

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM FORMIAT
DARI METIL FORMIAT DAN AIR DENGAN
KAPASITAS 34.000 TON/TAHUN
(Perancangan *Plug Flow Reactor* (R-201))**

(Skripsi)

Oleh

**Mey Liviana Krisdayanty Malau
1615041018**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM FORMIAT
DARI METIL FORMIAT DAN AIR DENGAN
KAPASITAS 34.000 TON/TAHUN
(Perancangan *Plug Flow Reactor* (R-201))**

Oleh

Mey Liviana Krisdayanty Malau

(Skripsi)

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK ASAM FORMIAT DARI METIL FORMIAT DAN AIR KAPASITAS 34.000 TON/TAHUN

Oleh

MEY LIVIANA KRISDAYANTY MALAU

Asam Formiat merupakan salah satu produk industri kimia yang digunakan sebagai bahan baku industri diantaranya Industri Karet, Industri Tekstil, Industri Pakan Ternak, Industri Kulit dll. Asam Formiat dapat di produksi dengan beberapa proses dari bahan baku yang berbeda yaitu Proses Hidrolisis *Formamide*, Proses dengan Sodium Formiat, dan Proses Hidrolisis Metil Formiat. Dalam Pra-Rancangan Pabrik Asam Formiat ini dipilih proses Hidrolisis Metil Formiat yang lebih menguntungkan dari segi ekonomi dan termodinamika dibandingkan proses lainnya.

Kapasitas produksi pabrik direncanakan 34.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di Seputih Mataram, Lampung Tengah. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 143 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi dan Direktur Pemasaran dan Keuangan dengan struktur organisasi *line and staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 958.135.673.386,84
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 169.082.765.891,79
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 1,127,218,439,279
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 30,41 %
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 9,42 %
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 2,09 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,48 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	= 32,22%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 25,78%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 25,6%

Mempertimbangkan rangkuman di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik Asam Formiat ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai prospek yang baik.

ABSTRACT

MANUFACTURING OF *FORMIC ACID* (HCOOH) FROM *METHYL FORMATE* (HCOOCH₃) AND *WATER* (H₂O) CAPACITY 34.000 TONS/YEAR

By

MEY LIVIANA KRISDAYANTY MALAU

Formic Acid is one of the chemical industry products used as raw material for chemical industry such as rubber auxiliaries, textile, leather, silage, etc. Formic Acid can be produced with several processes namely Hydrolysis of Formamide, Formic Acid from Sodium Formate, and Hydrolysis of Methyl Formate. On the Manufacturing of Formic Acid was selected Hydrolysis of Methyl Formate that is more profitable in terms of economics and thermodynamics than other processes.

This Plant is meant to produce 34.000 tons/year with operation time 24 hours/day and 330 days on a year. This Plant is planned to be built in Seputih Mataram, Lampung Tengah. The business entity form of this plant is Limited Liability Company (Ltd) using line and staff organizational structure with 143 labors.

From the economic analysis, it is obtained that :

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 958.135.673.386,84
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 169.082.765.891,79
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 1,127,218,439,279
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 30,41 %
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 9,42 %
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 2,09 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,48 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	= 32,22%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 25,78%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 25,6%

Consider the summary above, it is proper establishment of Formic Acid Plant is studied further, because the plant is profitable and has good prospects.

Judul Skripsi : PRARANCANGAN PABRIK ASAM FORMIAT DARI
METIL FORMIAT DAN AIR DENGAN KAPASITAS
34.000 TON/TAHUN
(Perancangan *Plug Flow Reactor* (R-201))

Nama Mahasiswa : Mey Liviana Kridayanty Malau

No. Pokok Mahasiswa : 1615041018

Jurusan : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik



Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc.
NIP. 196902081997032001

Lia Lismeri, S.T., M.T.
NIP. 19850312208122004

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

MENGESAHKAN

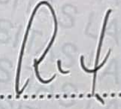
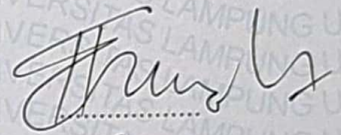
Tim Penguji

Ketua : Dr. Lilis Hermida., S.T., M.Sc.

Sekretaris : Lia Lismeri, S.T., M.T.

Penguji
Bukan Pembimbing : Panca Nugrahini F, S.T., M.T.

Muhammad Haviz, S.T., M.T.



Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. 

NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **19 Juni 2023**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 21 Juni 2023



Mey Liviana K. Malau

NPM. 1615041018

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kisaran, pada tanggal 24 Mei 1998, sebagai anak keempat dari lima bersaudara, dari pasangan Bapak Kristian Malau dan Ibu Sari Bulu Duha. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD S Diponegoro Kisaran Tahun 2010, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Kisaran pada Tahun 2013 dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 2 Kisaran pada Tahun 2016. Pada Tahun 2016, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur masuk ujian tertulis SBMPTN Universitas Lampung 2016.

Pada Tahun 2019, penulis melakukan Kerja Praktek di PT. Polychem Indonesia Tbk. dengan Tugas Khusus “Evaluasi Performa Kerja *Second Stage* Reaktor *Feed Heater* (E-522)”. Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengolahan Limbah Cair Karet Menggunakan Pelet Komposit Karbon Asal *Spent Bleaching Earth* dan Bentonit secara Kontinu”. Selama kuliah penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) FT Unila pada periode 2016/2017 sebagai Staff Departemen Kerohanian, pada periode 2017/2018 aktif di FKMK FT Unila sebagai Staff Persekutuan Umum (PU).

Motto dan Persembahan

“Semua hanya fase yang harus dilewati, jalani saja, jalan terus ke depan. Apapun yang terjadi memang sudah waktunya”
(Mey Liviana)

“Tetapi karena kasih karunia Allah aku adalah sebagaimana aku ada sekarang dan kasih karunia yang dianugerahkan-Nya kepadaku tidak sia-sia. Sebaliknya, aku telah bekerja lebih keras dari pada mereka semua; tetapi bukannya aku, melainkan kasih karunia Allah yang menyertai aku”
(1 Korintus 15:10)

“Jadi Kepala Bukan Ekor, BISA!!! PASTI BISA!!!”
(Mey Liviana)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas kasih karunianya yang telah memberikan kekuatan sampai pada saat ini sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik Asam Formiat dari Metil Formiat dan Air dengan Kapasitas 34.000 Ton/Tahun” dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh derajat kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan moral maupun spiritual dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak dan mama, atas segala doa, perjuangan, dan kasih sayangnya sampai akhir sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini
2. Mey Liviana Krisdayanty Sanulosohahau malau, terimakasih sudah bertahan sejauh ini, terimakasih untuk segala hal yang sudah berhasil dilewati
3. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T., sebagai Ketua Jurusan Teknik Kimia yang telah memberikan bantuan untuk kelancaran proses belajar selama di kampus.
4. Ibu Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc., sebagai Dosen Pembimbing 1, atas segala ilmu, kesabaran, saran, dan kritiknya dalam pengerjaan tugas akhir.
5. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T., sebagai Dosen Pembimbing 2 atas segala ilmu, kesabaran, saran, dan kritiknya dalam pengerjaan tugas akhir.
6. Ibu Panca Nugrahini, S.T., MT., sebagai Dosen Penguji 1, atas segala ilmu, kesabaran, saran, dan kritiknya dalam pengerjaan tugas akhir.
7. Bapak Muhammad Haviz, S.T., M.T. sebagai Dosen Penguji 2, atas segala ilmu, kesabaran, saran, dan kritiknya dalam pengerjaan tugas akhir.
8. Seluruh Dosen dan Staf Teknik Kimia yang telah banyak memberikan ilmu yang sangat bermanfaat dan membantu kelancaran dalam pengerjaan.

9. Kakak dan abangku yang selalu memberikan banyak dukungan selama masa perkuliahan ini.
10. Lutfia Rahma Riyadi selaku partner dalam pembuatan tugas akhir ini yang mau berjuang sampai akhir
11. Sahabatku Nita, Jimmy, Tessa, yang selalu menemani, mendengarkan keluhan, dan selalu membantu dalam segala hal
12. Teman-teman angkatan 2016 yang saling membantu dan saling support satu sama lain
13. Semua Pihak yang membantu dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Tuhan selalu memberkati dan semoga tugas akhir ini dapat berguna.

Bandar Lampung, 21 Juni 2023

Penulis,

Mey Liviana Krisdayanty Malau

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iii
PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN.....	ix
MOTTO	xi
SANWACANA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Kegunaan Produk.....	2
1.3. Ketersediaan Bahan Baku	3
1.4. Analisa Pasar.....	4
1.5. Lokasi Pabrik	8
BAB II DESKRIPSI PROSES.....	10
2.1. Jenis-Jenis Proses Pembuatan Asam Formiat.....	10
2.1.1. Berdasarkan Bahan Baku dan Kondisi Proses.....	10
2.1.2. Berdasarkan Tinjauan Termodinamika.....	11
2.1.3. Berdasarkan Kelayakan Ekonomi.....	22

2.2. Pemilihan Proses	30
2.3. Uraian Proses	35
BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK	37
3.1. <i>Physical Properties</i>	37
3.2. <i>Chemical Properties</i>	39
BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI.....	43
4.1. Neraca Massa	43
4.2. Neraca Energi.....	49
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN	52
5.1. Spesifikasi Peralatan Proses.....	52
5.2. Spesifikasi Alat Pengolahan Air	71
5.3. Spesifikasi Alat Penyedia Udara Instrumen	82
5.4. Spesifikasi Alat Penyedia Pembangkit Steam	82
5.5. Spesifikasi Alat Pengolahan Limbah	88
5.6. Spesifikasi Alat Penyedia Listrik.....	90
5.7. Spesifikasi Alat <i>Refrigerant Cycle</i>	91
BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH	94
6.1. Unit Penyedia Air	94
6.2. Unit Penyedia <i>Steam</i>	101
6.3. Unit Pembangkit Tenaga Listrik	102
6.4. Unit Penyedia Bahan Bakar	103
6.5. Unit Penyedia Udara Instrumentasi	103
6.6. Unit <i>Refrigerant Cycle</i>	103
6.7. Unit Pengolahan Limbah	104
6.8. Laboratorium.....	104
6.8. Instrumentasi dan Pengendalian Proses	107

BAB VII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	109
7.1. Pemilihan Lokasi Pabrik	110
7.2. Tata Letak Pabrik	112
7.2. Tata Letak Peralatan Proses	117
BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN OPERASI PERUSAHAAN.....	121
8.1. Bentuk Perusahaan	121
8.2. Struktur Organisasi Perusahaan	123
8.3. Tugas dan Wewenang	126
8.4. Status Karyawan dan Sistem Penggajian.....	132
8.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan	133
8.6 Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan.....	135
8.7. Kesejahteraan Karyawan	139
BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI.....	142
9.1. Investasi	142
9.2. Evaluasi Ekonomi	146
BAB X SIMPULAN DAN SARAN.....	151
10.1. Simpulan	151
10.2. Saran	151
DAFTAR PUSTAKA	152
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	
LAMPIRAN C	
LAMPIRAN D	
LAMPIRAN E	
LAMPIRAN F	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Data Impor Asam Formiat di Indonesia	4
1.2 Pabrik Asam Formiat yang Telah Beroperasi.....	6
2.1 Konstanta <i>Heat Capacities</i> (Cp) reaksi <i>formamide</i>	12
2.2 Nilai ΔH°_f senyawa pada proses hidrolisis <i>formamide</i>	13
2.3 Nilai ΔG°_f senyawa pada proses hidrolisis <i>formamide</i>	14
2.4 Konstanta <i>Heat Capacities</i> (Cp) reaksi <i>sodium formate</i>	15
2.5 Nilai ΔH°_f senyawa pada proses dengan sodium format	16
2.6 Nilai ΔG°_f senyawa pada proses dengan sodium format	17
2.7 Konstanta <i>Heat Capacities</i> (Cp) reaksi hidrolisis metil formiat	18
2.8 Nilai ΔH°_f senyawa pada proses hidrolisis metil formiat	19
2.9 Nilai ΔG°_f senyawa pada proses hidrolisis metil formiat	21
2.10 Harga bahan baku dan produk proses hidrolisis <i>formamide</i> ...	22
2.11 Harga bahan baku dan produk proses sodium format	25
2.12 Harga bahan baku dan produk proses hidrolisis metil formiat..	27
2.13 Perbandingan Proses Pembuatan Asam Formiat	29
2.14 Perbandingan Proses Pembuatan Asam Formiat dengan hidrolisis metil formiat.....	34
3.1 Data Titik didih, suhu kritis, dan tekanan kritis komponen	39
3.2 Data Entalpi dan Energi Gibbs Standar	39
3.3 Konstanta Kapasitas Panas Cairan.....	40
3.4 Konstanta Tekanan Uap	40
3.5 Konstanta Panas Penguapan	40
3.6 Konstanta Viskositas Gas.....	41
3.7 Konstanta Viskositas Cairan	41
3.8 Konstanta Konduktivitas Termal Gas.....	42

3.9	Konstanta Konduktivitas Termal Cairan	42
3.10	Konstanta Densitas Cairan	42
4.1.1	Neraca Massa disekitar MX-101	43
4.1.2	Neraca Massa Input dan Output disekitar R-201.....	44
4.1.3	Neraca Massa <i>Distillation Column</i> I (DC-301).....	44
4.1.4	Neraca Massa <i>Condensor</i> I (CD-301)	45
4.1.5	Neraca Massa <i>Reboiler</i> I (RB-301)	45
4.1.6	Neraca Massa <i>Distillation Column</i> II (DC-302).....	46
4.1.7	Neraca Massa <i>Condensor</i> II (CD-302).....	46
4.1.8	Neraca Massa <i>Reboiler</i> II (RB-302).....	47
4.1.9	Neraca Massa <i>Distillation Column</i> III (D-303).....	47
4.1.10	Neraca Massa <i>Condensor</i> III (CD-303)	48
4.1.11	Neraca Massa <i>Reboiler</i> III (RB-303)	48
4.1.12	Neraca Massa Overall	48
4.2.1	Neraca Energi <i>Mixing Point</i> (MP-101).....	49
4.2.2	Neraca Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE-101).....	49
4.2.3	Neraca Energi Reaktor (R-201).....	49
4.2.4	Neraca Energi <i>Expansion Valve</i> (EV-201).....	49
4.2.5	Neraca Energi <i>Distillation Column</i> I (DC-301)	50
4.2.6	Neraca Energi <i>Distillation Column</i> II (DC-302)	50
4.2.7	Neraca Energi <i>Expansion Valve</i> (EV-201)	50
4.2.8	Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-302).....	51
4.2.8	Neraca Energi <i>Distillation Column</i> III (DC-303).....	51
4.2.9	Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-303).....	51
5.1.1	Spesifikasi Tangki Metil Formiat (ST-101)	52
5.1.2	Spesifikasi Tangki Asam Formiat (ST-301).....	53
5.1.3	Spesifikasi Tangki Metanol (ST-302).....	53
5.1.4	Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-101)	54
5.1.5	Spesifikasi Raktor (R-201)	55
5.1.6	<i>Expansion Valve</i> (EV-201)	55
5.1.7	Spesifikasi <i>Distillation Column</i> I (D-301).....	56
5.1.8	Spesifikasi <i>Condenser</i> I (CD-301)	56
5.1.9	Spesifikasi <i>Accumulator</i> (AC-301)	57
5.1.10	Spesifikasi <i>Reboiler</i> I (RB-301).....	57

5.1.11 Spesifikasi <i>Distillation Column</i> II (D-302).....	58
5.1.12 Spesifikasi <i>Condenser</i> II (CD-302).....	59
5.1.13 Spesifikasi <i>Accumulator</i> II (AC-302)	59
5.1.14 Spesifikasi <i>Reboiler</i> II (RB-302)	60
5.1.15 <i>Expansion Valve</i> (EV-301)	60
5.1.16 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301)	61
5.1.17 Spesifikasi <i>Distillation Column</i> III (D-303)	61
5.1.18 Spesifikasi <i>Condenser</i> III (CD-303)	62
5.1.19 Spesifikasi <i>Accumulator</i> III (AC-303)	62
5.1.20 Spesifikasi <i>Reboiler</i> III (RB-303)	63
5.1.21 Spesifikasi <i>Ejector</i> III (RB-301)	63
5.1.22 Spesifikasi Pompa Proses (PP-101)	64
5.1.23 Spesifikasi Pompa Proses (PP-102)	65
5.1.24 Spesifikasi Pompa Proses (PP-201)	65
5.1.25 Spesifikasi Pompa Proses (PP-301)	66
5.1.26 Spesifikasi Pompa Proses (PP-302)	66
5.1.27 Spesifikasi Pompa Proses (PP-303)	67
5.1.28 Spesifikasi Pompa Proses (PP-304)	67
5.1.29 Spesifikasi Pompa Proses (PP-305)	68
5.1.30 Spesifikasi Pompa Proses (PP-306)	68
5.1.31 Spesifikasi Pompa Proses (PP-307)	69
5.1.32 Spesifikasi Pompa Proses (PP-308)	69
5.1.33 Spesifikasi Pompa Proses (PP-309)	70
5.1.34 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-302)	70
5.2.1 Spesifikasi Bak sedimentasi (BS-401).....	71
5.2.2 Spesifikasi Tangki Alum (ST-401)	71
5.2.3 Spesifikasi Tangki Kaporit (ST – 402)	72
5.2.4 Spesifikasi Tangki Soda Kaustik (NaOH) (ST – 403).....	72
5.2.5 Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL-401).	73
5.2.6 Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401)	73
5.2.7 Spesifikasi Tangki Air Filter (ST – 404)	74
5.2.8 Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST – 405)	74
5.2.9 Spesifikasi Tangki <i>Dispersant</i> (ST – 406).....	75
5.2.10 Spesifikasi Tangki <i>Inhibitor</i> (ST – 407)	75

5.2.11 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401)	76
5.2.12 Spesifikasi Pompa (PU – 401)	76
5.2.13 Spesifikasi Pompa (PU – 402)	77
5.2.14 Spesifikasi Pompa (PU – 403)	77
5.2.15 Spesifikasi Pompa (PU – 404)	78
5.2.16 Spesifikasi Pompa (PU – 405)	78
5.2.17 Spesifikasi Pompa (PU – 406)	79
5.2.18 Spesifikasi Pompa (PU – 407)	79
5.2.19 Spesifikasi Pompa (PU – 408)	80
5.2.20 Spesifikasi Pompa (PU – 409)	80
5.2.21 Spesifikasi Pompa (PU – 410)	81
5.2.22 Spesifikasi Pompa (PU – 411)	81
5.3.1 Spesifikasi <i>Air Dryer</i>	82
5.3.2 Spesifikasi <i>Air Compressor</i>	82
5.4.1 Spesifikasi Tangki <i>Daerator</i> (DA – 501)	82
5.4.2 Spesifikasi <i>Inhibitor</i> (ST-406)	83
5.4.3 Spesifikasi <i>Tangki Hidrazin</i> (ST-501)	84
5.4.4 Spesifikasi Boiler (BO – 501)	84
5.4.5 Spesifikasi Tangki BBM (ST – 502)	85
5.4.6 Spesifikasi Tangki Air Kondensat (ST-503).....	85
5.4.7 Spesifikasi Pompa (PU – 501)	86
5.4.8 Spesifikasi Pompa (PU – 502)	87
5.4.9 Spesifikasi Pompa (PU – 503)	87
5.5.1 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO – 701).....	88
5.5.2 Spesifikasi Bak Equalisasi (ET– 701).....	88
5.5.3 Spesifikasi Tangki Netralisasi (EB– 701).....	89
5.5.4 Spesifikasi Tangki Soda Kaustik II (ST– 701)	89
5.5.5 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU– 701)	89
5.5.6 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU– 702)	90
5.6.1 Spesifikasi Generator Listrik (GS-401)	90
5.7.1 Evaporator (HE-801)	91
5.7.2 <i>Compressor</i> (CO-801)	92
5.7.3 <i>Condensor</i> (HE-802).....	92
6.1 Kebutuhan Air Umum.....	95

6.2	Kebutuhan Air Proses (<i>Process Water</i>).....	95
6.3	Kebutuhan Air untuk <i>Cooling Water</i>	95
6.4	Kebutuhan Air untuk Pembangkit <i>Steam</i>	96
6.5	Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian....	108
6.6	Pengendalian Variabel Utama Proses.....	108
7.1	Perincian Luas Tanah untuk Pembangunan Pabrik	116
8.1	Jadwal kerja masing-masing regu.....	134
8.2	Perincian Tingkat Pendidikan	135
8.3	Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses	137
8.4	Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	137
8.5	Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	137
9.1	<i>Fixed capital investment</i>	142
9.2	<i>Manufacturing cost</i>	144
9.3	<i>General expenses</i>	144
9.4	Biaya Administratif	145
9.5	<i>Minimum acceptable percent return on investment</i>	147
9.6	<i>Acceptable payout time</i> untuk tingkat resiko pabrik	147
9.7	Hasil Uji Kelayakan Ekonomi.....	150

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Grafik Data Impor Asam Formiat di Indonesia	5
2.1. Diagram Alir Proses Hidrolisis Metil Formiat Dengan Proses Kemira- Leonard.....	31
2.2. Diagram alir proses hidrolisis metil formiat dengan proses BASF.....	33
2.3. Diagram alir proses hidrolisis metil formiat dengan proses USSR.....	33
2.4. Blok Diagram Proses Pembuatan Asam Formiat dengan Hidrolisis Metil Formiat	47
7.1. Peta Sriwijaya Mataram, Lampung Tengah	109
7.2. Lokasi Pabrik.....	110
7.3. Tata Letak Pabrik	117
7.4. <i>Lay Out</i> Peralatan Proses.....	120
8.1 Struktur Organisasi Perusahaan	125
9.1. Grafik Analisa Ekonomi.....	148
9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> (Metode <i>Discounted Cash Flow</i>).....	149

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan bidang ilmu pengetahuan dan teknologi memaksa manusia untuk selalu melakukan inovasi-inovasi dan berkreasi dalam usahanya untuk memenuhi kebutuhan hidup. Pola ini diterapkan dalam dunia perindustrian khususnya industri kimia. Industri kimia sangat diperlukan karena hampir setiap kebutuhan primer maupun sekunder dari manusia dihasilkan dari proses sektor ini.

Asam formiat (HCOOH) merupakan turunan pertama senyawa karboksilat. Senyawa asam formiat terdapat dalam tubuh semut merah sehingga biasa disebut asam semut. Asam formiat digunakan sebagai bahan intermediet pada industri kulit, tekstil, bahan pembersih, dan lain-lain. Di Indonesia, asam formiat sebagian besar digunakan pada industri lateks, karena Indonesia tergolong produsen karet alam terbesar kedua dunia setelah Malaysia (Maulana, 2015). Dalam industri ini, asam formiat digunakan sebagai bahan koagulan untuk menggumpalkan karet dan lateks. Hasil dari penggumpalannya memiliki tingkat kekenyalan yang baik sekali. Proses penggumpalan dilaksanakan secara sederhana yaitu menambahkan asam formiat 1–2% ke dalam lateks (Sintas, 2018). Kegunaan lain dari asam formiat adalah sebagai bahan pengatur pH pada proses pewarnaan pada industri tekstil, dan digunakan pada proses penyamakan kulit (Kirk and Othmer, 1994). Selain itu, asam formiat digunakan pada industri tekstil dan industri pakan ternak.

Metanol yang merupakan salah satu senyawa alkohol juga memiliki banyak kegunaan pada industri *plywood*, tekstil, resin sintetis,

pengolahan *formaldehyde* (Kirk and Othmer, 1994). Di Indonesia 80% pembeli metanol (*technical grade*) adalah industri *formaldehyde* yang menghasilkan *adhesives* untuk *plywood* dan industri *wood processing* lainnya (Sinatria, 2014).

Selama ini, kebutuhan asam formiat di dalam negeri dienuhi oleh PT Sintas Kurama Perdana yang berlokasi di Kawasan Industri Kujang Cikampek dengan kapasitas produksi 11.000 ton/tahun dan impor dari luar negeri. Sebagian besar asam formiat yang dijual dipasaran dengan kadar kemurnian 85% (berat). Selain itu, di Indonesia hanya ada satu pabrik yang memproduksi metanol yaitu Kaltim Methanol Industri yang berlokasi di Bontang, Kalimantan Timur.

Oleh karena itu perlu didirikan pabrik asam formiat di Indonesia dengan produk utama asam formiat dengan kemurnian 85%wt dan produk samping berupa metanol dengan kemurnian 98%wt untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, membuka lapangan kerja baru bagi penduduk disekitar wilayah industri yang akan didirikan, mendorong berdirinya industri-industri baru yang menggunakan asam formiat sebagai bahan baku.

1.2 Kegunaan Produk

Kegunaan asam formiat antara lain adalah:

1) Industri Tekstil

Asam formiat merupakan salah satu zat yang digunakan sebagai bahan dalam proses pencelupan warna pada tekstil, karena pada zat ini memiliki banyak fungsi yang berguna untuk mengatur pH pada proses pemutihan, pencelupan atau pewarnaan. Keunggulan asam formiat sebagai bahan celupan tekstil adalah warnanya cerah, hal tersebut karena ukuran partikel asam formiat relatif kecil sehingga kelarutannya makin tinggi, akibatnya pencelupannya menjadi

mudah rata, tetapi akan tahan pada saat proses pencucian (Wildan, 2012).

2) Industri Pakan Ternak

Asam formiat ditambahkan ke dalam pakan ternak untuk menghambat pertumbuhan bakteri, dekontaminasi *raw material* pada pakan ternak (Kirk and Othmer, 1994).

3) Industri Lateks

Asam formiat pada industri lateks digunakan sebagai bahan penggumpal (koagulan). Apabila pada proses penggumpalan getah karet tidak dikoagulasi dengan bahan yang tepat, maka akan sangat mempengaruhi kualitas bahan karet itu sendiri. Jumlah asam yang dibutuhkan tergantung dari kadar karet kering lateks, yakni untuk asam formiat sebanyak 0,04% per kg karet kering (Teguh Y, 2012).

4) Industri Kulit

Asam formiat digunakan dalam proses penyamakan (*tanning*), yaitu sebagai bahan pembersih zat kapur dan pengatur pH pada saat pencelupan. Asam formiat dapat menurunkan nilai pH kulit pada proses pikel (proses awal pengawetan kulit). Gugus asam yang terdapat pada asam formiat akan masuk ke dalam kulit dan berfungsi sebagai lapisan pada proses penyamakan (*tanning*). Penggunaan asam formiat menghasilkan kulit yang lebih halus (Gumilar, J. dkk., 2010).

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi asam formiat adalah metil formiat (HCOOCH_3) dan air. Metil formiat diperoleh dengan mengimpor dari Thermo Fisher Scientific India dan Shandong Amman New Materials Co., Ltd., China. Hal ini dilakukan karena belum ada pabrik di Indonesia yang memproduksi bahan tersebut. Sedangkan air diperoleh dari sungai Way Seputih di Lampung Tengah.

1.4 Analisa Pasar

Analisis pasar merupakan langkah untuk mengetahui seberapa besar minat pasar terhadap suatu produk. Adapun analisis pasar meliputi data impor, data konsumsi dan data produksi asam formiat di Indonesia.

1.4.1 Data Impor

Indonesia mengimpor asam formiat dari negara di Asia, Eropa dan Amerika, diantaranya Jepang, Korea Selatan, China, Singapura, India, Amerika Serikat, Belanda, Jerman, Belgia, Swiss, Finlandia dan Italia. Berikut ini data impor asam formiat di Indonesia yang berasal dari Badan Pusat Statistik.

Tabel 1.1 Data Impor Asam Formiat di Indonesia

Tahun Ke	Tahun	Impor (ton/tahun)
1	2017	5.864
2	2018	10.997
3	2019	17.910
4	2020	22.809

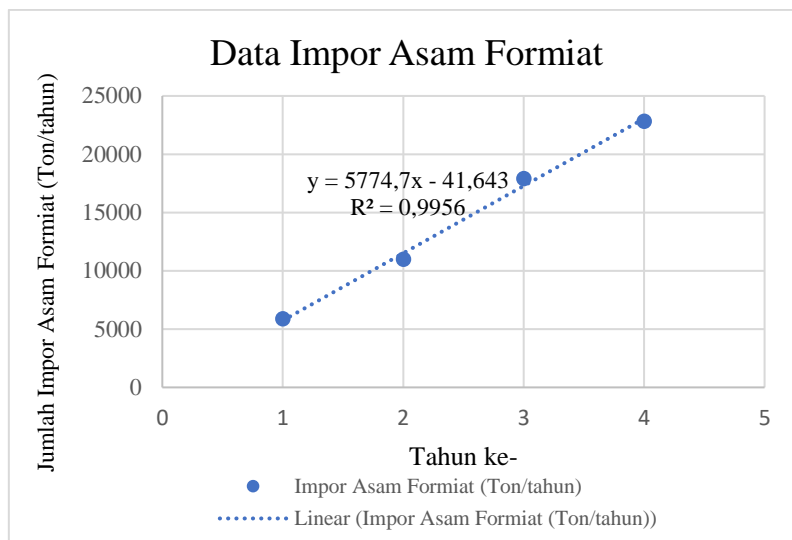
Sumber: Badan Pusat Statistik, 2017-2021

Pada Gambar 1.1, sumbu x merupakan tahun ke-n

Tahun 2017 = Tahun ke-1

Tahun 2018 = Tahun ke-2

dan seterusnya sampai tahun 2030 = Tahun ke-14



Gambar 1.1 Grafik Data Impor Asam Formiat di Indonesia

Berdasarkan data-data yang sudah diplotkan pada Gambar 1.1 dilakukan pendekatan linear, $y = ax + b$.

Dimana : y = kebutuhan impor Asam Formiat (ton/tahun)

x = tahun ke (14)

Melalui perhitungan persamaan di atas diperoleh persamaan

$y = 5774,7x - 41,643$ yang dapat digunakan untuk memprediksi impor Asam Formiat di Indonesia pada tahun 2030.

$$y = 5774,7x - 41,643$$

$$y = 5774,7 (14) - 41,643$$

$$y = 80.804,157$$

Sehingga didapatkan prediksi jumlah impor Asam Formiat di Indonesia pada tahun 2030 sebesar 80.804,157 ton/tahun.

1.4.2 Data Produksi

Di Indonesia sudah ada pabrik yang memproduksi asam formiat yaitu PT. Sintas Kurama Perdana dengan kapasitas produksi 11.000 ton/tahun (Sintas, 2018). PT. Sintas Kurama Perdana memenuhi kebutuhan asam formiat dalam negeri sebesar 60% dari kapasitas produksi (Sintas, 2018). Berikut adalah data kapasitas produksi pabrik asam formiat di dunia.

Tabel 1.2 Pabrik Asam Formiat yang Beroperasi di Dunia

Produsen	Kapasitas (ton/tahun)	Lokasi
Anhui Asahi Kasei Chemical	4.000	Anhui, China
BASF	50.000	Nanjing, China
	205.000	Ludwigshafen, Jerman
	50.000	Geismar, LA, USA
Beijing Chemical Industry Group	10.000	Beijing, China
Beijing Tiankai Feng De Chemical	5.000	Beijing, China
Feicheng Acid Chemical	100.000	Feicheng, China
Gujarat Narmada	12.700	Bharuch, India
Industriepark Walsrode	10.000	Walsrode-Bomlitz, Germany
Jinan Petrochemical	20.000	Shandong, China
Liaocheng Luxi Formic Acid Chemical	200.000	Shandong, China
Mudanjiang Fengda Chemicals	200.000	Heilongjiang, China
Norsk Hydro	13.000	Norway
Perstorp	23.000	Perstorp, Sweden (TMP)
	17.000	Perstorp, Sweden (PENTA)
Polioli	5.000	Vercelli, Italy (TMP)
	5.000	Vercelli, Italy (PENTA)
PT. Sintas Kurama Perdana	11.000	Cikampek, Indonesia
Rashtriya Chemical	10.000	Thal, India
Shahid Rasouli Petrochemical	10.000	Bandar Imam, Iran
Shandong Baoyuan Chemical	4.000	Zibo, China

Tabel 1.2 (lanjutan)

Produsen	Kapasitas (ton/tahun)	Lokasi
Shanxi Yuanping	10.000	Yuanping, China
Taminco Finland Oy	150.000	Oulu, Finlandia
Wuhan Ruisunny Chemical	30.000	Wuhan, China

Sumber : TranTech Consultants, Inc., 2014

1.4.3 Kapasitas Rancangan

Berdasarkan data-data yang telah dijelaskan diatas, maka kapasitas pabrik ditentukan berdasarkan data impor dalam negeri dan kapasitas produksi pabrik dalam negeri. Berdasarkan kepada Undang-Undang No. 5 Tahun 1999 Pasal 17 (2) yang menyatakan bahwa pelaku usaha diduga atau dianggap melakukan penguasaan atas produksi dan atau pemasaran barang dan atau jasa jika pelaku usaha menguasai lebih dari 50% pangsa pasar.

Kebutuhan impor dalam negeri = 80.804,157 ton/tahun.

Produksi dalam negeri = 11.000 ton/tahun.

Maka, kebutuhan asam formiat yang belum terpenuhi sebanyak 69.804,2 ton/tahun. Kapasitas produksi pabrik yang akan berdiri adalah sebesar 48% dari kebutuhan yang belum terpenuhi di dalam negeri yaitu impor sebesar

$$= 0,48 \times 69.804,2 \text{ ton/tahun}$$

$$= 33.506 \text{ ton/tahun} \approx 34.000 \text{ ton/tahun.}$$

Adapun tujuan didirikannya pabrik asam formiat di Indonesia dengan kapasitas produksi 34.000 ton/tahun adalah sebagai berikut:

1. Sasaran utama untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga mengurangi impor asam formiat dari negara lain.
2. Memicu berdirinya industri lain yang memiliki bahan baku asam formiat.

3. Membuka lapangan pekerjaan baru sehingga dapat mengurangi jumlah pengangguran.

1.5 Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik merupakan hal yang penting dalam menunjang keberhasilan suatu industri. Kesalahan pemilihan lokasi pabrik dapat menyebabkan biaya produksi menjadi mahal sehingga tidak ekonomis. Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan dengan cermat agar didapat keuntungan yang maksimal bagi perusahaan. Secara geografis penentuan letak lokasi suatu pabrik sangat menentukan kemajuan pabrik tersebut saat produksi maupun di masa yang akan datang. Sehingga pemilihan lokasi yang tepat dari pabrik akan menghasilkan biaya produksi dan distribusi yang seminimal mungkin. Penentuan lokasi pabrik yang tepat dapat menekan biaya produksi dan dapat memberikan keuntungan-keuntungan lain. Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan untuk menentukan lokasi pabrik yang dirancang agar secara teknis dan ekonomis menguntungkan. Adapun faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam penentuan lokasi pabrik, antara lain sebagai berikut.

1. Keberadaan Bahan Baku

Dalam hal ini, bahan baku utama berupa metil formiat yang diperoleh dari Thermo Fisher Scientific India dan Shandong Amman New Materials Co., Ltd., China, sedangkan air diperoleh dari sungai Way Seputih di Lampung Tengah.

2. Pemasaran Produk dan Sarana Transportasi

Lokasi pabrik di daerah Lampung Tengah yang sangat strategis untuk pemasaran produk. Industri pengolahan karet di Sumatera antara lain PT. Adei Crumb Rubber Factory, PT. Aneka Bumi Pratama, PT. Darmasindo Intikaret, PT. Darmex Industries, PT Djambi Waras, PT. Kisaran Raya Rubber Industry, PT. Hadi Baru, PT. Hok Tong, PT. Madjin Crumb Rubber Factory, PT. Pantja

Surya, PT. Perimex Crumb Rubber Factory, PT. Rubber Hock Lie, PT. Sunan Rubber dan lain-lain. Selain itu asam formiat juga akan dipasarkan ke industri-industri tekstil yang sebagian besar berada di daerah Jawa Barat dan industri pakan ternak. Daerah Lampung Tengah juga didukung dengan sarana Jalan Tol Trans Sumatera yang diharapkan arus bahan baku dan pemasaran produk dapat berjalan dengan lancar. Transportasi baik darat dan laut cukup baik dan mudah diperoleh di daerah Lampung.

3. Tenaga Kerja

Tersedianya tenaga kerja yang terampil mutlak diperlukan untuk menjalankan mesin-mesin produksi. Sumber tenaga yang dibutuhkan baik tenaga berpendidikan tinggi, menengah maupun kerja terampil serta tenaga *engineer*. Dan tenaga kerja tersebut dapat direkrut dari daerah Lampung, Palembang, dan sekitarnya. Penerimaan tenaga kerja untuk pabrik asam formiat ini dapat mengurangi jumlah pengangguran di daerah tersebut.

4. Penyediaan Utilitas

Perlu diperhatikan sarana-sarana pendukung seperti tersedianya air, listrik, dan sarana lainnya sehingga proses produksi dapat berjalan dengan baik. Untuk penyediaan air dapat diperoleh dari Sungai Way Seputih. Sedangkan bahan bakar berupa CNG (*Compressed Natural Gas*) sebagai sumber energi dapat diperoleh dengan membeli dari Pertamina Sungai Gerong, Plaju, Sumatera Selatan dan untuk listrik didapat dari PLN dan penyediaan generator cadangan.

5. Karakteristik Lokasi

Karakteristik lokasi ini menyangkut iklim di daerah tersebut, kemungkinan terjadinya banjir, serta kondisi sosial masyarakatnya. Dalam hal ini, Kabupaten Lampung Tengah sangat berpotensi menjadi daerah industri karena memiliki lahan yang masih luas untuk didirikan suatu pabrik di daerah tersebut.

II. DESKRIPSI PROSES

2.1 Jenis-jenis Proses Pembuatan Asam Formiat

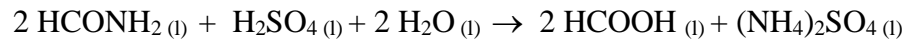
Ada beberapa pilihan dalam proses pembuatan asam formiat yang dijabarkan sebagai berikut.

2.1.1 Berdasarkan Bahan Baku dan Kondisi Proses

2.1.1.1 Reaksi Hidrolisis Formamide

Pada proses ini digunakan asam sulfat untuk proses hidrolisis formamide menjadi asam formiat dan amonium sulfat.

Reaksi yang terjadi:

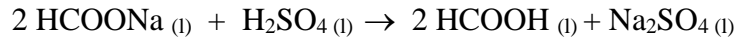


Proses hidrolisis formamide menggunakan asam sulfat 68–74%. Reaksi ini berjalan pada reaktor alir tangki berpengaduk pada temperatur 85°C. Produk keluaran reaktor berupa *hot slurry* amonium sulfat dan asam formiat kemudian masuk ke *rotary kiln*. Disini asam formiat diuapkan dan selanjutnya masuk ke kolom distilasi, sedangkan amonium sulfat di *blow down* dan kemudian dikeringkan. *Yield* asam formiat yang dihasilkan pada proses ini 90% terhadap formamide (Ulmann, 2005).

2.1.1.2 Asam Formiat dari Sodium Formiat

Sodium hidroksida dengan kemurnian 97–98% dan karbon monoksida diumpukan ke dalam reaktor yang dilengkapi pengaduk pada bagian bawah dan *packed* pada bagian atas reaktor. Reaksi ini berjalan pada temperatur 180°C dan tekanan 14–17 atm.

Reaksi yang terjadi:

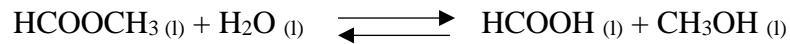


Produk hasil reaksi berupa asam formiat dan sodium sulfat dipisahkan menggunakan kolom distilasi kemudian akan dihasilkan produk asam formiat dengan kemurnian 85–90%. *Yield* asam formiat terhadap sodium formiat adalah 95% (Patel, 2018).

2.1.1.3 Hidrolisis Metil Formiat

Metil formiat dihidrolisis menghasilkan asam formiat dan metanol.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Reaksi hidrolisa ini berlangsung pada reaktor jenis *plug flow* pada tekanan 5–18 atm dan suhu 80–110°C. Apabila rasio antara metil formiat dan air yang digunakan adalah 1 : 1, maka konversi yang dapat dicapai sebesar 30%, apabila rasio metil formiat dan air yang digunakan 1 : 6 maka konversi maksimal yang dapat dicapai sebesar 60% (Ulmann, 2005).

Reaksi yang terjadi merupakan reaksi autokatalik dengan menggunakan asam formiat sebagai katalis. Pada kondisi ini ($P = 5\text{--}18 \text{ atm}$) semua reaktan berada dalam satu fasa, dalam hal ini yang diinginkan adalah fasa cair. Suhu 100°C digunakan untuk memperbesar konversi kesetimbangan dan laju reaksinya agar dapat berlangsung secara ekonomis (Ulmann, 2005). *Yield* asam formiat terhadap metil formiat adalah 98% (Mc. Ketta, 1983).

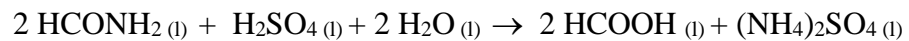
2.1.2 Berdasarkan Tinjauan Termodinamika

Reaksi berjalan eksotermis atau endotermis dapat ditentukan dengan meninjau panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada 25°C (298 K). ΔH menunjukkan panas reaksi yang dihasilkan selama proses berlangsungnya reaksi kimia. Besar atau kecil nilai ΔH tersebut

menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan maupun dihasilkan. ΔH bernilai positif (+) adalah reaksi endotermis, menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas (kalor) untuk berlangsungnya reaksi sehingga semakin besar ΔH maka semakin besar juga energi yang dibutuhkan. Sedangkan ΔH bernilai energi (-) adalah reaksi eksotermis, menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi.

2.1.2.1 Proses Hidrolisis Formamide

Reaksi yang berlangsung:



Adapun nilai konstanta A, B, C dan D *heat capacities* (Cp) untuk tiap senyawa pada reaksi hidrolisis formamide adalah sebagai berikut.

Tabel 2.1 Konstanta *Heat Capacities* (Cp) Reaksi dengan Formamide

Senyawa	A	B	C	D
HCONH ₂	36,786	0,51348	-1,1422 x 10 ⁻³	1,0480 x 10 ⁻⁶
H ₂ SO ₄	26,004	0,70337	-1,3856 x 10 ⁻³	1,0342 x 10 ⁻⁶
H ₂ O	92,053	-3,9953 x 10 ⁻²	-2,1103 x 10 ⁻⁴	5,3469 x 10 ⁻⁷
HCOOH	-16,110	0,87229	-2,3665 x 10 ⁻³	2,4454 x 10 ⁻⁶
(NH ₄) ₂ SO ₄	20,1	0,846	-4,07 x 10 ⁻³	6,61 x 10 ⁻⁶

Sumber: Yaws (1999)

Nilai ΔA , ΔB , ΔC dan ΔD untuk pembentukan asam formiat yaitu:

$$\Delta A = \sum A \text{ produk} - \sum A \text{ reaktan} \quad \dots (2.1)$$

$$\Delta A = ((2 \times -16,11) + (1 \times 20,1)) - (2 \times 36,786) + (1 \times 26,004) + (2 \times 92,053)$$

$$\Delta A = -295,802$$

Dengan menggunakan langkah yang sama, maka diperoleh:

$$\Delta B = 0,9402$$

$$\Delta C = -4,7109 \times 10^{-3}$$

$$\Delta D = 7,3012 \times 10^{-6}$$

Nilai enthalpi pembentukan standar (ΔH_f°) pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.2 Nilai Enthalpi Pembentukan Standar (ΔH_f°) pada Proses Hidrolisis Formamide (T = 298 K)

Senyawa	ΔH_f° (kJ/mol)
CH ₃ NO	-251
H ₂ SO ₄	-801,14
H ₂ O	-285,8
HCOOH	-425
(NH ₄) ₂ SO ₄	-693,54

Sumber: NIST Chemistry WebBook

Nilai enthalpi reaksi standar (ΔH_r) pada proses ini yaitu:

$$\Delta H^\circ_{298\text{ K}} = \Sigma(n\Delta H^\circ_f \text{ Produk}) - \Sigma(n\Delta H^\circ_f \text{ Reaktan}) \quad \dots (2.2)$$

$$\Delta H^\circ_{298\text{ K}} = [2 \times (\Delta H^\circ_f \text{ HCOOH}) + (\Delta H^\circ_f \text{ (NH}_4)_2\text{SO}_4)] - [(2 \times \Delta H^\circ_f \text{ HCONH}_2)] + (\Delta H^\circ_f \text{ H}_2\text{SO}_4) + (2 \times \Delta H^\circ_f \text{ H}_2\text{O})]$$

$$\Delta H^\circ_{298\text{ K}} = [2 \times (-425) + (-693,54)] - [(2 \times (-251)] + (-801,14) + (2 \times -285,8)]$$

$$\Delta H^\circ_{298\text{ K}} = 331,2 \text{ kJ/mol}$$

Nilai enthalpi reaksi (ΔH_r) pada temperatur reaksi 85°C diperoleh dengan persamaan berikut:

$$\Delta H_r = \Delta H^\circ_{298} + R \int_{T_0}^T C_p dT \quad \dots (2.3)$$

$$\tau = \frac{T}{T_0} \quad \dots (2.4)$$

$$\text{MCPH} = \frac{C_{pH}}{R} = \Delta A + \frac{\Delta B}{2} T_0 (\tau + 1) + \frac{\Delta C}{3} T_0^2 (\tau^2 + \tau + 1) + \frac{\Delta D}{\tau T_0^2} \quad \dots (2.5)$$

$$\text{ICPH} = \int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} dT = \text{MCPH} \times (T - T_0) \quad \dots (2.6)$$

Keterangan: R = 8,314 J/mol.K

T₀ = 25°C (298,15 K)

T = 85°C (358,15 K)

Sehingga diperoleh:

$$\tau = \frac{358,15 \text{ K}}{298,15 \text{ K}} = 1,2012$$

$$\text{MCPH} = -495,982$$

$$\text{ICPH} = -29,7589 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_r &= \Delta H_{298} + R \int_{T_0}^T C_p dT \\ &= 331,2 \text{ kJ/mol} + (-29,7589) \text{ kJ/mol} \\ &= 301,4411 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Oleh karena itu, maka diperoleh nilai enthalpi reaksi (ΔH_r) pada proses pembuatan asam formiat dengan hidrolisis formamide adalah sebesar 301,4411 kJ/mol. Nilai enthalpi reaksi (ΔH_r) pada proses ini bernilai positif, yang menunjukkan bahwa reaksi ini berlangsung secara endotermis atau membutuhkan sejumlah panas dalam proses pereaksiannya. Adapun nilai energi bebas Gibbs (ΔG_f°), untuk masing-masing senyawa pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Nilai Energi Bebas Gibbs (ΔG_f°) pada Proses Hidrolisis Formamide (T = 298 K)

Senyawa	ΔG_f° (kJ/mol)
HCONH ₂	-75,53
H ₂ SO ₄	-793,06
H ₂ O	-237,14
HCOOH	-278,8
(NH ₄) ₂ SO ₄	-596,52

Sumber : NIST Chemistry WebBook

$$\Delta G^\circ_{298 \text{ K}} = \Sigma(n\Delta G_f^\circ) \text{ Produk} - \Sigma(n\Delta G_f^\circ) \text{ Reaktan} \quad \dots (2.7)$$

$$\Delta G^\circ_{298 \text{ K}} = [2 \times (\Delta G_f^\circ \text{ HCOOH}) + (\Delta G_f^\circ (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)] - [(2 \times \Delta G_f^\circ \text{ HCONH}_2)] + (\Delta G_f^\circ \text{ H}_2\text{SO}_4) + (2 \times \Delta G_f^\circ \text{ H}_2\text{O})]$$

$$\Delta G^\circ_{298 \text{ K}} = [2 \times (-278,8) + (-596,52)] - [(2 \times -75,53)] + (-793,06) + (2 \times -237,14)]$$

$$\Delta G^{\circ}_{298\text{ K}} = 264,28 \text{ kJ/mol}$$

Nilai ΔG_r pada temperatur reaksi 85°C diperoleh dengan persamaan berikut:

$$\Delta G = \Delta H_o - \frac{T}{T_o} (\Delta H_o - \Delta G_o) + R \int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT - RT \int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} \cdot \frac{dT}{T} \quad \dots (2.8)$$

$$\int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} \cdot \frac{dT}{T} = \left[\Delta A \left[\Delta B \cdot T_o + \left(\Delta C \cdot T_o^2 + \frac{\Delta D}{T_o} \right) \left(\frac{\tau+1}{2} \right) \right] \left(\frac{\tau-1}{\ln \tau} \right) \right] \times \ln \tau \quad \dots (2.9)$$

Berdasarkan persamaan (2.9), nilai $\int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} \cdot \frac{dT}{T}$ diperoleh sebesar:

$$\int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} \cdot \frac{dT}{T} = 12,2334 \text{ kJ/mol}$$

Persamaan (2.3) disubstitusikan pada persamaan (2.8) menjadi:

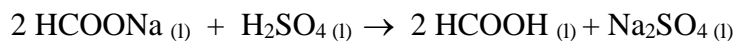
$$\Delta G_r = \Delta H_{rx(T)} - \frac{T}{T_o} (\Delta H_o - \Delta G_o) - RT \int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} \cdot \frac{dT}{T} \quad \dots (2.10)$$

Sehingga nilai ΔG_r diperoleh sebesar 208,8206 kJ/mol.

Reaksi diatas berlangsung secara tidak spontan yaitu reaksi yang menyerap energi dari sekitarnya (Allison dkk., 2018). Maka apabila nilai ΔG semakin (+) atau semakin besar, maka akan menyerap banyak energi saat terjadi reaksi.

2.1.2.2 Proses dengan Sodium Formiat

Reaksi yang berlangsung:



Nilai konstanta A, B, C dan D *Sheat capacities* (Cp) pada reaksi sodium formiat dan H₂SO₄ menjadi asam formiat adalah sebagai berikut.

Tabel 2.4 Konstanta *Heat Capacities* (Cp) Reaksi dengan Proses Menggunakan Sodium Formiat

Senyawa	A	B	C	D
HCOONa	95,016	-3,11 x 10 ⁻²	9,68 x 10 ⁻⁷	5,51 x 10 ⁻⁹
H ₂ SO ₄	26,004	0,70337	-1,3856 x 10 ⁻³	1,0342 x 10 ⁻⁶
HCOOH	-16,110	0,87229	-2,3665 x 10 ⁻³	2,4454 x 10 ⁻⁶
Na ₂ SO ₄	233,515	-9,5276 x 10 ⁻³	-3,4665 x 10 ⁻⁵	1,5771 x 10 ⁻⁸

Sumber: Yaws (1999)

Nilai ΔA , ΔB , ΔC dan ΔD dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1, sehingga diperoleh:

$$\Delta A = \sum A \text{ produk} - \sum A \text{ reaktan}$$

$$\Delta A = ((2 \times -16,11) + (1 \times 233,515)) - ((2 \times 95,016) + (1 \times 26,004))$$

$$\Delta A = -14,741$$

Dengan menggunakan langkah yang sama, maka diperoleh:

$$\Delta B = 1,0943$$

$$\Delta C = -3,3906 \times 10^{-3}$$

$$\Delta D = 3,8708 \times 10^{-6}$$

Nilai enthalpi pembentukan standar (ΔH_f°) pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.5 Nilai Entalpi Pembentukan Standar (ΔH_f°) pada Proses dengan Sodium Formiat (T = 298 K)

Senyawa	ΔH_f° 298 (kJ/mol)
HCOONa	-666,5
H ₂ SO ₄	-801,14
HCOOH	-425
Na ₂ SO ₄	-118,4

Sumber: NIST Chemistry WebBook

$$\Delta H^\circ_{298 \text{ K}} = \sum(n\Delta H_f^\circ) \text{ Produk} - \sum(n\Delta H_f^\circ) \text{ Reaktan}$$

$$\Delta H^\circ_{298 \text{ K}} = [2 \times (\Delta H_f^\circ \text{ HCOOH}) + (\Delta H_f^\circ \text{ Na}_2\text{SO}_4)] - [(2 \times \Delta H_f^\circ \text{ HCOONa}) + (\Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{SO}_4)]$$

$$\Delta H^\circ_{298 \text{ K}} = [2 \times (-425) + (-118,4)] - [(2 \times -666,5) + (-801,14)]$$

$$\Delta H^\circ_{298 \text{ K}} = 1165,74 \text{ kJ/mol}$$

Nilai enthalpi reaksi (ΔH_r) pada temperatur reaksi 180°C digunakan persamaan berikut.

$$\Delta H_r = \Delta H^\circ_{298} + R \int_{T_0}^T C_p dT$$

$$\tau = \frac{T}{T_0}$$

$$MCPH = \frac{C_{pH}}{R} = \Delta A + \frac{\Delta B}{2} T_0 (\tau + 1) + \frac{\Delta C}{3} T_0^2 (\tau^2 + \tau + 1) + \frac{\Delta D}{\tau T_0^2}$$

$$ICPH = \int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} dT = MCPH \times (T - T_0)$$

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

$$T_0 = 25^\circ\text{C} (298,15 \text{ K})$$

$$T = 180^\circ\text{C} (453,15 \text{ K})$$

Sehingga diperoleh:

$$\tau = \frac{453,15 \text{ K}}{298,15 \text{ K}} = 1,52$$

$$MCPH = -88,9294$$

$$ICPH = \int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} dT = -13,7841 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_r &= \Delta H_{298} + R \int_{T_0}^T C_p dT \\ &= 1151,956 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Oleh karena itu, maka diperoleh nilai enthalpi reaksi (ΔH_r) pada proses pembuatan asam formiat dengan menggunakan sodium formiat adalah sebesar 1151,956 kJ/mol. Nilai enthalpi reaksi (ΔH_r) pada proses ini bernilai positif, yang menunjukkan bahwa reaksi ini berlangsung secara endotermis atau membutuhkan sejumlah panas dalam proses pereaksiannya.

Nilai energi bebas Gibbs (ΔG_f°) pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.6 Nilai Energi Bebas Gibbs (ΔG_f°) pada Proses Menggunakan Sodium Formiat ($T = 298 \text{ K}$)

Senyawa	ΔG_f° (kJ/mol)
HCOONa	-599,9
H ₂ SO ₄	66,1
HCOOH	-361,4
Na ₂ SO ₄	-1266,9

Sumber : NIST Chemistry WebBook

$$\Delta G^{\circ}_{298\text{K}} = \Sigma(n\Delta G^{\circ}_f) \text{ Produk} - \Sigma(n\Delta G^{\circ}_f) \text{ Reaktan}$$

$$\Delta G^{\circ}_{298\text{K}} = [2 \times (\Delta G^{\circ}_f \text{ HCOOH}) + (\Delta G^{\circ}_f \text{ Na}_2\text{SO}_4)] - [(2 \times \Delta G^{\circ}_f \text{ HCOONa}) + (\Delta G^{\circ}_f \text{ H}_2\text{SO}_4)]$$

$$\Delta G^{\circ}_{298\text{K}} = [2 \times (-361,4) + (-1266,9)] - [(2 \times -599,9) + 66,1]$$

$$\Delta G^{\circ}_{298\text{K}} = -856 \text{ kJ/mol}$$

Nilai ΔG_r pada temperatur reaksi 180°C diperoleh dengan persamaan berikut.

$$\Delta G = \Delta H_o - \frac{T}{T_o} (\Delta H_o - \Delta G_o) + R \int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT - RT \int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} \cdot \frac{dT}{T}$$

$$\int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} \cdot \frac{dT}{T} = \left[\Delta A \left[\Delta B \cdot T_o + \left(\Delta C \cdot T_o^2 + \frac{\Delta D}{\tau \cdot T_o^2} \right) \left(\frac{\tau+1}{2} \right) \right] \left(\frac{\tau-1}{\ln \tau} \right) \right] \times \ln \tau$$

Berdasarkan persamaan (2.9), nilai $\int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} \cdot \frac{dT}{T}$ diperoleh sebesar:

$$\int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} \cdot \frac{dT}{T} = 0,8969 \text{ kJ/mol}$$

Persamaan (2.3) disubstitusikan pada persamaan (2.8) menjadi:

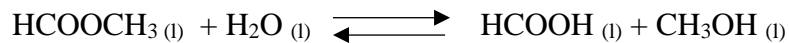
$$\Delta G_r = \Delta H_{rx(T)} - \frac{T}{T_o} (\Delta H_o - \Delta G_o) - RT \int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} \cdot \frac{dT}{T}$$

Sehingga nilai ΔG_r diperoleh sebesar -1921,728 kJ/mol.

Reaksi diatas berlangsung secara spontan yaitu reaksi tidak membutuhkan banyak energi untuk mereaksikannya.

2.1.2.3 Proses Hidrolisis Metil Formiat

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Nilai konstanta A, B, C dan D *heat capacities* (Cp) pada reaksi metil formiat dan air menjadi asam formiat adalah sebagai berikut.

Tabel 2.7 Konstanta *Heat Capacities* (Cp) Reaksi Hidrolisis Metil Formiat

Senyawa	A	B	C	D
HCOOCH ₃	42,381	0,57064	-1,9727 x 10 ⁻³	2,8945 x 10 ⁻⁶
H ₂ O	92,053	-3,9953 x 10 ⁻²	-2,1103 x 10 ⁻⁴	5,3469 x 10 ⁻⁷

Tabel 2.7 (lanjutan)

Senyawa	A	B	C	D
HCOOH	-16,110	0,87229	-2,3665 x 10 ⁻³	2,4454 x 10 ⁻⁶
CH ₃ OH	40,152	0,31046	-1,0291 x 10 ⁻³	1,4598 x 10 ⁻⁶

Sumber: Yaws (1999)

Nilai ΔA , ΔB , ΔC dan ΔD untuk pembentukan asam formiat dengan proses ini yaitu:

$$\Delta A = \sum A \text{ produk} - \sum A \text{ reaktan}$$

$$\Delta A = ((1 \times -16,11) + (1 \times 40,152)) - ((1 \times 42,381) + (1 \times 92,053))$$

$$\Delta A = -110,392$$

Dengan menggunakan langkah yang sama, maka diperoleh:

$$\Delta B = 0,6521$$

$$\Delta C = -1,2119 \times 10^{-3}$$

$$\Delta D = 4,7601 \times 10^{-7}$$

Nilai enthalpi pembentukan standar (ΔH_f°) pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.8 Nilai Entalpi Pembentukan Standar (ΔH_f°) pada Proses Hidrolisis Metil Formiat (T = 298 K)

Senyawa	ΔH_f° 298 (Kcal/mol)
HCOOCH ₃	-386,1
H ₂ O	-285,8
HCOOH	-425
CH ₃ OH	-239,2

Sumber : CRC Handbook of Chemistry and Physics, 85th ed (2004)

$$\Delta H^\circ_{298K} = \sum(n\Delta H_f^\circ) \text{ Produk} - \sum(n\Delta H_f^\circ) \text{ Reaktan}$$

$$\Delta H^\circ_{298K} = [(\Delta H_f^\circ \text{ HCOOH}) + (\Delta H_f^\circ \text{ CH}_3\text{OH})] - [(\Delta H_f^\circ \text{ HCOOCH}_3) + (\Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O})]$$

$$\Delta H^\circ_{298K} = [(-425) + (-239,2)] - [(-386,1) + (-285,8)]$$

$$\Delta H^\circ_{298K} = 7,7 \text{ kJ/mol}$$

Nilai enthalpi reaksi (ΔH_r) pada temperatur reaksi 120°C digunakan persamaan berikut.

$$\Delta H_r = \Delta H^\circ_{298} + R \int_{T_0}^T C_p dT$$

$$\tau = \frac{T}{T_0}$$

$$MCPH = \frac{C_{pH}}{R} = \Delta A + \frac{\Delta B}{2} T_0 (\tau + 1) + \frac{\Delta C}{3} T_0^2 (\tau^2 + \tau + 1) + \frac{\Delta D}{\tau T_0^2}$$

$$ICPH = \int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} dT = MCPH \times (T - T_0)$$

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

$$T_0 = 25^\circ\text{C} (298,15 \text{ K})$$

$$T = 100^\circ\text{C} (373,15 \text{ K})$$

Sehingga diperoleh:

$$\tau = \frac{453,15 \text{ K}}{298,15 \text{ K}} = 1,25$$

$$MCPH = -28,6255$$

$$ICPH = \int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} dT = -2,1469 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_r &= \Delta H_{298} + R \int_{T_0}^T C_p dT \\ &= 5,5531 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Oleh karena itu, maka diperoleh nilai enthalpi reaksi (ΔH_r) pada proses pembuatan asam formiat dengan hidrolisis metil formiat dan air adalah sebesar 5,5531 kJ/mol. Nilai enthalpi reaksi (ΔH_r) pada proses ini bernilai positif, yang menunjukkan bahwa reaksi ini berlangsung secara endotermis atau membutuhkan sejumlah panas dalam proses pereaksiannya.

Nilai energi bebas Gibbs (ΔG_f°) pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.9 Nilai Energi Bebas Gibbs (ΔG_f°) pada Proses Hidrolisis Metil Formiat ($T = 298 \text{ K}$)

Senyawa	ΔG_f° (Kcal/mol)
HCOOCH ₃	-295,6
H ₂ O	-237,1
HCOOH	-361,4
CH ₃ OH	-166,6

Sumber : CRC *Handbook of Chemistry and Physics* 85th ed (2004)

$$\Delta G^\circ_{298K} = \Sigma(n\Delta G^\circ_f) \text{ Produk} - \Sigma(n\Delta G^\circ_f) \text{ Reaktan}$$

$$\Delta G^\circ_{298K} = [(\Delta G^\circ_f \text{ HCOOH}) + (\Delta G^\circ_f \text{ CH}_3\text{OH})] - [(\Delta G^\circ_f \text{ HCOOCH}_3) + (\Delta G^\circ_f \text{ H}_2\text{O})]$$

$$\Delta G^\circ_{298K} = [(-361,4) + (-166,6)] - [(-295,6) + (-237,1)]$$

$$\Delta G^\circ_{298K} = 4,7 \text{ kJ/mol}$$

Nilai ΔG_r pada temperatur reaksi 120°C diperoleh dengan persamaan berikut.

$$\Delta G = \Delta H_o - \frac{T}{T_o} (\Delta H_o - \Delta G_o) + R \int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT - RT \int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} \cdot \frac{dT}{T}$$

$$\int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} \cdot \frac{dT}{T} = \left[\Delta A \left[\Delta B \cdot T_o + \left(\Delta C \cdot T_o^2 + \frac{\Delta D}{\tau \cdot T_o^2} \right) \left(\frac{\tau+1}{2} \right) \right] \left(\frac{\tau-1}{\ln \tau} \right) \right] \times \ln \tau$$

Berdasarkan persamaan (2.9), nilai $\int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} \cdot \frac{dT}{T}$ diperoleh sebesar:

$$\int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} \cdot \frac{dT}{T} = -1,4479 \text{ kJ/mol}$$

Persamaan (2.3) disubstitusikan pada persamaan (2.8) menjadi:

$$\Delta G_r = \Delta H_{rx(T)} - \frac{T}{T_o} (\Delta H_o - \Delta G_o) - RT \int_{T_o}^T \frac{\Delta C_p}{R} \cdot \frac{dT}{T}$$

Sehingga nilai ΔG_r diperoleh sebesar 3,2463 kJ/mol.

Reaksi diatas berlangsung secara tidak spontan yaitu reaksi yang menyerap energi dari sekitarnya (Allison dkk., 2018). Maka apabila nilai ΔG semakin (+) atau semakin besar, maka akan menyerap banyak energi saat terjadi reaksi.

2.1.3 Berdasarkan Kelayakan Ekonomi

2.1.3.1 Perhitungan Ekonomi Kasar Pembuatan Asam Formiat dengan Proses Hidrolisis Formamide

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi asam formiat} &= 34.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 3.787,8788 \text{ kg/jam} \\ &= 82,2997 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Konversi HCOOH} = 50\% \quad (\text{Mc.Ketta, 1983})$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, massa asam formiat} &= 3.787,8788 \text{ kg/jam} \times 50\% \\ &= 1.893,9394 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel 2.10 Harga Bahan Baku dan Produk pada Proses Hidrolisis Formamide

Nama	Senyawa	BM	Rp/Unit	\$/Unit
Formamide	HCONH ₂	45,04	7.000/kg	0,4981/kg ^a
Asam Sulfat	H ₂ SO ₄	98,079	1.100/kg	0,0783/kg ^b
Asam Formiat	HCOOH	46,0254	14.000/kg	0,99/kg ^c
Amonium Sulfat	(NH ₄) ₂ SO ₄	132,14	2.600/kg	0,1850/kg ^b
Air	H ₂ O	18,015	0/kg	0/kg

Sumber:

^a www.zauba.com diakses tanggal 4 September 2022 pukul 06.52 WIB

^b www.icis.com diakses tanggal 4 September 2022 pukul 07.21 WIB

^c www.sintas94.co.id diakses tanggal 4 September 2022 pukul 09.51 WIB

* 1 USD = Rp 14.052 <http://www.xe.com> diakses tanggal 4 September 2022 pukul 10.20 WIB

Reaksi Proses Hidrolisis Formamide

$$2\text{HCOONa} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HCOOH} + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$$

Mula (M)	a	c		
Reaksi (Rx)	2e	e	2e	e
Sisa (S)	a - 2e	c - e	2e	e

	$2\text{HCOONa} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HCOOH} + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$		
Mula (M)	82,2997	82,2997	
Reaksi (Rx)	41,1499	41,1499	41,1499 20,5749
Sisa (S)	41,1499	41,1499	41,1499 20,5749

- Jumlah formamide (HCONH_2) yang dibutuhkan pada proses hidrolisis formamide:

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya HCONH}_2 &= 82,2997 \text{ kmol/jam} \times 45,04 \text{ kg/kmol} \\ &= 3.706,7806 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\ &= 29.357.703,4860 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= 29.357.703,4860 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}7.000/\text{kg} \\ &= \text{Rp}205.503.917.402,13/\text{tahun} \end{aligned}$$

- Jumlah asam sulfat (H_2SO_4) yang dibutuhkan pada proses hidrolisis formamide:

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya H}_2\text{SO}_4 &= 26,98355904 \text{ kmol/jam} \times 98,079 \text{ kg/kmol} \\ &= 4035,9385 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\ &= 31.964.633 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= 31.964.633 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}1.700/\text{kg} \\ &= \text{Rp}54.339.875.373/\text{tahun} \end{aligned}$$

- Jumlah air (H_2O) yang dibutuhkan pada proses hidrolisis formamide:

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya H}_2\text{O} &= 82,2997 \text{ kmol/jam} \times 18,015 \text{ kg/kmol} \\ &= 1.482,6299 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\ &= 11.742.429 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\text{Biaya} = 11.742.429 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}0/\text{kg} = \text{Rp}0/\text{tahun}$$

- Jadi total *cost of feed* pada proses hidrolisis formamide:

Jumlah biaya $\text{HCONH}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$:

$$\begin{aligned} \text{Total Cost of Feed} &= \text{Rp}54.339.875.373/\text{tahun} + \\ &\quad \text{Rp}54.339.875.373/\text{tahun} + \text{Rp}0/\text{tahun} \\ &= \text{Rp}259.843.792.775/\text{tahun} \end{aligned}$$

- Jumlah asam formiat (HCOOH) yang dihasilkan pada proses hidrolisis formamide:

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya HCOOH} &= 41,1499 \text{ kmol/jam} \times 46,0254 \text{ kg/kmol} \\ &= 1.893,9394 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\ &= 15.000.000 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= 15.000.000 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}14.000 \\ &= \text{Rp}210.000.000.000/\text{tahun} \end{aligned}$$

- Jumlah amonium sulfat ((NH₄)₂SO₄) yang dihasilkan pada proses hidrolisis formamide:

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya (NH}_4\text{)}_2\text{SO}_4 &= 20,5749 \text{ kmol/jam} \times 132,14 \text{ kg/kmol} \\ &= 2.718,7722 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\ &= 21.532.675,4357 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= 21.532.675,4357 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}2.600/\text{kg} \\ &= \text{Rp}55.984.956.132,9179/\text{tahun} \end{aligned}$$

- Jadi *total cost of product* pada proses hidrolisis formamide:

$$\begin{aligned} \text{Total Cost of Product} &= \text{Rp}210.000.000.000/\text{tahun} + \\ &\quad \text{Rp}55.984.956.132/\text{tahun} \\ &= \text{Rp}265.984.956.132,918/\text{tahun} \end{aligned}$$

- Jadi *Economic Potential (EP)* pada proses hidrolisis formamide:

$$\text{Economic Potential (EP)} = \text{Total Cost of Product} - \text{Total Cost of Feed}$$

$$\text{Economic Potential (EP)} = \text{Rp}265.984.956.132,918 \text{ tahun} -$$

$$\text{Rp}259.484.956.132,918/\text{tahun}$$

$$\text{Economic Potential (EP)} = \text{Rp}6.141.163.357,6243$$

2.1.3.2 Perhitungan Ekonomi Kasar Pembuatan Asam Formiat dengan Sodium Formiat

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi asam formiat} &= 34.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 3.787,8788 \text{ kg/jam} \\ &= 82,2997 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Konversi HCOOH} = 60\% \quad (\text{Manzour \& Faraz, 2009})$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, massa asam formiat} &= 3.787,8788 \text{ kg/jam} \times 60\% \\ &= 2.272,7273 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel 2.11. Harga Bahan Baku dan Produk pada Proses dengan Sodium Formiat

Nama	Senyawa	BM	Rp/Unit	\$/Unit
Sodium Formiat	HCOONa	68,01	3.700/kg	0,2633/kg ^a
Asam Sulfat	H ₂ SO ₄	98,079	1.700/kg	0,1210/kg ^a
Asam Formiat	HCOOH	46,0254	14.000/kg	0,99/kg ^b
Sodium Sulfat	Na ₂ SO ₄	142,04	1.700/kg	0,1210/kg ^a

Sumber:

^a www.icis.com diakses tanggal 4 September 2022 pukul 07.21 WIB

^b www.sintas94.co.id diakses tanggal 4 September 2022 pukul 09.51 WIB

* 1 USD = Rp 14.052 <http://www.xe.com> diakses tanggal 4 September 2022 pukul 10.20 WIB

Reaksi Proses dengan Sodium Formiat

	2HCOONa	+	H_2SO_4	\rightleftharpoons	2HCOOH	+	Na_2SO_4
Mula (M)	a		c				
Reaksi (Rx)	2e		e		2e		e
Sisa (S)	$a - 2e$		$c - e$		2e		e
	2HCOONa	+	H_2SO_4	\rightleftharpoons	2HCOOH	+	Na_2SO_4
Mula (M)	82,2997		24,6899				
Reaksi (Rx)	49,3798		24,6899		49,3798		24,6899
Sisa (S)	32,9199		0		49,3798		24,6899

- Jumlah sodium formiat (HCOONa) yang dibutuhkan pada proses dengan sodium formiat:

$$\begin{aligned}
 \text{Banyaknya HCOONa} &= 82,2997 \text{ kmol/jam} \times 68,01 \text{ kg/kmol} \\
 &= 5.597,2058 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\
 &= 44.329.870,0283 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya} &= 44.329.870,0283 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}3.700/\text{kg} \\
 &= \text{Rp}164.020.519.104,668/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

- Jumlah asam sulfat (H_2SO_4) yang dibutuhkan pada proses dengan sodium formiat:

$$\begin{aligned}\text{Banyaknya } \text{H}_2\text{SO}_4 &= 41,1499 \text{ kmol/jam} \times 98,079 \text{ kg/kmol} \\ &= 4035,9385 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\ &= 31.964.633 \text{ kg/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya} &= 31.964.633 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}1.700/\text{kg} \\ &= \text{Rp}54.339.875.373/\text{tahun}\end{aligned}$$

- Jadi *total cost of feed* pada proses dengan sodium formiat:

Jumlah biaya $\text{HCOONa} + \text{H}_2\text{SO}_4$:

$$\begin{aligned}\text{Total Cost of Feed} &= \text{Rp}160.020.519.104,668/\text{tahun} + \\ &\quad \text{Rp}54.339.875.373/\text{tahun} \\ &= \text{Rp}218.360.394.477,8320/\text{tahun}\end{aligned}$$

- Jumlah asam formiat (HCOOH) yang dihasilkan pada proses dengan sodium formiat:

$$\begin{aligned}\text{Banyaknya } \text{HCOOH} &= 49,3798 \text{ kmol/jam} \times 46,0254 \text{ kg/kmol} \\ &= 2.272,7273 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\ &= 18.000.000 \text{ kg/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya} &= 18.000.000 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}14.000 \\ &= \text{Rp}252.000.000.000/\text{tahun}\end{aligned}$$

- Jumlah sodium sulfat (Na_2SO_4) yang dihasilkan pada proses dengan sodium formiat:

$$\begin{aligned}\text{Banyaknya } \text{Na}_2\text{SO}_4 &= 24,6899 \text{ kmol/jam} \times 142,04 \text{ kg/kmol} \\ &= 3.506,9568 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\ &= 27.775.098,098 \text{ kg/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya} &= 27.775.098,098 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}1.700/\text{kg} \\ &= \text{Rp}42.217.666.766,6115/\text{tahun}\end{aligned}$$

- Jadi *total cost of product* pada proses dengan sodium formiat:

$$\begin{aligned}\text{Total Cost of Product} &= \text{Rp}252.000.000.000 /\text{tahun} + \\ &\quad \text{Rp}42.217.666.766,6115/\text{tahun} \\ &= \text{Rp}299.217.666.766,6110/\text{tahun}\end{aligned}$$

- Jadi *Economic Potential (EP)* pada proses dengan sodium formiat:

$$\text{Economic Potential (EP)} = \text{Total Cost of Product} - \text{Total Cost of Feed}$$

$$\text{Economic Potential (EP)} = \text{Rp}299.217.666.766,6110 \text{ tahun} - \text{Rp}218.360.394.477,8320/\text{tahun}$$

$$\text{Economic Potential (EP)} = \text{Rp}80,857.272.288,7795/\text{tahun}$$

2.1.3.3 Perhitungan Ekonomi Kasar Pembuatan Asam Formiat dengan Proses Hidrolisis Metil Formiat

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi asam formiat} &= 34.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 3.787,8788 \text{ kg/jam} \\ &= 82,2997 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Konversi HCOOH} = 60\% \quad (\text{Ulmann, 2005})$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, massa asam formiat} &= 3.787,8788 \text{ kg/jam} \times 60\% \\ &= 2.272,7273 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel 2.12. Harga Bahan Baku dan Produk pada Proses dengan Hidrolisis Metil Formiat

Nama	Senyawa	BM	Rp/Unit	\$/Unit
Metil Formiat	HCOOCH ₃	60,052	7.000/kg	0,5/kg ^a
Air	H ₂ O	18,015	0/kg	0/kg
Asam Formiat	HCOOH	46,0254	14.000/kg	0,99/kg ^b
Metanol	CH ₃ OH	32,0419	7.000/kg	0,4981/kg ^c

Sumber:

^a alibaba.com diakses tanggal 4 September 2022 pukul 09.04 WIB

^b www.sintas94.co.id diakses tanggal 4 September 2022 pukul 09.51 WIB

^c emsh-ngtech.com diakses tanggal 4 September 2022 pukul 10.13 WIB

* 1 USD = Rp 14.052 <http://www.xe.com> diakses tanggal 4 September 2022 pukul 10.20 WIB

Reaksi Proses Hidrolisis Metil Formiat

	HCOOCH_3	+	H_2O	\rightleftharpoons	HCOOH	+	CH_3OH
Mula (M)	a		b				
Reaksi (Rx)	c		c		c		c
Sisa (S)	a - c		b - c		c		c

	HCOOCH_3	+	H_2O	\rightleftharpoons	HCOOH	+	CH_3OH
Mula (M)	82,2997		82,2997				
Reaksi (Rx)	49,3798		49,3798		49,3798		49,3798
Sisa (S)	32,9199		32,9199		49,3798		49,3798

- Jumlah metil formiat (HCOOCH_3) yang dibutuhkan pada proses hidrolisis metil formiat:

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya HCOOCH}_3 &= 82,2997 \text{ kmol/jam} \times 60,05 \text{ kg/kmol} \\ &= 4.942,2644 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\ &= 39.142.734,2294 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= 39.142.734,2294 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}7.000/\text{kg} \\ &= \text{Rp}246.599.225.644,97/\text{tahun} \end{aligned}$$

- Jumlah air (H_2O) yang dibutuhkan pada pada proses hidrolisis metil formiat:

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya H}_2\text{O} &= 82,2997 \text{ kmol/jam} \times 18,015 \text{ kg/kmol} \\ &= 1.482,6299 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\ &= 11.742.429,1804 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= 11.742.429,1804 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}0/\text{kg} \\ &= \text{Rp}0/\text{tahun} \end{aligned}$$

- Jadi *total cost of feed* pada proses hidrolisis metil formiat:

Jumlah biaya $\text{HCOOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$:

$$\begin{aligned} \text{Total Cost of Feed} &= \text{Rp}246.599.225.644,97/\text{tahun} + \text{Rp. } 0/\text{tahun} \\ &= \text{Rp}246.599.225.644,97/\text{tahun} \end{aligned}$$

- Jumlah asam formiat (HCOOH) yang dihasilkan pada proses hidrolisis metil formiat:

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya HCOOH} &= 49,3798 \text{ kmol/jam} \times 46,0254 \text{ kg/kmol} \\ &= 2.272,7273 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\ &= 18.000.000 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= 18.000.000 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}14.000 \\ &= \text{Rp}252.000.000.000/\text{tahun} \end{aligned}$$

- Jumlah metanol (CH₃OH) yang dihasilkan pada proses hidrolisis metil formiat:

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya CH}_3\text{OH} &= 49,3798 \text{ kmol/jam} \times 32,0419 \text{ kg/kmol} \\ &= 1.582,2242 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\ &= 12.531.215,3724 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= 12.531.215,3724 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}7.000/\text{kg} \\ &= \text{Rp}87.718.507.606,6693/\text{tahun} \end{aligned}$$

- Jadi *total cost of product* pada proses hidrolisis metil formiat:

$$\begin{aligned} \text{Total Cost of Product} &= \text{Rp}252.000.000.000/\text{tahun} + \\ &\quad \text{Rp}87.718.507.606,6693 /\text{tahun} \\ &= \text{Rp}339.718.507.606,669/\text{tahun} \end{aligned}$$

- Jadi *Economic Potential (EP)* pada proses hidrolisis metil formiat:

$$\text{Economic Potential (EP)} = \text{Total Cost of Product} - \text{Total Cost of Feed}$$

$$\begin{aligned} \text{Economic Potential (EP)} &= \text{Rp}339.718.507.606,669/\text{tahun} - \\ &\quad \text{Rp}246.599.225.644,97/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\text{Economic Potential (EP)} = \text{Rp}93.119.281.961,6993/\text{tahun}$$

Tabel 2.13 Perbandingan proses pembuatan asam formiat

Parameter	Proses Hidrolisis <i>Formamide</i>	Proses dari Sodium Formiat	Proses Hidrolisis Metil Formiat
Suhu dan Tekanan	180°C dan kondisi vakum	180°C dan 15-18 atm	80-110°C dan 5-15 atm
Operasi			
Konversi	50%	60%	60%
<i>Economic Potential/Tahun</i>	Rp.6.141.163.357,6243	Rp.80,857.272.288,7795	Rp.93.119.281.961,6993
Tipe Reaktor	CSTR	<i>Horizontal Tubular Reactor</i>	<i>Plug Flow Reactor</i>
Produk Samping	Amonium Sulfat	Sodium Sulfat	Metanol
$\Delta G^\circ_{\text{Reaksi}}$	264,280 kJ/mol	1165,740 kJ/mol	4,7 kJ/mol
$\Delta H^\circ_{\text{Reaksi}}$	331,2 kJ/mol	856 kJ/mol	7,7 kJ/mol

Tabel 2.13 (lanjutan)

Parameter	Proses Hidrolisis	Proses dari Sodium	Proses Hidrolisis Metil
	<i>Formamide</i>	Formiat	Formiat
ΔG_{Reaksi}	$2,35 \times 10^{16}$ kJ/kmol	$4,67 \times 10^{16}$ kJ/kmol	$5,4 \times 10^{15}$ kJ/kmol
ΔH_{Reaksi}	$2,3323 \cdot 10^9$ kJ/kmol	$1,538 \cdot 10^9$ kJ/kmol	$1,52 \cdot 10^9$ kJ/kmol
Kemurnian Produk	85-90%	85-90%	85-90%

2.2 Pemilihan Proses

Berdasarkan uraian proses yang telah dijelaskan di atas, maka dipilih proses pembuatan asam formiat dengan hidrolisis metil formiat, hal ini berdasarkan beberapa alasan berikut.

1. Reaksi bersifat autokatalitik, sehingga tidak diperlukan katalis khusus, sebab asam formiat berfungsi sebagai katalis.
2. Reaksi merupakan hidrolisa yang relatif sederhana tanpa adanya reaksi samping yang lain, dengan produk samping hanya metanol.
3. Salah satu pereaktan adalah air, sehingga relatif mudah diperoleh dan murah harganya.

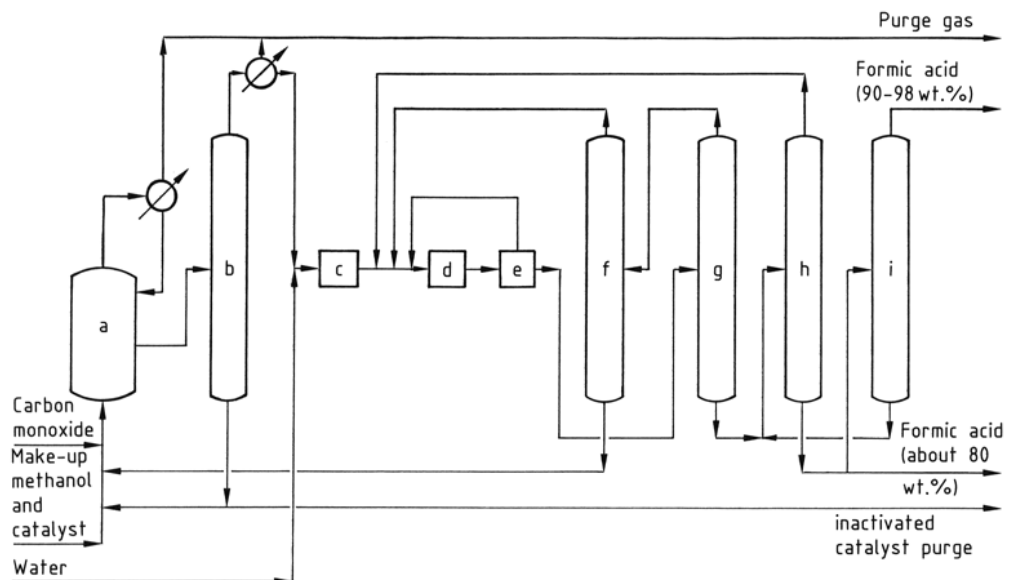
Pada proses pembuatan asam formiat dengan metode hidrolisis metil formiat, terdapat beberapa jenis proses yaitu proses Kemira–Leonard, proses BASF dan proses USSR.

2.2.1 Proses Kemira–Leonard (1981)

Proses ini merupakan pengembangan dari proses Leonard dimana metil formiat ($C_2H_4O_2$) yang digunakan sebagai bahan baku asam formiat dibuat dalam satu rangkaian proses dengan asam formiat. Proses ini terdiri dari dua bagian dimana pada bagian pertama merupakan proses produksi metil formiat (karbonilasi metanol) dari gas karbon monoksida (CO) dan metanol (CH_3OH) dengan katalis asam formiat ($HCOOH$), proses ini berlangsung pada tekanan 9,8 atm dan suhu $120^\circ C$. Pelepasan reaktor dibawa ke tekanan atmosfer dalam *flash drum* re-esterifikasi

sebagian besar dicegah oleh pendinginan yang terjadi selama penguapan kilat.

Metil formiat dan metanol dipisahkan pada kondisi vakum. Asam formiat didehidrasi dengan distilasi. Jika diinginkan konversi 85% asam formiat, dehidrasi harus dilakukan pada 3 atm. Konsentrasi yang lebih tinggi dapat dicapai dengan menghubungkan kolom dehidrasi tambahan di hilir di bawah tekanan atmosfer, dan konsentrasi asam formiat hingga 98 % wt kemudian dapat diambil sebagai distilat.



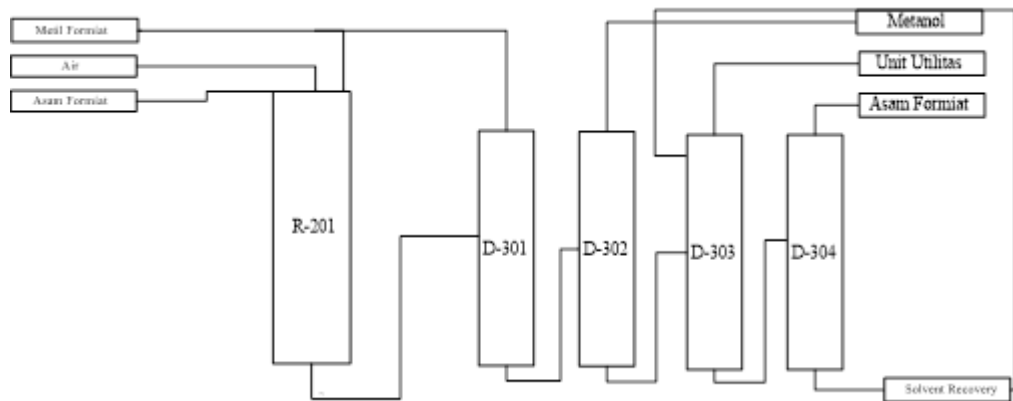
Gambar 2.1. Produksi Asam Formiat dengan Proses Kemira–Leonard (2002)
a) Reaktor Metil Formiat; b) Kolom Metil Formiat; c) Reaktor Pendahuluan; d) Reaktor Utama; e) Tangki Flash; f) Kolom *Recycle*; g) Kolom Pemisahan Asam; h) Kolom Produk Pertama; i) Kolom Produk Kedua.

Pada tahap pertama, gas CO diumpankan melalui pipa distributor yang terletak di bagian bawah reaktor metil formiat, sedangkan metanol dan katalis disemprotkan dari bagian atas reaktor melalui ejektor. Produk yang didapat dari reaksi pada reaktor tersebut adalah metil formiat. Selanjutnya komponen metil formiat dipisahkan dari metanol yang tidak ikut bereaksi pada kolom distilasi. Hasil atas kolom distilasi berupa metil formiat 85% dan langsung dialirkan ke dalam tangki penyimpanan

(*storage tank*) untuk digunakan sebagai bahan baku proses produksi asam formiat. Sedangkan hasil bawah yang berupa metanol, dikembalikan ke reaktor untuk dikarbonilasi kembali. Bagian kedua dalam proses ini adalah proses produksi asam formiat dari metil formiat dan air. Konversi *overall* pada proses ini 13% dengan rasio air dan metil formiat 1:2,4 (US Patent 4,299,981).

2.2.2 Proses BASF (1980 dan 2004)

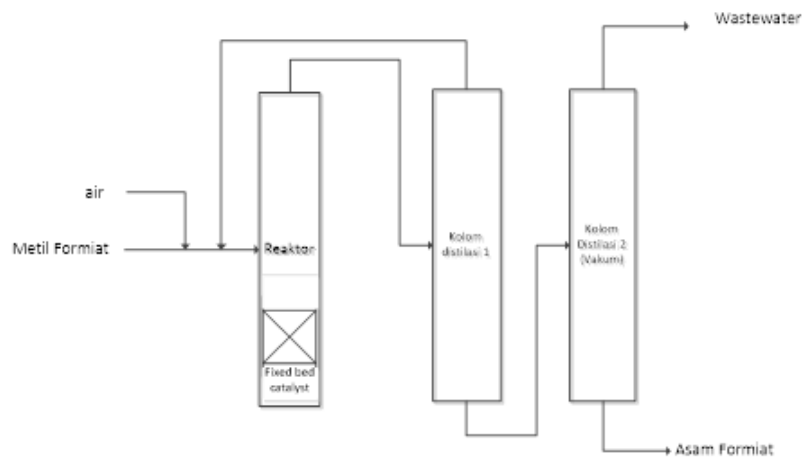
Proses ini terdiri dari dua bagian. Bagian pertama merupakan proses produksi metil formiat (karbonilasi metanol) dari gas karbon monoksida dan metanol. Proses ini identik dengan proses produksi metil formiat pada proses Kemira-Leonard. Bagian kedua merupakan proses produksi asam formiat dari metil formiat dan air, dimana hidrolisa metil formiat berlangsung dalam reaktor hidrolisa dengan jumlah air yang berlebih. Metil formiat yang tidak bereaksi dan metanol yang terbentuk dipisahkan pada unit *low-boiler column*, pada unit ini metil formiat keluar pada bagian atas dan metanol keluar dari bagian samping kolom yang selanjutnya metil formiat di *recycle* ke reaktor hidrolisa dan metanol di *recycle* ke reaktor metil formiat di tahap pertama. Asam formiat dan air yang keluar pada bagian bawah unit *low-boiler column* dialirkan ke unit ekstraksi. Asam formiat yang masih mengandung air selanjutnya memasuki kolom dehidrasi. Pada kolom dehidrasi air keluar pada bagian atas kolom yang selanjutnya di *recycle* ke reaktor hidrolisa, sedangkan asam formiat yang keluar pada bagian bawah kolom selanjutnya dimurnikan pada kolom asam yang beroperasi secara vakum hingga konsentrasinya mencapai 85%. Konversi pada proses ini mencapai 60% dengan rasio metil formiat dan air 1 : 6 (US Patent 6,713,649).



Gambar 2.2. Produksi Asam Formiat dengan Proses BASF (2004)

2.2.3 Proses USSR (2014)

Proses ini terdiri dari dua bagian, bagian pertama merupakan proses produksi metil formiat (karbonilasi metanol) dari gas karbon monoksida dan metanol, secara keseluruhan proses ini identik dengan proses Kemira-Leonard dan BASF.



Gambar 2.3 Produksi Asam Formiat dengan Proses USSR (2014)

Bagian kedua pada proses ini merupakan proses produksi asam formiat. Reaktor hidrolisa pada proses ini terbagi menjadi dua bagian, dimana pada bagian bawah reaktor terdapat isian (*packing*) *cation exchanger* yang berfungsi sebagai katalis, sedangkan pada bagian atas merupakan kolom kosong. Hidrolisa metil formiat pada reaktor ini dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama metil formiat terhidrolisa menjadi asam

formiat pada bagian bawah reaktor. Tahap kedua asam formiat yang terbentuk pada tahap pertama digunakan sebagai katalis (autokatalitik) dalam reaksi hidrolisa pada bagian atas reaktor yang bertujuan untuk menyempurnakan reaksi pada tahap pertama.

Keluaran reaktor hidrolisa selanjutnya memasuki unit *low-boiler column*, metanol dan metil formiat keluar sebagai distilat pada unit ini yang selanjutnya di *recycle* ke reaktor metil formiat. Sedangkan asam formiat dan air yang keluar pada bagian bawah dari unit *low-boiler column* menuju kolom asam formiat. Kolom asam formiat beroperasi pada kondisi vakum, disini asam formiat dimurnikan konsentrasinya hingga mencapai 85%, sedangkan air keluar sebagai distilat di *recycle* ke reaktor hidrolisa. Konversi pada proses ini 30% (Ulmann, 2005).

Tabel 2.14 Perbandingan Proses Produksi Asam Formiat dengan Hidrolisis Metil Formiat

Deskripsi	Proses		
	Kemira-Leonard (1981)	Proses BASF (2004)	Proses USSR (1989)
Konversi	13%	60%	30%
<i>Yield</i>	98%	98%	85%
Kondisi operasi reaktor	T = 90-140°C P = 5-18 atm	T = 80-150°C P = 5-15 atm	T = 80°C P = 6 atm
Jenis reaktor	<i>Plug-flow</i>	<i>Plug-flow</i>	Terbagi atas 2 bagian : - atas (<i>bubble cap</i>) - bawah (<i>ion exchanger catalyst</i>)
Pemisahan dan pemurnian produk	Distilasi bertahap dan distilasi vakum	Distilasi vakum dan <i>extractive distillation</i>	Distilasi bertahap
Penggunaan solvent	Tidak ada	Ada (pada unit ekstraksi)	Tidak ada
Kemurnian produk	85 %	85 %	85 %

Berdasarkan uraian proses yang telah dijelaskan diatas maka dipilih proses hidrolisis metil formiat dengan metode BASF, hal ini berdasarkan pada beberapa alasan berikut:

1. Rasio metil formiat dan air lebih kecil apabila dibandingkan dengan proses lainnya.
2. Konversi reaksi yang diperoleh lebih besar.
3. Prosesnya lebih sederhana.

2.3 Uraian Proses

Umpan bahan baku berupa metil formiat dari tangki penyimpanan (ST-01) dan air dari utilitas dialirkan menuju *heater* (HE-101 untuk dinaikkan suhunya menjadi 120°C sebelum dialirkan menuju reaktor. Tekanan dinaikkan hingga 9 atm dengan pompa (PP-102). Reaktor berupa reaktor alir pipa *adiabatic non isothermal* dilapisi isolasi yang beroperasi pada suhu 120°C dan tekanan 9 atm. Perbandingan molar pereaksi metil formiat : air yang terjadi di dalam reaktor adalah 1 : 6. Produk keluar reaktor (R-201) berupa asam formiat, metanol, dan sisa-sisa reaktan yang tidak bereaksi. Produk yang direaksikan di reaktor sebelumnya dicampur dengan arus *recycle* dari kolom distilasi II (DC-302) berupa air dan sedikit asam formiat. Produk yang keluar reaktor (R-201) diekspansikan oleh *expansion valve* (EV-201) dari tekanan 9 atm menjadi 1 atm, sehingga terbentuk fase gas dan fase cair berdasarkan beda suhu didih cairan kemudian dialirkan ke kolom distilasi I untuk proses separasi dengan distilasi tekanan berubah (*Pressure Swing Distillation*).

Kolom distilasi I (DC-301) beroperasi pada tekanan 0,52 atm (*Low Pressure Column*) dengan suhu umpan masuk sebesar 69,62°C, kondisi pada suhu atas 41,61°C serta suhu bawah 82,71°C. Kolom distilasi I (DC-301) berfungsi untuk memisahkan campuran cair yang berasal dari reaktor menjadi hasil atas yang terdiri dari metil formiat dan metanol,

dan hasil bawah yang terdiri dari air dan asam formiat. Hasil atas tersebut kemudian diumpankan ke kolom distilasi III (DC-303) untuk proses pemisahan metil formiat dan methanol sebagai produk samping, sedangkan produk bawah DC-301 diproses pada kolom distilasi II (DC-302). Kondisi operasi kolom distilasi II (DC-302) adalah pada tekanan 2,6 atm (*High Pressure Column*) dengan kondisi atas 129,317°C dan kondisi bawah 132,973°C. Pada kolom distilasi II (DC-302) bertujuan untuk memperoleh hasil atas berupa air dan sisa-sisa asam formiat. Hasil bawah berupa asam formiat yang merupakan produk utama pabrik dihasilkan dengan kadar sebesar 85% dialirkan dari bawah kolom distilasi II (DC-302) menuju ke tangki penyimpanan (ST-02) yang sebelumnya diturunkan suhu dan tekanannya menjadi 32°C ; 1 atm.

III. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1 *Physical Properties*

3.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

A. Metil Formiat

Rumus molekul	: HCOOCH ₃
Fase (25°C, 1 atm)	: Cair, tidak berwarna
Berat molekul	: 60,05 kg/kmol
Titik leleh	: - 99°C
Titik didih	: 32°C
Suhu kritis	: 214,2°C
Tekanan kritis	: 59,98 bar
Densitas	: 966,28 kg/m ³
Bau	: Khas ester
Indeks bias	: 1,343
$\Delta H_f^{\circ}{}_{298}$: - 350,02 kJ/mol
$\Delta G_f^{\circ}{}_{298}$: - 297,39 kJ/mol

(Perry, 1997)

Komposisi : HCOOCH₃ 97% ; CH₃OH 3%

B. Air

Rumus molekul	: H ₂ O
Fase (25°C, 1 atm)	: Cair, tidak berwarna
Berat molekul	: 18 kg/kmol
Titik leleh	: 0°C
Titik didih	: 100°C

Suhu kritis	: 374,3°C
Tekanan kritis	: 217,6 atm
Densitas	: 994 kg/m ³
$\Delta H_f^{\circ}_{298}$: - 242 kJ/mol
$\Delta G_f^{\circ}_{298}$: - 228,77 kJ/mol
pH	: 6,95
BOD	: 16,28 mg/l
COD	: 43,80 mg/l

(Perry, 1997; Bapedalda Provinsi Lampung, 2007)

Komposisi : H₂O 100%

3.1.2 Spesifikasi Produk

A. Asam Formiat

Rumus molekul	: CH ₂ O ₂ atau HCOOH
Fase (25°C, 1 atm)	: Cair, tidak berwarna
Berat molekul	: 46 kg/kmol
Titik leleh	: 8,4°C
Titik didih	: 100,8°C
Suhu kritis	: 307°C
Tekanan kritis	: 217,6 atm
Densitas	: 1219,5 kg/m ³
Bau	: Bau asam yang menyengat
Indeks bias	: 1,370
$\Delta H_f^{\circ}_{298}$: - 378,86 kJ/mol
$\Delta G_f^{\circ}_{298}$: - 351,23 kJ/mol

(Perry, 1997)

Komposisi : HCOOH 85% ; H₂O 15%

B. Metanol

Rumus molekul	: CH ₃ OH
Fase (25°C, 1 atm)	: Cair, tidak berwarna

Berat molekul	: 32 kg/kmol
Titik leleh	: 67,8°C
Titik didih	: 64,7°C
Suhu kritis	: 500°C
Tekanan kritis	: 28,4 atm
Densitas	: 792 kg/m ³
Bau	: Bau alkohol yang menyengat
Indeks bias	: 1,332
$\Delta H_f^{\circ}{}_{298}$: - 201,30 kJ/mol
$\Delta G_f^{\circ}{}_{298}$: - 162,62 kJ/mol

(Perry, 1997)

3.2 Chemical Properties

Tabel 3.1 Data Titik Didih, Suhu Kritis, dan Tekanan Kritis Senyawa

Senyawa	BM (kg/kmol)	T _b (K)	T _c (K)	P _c (bar)
HCOOCH ₃	60,0520	304,90	487,20	59,98
H ₂ O	18,015	373,15	647,35	218,29
HCOOH	46,0254	373,71	588	58,10
CH ₃ OH	32,0419	337,85	512,64	80,97

Sumber: Yaws (1999)

Tabel 3.2 Data Enthalpi dan Energi Gibbs Standar

Senyawa	V _c (ml/mol)	ω	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)
HCOOCH ₃	172	0,254	-386,1	-295,6
H ₂ O	63,49	0,348	-285,8	-237,1
HCOOH	125,0	0,317	-425	-361,4
CH ₃ OH	118,0	0,564	-239,2	-166,6

Sumber: Yaws (1999)

Keterangan:

T_b = Titik didih (K)

T_c = Temperatur kritis (K)

P_c = Tekanan kritis (bar)

V_c = Volume kritis (ml/mol)

ω = Aksentrik faktor

ΔH_f^0 = Enthalpi pembentukan standar (kJ/mol)

ΔH_G^0 = Enthalpi Gibbs standar (kJ/mol)

BM = Berat molekul (g/mol)

Tabel 3.3 Konstanta Kapasitas Panas Cairan

Senyawa	A	B	C	D	$T_{\min} - T_{\max}$ (K)
HCOOCH ₃	42,381	0,570640	-1,9727E-03	2,8945E-06	175-438
H ₂ O	92,053	-0,039953	-2,1103E-04	5,3469E-07	273-615
HCOOH	-16,110	0,872290	-2,3665E-03	2,4454E-06	283-522
CH ₃ OH	40,152	0,310460	-1,0291E-03	1,4598E-06	176-461

Sumber: Yaws (1999)

Keterangan :

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3$$

C_p = Kapasitas panas liquid (kJ/kmol.K)

T = Temperatur (K)

Tabel 3.4 Konstanta Tekanan Uap

Senyawa	A	B	C	D	E	$T_{\min} - T_{\max}$ (K)
HCOOCH ₃	28,9576	-2,3582E+03	-7,4848	7,4384E-10	2,7013E-06	174,15-487,2
H ₂ O	29,8605	-3,1522E+03	-7,3037	2,4247E-09	1,8090E-06	273,16-647,13
HCOOH	27,9278	-2,5976E+03	-7,2489	6,4110E-10	3,9421E-06	281,55-580
CH ₃ OH	45,6171	-3,2447E+03	-13,988	6,6365E-03	-1,0507E-13	175,47-512,58

Sumber: Yaws (1999)

Keterangan :

$$\text{Log}_{10} P = A + B/T + C \text{Log}_{10} T + DT + ET^2$$

P = Tekanan Uap (mmHg)

T = Temperatur (K)

Tabel 3.5 Konstanta Panas Penguapan

Senyawa	A	Tc	n	$T_{\min} - T_{\max}$ (K)
HCOOCH ₃	43,997	487,2	0,453	174,15-487,2
H ₂ O	52,053	647,13	0,321	273,16-647,13
HCOOH	5,5139	580	-1,338	281,55-580
CH ₃ OH	52,723	512,58	0,377	175,47-512,58

Keterangan :

$$H_{\text{vap}} = A \cdot (1 - T/T_c)$$

$$\Delta H_V = \text{Panas Penguapan (kJ/mol)}$$

$$T = \text{Temperatur (K)}$$

$$T_c = \text{Temperatur kritis (K)}$$

Tabel 3.6 Konstanta Viskositas Gas

Senyawa	A	B	C	T _{min} – T _{max} (K)
HCOOCH ₃	-8,9815	0,3589	-5,86E-05	250-1000
H ₂ O	-36,826	4,2900E-01	-1,6200E-05	280-1073
HCOOH	-15,488	0,3737	-6,26E-05	250-1000
CH ₃ OH	-14,236	0,3893	-6,28E-05	240-1000

Sumber: Yaws (1999)

Keterangan :

$$\mu_{\text{gas}} = A + B + CT^2$$

$$T = \text{Temperatur (K)}$$

$$\mu = \text{Viskositas gas (micropoise)}$$

Tabel 3.7 Konstanta Viskositas Cairan

Senyawa	A	B	C	D	T _{min} – T _{max} (K)
HCOOCH ₃	-8,0637	1,01E+03	0,0209	-2,30E-05	250-487
H ₂ O	-10,216	1,7925E+03	1,7730E-02	-1,2631E-05	273-643
HCOOH	-4,2125	9,80E+02	0,0056	-5,77E-06	281-580
CH ₃ OH	-9,0562	1,25E+03	0,0224	-2,35E-05	230-513

Sumber: Yaws (1999)

Keterangan :

$$\log_{10} \mu_{\text{gas}} = A + B/T + CT + D/T^2$$

$$T = \text{Temperatur (K)}$$

$$\mu = \text{Viskositas gas (centipoise)}$$

Tabel 3.8 Konstanta Konduktivitas Termal Gas

Senyawa	A	B	C	T _{min} – T _{max} (K)
HCOOCH ₃	-1,11E-02	7,31E-05	2,19E-08	250-1000
H ₂ O	0,00053	4,7093E-05	4,9551E-08	275-1073
HCOOH	-7,22E-03	5,27E-05	2,90E-08	250-1000
CH ₃ OH	2,34E-03	5,43E-06	1,32E-07	273-684

Sumber: Yaws (1999)

Keterangan :

$$k_{\text{gas}} = A + BT + CT^2$$

T = Temperatur (K)

k = konstanta konduktivitas (W/(m.K))

Tabel 3.9 Konstanta Konduktivitas Termal Cairan

Senyawa	A	B	C	T _{min} – T _{max} (K)
HCOOCH ₃	0,2721	-1,59E-04	-4,26E-07	204,15-417,2
H ₂ O	-0,27580	4,6120E-03	-5,5391E-06	273-633
HCOOH	0,2663	2,10E-04	-6,10E-07	282-551
CH ₃ OH	0,2522	-6,91E-06	-5,38E-07	175-487

Sumber: Yaws (1999)

Keterangan :

$$k_{\text{liq}} = A + B [1 - T/C]^{2/7}$$

T = Temperatur (K)

k = konstanta konduktivitas (W/(m.K))

Tabel 3.10 Konstanta Densitas Cairan

Senyawa	A	B	Tc	n	T _{min} – T _{max} (K)
HCOOCH ₃	0,34143	0,25838	0,2768	487,2	174,15 – 487,2
H ₂ O	0,3471	0,274	0,28571	647,13	273,16 – 647,13
HCOOH	0,36821	0,24296	0,23663	580	281,55 – 580
CH ₃ OH	0,27197	0,27192	0,2331	512,58	175,47 – 512,58

Sumber: Yaws (1999)

Keterangan :

$$\rho = A \cdot B^{-(1-T/T_c)^n}$$

ρ = Densitas Cairan (kmol/m³)

X. KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Asam Formiat kapasitas 34.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 32,22% dan sesudah pajak sebesar 25,78%.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 2,48 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 30,41% dengan syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30–60% kapasitas produksi dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 9,42% kapasitas produksi, yaitu batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti melakukan produksi karena merugi.
4. *Interest Rate of Return* (IRR) sebesar 25,6%, lebih besar dari suku bunga bank saat ini, sehingga investor akan lebih memilih untuk menanamkan modalnya ke pabrik ini dari pada ke bank.

10.2 Saran

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Prarancangan Pabrik Asam Formiat kapasitas 34.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous B, 2016. <http://www.bi.go.id/id/moneter/informasi-kurs/transaksi-bi/default.aspx>. Diakses pada tanggal 26 April 2023 pukul: 14.00 WIB.
- Anonimous G, 2019. www.matches.com. Diakses pada tanggal 14 Mei 2023 pukul 14.37 WIB.
- Badan Pusat Statistik, 2019. *Statistic Indonesia*. www.bps.go.id. Indonesia. Diakses 9 Oktober 2022 pukul: 15:39.
- Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1988. *Introduction to Chemical Engineering*. Mc-Graw Hill. New York.
- Brown G.George., 1950. *Unit Operation 6^{ed}*. Wiley & Sons. USA.
- Brownell Lloyd E. and Young Edwin H., 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Considine, Douglas M., 1974. *Instruments and Controls Handbook 2nd Edition*. Mc-Graw Hill. USA.
- Couper, J.R. and Penney W.R., 2005. *Chemical Process Equipment Selection and Design 2nd Edition*. Elsevier Inc. USA.
- Coulson J.M., and Richardson J.F., 1983. *Chemical Engineering Volume 2 5th Edition Particle Technology and Separation Process*. Butterworth-Heinemann. Washington.
- Coulson J.M., and Richardson J.F., 1999. *Chemical Engineering Volume 1 6th edition Fluid Flow, Heat Transfer and Mass Transfer*. Butterworth-Heinemann. Washington.
- Fogler, H. Scott, 1999. *Elements of Chemical Reaction Envgineering 4th Edition*. Butterworth-Heinemann. Washington.

- Geankoplis, Christie.J., 1993. *Transport Processes and unit Operation 3th Edition*. Allyn & Bacon Inc. New Jersey.
- Google Map, 2023. www.google.co.id/maps/place/lampungtengah. Diakses pada tanggal 26 Februari 2023 pukul 15.35 WIB.
- Himmeblau, David., 1996. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering 6th Edition*. Prentice Hall Inc. New Jersey.
- Holman, J.P., 1997, 8th edition, *Heat Transfer*, Mc.Graw-Hill, Inc., Amerika Serikat
- ICIS, 2018. Diakses pada Tanggal 27 Mei 2023 pukul 13.00 WIB.
- Jogunola., O, dkk. 2010. *Reversible Autocatalytic Hydrolysis of Alkyl Formate : Kinetics and Reactor Modelling*. Ind. Eng. Chem (49) : 4099-4106
- Joshi, M.V., 1981. *Process Equipment Design*. Mc. Millan India Limited. New Delhi, Bombay.
- Kern, Donald Q., 1950. *Process Heat Transfer*. Mc-Graw-Hill. New York.
- Kern, Donald Q., 1983. *Process Heat Transfer*. Mc-Graw-Hill. New York.
- Kirk, R.E., and Othmer, O., 1967, *Encyclopedia of Chemical Technology*, International Student Edition, Mc.Graw-Hill Kogasuka Company Ltd., Tokyo.
- Levenspiel, O., 1972, *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Magyesy, eugene F., 1983, *Pressure Vessel Handbook*, Pressure Vessel Handbook Publishing. Inc.
- Mc. Cabe W.L. and Smith J.C., 1985. *Operasi Teknik Kimia*. Erlangga. Jakarta.
- Mullin J.W., 2001. *Crystallization 4th Edition*. Reed Educational and Professional Publishing Ltd. Oxford, London.
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th edition*. McGraw Hill. New York.
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th edition*. McGraw Hill. New York.

- Powell, S., 1954. *Water Conditioning for Industry*. Mc-Graw Hill Book Company. New York.
- Rase H.F. and Holmes J.R., 1977. *Chemical Reactor Design for Process Plant, Vol. 1st, Principles and Techniques*. John Wiley and Sons. New York.
- Reid, C. Robert, 1987. *The Properties of Gases and Liquids 4th Edition*. Mc-Graw Hill, Inc. New York.
- Severn, W.H., 1959. *Steam, air, and Gas Power 5th Edition*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Sinnot, R.K., 2005. *Chemical Engineering Design Vol. 6 4th Edition*. Elsevier. UK.
- PT. Sintas Kurama Perdana (Indonesia), 2018. www.sintas94.co.id. Diakses pada tanggal 15 Oktober 2023 pukul 09.15 WIB
- Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 1991. *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3th edition*. Mc-Graw Hill Book Company. New York.
- Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 2002. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5th edition*. McGraw-Hill : New York.
- Treyball, R.E., 1981, *Mass Transfer Operation 3rd edition*, McGraw-Hill, Kogakusha, Ltd., Tokyo.
- Ulrich.G.D., 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc. New York.
- United States Patent: November 1981, 10, 1981, 4,299,981., “*Preparation of Formic Acid by Hydrolysis Methyl Formate*”.
- Vilbrant, 1959. *Chemical Engineering Plant Design 4th edition*. Mc-Graw Hill. New York.
- Wallas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann. Washington.
- Yaws, Carl L., 1999. *Handbook of Chemical Compound Data for Process Safety*. Gulf Publishing Company. Huston, Texas.