm)

D_a : Diameter pengaduk (ft)

$WELH$: Water Equivalent Liquid Height ($WELH = h_{cairan} \times sg$)

sg : Spesific gravity ($sg = \frac{\rho_{mix}}{\rho_{air}}$, $\rho_{air} = 1.000 \text{ kg/m}^3$)

Maka, perhitungannya menjadi seperti berikut.

$$sg = \frac{819,893}{1.000}$$

$$sg = 0,820$$

$$WELH = 1,413 \times 0,820$$

$$WELH = 1,159 \text{ m} = 3,802 \text{ ft}$$

$$N = \frac{600}{3,14 \times 0,773} \sqrt{\frac{3,802}{2 \times 0,773}}$$

$$N = 387,802 \text{ rpm}$$

Berdasarkan kecepatan pengadukan standar, maka nilai N standar yang dipilih adalah 400 rpm atau 6,667 rps (Walas dkk., 2012).

d. Kriteria Pengadukan

Kriteria pengadukan akan dikatakan sebagai pengadukan sempurna jika $\frac{Q_R}{F_V} > 10$ (Rase, 1977).

Maka, berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan kriteria dari pengadukan pada reaktor:

$$Q_R = N_{QR} \times n \times D_a^3$$

$$N_{QR} = 0,93D/D_a$$

Sumber: (Rase, 1977)

Keterangan:

Q_R : Kecepatan sirkulasi (m^3/jam)

F_V : Laju alir volumetrik = $28,234 \text{ m}^3/\text{jam} = 16,630 \text{ ft}^3/\text{menit}$

$$N_{QR} = \frac{0,93 \times 0,707}{0,236}$$

$$N_{QR} = 2,790 \text{ m} = 9,154 \text{ ft}$$

$$Q_R = 9,154 \times 1 \times (0,773)^3$$

$$Q_R = 1.689,675$$

$$\frac{Q_R}{F_V} = \frac{1.689,675}{16,630}$$

$$\frac{Q_R}{F_V} = 101,604$$

Karena nilai $\frac{Q_R}{F_V} = 101,604 > 10$, maka pengadukan dikatakan sempurna.

e. Bilangan Reynold

Perhitungan bilangan reynold dimaksudkan untuk mengetahui jenis aliran yang terjadi pada reaktor. Jika, aliran yang terbentuk adalah aliran turbulen, maka proses pengadukan akan menimbulkan terjadinya vortex. Hal tersebut berarti pengaduk membutuhkan *baffle*. Berikut adalah perhitungannya

$$N_{Re} = \frac{ND_a^2 \rho}{\mu}$$

Sumber: (Geankoplis, 1993)

Keterangan:

$N_{Re} < 10$: Aliran laminar

$N_{Re} > 10^4$: Aliran turbulen

$10 < N_{Re} < 10^4$: Aliran tansisi

$$N_{Re} = \frac{6,667 \times (0,236)^2 \times 819,893}{0,157 \times 0,001}$$

$$N_{Re} = 1.928.472,294$$

Maka, karena $N_{Re} > 10^4$ aliran yang terbentuk merupakan aliran turbulen. Oleh karena itu, dibutuhkan *baffle*. Jumlah *baffle* yang digunakan sebanyak 4 buah.

f. Tenaga Pengadukan

Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung tenaga pengadukan.

$$P = P_o \rho N^3 D_a^5$$

Sumber: (Walas dkk., 2012)

Keterangan:

P : Tenaga pengadukan (W)

P_o : *Power number*

ρ : Densitas campuran (kg/m^3)

N : Kecepatan putar pengaduk (rps)

D_a : Diameter pengaduk (m)

Nilai P_o yang digunakan adalah 6. Nilai tersebut didapat berdasarkan grafik di bawah ini.

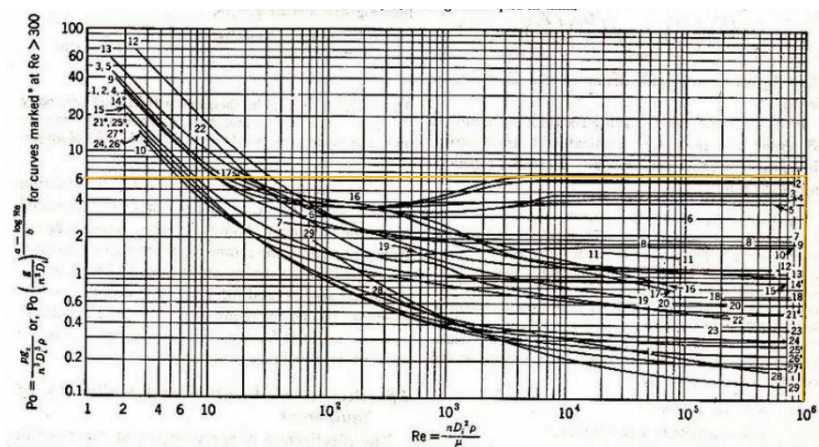


FIG. 477. Power consumption of various agitators expressed in terms of P_o as a function of Reynolds number, Re . For curves marked with * surface effects become important and the Froude number $Fr = g/n^2 D_i$ is included as indicated for $Re > 300$.

Sumber: (Brown, 1950)

Maka, tenaga pengadukan dapat dihitung sesuai dengan data-data yang ada, sebagai berikut,

$$P = 6 \times 819,893 \times (6,667)^3 \times (0,236)^5$$

$$P = 1.056,735 \text{ W} = 1,417 \text{ Hp}$$

Dari nilai tenaga pengadukan yang didapat sebesar 1,417 di atas, perlu dilakukan efisiensi pengadukan. Efisiensi pengadukan yang dipilih adalah 80% (Towler & Sinnott, 2008).

$$P = \frac{1,417}{0,8}$$

$$P = 1,771 \text{ Hp}$$

Berdasarkan nilai *power* standar berdasarkan standar NEMA pada (Rase, 1977), dipilih nilai tenaga pengadukan sebesar 2 Hp.

g. Spesifikasi Pengaduk

Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan, berikut adalah spesifikasi pengaduk pada reaktor yang akan digunakan pada perancangan kali ini.

Jumlah Pengaduk	1	
Jenis Pengaduk	Turbin dengan 6 <i>Flat Blades</i> dan 4 <i>Baffle</i>	
Jenis Aliran	Turbulen	
Diameter Pengaduk	9,273 in	0,236 m
Tinggi Pengaduk	1,855 in	0,047 m
Lebar Pengaduk	2,318 in	0,059 m

Jarak Pengaduk	9,273 in	0,236 m
Lebar Baffle	2,318 in	0,059 m
Tinggi Baffle	46,366 in	1,178 m
Kecepatan Pengaduk	400,000 rpm	6,667 rps
Power Pengaduk	2 Hp	

8. Koil Pemanas

Dari reaksi yang terjadi, dapat dilihat bahwa panas reaksi yang terjadi bernilai positif sehingga reaksi bersifat endotermis, yaitu reaksi akan menyerap kalor atau panas dari lingkungan sehingga suhu lingkungan akan menurun. Oleh karena itu, reaktor membutuhkan pemanas untuk menjaga reaksi tetap pada suhu operasi, yaitu 120°C.

Dari neraca panas yang sudah disebutkan di atas, diketahui bahwa beban pemanas di reaktor sebesar 1.160.286,644 kJ/jam. Berikut adalah perhitungan mengenai jenis pemanas beserta spesifikasi yang dibutuhkan oleh reaktor.

a. Komposisi Input Reaktor

Dari neraca massa yang sudah dihitung sebelumnya, didapat data input reaktor sebagai berikut.

Komponen	Laju Alir Mol (kmol/jam)	Laju Alir Massa (kg/jam)	Fraksi Massa
C ₂ H ₄ O ₂	342,099	20.525,955	0,889
H ₂ O	142,541	2.565,744	0,111
HCOOH	0,000	0,000	0,000

CH ₃ OH	0,196	6,276	0,000
Total	484,837	23.097,975	1,000

b. Sifat Fisis Fluida

Jenis pemanas atau *steam* yang akan digunakan pada perancangan kali ini adalah air pemanas berupa H₂O dengan kondisi operasi sebagai berikut.

$$\text{Suhu steam masuk } (T_1) = 150^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Suhu steam keluar } (T_2) = 125^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Suhu steam rata – rata } (T_c) = 137,500^{\circ}\text{C}$$

Dengan kondisi operasi seperti di atas, selanjutnya akan dicari sifat fisis dari fluida panas dan dingin. Seperti yang sudah disebutkan, fluida panas yang akan digunakan adalah air pemanas (H₂O), sedangkan fluida dinginnya adalah komponen masuk reaktor. Sifat fisis yang dicari akan meliputi *heat capacity* (Cp), konduktivitas termal (k), viskositas (μ) dan densitas (ρ) sesuai kondisi operasinya. Dengan menggunakan rumus dan data dari (Yaws, 1999) didapat hasil sebagai berikut.

Sifat Fisis Fluida Dingin				
Cp	2,511	kJ/kg.K	0,600	Btu/lb.°F
k	0,253	W/m.K	0,146	Btu/hr.ft.°F
μ	0,157	cP	0,380	lb/ft.hr
ρ	819,893	kg/m ³	51,184	lb/ft ³
Sifat Fisis Fluida Panas				
Cp	4,283	kJ/kg.K	1,023	Btu/lb.°F
k	0,684	W/m.K	0,395	Btu/hr.ft.°F

μ	0,200	cP	0,483	lb/ft.hr
ρ	916,575	kg/m ³	57,220	lb/ft ³

c. Laju Alir Massa Pemanas

Dari data-data yang sudah didapat di atas, laju alir massa dari air pemanas yang akan digunakan dapat dihitung sebagai berikut.

$$m = \frac{Q}{C_p \Delta T} \times BM$$

Keterangan:

m : Laju alir massa air pemanas (kg/jam)

Q : Beban pemanas (kJ/jam)

C_p : *Heat capacity* air pemanas (kJ/kg.K)

ΔT : Selisih suhu masuk dan keluar air pemanas (K)

BM : Berat molekul air pemanas

$$m = \frac{1.160.286,644}{4,283 \times (150 - 125)} \times 18$$

$$m = 195.070,652 \text{ kg/jam}$$

$$m = 430.056,661 \text{ lb/jam} = 54,186 \text{ kg/s}$$

Maka, didapat laju alir massa air pemanas yang akan digunakan sebesar 195.070,652 kg/jam.

d. Menentukan ΔT LMTD

Nilai ΔT LMTD didapat berdasarkan suhu masuk dan keluar dari fluida panas dan fluida dingin yang digunakan. Karena suhu reaktor akan dijaga tetap pada kondisi operasinya, maka suhu masuk reaktor =

suhu keluar reaktor, yaitu 120°C. Dengan begitu, perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln [(T_1 - t_2)/(T_2 - t_1)]}$$

Sumber: ((Kern, 1950)

Fluida Panas (°F)	Keterangan	Fluida Dingin (°F)	Selisih (°F)
302	<i>Higher</i>	248	54
257	<i>Lower</i>	248	9

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{54 - 9}{\ln [54/9]}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 25,115^{\circ}\text{F}$$

Dari perhitungan di atas, didapat nilai ΔT LMTD (*Log Mean Temperature Difference*) sebesar 25,115°F.

e. Penentuan Jenis Pemanas

Untuk menentukan jenis pemanas yang akan digunakan, dibutuhkan hasil perhitungan dari luas transfer panas. Oleh karena itu, dibutuhkan nilai koefisien *overall design* yang didapat dari tabel berikut ini.

Heaters		
Hot fluid	Cold fluid	Overall U_D
Steam	Water	200-700§
Steam	Methanol	200-700§
Steam	Ammonia	200-700§
Steam	Aqueous solutions:	
Steam	Less than 2.0 cp	200-700
Steam	More than 2.0 cp	100-500§
Steam	Light organics	100-200
Steam	Medium organics	50-100
Steam	Heavy organics	6-60
Steam	Gases	5-50¶

Sumber: Tabel 8 halaman 840 (Kern, 1950)

Karena nilai viskositas fluida dingin rendah, yaitu 0,157, maka termasuk dalam kategori *light organic*. Dengan begitu, *range* nilai U_D yang akan digunakan adalah 100 – 200 Btu/jam.ft².°F, dipilih nilai *trial* sebesar 150 Btu/jam.ft².°F. Maka, luas transfer panas akan dihitung sebagai berikut.

$$A = \frac{Q}{U_d \times \Delta t}$$

Sumber: (Kern, 1950)

Keterangan:

A : Luas transfer panas (ft²)

Q : Beban pemanas (Btu/jam)

U_d : Koefisien *overall design* (Btu/jam.ft².°F)

Δt : ΔT LMTD (°F)

$$A = \frac{1.099.739,545}{150 \times 25,115}$$

$$A = 291,921 \text{ ft}^2$$

Nilai luas transfer panas yang didapat adalah 291,921 ft².

Selanjutnya, dihitung luas selubung reaktor sebagai berikut.

$$L = \pi \times D \times H$$

Keterangan:

L : Luas selubung reaktor (in²)

D : Diameter reaktor (in)

H : Tinggi reaktor (in)

$$L = 3,14 \times 27,820 \times 55,640$$

$$L = 4.860,346 \text{ in}^2 = 33,752 \text{ ft}^2$$

Nilai luas selubung reaktor yang didapat adalah 33,752 ft². Maka, karena luas transfer panas > luas selubung reaktor, jenis pemanas yang digunakan adalah koil pemanas.

f. Koefisien Perpindahan Panas Reaktor dan Koil Pemanas

$$\frac{h_i D_i}{k} = 0,87 \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{c\mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$h_{oi} = h_i \times \frac{ID}{OD}$$

Sumber: (Kern, 1950)

Keterangan:

D_i : Diameter reaktor (ft)

k : Konduktivitas termal (Btu/hr.ft.°F)

L : Diameter pengaduk (ft)

N : Kecepatan pengadukan (rph)

μ : Viskositas (lb/ft.hr)

ρ : Densitas (lb/ft³)

ID : Diameter reaktor (ft)

OD : *Outside* diameter reaktor (ft)

Dengan, $\frac{\mu}{\mu_w} = 1$ didapat nilai sebagai berikut.

$$h_i = 0,87 \left(\frac{k}{D_i} \right) \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{c\mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$h_i = 0,87 \left(\frac{0,146}{2,318} \right) \left(\frac{0,773^2 \times 24.000 \times 51,184}{0,380} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\left(\frac{0,600 \times 0,380}{0,146} \right)^{1/3} (1)^{0,14}$$

$$h_i = 986,068 \text{ Btu/jam.ft}^2. ^\circ\text{F}$$

$$h_{oi} = 986,068 \times \frac{2,318}{2,500}$$

$$h_{oi} = 914,407 \text{ Btu/jam.ft}^2. ^\circ\text{F}$$

Maka, didapat nilai koefisien perpindahan panas reaktor dan jaket pemanas berupa h_i sebesar 986,068 Btu/jam.ft².°F dan h_{oi} sebesar 914,407 Btu/jam.ft².°F.

g. *Clean Overall Coefficient dan Design Overall Coefficient*

Nilai *clean overall coefficient* (U_c) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$U_c = \frac{h_i h_{oi}}{h_i + h_{oi}}$$

Sumber: (Kern, 1950)

$$U_c = \frac{986,068 \times 914,407}{986,068 + 914,407}$$

$$U_c = 474,443 \text{ Btu/jam.ft}^2. ^\circ\text{F}$$

Maka, dari perhitungan didapat nilai *clean overall coefficient* sebesar 474,443 Btu/jam.ft².°F. Sedangkan nilai *design overall coefficient* dapat dihitung sebagai berikut.

$$U_D = \frac{U_c h_d}{U_c + h_d} \text{ dengan } h_d = \frac{1}{R_d}$$

Sumber: (Kern, 1950)

Keterangan:

R_d : *Dirt factor*

Berdasarkan Tabel 12 halaman 845 dari (Kern, 1950), didapat nilai *dirt factor* yang sesuai sebesar 0,002. Maka, perhitungannya menjadi:

$$h_d = \frac{1}{R_d}$$

$$h_d = \frac{1}{0,002} = 500$$

$$U_D = \frac{474,443 \times 500}{474,443 + 500}$$

$$U_D = 243,443 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Didapat nilai *design overall coefficient* sebesar 243,443 Btu/jam.ft².°F.

h. Koreksi Luas Transfer Panas

Dengan nilai U_D yang sudah didapat berdasarkan perhitungan sebelumnya, maka luas transfer panasnya menjadi:

$$A = \frac{Q}{U_d \times \Delta t}$$

$$A = \frac{1.099.739,545}{243,443 \times 25,116}$$

$$A = 179,870 \text{ ft}^2$$

Maka, nilai koefisien transfer panas yang terjadi sebesar 179,870 ft².

i. Dimensi Pipa

Berdasarkan *inside diameter* sebesar 0,194 m, setelah disesuaikan dengan ukuran pipa standar, didapat ketentuan untuk dimensi pipa sebagai berikut:

NPS	8 in	0,667 ft
OD	8,625 in	0,719 ft
ID	7,981 in	0,665 ft
<i>Schedule number</i>	40	
<i>External surface/lin ft</i>	2,258 ft ² /ft	

j. Menghitung Luas per Lilitan Koil Pemanas

$$Luas\ per\ lilitan = \pi \times 0,8 \times external\ surface$$

Sumber: (Kern, 1950)

Dari ukuran standar yang sudah ditetapkan di atas, diketahui *external surface* dari koil sebesar 2,258 ft²/ft, maka luas per lilitan yang didapat adalah berikut.

$$Luas\ per\ lilitan = 3,14 \times 0,8 \times 2,258$$

$$Luas\ per\ lilitan = 5,672\ ft^2$$

Maka, didapat luas per lilitan untuk koil pemanas yang digunakan reaktor adalah 5,672 ft².

k. Jumlah Lilitan

Dari luas per lilitan yang sudah didapatkan, selanjutnya dapat dicari jumlah lilitan dari koil pemanas pada reaktor dengan ketentuan sebagai berikut.

$$n = \frac{A}{\text{luas per lilitan}}$$

Sumber: (Kern, 1950)

Keterangan:

A : Luas Transfer Panas

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, luas transfer panas antara *steam* pada koil pemanas dengan fluida di dalam reaktor adalah 179,870 ft². Selanjutnya, jumlah lilitan dapat dihitung sebagai berikut.

$$n = \frac{179,870}{5,672}$$

$$n = 32 \text{ lilitan}$$

Jadi, berdasarkan perhitungan di atas, didapat jumlah lilitan koil pemanas pada reaktor adalah 32 lilitan.

1. Spesifikasi Koil Pemanas

Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan, berikut adalah spesifikasi jaket pemanas yang akan dipasang pada reaktor.

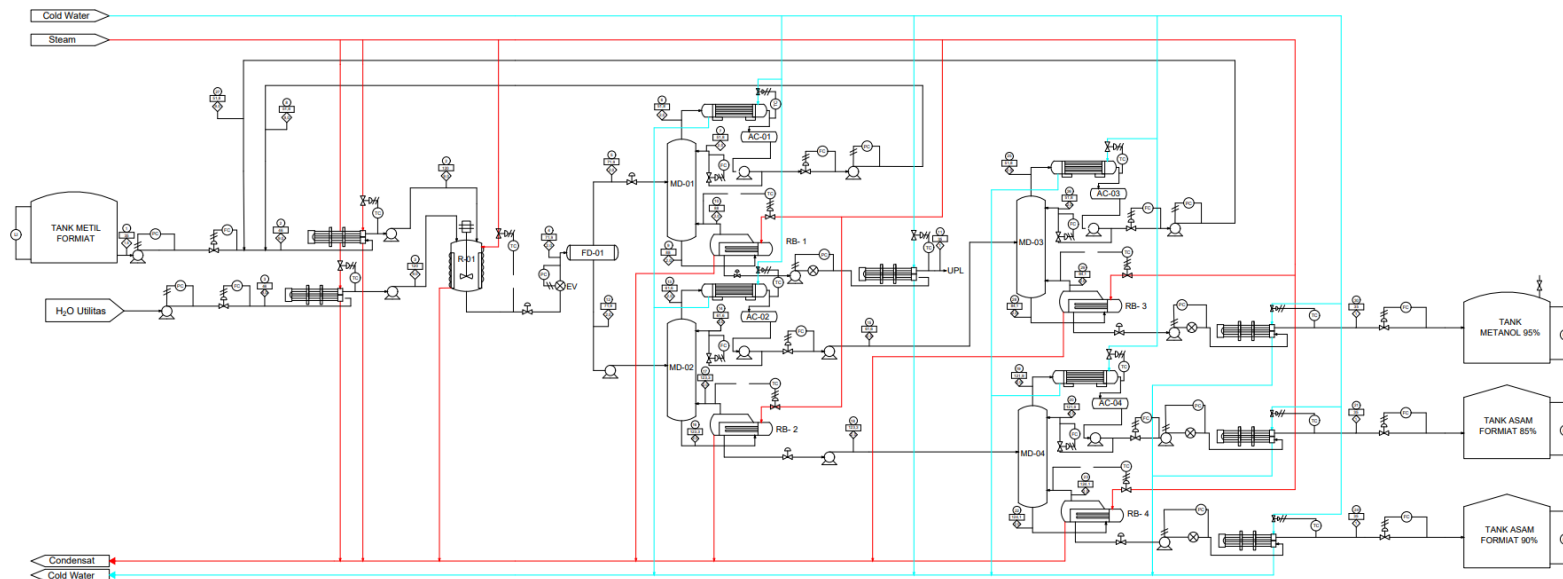
Jenis	Koil Pemanas	
Bahan	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304</i>	
Beban Pemanas	1.160.286,644 kJ/jam	
Laju Alir Massa Pemanas	195.070,652 kg/jam	
Tekanan Operasi	9 atm	132,264 psi
Suhu Reaktor	120°C	393,150 K
Suhu Air Pemanas	137,500°C	410,650 K

Luas Transfer Panas	25.901,314 in ²	16,710 m ²
Luas per Lilitan	1.799.757,039 in ³	29,493 m ³
Jumlah Lilitan	32	

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

PRARANCANGAN PABRIK ASAM FORMIAT DARI METIL FORMIAT DAN AIR DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN



Neraca Massa (kg/jam)																														No		KETERANGAN	
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
C ₂ H ₄ O ₂	6.264,88	20.525,96		14.197,12	4.932,82	4.883,50	4.179,84	4.883,50	49,33	172,82	49,33	9.294,29	9.264,19	2.991,47	9.264,19	0,10	0,25	0,10	0,10	0,15	0,10				9.254,93	10.030,27	9.254,93	9,26	30,43	9,26		Temperature (C)	
H ₂ O			2.565,74	667,09	10,03				10,03	35,11	10,03	657,06	6,57	2,12	6,57	650,49	1.601,26	650,49	260,20	378,93	260,20	390,29	401,66	390,29				6,57	21,58	6,57		No Arus	
HCOOH			4.852,11	193,37					193,37	676,68	193,37	4.658,74	128,75	41,57	128,75	4.529,99	11.151,12	4.529,99	1.132,50	1.649,30	1.132,50	3.397,49	3.496,46	3.397,49				128,75	422,83	128,75		Tekanan (ata)	
CH ₃ OH		6,28		3.381,66	320,46	3,20	2,74	3,20	317,26	1.110,20	317,26	3.061,20	3.030,58	978,59	3.030,58	30,61	75,36	30,61	30,52	44,45	30,52	6,09	0,10	0,09	3,03	3,28	3,03	3.027,55	9.943,02	3.027,55		Cooling Water	
Total	6.264,88	20.532,23	2.565,74	23.097,98	5.456,69	4.886,70	4.181,38	4.886,70	569,99	1.994,62	569,99	17.641,29	12.430,10	4.013,76	12.430,10	5.211,19	12.827,98	5.211,19	1.423,31	2.072,82	1.423,31	3.787,88	3.898,22	3.787,88	9.257,96	10.033,55	9.257,96	3.172,13	10.417,86	3.172,13		Steam	
																																Pneumatik	
																																Control Valve	

PROSES ENGINEERING FLOW (DASAR)

PRARANCANGAN PABRIK ASAM FORMIAT DARI METIL FORMIAT DAN METANOL DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

REVISI

1. NABILA KHANAM-AMALIA (0521004)

2. MUHAMMAD AGILA / ALDAN PUTERA (0521001)

DOSEN PEMBIMBING

DR. NUR HANIM FAUZI MUKTI, S.T., M.ENG

KETERANGAN

PROSES ENGINEERING FLOW (DASAR)

PRARANCANGAN PABRIK ASAM FORMIAT DARI METIL FORMIAT DAN METANOL DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

REVISI

1. NABILA KHANAM-AMALIA (0521004)

2. MUHAMMAD AGILA / ALDAN PUTERA (0521001)

DOSEN PEMBIMBING

DR. NUR HANIM FAUZI MUKTI, S.T., M.ENG

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN PABRIK

1. Nama Mahasiswa : Tiara Rachma Amalia

NIM : 20521004

2. Nama Mahasiswa : Muhammad Aqila Fauzan Putera

NIM : 20521081

Semester/Tahun Akademik : Genap – 2023/2024

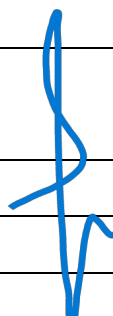
Ganjil – 2024/2025

Judul Tugas Akhir : Prarancangan Pabrik Asam Formiat dari Metil

Formiat dan Air dengan Kapasitas 30.000

Ton/Tahun

Nama Dosen Pembimbing : Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.

No	Tanggal	Konsultasi	Paraf Dosen
1	14 Mei 2024	Persiapan penyusunan laporan tugas akhir	
2	22 Mei 2024	Penentuan kapasitas pabrik	
3	31 Mei 2024	Bab 1, bab 2, dan bab 3	
4	7 Juni 2024	Menghitung kinetika reaksi berdasarkan jurnal dan paten	
5	27 Juni 2024	Perhitungan neraca massa	
6	5 Juli 2024	Diagram alir kualitatif dan neraca massa	
7	16 Juli 2024	Perhitungan neraca massa	
8	29 Juli 2024	Perhitungan neraca massa <i>recycle</i>	
9	7 Agustus 2024	Perhitungan menara distilasi	
10	15 Agustus 2024	Revisi perhitungan menara distilasi dan neraca massa <i>recycle</i>	
11	19 Agustus 2024	Fiksasi perhitungan menara distilasi sesuai neraca massa setelah <i>recycle</i>	
12	20 Agustus 2024	Fiksasi kinetika reaksi dan perancangan reaktor	

13	11 September 2024	Perhitungan reaktor dan <i>flash drum</i>	
14	18 September 2024	Fiksasi perhitungan alat besar	
15	25 September 2024	Perhitungan alat kecil dan perancangan PEFD	
16	10 Oktober 2024	Perhitungan alat kecil dan koil pemanas pada reaktor	
17	15 November 2024	Perhitungan neraca panas, utilitas, dan diagram alir pengolahan air	
18	31 Desember 2024	Evaluasi ekonomi	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 2 Januari 2025

Pembimbing,



Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.