

**LAPORAN SKIRPSI
PRARANCANGAN PABRIK BUTIL ASETAT DARI BUTANOL
DAN ASAM ASETAT KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN**



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

**Oleh :
Gravellia Papuana L.M.Kalilago
23170314D**

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

LAPORAN TUGAS AKHIR

PRARANCANGAN PABRIK BUTIL ASETAT DARI BUTANOL DAN ASAM ASETAT KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN

Oleh :

Gravellia Papuana L.M.Kalilago
23170314D

Telah Disetujui Oleh Pembimbing
Pada Tanggal 10 Oktober 2022

Pembimbing I



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

Pembimbing II



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

Mengetahui,

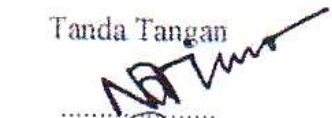
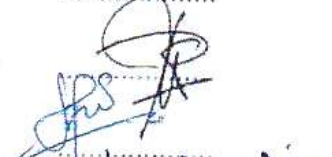
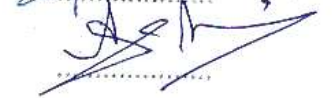
Ketua Program Studi Teknik Kimia



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

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK BUTIL ASETAT DARI BUTANOL DAN ASAM
ASETAT KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN

Oleh :

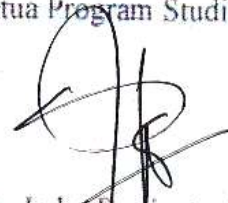
Nama	Tanda Tangan
Penguji I : Dr. Narimo, S.T.,MM	
Penguji II : G. Prima Indra Budianto, ST.,M.Eng.	
Penguji III : Dr. Supriyono, ST., MT.	
Penguji IV : Dewi Astuti Herawati, ST., M.Eng.	

Mengetahui,



Dr. Saseno, M.Si
NIS. 01199408011044

Ketua Program Studi



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

MOTTO

“janganlah takut, sebab Aku menyertai engkau, janganlah bimbang, sebab Aku ini Allahmu; Aku akan meneguhkan, bahkan menolong engkau; Aku akan memegang engkau dengan tangan kanan-Ku yang membawa kemenangan (Yesaya 41 :10)”

“Apa saja yang kamu doakan, percayalah hal itu tidak akan pernah kembali dengan sia-sia.”

♥ PERSEMBAHAN ♥

1. Puji syukur ku persembahkan pada Tuhan, atas berkat dan rahmatNya detak jantung, denyut nadi, nafas dan putaran roda kehidupan yang telah diberikan-Nya hinga saat ini.
2. Almarhumah mama terkasih. Ma, we did it!
3. Papa terkasih yang selalu mendoakan,memberikan semangat, motivasi terlebih memberikan anggaran dalam masa perkuliahan.
4. Adikku tercinta, Julio dan Wilma yang memberikan dukungan, semangat dan selalu mengisi hari-hariku dengan canda tawa dan kasih sayangnya.
5. Ibu ku tersayang yang senantiasa menyemangati dan mendoakan ku.
6. Dosen-dosen Fakultas Teknik yang telah memberikan banyak pelajaran, ilmu, pengalaman, dan kesediaan waktu untuk membimbing saya hingga lulus.
7. Saudara-saudara dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga TA ini dapat terselesaikan sesuai dengan keinginan.
8. Almamaterku.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa 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 Butil Asetat Dari Butanol dan Asam Asetat Kapasitas 125.000 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. Dr. Djoni Tarigan, MBA., selaku Rektor Universitas Setia Budi Surakarta.
2. Drs. Suseno, M.Si, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta
3. Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta.
4. Dr. Supriyono, ST., MT. selaku pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan dan nasehat hingga selesainya tugas akhir ini.
5. Ir. Dewi Astuti H, ST., M.Eng., selaku pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan nasehat hingga selesainya tugas akhir ini.
6. Dr. Narimo, S.T.,MM dan Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji satu dan dua yang telah meluangkan waktunya untuk menguji hasil laporan tugas akhir ini.
7. Bapak dan Ibu dosen jurusan teknik kimia atas ilmu dan bimbingannya selama kuliah.
8. 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.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN.....	ii
PENGESAHAN.....	iii
MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GRAFIK	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
Intisari.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Rancangan Pabrik	1
1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik	3
1.5 Tinjauan Pustaka	8
BAB II SPESIFIKASI BAHAN	14
2.1 Spesifikasi bahan baku.....	14
2.2 Spesifikasi bahan pembantu.....	15
2.3 Spesifikasi produk.....	16
2.4 Pengendalian Kualitas.....	16
2.4.1 Pengendalian Kualitas.....	16
2.4.2 Pengendalian Kualitas Proses	17
2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk	17
BAB III DESKRIPSI PROSES.....	19
3.1 Langkah Proses	19
3.2 Diagram Alir Kualitatif.....	21
3.3 Diagram Alir Kuantitatif	22

BAB IV	NERACA MASSA DAN PANAS.....	23
4.1.	Neraca Massa.....	23
4.2.	Neraca Panas.....	25
BAB V	SPESIFIKASI ALAT.....	29
5.1.	Tangki Penyimpanan C ₄ H ₉ OH.....	29
5.2.	Tangki Penyimpanan CH ₃ COOH.....	29
5.3.	Tangki Penyimpanan H ₂ SO ₄	29
5.4.	Mixer	30
5.5.	Heater 01.....	30
5.6.	Reaktor.....	31
5.7.	Evaporator	32
5.8.	Cooler-01	32
5.9.	Dekanter.....	32
5.10.	Heater 02.....	33
5.11.	Menara Destilasi	33
5.12.	Kondensor.....	34
5.13.	Accumulator	34
5.14.	Reboiler	34
5.15.	Cooler 2	35
5.16.	Cooler 3	35
5.17.	Pompa 01	36
5.18.	Pompa 02	36
5.19.	Pompa 03	36
5.20.	Pompa 04	36
5.21.	Pompa 05	36
5.22.	Pompa 06	37
5.23.	Pompa 07	37
5.24.	Pompa 08.....	37
5.23	Pompa 09	37

5.24	Pompa 10	37
5.25	Pompa 11	38
5.26	Pompa 12	38
5.27	Pompa 13	38
5.28	Pompa 14	38
5.29	Pompa 15	38
5.30	Pompa 16	39
5.31	Pompa 17	39
5.32	Tangki Produk	39
BAB VI	UTILITAS.....	40
6.1.	Unit Utilitas	40
6.2.	Unit Pengadaan Listrik	44
6.3.	Unit Penyedia Bahan Bakar	46
6.4.	Unit Penyedia Udara Bertekanan	46
6.5.	Unit Pengolahan Limbah	47
6.6	Laboratorium	48
6.7	Spesifikasi Alat Utilitas	50
BAB VII	ORGANISASI DAN TATA LETAK PABRIK	59
7.1.	Bentuk Perusahaan	59
7.2.	Struktur Perusahaan	60
7.3.	Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji	64
7.4.	Kesejahteraan Karyawan	67
7.5.	Manajemen Produksi	68
7.6.	Tata Letak (Lay Out) Pabrik.....	70
BAB VIII	ANALISA EKONOMI	74
8.1.	Perhitungan Biaya.....	76
8.2.	Total Fixed Capital Investment	77
8.3.	Working Capital	78
8.4.	Manufacturing Cost	78

8.5. General Expenses	78
8.6. Analisis Ekonomi	78
BAB IX KESIMPULAN	82
DAFTAR PUSTAKA.....	83
LAMPIRAN	85

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data impor butil asetat di Indonesia.....	2
Tabel 2. Daftar pabrik produsen butil asetat di dunia.....	3
Tabel 3. Perbandingan Proses.....	8
Tabel 4. Harga ΔH_{fo}	11
Tabel 5. Harga ΔG_{fo}	11
Tabel 6. Kebutuhan air sanitasi karyawan.....	41
Tabel 7. Kebutuhan air pendingin.....	42
Tabel 8. Kebutuhan steam.....	43
Tabel 9. Kebutuhan air proses.....	43
Tabel 10. Kebutuhan listrik untuk kebutuhan proses.....	45
Tabel 11. Kebutuhan listrik untuk unit utilitas.....	45
Tabel 12. Rincian dan golongan gaji pegawai.....	64
Tabel 13. Shift Karyawan.....	67
Tabel 14. Luas Tanah sebagai Bangunan Pabrik.....	71
Tabel 15. Asumsi kenaikan harga.....	75
Tabel 16. Fixed Capital Investment.....	77
Tabel 17. Manufacturing Cost.....	78
Tabel 18. Fixed Cost.....	79
Tabel 19. Variabel Cost.....	79
Tabel 20 Regulated Cost.....	80
Tabel 21. Indikator perekonomian.....	82

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1. Grafik hubungan jumlah impor butil asetat dan waktu	2
Grafik 2. Cost index pada tahun 2026	75
Grafik 3. Shut Down Point (SDP)	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Lokasi Pabrik (sumber: Google Earth).....	5
---	---

Intisari

Salah satu ester yang memiliki peranan yang cukup penting dalam industri kimia adalah butil asetat. Butil asetat dapat digunakan dalam berbagai macam industri, misalnya industri kimia, industri painting dan coating, industri makanan, industri farmasi, dapat digunakan sebagai bahan tambahan kosmetik, dan dapat digunakan sebagai komponen perasa buatan buah-buahan. Dalam industri kimia butil asetat sering digunakan sebagai pelarut. Dalam industri makanan butil asetat dapat digunakan sebagai tambahan soft drinks, es krim dan juga keju. Industri-industri kimia di Indonesia pada saat ini sedang berkembang pesat, sehingga diperkirakan akan membutuhkan banyak bahan baku butil asetat. Untuk memenuhi kebutuhan butil asetat, Indonesia masih melakukan impor dari luar negeri. Dengan pertimbangan inilah maka perlu didirikan pabrik butil asetat di Indonesia, sehingga kebutuhan butil asetat di Indonesia dapat terpenuhi. Pabrik butil asetat direncanakan menggunakan bahan baku butanol dan asam asetat. Untuk mempercepat reaksi maka digunakan katalis. Katalis yang digunakan adalah katalis asam sulfat. Pada pabrik butil asetat ini proses berlangsung secara kontinyu pada reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan suhu proses 100°C dan tekanan 1 atm. Pabrik dirancang dengan kapasitas 125.000 ton/tahun. Pabrik bekerja selama 24 jam per hari, 7 hari per minggu, 330 hari per tahun. Pabrik direncanakan didirikan di Gresik, Jawa Timur. Dalam pembangunan pabrik butil asetat dibutuhkan modal investasi (total capital investment) yang meliputi modal tetap (fixed capital investment), modal kerja (working capital) sebesar Rp 3.927.427.480,15. Dan untuk biaya produksi yang dikeluarkan setiap tahun yang terdiri atas biaya pembuatan (manufacturing cost) dan biaya pengeluaran umum (general expense) adalah sebesar Rp 4.243.509.758,7.

Kelayakan pabrik untuk dibangun ditentukan berdasarkan nilai return of investment, pay out time, break event point, dan discounted cash flow. Dan berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai return on investment sebesar 33 % sebelum pajak, sedangkan sesudah pajak 23 %. Nilai pay out time adalah 2 tahun sebelum pajak dan sesudah pajak adalah 3 tahun. Nilai break even point sebesar 40,6 % kapasitas, nilai shut down point sebesar 21,66 % kapasitas, serta discounted cash flow rate sebesar 23,5 %. Standar kelayakan untuk pabrik beresiko rendah adalah nilai ROI sebelum pajak adalah 44%, nilai POT maksimum sebelum pajak adalah 5 tahun, nilai BEP 40-60%, serta suku bunga di bank berkisar 1,5%. Berdasarkan hasil analisis ekonomi di atas, maka pabrik butil asetat dari butanol dan asam asetat dengan kapasitas 125.000 ton/tahun layak dan dapat didirikan.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini perkembangan industri di Indonesia cukup pesat, hal tersebut dapat dilihat dari bertambahnya berbagai macam industri. Menurut Kementerian Perindustrian pada tahun 2015 industri yang sedang berkembang pesat diantaranya adalah industri farmasi (62,26 %), industri makanan dan minuman, industri cat dan pelapisan (7,15%), industri kosmetika (1,19%) dll. (kemenprin,2015). Dengan kondisi yang ada, Indonesia diharapkan mampu bersaing dengan negara maju lainnya dan tidak lagi bergantung pada produk – produk impor dari luar negeri yang berarti dapat menekan devisa negara serta dapat menyediakan lapangan pekerjaan baru. Peningkatan yang cukup pesat juga terjadi dalam industri kimia. Seiring meningkatnya produksi industri di Indonesia tentunya juga diiringi dengan meningkatnya kebutuhan bahan baku dalam proses industri. Salah satu bahan yang dibutuhkan di berbagai industri adalah butil asetat.

Butil asetat merupakan senyawa yang dihasilkan dari proses esterifikasi butanol dan asam asetat, melalui proses *batch*, kontinyu maupun *reactive distillation* (Keyes, 1975). Butil asetat banyak digunakan sebagai bahan baku dan bahan pendukung dalam suatu industri. Secara komersial butil asetat dikenal dalam bentuk cairan tidak berwarna yang mempunyai rumus molekul $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$. Butil asetat banyak digunakan sebagai pelarut pada industri industri tekstil, industri plastik, farmasi, industri industri parfum dan sebagainya (Keyes, 1975). Butil asetat digunakan sebagai pelarut yang aktif untuk pelapisan seperti selulosa nitrat, selulosa asetat butirat, etil selulosa dan sebagainya.

Dilihat dari kegunaan butil asetat yang cukup banyak maka diperkirakan kebutuhan butil asetat di Indonesia akan semakin meningkat dari tahun ke tahun, serta sejauh ini untuk memenuhinya dilakukan dengan impor dari luar negeri. Dengan pertimbangan ini maka perlu didirikan pabrik butil asetat di Indonesia. Pendirian pabrik butil asetat ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan butil asetat di Indonesia sehingga dapat mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri yang berarti menekan devisa negara, serta menyediakan lapangan kerja baru.

1.2 Kapasitas Rancangan Pabrik

Untung menentukan kapasitas produksi, ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan, antara lain :

1.2.1 Data Impor Produk

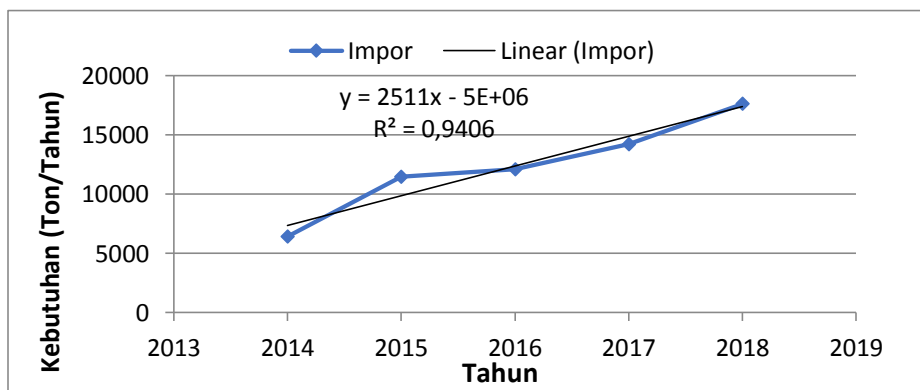
Kebutuhan butil asetat di Indonesia berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik pada tahun 2014 – 2018 dapat digunakan untuk menentukan kapasitas prarancangan pabrik butil asetat. Dari tabel di bawah ini diketahui data impor butil asetat di Indonesia.

Tabel 1. Data impor butil asetat di Indonesia

No	Tahun	Jumlah (ton)
1.	2014	6423
2.	2015	11455
3.	2016	12098
4.	2017	14203
5.	2018	17604

(BPS,2021)

Tabel 1. Menunjukkan impor butil asetat di Indonesia yang cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan hal tersebut perkiraan impor butil asetat pada tahun 2026 di Indonesia dapat dilakukan dengan cara regresi linier. Regresi linier data impor pada.



Grafik 1. Grafik hubungan jumlah impor butil asetat dan waktu

Dari data statistik impor yang dibuat dalam grafik menunjukkan bahwa kebutuhan butil asetat di Indonesia cenderung meningkat setiap tahunnya. Pengoperasian pabrik butil asetat diproyeksikan akan dimulai pada tahun 2026. Dari gambar 1, diperoleh suatu persamaan regresi linier untuk mengetahui kebutuhan konsumsi 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 = tahun kebutuhan butil asetat

Dari perhitungan persamaan diatas, diketahui besarnya impor butil asetat pada tahun 2026 adalah sebesar 87.286 ton/tahun.

1.2.2 Kapasitas pabrik yang sudah ada

Tabel 2. Daftar pabrik produsen butil asetat di dunia

Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)	Sumber
Wuxi Baichuan Chemical Industrial, China	150.000	Bcchem.com
Jiangmen Handsome Chemical, China	120.000	Handsomechemical.com
Ineos Oxide, Belgia	100.000	Ineos.com
BASF Germany	90.000	Basf.com
Adokim Chemical, Turkey	60.000	Adokim.com
Celanese Frankfurt, Germany	40.000	Celanese.com

Berdasarkan Tabel 2. Kapasitas butil asetat di dunia berkisar 40.000 – 150.000 ton/tahun. Pabrik yang memproduksi butil asetat di Indonesia yaitu PT. Mega Prima Solvindo yang berada di Cilegon, Banten, Jawa Barat, dengan kapasitas 20.000 ton/tahun. Namun kebutuhan butil asetat di Indonesia akan terus meningkat selaras dengan banyaknya industri lain yang membutuhkan. Oleh kerana itu, akan direncanakan untuk didirikan pabrik butil asetat di Indonesia dengan kapasitas 125.000 ton/tahun.

1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Keberhasilan suatu pabrik ditentukan oleh lokasi dimana pabrik tersebut dibangun. Pemilihan lokasi yang tepat, ekonomis dan menguntungkan dipengaruhi oleh berbagai faktor. Secara geografis, penentuan lokasi pabrik dapat menentukan kemajuan dan kelangsungan dari suatu industri saat ini serta masa yang akan datang. Pemilihan lokasi pabrik harus tepat berdasarkan jarak dengan sumber bahan baku, transportasi, tenaga kerja, pemasaran produk, dan budaya masyarakat di sekitar lokasi pabrik. Berdasarkan faktor tersebut, maka Pabrik Butil Asetat ini direncanakan berlokasi di Gresik, Jawa Timur.

Salah satu faktor yang mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan dan memberikan keuntungan dalam jangka panjang serta memungkinkan adanya perluasan area pabrik adalah penentuan lokasi pabrik itu sendiri. Penentuan lokasi pabrik yang baik akan menentukan hal – hal sebagai berikut:

- a. Pabrik tersebut dapat memberikan pelayanan yang baik dan memuaskan kepada konsumen.

- b. Kemudahan untuk mendapatkan bahan mentah dengan harga yang murah.
- c. Dapat dengan mudah mencari dan mendapatkan tenaga kerja.

Oleh sebab itu, ada 2 faktor yang berperan dalam pemilihan lokasi suatu pabrik :

1.3.1 Faktor Primer

Tujuan utama dari suatu pabrik adalah produksi dan distribusi produk itu sendiri. Faktor primer merupakan faktor yang mempengaruhi tujuan utama tersebut. Faktor primer meliputi :

- a. Letak sumber bahan baku

Dalam pembentukan suatu pabrik, diharapkan sumber bahan baku yang tersedia letaknya dekat dengan lokasi pabrik. Pabrik butil asetat ini direncanakan menggunakan bahan baku butanol dari PT. Petro Oxo Nusantara Gresik, asam asetat dari PT. Acidatama Karanganyar, dan asam sulfat dari PT Petrokimia Gresik.

- b. Pemasaran produk

Lokasi suatu pabrik harus dekat dengan pemasaran produk atau konsumen. Butil asetat merupakan bahan baku dan pendukung industri logam, tekstil, plastik, farmasi, parfum cat, dan lain – lain. Gresik sendiri merupakan wilayah kawasan industri. Dengan berdirinya pabrik butil asetat diharapkan kebutuhan butil asetat bisa tercukupi. Pabrik yang letaknya dengan pasar dapat lebih cepat melayani konsumen. Daerah merupakan daerah industri dan letaknya strategis untuk pendirian suatu pabrik karena dekat dengan sumber bahan baku dan memudahkan pemasaran produk.

- c. Tenaga kerja

Salah satu yang termasuk dalam faktor primer adalah tenaga kerja. Dibutuhkan adanya tenaga kerja yang terampil untuk menjalankan mesin produksi sehingga sumber daya manusia tercukupi. Perekrutan tenaga kerja dapat dilakukan di daerah Gresik dan sekitarnya.

- d. Sarana transportasi

Adanya sarana transportasi yang memadai pada lokasi pabrik tersebut, yang dekat dengan jalur darat dan laut sehingga sarana transportasi bahan baku dan produk akan lebih terjamin

yang dapat menjamin dan menunjang kegiatan transportasi antar pulau.

e. Utilitas

Sebagai suatu kawasan industri yang berskala besar maka sarana utilitas haruslah direncanakan dengan baik. Sarana utilitas yang memadai meliputi air, listrik, bahan bakar, hal ini guna menunjang proses produksi pabrik tersebut.

1.3.2 Faktor Sekunder

Yang termasuk ke dalam faktor sekunder adalah:

a. Karakteristik lokasi

Salah satu faktor sekunder adalah karakteristik lokasi. Karakteristik lokasi menyangkut iklim di daerah tersebut, kemungkinan terjadinya banjir, atau kondisi sosial masyarakatnya. Dalam hal ini, musim hujan dan musim kemarau memiliki fluktuasi yang relatif kecil.

b. Kebijakan pemerintah

Pendirian pabrik perlu memperhatikan kebijakan pemerintah daerah setempat. Beberapa faktor kepentingan yang terkait di dalamnya adalah kebijaksanaan pengembangan industri dan hubungannya dengan pemerataan kesempatan kerja, kesejahteraan, dan hasil – hasil pembangunan. Selain itu, pabrik yang didirikan juga harus berwawasan lingkungan, artinya keberadaan pabrik tersebut tidak boleh mengganggu atau merusak lingkungan sekitar.

c. Kemasyarakatan

Salah satu faktor sekunder adalah kemasyarakatan. Daerah lokasi pemilihan pabrik dirasa tepat bila masyarakat akomodatif terhadap perkembangan industri dan tersedianya fasilitas umum untuk hidup bermasyarakat.



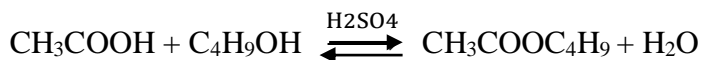
Gambar 1. Lokasi Pabrik (sumber: Google Earth)

1.4 Macam – macam Proses

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

a. Proses *Batch*

Pada proses pembuatan butil asetat secara batch, semua bahan yaitu butanol, asam asetat, dan katalis asam dimasukkan ke dalam reaktor dengan jumlah tertentu. Kemudian campuran tersebut dipanaskan menggunakan steam selama beberapa jam sampai kondisi refluks total pada kolom fraksinasi dan suhu dikolom fraksinasi menjadi konstan yaitu suhu 89°C dengan tekanan 1 atm. Setelah kondisi kesetimbangan tercapai, destilat membentuk *ternary azeotrop* air-ester dan butanol secepatnya dikondensasikan dan dilakukan pemisahan menjadi 2 lapisan di dekanter. Lapisan air dapat dibuang sebagai disposal atau dilakukan proses stripping untuk mengambil butanol yang tersisa untuk dikembalikan kembali ke dalam reaktor, sedangkan lapisan ester direfluks ke kolom distilasi. Proses distilasi dihentikan jika suhu destilat naik dan tidak ada air lagi yang terbentuk. menunjukkan bahwa proses esterifikasi telah selesai. Selanjutnya sisa reaktan yang tidak bereaksi dinetralkan dengan NaOH kemudian *diblowdown*.



Keuntungan proses *batch* :

- Dapat digunakan untuk kapasitas kecil.
- Alat yang digunakan tidak terlalu banyak, sehingga biaya produksi tidak mahal.

Kerugian :

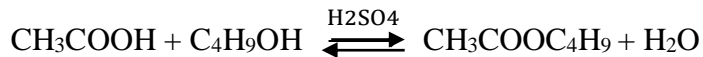
- Tidak cocok untuk kapasitas besar.

(Mc Ketta, 1977)

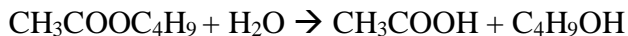
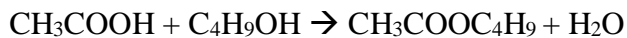
b. Proses Kontinyu

Pada proses pembuatan butil asetat secara kontinyu seperti proses *batch*, akan tetapi dilakukan secara terus-menerus. Semua bahan yaitu butanol, asam asetat, dan katalis asam dimasukkan ke dalam reaktor dengan jumlah tertentu dan reaksi berjalan isothermal pada suhu 100°C tekanan 1 atm. Sebelum masuk reaktor, reaktan dipanaskan terlebih dahulu sampai pada suhu yang diinginkan. Proses esterifikasi ini merupakan reaksi eksotermis, maka untuk menjaga suhu reaksi reaktor dilengkapi

dengan jaket pendingin. Hasil reaksi kemudian dimasukkan ke kolom distilasi. Hasil distilasi berupa destilat adalah asam sulfat dan residu adalah butil asetat.



Proses ini berjalan secara simultan dengan reaksi sebagai berikut:



Agar reaksi kedua (reaksi butil asetat dan air terurai menjadi asam asetat dan butanol) tidak berlangsung dan berjalan ke kiri, maka saat reaksi berjalan di reaktor diusahakan air menguap. Alternatif lain adalah menguapkan air pada evaporator 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 diuapkan semua di reaktor, maka yang keluar dari reaktor adalah $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$, CH_3COOH , $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$, dan H_2SO_4 . Kemudian dilakukan distilasi, sebagai hasil atas adalah CH_3COOH , $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$. Sedangkan hasil bawah adalah $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$, dan H_2SO_4 . Kemudian dilakukan pengendapan hingga terbentuk 2 lapisan, yaitu lapisan butil asetat dan asam sulfat.

Kuntungan proses kontinyu

- a. Dapat digunakan untuk kapasitas besar.
- b. Lebih efektif dalam penggunaan bahan baku.

(Mc Ketta, 1977)

c. Proses *Reactive Distillation*

Reactive distillation adalah alat yang terdiri dari tiga kolom yaitu *a coloumn with nonreactive rectifying section, a nonreactive stripping section and a reactive middle section*. Bahan baku asam asetat dan butanol masuk ke seksi reaktif dimana disini terjadi reaksi pembentukan n-Butil Asetat. Katalis yang digunakan adalah ion *exchange resin*. Butil Asetat yang terbentuk naik ke seksi *non reactive stripping*. N-Butil asetat ini kemudian masuk dekanter kemudian dimurnikan kembali di kolom *stripping* (Jingnesh, 2004).

Keuntungan :

- a. Kemurnian butil asetat yang diperoleh lebih tinggi.
- b. Alat yang digunakan lebih sedikit.

Kerugian :

- a. Proses ini masih dalam pengembangan para ahli.
 - b. *Reactive Distillation* yang digunakan mahal.
- (Mc Ketta, 1977)

Tabel 3. Perbandingan Proses

Parameter	Proses		
	<i>Batch</i>	Kontinyu	<i>Reactive Distillation</i>
Kemurnian Produk	75 – 85%	95%	98%
Suhu Operasi	89°C	100°C	100 – 140 °C
Reaktor	RTB	RATB	Reaktif Destilasi

Dari uraian proses pembuatan butil asetat di atas, maka proses yang dipilih adalah proses kontinyu dengan bahan baku butanol dan asam asetat.

1.5 Tinjauan Pustaka

1.5.1 Sifat fisis dan kimia bahan baku dan produk :

a. Asam asetat

Rumus Molekul : CH_3COOH

Berat Molekul : 60,05 g/mol

Warna : Bening

Bentuk : Cair

Densitas : 1,049 g/cm³

Specific gravity : 1,049

Titik didih : 118,1°C

Titik lebur : 16,7°C

Kelarutan dalam air : terlarut

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

b. Butanol

Rumus Molekul : $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$

Berat Molekul : 74,12 g/mol

Warna	: Bening
Bentuk	: Cair
Densitas	: 0,810 g/cm ³
Specific gravity	: 0,810
Titik didih	: 117°C
Titik lebur	: -79,9 °C
Kelarutan dalam air	: 1,7% wt

- Mudah terbakar
- Reaksi dengan Hidrogen halida

$$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{C}_4\text{H}_9\text{OI} + \text{H}_2$$
- Reaksi dengan logam alkali misalnya NaOH membentuk Alkoksida

$$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{C}_4\text{H}_9\text{O}_{\text{na}} + \text{H}_2\text{O}$$
- Reaksi esterifikasi dengan Asam asetat membentuk butil asetat

$$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- Reaksi oksidasi membentuk CO₂ dan H₂O

$$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

c. Asam sulfat

Rumus Molekul	: H ₂ SO ₄
Berat Molekul	: 98,08 g/mol
Warna	: Bening
Bentuk	: Cair
Densitas	: 1,834 g/cm ³
Specific gravity	: 1,834
Titik didih	: 340°C
Titik lebur	: 10,29°C
Kelarutan dalam air	: terlarut

- Asam sulfat pekat adalah zat pengoksidasi yang kuat. Reaksi yang terjadi:

$$\text{Cu} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2$$
- Asam sulfat pekat dapat digunakan untuk menghilangkan air suatu zat, reaksi yang terjadi:

$$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + 11 \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 12\text{C} + 11 (\text{H}_2\text{SO}_4\text{H}_2\text{O})$$
- Asam sulfat dapat bereaksi dengan natrium klorida, dengan reaksi yang terjadi:

$$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{NaSO}_4 + 2\text{HCl}$$

d. Butil Asetat

Rumus Molekul : $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$

BM : 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

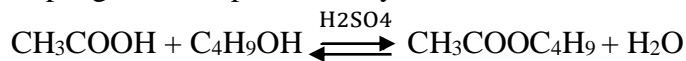
Kelarutan dalam air : 0,7% wt

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

1.5.2 Proses pembuatan yang dipilih

a. Dasar reaksi, konversi

Proses pembuatan butil asetat dari butanol dan asam asetat secara estefikasi terjadi dalam reaktor Reaktor Alir Tangki Berpengaduk, adapun reaksinya:



Reaksi esterifikasi dapat dipercepat dengan asam kuat seperti asam sulfat. Katalis menaikkan kecepatan esterifikasi tetapi tidak berubah kesetimbangan reaksi. Asam sulfat dipilih sebagai katalisator karena efisiensinya, harganya murah, efek korosif terhadap logam lebih rendah dari pada asam lain. Namun apabila penggunaan pada suhu tinggi dan digunakan terlalu banyak, maka asam sulfat akan dapat mengdehidrasi alkohol yang digunakan. Oleh karena itu, untuk mengantisipasi efek korosif dari asam organik dan asam sulfat pada suhu yang relatif tinggi, maka peralatan yang digunakan berupa *stainless steel* atau *carbon steel*.

b. Kondisi operasi

Kondisi operasi pada proses pembuatan butil asetat dari butanol dan asam asetat dijalankan dalam fase cair – cair pada

suhu 100°C dan tekanan 1 atm. Reaksi ini berlangsung secara kontinyu dengan katalis asam sulfat. Konversi pembentukan butil asetat sebesar 80%.

c. Mekanisme reaksi

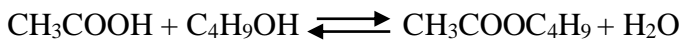
Untuk menentukan sifat reaksi (eksotermis/endotermis) maka perlu dilakukan perhitungan dengan menggunakan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada 1 atm dan 25°C dari reaktan dan produk.

Tabel 4. Harga ΔH_f°

Komposisi	ΔH_f° (Kj/mol)
CH ₃ COOH	-274,43
C ₄ H ₉ OH	-434,84
CH ₃ COOC ₄ H ₉	-485,60
H ₂ O	-285,81

(Yaws, 1999)

Pada proses pembentukan butil asetat terjadi reaksi sebagai berikut:



$$\begin{aligned} \Delta H_{R^{\circ 298K}} &= \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= (-485,60 + (-285,81)) - (-274,43) + (-434,84) \\ &= -62,14 \text{ Kj/mol} \end{aligned}$$

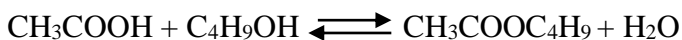
Data yang diperoleh $\Delta H_{R^{\circ 298K}}$ sebesar -62,14 Kj/mol, karena $\Delta H_{R^{\circ 298K}}$ negatif maka reaksi bersifat eksotermis.

Reaksi esterifikasi berjalan menggunakan katalis dan reaksinya *reversible* (bolak-balik). Harga ΔG_f° untuk masing-masing komponen (suhu 298K) sebagai berikut :

Tabel 5. Harga ΔG_f°

Komposisi	ΔG_f° (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)



$$\begin{aligned} \Delta G_f^\circ &= \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \Delta G_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= (-312,30 + (-227,36)) - (-150,67) + (-376,69) \\ &= -12,3 \text{ Kj/mol} \\ &= -12300 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta G_f^\circ &= -RT \ln K_{298K} \\ -12300 \text{ J/mol} &= -8,314 \text{ J/mol} \times 373 \text{ K} \times \ln K_{298K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\ln K &= \frac{-12300 \text{ J/mol}}{-8,314 \frac{\text{J}}{\text{Kmol}} \times 373 \text{ K}} \\ \ln K &= 3,966 \\ K &= 52,77\end{aligned}$$

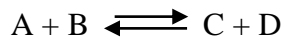
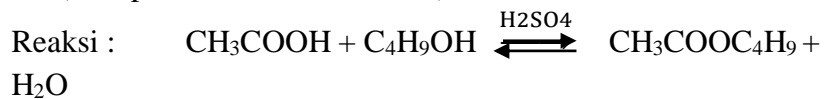
Nilai konstanta kesetimbangan pada 100°C dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Smith, J.M and Van Ness, H.C, 1975):

$$\begin{aligned}\ln \frac{K_1}{K_2} &= -\frac{\Delta H}{R} \times \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \\ \ln \frac{K_2}{58,85} &= -\frac{-62140 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/Kmol}} \times \left(\frac{1}{373 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right) \\ K_2 &= 0,38\end{aligned}$$

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 dijalankan pada suhu 100°C dan 1 atm, dan merupakan reaksi orde dua dengan waktu 30 menit reaksi (European Patent 0521488A2).



$$\begin{aligned}t &= C_{A0} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{-r_A} \\ t &= C_{A0} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{k_1 C_A C_B - k_2 C_P C_Q}\end{aligned}$$

Apabila H₂O yang terbentuk saat reaksi dapat dihilangkan dari reaktor, maka $k_2 C_P C_Q = k_2 C_P 0 = 0$, sehingga persamaan menjadi:

$$t = C_{A0} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{k_1 C_A C_B}$$

$C_A = C_B \rightarrow C_A \cdot C_B = C_A^2$, sehingga menjadi:

$$t = C_{A0} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{k_1 C_A^2}$$

$C_A = C_{A0} (1 - X_A)$ dengan X_A adalah konversi reaksi, sehingga menjadi:

$$t = C_{A0} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{k_1 (C_{A0} (1 - X_A))^2}$$

$$t = C_{A0} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{k_1 C_{A0}^2 ((1 - X_A))^2}$$

$$t = \frac{C_{A0}}{k_1 C_{A0}^2} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{((1 - X_A))^2}$$

$$t = \frac{1}{k_1 C_{A0}} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{((1 - X_A))^2}$$

$$t = \frac{1}{k_1 C_{A0}} \left[\frac{1}{1 - X_A} \right]^{X_A}$$

Kemudian nilai k dimasukan di persamaan Levenspiel:

$$t = \frac{1}{k_1 C_{A0}} \left[\frac{X_A}{1 - X_A} \right]$$

$$30 = \frac{1}{k \cdot 1} \left[\frac{0,95}{1 - 0,95} \right]$$

$$K1=0,57$$