

**LAPORAN TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK BUTIL ASETAT DARI BUTANOL
DAN ASAM ASETAT KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**



**Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Setia Budi**

**Oleh :
Noviana Sariana Sarana Miri
23170317D**


**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SETIA BUDI
2022**

**LEMBAR PERSETUJUAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK BUTIL ASETAT DARI BUTANOL
DAN ASAM ASETAT KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**


Oleh :
Noviana Sariana Sarana Miri
23170317D

Telah Disetujui Oleh Pembimbing
Pada Tanggal 1 Agustus 2022

Pembimbing I


Dr. Supriyono, ST., MT.
NIS. 01199508011049

Pembimbing II



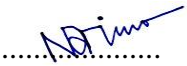


Dewi Astuti Herawati, ST., M.Eng.
NIS. 01199601032053

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia


Gregorius Prima Indra Budianto, ST., M.Eng
NIS. 01201407261183



**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK BUTIL ASETAT DARI BUTANOL
DAN ASAM ASETAT KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**

Oleh :
Noviana Sariana Sarana Miri
23170317D

Nama	Tanda Tangan
Penguji I : Dr. Supriyono, ST., MT.	
Penguji II : Dewi Astuti Herawati, ST., M.Eng.	
Penguji III : Dr. Narimo, S.T., M.M.	
Penguji IV : Gregorius Prima I. B, ST., M.Eng.	

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi



Dr. Suseno, M.Si
NIS. 01199408011044


Gregorius Prima Indra Budianto, ST., M.Eng.
NIS. 01201407261183

MOTTO

Tanpa perjuangan tak mungkin ada kemajuan

(Fredrick Douglas)

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal itu baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu padahal itu tidak baik bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui”

(Al-Baqarah: 216)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(Al-Baqarah: 286)

“Dan bersabarlah. Sesungguhnya Allah beserta orang-orang sabar.”

(Al-Anfaal: 46)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

Bapak dan Ibu tercinta yang selalu memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya

Kakak-kakak yang selalu memberikan bimbingan, motivasi dan pengorbanannya

Teman-teman yang selalu memberikan support dalam keadaan apapun

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpah rahmat dan karunia-Nya, sehingga tugas Prarancangan Pabrik Butil Asetat ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad S.A.W, sahabat serta para pengikutnya.

Penulisan laporan tugas Prarancangan Pabrik Butil Asetat ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Djoni Tarigan, MBA., selaku Rektor Universitas Setia Budi
2. Bapak Dr. Suseno, M.Si, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi.
3. Bapak Gregorius Prima Indra Budiando, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, Universitas Setia Budi.
4. Bapak Dr. Supriyono, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah mengarahkan dalam penyusunan tugas Prarancangan Pabrik Kimia ini.
5. Ibu Dewi Astuti Herawati, ST., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing II yang telah mengarahkan dalam penyusunan tugas Prarancangan Pabrik Kimia ini.
6. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi.
7. Teman-teman Teknik Kimia
8. Semua pihak yang tidak penulis sebutkan satu per satu, dalam membantu penyusunan laporan Tugas Prarancangan Pabrik Kimia ini dengan tulus dan ikhlas.

Penulis menyadari bahwa didalam penyusunan laporan tugas Prarancangan Pabrik Butil Asetat ini masih banyak terdapat kekurangan, sehingga mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan laporan ini. Akhir kata, semoga laporan tugas Prarancangan Pabrik Butil Asetat ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surakarta, Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
ABSTRAK	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Rancangan Pabrik	1
1.2.1 Data Impor	1
1.2.2 Kapasitas Pabrik yang Sudah Ada	3
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik	3
1.3.1 Faktor Primer	3
1.3.2 Faktor Sekunder	4
1.4 Proses yang Dipilih	5
1.5 Tinjauan Pustaka	7
1.5.1 Sifat fisis dan kimia bahan baku dan produk (Perry, Green, & Maloney, 1997):	7
1.5.2 Metode Pembentukan yang Dipilih	9
BAB II SPESIFIKASI BAHAN	12
2.1 Spesifikasi Bahan Dasar	12
2.2 Spesifikasi Bahan Pendukung	12
2.3 Spesifikasi Produk	12
BAB III DESKRIPSI PROSES	13
3.1 Proses Pembentukan	13
3.2 Diagram Alir Kualitatif	14
3.3 Diagram Alir Kuantitatif	15
3.2 Diagram Alir Proses	16
BAB IV NERACA MASSA DAN PANAS	17
4.1 Neraca Massa	17
4.2 Neraca Panas	20

BAB V	SPESIFIKASI ALAT PROSES	26
4.1	Tangki Penyimpanan Butanol (T-01)	26
4.2	Tangki Penyimpanan Asam Asetat (T-02)	26
4.3	Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (T-03)	27
4.4	Tangki Penyimpanan Butil Asetat (T-04)	27
4.5	Reaktor (R-01)	28
4.6	Menara Distilasi 1 (MD-01)	28
4.7	Menara Distilasi 2 (MD-02)	29
4.8	Condensor 1 (CD-01)	30
4.9	Accumulator 1 (ACC-01)	30
4.10	Reboiler 1 (RB-01)	31
4.11	Condensor 2 (CD-02)	31
4.12	Accumulator 2 (ACC-02)	32
4.13	Reboiler 2 (RB-02)	32
4.14	Dekanter (D-01)	33
4.15	Heater 1 (HE-01)	33
4.16	Heater 2 (HE-02)	33
4.17	Heater 3 (HE-03)	34
4.18	Cooler 1 (CL-01)	34
4.19	Cooler 2 (CL-02)	35
4.20	Cooler 3 (CL-03)	35
4.21	Cooler 4 (CL-04)	36
4.22	Pompa	36
BAB VI	SEKSI PENDUKUNG PROSES (UTILITAS)	44
6.1	Seksi Pendukung Proses (Utilitas)	44
6.1.1	Bagian Penyedia dan Pengolahan Air	44
6.1.2	Bagian Penyediaan Steam	46
6.1.3	Bagian Penyediaan Tenaga Listrik	47
6.1.4	Bagian Penyediaan Bahan Bakar	48
6.1.5	Bagian Penyediaan Udara Tekan	49
6.1.6	Bagian Pengolahan Limbah	49
6.2	Laboratorium	49
6.3	Kesehatan dan Keselamatan Kerja	50
BAB VII	ORGANISASI DAN TATA LETAK	61
7.1	Wujud Perusahaan	61
7.2	Struktur Organisasi	61
7.2.1	Pemegang Saham	61
7.2.2	Dewan Komisaris	62

7.2.3	Direktur	62
7.2.4	Staf Ahli dan Litbang.....	62
7.2.5	Kepala Bagian	62
7.2.6	Pegawai	63
7.3	Skema Karyawan dan Upah.....	64
7.3.1	Skema Karyawan	64
7.3.2	Skema Upah	64
7.3.3	Pengelompokan Jam Kerja Karyawan	66
7.4	Kesejahteraan Karyawan.....	67
7.5	Manajemen Produksi.....	68
7.5.1	Perencanaan Produksi	68
7.5.2	Pengontrolan Proses	69
7.6	Tata Letak (<i>Lay Out</i>) Pabrik	71
7.7	<i>Lay Out</i> Perangkat Produksi	72
BAB VIII EVALUASI EKONOMI.....		75
8.1	Kalkulasi Ongkos	76
8.2	<i>Fixed Capital Investment</i>	78
8.3	<i>Working Capital Investment</i>	78
8.4	<i>Manufacturing Cost</i>	79
8.5	<i>General Expense</i>	79
8.6	Analisis Ekonomi	79
8.6.1	<i>Return On Investment (ROI)</i>	79
8.6.2	<i>Pay Out Time (POT)</i>	80
8.6.3	<i>Break Even Point (BEP)</i>	80
8.6.4	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	81
BAB IX. KESIMPULAN		82
DAFTAR PUSTAKA.....		83
LAMPIRAN		84

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Impor Butil Asetat di Indonesia.....	2
Tabel 2. Data Pabrik Butil Asetat dan Kapasitas.....	3
Tabel 3. Perbandingan Proses.....	7
Tabel 4. Harga ΔH_f°	9
Tabel 5. Harga ΔG_f°	10
Tabel 6. Neraca Massa Reaktor (R-01).....	18
Tabel 7. Neraca Massa Distilasi 1 (MD-01).....	18
Tabel 8. Neraca Massa Distilasi 2 (MD-02).....	19
Tabel 9. Neraca Massa Dekanter (D-01).....	19
Tabel 10. Neraca Panas Reaktor (R-01).....	20
Tabel 11. Neraca Panas Distilasi 1 (MD-01).....	20
Tabel 12. Neraca Panas Distilasi 2 (MD-02).....	21
Tabel 13. Neraca Panas Heater 1 (HE-01).....	22
Tabel 14. Neraca Panas Heater 2 (HE-02).....	22
Tabel 15. Neraca Panas Heater 3 (HE-03).....	23
Tabel 16. Neraca Panas Cooler 1 (CL-01).....	23
Tabel 17. Neraca Panas Cooler 2 (CL-02).....	24
Tabel 18. Neraca Panas Cooler 3 (CL-03).....	24
Tabel 19. Neraca Panas Cooler 4 (CL-04).....	25
Tabel 20. Total air pendingin pada alat proses.....	44
Tabel 21. Alat proses yang membutuhkan <i>steam</i>	45
Tabel 22. Total Keperluan Listrik pada Proses Produksi.....	47
Tabel 23. Total Keperluan Listrik pada Proses Utilitas.....	48
Tabel 24. Upah Karyawan.....	65
Tabel 25. Jadwal. <i>Shift</i> Kerja.....	67
Tabel 26. Luas Bangunan Pabrik.....	71
Tabel 27. <i>Cost.Index.Chemical.Plant</i>	76
Tabel 28. <i>Fixed Capital Investment</i>	78
Tabel 29. <i>Working Capital Investment</i>	78
Tabel 30. <i>Manufacturing Cost</i>	79
Tabel 31. <i>General Expense</i>	79
Tabel 32. <i>Fixed Cost</i>	80
Tabel 33. <i>Variable Cost</i>	80
Tabel 34. <i>Regulated Cost</i>	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Grafik Impor Butil Asetat.....	2
Gambar 2. Daerah (Lokasi) Pendirian Pabrik	5
Gambar 3. Struktur Organisasi	70
Gambar 4. Lay Out Pabrik.....	72
Gambar 5. Grafik <i>Cost Index Chemical Plant</i>	76
Gambar 6. Grafik BEP dan SDP	81

ABSTRAK

Prarancangan pabrik butil asetat dengan kapasitas 100.000 ton/tahun didirikan untuk mengurangi impor butil asetat sehingga menekan devisa negara serta dapat menyediakan lapangan pekerjaan baru. Butil asetat merupakan senyawa yang dihasilkan dari proses esterifikasi butanol dan asam asetat dengan bantuan katalis asam sulfat. Reaktor yang digunakan yaitu reaktor alir tangki berpegaduk (RATB) pada kondisi operasi 100°C dan 1 atm.

Pabrik membutuhkan bahan baku asam asetat sebanyak 6820,66 kg/jam, butanol sebanyak 8489,45 kg/jam dan asam sulfat 61,33 kg/jam. Utilitas pendukung proses meliputi penyediaan air sebanyak 14878,91 kg/jam. Kebutuhan steam sebanyak 1667,19 kg/jam, air pendingin sebanyak 10938,60 kg/jam, bahan bakar sebanyak 0,16 m³/jam, dan listrik sebanyak 400 kW yang diperoleh dari PLN. Pabrik ini akan didirikan di Kecamatan Bungah, Gresik dengan luas tanah 20780 m² dan jumlah karyawan 265 orang.

Hasil analisis ekonomi menunjukkan pabrik ini mendapatkan keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 114.958.428.000,00 dan sesudah pajak sebesar Rp 86.218.821.000,00. Return Of Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 34,57 % dan ROI sesudah pajak sebesar 25,92 %. Pay Out Time (POT) sebelum pajak sebesar 2,2 tahun dan POT sesudah pajak sebesar 2,7 tahun. Break Event Point (BEP) 41,26%, Shut Down Point (SDP) 24,22% dan DCFR 34%. Pabrik ini beresiko rendah karena proses produksi berjalan pada kondisi operasi yang rendah, serta bahan baku yang digunakan tidak berbahaya dan tidak mudah meledak. Berdasarkan hasil ini dapat disimpulkan bahwa pabrik butil asetat dari butanol dan asam asetat dengan kapasitas 100.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

Kata Kunci: Butil Asetat, Esterifikasi, Butanol, Asam Asetat, Asam Sulfat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan bertambahnya beberapa industri menandakan Indonesia mempunyai perkembangan industri yang cukup bagus dan signifikan. Dengan demikian diinginkan tidak lagi ketergantungan terhadap produk – produk impor sehingga dapat menekan devisa negara dan dapat meningkatkan kesejahteraan rakyat dengan menciptakan lapangan pekerjaan. Industri kimia adalah salah satu industri dengan perkembangan pesat.

Butil asetat adalah suatu bahan kimia yang banyak dibutuhkan di berbagai industri. Butil asetat biasanya digunakan sebagai bahan baku dan bahan pendukung pada suatu industri. Secara komersial butil asetat dikenal dalam bentuk cairan tidak berwarna yang mempunyai rumus molekul $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$. Memiliki kegunaan yang cukup banyak salah satunya sebagai pelarut untuk ekstraksi pada industri farmasi, tekstil, plastik, sebagai bahan pembentukan flavor untuk industri makanan, sebagai bahan pada industri parfum (Mc Ketta, 1977). Selain itu sebagai bahan membuat polimer asilat, resin vinil, nitroselulosa, sebagai bahan lapisan pelindung permukaan dalam industri mobil.

Diperkirakan kebutuhan butil asetat semakin meningkat selaras dengan berbagai industri yang membutuhkan, terutama industri tekstil, plastik, farmasi, parfum, cat dan sebagainya. Sehingga adanya perencanaan pabrik butil asetat di Indonesia sangat tepat dan diharapkan dapat mengurangi impor negara serta menyediakan lapangan pekerjaan baru.

1.2 Kapasitas Rancangan Pabrik

Kapasitas produksi butil asetat memperhatikan berbagai hal sebagai berikut:

1.2.1 Data Impor

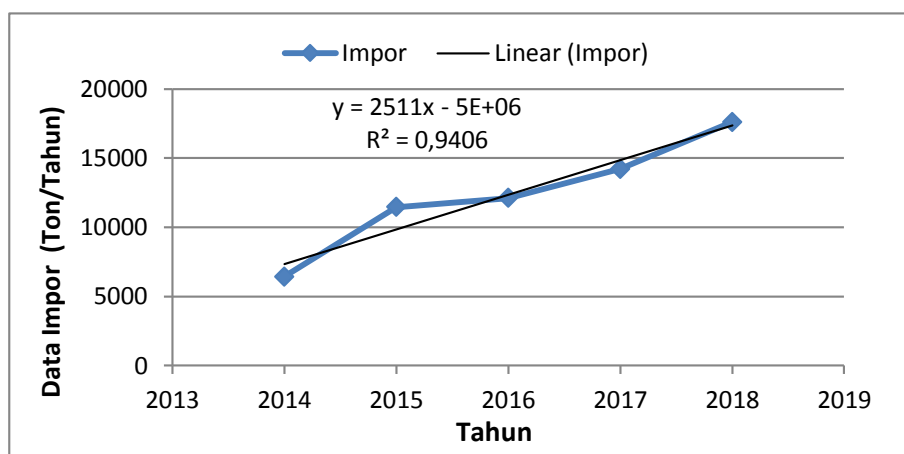
Kebutuhan impor butil asetat yang bersumber dari BPS (Badan Pusat Statistik) menunjukkan peningkatan setiap tahunnya.

Tabel 1. Data Impor Butil Asetat di Indonesia

Tahun	Kapasitas (Ton)
2014	6423
2015	11455
2016	12098
2017	14203
2018	17604

(BPS, 2021)

Data yang diperoleh dibuat grafik dengan regresi linier untuk menentukan tren kenaikan impor butil asetat serta mengetahui perkiraan impor butil asetat pada tahun 2026.



Gambar 1. Grafik Impor Butil Asetat

Pabrik butil asetat direncanakan beroperasi pada tahun 2026. Pada gambar 1, dihasilkan sebuah persamaan untuk memperkirakan konsumsi impor butil asetat pada tahun 2026 yaitu sebagai berikut:

$$y = 2511x - 5E+06$$

$$y = 2511(2026) - 5E+06$$

$$y = 87.286 \text{ ton}$$

dengan:

$$y = \text{data impor butil asetat}$$

$$x = \text{tahun kebutuhan butil asetat}$$

Dari perhitungan persamaan diatas kebutuhan impor butil asetat pada tahun 2026 sebesar 87.286 ton/tahun.

1.2.2 Kapasitas Pabrik yang Sudah Ada

Tabel 2. Data Pabrik Butil Asetat dan Kapasitas

Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)	Sumber
Wuxi Baichuan Chemical Industrial (China).	150.000	www.bcchem.com
Jiangmen Handsome Chemical (China)	120.000	www.handsomechemical.com
Sipchem Chemicals Company (Arab Saudi)	100.000	www.sipchem.com
BASF (Germany)	90.000	www.basf.com
Adokim Chemical Company (Turkey)	60.000	www.adokim.com
Celanese (Germany)	40.000	www.celanese.com .

Perolehan data yang didapat berasal dari pabrik produsen butil asetat di wilayah Eropa dan Asia. Sementara di Indonesia (kapasitas produksi) mencapai 20.000 ton/tahun berasal dari PT. Mega Prima Solvindo, Jawa Barat. Asumsi adanya pertumbuhan pabrik produsen baru di dalam negeri berbanding lurus dengan kebutuhan butil asetat. Maka direncanakan untuk didirikannya pabrik butil asetat di Indonesia dengan kapasitas 100.000 ton/tahun.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Letak suatu pabrik sangatlah berpengaruh pada kemajuan dan keberhasilan pabrik. Penentuan lokasi yang tepat mendorong kemajuan pabrik yang akan berdampak pada keuntungan yang besar, maka dapat memperluas pabrik untuk peningkatan kapasitas.

Pabrik butil asetat ini direncanakan berlokasi di Gresik, Jawa Timur. Adapun beberapa pertimbangan antara lain:

1.3.1 Faktor Primer

a. Lokasi sumber bahan baku

Ketersediaan bahan baku menjadi variabel penting yang perlu diperhatikan. Bahan baku berupa butanol hasil produksi PT. Petro Oxo Nusantara yang terletak di Gresik, bahan baku asam asetat hasil produksi PT. Indo Acidatama yang terletak di Karanganyar, dan katalis asam, sulfat hasil produksi PT. Petrokimia yang terletak di Gresik.

b. Pemasaran produk

Pabrik butil asetat ditujukan terutama untuk mencukupi kebutuhan dalam negeri dan diekspor. Industri yang

membutuhkan butil asetat di dalam negeri cukup banyak di wilayah sekitar gresik maupun luar gresik.

c. Tenaga kerja

Tersedianya tenaga kerja yang berkualitas dan berpotensi sangat diperlukan dalam menjalankan mesin – mesin produksi dari tenaga ahli sampai pekerja buruh. Banyaknya tenaga kerja yang tersedia terutama di daerah Gresik maupun daerah lain.

d. Transportasi

Terdapatnya sarana dan prasarana transportasi (darat dan laut) yang dekat dengan lokasi pabrik, sehingga distribusi bahan baku maupun produk cukup baik.

e. Utilitas

Penyediaan pendukung proses seperti air bahan bakar dan listrik sangatlah penting untuk mendukung proses produksi. Pasokan air didapat dari sungai bengawan solo, listrik dipenuhi dari PLN, dan kebutuhan bahan bakar dari Pertamina.

1.3.2 Faktor Sekunder

a. Karakteristik lokasi

Dalam hal ini yaitu musim hujan dan musim kemarau yang memiliki fluktuasi yang relatif kecil, relatif kecil untuk terjadinya bencana alam seperti longsor, banjir.

b. Kebijakan pemerintah

Dalam hal ini perda – perda setempat yang mengatur suatu industri. Pendirian pabrik berada di sekitar wilayah kawasan industri maka perijinan dari daerah setempat lebih mudah.

c. Kemasyarakatan

Pendirian pabrik dapat membantu kesejahteraan masyarakat dengan membuka lapangan pekerjaan sehingga dapat dijadikan sebagai mata pencaharian serta penerimaan industri baru oleh masyarakat akan lebih mudah.



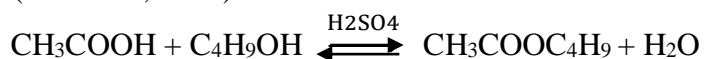
Gambar 2. Daerah (Lokasi) Pendirian Pabrik

1.4 Proses yang Dipilih

Pada pembuatan/butil asetat dapat terbagi menjadi tiga proses yaitu:

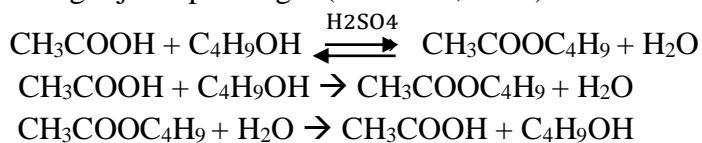
a. Proses *Batch*

Pada proses pembuatan butil asetat secara batch, semua bahan yaitu butanol, asam asetat, serta katalis asam diumpungkan ke dalam reaktor dengan jumlah tertentu. Kemudian campuran tersebut dipanaskan menggunakan steam selama beberapa jam sampai kondisi refluk total dan suhu menjadi konstan yaitu suhu 89°C dengan tekanan 1 atm. Setelah kondisi tercapai, dilakukan pemisahan menjadi 2 lapisan di dekanter. Lapisan air kemudian dilakukan proses striping untuk mengambil butanol yang tersisa untuk dikembalikan kembali ke dalam reaktor, sedangkan lapisan ester direfluk ke kolom distilasi. Proses distilasi dihentikan jika suhu destilat naik dan tidak ada lagi air yang terbentuk, menunjukkan bahwa proses esterifikasi telah selesai. Selanjutnya sisa reaktan yang tidak bereaksi dikembalikan ke reaktor (Mc Ketta, 1977).



b. Proses Kontinyu

Pada proses pembuatan butil asetat secara kontinyu dilakukan secara terus-menerus. Semua bahan yaitu butanol, asam asetat, dan katalis asam diumpungkan ke dalam reactor dengan jumlah tertentu. Kemudian campuran tersebut dipanaskan menggunakan steam dengan suhu konstan 100°C tekanan 1 atm. Sebelum masuk reaktor, reaktan dipanaskan terlebih dahulu sampai pada suhu yang diinginkan. Proses esterifikasi ini merupakan reaksi eksotermis, maka diperlukan jaket pendingin jaket pendingin (Mc Ketta, 1977).



Agar reaksi kedua (reaksi butil asetat dan air terurai menjadi asam asetat dan butanol) tidak berlangsung, maka perbandingan reaktan dan katalis serta kondisi operasi harus tepat. Saat reaksi berjalan di reaktor diusahakan air menguap, alternatif lain adalah menguapkan air pada proses distilasi dan mengembalikan materi yang tidak menguap ke reaktor (*recycle*). Setelah reaksi selesai, produk yang dihasilkan yaitu $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$, H_2O dan sisa reaktan CH_3COOH , $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ serta katalis H_2SO_4 . Misalkan air bisa teruapkan sebagian di reaktor, maka yang keluar dari reaktor adalah $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$, CH_3COOH , $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$, H_2SO_4 dan sedikit H_2O . Kemudian dilakukan distilasi, sebagai hasil atas adalah CH_3COOH , $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$, H_2O dan $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$. Sedangkan hasil bawah adalah $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$, CH_3COOH , dan H_2SO_4 . Kemudian dilakukan pengendapan dan diambil produknya.

c. Proses *Reactive Distillation*

Pada proses ini terdapat 2 fungsi sekaligus yaitu merreaksikan dan memisahkan. Reaksi pembentukan terjadi pada bagian *reactive section*. Butil Asetat yang terbentuk naik kekeski *nonreactive stripping*. Butil asetat ini kemudian masuk dekanter kemudian hasil bawah dekanter dimurnikan kembali di kolom *stripping*. Parameter operasional pada proses *reactive distillation* yaitu suhu 150 - 200°C, tekanan 1 – 80 atm, dan didapatkan konversi 99% (US Patent 085002A1).

Tabel 3. Perbandingan Proses

Parameter	Proses		
	<i>Batch</i>	Kontinyu	<i>Reactive Distillation</i>
Konversi	75 – 80%	85%	98 – 99%
Tekanan	1 atm	1 atm	1 – 80 atm
Suhu Operasi	89°C	100°C	150 – 200°C
Reaktor	RTB	RATB	Reaktif Distilasi
Biaya Operasi	Kecil	Sedang	Besar

Berdasarkan uraian proses pembuatan butil asetat, dipilih proses kontinyu karena konversi cukup tinggi dengan penggunaan kondisi operasi sedang.

1.5 Tinjauan Pustaka

1.5.1 Sifat fisis dan kimia bahan baku dan produk (Perry, Green, & Maloney, 1997):

a. Asam asetat

Rumus kimia : CH_3COOH

Massa molar : 60,05 g/mol

Warna : Bening

Bentuk : Cair

Densitas : 1,049 g/cm³

Specific gravity : 1,049

Titik didih : 118°C

Titik lebur : 16,7°C

Kelarutan dalam air : terlarut

- Mudah terbakar, korosif
- Pembentukan keton melalui asam asetat
 $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_3\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
- Reaksi klorinasi
 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{ClCOOH}$
- Pembentukan garam dengan reaksi asam basa
 $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_2\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$
- Reaksi elektrolisis menghasilkan etana dan etena
 $2\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 + \text{CO}_2 + \text{C}_2\text{H}_4$

b. Butanol

Rumus kimia : C_4H_9OH

Massa molar : 74,12 g/mol

Warna : Bening

Bentuk : Cair

Densitas : 0,810 g/cm³

Specific gravity : 0,810

Titik didih : 117°C

Titik lebur : -79,9°C

Kelarutan dalam air : 1,7% wt

- Mudah terbakar
- Butanol bereaksi dengan Natrium hidrogen menghasilkan hidrogen halide. $C_4H_9OH + NaOH \rightarrow C_4H_9OI + H_2$
- Butanol bereaksi dengan asam asetat menghasilkan butil asetat dan air
 $C_4H_9OH + CH_3COOH \rightarrow C_6H_{12}O_2 + H_2O$

c. Asam sulfat

Rumus kimia : H_2SO_4

Massa molar : 98,08 g/mol

Warna : Bening

Bentuk : Cair

Densitas : 1,834 g/cm³

Specific gravity : 1,834

Titik didih : 340°C

Titik lebur : 10,29°C

Kelarutan dalam air : terlarut

- Mudah terbakar, korosif
- Penyerap air yang baik (hydrating agent)
- Pada suhu tinggi dapat mengdehidrasi alkohol

d. Butil Asetat

Rumus kimia : $CH_3COOC_4H_9$

Massa molar : 116,16 g/mol

Warna : Bening

Bentuk : Cair

Densitas : 0,882 g/cm³

Specific gravity : 0,882

Titik didih : 125°C

Titik lebur : -76,3°C

Kelarutan dalam air : 0,7% wt

- Reaksi hidrolisa menghasilkan butanol dan asam asetat
 $\text{CH}_2\text{COOC}_4\text{H}_9 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_9\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH}$
- Reaksi penyabunan membentuk natrium asetat dan butanol
 $\text{CH}_2\text{COOC}_4\text{H}_9 + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_2\text{COONa} + \text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$
- Hidrogenasi katalitik menghasilkan sepasang alkohol
 $\text{CH}_2\text{COOC}_4\text{H}_9 + \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$
- Reaksi dengan amonia menghasilkan acetalamine dan butane
 $\text{CH}_2\text{COOC}_4\text{H}_9 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_2\text{COONH}_2 + \text{C}_4\text{H}_{10}$

1.5.2 Metode Pembentukan yang Dipilih

a. Dasar reaksi

Proses pembentukan butil asetat yang berasal dari bahan baku $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ (butanol) dan CH_3COOH (asam asetat) dengan estefikasi reaksinya:



Dilakukan penambahan katalis yang bertujuan agar reaksi berjalan cepat sehingga perolehan produk dalam waktu singkat sesuai yang diharapkan. Katalis yang digunakan adalah asam sulfat dengan kelebihan yaitu efisiensi, ekonomis, namun apabila penggunaan pada suhu tinggi maka dapat mengdehidrasi alkohol. Dipilih RATB (Reaktor Alir Tangki Berpengaduk) dengan bahan *stainless steel* dengan tujuan mencegah timbulnya korosi.

b. Kondisi operasi

Pembuatan butil asetat dengan proses kontinyu dari butanol, asam asetat dan katalis asam sulfat pada kondisi operasi suhu 100°C tekanan 1 atm fase tunggal (cair – cair). Proses pembentukan secara kontinyu dilakukan secara terus-menerus. Konversi pembentukan butil asetat sebesar 80%.

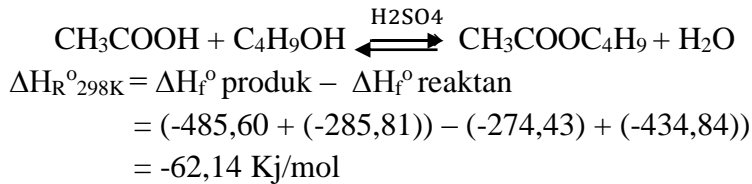
c. Termodinamika

Sifat reaksi dapat diketahui melalui panas pembentukan standar (ΔH_f°) 25°C (reaktan dan produk).

Tabel 4. Harga ΔH_f°

Komposisi	ΔH_f° (Kj/mol)
CH_3COOH	-274,43
$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	-434,84
$\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$	-485,60
H_2O	-285,81

(Yaws, 1999)



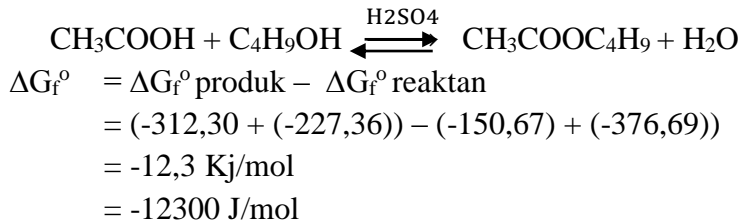
Dari perhitungan yang didapat $\Delta H_{\text{R}}^{\circ 298\text{K}}$ bernilai negatif, maka sifat reaksi yaitu eksotermis.

Reaksi esterifikasi berjalan menggunakan katalis dan reaksinya *reversible* (bolak – balik). Adapun pengendalian agar reaksi berjalan ke kanan mengarah produk dengan melebihkan salah satu konsentrasi reaktan yaitu butanol. Selain itu dengan menghilangkan produk air dari hasil reaksi. Harga $\Delta G_{\text{f}}^{\circ}$ untuk masing – masing komponen (suhu 298K) sebagai berikut:

Tabel 5. Harga $\Delta G_{\text{f}}^{\circ}$

Komposisi	$\Delta G_{\text{f}}^{\circ}$ (Kj/mol)
CH ₃ COOH	-150,67
C ₄ H ₉ OH	-376,69
CH ₃ COOC ₄ H ₉	-312,30
H ₂ O	-227,36

(Yaws, 1999)



$$\Delta G_{\text{f}}^{\circ} = -RT \ln K_{298\text{K}}$$

$$-12300 \text{ J/mol} = - 8,314 \text{ J/mol} \times 373 \text{ K} \times \ln K_{298\text{K}}$$

$$\ln K = \frac{-12300 \text{ J/mol}}{-8,314 \frac{\text{J}}{\text{Kmol}} \times 373 \text{ K}}$$

$$\ln K = 3,966$$

$$K = 52,77$$

Nilai konstanta kesetimbangan pada 100°C dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Smith, Ness, Abbott, & Swihart, 2017):

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

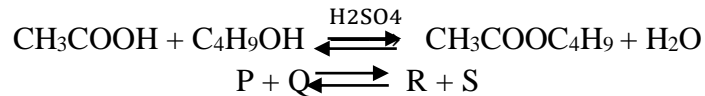
$$\ln \frac{K_2}{52,77} = - \frac{-62140 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/Kmol}} \times \left(\frac{1}{373\text{K}} - \frac{1}{298\text{K}} \right)$$

$$K_2 = 0,34$$

Pada reaksi eksotermis *reversible*, bila suhu dinaikkan ($T_2 > T_1$) maka nilai K ($K_2 < K_1$).

d. Tinjauan Kinetika

Reaksi pembentukan butil asetat dengan suhu tetap yaitu 100°C tekanan 1 atm. Merupakan reaksi orde dua dengan waktu 50 menit reaksi (European Patent 0521488A2).



$$-r_P = -\frac{dC_P}{dt} = C_{P0} \frac{dX_P}{dt}$$

$$= k_1 C_P C_Q - k_2 C_Q C_Q$$

$$= k_1 (C_{P0}(1 - X_P))(C_{Q0} - C_{P0}X_P) - k_2 (C_{P0}X_P)^2$$

Pada keseimbangan, $-r_P = 0$, persamaan di atas bisa di tentukan konversi kondisi kesetimbangan.

$$K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{C_{P0}^2 X_P^2}{k_1 C_{P0}^2 (1 - X_P)^2 - k_2 (C_{P0} X_P)^2} = \frac{X_{Pe}^2}{(1 - X_{Pe})^2}$$

$$\ln \left[\frac{X_{Pe} - (2X_{Pe} - 1)X_P}{X_{Pe} - X_P} \right] = 2k_1 \left(\frac{1}{X_{Pe}} - 1 \right) C_{P0} t$$

Harga kecepatan reaksi diperoleh dari jurnal IEC (Industrial Engineering and Chemistry), vol 37, no 10 Tahun 1945, halaman 974.

$$k_1 = (0,000618 - 0,376724C + 0,180917C \left(\frac{B}{A}\right)) \left(\frac{10^{(9,140142 - \frac{3320,0564}{T})}}{1,745} \right)$$

Didapat $k_1 = 2,17 \times 10^{-3}$

Keterangan:

k_1 = kecepatan reaksi (*forward*)

k_2 = kecepatan reaksi (*reverse*)

K = konstanta kesetimbangan reaksi

C = asam sulfat (%berat)

B = butanol (mol)

A = asam asetat (mol)

T = suhu (K)