

LAPORAN TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK ASAM FORMAT DARI METIL FORMAT
DENGAN PROSES HIDROLISIS
KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN



Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan Pendidikan Strata Satu
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik

Universitas Setia Budi Surakarta

Oleh :

Silviana 22160297D

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SETIA BUDI

SURAKARTA

2021

**LEMBAR PERSETUJUAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM FORMAT DARI METIL FORMAT
DENGAN PROSES HIDROLISIS
KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN**

Disusun Oleh:

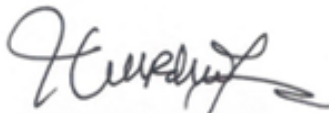
Silviana

22160297D

Telah Disetujui Oleh Pembimbing

Pada Tanggal.....

Pembimbing I



Ir. Sumardiyono, M.T

NIS.01199403231041

Pembimbing II




Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng

NIS.01199601032053

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1 Teknik Kimia



Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng

NIS.01201407261183

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM FORMAT DARI METIL FORMAT
DENGAN PROSES HIDROLISIS
KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN**

**Oleh:
Silviana
22160297D**

Telah Dipertahankan Didepan Penguji
Pada Tanggal 13 Agustus 2021

Penguji I : Ir. Petrus Darmawan, S.T., M.T
Penguji II : Dr. Supriyono, M.T
Penguji III : Ir. Sumardiyono, M.T
Penguji IV : Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng






Mengetahui,



Dekan Fakultas Teknik
Universitas Setia Budi
Dr. Suseno., S.Si., M.Si
NIS. 01199408011044

Ketua Program Studi
SI Teknik Kimia
Gregorius Prima Indra B, S.T., M. Eng
NIS.01201407261183

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“ Dan janganlah kamu mengikuti apa yang kamu tidak mempunyai pengetahuan tentangnya, sesungguhnya pendengaran, penglihatan dan hati semuanya itu akan dimintai pertanggungjawabannya” (Q.S.Al Isara’ : 36)

“ Tidaklah mungkin bagi matahari mengejar bulan dan malam pun tidak dapat mendahului siang. Dan masing-masing beredar pada garis edarnya”
(Q.S. Yaasin : 40)

Bekali anak – anakmu dengan ilmu syar’i (TPQ) agar menjadi ahli dzikir, ilmu profesi (pendidikan fomal) agar menjadi ahli berfikir, dan ilmu kreasi (realitas kehidupan) agar menjadi ahli ikhtiar
(K.H Anwar Zaid)

☺ Terima kasihku untuk...

Allah SWT.,segala puji syukur kupanjatkan hanya kepada – Mu, karena berkat rahmat, karunia dan pertolongan-Nya saya dapat menyelesaikan kewajiban saya untuk mendapatkan gelar sarjana. Alhamdulillahirobbil ‘alamiin.

Simbok dan alm bapak tercinta,.....segala hormat, kasih sayang dan baktiku hanya kuberikan untukmu. Bapak semoga engkau bangga putrimu ini dapat mewujudkan cita – cita *njenengan*, mempunyai putri yang berpendidikan tinggi dan membawa nama baik keluarga. Semoga engkau tenang disisi Allah SWT...Aamiin.Simbok tersayang terima kasih telah memeras keringat, membanting tulang dan mengorbankan kebahagiaan dihari tuamu demi melihat putrimu memakai toga.

Kakak sekeluarga yang tersayang.....terima kasih untuk kalian yang tetap mengurusku setelah kepergian bapak, tetep menjagaku dan memotivasiku selalu, maaf selama di Solo sering keluar masuk RS hingga kalian khawatir.

Keluarga besar mbah Somo kasno – Lasinem....cintamu seluas lautan dan kasihmu sebening embun.

Calon suami....terima kasih telah sabar menantiku, membimbingku dan memberi semangat selalu. Semoga kedepannya kita bisa sukses bersama.

Erlynda dan teman – teman TEKIM 2016...semangat untuk kalian mengerjakan tugas akhir. Lakukan yang terbaik yang kalian bisa, ingat semua yang kita mulai dengan baik, akan diakhiri dengan baik juga. Tiada yang sulit didunia ini, adanya ketiadaan ilmu.

Semua dosen TEKIM USB....terima kasih sudah mau mendengarkan keluhan kesah dan berbagi ilmu bersama.

Semua pihak yang telah membantu.....terima kasih atas bantuannya, maaf tidak bisa menyebutkan satu persatu.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah S.W.T. yang telah melimpahkan segala rahmat hidayah dan petunjuknya-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik kimia ini dengan baik.

Judul Tugas Akhir ini adalah **Prarancangan Pabrik Asam Format dari Metil Format dengan Proses Hidrolisis kapasitas 12.000 Ton/Tahun**. Tugas Prarancangan Pabrik Kimia merupakan tugas akhir yang harus diselesaikan oleh setiap mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta sebagai prasyarat untuk menyelesaikan jenjang studi sarjana. Dengan tugas ini diharapkan kemampuan penalaran dan penerapan teori-teori yang telah diperoleh selama kuliah dapat berkembang dan dapat dipahami dengan baik.

Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Melalui laporan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Yayasan Universitas Setia Budi Surakarta, selaku pemberi Beasiswa YPSB penuh.
2. Dr. Djoni Tarigan, MBA., selaku Rektor Universitas Setia Budi Surakarta.
3. Dr. Suseno, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta.
4. Gregorius Prima Indra B, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta.
5. Ir. Sumardiyono, M.T. selaku pembimbing I, yang dengan kesabarannya telah memberikan bimbingan kepada penulis hingga terselesainya tugas akhir ini.
6. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng selaku pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan nasehat hingga selesainya tugas akhir ini.
7. Ir. Petrus Darmawan, S.T., M.T. dan Dr. Supriyono, M.T., selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk menguji hasil laporan tugas akhir ini.
8. Bapak dan Ibu dosen program studi S1 Teknik Kimia atas ilmu dan bimbingannya selama kuliah.

9. Serta semua yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, untuk itu saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan. Dan semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surakarta, 8 Juni 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	xiii
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik.....	3
1.2.1 Kebutuhan Asam Format.....	3
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku.....	6
1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik.....	6
1.3.1 Penyediaan bahan baku.....	7
1.3.2 Letak pabrik terhadap lokasi pemasaran.....	7
1.3.3 Transportasi	7
1.3.4 Tenaga kerja.....	8
1.3.5 Utilitas.....	8
1.3.6 Peraturan daerah	8
1.3.7 Keadaan masyarakat	8
1.4 Proses yang dipilih	10
1.4.1 Oksidasi Hidrokarbon pada Fase Cair	10
1.4.2 Reaksi Hidrolisis <i>Formamide</i>	10
1.4.3 Hidrolisis Metil Format	11
1.4.4 Reaksi Sodium Format	11
1.5 Tinjauan Pustaka	13
1.5.1 Sifat fisis dan kimia bahan baku dan produk.....	13
1.5.2 Proses Hidrolisis Metil format.....	16
BAB II SPESIFIKASI BAHAN	22

2.1	Spesifikasi bahan baku	22
2.2	Spesifikasi Produk	22
BAB III	DESKRIPSI PROSES	24
3.1	Diagram alir proses.....	24
3.2	Keterangan proses.....	25
BAB IV	NERACA MASSA DAN PANAS.....	27
4.1	Neraca massa	27
4.2	Neraca Panas.....	30
BAB V	SPEKIFIKASI ALAT.....	33
5.1	Tangki Penyimpan Metil Format.....	33
5.3	Mixer I.....	33
5.2	Tangki Penyimpan Asam Format	34
5.4	Reaktor	34
5.5	Mixer II.....	35
5.6	Menara Destilasi I.....	36
5.7	Menara Destilasi II	36
5.8	Evaporator	37
5.9	Kondensor I.....	37
5.10	Reboiler I.....	38
5.11	Tangki Penyimpan H ₂ O.....	38
5.12	Heater	39
5.13	Kondensor II.....	39
5.14	Cooler	40
5.15	Reboiler II.....	40
5.16	Pompa 1	41
5.17	Pompa 2	41
5.18	Pompa 3	42
5.19	Pompa 4	42
5.20	Pompa 5	43
5.21	Pompa 6	43
5.22	Pompa 7	44
5.23	Pompa 8	45

5.24	Pompa 9	45
5.25	Pompa 10	46
5.26	Pompa 11	46
5.27	Pompa 12	47
5.28	Pompa 13	48
BAB VI	UNIT PENDUKUNG PROSES (UTILITAS)	49
6.1	Unit Pendukung Proses (Utilitas)	49
6.1.1	Unit pengadaan dan pengolahan air	50
6.1.2	Unit Pengadaan steam	56
6.2	Unit Pengadaan Listrik	57
6.2.1	Listrik Untuk Keperluan Proses dan Utilitas	57
6.2.2	Listrik untuk Penerangan	59
6.2.3	Listrik untuk AC	60
6.2.4	Listrik Untuk Laboratorium dan Instrumentasi	60
6.3	Unit Pengadaan Bahan Bakar	61
6.4	Unit Pengolahan Limbah	61
6.5	Laboratorium	63
6.6	Kesehatan dan Keselamatan Kerja	65
6.7	Alat – alat Utilitas	66
6.7.1	Bak Penampung sementara	66
6.7.2	Tangki Karbon Aktif	66
6.7.3	Tangki Air Sanitasi	66
6.7.4	Tangki Kation Exchanger	67
6.7.5	Tangki Anion Exchanger	67
6.7.6	Tangki Air Umpan Boiler	67
6.7.7	Tangki Air Pendingin 1	67
6.7.8	Tangki Air Pendingin 2	68
6.7.9	Cooling Tower	68
6.7.10	Deaerator	68
6.7.11	Boiler	69
6.7.12	Tangki Larutan N_2H_4	69
6.7.13	Tangki Kaporit	69

6.7.14	Tangki Larutan HCl	70
6.7.15	Tangki Larutan NaOH	70
6.7.16	Tangki Demineralizer	70
6.7.17	Pompa Utilitas 1	70
6.7.18	Pompa Utilitas 2	71
6.7.19	Pompa Utilitas 3	71
6.7.20	Pompa Utilitas 4	71
6.7.21	Pompa Utilitas 5	72
6.7.22	Pompa Utilitas 6	72
6.7.23	Pompa Utilitas 7	72
6.7.24	Pompa Utilitas 8	72
6.7.25	Pompa Utilitas 9	73
6.7.26	Pompa Utilitas 10	73
6.7.27	Pompa Utilitas 11	73
BAB VII ORGANISASI DAN TATA LETAK PABRIK		74
7.1	Bentuk Perusahaan	74
7.2	Struktur Organisasi	75
7.2.1	Pemegang Saham	77
7.2.2	Dewan Komisaris	77
7.2.3	Dewan Direksi	78
7.2.4	Staf Ahli	78
7.2.5	Kepala Bagian	79
7.2.6	Kepala Seksi	80
7.2.7	Karyawan	82
7.3	Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji	83
7.3.1	Sistem Kepegawaian	83
7.3.2	Sistem Gaji	84
7.3.4	Pembagian Jam Kerja Karyawan	88
7.4	Kesejahteraan Karyawan	90
7.5	Manajemen Perusahaan	92
7.5.1	Perencanaan Produksi	92
7.5.2	Pengendalian Produksi	93

7.6	<i>Lay Out</i> Pabrik dan Peralatan	94
7.6.1	<i>Lay Out</i> Pabrik	94
7.6.2	<i>Lay Out</i> Peralatan	95
BAB VIII ANALISA EKONOMI		99
8.1	Perhitungan Biaya :	102
8.1.1	Investasi Modal (<i>Capital Investment</i>).....	102
8.1.2	Biaya Produksi (<i>Manufacturing Cost</i>).....	102
8.1.3	Pengeluaran Umum (<i>General Expenses</i>).....	102
8.1.4	Analisis Kelayakan.	102
8.2	<i>Total Fixed Capital Investment</i>	104
8.3	<i>Manufacturing Cost</i>	105
8.4	<i>Working Capital</i>	106
8.5	<i>General Expenses</i>	107
8.6	Analisis Ekonomi	107
8.6.1	<i>Return On Investment (ROI)</i>	107
8.6.2	<i>Pay Out Time (POT)</i>	108
8.6.3	<i>Break Even Point (BEP)</i>	108
8.6.4	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	109
8.6.5	<i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	109
BAB IX KESIMPULAN		111
DAFTAR PUSTAKA.....		112
LAMPIRAN		115

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Grafik Data Impor Asam Format.....	4
Gambar 2. Peta Satelit Pemilihan Lokasi	9
Gambar 3. Peta Lokasi Jarak Dekat.....	9
Gambar 4. Diagram Alir Kualitatif.....	24
Gambar 5. Diagram Alir Kuantitatif.....	25
Gambar 6. Diagram Alir Distribusi air.....	50
Gambar 7. Struktur Organisasi Pabrik.....	82
Gambar 8. Layout Pabrik.....	98
Gambar 9. Grafik analisis BEP dan SDP	110

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data Impor Asam Format	3
Tabel 2. Kapasitas Produksi Pabrik Komersial	5
Tabel 3. Perbandingan Proses Pembuatan Asam Format	12
Tabel 4. Harga ΔH_f	18
Tabel 5. Hasil Percobaan Penentuan Konstanta Kecepatan Reaksi	20
Tabel 6. Neraca Massa Sekitar Mixer	27
Tabel 7. Neraca Massa Sekitar Reaktor	28
Tabel 8. Neraca Massa Sekitar Menara Destilasi	28
Tabel 9. Neraca Massa Sekitar Menara Destilasi II	29
Tabel 10. Neraca Massa Sekitar Mixer II	29
Tabel 11. Neraca Massa Sekitar Evaporator	29
Tabel 12. Konstanta Kapasitas Panas	30
Tabel 13. Neraca Panas Sekitar Mixer I	30
Tabel 14. Neraca Panas Sekitar Mixer II	31
Tabel 15. Neraca Panas Sekitar Reaktor	31
Tabel 16. Neraca Panas Sekitar Menara Destilasi I	31
Tabel 17. Neraca Panas Sekitar Menara Destilasi II	32
Tabel 18. Neraca Panas Sekitar Evaporator	32
Tabel 19. Kebutuhan air pendingin	52
Tabel 20. Kebutuhan Steam	53
Tabel 21. Jumlah Kebutuhan Air	56
Tabel 22. Kebutuhan Listrik Unit Proses	57
Tabel 23. Kebutuhan Listrik Unit Utilitas	58
Tabel 24. Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan	59
Tabel 25. Total Kebutuhan Listrik Pabrik	60
Tabel 26. Daftar karyawan	84
Tabel 27. Daftar Gaji Karyawan	87
Tabel 28. Jadwal Pembagian Kelompok Shift	90
Tabel 29. Luas Bangunan Pabrik	96
Tabel 30. Cost Index Chemical Plant	100

Tabel 31. Total Purchased Equipment Cost (PEC)	104
Tabel 32. Total Biaya Physical Plant Cost	104
Tabel 33. Total Fixed Capital Investment	105
Tabel 34. Biaya Produksi Langsung/ Direct Manufacturing Cost	105
Tabel 35. Biaya Produksi tak Langsung/ Indirect Manufacturing Cost	105
Tabel 36. Biaya Produksi Tetap/Fixed Manufacturing Cost	106
Tabel 37. Biaya Produksi Per Tahun/Manufacturing Cost.....	106
Tabel 38. Modal Kerja/Working Capital	106
Tabel 39. Pengeluaran Umum/General Expenses	107
Tabel 40. Biaya Total/Total Cost	107
Tabel 41. Fixed Cost (Fa).....	108
Tabel 42. Variable Cost (Va).....	108
Tabel 43. Regulated Cost (Ra)	109

INTISARI

Prarancangan pabrik asam format kapasitas 12.000 ton/tahun akan dibangun di Palembang, Sumatera Selatan dengan luas tanah 5867 m². Bahan baku berupa metil format diperoleh dari Lubon Industry Co.,Ltd, Jiangsu, Cina dan Air diperoleh dari air industry sriwidjaja, Palembang. Pabrik dirancang beroperasi secara kontinyu selama 330 hari 24 jam per hari.

Pembuatan asam format diawali dengan mereaksikan metil format dan air dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm dengan konversi 75%. Reaksi berlangsung secara endotermis, sehingga untuk mempertahankan suhu digunakan jaket pemanas pada reactor. Produk yang keluar dari reaktor kemudian dipanaskan pada heater untuk mendapatkan produk dengan suhu 100°C. asam format yang dihasilkan kemudian didinginkan pada suhu 30°C sebelum disimpan kedalam tangki penyimpanan.

Alat – alat utama yang digunakan dalam pabrik ini antara lain mixer, reaktor alir tangki berpengaduk (RATB), evaporator, dan heat exchanger. Unit utilitas sebagai pendukung proses menyediakan steam, listrik, bahan bakar, air, dan pengolahan air proses untuk kelancaran proses produksi. Steam saturated dihasilkan dari steam boiler. Steam yang dibutuhkan untuk proses sebesar 8541,2317 kg/jam, listrik 325,2701 kW dan air sebesar 10161,2000 kg/jam. Untuk pengawasan kualitas bahan baku dan produk dilakukan di unit laboratorium

Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas dengan sitem struktur organisasi line and staff. System kerja karyawan berdasarkan pembagian menurut jam kerja yaitu terdiri dari karyawan shift dan non shift dengan jumlah total sebanyak 184 orang.

Hasil evaluasi nilai menggunakan Fixed Capital Investment (FCI) pabrik ini adalah Rp.389.416.539.304,23, Working Capital (WC) Rp.204.118.674.434,99, Manufacturing Cost (MC) Rp.233.222.860.477,99 dan General Expense (GE) sebesar Rp.60.514.230.000,00. Analisis ekonomi menunjukkan nilai ROI sebelum pajak 36% dan nilai ROI setelah pajak sebesar 26,68%. POT sebelum pajak 2 tahun dan POT setelah pajak adalah 2,7 tahun. Nilai BEP adalah 41,69% dan nilai SDP sebesar 19%. Ditinjau dari segi teknis, pabrik ini memiliki resiko rendah karena beroperasi pada tekanan atmosfer dan suhu 80°C, selain itu bahan baku dan juga bahan samping tergolong pada produk yang tidak berbahaya. Sehingga ditinjau dari segi teknis dan ekonomi, pabrik asam format dari proses hidrolisis metil format dengan kapasitas 12.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Seiring dengan perkembangan teknologi dan kemajuan zaman, pembangunan di segala bidang haruslah diperhatikan. Pembangunan sektor ekonomi serta pengembangan bidang industri saat ini sedang giat berkembang, termasuk diantaranya adalah industri kimia, baik industri kimia yang menghasilkan bahan jadi (produk siap pakai) maupun produk antara (*intermediet*) untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut. Pembangunan dan pengembangan industri kimia dalam negeri dinilai sangat penting untuk mencukupi kebutuhan akan bahan kimia dalam negeri maupun kebutuhan luar negeri. Kebutuhan berbagai produk kimia saat ini mengalami peningkatan tiap tahunnya. Hal ini dipicu oleh makin banyaknya produk yang diperlukan manusia dalam kebutuhannya sehari – hari.

Salah satu produk yang perlu dipertimbangkan untuk dilakukan pengembangan adalah asam format (HCOOH). Asam format merupakan turunan pertama senyawa karboksilat, senyawa ini terdapat dalam tubuh semut merah sehingga biasa disebut asam semut. Asam format merupakan cairan tidak berwarna, mudah larut dalam air dan berbau tajam. Sifat khusus yang dimiliki asam format yaitu dapat mereduksi karena memiliki gugus aldehyd. Pada prarancangan pabrik kimia asam format sebelumnya yang dilakukan oleh Jayanti dan Susanti (2012) mempunyai kapasitas prarancangan 40.000 ton/tahun. Pada prarancangan pabrik asam format oleh Lestari (2019) dengan bahan baku metil format dan air mempunyai kapasitas 30.000 ton/tahun. Pada prarancangan pabrik kimia asam format oleh Pratiwi dan Agung (2018) mempunyai kapasitas rancangan 11.000 ton/tahun. Prarancangan pabrik asam format (HCOOH) juga pernah dilakukan oleh Pramulia (2016) dengan kapasitas 25.000 ton/tahun. Selama ini, kebutuhan asam format di dalam negeri di penuhi oleh PT Sintas KuramaPerdana yang berlokasi di Kawasan Industri Kujang Cikampek dengan kapasitas produksi 10.000 ton/tahun dan impor dari luar negeri.

Salah satu bahan baku dalam pembuatan asam format adalah metil format dan air. Asam format merupakan bahan *intermediet* pada industri kulit, industri karet, tekstil, farmasi, peternakan, kosmetik dan lain-lain. Asam format yang diminati konsumen dan laku dipasaran mempunyai kadar kemurnian 90% (berat). Banyaknya produksi karet alam di Indonesia mengakibatkan kebutuhan akan asam format yang cukup besar sebagai bahan koagulan untuk mengkoagulasi karet dari lateks. Di industri tekstil, asam format digunakan sebagai salah satu bahan campuran pengolahan zat warna. Kegunaan lain dari asam format adalah sebagai zat desinfektan pada industri farmasi, bahan pengatur pH pada proses pewarnaan pada industri tekstil, dan digunakan pada proses penyamakan kulit (Kirk and Othmer, 1994). Di Indonesia, asam format sebagian besar digunakan pada industri lateks, karena Indonesia tergolong produsen karet alam terbesar kedua dunia setelah Malaysia (Maulana, 2015). Pada industri lateks asam format digunakan untuk proses penggumpalan. Hasil dari penggumpalannya memiliki tingkat kekenyalan yang baik sekali. Proses penggumpalan dilaksanakan secara sederhana yaitu menambahkan asam format 1 – 2 % kedalam latek (<http://sintas94.co.id>). Selain itu, asam format digunakan pada industri tekstil, farmasi dan industri pakan ternak. Hasil samping dari pembuatan asam format dengan hidrolisis metil format akan dihasilkan metanol yang memiliki nilai jual tinggi.

Metanol merupakan salah satu senyawa alkohol yang banyak digunakan pada industri sebagai senyawa *intermediet*, yang menjadi bahan baku industri antara lain: industri asam asetat, *Methyl Tertier Buthyl Eter* (MTBE), *polyvinyl*, *polyester*, *rubber*, farmasi, *Dimethyl Ether* (DME), tekstil, resin sintesis, pengolahan *formaldehide* (Kirk and Othmer, 1994). Di Indonesia sendiri, 80% pembeli metanol (*technical grade*) adalah industri *formaldehide* yang menghasilkan *adhesives* untuk *plywood* dan industri *wood processing* lainnya (Indonesia, *Commercial Newsletter*, 2010).

Dilihat dari fungsi atau kegunaannya yang beragam serta banyaknya industri kimia yang membutuhkan, maka dapat disimpulkan kebutuhan akan asam format terus mengalami peningkatan. Pendirian pabrik asam format merupakan alternatif yang baik, hal ini didukung oleh fakta bahwa tahun 2016 Indonesia masih melakukan impor asam

format sebanyak 6.134,090 ton/tahun dan akan bertambah tiap tahunnya (Badan Pusat Statistik, 2016). Pendirian pabrik perlu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan kebutuhan luar negeri agar dapat meningkatkan devisa negara.

1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik

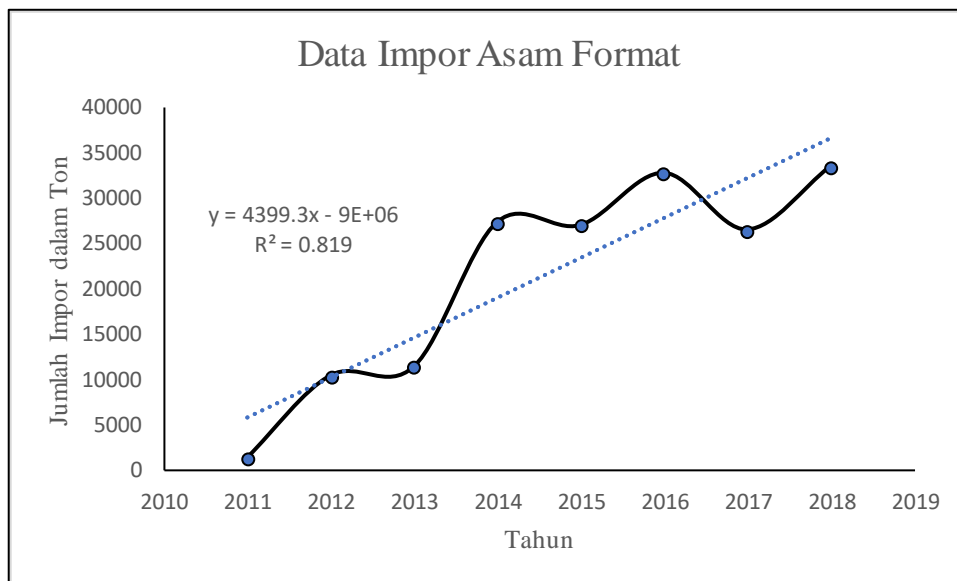
Dalam penentuan kapasitas prarancangan pabrik asam format (HCOOH) ini didasarkan pada beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan, yaitu :

1.2.1 Kebutuhan Asam Format

Kebutuhan asam format di negara Indonesia dan beberapa negara asia ditunjukkan pada tabel berikut :

Tahun	Kapasitas (Ton/tahun)
2011	1275.544
2012	10344.297
2013	11315.018
2014	27276.472
2015	26952.438
2016	32717.782
2017	26458.374
2018	33431.088

<http://data.un.org/comodity/import/formicacid.htm> (2020)



Gambar 1. Grafik Data Impor Asam Format

Berdasarkan data impor kebutuhan asam format, kapasitas pabrik dapat ditentukan menggunakan metode *discounted* yaitu :

$$F = P x (1 + i)^n$$

$$F = 33431.088(1+0,19)^5$$

$$F = 79778,4039 \text{ ton/tahun}$$

Keterangan :

F = nilai pada tahun ke n

P = besarnya data pada tahun sekarang (ton/tahun)

i = kenaikan data rata-rata

n = selisih tahun (tahun ke – n)

Metode *discounted* digunakan karena menghasilkan data yang relevan, dibandingkan dengan metode kurva linier maupun polynomial. Berdasarkan perhitungan kapasitas dengan metode *discounted*, peluang kapasitas produksi asam format pada tahun 2025 sebesar 79778,4039 ton/tahun. Pemilihan kapasitas perancangan pabrik diambil sebesar 12.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan asam format pada tahun 2025 di Indonesia.

1.2.2 Kapasitas Rancangan Asam Format Komersial

Untuk memproduksi asam format harus diperhitungkan juga kapasitas produksi komersial yang masih eksis hingga sekarang, sehingga besar kemungkinan prarancangan pabrik yang akan didirikan dapat memberikan keuntungan. Kapasitas produksi secara komersial yang telah ada ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kapasitas Produksi Pabrik Komersial

Industri	Kapasitas (Ton/tahun)	Lokasi	Metode yang digunakan
Nanjing Yeshun Industry & International Trading Co., Ltd	100.000	Jiangsu, China	Hidrolisis metil format
Wuhai Xinye Chemical Industry Co., Ltd	6.000	Wuhai, China	Hidrolisis metil format
Shandong Feichen Chemical	20.000	Feicheng, Cina	Hidrolisis metil format
BASF	180.000	Ludwigshafen, Jerman	Reaksi Hidrolisis <i>Formamide</i>
BASF – Yangzi	50.000	Nanjing, Cina	Hidrolisis metil format
Feicheng Acid Chemical	30.000	Feicheng, Cina	Hidrolisis metil format
Gujarat Narmada Valley	13.000	Bharuch, India	Hidrolisis metil format
Jinan Petrochemical	20.000	Jinan, Cina	Hidrolisis metil format
Kemira	80.000	Oulu, Finlandia	Oksidasi Hidrokarbon pada Fase Cair

Perstorp	40.000	Perstorp, Swedia	Oksidasi Hidrokarbon pada Fase Cair
PT. Sintas Kurama Perdana	10.000	Cikampek, Indonesia	Hidrolisis metil format
Samsung	20.000	Ulsan, Korea Selatan	Oksidasi Hidrokarbon pada Fase Cair

<http://icis.com/chemicalprofile/formicacid.htm> (2018)

Dengan beberapa pertimbangan diatas, maka akan didirikan pabrik asam format dengan proses hidrolisis kapasitas 12.000 ton/tahun dan diharapkan :

1. Dapat memberikan keuntungan karena kapasitas rancangan berada diatas kapasitas produksi minimal dunia.
2. Meningkatkan devisa negara karena mencakup pasar ekspor
3. Membuka peluang bagi industri lain di Indonesia untuk berdiri dan meningkatkan kapasitas produksi bagi pabrik yang berbahan baku asam format.
4. Mengurangi jumlah pengangguran dengan dibukanya lapangan pekerjaan baru.

1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku asam format adalah metil format dan air. Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku pada pabrik asam format dengan kapasitas 12.000 ton/tahun ini, makan metil format diperoleh dari Lubon Industry Co.,Ltd, Jiangu, Cina dengan kapasitas produksi 80.000 ton/tahun.

1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Letak geografis suatu pabrik sangatlah berpengaruh terhadap keberhasilan suatu perusahaan tersebut. Beberapa faktor yang dapat menjadi acuan dalam menentukan lokasi pendirian pabrik, diantaranya adalah penyediaan bahan baku, pemasaran

produk, transportasi dan tenaga kerja. Selain itu masih terdapat banyak pertimbangan lainnya. Dengan mempertimbangkan beberapa faktor tersebut maka, lokasi pendirian pabrik asam format yang akan beroperasi pada tahun 2025 dipilih di kawasan industri Palembang dengan pertimbangan :

1.3.1 Penyediaan bahan baku

Kriteria penilaian dititik beratkan pada kemudahan memperoleh bahan baku. Bahan baku utama dari pabrik asam format adalah metil format dan air. Metil format diperoleh dengan cara mengimpor dari Cina yaitu Lubon Industry Co.,Ltd, Jiangsu, Cina sedangkan air diperoleh dari air industri sriwidjaja setelah mengalami pengolahan.

1.3.2 Letak pabrik terhadap lokasi pemasaran

Lokasi pabrik di daerah Palembang sangat strategis untuk pemasaran produk karena Sumatera Selatan merupakan penghasil karet terbesar di Indonesia dengan luas area perkebunan tahun 2018 seluas 1.307.011 ha dengan produksi 1.053.272 ton per tahun merupakan salah satu aset bagi pemasaran pabrik ini (bisnis tempo.co). Salah satu konsumen dari asam format merupakan industri karet, dimana Sumatera memiliki beberapa industri karet antara lain : PT. Hok Tong, PT. Aneka Bumi Pratama, PT.Badja Baru, PT. Bilton Rubber Industry, PT. Bintang Agung Persada, PT. Bintang Gasing Persada, PT. Bumi Beliti Abadi, PT. Fajar Berseri, PT Felda Indo Rubber, PT Gadjah Ruku, PT. Hevea MK, PT. Kirana Musi Persada, PT. Kirana Pertama, PT. Remco, PT. Sunan Rubber, PT. Lingga Djaja, PT Kirana Windu dan lain-lain (gapkindo.org).

Industri tekstil: PT Sumatera Textile Works, PT Cakra Compact, PT Candratex, PT Gapersil, PT Mohams Textiel, PT Romastex Murni, PT Bebasari Supreme Textile.

Pabrik ini tidak hanya menghasilkan asam format saja tetapi jugamenghasilkan produk samping yang layak dijual yaitu metanol. Produk metanol ini akan dijual ke pabrik formaldehid yaitu PT Korindo Abadi, Kepulauan Riau.

1.3.3 Transportasi

Kawasan industri Palembang memiliki lokasi yang dekat dengan pelabuhan internasional Tanjung Api – Api, selain itu juga infrastruktur jalan raya yang memadai sehingga mempermudah sistem pengiriman bahan baku dan produk. Kawasan

Palembang dipilih karena dekat dengan pelabuhan internasional Tanjung Api-Api dan karena bahan baku yang diimpor dari China maka kawasan Palembang memiliki jarak yang lebih dekat daripada kawasan industri lainnya.

1.3.4 Tenaga kerja

Tersedianya tenaga kerja yang terampil mutlak diperlukan untuk menjalankan mesin-mesin produksi. Palembang merupakan kawasan industri yang sudah mapan, maka untuk mendapatkan tenaga kerja terampil, tenaga *engineer* dan buruh dari daerah sekitar industri cukup mudah.

1.3.5 Utilitas

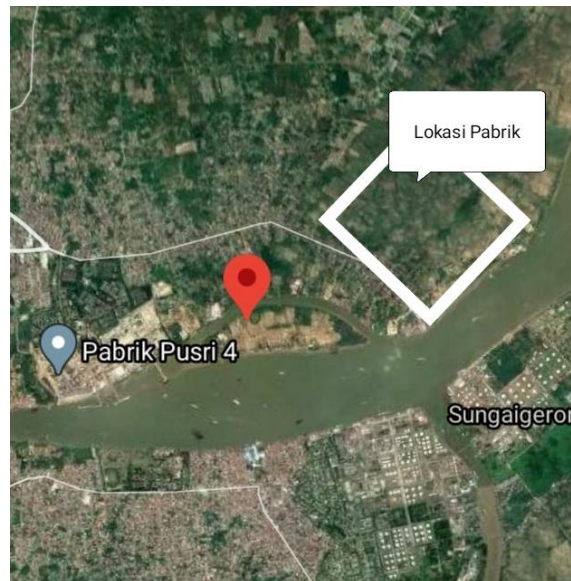
Utilitas yang diperlukan adalah listrik, air, udara tekan dan bahan bakar. Untuk penyediaan air dapat diperoleh dari sungai Musi. Sedangkan bahan bakar sebagai sumber energi dapat diperoleh dengan membeli dari Pertamina Sei Gerong, Plaju, Sumatera Selatan dan untuk listrik didapat dari PLN dan penyediaan generator sebagai cadangan.

1.3.6 Peraturan daerah

Mengacu pada otonomi daerah, kebijakan pemerintah daerah sangat mendukung pendirian pabrik yang nantinya akan menambah pendapatan daerah, karena pembangunan pabrik berada dikawasan industri sehingga akan lebih mudah dalam memperoleh perijinan.

1.3.7 Keadaan masyarakat

Masyarakat yang membutuhkan pekerjaan akan mendukung pendirian pabrik. Pendirian pabrik, akan membuka lapangan pekerjaan baru yang memberikan kesempatan pada masyarakat disekitar pabrik.



Gambar 2. Peta Satelit Pemilihan Lokasi

(Google Maps : Wilayah Sei Selincah/Sungai Lais, Kec. Kalidoni, Kota Palembang Sumatera Selatan 30161)



Gambar 3. Peta Lokasi Jarak Dekat

1.4 Proses yang dipilih

1.4.1 Oksidasi Hidrokarbon pada Fase Cair

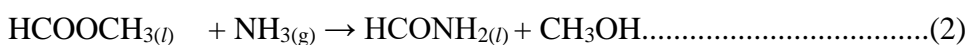
Pada proses ini asam format didapat dari hasil samping oksidasi *butane* atau *naphta* ringan pada pembuatan asam asetat. Reaksi yang terjadi adalah :



Butana segar, *recycle* butana dan udara diumpankan ke dalam reaktor yang dikondisikan pada suhu 180°C dan tekanan 50 atmosfer. Produk dari butana yang tidak bereaksi dipisahkan oleh separator gas-cair dan separator cair-cair. Pada separator gas-cair, fase atas yang kaya akan butena dikembalikan ke reaktor sedangkan gasnya dikondensasikan pada suhu -5°C sebelum dikirim ke absorber untuk diambil kandungan butananya. Pada separator cair-cair dipisahkan fase bawah yaitu asam asetat, air, metil etil keton, metil asetat, etil asetat, asetaldehid, dan asam format yang diumpankan ke kolom produk ringan. Hasil bawah kemudian dimasukkan ke kolom *solvent* untuk diambil aseton, metil asetat, etil asetat, dan metil etil keton. *Yield* dari asam format adalah sekitar 1 lb tiap 20 lb asam asetat yang dihasilkan. Kemurnian asam format yang diperoleh mencapai 99% (Mc Ketta, 1975).

1.4.2 Reaksi Hidrolisis *Formamide*

Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



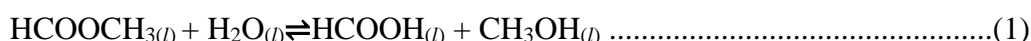
Karbonasi metanol dengan gas CO membentuk metil format pada temperatur 80°C dan tekanan 45 atm. Pada keadaan ini, ditambahkan katalis sodium (*sodium metoxide*) 2% berat kebutuhan metanolnya. Kemudian terjadi amolisis metil format dengan amonia membentuk formamide pada suhu 65°C dan tekanan 13 atm.

Hidrolisis *formamide* ditambah asam sulfat 68% - 74%. Reaksi ini berjalan pada reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Ammonium sulfat dan asam format keluar dari reaktor kemudian menuju kiln, dimana asam format diuapkan untuk selanjutnya masuk ke kolom destilasi. Ammonium sulfat sendiri kemudian di *blown down* lalu dikeringkan.

Yield asam format yang dihasilkan pada proses ini 93% terhadap formamide (Mc Ketta, 1975).

1.4.3 Hidrolisis Metil Format

Asam format diperoleh secara langsung dari proses hidrolisis metil format. Pada proses ini diperoleh hasil samping berupa metanol. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Reaksi berjalan pada temperatur 80°C dan tekanan 1 atm di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Output reaktor yang berupa asam format dan air dipompakan menuju Menara destilasi 1, sedangkan untuk methanol dan metil format dialirkan menuju mixer untuk dicampurkan dengan fresh feed. Hasil pemisahan dari Menara destilasi I dibedakan menjadi bottom produk dan top produk. Top produk Menara destilasi akan dipisahkan untuk mendapatkan H₂O yang lebih banyak, sedangkan bottom produk Menara destilasi I akan dialirkan ke evaporator untuk meningkatkan kemurniannya. Pada proses ini konversi reaksi yang diperoleh sebesar 90% (Ullmann, 2002).

1.4.4 Reaksi Sodium Format

Sodium format dihasilkan dari reaksi natrium hidroksida dengan karbon monoksida. Reaksi sodium format dengan asam sulfat diperoleh asam format dan garam sulfat sebagai hasil samping. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Pada tahap awal direaksikan antara natrium hidroksida dengan karbon monoksida pada suhu 180°C dan tekanan 1,5 – 1,8 Mpa membentuk sodium format. Sodium format yang terbentuk kemudian direaksikan dengan asam sulfat pada tekanan atmosferis dalam reaktor berpengaduk. Reaksi ini berlangsung pada suhu 35°C membentuk asam format dan garam. Yield asam format yang dihasilkan sekitar 90% – 95% terhadap CO (Ullmann, 2002).

Perbandingan pembuatan asam format dengan metode diatas, disajikan dalam tabel 8.

Tabel 3. Perbandingan Proses Pembuatan Asam Format

Jenis Proses	Oksidasi hidrokarbon	Hidrolisis <i>formamide</i>	Hidrolisis metil format	Reaksi sodium format
Kondisi operasi	Tekanan 50 atm, suhu 180°C	Tekanan 45 atm, suhu 80°C	Tekanan 2,5 atm, suhu 80°C	Tekanan 14,8 atm – 17,8 atm, suhu 180°C
Kemurnian hasil	Kemurnian 99%	Kemurnian 93%	Kemurnian 90%	Kemurnian 90% – 95%
Tahapan proses	Tahapan reaksi sederhana melalui satu kali reaksi dengan oksigen	Proses reaksi melalui 3 tahap, yaitu : 1. Pembentukan metil format (karbonasi metanol dan CO) 2. Tahap pembentukan formamide (reaksi metil format dan amonia) 3. Tahap pembentukan asam format (hidrolisis formamide)	Proses sederhana hanya melalui satu kali tahap reaksi yaitu metil format dengan air	Proses reaksi melalui dua tahap, yaitu : 1. Reaksi pembentukan sodium format. 2. Reaksi pembentukan asam format

Ada beberapa pertimbangan yang digunakan dalam menentukan proses yang dipakai antara lain :

- a. Merupakan proses yang komersial, dalam arti sering dipakai. Dalam hal ini diantara keempat proses yang ada yang paling sering dikembangkan secara komersial adalah proses hidrolisis metil format.
- b. Proses dapat menghasilkan produk dengan kemurnian 90% berat, dimana produk pada kisaran kemurnian 85-90% lebih diminati konsumen.
<https://indonesian.alibaba.com/product-detail/formic-acid-85-use-in-rubber-60251952098.html>
- c. Proses beroperasi pada tekanan rendah, sehingga dapat mengurangi biaya investasi dan mengurangi tingkat bahaya yang tinggi. Pada proses hidrolisis asam format diperlukan kondisi tekanan yang relatif lebih rendah sehingga investasi lebih rendah .
- d. Proses menggunakan sedikit tahapan reaksi, sehingga lebih sedikit peralatan yang diperlukan untuk reaksi. Dalam hal ini proses hidrolisa metil formiat yang memiliki tahapan reaksi paling sederhana dibanding proses lain.
- e. Pabrik yang telah menggunakan metode ini antara lain :
 1. Feicheng Acid Chemicals Co Ltd.
<https://sitemap.exporthub.com/products/f.html>
 2. Shanxi Yuanping Chemical (<http://www.chinachemnet.com/16537/>)

Maka berdasarkan pertimbangan diatas untuk pembuatan asam format dapat dipilih metode hidrolisis metil format.

1.5 Tinjauan Pustaka

1.5.1 Sifat fisis dan kimia bahan baku dan produk

1. Bahan baku

a. Metil format

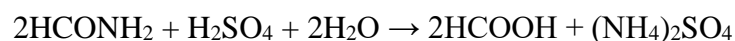
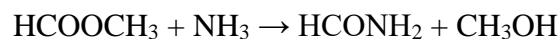
1) Sifat fisis

Rumus Molekul	: HCOOCH_3
Berat molekul	: 60,052 g/mol
Rapat massa	: 974 kg/m ³

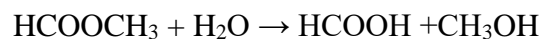
Fase	: cair (21 °C, 1 atm)
Titik didih normal	: 31,7 °C
Titik leleh	: -99 °C
Temperatur kritis	: 214,2°C
Tekanan kritis	: 56,1833 atm
Panas penguapan	: 34733 kJ/kmol
Kelarutan	: larut terbatas dalam air dan alkohol
Kemurnian	:
Metil format	: 97 %
Metanol	: 3 %
ΔH_f°	: -350,02 kJ/mol (25 °C)
ΔG°	: -297,393 kJ/mol (298 K)
(www.sciencelab.com/xmsds-methyl_alcohol-992722)	

2) Sifat kimia

- a) Dengan penambahan ammonia menghasilkan formamid, dan kemudian formamid dihidrolisis dengan asam sulfat menghasilkan asam formiat.



- b) Metil format dihidrolisis akan menghasilkan asam formiat dan metanol.



b. Air

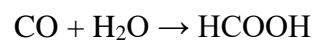
1) Sifat Fisis

Rumus Molekul	: H - O - H
Rumus kimia	: H ₂ O
Berat molekul	: 18,0153 g/mol
Densitas pada 20°C	: 0,99823 g/mL (cair, 20°C)
	: 0,92 g/mL (padatan)

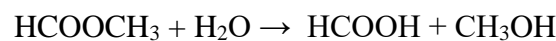
Titik lebur	: 0°C
Titik didih	: 100°C (101,3 kPa)
<i>Specific heat capacity</i>	: 4,184 J/g.K, pada 20°C
Panas jenis	: 0,9995 kal/g°C
Tekanan kritis	: 220,55 bar
Indek bias	: 1,333

2) Sifat Kimia

- a. Bereaksi dengan karbon monoksida membentuk asam formiat



- b. Bereaksi dengan metil formiat membentuk asam formiat dengan metanol



- c. Mudah larut pada zat cair, padat dan gas
d. Merupakan reagen penghidrolisa pada proses hidrolisa.

(Kirk Othmer, 1991)

2. Produk

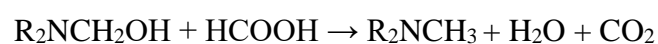
a. Asam Format

1) Sifat Fisis

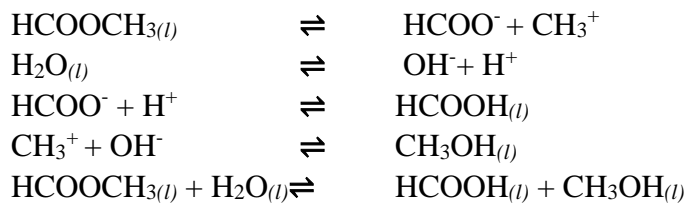
Rumus molekul	: HCOOH atau CH ₂ O ₂	
Berat Molekul	: 46,026 g/mol	
Titik Leleh	: 8,4°C	
Titik Didih	: 100,8°C	
Suhu Kritis	: 307,5°C	
Tekanan Kritis	: 217,6 atm	
Densitas	: 1,22647 g/ml	(Perry, 1997)

2) Sifat Kimia

- a. Mereduksi hidrosimetil amin menjadi senyawa amina



destilasi pertama yang berisi asam format dan sisa air kemudian dialirkan ke bagian pemurnian asam format. Dasar dari pemurnian ini adalah untuk mendapatkan asam format 90% berat dalam larutan. Reaksi yang terjadi antara metil format membentuk asam format dan metanol merupakan reaksi hidrolisis dengan reaksi kimia sebagai berikut :



(Mc. Ketta, 1975)

b. Fase Reaksi

Berdasarkan tinjauan termodinamika diperoleh nilai $\Delta H_R =$ positif sehingga reaksi berlangsung secara endotermis dan terjadi pada fase cair. Karena reaksi berlangsung pada fase cair, reaktor yang dipilih adalah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) (Ullmann, 2002).

c. Kondisi Operasi

Kondisi operasi pada proses pembuatan asam format dari metil format dan air dijalankan pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm. Pada kondisi ini fasenya cair sehingga mempermudah dalam mengendalikan reaksi yang berlangsung. Reaksi ini berjalan secara *reversible* (dapat balik) (Mc. Ketta, 1975). Agar reaksi berjalan ke arah produk maka setelah terbentuknya produk yang diinginkan harus dilakukan pengambilan segera produk yang terbentuk.

d. Tinjauan Termodinamika

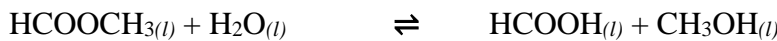
Untuk menentukan sifat reaksi (eksotermis/endotermis) dan arah reaksi (*reversible/irreversible*), maka perlu dilakukan perhitungan dengan menggunakan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada 1 atm dan 25°C dari reaktan dan produk.

Tabel 4. Harga ΔH_f

Komponen	ΔH_f° , kJ/mol
HCOOCH ₃	-353,598
CH ₃ OH	-200,940
H ₂ O	-241,954
HCOOH	-378,600

(Perry, 1997)

Pada proses pembentukan asam format terjadi reaksi sebagai berikut :



$$\Delta H_{R298K} = \sum \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ Reaktan}$$

$$\Delta H_{R298K} = ((\Delta H_f^\circ \text{HCOOH} + \Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{OH}) - (\Delta H_f^\circ \text{HCOOCH}_3 + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}))$$

$$\Delta H_{R298K} = (-378,600 \text{ kJ/mol} - 200,940 \text{ kJ/mol}) - (-353,598 \text{ kJ/mol} - 241,954 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta H_{R298K} = 16,012 \text{ kJ/mol}$$

Data yang diperoleh ΔH_{R298K} sebesar 16,3 kJ/mol, karena ΔH_{R298K} positif maka reaksi bersifat endotermis.

Nilai K pada 85°C (358K) adalah 0,22 (Mc. Ketta, 1975)

Sehingga nilai K pada suhu operasi 80°C (353K) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\ln \frac{K}{K'} = -\frac{\Delta H_{R298}}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T'} \right) \quad (\text{Smith, Van Ness dan Abbot, 2001})$$

$$\ln \frac{0,22}{K'} = -\frac{16,3 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}} \left(\frac{1}{358} - \frac{1}{353} \right) K$$

$$\ln \frac{0,22}{K'} = -\frac{16300 \frac{\text{J}}{\text{mol}}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}} \left(\frac{1}{358} - \frac{1}{353} \right) K$$

$$\ln \frac{0,22}{K'} = 0,07757$$

$$\ln 0,22 - \ln K' = 0,07757$$

$$\ln K' = \ln 0,22 - 0,07757$$

$$\ln K' = -1,51428 - 0,07757$$

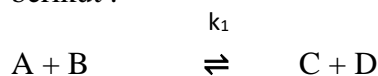
$$\ln K' = -1,59185$$

$$K' = 0,2035$$

$K_{353K} = 0,2035$, karena harga K kurang dari 1 maka reaksi diatas cenderung berjalan ke arah kiri. Oleh karena itu untuk menggeser kearah kanan (produk), maka produk yang telah terbentuk diambil.

e. Tinjauan Kinetika

Reaksi hidrolisis metil format menjadi asam format dan metanol, yang terjadi sebagai berikut :



Keterangan : k_2

A = metil format

B = Air

C = asam format

D = metanol

Dengan kondisi operasi 80°C dan tekanan 2,5 atm (Mc. Ketta, 1975), data kinetika didekati dari data percobaan sebagai berikut :

Kecepatan reaksi hidrolisis $-r_A = k.[A]$

Dimana $k = k_1.[B]^*$

Sehingga $-r_A = k.[A].[B]^*$

Keterangan :

k = konstanta kecepatan reaksi dari percobaan (1/s)

$[B]^*$ = konsentrasi air pada percobaan (Molar)

k_1 = konstanta kecepatan reaksi kearah kanan (1/s.Molar)

k_2 = konstanta kecepatan reaksi kearah kiri (1/s.Molar)

K = konstanta kesetimbangan reaksi pada 80°C

Data yang diperoleh :

$[B]^* = 32,920$ Molar

Tabel 5. Hasil Percobaan Penentuan Konstanta Kecepatan Reaksi

T(°C)	k'(1/s)
45,7	0,00233
54,7	0,0036

(Keusch, 2003)

Nilai k' pada suhu 80°C, dihitung dengan persamaan Arrhenius :

$$k = Ae^{-\frac{Ea}{RT}}$$

Atau dapat ditulis sebagai berikut :

$$Ea = -RT \ln\left(\frac{k}{A}\right)$$

$$1. \quad Ea = -RT \ln\left(\frac{k}{A}\right) \quad \text{untuk suhu } 45,7^{\circ}\text{C}$$

$$Ea = -8,314 \frac{\text{J}}{\text{K.mol}} \times 318,7 \text{ K} \times \ln\left(\frac{0,00233}{A}\right)$$

$$16062,01 = Ea - 2649,67 \ln A$$

$$2. \quad Ea = -RT \ln\left(\frac{k}{A}\right) \quad \text{untuk suhu } 54,7^{\circ}\text{C}$$

$$Ea = -8,314 \frac{\text{J}}{\text{K.mol}} \times 327,7 \text{ K} \times \ln\left(\frac{0,0036}{A}\right)$$

$$15330,26 = Ea - 2724,50 \ln A$$

Eliminasi persamaan 1 dan 2 :

$$16062,01 = Ea - 2649,67 \ln A \dots\dots\dots 1$$

$$15330,26 = Ea - 2724,50 \ln A \dots\dots\dots 2$$

$$731,75 = 74,83 \ln A$$

$$\ln A = 9,78$$

$$A = 17676,65$$

- $16062,01 = Ea - 2649,67 \ln A$
- $16062,01 = Ea - 2649,67 (9,78)$
- $16062,01 = Ea - 25913,77$
- $Ea = 41975,78 \text{ J/mol}$

sehingga dari persamaan Arrhenius diperoleh nilai k pada suhu 80°C sebagai berikut :

$$41975,78 \frac{\text{J}}{\text{mol}} = -8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \times 353\text{K} \ln \left(\frac{k}{17676,65} \right)$$

$$41975,78 = -2934,842 \ln k + 28702,75$$

$$13273,03 = -2934,842 \ln k$$

$$\ln k = -4,5225$$

$$k = 0,011/\text{s}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh $k = 0,011/\text{s}$

$$k = k_1 \cdot [\text{B}]^*$$

$$k_1 = k/[\text{B}]^*$$

$$k_1 = \frac{0,011}{32,290} = \frac{0,000341}{\text{s.Molar}} \text{ (kecepatan reaksi kearah kanan)}$$

$$K = k_1/k_2$$

$$k_2 = k_1/K = \frac{0,000341}{0,2035} = \frac{0,00168}{\text{s.Molar}}$$

sehingga kecepatan reaksi hidrolisis sebagai berikut :

$$-r_A = k_1 \cdot [\text{A}] \cdot [\text{B}] - k_2 \cdot [\text{C}] \cdot [\text{D}]$$

$$-r_A = 0,000341 \cdot [\text{A}] \cdot [\text{B}] - 0,00168 \cdot [\text{C}] \cdot [\text{D}]$$

Perhitungan kecepatan reaksi :

Basis perhitungan 1 mol A

Konversi : 75%, rasio mol reaktan 1:1

	A	+	B	\rightleftharpoons	C	+	D
Mula – mula	1		1		-		-
Reaksi	0,75		0,75		0,75		0,75
Setimbang	0,25		0,25		0,75		0,75

$$-r_A = 0,000341 \cdot [\text{A}] \cdot [\text{B}] - 0,00168 \cdot [\text{C}] \cdot [\text{D}]$$

$$-r_A = 0,000341 \times 0,25 \times 0,25 - 0,00168 \times 0,75 \times 0,75$$

$$-r_A = 0,000924 \text{ molar/s}$$

Nilai $-r_A$ yang positif menunjukkan reaksi berjalan ke arah kanan