

**PRARANCANGAN PABRIK N-BUTIL ASETAT DARI
BUTANOL DAN ASAM ASETAT DENGAN KAPASITAS 35.000
TON/TAHUN**

(Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201))

Oleh :

Alifa Pritian Nurtiara

(1815041030)

(Skripsi)

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar

Sarjana Teknik

Pada

Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknik Universitas Lampung



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

2022

Abstrak

PRARANCANGAN PABRIK N-BUTIL ASETAT DARI BUTANOL DAN ASAM ASETAT DENGAN KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

Oleh

Alifa Pritian Nurtiara

N-Butil Asetat dengan rumus kimia $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$ yang digunakan pada industri farmasi, cat, plastik, dan kosmetik sebagai pelarut.

Dengan semakin meningkatnya kebutuhan n-butil asetat di Indonesia, sehingga pembangunan pabrik n-Butil Asetat sangat diperlukan untuk mendukung perkembangan industri di dalam negeri dan memenuhi permintaan di dalam negeri.

N-Butil Asetat dihasilkan dengan cara mereaksikan Butanol dan Asam Asetat dengan bantuan katalis Asam Sulfat di dalam reaktor CSTR (Continued Stirred Tank Reactor) pada suhu 100°C dengan tekanan 1 atm yang akan menghasilkan konversi 85%. Hasil keluaran dari Reaktor (RE-201) akan dialirkan ke dalam Neutralizer (NE-201) dengan memasukkan NaOH sebagai penetral dari kandungan Asam Sulfat. Kemudian, akan terjadi pemisahan berdasarkan fasa ringan dan fasa berat pada Decanter (DC-301). Setelah terpisah antara kedua fasa tersebut, maka n-Butil Asetat akan dimurnikan di dalam Menara Distilasi (MD-301) sehingga menghasilkan Propil Asetat dengan kemurnian 99%.

Kapasitas produksi pabrik yang dirancang sebesar 35.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di daerah kawasan

industri Gresik yang terletak di Jawa Timur. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 210 orang dengan bentuk Badan Usaha Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi dan Direktur Keuangan dengan struktur organisasi line and staff.

Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air, sistem penyediaan steam, sistem penyediaan udara instrumen, dan sistem pembangkit tenaga listrik.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

Fixed Capital Investment (FCI) = Rp 399.670.001.699,-

Working Capital Investment (WCI) = Rp 44.407.777.967,-

Total Capital Investment (TCI) = Rp 444.077.779.667,-

Break Even Point (BEP) = 35,10 %

Shut Down Point (SDP) = 26,26 %

Pay Out Time before taxes (POT)_b = 1,80 tahun

Pay Out Time after taxes (POT)_a = 2,15 tahun

Before taxes Return on Investment (ROI)_b = 40,94 %

After taxes Return on Investment (ROI)_a = 32,75 %

Discounted cash flow (DCF) = 30,70 %

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

Abstract

MANUFACTURING OF N-BUTYL ACETATE FROM BUTANOL AND ACETIC ACID WITH CAPACITY OF 35.000 TON/YEAR

By

Alifa Pritian Nurtiara

N-Butyl Acetate with formula chemical $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$ used in industry pharmaceuticals, paints, plastics, and cosmetics as solvent.

With the more increasing requirement n- butyl acetate in Indonesia, so development plant n-butyl acetate very needed for support development industry in the country and fulfill domestic demand.

N-Butyl Acetate generated with method reacting Butanol and Acid Acetate with help catalyst Sulfuric Acid in CSTR (Continued Stirred Tank Reactor) at 100°C the pressure 1 atm will be produce with 85% conversion. Output results from Reactor (RE-201) will streamed to Neutralizer (NE-201) with insert NaOH as a neutralizer from content Sulfuric Acid. Then, will occur separation based on phase light and weight phase on Decanter (DC-301). After being separated among second phase, then n-Butyl Acetate will purified in a Distillation Tower (MD-301) so produce n-Butyl Acetate with 99% purity.

Capacity production designed factory of 35.000 ton/ year with 330 days work in 1 year. Location factory planned established in the area Gresik, industry located in East Java. Required employee as is 210 people with the form of a Business Entity,

namely a Limited Liability Company led by a Main Director who is assisted by the Director Production and Director Finance with structure line and staff organization Provision of factory utility needs in the form system water treatment and supply, system supply of steam, system provision air instruments, and system generator power electricity .

From analysis economy obtained :

Fixed Capital Investment (FCI) = Rp 399.670.001.699,-

Working Capital Investment (WCI) = Rp 44.407.777967,-

Total Capital Investment (TCI) = Rp 444.077.779.667,-

Break Even Point (BEP) = 35,10 %

Shut Down Point (SDP) = 26,26 %

Pay Out Time before taxes (POT) b = 1,80 year

Pay Out Time after taxes (POT)a = 2,15 year

Before taxes Return on Investment (ROI)b = 40,94 %

After taxes Return on Investment (ROI)a = 32,75 %

Discounted cash flow (DCF) = 30,70 %

Consider summary above, already properly establishment factory Butyl Acetate this studied more continue, because is profitable and owned factories good prospects.

**PRARANCANGAN PABRIK N-BUTIL ASETAT DARI
BUTANOL DAN ASAM ASETAT DENGAN KAPASITAS 35.000
TON/TAHUN**

(Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201))

Oleh :

Alifa Pritian Nurtiara

(1815041030)

(Skripsi)

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar

Sarjana Teknik

Pada

Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknik Universita Lampung



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **PERANCANGAN PABRIK N-BUTIL ASETAT
DARI BUTANOL DAN ASAM ASETAT DENGAN
KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor (RE-201))**

Nama Mahasiswa : **Alifa Pritian Nurtiara**

No. Pokok Mahasiswa : 1815041030

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Hertl Utami, S.T., M.T.
NIP. 19711219 200003 2 001



Yull Darni, S.T., M.T.
NIP. 19740712 200003 2 001

2. Ketua Jurusan Teknik Kimia



Yull Darni, S.T., M.T.
NIP. 19740712 200003 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Herti Utami, S.T., M.T.



Sekretaris : Yuli Darni, S.T., M.T.



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



: Donny Lesmana, S.T., M.Sc.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



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

NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 24 November 2022

PERNYATAAN

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

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

Bandarlampung, Desember 2022



Alifa Pritian Nurtiara

NPM. 1815041030

RIWAYAT HIDUP



Alifa Pritian Nurtiara, Penulis laporan ini dilahirkan pada Tanggal 23 April 2000 di Kota Bandarlampung, sebagai putri bungsu dari dua bersaudara pasangan Bapak Supriyanto dan Ibu Yulianti Anggun S.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 2 Rawa Laut pada tahun 2012, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Bandarlampung pada Tahun 2015, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAS Al-Kautsar Bandarlampung pada tahun 2018.

Pada Tahun 2018 penulis secara sah terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi antara lain menjadi Sekretaris Umum Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Lampung (HIMATEMIA) pada Tahun 2020, menjadi Staff Departemen Kesekretariatan Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Lampung (HIMATEMIA) pada Tahun 2019 dan menjadi Sekretaris Pelaksana dalam acara nasional EXCESS (*Explosion of Chemical Engineering Study Activities*) pada tahun 2020.

Penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Perumnas Way Kandis, Kecamatan Tanjung Senang, Kota Bandarlampung pada Tahun 2021 dan melakukan kerja praktik di PT. BCN Unit Bungamayang pada Tahun 2021. Penulis juga melakukan penelitian yang berjudul “*Aktivasi Zeolit Alam Lampung*”

Menggunakan Amonium Nitrat (NH_4NO_3) pada Adsorpsi Amonia (NH_3) Limbah Cair Industri Tahu (Variasi Rasio Zeolit dan Aktivator)” di Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung pada tahun 2021.

Selama aktif kuliah penulis juga pernah mendapatkan Juara I Lomba *Video Contest EXCESS (Explosion of Chemical Engineering Study Activities)* dengan tema “*Pengolahan Limbah Rumah Tangga*” pada tahun 2022 Tingkat Nasional, selain itu penulis juga pernah meraih pendanaan PKM (Program Kreativitas Mahasiswa) skema PKMK oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dengan judul “*Mie Instan Sehat dengan Ekstrak Sayuran dan Tanaman Rimpang yang diperkaya Penyedap Alami dari Jamur*” pada tahun 2020.

Motto dan Persembahan

*“Tiada kemudahan melainkan engkau beri mudah dan tiada kekuatan
melainkan engkau beri kuat”*

(Alifa Pritian Nurtiara)

*“Dan barang siapa mengerjakan kebaikan akan kami tambahkan
kebaikan baginya.”*

(Qs. Asy-Syura:23)

*“Majulah tanpa menyingkirkan orang lain. Naiklah tinggi tanpa
menjatuhkan orang lain.”*

(Anonim)

Sebuah Karya

Kupersembahkan dengan sepenuh hati :

Kedua Orang Tuaku, terima kasih atas pengorbanan, perjuangan, jerih payah yang sudah tak terhitung jumlahnya dan terima kasih atas doa, dukungan, motivasi dan kasih sayang yang tak terhingga selama ini.

Kakakku, terima kasih atas dukungan, motivasi, doa, dan bantuannya selama ini dan terima kasih telah menjadi panutanku.

Keluarga Besar, terima kasih atas dukungan, doa, dan bantuannya selama ini.

Teman-Temanku, terima kasih telah menjadi bagian hidupku selama di jurusan ini. Kisah senang, sedih, terharu yang kita jalani selama ini akan ku simpan sebagai memori yang indah selamanya. Semoga suatu saat kita dapat berjumpa kembali dengan kisah kesuksesan kita masing-masing.

Civitas Akademisi Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung, terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang telah diberikan. Semoga Jurusan kita bisa lebih baik lagi untuk kedepannya.

SANWACANA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah Subhanahu wa ta'ala Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang atas segala berkat ridho-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya.

Adapun judul Tugas Akhir ini adalah "*Prarancangan Pabrik N-Butil Asetat dari Butanol dan Asam Asetat dengan Kapasitas 35.000 Ton/Tahun (Perancangan Reaktor (RE-201))*" ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus ditempuh mahasiswa untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa selama penyusunan laporan, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluargaku tercinta, Mama, Papa, Mba Fela dan Keluarga Besarku yang selalu memberikan doa dan dukungan, serta semangat tiada putus hingga detik ini.
2. Bapak Dr. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung serta selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan

bimbingan, masukan, saran, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir.

4. Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, masukan, pengetahuan, solusi, saran, dan motivasi dalam penyusunan laporan tugas akhir.
5. Ibu Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji Utama yang telah memberikan masukan dan sarannya selama masa pengujian hingga revisian.
6. Bapak Donny Lesmana, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji Pendamping yang telah memberikan masukan dan sarannya selama masa pengujian hingga revisian.
7. Bapak Edwin Azwar, S.T., PGD., M.T.A., PhD. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan arahan selama masa kuliah.
8. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku Dosen penanggung jawab Mata Kuliah Tugas Akhir atas bantuan dan dukungannya dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Seluruh Dosen dan Civitas Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung , atas semua ilmu, bantuan, dan bekal untuk masa depan yang akan selalu bermanfaat.
10. Ardelia Widya Santi selaku rekan Tugas Akhir atas bantuan, kebaikan, semangat yang besar untuk kita dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dalam kurun waktu 5 bulan. Terima kasih juga telah memilih dan mempercayai saya sebagai rekan Tugas Akhir walaupun harus bersabar menunggu saya

selama 5 bulan untuk bisa mendaftar Tugas Akhir. Terima kasih banyak ardel, semoga ardel bisa mewujudkan semua mimpi ardel dan sukses selalu.

11. Ardel, Salma, Devi dan Ulin atas kebersamaan kita dari mahasiswa baru hingga semester akhir yang selalu menjadi *support system*, teman bermain, dan teman mengambis. Terima kasih banyak atas kebaikan, bantuan, pertolongan, dan banyak hal lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu namun semua yang kita lalui bersama akan terus menjadi kenangan indah yang tak terlupakan. Semoga kita dapat mewujudkan mimpi-mimpi kita dan tetap bersahabat sampai kapanpun.
12. Teman-temanku, angkatan 2018 yang telah memberikan kisah warna-warni dalam kehidupan kampus dari mahasiswa baru, panitia, pimpinan, hingga mahasiswa semester akhir. Terima kasih telah menebar kebaikan, *positive vibes*, berprestasi, serta kesabaran kita selama ini. Semoga Allah SWT selalu memberikan kemudahan dan kesuksesan kepada angkatan 2018 atas semua kebaikan ini.
13. Sahabat – sahabat sekolah Alivia, Alifia, Rynda, Via, Ocha, Erika, Berliana, Tata dan Cia yang selalu mendukung serta mendengar keluh kesah penulis dalam masa perkuliahan hingga selesai
14. Himatemia FT Unila yang telah menjadi wadah untuk mengembangkan potensi yang ada pada penulis serta memberikan banyak manfaat yang berguna untuk sekarang dan di kemudian hari.
15. Kakak tingkat dan adik tingkat yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan kisah senang, sedih, terharu selama di

kampus serta dukungan dan segala bantuan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Harapan lainnya semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Bandarlampung, Desember 2022

Penulis,

Alifa Pritian Nurtiara

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER.	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Kegunaan Produk	2
1.3. Ketersediaan Bahan Baku dan Bahan Penunjang.....	2
1.4. Kapasitas Rancangan.....	3
1.5. Lokasi Pabrik.....	7
BAB II DESKRIPSI PROSES	
2.1. Jenis-Jenis Proses.....	11
2.2. Pemilihan Proses.....	12
2.3. Uraian Proses.....	29
BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK	
3.1. Spesifikasi Bahan Baku Utama.....	31
3.2. Spesifikasi Bahan Baku Penunjang.....	36
3.3. Spesifikasi Produk.....	40
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI	
4.1. Neraca Massa.....	42
4.1.1. Necara Mixed Point (MP-101).....	43

4.1.2. Neraca Massa Reaktor (RE-201).....	43
4.1.3. Neraca Massa <i>Neutralizer</i> (NE-201).....	43
4.1.4. Neraca Massa Decanter (DC-201).....	44
4.1.5. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-301).....	44
4.1.6. Neraca Massa Condensor (CD-301).....	44
4.1.7. Neraca Massa Reboiler (RB-301).....	45
4.2. Neraca Panas.....	45
4.2.1. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-201).....	45
4.2.2. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-202).....	45
4.2.3. Neraca Panas Reaktor (RE-201).....	46
4.2.4. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-201).....	46
4.2.5. Neraca Panas <i>Neutralizer</i> (NE-201).....	46
4.2.6. Neraca Panas Decanter (DC-201).....	47
4.2.7. Neraca Panas Heater (HE-203).....	47
4.2.8. Neraca Panas Menara Distilasi (MD-301).....	47
4.2.9. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-202).....	48
4.2.10. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-203).....	48

BAB V SPESIFIKASI ALAT

5.1.1. <i>Storage Tank</i> CH ₃ COOH (ST-101).....	49
5.1.2. <i>Storage Tank</i> C ₄ H ₉ OH (ST-102).....	50
5.1.3. <i>Storage Tank</i> H ₂ SO ₄ (ST-103).....	50
5.1.4. <i>Storage Tank</i> NaOH (ST-104).....	51
5.1.5. <i>Storage Tank</i> C ₄ H ₉ COOCH ₃ (ST-105).....	51
5.1.6. Reaktor (RE-201).....	52

5.1.7. Neutralizer (NE-201).....	53
5.1.8. Decanter (DC-201).....	53
5.1.9. Menara Distilasi (MD-301).....	54
5.1.10. Condensor (CD-301).....	54
5.1.11. Reboiler (RB-301).....	55
5.1.12. Accumulator (AC-301).....	55
5.1.13. Heater (HE-201).....	55
5.1.14. Heater (HE-202).....	56
5.1.15. Cooler (CO-201).....	56
5.1.16. Heater (HE-203).....	57
5.1.17. Cooler (CO-202).....	57
5.1.18. Cooler (CO-203).....	58
5.1.19. Pompa Proses (PP-101).....	59
5.1.20. Pompa Proses (PP-102).....	59
5.1.21. Pompa Proses (PP-103).....	60
5.1.22. Pompa Proses (PP-104).....	60
5.1.23. Pompa Proses (PP-105).....	61
5.1.24. Pompa Proses (PP-106).....	61
5.1.25. Pompa Proses (PP-107).....	62
5.1.26. Pompa Proses (PP-108).....	62
5.1.27. Pompa Proses (PP-109).....	63
5.1.28. Pompa Proses (PP-110).....	63
5.1.29. Pompa Proses (PP-111).....	64
5.2. Peralatan Utilitas.....	64

5.2.1. Basin Sedimentasi (BS-401).....	64
5.2.2. Basin Sedimentasi (BS-402).....	64
5.2.3. <i>Storage Tank</i> Tawas (ST-401).....	65
5.2.4. <i>Storage Tank</i> Kapur (ST-402).....	65
5.2.5. <i>Storage Tank</i> Polielektrolit (ST-403).....	66
5.2.6. <i>Storage Tank</i> Kaporit (ST-404).....	66
5.2.7. <i>Storage Tank</i> Air Filter (ST-405).....	66
5.2.8. <i>Storage Tank</i> Inhibitor (ST-406).....	67
5.2.9. <i>Storage Tank</i> Dispersant (ST-407).....	67
5.2.10. <i>Storage Tank</i> Hidrazine (ST-501).....	68
5.2.11. <i>Storage Tank</i> Air Na ₂ HPO ₄ (ST-502).....	68
5.2.12. Clarifier (CL-401).....	69
5.2.13. <i>Sand Filter</i> (SF-401).....	69
5.2.14. <i>Cation Exchanger</i> (CE-401).....	69
5.2.15. <i>Anion Exchanger</i> (AE-401).....	70
5.2.16. <i>Cooling Tower</i> (CT-401).....	70
5.2.17. Deaerator (DE-501).....	71
5.2.18. Boiler (BO-501).....	71
5.2.19. <i>Storage Tank</i> Bahan Bakar (ST-503).....	72
5.2.20. Generator Penyedia Listrik (GS-501).....	72
5.2.21. <i>Air Compressor</i> (AC-501).....	73
5.2.22. Pompa Utilitas (PU-401).....	73
5.2.23. Pompa Utilitas (PU-402).....	73
5.2.24. Pompa Utilitas (PU-403).....	74

5.2.25. Pompa Utilitas (PU-404).....	74
5.2.26. Pompa Utilitas (PU-405).....	75
5.2.27. Pompa Utilitas (PU-406).....	75
5.2.28. Pompa Utilitas (PU-407A).....	76
5.2.29. Pompa Utilitas (PU-407B).....	76
5.2.30. Pompa Utilitas (PU-408).....	77
5.2.31. Pompa Utilitas (PU-409).....	77
5.2.32. Pompa Utilitas (PU-410).....	78
5.2.33. Pompa Utilitas (PU-411).....	78
5.2.34. Pompa Utilitas (PU-501).....	79
5.2.35. Pompa Utilitas (PU-502).....	79
5.2.36. Pompa Utilitas (PU-503).....	80
5.3. Peralatan Pengolahan Limbah Cair	
5.3.1. <i>Storage Tank</i> NaOH (ST-601).....	80
5.3.2. Basin Netralisasi (BN-601).....	81
5.3.3. Basin Sedimentasi (BS-602).....	81
5.3.4. <i>Sand Filter</i> (SF-601).....	82
5.3.5. Basin <i>Bio Control</i> (BB-603).....	82
5.3.6. Pompa Utilitas (PU-601).....	82

BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

6.1. Unit Pendukung Proses.....	83
6.2. Unit Penyedia Air.....	83
6.3. Unit Penyedia Steam.....	96

6.4. Unit Pembangkit Listrik dan udara tekan.....	96
6.5. Sistem Penyediaan Bahan Bakar.....	101
6.6. Unit Penyediaan Udara Tekan.....	102
6.7. Unit Pengolahan Limbah.....	102
6.8. Laboratorium.....	104
6.9. Instrumentasi dan pengendalian proses.....	108

BAB VII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

7.1. Lokasi Pabrik.....	111
7.2. Tata Letak Pabrik.....	115
7.3. Estimasi Area Pabrik.....	117

BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN

ORGANISASI PERUSAHAAN

8.1. Bentuk Perusahaan.....	122
8.2. Struktur Organisasi Perusahaan	124
8.3. Tugas dan Wewenang	125
8.4. Status Karyawan dan Sistem Penggajian	135
8.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan	136
8.6. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan	139
8.7. Kesejahteraan Karyawan	141
8.8. Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	142

BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1. Investasi	146
----------------------	-----

9.2. Evaluasi Ekonomi	151
9.3. Angsuran Pinjaman	154

BAB X SIMPULAN DAN SARAN

10.1. Simpulan.....	156
10.2. Saran.....	157

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

LAMPIRAN E

LAMPIRAN F

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Pabrik Penyedia Bahan Baku di Indonesia.....	2
Tabel 1.2. Data Impor n-Butil Asetat di Indonesia	3
Tabel 1.3. Data Ekspor n-Butil Asetat di Indonesia.....	5
Tabel 1.4. Data Konsumsi n-Butil Asetat di Indonesia.....	6
Tabel 2.1. Harga Bahan Baku dan Produk Proses I	13
Tabel 2.2. ΔH^0F Dari Setiap Komponen Proses I Pada Suhu $298,15^0K$	16
Tabel 2.3. Harga Energi Gibbs Bahan Baku dan Produk Proses I	17
Tabel 2.4. Harga Bahan Baku dan Produk Proses II	17
Tabel 2.5. ΔH^0F Dari Setiap Komponen Proses II Pada Suhu $298,15^0K$	20
Tabel 2.6. Harga Energi Gibbs Bahan Baku dan Produk Proses II.....	21
Tabel 2.7. Harga Bahan Baku dan Produk Proses III.....	21
Tabel 2.8. ΔH^0F Dari Setiap Komponen Proses III Pada Suhu $298,15^0K$	25
Tabel 2.9. Harga Energi Gibbs Bahan Baku dan Produk Proses III.....	25
Tabel 2.10. Perbandingan Proses Produksi n-Butil Asetat.....	26
Tabel 4.1. Neraca Massa Mixed Point.....	43
Tabel 4.2. Neraca Massa Reaktor.....	43
Tabel 4.3. Neraca Massa Neutralizer	43
Tabel 4.4. Neraca Massa Decanter	44
Tabel 4.5. Neraca Massa Menara Distilasi.....	44
Tabel 4.6. Neraca Massa Condensor	44
Tabel 4.7. Neraca Massa Reboiler.....	45
Tabel 4.8. Neraca Panas <i>Heater</i> 201	45
Tabel 4.9. Neraca Panas <i>Heater</i> 202	45
Tabel 4.10. Neraca Panas Reaktor.....	46
Tabel 4.11. Neraca Panas <i>Cooler</i> 201	46
Tabel 4.12. Neraca Panas Neutralizer	46
Tabel 4.13. Neraca Panas Decanter.....	47

Tabel 4.14. Neraca Panas <i>Heater</i> 203	47
Tabel 4.15. Neraca Panas Menara Distilasi	47
Tabel 4.16. Neraca Panas <i>Cooler</i> 202	48
Tabel 4.17. Neraca Panas <i>Cooler</i> 203	48
Tabel 5.1.1. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> CH ₃ COOH (ST-101)	49
Tabel 5.1.2. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> C ₄ H ₉ OH (ST-102)	50
Tabel 5.1.3. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> H ₂ SO ₄ (ST-103).....	50
Tabel 5.1.4. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> NaOH (ST-104).....	51
Tabel 5.1.5. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> C ₄ H ₉ COOCH ₃ (ST-105).....	51
Tabel 5.1.6. Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	52
Tabel 5.1.7. Spesifikasi Netralizer (NE-201)	53
Tabel 5.1.8. Spesifikasi <i>Decanter</i> (DC-201)	53
Tabel 5.1.9. Spesifikasi Menara Distilasi (MD-301)	54
Tabel 5.1.10. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301)	54
Tabel 5.1.11. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301)	55
Tabel 5.1.12. Spesifikasi <i>Accumulator</i> (AC-301)	55
Tabel 5.1.13. Spesifikasi Heater (HE-201)	56
Tabel 5.1.14. Spesifikasi Heater (HE-202)	56
Tabel 5.1.15. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-202).....	57
Tabel 5.1.16. Spesifikasi Heater (HE-203)	57
Tabel 5.1.17. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-201).....	58
Tabel 5.1.18. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-203).....	58
Tabel 5.1.19. Spesifikasi Pompa Proses (PP-101)	59
Tabel 5.1.20. Spesifikasi Pompa Proses (PP-102)	59
Tabel 5.1.21. Spesifikasi Pompa Proses (PP-103)	60
Tabel 5.1.22. Spesifikasi Pompa Proses (PP-104)	60
Tabel 5.1.23. Spesifikasi Pompa Proses (PP-105)	61
Tabel 5.1.24. Spesifikasi Pompa Proses (PP-106)	61
Tabel 5.1.25. Spesifikasi Pompa Proses (PP-107)	62
Tabel 5.1.26. Spesifikasi Pompa Proses (PP-108)	62
Tabel 5.1.27. Spesifikasi Pompa Proses (PP-109)	63
Tabel 5.1.28. Spesifikasi Pompa Proses (PP-110)	63

Tabel 5.1.29. Spesifikasi Pompa Proses (PP-111)	64
Tabel 5.2.1. Spesifikasi Basin Sedimentasi (BS-401).....	64
Tabel 5.2.2. Spesifikasi Basin Sedimentasi (BS-402).....	64
Tabel 5.2.3. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Tawas (ST-401).....	65
Tabel 5.2.4. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Kapur (ST-402)	65
Tabel 5.2.5. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Poly Elektrolit (ST-403).....	66
Tabel 5.2.6. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Kaporit (ST-404)	66
Tabel 5.2.7. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Air Filter (ST-405)	66
Tabel 5.2.8. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Inhibitor (ST-406)	67
Tabel 5.2.9. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Dispersant (ST-407)	67
Tabel 5.2.10. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Hidrazine (ST-501).....	68
Tabel 5.2.11. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Na ₂ HPO ₄ (ST-502).....	68
Tabel 5.2.12. Spesifikasi Clarifier (CL-401).....	69
Tabel 5.2.13. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401).....	69
Tabel 5.2.14. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401)	69
Tabel 5.2.15 Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (CE-401)	70
Tabel 5.2.16. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401)	70
Tabel 5.2.17. Spesifikasi <i>Daerator</i> (DE-501)	71
Tabel 5.2.18. Spesifikasi Boiler (BO-501).....	71
Tabel 5.2.19. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Bahan Bakar (ST-503).....	72
Tabel 5.2.20. Spesifikasi Generator (GS-501)	72
Tabel 5.2.21. Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-501)	73
Tabel 5.2.22 .Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401)	73
Tabel 5.2.23. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402)	73
Tabel 5.2.24. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403)	74
Tabel 5.2.25. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404)	74
Tabel 5.2.26. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405)	75
Tabel 5.2.27. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406)	75
Tabel 5.2.28. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407A)	76
Tabel 5.2.29. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407B).....	76
Tabel 5.2.30. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408)	77
Tabel 5.2.31. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409)	77

Tabel 5.2.32 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410)	78
Tabel 5.2.33 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411)	78
Tabel 5.2.34. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-501)	79
Tabel 5.2.35. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-502)	79
Tabel 5.2.36. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-503)	80
Tabel 5.3.1. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> NaOH (ST-601).....	80
Tabel 5.3.2. Spesifikasi Basin Netralisasi (BN-601).....	81
Tabel 5.3.3. Spesifikasi Basin Sedimentasi (BS-602).....	81
Tabel 5.3.4. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-601).....	82
Tabel 5.3.5. Spesifikasi Basin <i>Bio Control</i> (BB-603).....	82
Tabel 5.3.6. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-601)	82
Tabel 6.1. Persyaratan Kualitas Air Pendingin	85
Tabel 6.2. Kebutuhan Air Pendingin	86
Tabel 6.3. Kebutuhan Air Umpan Boiler	89
Tabel 6.4. Kebutuhan Air Pabrik.....	91
Tabel 6.5. Listrik untuk Keperluan Proses	97
Tabel 6.6. Listrik untuk Keperluan Utilitas.....	98
Tabel 6.7. Penerangan Untuk Area Bangunan	99
Tabel 6.8. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	109
Tabel 6.9. Pengendalian Variabel Utama Proses.....	109
Tabel 7.1. Perincian Luas Area Pabrik N-Butil Asetat	118
Tabel 8.1. Jadwal Kerja Masing-Masing Regu	137
Tabel 8.2. Perincian Tingkat Pendidikan	138
Tabel 8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat.....	139
Tabel 8.4. Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	140
Tabel 9.1. Perincian TCI Pabrik n-Butil Asetat	147
Tabel 9.2. Perincian TPC Pabrik n-Butil Asetat.....	148
Tabel 9.3. <i>General Expenses</i>	149
Tabel 9.4. Daftar Gaji Karyawan	149
Tabel 9.5. <i>Minimum Acceptable Persent Return on Investment</i>	151
Tabel 9.6. <i>Acceptable Payout Time</i> untuk Tingkat Resiko Pabrik.....	152
Tabel 9.7. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi.....	155

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta Lokasi Pabrik n-Butil Asetat	8
Gambar 6.1. <i>Cooling Tower</i>	88
Gambar 6.2. <i>Diagram Cooling Water System</i>	89
Gambar 6.3. Diagram Alir Pengolahan Air	92
Gambar 6.4. Diagram Alir Pengolahan Limbah	104
Gambar 7.1. Peta Provinsi Jawa Timur	119
Gambar 7.2. Area Sungai Bengawan Solo	119
Gambar 7.3. Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung.....	120
Gambar 7.4. Tata Letak Peralatan Proses	121
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan	127
Gambar 9.1. Grafik Analisa Ekonomi	153

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini, kebutuhan bahan kimia di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun. Namun, hal tersebut tidak diiringi dengan peningkatan bahan kimia yang diproduksi dalam negeri. Indonesia masih harus mengimpor bahan kimia dari negara-negara maju. Di masa depan, jika nilai impor ini tidak ditangani nilainya akan terus meningkat dari tahun ke tahun. Salah satu industri kimia yang masih kurang untuk memenuhi permintaan di Indonesia adalah produksi n-butyl asetat. Jumlah n-butyl asetat yang terus meningkat masih diimpor dari luar negeri (Jerman, Hongkong, Taiwan dan Singapura) untuk memenuhi permintaan dalam negeri.

Oleh karena itu, langkah yang harus dilakukan Indonesia yaitu dengan membangun pabrik n-butyl asetat untuk memenuhi kebutuhan konsumsi. N-butyl asetat merupakan cairan yang tidak berwarna dengan rumus kimia $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$, mudah terbakar dan memiliki titik didih 126°C . Saat ini, satu-satunya produksi n-butyl asetat di Indonesia diketahui hanya berasal dari Pabrik PT. Continental Solvindo. Oleh karena itu, pendirian pabrik n-butyl asetat ini cukup menjanjikan dalam arti produk ini memiliki pasar yang luas dan dapat memenuhi kebutuhan n-butyl asetat dalam negeri sehingga

akan mengurangi angka impor n-butyl asetat di Indonesia. Dengan pendirian pabrik n-butyl asetat ini juga menciptakan lapangan pekerjaan baru yang berarti mengurangi angka pengangguran di Indonesia.

1.2 Kegunaan Produk

Kegunaan dari n-butyl asetat ini cukup luas antara lain dimanfaatkan sebagai pelarut (*solvent*) di berbagai industri seperti cat, tekstil dan plastik. N-butyl asetat juga digunakan sebagai pelarut ekstraksi dalam berbagai jenis minyak dan obat-obatan, kegunaan lainnya sebagai bahan pengharum (parfum) dan sebagai pemberi aroma sintetis seperti rasa pisang, aprikot, nanas, rasberi, dan delima (Mc. Ketta, 1978).

1.3 Ketersediaan Bahan Baku dan Bahan Penunjang

Bahan baku n-butyl asetat adalah butanol dan asam asetat. Asam asetat diperoleh dari PT Indo Acidatama Chemical Industry yang berada di Surakarta dan butyl alkohol (butanol) diperoleh dari PT Petro Oxo Nusantara di Gresik. Sedangkan untuk bahan baku penunjangnya yaitu asam sulfat yang diperoleh dari PT Petrokimia Gresik dan natrium hidroksida diperoleh dari PT Tjiwi Kimia Sidoarjo. Sehingga untuk pemenuhan bahan baku tidak perlu dikhawatirkan karena kebutuhan bahan tersebut dapat diperoleh dari produsen-produsen dalam negeri.

Tabel 1.1. Pabrik Penyedia Bahan Baku di Indonesia

No	Bahan Baku	Nama Produsen	Kapasitas	Sumber
1	Asam Asetat (CH ₃ COOH)	PT. Indo Acidatama Chemical	38.000 ton/tahun	www.acidatama.co.id
2	Butanol (C ₄ H ₉ OH)	PT. Petro Oxo Nusantara	100.000 ton/tahun	www.pon.co.id

Lanjutan Tabel 1.1

3	Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)	PT Petrokimia Gresik	1.170.000 ton/tahun	www.petrokimia- gresik.com
4	Natrium Hidroksida (NaOH)	PT Tjiwi Kimia Sidoarjo	65.000 ton/tahun	www.tjiwi.co.id

1.4 Kapasitas Rancangan

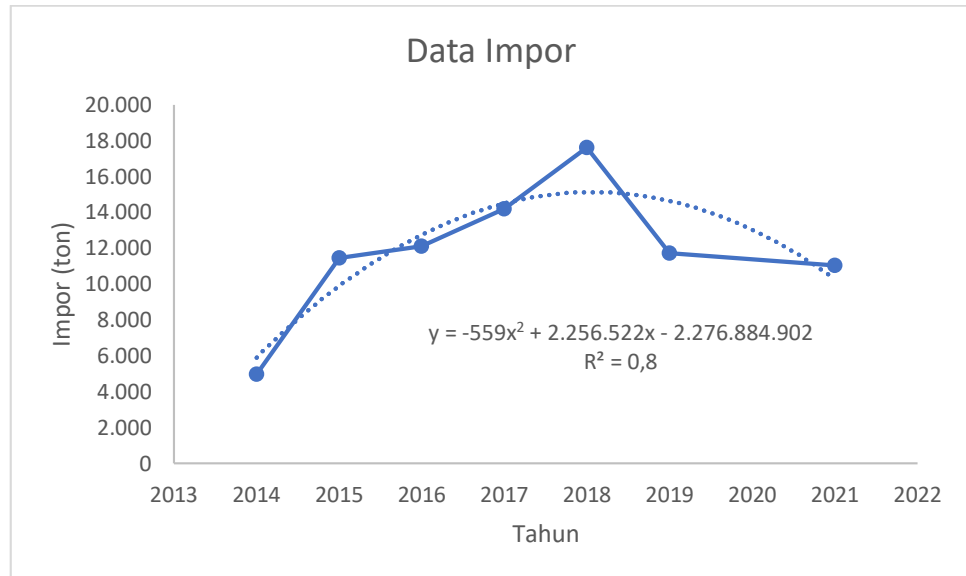
Penentuan kapasitas rancangan pabrik digunakan untuk melihat kapasitas yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pabrik ini rencananya akan di bangun pada Tahun 2027. Penentuan kapasitas n-butil asetat berdasarkan data impor, ekspor, konsumsi serta produksi pabrik n-butil asetat yang sudah beroperasi.

1.4.1 Data Impor n-Butil Asetat di Indonesia

Berikut merupakan data dari Badan Pusat Statistik pada tahun 2014 hingga 2021 untuk memenuhi kebutuhan n-butil asetat di Indonesia dengan melakukan Impor:

Tabel 1.2. Data Impor n-Butil Asetat di Indonesia

No	Tahun	Impor (ton)
1.	2014	4.962
2.	2015	11.455
3.	2016	12.098
4.	2017	14.203
5.	2018	17.604
6.	2019	11.723
7.	2020	8.457
8.	2021	11.267



Pada sumbu x terdapat tahun ke-, yang artinya :

Tahun ke-1 = 2014

Tahun ke-2 = 2015

Tahun ke-3 = 2016

Dan seterusnya....

Sampai tahun ke 2027, yaitu tahun ke 13. Dari grafik diatas, diprediksi

kebutuhan n-butyl asetat dengan persamaan sebagai berikut :

$$y = -559x^2 + 2.256.522x - 2.276.884.902$$

$$y = -559(13)^2 + 2.256.522(13) - 2.276.884.902$$

$$y = 60.408 \text{ ton}$$

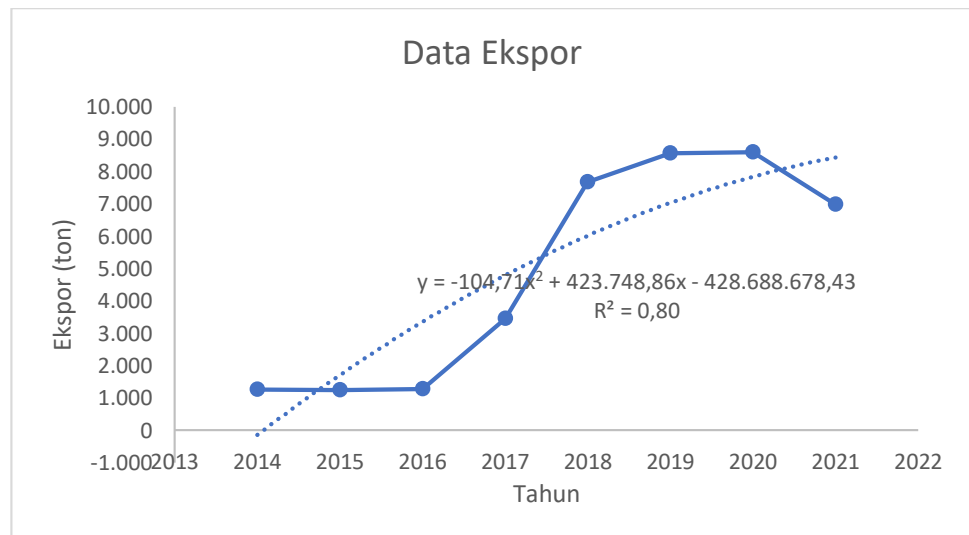
Pada tabel 1.2. dapat dilihat bahwa impor n-butyl asetat di Indonesia cenderung mengalami kenaikan, hal ini mengindikasikan bahwa belum tercukupinya produksi n-butyl asetat di dalam negeri sehingga masih melakukan impor dari negara lain. Didapatkan nilai y dari persamaan diatas adalah 60.408 ton.

1.4.2 Data Ekspor N-butyl asetat di Indonesia

Berikut merupakan data dari Badan Pusat Statistik pada tahun 2014 hingga 2021 untuk ekspor n-butyl asetat oleh Indonesia

Tabel 1.3. Data Ekspor N-butyl asetat di Indonesia

No	Tahun	Ekspor (ton)
1.	2014	1.250
2.	2015	1246
3.	2016	1267
4.	2017	3.450
5.	2018	7.670
6.	2019	8.570
7.	2020	8.593
8.	2021	6.990



$$y = -104,71x^2 + 423.748,86x - 428.688.678,43$$

$$y = -104,71(13)^2 + 423.748,86(13) - 428.688.678,43$$

$$y = 56.453 \text{ ton}$$

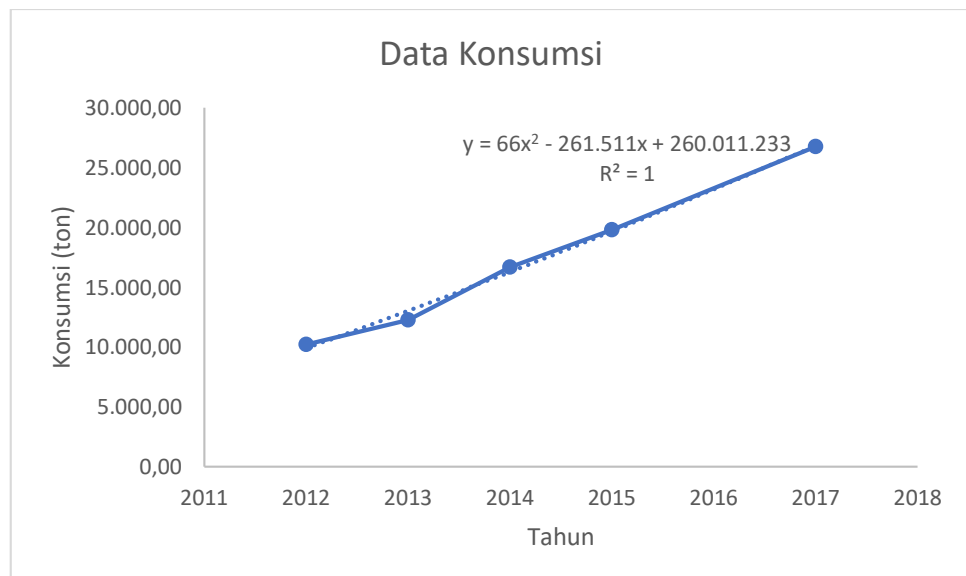
Pada tabel 1.3 dapat dilihat bahwa ekspor n-butyl asetat oleh Indonesia mengalami fluktuatif, hal tersebut dikarenakan industri di Indonesia membutuhkan banyak n-butyl asetat sebagai bahan baku produksi. Didapatkan nilai y dari persamaan diatas 56.453 ton.

1.4.3 Data Konsumsi N-butyl asetat di Indonesia

Berikut merupakan data konsumsi dari tahun 2014 hingga 2018 di Indonesia. Data riil konsumsi dalam negeri diperoleh dari Statistik Manufaktur Industri Produksi. Sebelumnya pada masing-masing data diambil lima tahun yaitu 2014, 2015, 2017 dan 2018, 2019. Tahun 2016 tidak diperoleh karena Statistik Manufaktur Industri datanya tidak ada dan digantikan dengan Sensus Ekonomi yang biasanya diadakan 10 Tahun sekali.

Tabel 1.4. Data Konsumsi N-butyl asetat di Indonesia

No	Tahun	Konsumsi (ton)
1	2014	10.237
2	2015	12.248
3	2017	16.691
4	2018	19.788
5	2019	26.771



$$y = 66x^2 - 261.511x + 260.011.233$$

$$y = 66(13)^2 - 261.511(13) + 260.011.233$$

$$y = 58.467 \text{ ton}$$

Pada tabel 1.4 didapatkan nilai y dari persamaan diatas adalah sebesar 58.467 ton.

1.4.4 Produksi n-Butil Asetat di Indonesia

Saat ini pabrik n-butyl asetat di Indonesia hanya terdapat pada PT. Continental Solvindo dengan kapasitas 20.000 ton/tahun.

Berdasarkan data impor, ekspor, konsumsi, serta produksi n-butyl asetat, maka dapat digunakan dalam menentukan peluang kapasitas pabrik n-butyl asetat yang dapat dibangun pada tahun 2027 dengan menggunakan persamaan:

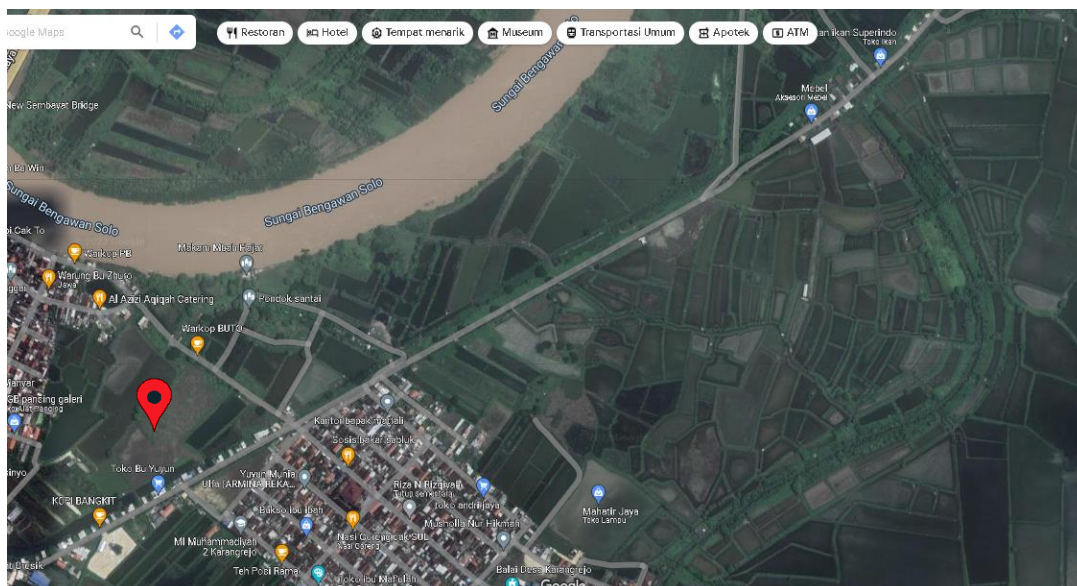
$$\text{Peluang} = \text{Demand} - \text{Supply}$$

$$\begin{aligned} \text{Peluang} &= (\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) - (\text{Impor} + \text{Produksi}) \\ &= (56.453 + 58.467) - (60.408 + 20.000) \\ &= \mathbf{34.512 \text{ ton/tahun}} \end{aligned}$$

Dari data dan hasil perhitungan untuk kapasitas prarancangan pabrik n-butyl asetat akan dibangun dengan kapasitas 35.000 ton/tahun.

1.5 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi suatu pabrik akan mempengaruhi keberlangsungan produksi serta keberhasilan pabrik. Lokasi pabrik yang tepat, ekonomis dan menguntungkan akan menentukan harga jual produk yang akan mendatangkan keuntungan jangka panjang. Jika pabrik secara konsisten menguntungkan, maka dapat memperluas pabrik untuk meningkatkan kapasitas produksi. Rencana pembangunan pabrik n-butyl asetat akan didirikan di Gresik, Jawa Timur.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Pabrik n-Butil Asetat

Pemilihan lokasi ini ditujukan untuk mencapai keuntungan dari segi teknis maupun ekonomis. Adapun faktor pemilihan lokasi pabrik di Gresik meliputi:

1. Bahan baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama agar pabrik tetap berjalan. Bahan baku butanol diperoleh dari PT Petro Oxo Nusantara yang terletak di Gresik dengan jarak $\pm 15,1$ km, asam asetat dari PT Indo Acidatama yang terletak di Surakarta dengan jarak ± 261 km, bahan penetral natrium hidroksida dari PT Twiji Kimia yang terletak di Sidoarjo dengan jarak ± 55 km dan katalis asam sulfat diperoleh dari PT Petrokimia yang terletak di Gresik dengan jarak ± 15 km. Lokasi pabrik bahan baku tersebut dekat dengan pabrik yang akan dibangun, sehingga memudahkan transportasi.

2. Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan berhasil atau tidaknya pemasaran dalam suatu industri, yaitu penentuan keuntungan

yang diperoleh dari industri tersebut. Selain itu, lokasi pabrik yang strategis serta kedekatan dengan pasar menjadi salah satu pertimbangan terpenting untuk kenyamanan konsumen dalam mendapatkannya. Dengan mengutamakan pasar dalam negeri, diharapkan hasil penjualan akan optimal serta sebagian akan diekspor ke luar negeri. Industri di Indonesia yang menggunakan n-butyl asetat masih terpusat di pulau Jawa, seperti PT. Wiharta Karya Agung Factory di Gresik dengan jarak ± 16 km, PT Nippon Paint di Gresik dengan jarak ± 23 km, PT. Novapharin Pharmaceutical Industries di Gresik dengan jarak ± 32 km, PT Aditamaraya Farmino di Surabaya dengan jarak ± 51 km.

3. Utilitas

Di pabrik, unit utilitas sangat penting dan utilitas merupakan sarana kelancaran dalam proses produksi. Unit utilitas dibagi menjadi air, listrik dan bahan bakar. Air merupakan salah satu kebutuhan terpenting bagi suatu industri. Dimana air tersebut digunakan untuk kebutuhan proses, media pendingin, air sanitasi, dan kebutuhan lainnya. Di Gresik, air dapat diperoleh dengan mudah yaitu karena lokasi pabrik dekat dengan Sungai Begawan Solo yang memiliki panjang 600 km. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya pabrik yang didirikan di wilayah Gresik yang semuanya pasti membutuhkan air dalam proses produksinya. Demikian juga pembangkit listrik akan diperoleh dari PLN, serta cadangan Generator dengan bahan bakar diperoleh dari Pertamina. Hal tersebut adalah salah satu faktor terpenting dalam sentra industri, terutama sebagai penerangan dan untuk memenuhi kebutuhan lainnya.

4. Tenaga kerja

Kelancaran proses produksi tergantung pada tenaga kerja yang berkualitas dan terlatih. Tenaga kerja yang berkualitas dan berpotensi dipenuhi oleh lulusan perguruan tinggi dari seluruh Indonesia. Dengan adanya pabrik n-butyl asetat di Gresik akan memberikan lapangan kerja baru dan memenuhi kebutuhan tenaga kerja bagi lulusan universitas dan pendudukan lokal di seluruh Indonesia.

5. Transportasi

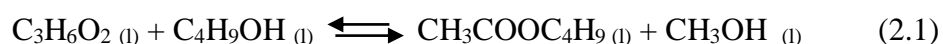
Transportasi merupakan hal yang sangat penting dalam kelancaran pasokan bahan baku dan penyaluran produk dengan jaminan biaya dan dalam waktu singkat bahan baku atau produk dapat secepat mungkin tersalurkan. Jalan raya dan pelabuhan merupakan contoh sarana transportasi yang sesuai dan dapat dimanfaatkan untuk keberlangsungan pabrik, baik dalam kemudahan transportasi bahan baku maupun ekspor produk. Dengan dukungan adanya sarana transportasi yang memadai, distribusi bahan baku dan pemasaran produk di dalam dan di luar Pulau Jawa cukup baik karena adanya fasilitas pelabuhan laut (Pelabuhan Lumpur Gresik).

BAB II DESKRIPSI PROSES

2.1 Jenis-Jenis Proses

2.1.1 Proses Pembuatan n-Butil Asetat dari Metil Asetat dan Butanol (Proses I)

Adapun reaksi yang digunakan untuk membuat butil asetat dengan menggunakan bahan baku metil asetat dan butanol adalah sebagai berikut :



Metil Asetat Butanol n-Butil Asetat Metanol

Pada proses ini terjadi reaksi transesterifikasi antara metil asetat dan n-butanol dengan katalis Amberlyst 15 berjalan pada suhu 93°C. Konversi reaksi dengan rasio mol reaktan 1 : 1 mencapai 42% (Sancheti dkk., 2015). Katalis Amberlyst 15 yang digunakan memiliki harga yang mahal dan sulit didapatkan.

2.1.2 Proses Pembuatan n-Butil Asetat dari Etil Asetat dan Butanol (Proses II)

Adapun reaksi yang digunakan untuk membuat butil asetat dengan menggunakan bahan baku etil asetat dan butanol adalah sebagai berikut :



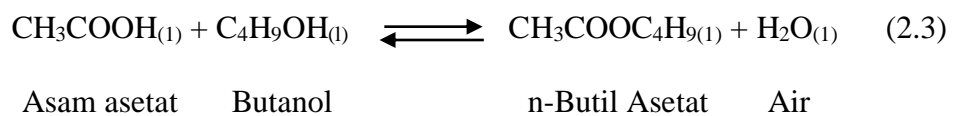
Etil Asetat Butanol n-Butil Asetat Etanol

Pada proses ini terjadi reaksi transesterifikasi antara etil asetat dan butanol dengan katalis boron berjalan pada suhu 115°C. Konversi reaksi dengan

rasio mol reaktan 1 : 6 mencapai 75% (Bokade, 2016). Proses ini menggunakan katalis boron yang mempunyai harga mahal.

2.1.3 Proses Pembuatan n-Butil Asetat dari Asam Asetat dan Butanol (Proses III)

Adapun reaksi yang digunakan untuk membuat butil asetat dengan menggunakan bahan baku asam asetat dan butanol adalah sebagai berikut :



Produk n-Butil asetat yang di produksi secara komersial melalui reaksi esterifikasi antara asam asetat dan butanol dengan katalis asam sulfat. Proses ini dijalankan pada suhu 100°C dan tekanan 1 atm. Konversi reaksi yang diperoleh dengan rasio mol reaktan 1 : 5 mencapai 85% (Leyes dan Othmer, 1945).

2.2 Pemilihan Proses

Dalam pemilihan proses yang akan digunakan, maka harus mempertimbangkan beberapa faktor seperti faktor ekonomis yang meliputi biaya bahan baku dan harga produksi serta harga jual produk dan juga kelayakan teknis yang meliputi suhu operasi, energi bebas gibbs, dan panas pembentukan standar.

Energi bebas Gibbs (ΔG^0) merupakan cara untuk menentukan apakah reaksi tersebut berjalan spontan, tidak spontan atau berada dalam keadaan setimbang, apabila nilai ΔG^0 adalah positif maka reaksi tersebut berjalan tidak spontan, apabila nilai ΔG^0 adalah negatif maka reaksi tersebut berjalan

spontan, sedangkan apabila nilai ΔG^0 adalah nol maka reaksi tersebut berada dalam keadaan setimbang.

Panas pembentukan standar (ΔH_r^0) merupakan besarnya panas reaksi yang mampu dihasilkan atau dibutuhkan untuk berlangsungnya suatu reaksi kimia. ΔH_r^0 bernilai positif menunjukkan reaksi tersebut membutuhkan panas untuk melangsungkan reaksi kimia (endotermis). Sedangkan, untuk ΔH_r^0 yang bernilai negatif menunjukkan reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi (eksotermis).

2.2.1 Proses I

1. Perhitungan Ekonomi

Tabel 2.1. Harga Bahan Baku dan Produk Proses I

Komponen	Harga (USD/kg)	Harga (Rp/kg)
Metil Asetat	0,52	7.748,94
Butanol	1,01	14.999,381
N-butil asetat	2,67	39.638,82

(Alibaba.com)

Kurs 1 USD = 14.846 (diakses pada 22 Juni 2022)

www.echemi.com



$$BM \text{ (kg/mol)} = 74,08 \quad 74 \quad 116 \quad 32,04$$

$$\text{Mol } CH_3COOC_4H_9 = \frac{\text{massa } CH_3COOC_4H_9}{BM \text{ } CH_3COOC_4H_9}$$

Yield yang dihasilkan = 99%

$$\text{Massa } CH_3COOC_4H_9 = 35.000 \text{ ton/tahun}$$

$$= \frac{35.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 4.419,1919 \text{ kg/jam}$$

Untuk kapasitas produksi n-butil asetat sebesar 4.419,1919 kg/jam dengan konversi 42% berdasarkan jurnal (Sancheti, 2015) sehingga jumlah kmol/jam butil asetar yang dihasilkan sebesar :

$$\text{Mol CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 = \frac{\text{massa CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9}{\text{BM CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9}$$

$$= \frac{4.419,1919 \text{ kg/jam}}{116 \text{ kg/mol}}$$

$$= 38,09 \text{ kmol/jam}$$

Maka,

	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2 + \text{C}_4\text{H}_9\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 + \text{CH}_3\text{OH}$			
M	90,70	90,70		
B	<u>38,09</u>	<u>38,09</u>	<u>38,09</u>	<u>38,09</u>
S	52,61	52,61	38,09	38,09

Metil Asetat (C₃H₆O₂)

Umpan segar Metil Asetat (Kemurnian 99,5%)

$$\text{BM C}_3\text{H}_6\text{O}_2 = 74,08 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Mol C}_3\text{H}_6\text{O}_2 \text{ awal} = 90,70 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_3\text{H}_6\text{O}_2 &= \text{mol CH}_3\text{COOH} \times \text{BM CH}_3\text{COOH} \\ &= 90,70 \text{ kmol/jam} \times 74,08 \text{ kg/kmol} \\ &= 6.712,2373 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_3\text{H}_6\text{O}_2 &= 6.712,2373 \text{ kg/jam} / 0,995 \\ &= 6.745,9672 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$= 59.094.672,25 \text{ kg/tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga } C_3H_6O_2 &= \text{massa } C_3H_6O_2 \times \text{harga } C_3H_6O_2 \\ &= 59.094.672,25 \text{ kg/tahun} \times 7.748,94 \\ &= \text{Rp } 457.921.069.558/\text{tahun} \end{aligned}$$

Butanol (C_4H_9OH)

Umpan segar Butanol (Kemurnian 99,5%)

$$\text{BM } C_4H_9OH = 74 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Mol } C_4H_9OH \text{ awal} = 90,70 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } C_4H_9OH &= \text{mol } C_4H_9OH \times \text{BM } C_4H_9OH \\ &= 90,70 \text{ kmol/jam} \times 74 \text{ kg/kmol} \\ &= 6.712,2373 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } C_4H_9OH &= 6.712,2373 \text{ kg/jam} / 0,995 \\ &= 6.745,8672 \text{ kg/jam} \\ &= 59.094.672,25 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga } C_4H_9OH &= \text{massa } C_4H_9OH \times \text{harga } C_4H_9OH \\ &= 59.094.672,25 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp } 14.999 \\ &= \text{Rp } 886.383.504.097 / \text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga Bahan Baku} &= \text{Harga Metil Asetat} + \text{Harga Butanol} \\ &= \text{Rp}457.921.069.558,- + \text{Rp}886.383.504.097,- \\ &= \text{Rp}1.344.304.573.656,- / \text{tahun} \end{aligned}$$

N-butyl asetat ($CH_3COOC_4H_9$)

$$\text{BM } CH_3COOC_4H_9 = 116 \text{ kg/kmol}$$

Massa $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 = 35.000.000 \text{ kg/tahun}$

Harga $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 = \text{massa } \text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 \times \text{harga } \text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$

$$= 35.000.000 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}39.638,82/\text{kg}$$

$$= \text{Rp}1.387.358.700.000,-/\text{tahun}$$

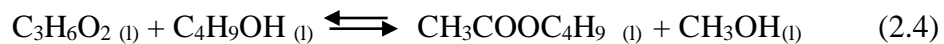
EP/Profit = harga jual produk – harga bahan baku

$$= \text{Rp}1.387.358.700.000 - \text{Rp}1.344.304.573.656,-$$

$$= \text{Rp}43.054.126.343,-/\text{tahun}$$

2. Enthalpi Reaksi

Dimana reaksi yang terjadi yaitu :



Nilai (ΔH°_r 298K) dari setiap komponen pada suhu 298K dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.2 ΔH°_F Dari Setiap Komponen Proses I Pada Suhu 298,15⁰K

Komponen	(ΔH°_F) ₂₉₈ , kJ/mol
Metil Asetat	-445,9
Butanol	-329,60
N-butil asetat	-609
Methanol	-238,42

(Yaws, 1999)

$$\begin{aligned}(\Delta H^{\circ}_r \text{ 298K}) &= \sum \Delta H_{\text{produk}} - \sum \Delta H_{\text{reaktan}} \\ &= ((-609) + (-238,42)) - ((-445,9) + (-329,60)) \\ &= -71,92 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Reaksi pembentukan n-butil asetat bersifat eksotermis yang ditandai dengan (ΔH°_r 298K) yang bernilai negatif.

3. Energi Gibbs

Tabel 2.3 Harga Energi Gibbs Bahan Baku Dan Produk Proses I

Komponen	$(\Delta H^0 G)_{298}$, kJ/mol
Metil Asetat	-316,57
Butanol	-154,02
N-butyl asetat	-234,80
Methanol	-166,2

(Yaws, 1999)

$$\begin{aligned} \Delta G^0_{298K} &= \sum \Delta G_{\text{produk}} - \sum \Delta G_{\text{reaktan}} \\ &= \{(-234,80) + (-166,2)\} - \{(-316,57) + (-154,02)\} \\ &= 69,59 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Didapatkan $\Delta G^0 > 0$ sehingga reaksi dapat berlangsung secara tidak spontan. Nilai energi gibbs yang positif menunjukkan bahwa reaksi ini membutuhkan energi yang besar.

2.2.2 Proses II

1. Perhitungan Ekonomi

Tabel 2.4. Harga Bahan Baku dan Produk Proses II

Komponen	Harga (USD/kg)	Harga (Rp/kg)
Etil Asetat	1	14.846
Butanol	1,01	14.999
N-butyl asetat	2,67	39.638,82

(Alibaba.com)

Kurs 1 USD = 14.846 (diakses pada 22 Juni 2022)

www.echemi.com



$$\text{BM (kg/mol)} \quad = \quad 88,12 \quad 74 \quad 116 \quad 46,07$$

$$\text{Mol CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 = \frac{\text{massa CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9}{\text{BM CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9}$$

Yield yang dihasilkan = 99%

$$\text{Massa CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 = 35.000 \text{ ton/tahun}$$

$$= \frac{35.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 4.419,1919 \text{ kg/jam}$$

Untuk kapasitas produksi n-butyl asetat sebesar 4.419,1919 kg/jam dengan konversi 75% berdasarkan jurnal (Bokade, 2016) sehingga jumlah kmol/jam butyl acetate yang dihasilkan sebesar :

$$\text{Mol CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 = \frac{\text{massa CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9}{\text{BM CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9}$$

$$= \frac{4.419,1919 \text{ kg/jam}}{116 \text{ kg/mol}}$$

$$= 38,09 \text{ kmol/jam}$$

Maka,

	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2 + \text{C}_4\text{H}_9\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 + \text{CH}_3\text{OH}$			
M	50,79	50,79		
B	38,09	38,09	38,09	38,09
S	12,70	12,70	38,09	38,09

Etil Asetat (C₄H₈O₂)

Umpan segar Etil Asetat (Kemurnian 99,5%)

$$\text{BM C}_4\text{H}_8\text{O}_2 = 88,12 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Mol C}_4\text{H}_8\text{O}_2 \text{ awal} = 50,79 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{Massa C}_4\text{H}_8\text{O}_2 = \text{mol C}_4\text{H}_8\text{O}_2 \times \text{BM C}_4\text{H}_8\text{O}_2$$

$$= 50,79 \text{ kmol/jam} \times 88,12 \text{ kg/kmol}$$

$$= 4.469,4464 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Massa C}_4\text{H}_8\text{O}_2 = 4.469,4464 \text{ kg/jam} / 0,99$$

$$= 4515,1386 \text{ kg/jam}$$

$$= 39.552.614,27 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Harga C}_4\text{H}_8\text{O}_2 = \text{massa C}_4\text{H}_8\text{O}_2 \times \text{harga C}_4\text{H}_8\text{O}_2$$

$$= 39.552.614,27 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp } 14.846$$

$$= \text{Rp } 587.198.111.382,02 / \text{tahun}$$

Butanol (C₄H₉OH)

Umpan segar Butanol (Kemurnian 99,5%)

$$\text{BM C}_4\text{H}_9\text{OH} = 74 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Mol C}_4\text{H}_9\text{OH awal} = 50,79 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{Massa C}_4\text{H}_9\text{OH} = \text{mol C}_4\text{H}_9\text{OH} \times \text{BM C}_4\text{H}_9\text{OH}$$

$$= 50,79 \text{ kmol/jam} \times 74 \text{ kg/kmol}$$

$$= 3.758,8529 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Massa C}_4\text{H}_9\text{OH} = 3.758,8529 \text{ kg/jam} / 0,995$$

$$= 3.777,7416 \text{ kg/jam}$$

$$= 33.093.016,46 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Harga C}_4\text{H}_9\text{OH} = \text{massa C}_4\text{H}_9\text{OH} \times \text{harga C}_4\text{H}_9\text{OH}$$

$$= 33.093.016,46 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp } 14.999$$

$$= \text{Rp } 496.374.762.294,58 / \text{tahun}$$

$$\text{Harga Bahan Baku} = \text{Harga Etil Asetat} + \text{Harga Butanol}$$

$$= \text{Rp } 587.198.111.382,02 + \text{Rp } 496.374.762.294,58$$

$$= \text{Rp } 1.083.572.873.676,60/\text{tahun}$$

N-butil asetat ($\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$)

$$\text{BM } \text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 = 116,16 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Massa } \text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 = 35.000.000 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Harga } \text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 = \text{massa } \text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 \times \text{harga } \text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$$

$$= 35.000.000 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp } 39.638,82/\text{kg}$$

$$= \text{Rp } 1.387.358.700.000,00,-/\text{tahun}$$

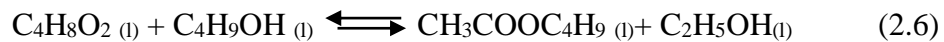
$$\text{EP/Profit} = \text{harga jual produk} - \text{harga bahan baku}$$

$$= \text{Rp } 1.387.358.700.000,00 - \text{Rp } 1.083.572.873.676,60$$

$$= \text{Rp } 303.785.826.323,-/\text{tahun}$$

2. Enthalpi Reaksi

Dimana reaksi yang terjadi yaitu :



Nilai (ΔH°_r 298K) dari setiap komponen pada suhu 298K dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.5 ΔH°_F Dari Setiap Komponen Proses II Pada Suhu 298,15⁰K

Komponen	(ΔH°_F) ₂₉₈ , kJ/mol
Etil Asetat	-478,82
Butanol	-329,60
N-butil asetat	-609
Ethanol	-277,05

(Yaws, 1999)

$$(\Delta H^{\circ}_r \text{ 298K}) = \sum \Delta H_{\text{produk}} - \sum \Delta H_{\text{reaktan}}$$

$$= ((-609)+(-277,05)) - ((-478,82)+(-329,60))$$

$$= -77,63 \text{ kJ/mol}$$

Reaksi pembentukan n-butyl asetat bersifat eksotermis yang ditandai dengan (ΔH°_r 298K) yang bernilai negatif.

2. Energi Gibbs

Tabel 2.6 Harga Energi Gibbs Bahan Baku dan Produk Proses II

Komponen	($\Delta H^{\circ}G$) ₂₉₈ , kJ/mol
Etil Asetat	-327,40
Butanol	-154,02
N-butyl asetat	-234,80
Ethanol	-168,28

(Yaws, 1999)

$$\Delta G^{\circ}_{298K} = \sum \Delta G_{\text{produk}} - \sum \Delta G_{\text{reaktan}}$$

$$= \{(-234,80)+(-168,28)\} - \{(-327,40)+(-154,02)\}$$

$$= 78,34 \text{ kJ/mol}$$

Didapatkan $\Delta G^{\circ} > 0$ sehingga reaksi dapat berlangsung secara tidak spontan. Nilai energi gibbs yang positif menunjukkan bahwa reaksi ini membutuhkan energi yang besar.

2.2.3 Proses III

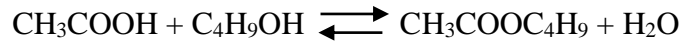
1. Perhitungan Ekonomi

Tabel 2.7 Harga Bahan Baku dan Produk Proses III

Komponen	Harga (USD/kg)	Harga (Rp/kg)
Asam Asetat	0,48	7.078
Butanol	1,01	14.999
N-butyl asetat	2,67	39.638,82

(Alibaba.com)

Kurs 1 USD = 14.353,15 (diakses pada 23 Februari 2022)



$$\text{BM (kg/mol)} = \quad 60 \quad \quad 74 \quad \quad \quad 116 \quad \quad 18$$

$$\text{Mol CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 = \frac{\text{massa CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9}{\text{BM CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9}$$

Yield yang dihasilkan = 99%

$$\text{Massa CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 = 35.000 \text{ ton/tahun}$$

$$= \frac{35.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 4.419,1919 \text{ kg/jam}$$

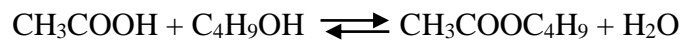
Untuk kapasitas produksi n-butil asetat sebesar 4.419,1919 kg/jam dengan konversi 85% berdasarkan jurnal (Leyes and Othmer, 1945) sehingga jumlah kmol/jam n-butil asetat yang dihasilkan sebesar :

$$\text{Mol CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 = \frac{\text{massa CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9}{\text{BM CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9}$$

$$= \frac{4.419,1919 \text{ kg/jam}}{116 \text{ kg/mol}}$$

$$= 38,09 \text{ kmol/jam}$$

Maka :



M	44,41	44,41	0,38	2,31
B	37,75	37,75	37,75	37,75
S	6,66	6,66	38,14	40,07

Asam Asetat (CH₃COOH)

Umpan segar Asam Asetat (Kemurnian 99%)

$$\text{BM CH}_3\text{COOH} = 60 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Mol CH}_3\text{COOH awal} = 44,41 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa CH}_3\text{COOH} &= \text{mol CH}_3\text{COOH} \times \text{BM CH}_3\text{COOH} \\ &= 44,41 \text{ kmol/jam} \times 60 \text{ kg/kmol} \\ &= 2.664,5 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa CH}_3\text{COOH} &= 2.664,5 \text{ kg/jam} / 0,99 \\ &= 2.691,41 \text{ kg/jam} \\ &= 23.577.672,73 \text{ kg/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Harga CH}_3\text{COOH} &= \text{massa CH}_3\text{COOH} \times \text{harga CH}_3\text{COOH} \\ &= 23.577.672,73 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}7.078 \\ &= \text{Rp}166.900.851.638,62/\text{tahun}\end{aligned}$$

Butanol (C₄H₉OH)

Umpan segar Butanol (Kemurnian 99,5%)

$$\text{BM C}_4\text{H}_9\text{OH} = 74 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Mol C}_4\text{H}_9\text{OH awal} = 44,41 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa C}_4\text{H}_9\text{OH} &= \text{mol C}_4\text{H}_9\text{OH} \times \text{BM C}_4\text{H}_9\text{OH} \\ &= 44,41 \text{ kmol/jam} \times 74 \text{ kg/kmol} \\ &= 3286,3400 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa C}_4\text{H}_9\text{OH} &= 3286,3400 \text{ kg/jam} / 0,995 \\ &= 3.302,8543 \text{ kg/jam} \\ &= 28.933.003,42 \text{ kg/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga C}_4\text{H}_9\text{OH} &= \text{massa C}_4\text{H}_9\text{OH} \times \text{harga C}_4\text{H}_9\text{OH} \\ &= 28.933.003,42 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp } 14.999 \\ &= \text{Rp}433.966.118.296,58 \text{ /tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga Bahan Baku} &= \text{Harga Asam Asetat} + \text{Harga Butanol} \\ &= \text{Rp}166.900.851.638,62 + \text{Rp}433.966.118.296,58 \\ &= \text{Rp}600.877.993.365,78 \text{ /tahun} \end{aligned}$$

N-butyl asetat (CH₃COOC₄H₉)

$$\text{BM CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 = 116,16 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Massa CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 = 35.000.000 \text{ kg/tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 &= \text{massa CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 \times \text{harga CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9 \\ &= 35.000.000 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}39.638,82/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\text{Harga Produk} = \text{Rp}1.387.358.700.000 \text{ /tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{EP/Profit} &= \text{harga jual produk} - \text{harga bahan baku} \\ &= \text{Rp}1.387.358.700.000 - \text{Rp}600.877.993.365,78 \\ &= \text{Rp}786.480.706.634,-/\text{tahun} \end{aligned}$$

2. Enthalpi Reaksi

Dimana reaksi yang terjadi yaitu :



Nilai (ΔH°_r 298K) dari setiap komponen pada suhu 298K dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.8 ΔH^0F Dari Setiap Komponen Proses III Pada Suhu 298K

Komponen	$(\Delta H^0F)_{298}$, kJ/mol
Asam Asetat	-485,5
Butanol	-329,60
N-butyl asetat	-609,0
Air	-285,83

(Yaws, 1999)

$$\begin{aligned}
 (\Delta H^0r_{298K}) &= \sum \Delta H_{\text{produk}} - \sum \Delta H_{\text{reaktan}} \\
 &= ((-609,0) + (-285,83)) - ((-485,5) + (-329,60)) \\
 &= -79,73 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Reaksi pembentukan n-butyl asetat bersifat eksotermis yang ditandai dengan (ΔH^0r_{298K}) yang bernilai negatif.

3. Energi Gibbs

Tabel 2.9 Harga Energi Gibbs Bahan Baku Dan Produk Proses III

Komponen	$(\Delta H^0G)_{298}$, kJ/mol
Asam Asetat	-299,78
Butanol	-154,02
N-butyl asetat	-234,80
Air	-237,13

(Yaws, 1999)

$$\begin{aligned}
 \Delta G^0_{298K} &= \sum \Delta G_{\text{produk}} - \sum \Delta G_{\text{reaktan}} \\
 &= \{(-234,80) + (-237,13)\} - \{(-299,78) + (-154,02)\} \\
 &= -18,13 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Didapatkan $\Delta G^0 < 0$ sehingga reaksi dapat berlangsung secara spontan.

Berdasarkan beberapa uraian diatas, maka dapat diperoleh perbandingan proses produksi n-Butyl Asetat yang disajikan dalam tabel 2.8 berikut :

Tabel 2.10 Perbandingan Proses Produksi n-Butil Asetat

Proses/Parameter	Proses I	Proses II	Proses III
Bahan Baku	Metil Asetat dan Butanol	Etil Asetat dan Butanol	Asam Asetat dan Butanol
Suhu (°C)	93°C	115°C	100°C
Konversi (%)	42%	75%	85%
ΔH°_r (kJ/mol)	-71,92 kJ/mol	-77,63 kJ/mol	-79,73 kJ/mol
ΔG° (kJ/mol)	69,59 kJ/mol	78,34 kJ/mol	-18,13kJ/mol
Keuntungan (Rp)	43.054.126.343,-	303.785.826.323,-	786.480.706.634,-
Jenis Katalis	Amberlyst 15 (padat)	Boron (padat)	Asam Sulfat (cair)
Harga Katalis (Rp)	33.300	60.500	12.700

Pertimbangan berdasarkan kondisi dari beberapa proses di atas, maka dipilih pembuatan n-butyl asetat dari butanol dan asam asetat dengan pertimbangan :

1. Suhu dan tekanan yang digunakan rendah
2. Bahan baku mudah didapat dan tidak beracun
3. Bahan baku lebih ekonomis
4. Bahan pembantu (katalis) yang digunakan asam sulfat yang hanya digunakan sedikit. Asam sulfat merupakan salah satu bahan yang mudah didapatkan karena banyak terdapat di pasaran dan harganya terjangkau
5. Secara termodinamika energi gibbs yang dihasilkan memungkinkan reaksi untuk berlangsung secara spontan dan sedikit membutuhkan energi

4. Konstanta Keseimbangan Reaksi

Produk n-Butyl asetat yang diproduksi melalui reaksi esterifikasi antara asam asetat dan n-butanol dengan menggunakan katalis asam sulfat memiliki konstanta keseimbangan reaksi yang dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

Dari Smith Van Ness (2005), persamaan (13.11b) :

$$\begin{aligned}
\ln K_{298,15} &= -\frac{\Delta G^0}{RT} \\
&= -\frac{-18,13 \text{ kJ/mol}}{8,314 \cdot 10^{-3} \text{ kJ/mol.K} \times 298,15 \text{ K}} \\
&= 7,31 \\
K_{298,15} &= 1500,51
\end{aligned}$$

Dari Smith Van Ness (2005), persamaan (13.15) :

$$\ln\left(\frac{K}{K_{298,15}}\right) = -\frac{\Delta H_{298,15}}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\text{ref}}}\right)$$

Berdasarkan Leyes dan Othmer (1945) reaksi berjalan pada suhu 100°C (373,15°K), maka besarnya konstanta kesetimbangan dapat dihitung sebagai berikut.

$$\ln\left(\frac{K}{K_{298,15}}\right) = -\frac{\Delta H_{298,15}}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\text{ref}}}\right)$$

$$\ln\left(\frac{K}{1500,51}\right) = -\frac{(-79,73 \text{ kJ/mol})}{8,314 \cdot 10^{-3} \text{ kJ/mol.K}} \times \left(\frac{1}{373,15} - \frac{1}{298,15}\right) \text{K}$$

$$\ln\left(\frac{K}{1500,51}\right) = -6,46$$

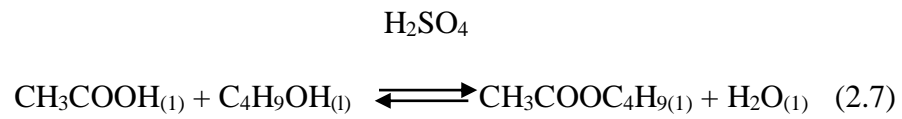
$$\left(\frac{K}{1500,51}\right) = 1,56 \cdot 10^{-3}$$

$$K = 2,34$$

Nilai K tersebut tidak berbeda jauh dengan nilai K pada jurnal IEC (Industrial Engineering and Chemistry), volume 37, nomor 10, 1945, halaman 976, yaitu 2,38.

5. Tinjauan Kinetika

Proses pembuatan n-butyl asetat merupakan reaksi esterifikasi antara asam asetat dan n-butanol sesuai dengan persamaan reaksi sebagai berikut.



Ditinjau dari kinetika reaksi antara asam asetat dengan n-butanol termasuk reaksi order 2. Persamaan kecepatan reaksi menurut Leyes dan Othmer (1945) adalah :

$$-r_A = kC_A^2$$

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

dengan,

r_A = kecepatan reaksi, mol/L.detik

k = konstanta kecepatan reaksi, L/mol.menit

C = asam asetat, % berat
= 0,0322%

B = butanol, mol

A = asam asetat, mol

C_A = konsentrasi asam asetat, mol/L

R = 8,314 Joule/mol.K

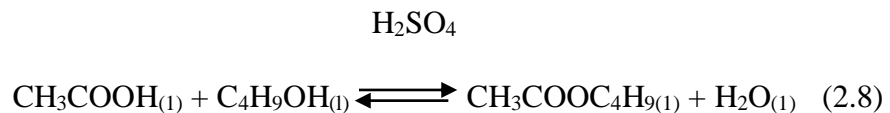
T = Suhu reaksi, K

Nilai k yang didapatkan dari data diatas adalah sebesar 0,01745 L/mol.menit.

2.3 Uraian Proses

Pada pembuatan n-butyl asetat, bahan baku utama yang digunakan yaitu Asam Asetat dan Butanol dalam fase cair serta menggunakan bahan baku penunjang berupa katalis asam sulfat dan penetral natrium hidroksida. Asam asetat, butanol, asam sulfat dan natrium hidroksida disimpan dalam tangki ST-101, ST-102, ST-103, dan ST-104 dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Bahan baku asam asetat dan butanol tersebut dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *heater* hingga suhu 100°C. Bahan-bahan tersebut dipompa menuju reaktor dan dicampur dengan *recycle* dari produk atas MD-301 sehingga didapatkan perbandingan asam asetat dan n-butanol sebesar 1:5.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :




Reaksi dalam reaktor dibantu dengan katalis asam sulfat. Reaksi ini bersifat eksotermis dan dioperasikan pada suhu 100°C dengan tekanan 1 atm dan konversi reaksi pembentukan n-butyl asetat sebesar 85%. Produk dari reaktor didinginkan dengan *cooler* hingga suhu 40°C. Selanjutnya, produk yang sudah didinginkan dialirkan ke netralizer untuk menetralkan asam sulfat menggunakan natrium hidroksida sehingga terbentuk larutan garam natrium sulfat dan air. Selanjutnya, produk yang dihasilkan dari netralizer dipisahkan menggunakan decanter DC-301 berdasarkan kelarutannya, terbentuk fasa ringan dan fasa berat. DC-301 yang mengandung fraksi ringan yang meliputi butanol dan n-butyl asetat . Fasa berat DC-301 mengandung banyak air dan garam natrium sulfat serta asam asetat, sedikit butanol dan n-butyl asetat yang

kemudian dialirkan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL). Selanjutnya, fasa ringan DC-301 dimurnikan lagi di MD-301. Distilat MD-301 berupa butanol dan sedikit n-butil asetat yang selanjutnya menjadi arus recycle menuju RE-201. Produk bawah MD-301 berupa produk akhir n-butil asetat dengan kemurnian 99% dan impuritas berupa 1% butanol.

BAB III
SPEKIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK


3.1. Spesifikasi Bahan Baku Utama

a. Butanol

- Nama Lain : N-Butyl Alcohol AR, 1-Butanol, n-Butanol, Propylcarbinol, Butan-1-ol, BuOH
- Rumus molekul : C_4H_9OH
- Struktur Kimia :

- Berat Molekul : 74 g/mol
- Bentuk : Cairan



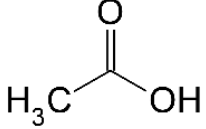
- Kemurnian : 99,5%
Impurities
- Air : 0,05%
- Titik didih : 117,7 °C
- Titik Beku : -89,03 °C
- Densitas : 810 kg/m³

- Viskositas : 2,573 mPa s
- MSDS : 
- *Hazard Statement* : H226 : Cairan dan uap mudah menyala.
H302 : Berbahaya jika tertelan.
H315 : Menyebabkan iritasi kulit.
H318 : Menyebabkan kerusakan mata yang serius.
H335 : Dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan.
H336 : Dapat menyebabkan mengantuk dan pusing.
- *Precautionary* : P210 : Jauhkan dari panas/percikan/api terbuka /permukaan yang panas. Dilarang merokok.
P280 : Pakai pelindung mata.
- *Respons* : P302 + P352
Jika terkena kulit: Cuci dengan banyak sabun dan air.
P305 + P351 + P338
Jika terkena mata : Bilas dengan seksama dengan air untuk beberapa menit.
P313
Dapatkan nasehat/perhatian medis.
(Smart-Lab Indonesia dan PT Petro Oxo Nusantara)

b. Asam Asetat

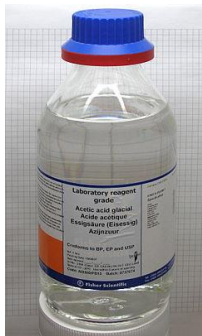
- Nama Lain : Asam Asetat

- Rumus molekul : CH_3COOH

- Struktur Kimia : 

- Berat Molekul : 60 g/mol

- Bentuk : Cairan



- Kemurnian : 99%

Impurities

- Air : 1%

- Titik didih : 118 °C

- Titik Beku : 16,7 °C

- Densitas : 1.049 kg/m³

- Viskositas : 1,22 mPa s

- MSDS : 

- *Hazard Statement* : H226 : Cairan dan uap yang mudah terbakar

H314 : Menyebabkan luka bakar parah pada kulit dan kerusakan mata

H332 : Berbahaya jika terhirup

H402 : Berbahaya bagi kehidupan akuatik

- *Precautionary* : P210 : Jauhkan dari panas, percikan api, nyala api terbuka, permukaan yang panas. dilarang merokok

P233 : Jaga agar wadah tetap tertutup rapat.

P240 : Wadah pentanahan/ikatan dan peralatan penerima.

P241 : Gunakan peralatan listrik, ventilasi, penerangan yang tahan ledakan.

P242 : Gunakan hanya alat yang tidak memicu.

P243 : Lakukan tindakan pencegahan terhadap muatan listrik statis.

P260 : Jangan menghirup kabut, uap, semprotan.

P264 : Cuci kulit yang terpapar secara menyeluruh setelah penanganan.

P271 : Gunakan hanya di luar ruangan atau di area yang berventilasi baik.

P273 : Hindari pelepasan ke lingkungan.

P280 : Kenakan pakaian pelindung, sarung tangan pelindung, pelindung mata, pelindung wajah.

- *Respons* : P301+P330+P331

Jika tertelan: bilas mulut.

P303+P361+P353

Jika terkena kulit (atau rambut): Segera lepas semua pakaian yang terkontaminasi.

Bilas kulit dengan air/mandi.

P304+P340

Jika terhirup : Pindahkan orang ke udara segar dan jaga agar tetap nyaman untuk bernapas.

P305+P351+P338

Jika terkena mata: Bilas dengan hati-hati dengan air selama beberapa menit.

P310

Segera hubungi pusat racun atau dokter/dokter.

P363

Cuci pakaian yang terkontaminasi sebelum digunakan kembali.

P370+P378

Jika terjadi kebakaran: Gunakan karbon dioksida (CO₂), bubuk, busa tahan alkohol untuk memadamkan

P403+P235

Simpan di tempat yang berventilasi baik.

Tetap tenang.

P501

Buang isi/wadah untuk mematuhi peraturan local, negara bagian, dan federal

(Lab Chem dan PT Indo Acidatama)

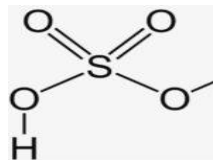
3.2. Spesifikasi Bahan Baku Penunjang

a. Asam Sulfat

- Nama Lain : Hydrogen sulfate, Oil of vitriol, Chamber acid

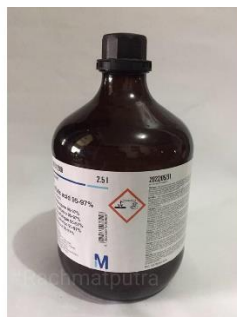
- Rumus molekul : H_2SO_4

- Struktur Kimia :



- Berat Molekul : 98 g/mol

- Bentuk : Cairan



- Kemurnian : 98%

- Impurities

Air : 2%

- Warna : Tidak berwarna sampai sedikit kuning
- Titik didih : 338°C
- Titik beku : 10,36°C
- Densitas : 1.837 kg/m³
- Viskositas : 24 mPa s
- MSDS :



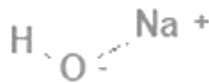
- *Hazard Statement* : H290 : Dapat korosif terhadap logam
H314 : Menyebabkan luka bakar parah pada kulit dan kerusakan mata
- *Precautionary* : P280 : Pakai sarung tangan pelindung/pakaian pelindung /pelindung mata/pelindung wajah.
- *Respons* : P301 + P330 + P331
Jika tertelan : Basuh mulut. Jangan merangsang muntah.
P305 + P351 + P338
Jika terkena mata : Bilas dengan seksama dengan air untuk beberapa menit. Lepaskan lensa kontak jika memakainya dan mudah melakukannya. Lanjutkan membilas.
P308 + P310

Jika terpapar atau dikuatirkan: Segera hubungi sentra informasi keracunan atau dokter/tenaga medis

(Smartlab dan PT Petrokimia Gresik)

b. Natrium Hidroksida

- Nama Lain : Sodium hydroxide, caustic soda
- Rumus molekul : NaOH
- Struktur molekul :



- Berat molekul : 40 g/mol
- Bentuk : Larutan



- Kemurnian : 48% berat
- Impurities
- Air : 52%
- Titik didih : 1.390°C
- Titik lebur : 322°C
- Densitas : 2.130 kg/m³
- Viskositas : 78 mPa s
- MSDS :

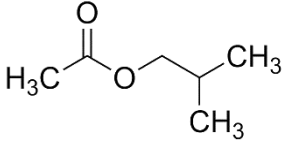


- *Hazard Statement* : H290 : Dapat korosif terhadap logam
H314 : Menyebabkan luka bakar parah pada kulit dan kerusakan mata
- *Precautionary* : P280 : Pakai sarung tangan pelindung/pakaian pelindung /pelindung mata/pelindung wajah.
- *Respons* : P301 + P330 + P331
Jika tertelan : Basuh mulut. Jangan merangsang muntah.
P305 + P351 + P338
Jika terkena mata : Bilas dengan seksama dengan air untuk beberapa menit. Lepaskan lensa kontak jika memakainya dan mudah melakukannya. Lanjutkan membilas.
P308 + P310
Jika terpapar atau dikuatirkan: Segera hubungi sentra informasi keracunan atau dokter/tenaga medis

(Smart Lab dan PT Tjiwi Kimia)



3.3. Spesifikasi produk

a. N-butil asetat

- Nama Lain : Butil etanoat
- Rumus molekul : $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$
- Struktur molekul : 

The image shows the chemical structure of n-butyl acetate. It consists of an acetate group (CH₃-C(=O)-O-) bonded to a n-butyl group (-CH₂-CH₂-CH₂-CH₃). The methyl group of the acetate is on the left, and the n-butyl chain extends to the right.
- Berat Molekul : 116 g/mol
- Bentuk : Cairan



- Kemurnian : 99%
- Titik didih : 126 °C
- Titik beku : - 76,3 °C
- Densitas : 882,5 kg/m³
- Viskositas : 0,685 mPa s
- MSDS :  
- *Hazard Statement* : H226 : Cairan dan uap yang mudah terbakar
H336 : Dapat menyebabkan rasa mengantuk dan pusing
H402 : Membahayakan makhluk dalam air

- *Precautionary* : P210 : Jauhkan dari panas/ percikan api/ lidah api/
permukaan-permukaan yang panas
Dilarang merokok
P261 : Hindarkan menghirup debu/asap/gas/kabut
P280 : Gunakan pakaian/sarung tangan pelindung /
pelindung mata/muka
- *Respons* : P303 + P361 + P353
Jika terkena kulit (atau rambut): Buka
segera semua pakaian yang terkontaminasi.
Bilaslah kulit dengan air/pancuran air
P304 + P340
Bila terhirup: Pindahkan ke udara segar
dan usahakan tetap beristirahat dalam
posisi nyaman untuk bernapas
P312
Telponlah ke pusat racun/dokter bila anda
merasa tidak sehat.
(Material Safety Data Sheet Butil Asetat)

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.d., 1995, "Chemical Engineering Cost Estimation", McGraw Hill Company, New York
- Badan Pusat Statistik, 2022, *Statistic Indonesia*, www.bps.go.id , Indonesia
- Barton, A. F. M., 1984, *Solubility Data Series*, International Union Of Pure and Applied Chemistry, Australia.
- Bincer and Dincer. 2018, "ammonia production". Canada : University of Ontario Institute of Technology, Oshawa.
- Bokade V.V., 2016, A Single Step Process for The Preparation of Butyl Acetate, World Intellectual Property Organization, Patent No. WO 2016/038629 A1.
- bpsdm.pu.go.id diakses pada 09 Agustus 2022
- Brown, G.G, 1950, Unit Operations, John Wiley & Sons: New York.
- Brownell.L.E. and Young.E.H, 1959, Process Equipment Design 3ed, John Wiley & Sons, New York.
- Broughton, J., 1994, Process Utility System: Introduction to Design, Operation and Maintenance, Institute of Chemical Engineers, United Kingdom

Chan, Arthur., and Seider, Warren D., 2004, Batch Manufacture of Propylene Glycol, Department of Chemical and Biomolecular Engineering University of Pennsylvania, Pennsylvania.

Conventional Distillation Process', International Journal of Innovation in Engineering Technology, volume 5, hh. 278-283.

Coulson.J.M. and Ricardson.J.F, 1983, Chemical Engineering vol 6, Pergamon Press Inc, New York.

Geankoplis, C.J., 1993, *Transport Processes and Unit Operations*, 3rd ed., Prentice-Hall International, Canada.

Himmelblau., 1996, *Basic Principles and calculations in Chemical Engineering*, Prentice-Hall International, Tokyo.

Indonesia. Undang-Undang tentang Perseroan Terbatas, UU No. 40 tahun 2007, LN No. 106 Tahun 2007, TLN No. 4756.

Joshi, M.V., 1981 , *Proses Equipment Design*, McGraw Hill Company Ltd

Kern.D.Q., 1983, Process Heat Transfer, McGraw-Hill Book Company, New York.

Kemenkes No. 32 Tahun 2017

Kepdal 2000 No.113 Pedoman Teknis Laboratorium

LabChem, 1998, "Acetic Acid : Safety Data Sheet".

(<http://www.labchem.com/tools/msds/msds/LC10100.pdf>), diakses pada 20 Juni 2022

- Leyes, C.E. & Othmer D.F., 1945, 'Esterification of Butanol and Acetic Acid',
Industrial and Engineering Chemistry, vol.37, No.10, pp. 968-977
- Ludwig, E.E., 1996. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*. 3rd, vol 1. Gulf Publishing Inc, Houston.
- Material Safety Data Sheet Butil Asetat, diakses dari <http://www.msdsbutilasetat.com/>, diakses pada 24 Juni 2022
- McCabe, W. L. & Smith, J. M., 1999. *Unit Operation of Chemical Engineering*, 4th ed., McGraw Hill Book Company, Singapore.
- McKetta, J.J., 1978, *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*, volume 5, Marcel Dekker, Inc., New York.
- Moss, R. D, 2004, *Pressure Vessel Design Manual* 3th edition, Gulf Professional Publishing, USA.
- Harnby, N., Edwards, M. F., and Nienow, A. W., 1997, *Mixing in the Process Industries*, Butterworth-Heinemann, New Delhi.
- Perry.R.H. and Green.D, 1997, *Perry's Chemical Engineer Handbook* 7th ed , McGraw-Hill Book Company, New York.
- Peter.M.S. and Timmerhause.K.D, 1991, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering* 3ed, McGraww-Hill Book Company, New York.
- Powell, S.T., 1954, "Water Conditioning for Industry", Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Rase, H.F. & Holmes, J.R., 1977, *Chemical Reactor Design for Process Plant*. vol 2, *Principles and Techniques*, John Wiley & Sons Inc. New York

Sancheti, N.V., Shirsat, S.P., & Awachar, D.D., 2015, 'Simulation of Butyl Acetate and Methanol Production by Transesterification Reaction via

Sanna, A., and Valer, M. M. M., 2014. 'CO₂ Sequestration Using a Novel Na-salts pH Swing Mineral Carbonation Process', *Energy Procedia*, vol. 63, pp. 5897 – 5903.

Shaw, D. G. and Goral, M., 2010, 'IUPAC-NIST Solubility Data Series. 88. Esters With Water-Revised and Updated.Part 2. C₅ and C₆ Esters', *Journal of Physical and Chemical*.

Smart Lab, 2017, Lembar Data Keselamatan Bahan kimia, menurut Peraturan (UE) No.1907/2006.

Smart Lab, 2019, Lembar Data Keselamatan Bahan kimia, menurut Peraturan (UE) No.1907/2006.

Smith, J, M, and Van Ness, H, H 2005, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 7 th ed., McGraw Hill International Book Company, Singapore.

Sukamta, 2015. Pompa-centrifugal. Staff UNY : Yogya

Thermo Fisher Scientific, Material Safety Data Sheet "Acetic Acid". (Diakses pada tanggal 1 Agustus 2022)

Towler, G., & Sinnott, R., 2013, *Chemical Engineering Design*, 2nd ed., Elsevier Ltd., United Kingdom.

Turton, R., Shaeiwitz J.A., Bhattacharyya, D., & Whiting W. B., 2018, *Analysys, Synthesis, and Design of Chemical Processes*, 5th ed, Pearson Education Inc.,

Ulrich.G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.

Walas, S.M., 1990. *Chemical Process Equipment*. 3rd ed. Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering, USA.

Wallas. S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers, Stoneham USA.

www.acidatama.co.id, diakses pada 10 Juni 2022

www.pon.co.id, diakses pada 10 Juni 2022

www.tjiwi.co.id, diakses pada 10 Juni 2022

<https://sumbersejarah1.blogspot.com/2018/07/peta-jawa-timur.html>, diakses pada 18 September 2022

www.echemi.com, diakses tanggal 08 September 2022

<https://www.bps.go.id/indicator/13/383/1/suku-bunga-kredit-rupiah-menurut-kelompok-bank.html>, diakses pada 8 september 2022

<https://arthabeton.co.id>, diakses pada 8 september 2022

www.alibaba.com diakses pada 21 juni 2022

www.waltpower.com diakses pada 10 Agustus 2022

www.atbbatam.com diakses pada 12 Agustus 2022

www.ocw.ui.ac.id diakses pada 12 Agustus 2022

www.jurnal.um-palembang.ac.id. diakses pada 22 Agustus 2022

<https://www.abma.com/> diakses pada 10 September 2022

<https://www.bi.go.id/id/statistik/informasi-kurs/transaksi-bi/kalkulator-kurs.aspx>,

diakses pada 22 juni 2022

Yaws, C.L., 1999, Chemical Properties Handbook, Mc Graw Hill Book Co., New York.