

**PRA RANCANGAN PABRIK BENZIL ALKOHOL DARI BENZIL
KLORIDA DAN NATRIUM KARBONAT DENGAN KAPASITAS
3.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia**



Nama : Lestari Dwi Susanto

Nama : Niken Pratiwi

No. Mahasiswa : 16521044

No. Mahasiswa : 16521049

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2020

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PERANCANGAN PABRIK

ii

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PERANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Lestari Dwi Susanto Nama : Niken Pratiwi
No. Mahasiswa : 16521044 No. Mahasiswa : 16521049

Yogyakarta, 24 Oktober 2020

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Lestari Dwi SusantoNiken Pratiwi

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRARANCANGAN PABRIK BENZIL ALKOHOL DENGAN PROSES
HIDROLISIS BENZIL KLORIDA DAN NATRIUM KARBONAT
DENGAN KAPASITAS 3.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK



Oleh :

Nama : Lestari Dwi Susanto

Nama : Niken Pratiwi

No. Mahasiswa : 16521044

No. Mahasiswa : 16521049

Yogyakarta, 24 Oktober 2020

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Bachrun Sutrisno, Ir., M.Sc.

Venitalitya Alethea S.A., S.T., M.Eng

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**PABRIK BENZIL ALKOHOL DARI BENZIL KLORIDA DAN NATRIUM
KARBONAT DENGAN PROSES HIDROLISIS DENGAN KAPASITAS 3.000
TON/TAHUN****PERANCANGAN PABRIK**

Oleh :

Nama : Lestari Dwi Susanto

Nama : Niken Pratiwi

No. Mahasiswa : 16521044

No. Mahasiswa : 16521049

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, November 2020

Tim Penguji,

Bachrun Sutrisno, Ir., M. Sc.
Ketua

Dr. Diana, S.T., M.Sc.
Anggota I

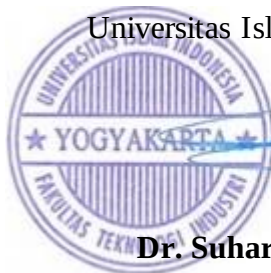
Lilis Kistriyani, S.T., M. Eng.
Anggota II

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

**Dr. Suharno Rusdi**

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah Rabbil'aalamiin. Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanallahu wa Ta'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik Benzil Alkohol dengan Proses Hidrolisis Benzil Klorida dan Natrium Karbonat dengan Kapasitas 3.000 Ton/Tahun ” dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Jurusan Teknik Kimia untuk menyelesaikan studi Strata-1 pada Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Karya sederhana ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Maka dari itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah menyertai dan meridhoi setiap jalan yang dilalui dan memberikan kemudahan kepada penulis.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan dan doa selama menjalani pendidikan S1 Teknik Kimia di Universitas Islam Indonesia hingga tugas akhir ini dapat selesai dengan baik.
3. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
4. Bapak Bachrun Sutrisno, Ir., M.Sc. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan ilmu, bantuan, dukungan dan kesabarannya selama penyusunan Tugas Akhir ini sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ini dengan baik.
5. Ibu Venitalitya Alethea Sari Agustia, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan ilmu, bantuan, dukungan dan kesabarannya selama penyusunan Tugas Akhir ini sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ini dengan baik.
6. Seluruh Dosen Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia atas segala ilmu dan pembelajaran yang telah diberikan.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung selama melaksanakan studi di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia maupun selama proses penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Penulis membutuhkan kritik dan saran demi kesempurnaan laporan. Semoga karya yang masih jauh dari kata sempurna ini bisa berguna dan memberikan manfaat bagi berbagai pihak.

Aamiin ya Rabbal'alamin,

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 24 Oktober 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PERANCANGAN PABRIK.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
INTISARI.....	xi
<i>ABSTRACT</i>	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang Pendirian Pabrik.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Produksi.....	2
1.3 Tinjauan Pustaka.....	5
1.3.1. Bahan Baku, Bahan Pembantu, dan Produk.....	5
1.3.2.1. Benzil Alkohol	5
1.3.2.2. Benzil Klorida.....	5
1.3.2.3. Natrium Karbonat	6
1.3.2. Macam- Macam Proses	6
1.3.2.1. Hidrolisis Benzil Klorida.....	6
1.3.2.2. Hidrogenasi dan Reduksi Benzaldehida.....	6
1.3.2.3. Oksidasi Toluena.....	7
1.3.2.4. Reaksi Cannizzaro	8
1.4 Pemilihan Proses.....	8
1.5 Kegunaan Benzil Alkohol.....	10
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	11
2.1 SPESIFIKASI PRODUK	11
2.1.1. Benzil Alkohol	11
2.1.1.1. Sifat Fisik.....	11
2.1.1.2. Sifat Kimia	11
2.1.2. Natrium Klorida	12
2.1.2.1. Sifat Fisik.....	12
2.1.2.2. Sifat Kimia	12
2.1.3. Karbondioksida.....	13

2.1.3.1.	Sifat Fisik.....	13
2.1.3.2.	Sifat Kimia	13
2.2	SPESIFIKASI BAHAN BAKU.....	13
2.2.1	Benzil Klorida	13
2.2.1.1	Sifat Fisik.....	13
2.2.1.2	Sifat Kimia	14
2.2.2	Natrium Karbonat.....	14
2.2.2.1	Sifat Fisik.....	14
2.2.2.2	Sifat Kimia	15
2.2.3	Air.....	15
2.2.3.1	Sifat Fisik.....	15
2.2.3.2	Sifat Kimia	16
2.3	PENGENDALIAN KUALITAS.....	17
2.3.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku	17
2.3.2	Pengendalian Kualitas Proses.....	19
2.3.3	Pengendalian Kualitas Produksi	21
BAB III	PERANCANGAN PROSES.....	22
3.1	Uraian Proses	22
3.1.1	Tahap Penyiapan Bahan Baku	22
3.1.1.1	Penyiapan Benzil Klorida.....	22
3.1.1.2	Penyiapan Natrium Karbonat	22
3.1.2	Tahap Proses Reaksi	23
3.1.3	Tahap Pemurnian Produk.....	23
3.2	Spesifikasi Alat/ Mesin Produk.....	24
3.3	Perencanaan Produksi	40
3.3.1	Kapasitas Produksi.....	40
3.3.2	Analisis Kebutuhan Bahan Baku	40
3.3.3	Analisis Kebutuhan Alat Proses	40
BAB IV	PERANCANGAN PABRIK.....	41
4.1	LOKASI PABRIK.....	41
4.1.1	Pengadaan Bahan Baku Pabrik.....	41
4.1.2	Tenaga Listrik dan Bahan Bakar.....	42
4.1.5	Tenaga Kerja	43
4.1.6	Pemasaran	43
4.1.7	Iklim	43

4.1.8	Faktor Penunjang Lain	44
4.2	Tata Letak Pabrik	45
4.3	Tata Letak Alat	47
4.4	Alir Proses dan Material	50
4.4.1.	Diagram Alir Kualitatif	50
4.4.2.	Diagram Alir Kuantitatif.....	51
4.4.3.	Neraca Massa.....	52
4.5	Perawatan (<i>Maintenance</i>).....	56
4.6	Pelayanan Teknik (Utilitas).....	56
4.6.1.	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	57
4.6.2.	Unit Pengolahan Air.....	60
4.6.3.	Unit Pembangkit <i>Steam</i>	68
4.6.4.	Udara Tekan.....	69
4.6.5.	Listrik	69
4.6.6.	Bahan Bakar.....	72
4.6.7.	Spesifikasi Alat Utilitas.....	72
4.7	Organisasi Perusahaan	83
4.7.1.	Bentuk Perusahaan.....	83
4.7.2.	Struktur Organisasi Perusahaan	84
4.7.3.	Tugas dan Wewenang.....	87
4.7.4.	Rencana Kerja	91
4.7.5.	Sistem Penggajian Karyawan.....	92
4.8	Evaluasi Ekonomi	97
BAB V KESIMPULAN		121
5.1	Kesimpulan	121
5.2	Saran.....	122
LAMPIRAN A		125

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor Benzil Alkohol	2
Tabel 1. 2 Data Kapasitas Produksi Pabrik yang Telah Ada	4
Tabel 1. 3 Jenis – jenis Proses Pembuatan Benzil Alkohol	8
Tabel 2. 1 Identifikasi Hazard Bahan Kimia dan Pengelolaannya	17
Gambar 4. 1 Tampilan Google Earth Lokasi Pabrik Benzil Alkohol	41
Gambar 4. 2 Peta Jarak antara Lokasi Pabrik dan Penyedia Bahan Baku	42
Gambar 4. 3 Tata Letak Pabrik Benzil Alkohol	47
Gambar 4. 4 Tata letak alat proses	49
Gambar 4. 5 Diagram Alir Kualitatif	50
Gambar 4. 6 Diagram Alir Kuantitatif	51
Gambar 4. 7 Diagram Pengolahan Air	61
Gambar 4. 8 Struktur Organisasi Pabrik Benzil Alkohol	86
Gambar 4. 9 Grafik Indeks Harga Tiap Tahun	99
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Kapasitas Produksi Terhadap BEP dan SDP ..	120



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor Benzil Alkohol.....	3
Gambar 4. 1 Tampilan Google Earth Lokasi Pabrik Benzil Alkohol.....	41
Gambar 4. 2 Peta Jarak antara Lokasi Pabrik dan Penyedia Bahan Baku	42
Gambar 4. 3 Tata Letak Pabrik Benzil Alkohol.....	47
Gambar 4. 4 Tata letak alat proses	49
Gambar 4. 5 Diagram Alir Kualitatif	50
Gambar 4. 6 Diagram Alir Kuantitatif	51
Gambar 4. 7 Diagram Pengolahan Air.....	61
Gambar 4. 8 Struktur Organisasi Pabrik Benzil Alkohol.....	86
Gambar 4. 9 Grafik Indeks Harga Tiap Tahun	99
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Kapasitas Produksi Terhadap BEP dan SDP..	120



INTISARI

Benzil alkohol merupakan bahan baku intermediat yang digunakan untuk bahan baku industri komersil, pelarut dan pelapis. Berdasarkan estimasi prarancangan, pabrik benzil alkohol ini dirancang berkapasitas 3000 ton/tahun. Pabrik ini diproyeksikan bekerja selama 24 jam dengan 330 hari kerja. Pabrik ini terletak di daerah Gresik, Jawa Timur. Dibangun diatas lahan seluas 19253 m² dengan 132 karyawan didalamnya. Bahan baku yang digunakan yaitu benzil klorida sebanyak 4027,8451 ton/tahun dan natrium karbonat sebanyak 3370,9603 ton/tahun dikirim dari Shandong Liaocheng Luxi Chemical Group Co. Ltd dan PT. Aneka Kimia Inti. Produksi benzil alkohol dilakukan pada suhu 110⁰C dan tekanan 2 atm dalam sebuah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) secara isothermal adiabatik, reaksi tersebut dapat mengolah 76% benzil klorida untuk menghasilkan produk benzil alkohol. Berdasarkan perhitungan utilitas sederhana, fasilitas produksi benzil alkohol memompa sebanyak 26512,3095 kg air dari Sungai Bengawan Solo pada setiap jamnya. Total energy listrik yang dibutuhkan untuk perumahan dan produksi adalah 261,5057 kVA yang bersumber dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan energi cadangan internal generator . Studi kelayakan bisnis untuk pabrik berisiko rendah memberikan kesimpulan bahwa perusahaan ini layak untuk investasi dan pembangunan. Analisa keuntungan menunjukkan nilai yang menarik sebelum maupun setelah pajak. Dari hasil perhitungan evaluasi ekonomi perancangan pabrik benzil alkohol ini diperoleh keuntungan sebelum pajak sebesar Rp88.578.305.091 dan keuntungan setelah pajak Rp70.862.644.073. Sebagai tambahan, persentase *return on investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 29%. Sedangkan ROI setelah pajak 23,2 %. *Payout time* (POT) pabrik sebelum pajak dibebankan adalah 2,6 tahun dan POT setelah pajak adalah 3,0 tahun. *Break even point* (BEP) menunjukkan angka yang juga menarik yaitu 42 % sementara itu *shut down point* (SDP) 16,02%. *Discounted cash flow rate* (DCFR) mengindikasikan nilai yang menjanjikan yaitu 28,75% di atas 9 % suku bunga bank.

Kata kunci : benzil alkohol, benzil klorida, natrium karbonat

ABSTRACT

Benzil alcohol is one of intermediate chemical used for commercial industry stocks, solvent and coating. This benzyl alcohol plant is designed with 3.000 tons/year production capacity, according to preliminary design estimation. This plant is projected to operate 24 hours for 330 working days. It was located in Gresik, East Java. It is built upon 19.253 m² with 132 employees. Required feed stock of 4027,8451 tons benzyl chloride/year and 3370,9603 tons sodium carbonate/year was shipped by Shandong Liaocheng Luxi Chemical Group Co. Ltd and PT. Aneka Kimia Inti. Benzyl alcohol production process was carried out under 110⁰C and 2 atm isothermal adiabatic continuous stirred tank reactor (CSTR), the reaction converts 76% of benzyl chloride to produce benzyl alcohol. According to basic utility calculation, benzyl alcohol production facility pumped 26512,3095 kg/hr water from Bengawan Solo River. Total electricity required for housing and production processes are 261,5057 kVA and is provided by PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) and reserved internal generator. Studies on the plant business expediency for low risk process has led to conclusion that it is feasible for investment and further establishment. Profitability analysis figures above interesting values before and after tax, it gives Rp88.578.305.091 and Rp70.862.644.073 respectively. In addition, percentage of return on investment (ROI) before tax was 29% while after tax given is 23,2%. Pay out time (POT) is 2,6 years before tax and 3,0 years after tax charged. Break even point (BEP) shows an interesting number with 42% while shut down point (SDP) 16,02%. Discounted cash flow rate (DCFR) indicate a promising number that is 28,75% over 9% bank interest.

Keywords : benzyl alcohol, benzyl chloride, sodium carbonat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang Pendirian Pabrik

Meningkatnya perkembangan industri kimia di Indonesia menjadi salah satu penyebab terjadinya eskalasi kebutuhan terhadap bahan - bahan kimia. Peningkatan ini dapat terpenuhi dengan didirikannya pabrik kimia yang akan mengurangi ketergantungan negara terhadap luar negeri sehingga dapat meminimalisir pengeluaran negara untuk impor bahan tersebut.

Benzil Alkohol merupakan senyawa yang terdapat di alam dalam keadaan bebas dan didalam bentuk gabungan dengan senyawa lain. Di beberapa keadaan lain, benzil alkohol terdapat pada senyawa ester dari senyawa asetat, salisilat, dan asam sinamat. Benzil alkohol dapat ditemukan pada bahan alami seperti pada tanaman (buah dan teh) dan ekstrudat pohon. Contohnya benzil alkohol dapat ditemukan pada pohon myroxylon balsamum (balsam Peru dan Tolu) selain itu terdapat juga pada minyak esensial dari bunga hychintus, alang - alang, eceng gondok, dan terdapat juga dalam glukosida pada tepung jagung (Ullmann, 1914).

Benzil alkohol dalam industri kimia sebagian besar digunakan sebagai pelarut (solvent). Selain itu benzil alkohol dalam industri tekstil digunakan sebagai bahan campuran dalam proses pencelupan kain. Pada industri farmasi digunakan sebagai anestesi lokal. Pada bidang lain misalnya color photography digunakan sebagai akselerator pengembang fotografi. Serta banyak digunakan pada bahan pembuatan parfum dan juga coating.

Dalam memenuhi kebutuhan di Indonesia, benzil alkohol diperoleh dengan cara mengimpor bahan baku tersebut dari luar negeri seperti China, India, dan Eropa. Karena pada saat ini, belum terdapat pabrik benzil alkohol di Indonesia. Dilihat dari data impor benzil alkohol, pada setiap tahunnya mengalami peningkatan. Oleh karena itu, pendirian pabrik benzil alkohol ini merupakan salah satu cara untuk mengurangi pengeluaran negara dalam mengimpor bahan baku benzil alkohol sehingga diharapkan Indonesia dapat memproduksi sendiri dalam upaya pemenuhan kebutuhan dalam negeri.

Apabila pabrik benzil alkohol dapat didirikan di Indonesia, maka akan memberikan beberapa keuntungan yaitu berkurangnya jumlah impor bahan baku benzil alkohol yang dapat meminimalisir pengeluaran negara, memberikan lapangan pekerjaan bagi masyarakat Indonesia, dan diharapkan dapat meningkatkan devisa negara karena benzil alkohol termasuk permintaan bahan baku pasar internasional yang memiliki harga relatif mahal.

1.2 Penentuan Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi dalam suatu pabrik merupakan faktor yang penting karena dapat memengaruhi dalam perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan suatu pabrik. Penentuan kapasitas produksi pabrik benzil alkohol ini didasarkan pada beberapa pertimbangan melalui data ketersediaan bahan baku, data impor produk dan data kapasitas produksi pabrik yang sudah ada.

1.2.1. *Supply dan Demand*

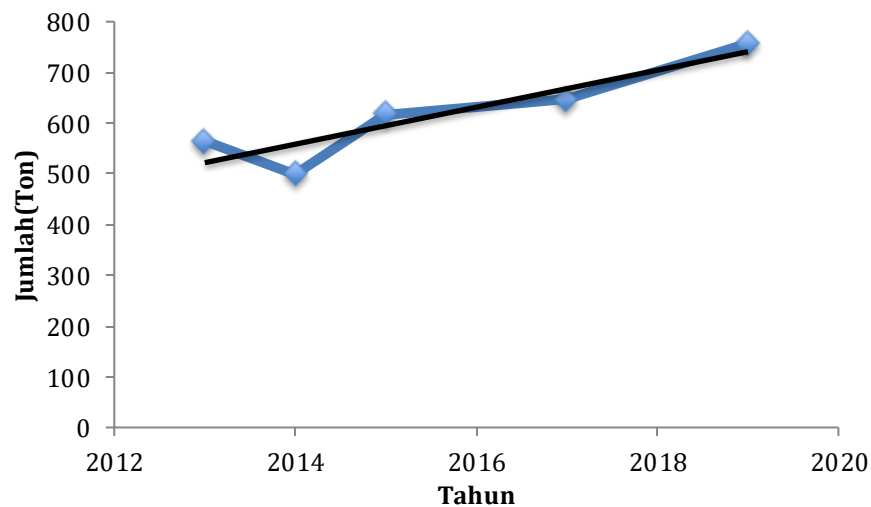
Nilai supply suatu produk dapat diperoleh dari produksi dalam negeri dan impor dari produk tersebut. Data untuk kebutuhan impor benzil alkohol selama 5 (lima) tahun terakhir di Indonesia yang disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. 1 Data Impor Benzil Alkohol

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2013	563,433
2014	498,916
2015	617,793
2017	647,033
2019	757,148

Sumber : BPS, 2013-2019

Dari tabel tersebut kemudian dibuatkan grafik untuk melihat kecenderungan naik atau turunnya impor benzil alkohol untuk tahun mendatang.



Gambar 1. 1 Grafik Impor Benzil Alkohol

Dari grafik data impor benzil alkohol diatas, kebutuhan benzil alkohol setiap tahun cenderung bersifat fluktuatif. Hal ini dapat terlihat pada persamaan garis lurus $y = 36,478x - 72908$ dengan x sebagai fungsi tahun. Dari persamaan tersebut dapat dihitung kebutuhan benzil alkohol dalam negeri pada 2025 mendatang.

$$y = 36,478x - 72908$$

$$y = 36,478 (2025) - 72908$$

$$y = 959,95 \text{ Ton}$$

Maka kebutuhan benzil alkohol di Indonesia pada tahun 2025 meningkat menjadi 959,95 ton/tahun.

Pabrik benzil alkohol hingga saat ini masih belum terdapat di Indonesia oleh karena itu pemenuhan kebutuhan benzil alkohol masih bergantung terhadap impor produk. Sehingga untuk menghitung supply jumlah produksi nilainya dapat diabaikan karena produksi di Indonesia dianggap 0.

$$\text{Supply} = \text{Impor} + \text{Produksi}$$

$$= (959,95 + 0) \text{ Ton/Tahun}$$

$$= 959,95 \text{ Ton/Tahun}$$

Dikarenakan pabrik benzil alkohol belum terdapat di Indonesia maka nilai demand tersebut tidak dapat ditentukan.

1.2.2. Kapasitas Pabrik Sejenis

Selain dipengaruhi oleh supply dan demand, penentuan kapasitas pabrik dapat dipertimbangkan dengan kapasitas pabrik sejenis yang sudah ada. Saat ini belum terdapat pabrik benzil alkohol di Indonesia oleh karena itu berikut ini adalah daftar perusahaan – perusahaan yang telah memproduksi benzil alkohol di luar negeri.

Tabel 1. 2 Data Kapasitas Produksi Pabrik yang Telah Ada

Nama Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
Inoes AG., London	17.000
Hubei Greenhome Fine Chemical Co.Ltd, Hubei China	48.000
Wuhan Biet Co.Ltd, Wuhan China	5.000
Geecee Vent Company, India	6.000
Sheetal Organics, Amerika	12.000
Xinggan Science & Technology Industrial Co., Nachang China	16.000
Jinan Shijitongda Chemical Co. Ltd, Jinan China	36.000
Chemfine International Co.Ltd, Jiangsu China	35.000
Gujarat Alkalies Co.Ltd, India	3000

Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus di atas kapasitas pabrik minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang saat ini beroperasi. Berdasarkan Tabel 1.3, kapasitas pabrik yang telah ada paling kecilnya adalah 3.000 ton/tahun. Sehingga kapasitas yang akan didirikan diambil sebesar 3.000 ton/tahun.

Dengan kapasitas produksi tersebut, perusahaan akan memasarkan produk benzil alkohol untuk keperluan dalam negeri dan luar negeri (ekspor) ke beberapa negara di Asia Pasifik (ASEAN, dan Jepang) yang memiliki tingkat perkembangan kebutuhan benzil alkohol yang tinggi dikarenakan adanya pertumbuhan industri farmasi berdasarkan *market analysis report benzyl alcohol manufacture*.

1.2.3. Ketersediaan Bahan Baku

Salah satu kebutuhan utama proses produksi suatu pabrik yaitu bahan baku. Bahan baku pembuatan benzil alkohol adalah benzil klorida dan natrium karbonat. Benzil klorida diperoleh impor dari Luxi Chemical Group Co. Ltd, China yang memiliki kapasitas produksi 80.000 ton/tahun. Sedangkan bahan baku natrium karbonat diperoleh dari PT Aneka Kimia Inti, Surabaya.

Berdasarkan hal di atas maka direncanakan pabrik benzil alkohol didirikan dengan kapasitas 3.000 ton/tahun dengan harapan membantu memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga ketergantungan pada impor dapat dikurangi.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1. Bahan Baku, Bahan Pembantu, dan Produk

1.3.2.1. Benzil Alkohol

Benzil alkohol merupakan senyawa alkohol aromatik yang mempunyai rumus molekul $C_6H_5CH_2OH$. Benzil Alkohol juga dikenal dengan nama dagang yang bermacam-macam seperti Benzemethanol; Phenylmethanol; (Hydroxymethyl) Benzene; Alpha- Hydroxytoluene; Benzalcohol, Benzoyl Alcohol. Pada suhu ruangan, benzil alkohol berbentuk cairan yang tidak berwarna dan memiliki bau yang aromatik. Ketika benzil alkohol mengalami deprotonasi, maka anion yang dihasilkan disebut benzilat.

Benzil alkohol sukar larut dalam air namun dapat saling melarutkan dalam senyawa dietil eter, aseton, etanol dan alkohol lainnya. Struktur dari senyawa ini yaitu mempunyai gugus hidroksi yang terikat pada gugus benzyl.

1.3.2.2. Benzil Klorida

Benzil klorida ($C_6H_5CH_2Cl$) merupakan cairan yang tak berwarna dan memiliki aroma yang kuat serta mengiritasi. Sintesis benzil klorida dapat dilakukan melalui proses klorometilasi benzena dengan katalis $ZnCl_2$. Benzil klorida digunakan dalam produksi benzal klorida, benzil alkohol, dan benzaldehida. Penggunaan di

industri mencakup pembuatan plastik, pewarna, tanin sintetis, parfum, dan resin. Selain itu dapat digunakan dalam pembuatan obat-obatan.

1.3.2.3. Natrium Karbonat

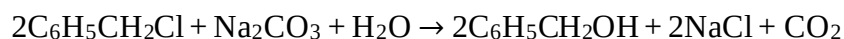
Natrium karbonat merupakan senyawa inorganik yang tidak memiliki bau dan umumnya berbentuk padatan serbuk atau kristal serbuk atau granula. Natrium Karbonat atau natrium karbonat ini dikenal dengan nama dagang soda abu atau soda cuci di Indonesia.

Natrium karbonat digunakan sebagai bahan tambahan makanan, dalam pembuatan bahan kimia lain, gelas, sabun, digunakan sebagai pemutih untuk mencuci wol, kapas, linen, pembersih umum, pelunakan air, dalam bidang fotografi dan dalam bidang farmasi.

1.3.2. Macam- Macam Proses

1.3.2.1. Hidrolisis Benzil Klorida

Reaksi hidrolisis benzil klorida merupakan sintesis benzil alkohol yang banyak dilakukan di industri. Reaksi ini terjadi dengan adanya agen penyabun sebagai sumber alkali yang akan bergabung dengan hidrogen klorida ketika terbentuk benzil alkohol. Pada proses hidrolisis ini, soda merupakan agen penyabun yang sangat baik misalnya larutan natrium karbonat atau soda ash. Reaksinya berlangsung pada kondisi suhu sekitar 110°C-150°C dan tekanan 2 atm tanpa menggunakan katalis. Kemurniannya dapat mencapai 99% dan konversi reaksi 76%. Persamaan reaksinya adalah :

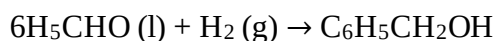


(Ullmann, 1914)

1.3.2.2. Hidrogenasi dan Reduksi Benzaldehida

Benzaldehida dapat dihidrogenasi untuk membentuk benzil alkohol, toluena, hidroksimetilsikloheksana, metilsikloheksana, dan produk lainnya. Akan tetapi, untuk menghasilkan benzil alkohol dari proses ini harus dipilih kondisi operasi

dan katalis yang tepat. *Nikel Raney* atau *sodium amalgam* dapat berfungsi sebagai katalis. Reaksi ini berlangsung pada suhu 25°C dengan tekanan 3 atm. Proses ini juga merupakan salah satu produksi benzil alkohol di industri. Persamaan reaksi sebagai berikut :



(Ullmann, 1914)

1.3.2.3. Oksidasi Toluena

Oksidasi katalitik toluena ini cenderung menghasilkan yield benzil alkohol yang rendah karena kondisi reaksinya cenderung mendukung oksidasi yang menghasilkan benzaldehida dan asam benzoat. Selain itu toluena yang diperbolehkan untuk bereaksi tidak boleh lebih dari 10% karena akan cenderung menghasilkan benzil hidroperoksida. Dalam reaksi ini memerlukan zat penstabil untuk hidroperoksida tersebut. Oksidasi toluena sebagai fase cair di udara dilakukan dengan adanya asam seperti asam klorida atau asam anhidrida agar membentuk benzil ester dari asam-asam tersebut. Kemudian disaponifikasi untuk membentuk benzil alkohol.

Oksidasi toluena dengan adanya asetat anhidrida pada suhu 140 – 240°C dan tekanan 10-29 atm menghasilkan benzil asetat. Oksidasi dihentikan setelah 10% toluena bereaksi. Setelah saponifikasi produk oksidasi, dari 10% toluena yang bereaksi maka akan menghasilkan sekitar 7% benzil alkohol sisanya adalah benzaldehida dan asam benzoat.

(Ullmann, 1914)

1.3.2.4. Reaksi Cannizzao

Pada reaksi ini formaldehida dioksidasi menjadi asam formiat, aldehida aromatik direduksi menjadi alkohol yang terjadi pada fase homogen (cair-cair) dengan kondisi suhu 204-207°C dan tekanan 4,4-6,1 atm. Benzaldehida digunakan sebagai agen pereduksi dengan menggunakan katalis alkali. Reaksi ini hanya setengah dari aldehyd yang tereduksi menjadi alkohol sebagian lainnya menjadi asam sehingga kemurniannya sebesar 60%. Persamaan reaksinya yaitu:



(Ullmann, 1914)

1.4 Pemilihan Proses

Maka dalam pembuatan benzil alkohol dipilih proses hidrolisis benzil klorida dengan mempertimbangkan nilai kemurnian produk yang tinggi.

Tabel 1. 3 Jenis – jenis Proses Pembuatan Benzil Alkohol

Parameter yang ditinjau	Jenis Proses			
	Hidrolisis Benzil Klorida	Hidrogenasi dan Reduksi Benzaldehida	Oksidasi Toluena	Reaksi Cannizzaro
Hasil Samping	Garam NaCl, gas CO ₂	Tidak diketahui	Benzaldehida, asam benzoat	Asam
Proses	Tanpa katalis	Katalis logam atau alkali	Diperlukan zat penstabil hidroperoksida	Katalis alkali, aldehid hanya sebagian tereduksi

Tabel 1. 3 Jenis – jenis Proses Pembuatan Benzil Alkohol

	Jenis Proses			
Parameter yang ditinjau	Hidrolisis Benzil Klorida	Hidrogenasi dan Reduksi Benzaldehida	Oksidasi Toluena	Reaksi Cannizzaro
Biaya	Lebih ekonomis, bahan baku relatif lebih murah	Bahan baku benzaldehida relatif mahal	Biaya produksi tidak seimbang dengan yield yang dihasilkan	Sudah lama tidak digunakan lagi dalam skala industri
Kondisi Operasi				
Temperatur, °C	110-150	25	140-240	204-207
Tekanan, atm	2	3	10-29	4,4-6,1
Konversi, %	76	75	-	60

Berdasarkan Tabel 1.5, jenis proses yang dipilih yaitu proses hidrolisis benzil klorida karena memiliki beberapa keuntungan yaitu produk yang dihasilkan memiliki kemurnian 99%, konversi reaksinya paling besar, tidak menggunakan katalis, kondisi operasi seperti suhunya yaitu 110°C dan tekanannya relatif paling rendah yaitu 2 atm.

Untuk skala industri, proses hidrolisis dipilih dengan pertimbangan bahwa secara teknik, ditinjau dari kondisi operasinya, reaksi berlangsung pada tekanan dan suhu yang relatif rendah, sehingga dapat meminimasi kebutuhan energi, selain itu prosesnya lebih ekonomis dengan bahan baku yang mudah didapat dan lebih murah. Reaksi ini berlangsung tanpa katalis dan berlangsung pada fase cair, sehingga reaksinya homogen.

1.5 Kegunaan Benzil Alkohol

Dalam industri kimia, benzil alkohol banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku maupun bahan penunjang. Kegunaan benzil alkohol sebagian besar digunakan sebagai pelarut (*solvent*) misalnya pada komposisi *coating* atau *waterproofing* dan resin. Karena memiliki sifat sebagai pelarut yang baik, benzil alkohol dapat melarutkan selulosa ester dan eter, resin alkyd, resin akrilik dan juga lemak. Benzil alkohol juga digunakan sebagai bahan dalam pembuatan tinta untuk pulpen. Pada industri tekstil digunakan sebagai bahan tambahan dalam proses pencelupan kain wol, poliamida, dan poliester.

Selain itu benzil alkohol digunakan sebagai agen pelarut dan pengencer (*diluting agent*) dalam pembuatan parfum dan rasa (*flavor*). Dalam *color photography* digunakan sebagai akselerator pengembang fotografi. Pada industri farmasi digunakan sebagai anestesi lokal karena memiliki pengaruh mikrobisidal, sebagai bahan pembuatan salep dan sediaan obat lainnya. Benzil alkohol ini merupakan bahan pelopor ester diberbagai industri pembuatan sabun, parfum, rasa (*flavor*), zat penstabil untuk parfum yang mudah menguap, dan bahan tambahan untuk meningkatkan fleksibilitas atau kelenturan dan ketahanan suatu bahan. Benzil alkohol juga digunakan dalam proses distilasi ekstraktif dari m-xilena dan p-xilena dan juga m-cresol dan p-cresol (Ullmann, 1914).

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 SPESIFIKASI PRODUK

2.1.1. Benzil Alkohol

2.1.1.1. Sifat Fisik

Rumus Molekul	: $C_6H_5CH_2OH$
Berat Molekul (g/mol)	: 108,14
Wujud dalam kondisi kamar	: liquid
Kemurnian	: 99%
Titik didih pada 1 atm ($^{\circ}C$)	: 205,31
Titik lebur pada 1 atm ($^{\circ}C$)	: -15,4
Suhu kritis ($^{\circ}C$)	: 442
Tekanan kritis (mPa)	: 4,3
Tekanan uap (kPa)	: 0,015
Berat jenis, 24 $^{\circ}C$ (g/mL)	: 1,0419
Kapasitas panas, cair 25 $^{\circ}C$ (J/gK)	: 2,015
Panas laten peleburan (kJ/mol)	: 8,97
Viskositas (mPa s)	: 5,47
Autoignition temperature ($^{\circ}C$)	: 436

(Hubei Greenhome Fine Chemical Co.Ltd)

2.1.1.2. Sifat Kimia

Sifat – sifat kimia dari benzil alkohol ditentukan oleh gugus hidroksil yang menunjukkan reaksi khas alkohol alifatik. Jika benzil alkohol dipanaskan dengan adanya senyawa dehidrasi (misalnya alumunium oksida) maka dibenzil eter, toluena, dan benzaldehida akan terbentuk. Dibenzil eter juga akan terbentuk apabila benzil alkohol dipanaskan dengan asam kuat atau basa. Jika terjadi

oksidasi benzil alkohol maka akan terbentuk benzaldehida secara perlahan. Benzil alkohol dapat di dehidrogenasi dalam fase gas dengan menggunakan katalis yang mengandung tembaga atau logam mulia. Produk hasil dehidrogenasi yang utama yaitu benzaldehida. Reaksi hidrogenasi pada benzil alkohol akan menghasilkan toluena, benzena, metil sikloheksana, sikloheksana, dan hidroksi metil sikloheksana namun tergantung pada kondisi reaksi tersebut (Kirk-Othmer, 2004).

Apabila dalam mereaksikan benzil alkohol menggunakan katalis *Friedel-Crafts* (misalnya, aluminium klorida anhidrat, seng klorida, asam sulfat pekat, atau asam perklorat) menghasilkan pembentukan produk resin yang memiliki komposisi $H(C_7H_6)_nOH$ sesuai dengan polibenzil yang terbuat dari benzil klorida. Untuk alasan keamanan, benzil alkohol tidak boleh dipanaskan hingga suhu diatas $100^{\circ}C$ kecuali terdapat bebas pada bahan asam dan besi terlarut (Ullmann, 1914).

2.1.2. Natrium Klorida

2.1.2.1. Sifat Fisik

Rumus Molekul	: NaCl
Berat Molekul (g/mol)	: 58,443
Wujud dalam kondisi kamar	: padatan kristal
Titik didih pada 1 atm ($^{\circ}C$)	: 1465
Titik lebur pada 1 atm ($^{\circ}C$)	: 800,7
Kelarutan, $30^{\circ}C$ (g/100g H_2O)	: 36
Berat jenis (g/mL)	: 2,17
Kapasitas panas, cair $25^{\circ}C$ (J/gK)	: 1,44

(Lide, 2005)

2.1.2.2. Sifat Kimia

Senyawa ini dapat terdekomposisi pada suhu tinggi dan menghasilkan asap HCl atau Na_2O yang beracun. Natrium klorida juga dapat tersedia dalam wujud larutan yang mana larutan ini dapat bersifat korosif pada bahan logam. Senyawa ini stabil dalam bentuk padatan dan bersifat higroskopis.

2.1.3. Karbondioksida

2.1.3.1. Sifat Fisik

Rumus Molekul	: CO ₂
Berat Molekul (g/mol)	: 44,01
Wujud dalam kondisi kamar	: gas
Titik didih pada 1 atm (°C)	: -78,46
Titik lebur pada 1 atm (°C)	: -56,56
Suhu kritis (°C)	: 31,14
Tekanan uap (atm)	: 56,5
Tekanan kritis (MPa)	: 7,375
Berat jenis (g/L)	: 1,799
Volume kritis, (cm ³ /mol)	: 94
Panas laten peleburan (kJ/mol)	: 9,02
Kapasitas panas (J/mol.K)	: 37,13

(Pubchem ncbi , 2020)

2.1.3.2. Sifat Kimia

Senyawa karbondioksida tidak dapat terbakar dan bersifat agak asam. Karbondioksida dapat terdekomposisi jika dipanaskan pada suhu diatas 2000⁰C yang akan menghasilkan karbon monoksida yang beracun (Kirk-Othmer, 2004) .

2.2 SPESIFIKASI BAHAN BAKU

2.2.1 Benzil Klorida

2.2.1.1 Sifat Fisik

Rumus Molekul	: C ₆ H ₅ CH ₂ Cl
Berat Molekul (g/mol)	: 126,584
Kemurnian	: 99,7 %
Impuritas	: 0,03 % C ₇ H ₈
Wujud dalam kondisi kamar	: liquid
Titik didih pada 1 atm (°C)	: 179

Titik lebur pada 1 atm (°C)	: -39,4
Suhu kritis (°C)	: 413
Tekanan kritis (bar)	: 39,10
Tekanan uap (kPa)	: 0,164
Berat jenis, 20°C (g/mL)	: 1,095
Kapasitas panas, cair 25°C (J/gK)	: 1,44
Panas pembakaran (kJ/mol)	: 3708
Panas penguapan, 25°C (kJ/mol)	: 50,1
Autoignition temperature (°C)	: 585

(Luxi Chemical Group Shandong)

2.2.1.2 Sifat Kimia

Benzil klorida bersifat korosif terhadap logam dan jaringan serta mudah meledak apabila kondisi *flash point* campuran uap-udaranya melebihi batas. Selain itu apabila kontak dengan air ataupun uap panas hingga terdekomposisi maka akan menghasilkan asap beracun yaitu hidrogen klorida.

Senyawa ini merupakan senyawa alifatik terhalogenasi yang sangat reaktif. Kereaktifannya akan berkurang apabila bertambahnya substitusi halogen untuk atom hidrogen. Benzil klorida dapat mengalami polimerisasi apabila dilakukan pemanasan serta adanya kehadiran senyawa logam (kecuali nikel dan timah) dan asam klorida sehingga perlu dicegah dengan inhibitor seperti trietilamin, propilena oxide, atau natrium karbonat. Oksidasi Benzil Klorida oleh senyawa alkali KMnO_4 akan menghasilkan asam benzoat.

(Kirk-Othmer, 2004)

2.2.2 Natrium Karbonat

2.2.2.1 Sifat Fisik

Rumus Molekul	: Na_2CO_3
Berat Molekul (g/mol)	: 105,99
Wujud dalam kondisi kamar	: padatan serbuk

Titik didih, 1 atm (°C)	: dekomposisi
Titik lebur, 1 atm (°C)	: 858,1
Kelarutan, 0°C (g/g H ₂ O)	: 7,1
Kelarutan, 100°C (g/g H ₂ O)	: 485
Panas spesifik, 30°C (cal/mol)	: 0,89
Panas penguapan (cal/mol)	: 700
Berat jenis, 25°C (g/cm ³)	: 2,533
Panas laten peleburan (kJ/mol)	: 29,7
Entalpi pembentukan, 25°C (kcal/mol)	: -269,46
Kapasitas panas, 25°C (cal/mol°C)	: 4,3350

(PT Aneka Inti, 2020)

2.2.2.2 Sifat Kimia

Senyawa ini stabil pada kondisi normal penggunaan, higroskopis, dan dapat menyerap kelembapan dari udara. Kondisi yang harus dihindari yaitu berada dengan bahan yang tak tercampurkan seperti asam kuat serta kondisi panas, lembap atau berair. Natrium karbonat apabila bereaksi dengan logam aluminium panas dan amonia akan mudah meledak sedangkan jika bereaksi dengan flouride maka akan mudah terbakar. Apabila senyawa ini bereaksi dengan flourine maka akan terjadi dekomposisi pada suhu normal. Proses dekomposisi senyawa ini mulai terjadi pada suhu 400°C oleh karena itu titik didihnya tidak dapat ditentukan. Ketika dipanaskan kemudian mencapai terjadinya dekomposisi maka akan menghasilkan asap Na₂O yang beracun. Senyawa ini larut dalam air panas dan gliserol, larut sebagian dalam air dingin, dan tidak dapat larut dalam aseton dan alkohol (Kirk-Othmer, 2004).

2.2.3 Air

2.2.3.1 Sifat Fisik

Rumus Molekul	: H ₂ O
Berat Molekul (g/mol)	: 18,015
Wujud dalam kondisi kamar	: liquid

Titik didih pada 1 atm (°C)	: 100
Titik lebur pada 1 atm (°C)	: 0
Suhu kritis (°C)	: 374
Tekanan kritis (atm)	: 218
Tekanan uap murni (mmHg)	: 760
Berat jenis, (g/mL)	: 0,997
Kapasitas panas, cair 25°C (J/gK)	: 4,22
Panas pembentukan (kJ/mol)	: 6,013
Panas penguapan (kJ/mol)	: 40,63
Viskositas (cP)	: 1,050

(Lide, 2005)

2.2.3.2 Sifat Kimia

- Elektrolisis air

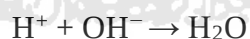


- Reaksi asam basa

Auto ionisasi :



$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ at } 25^\circ\text{C}$$



$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+], [\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}, \text{pH} = 7.0$$

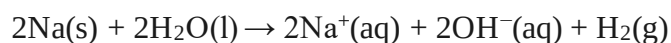
larutan pada 25°C

$$\text{neutral solution} \quad [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] \text{ pH} = 7$$

$$\text{acidic solution} \quad [\text{H}^+] > [\text{OH}^-] \text{ pH} < 7$$

$$\text{basic solution} \quad [\text{OH}^-] > [\text{H}^+] \text{ pH} > 7$$

- Reaksi Oksidasi Reduksi



(Dean, 1999)

2.3 PENGENDALIAN KUALITAS

Pengendalian kualitas merupakan suatu usaha yang dilakukan untuk menjamin standar mutu mulai dari bahan, proses pengolahan produksi dan pengolahan barang setengah jadi serta produksi jadi hingga menjamin mutu standar pendistribusian pada pembeli sesuai dengan permintaan konsumen.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian bahan baku bertujuan untuk menjamin bahwa bahan baku yang digunakan sesuai dengan standar mutu yang telah ditetapkan. Oleh karena itu sebelum melakukan proses produksi, maka dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku yaitu benzil klorida, natrium karbonat dan air dengan tujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses dengan baik di pabrik. Adapun parameter yang akan diuji adalah kemurnian bahan baku benzil alkohol dan natrium karbonat serta kadar air.

Tabel 2. 1 Identifikasi Hazard Bahan Kimia dan Pengelolaannya

Komponen	Hazard							Keterangan	Pengelolaan
	Explosive	Flammable	Toxic	Corrosive	Irritant	Oxidizing	Radioactive		
Benzil Alkohol		✓	✓		✓			Flash point : 101°C; Auto/Self point: 435°C; LEL : 1,3%; UEL : 13%	Simpan ditempat yang sejuk, kering dan berventilasi baik. Hindari terbentuknya uap/aerosol

Tabel 2. 1 Identifikasi Hazard Bahan Kimia dan Pengelolaannya

Komponen	Hazard							Keterangan	Pengelolaan
	Explosive	Flammable	Toxic	Corrosive	Irritant	Oxidizing	Radioactive		
Benzil Klorida		✓	✓	✓	✓			Flash point : 67°C; LEL : 1,1%; UEL : 14%	Jauhkan dari sumber penyulut api/panas. Simpan ditempat berventilasi baik.
Natrium Karbonat					✓			Higroskopis	Jauhkan dari asam, lindungi dari kelembapan, jangan disimpan pada suhu >25
Natrium Klorida					✓			Higroskopis	Simpan ditempat sejuk, kering dan berventilasi baik.

Tabel 2. 1 Identifikasi Hazard Bahan Kimia dan Pengelolaannya

Komponen	Hazard							Keterangan	Pengelolaan
	Explosive	Flammable	Toxic	Corrosive	Irritant	Oxidizing	Radioactive		
Karbondioksida	✓							Acidic gas	Simpan hanya ditempat yang bersuhu tidak melebihi 125°F (52°C)
Toluena	✓	✓			✓	✓		Flash point : 4,4°C (closed cup); Auto/Self ignition point : 480°C; LEL : 1,3%; UEL : 7%	Jauhkan dari sumber panas dan nyala api.

Sumber : Sigma-Aldrich

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian proses bertujuan dalam meminimalisir terjadinya kesalahan dalam mempertahankan mutu standar yang telah ditetapkan. Pengendalian proses dilakukan secara sistematis untuk menjamin proses produksi beroperasi sesuai dengan rencana penetapan standar mutu yang diterapkan dan melakukan revisi atas kesalahan yang terjadi sehingga menghasilkan produksi sesuai mutu standar yang berlaku. Pengendalian proses dijalankan dengan sistem *Automatic*

Control yang telah di *setting* pada nilai tertentu. Pada dasarnya sistem pengendalian terdiri dari (Considine, 1985):

1. Sensing elemen (Primary Element)
Elemen yang menunjukkan adanya perubahan dari harga variabel yang diukur.
2. Elemen pengukur (Measurement Element)
Elemen pengukur adalah suatu elemen yang sensitif terhadap adanya perubahan suhu, tekanan, laju alir, maupun tinggi fluida. Perubahan ini merupakan sinyal dari proses dan disampaikan oleh elemen pengukur ke elemen pengantar.
3. Elemen Pengontrol (Controlling Element)
Elemen pengontrol yang menerima sinyal kemudian akan segera mengatur perubahan – perubahan proses tersebut sama dengan set point (nilai yang diinginkan). Dengan demikian elemen ini akan dapat segera memperkecil ataupun meniadakan penyimpanan yang terjadi.
4. Elemen pengontrol akhir (Final Control Element)
Elemen ini merupakan elemen yang akan melakukan rubah masukan yang keluar dari elemen prengontrol kedalam proses sehingga variabel yang diukur tetap berada dalam batas yang diinginkan dan merupakan hasil yang dikehendaki.

Beberapa alat kontrol yang umum digunakan dalam pengendalian kualitas proses di suatu pabrik, yaitu :

1. *Temperature controller*, alat yang digunakan dalam mengatur dan memantau suhu yang terjadi dari penyimpanan bahan baku hingga produksi.
2. *Flow controller*, alat yang digunakan untuk mengatur aliran, baik aliran masuk maupun aliran keluar proses.
3. *Level controller*, alat yang digunakan untuk pengendalian volume cairan pada tangki/vessel.
4. *Pressure controller*, alat yang digunakan untuk mengatur tekanan di dalam reaktor.

5. *Ratio controller*, alat yang digunakan untuk mengatur rasio masuknya antara bahan baku benzil klorida dan natrium karbonat.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produksi

Pengendalian produksi bertujuan dalam menghasilkan produk sesuai standar mutu yang telah diterapkan. Untuk memperoleh mutu produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara *system control* sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada maka dilakukan uji densitas, kemurnian produk, dan komposisi komponen produk.



BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Pabrik Benzil alkohol ini akan diproduksi dengan kapasitas 3.000 ton/tahun dengan menggunakan bahan baku benzil klorida dan natrium karbonat. Pabrik ini diperkirakan beroperasi selama 24 jam per hari dalam 330 hari setahun. Proses produksi dapat berlangsung dengan lebih efektif dan efisien bila menggunakan pemilihan proses yang tepat. Terdapat beberapa tahap dalam proses produksi, antara lain tahap penyiapan bahan baku, tahap proses reaksi dan tahap pemurnian produk.

3.1.1 Tahap Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan Benzil Alkohol adalah benzyl klorida, natrium karbonat dan air.

3.1.1.1 Penyiapan Benzil Klorida

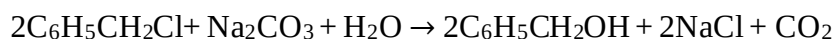
Benzil klorida disimpan dalam tangki penyimpanan bahan baku (T-01) dengan suhu 30°C tekanan 1 atm. Benzil klorida yang berfase cair akan dialirkan dengan menggunakan (P-02) dan dimasukkan ke dalam reaktor (R-01) yang sebelumnya telah dipanaskan hingga suhunya menjadi 110°C dengan menggunakan *heater* (HE-02).

3.1.1.2 Penyiapan Natrium Karbonat

Natrium karbonat yang berupa padatan disimpan di gudang penyimpanan bahan baku (G-01) dan ditransportasikan menggunakan *bucket elevator* (BC-01) menuju hopper (HO-01). Kemudian ditransportasikan menggunakan *screw conveyor* (SC-01) kedalam tangki pencampuran (M-01) untuk dilarutkan dengan air, setelah terlarut maka akan dialirkan menggunakan pompa (P-03) ke pemanas (HE-01) dan dipanaskan hingga suhunya menjadi 110°C. Kemudian natrium karbonat dimasukkan ke dalam reaktor (R-01).

3.1.2 Tahap Proses Reaksi

Di dalam reaktor terjadi reaksi antara benzil klorida dengan natrium karbonat dan air, reaktor yang digunakan yaitu Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang beroperasi pada suhu 110°C dan tekanan 2 atm. Persamaan reaksi yang terjadi didalam reaktor sebagai berikut :



Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis sehingga untuk mempertahankan suhu maka diperlukan pendingin. Pendingin yang digunakan yaitu berupa *cooling water* yang berada di dalam jaket pendingin. Hasil keluaran reaktor (R-01) yang berfase gas yaitu CO₂ akan dialirkan ke UPL sedangkan hasil keluaran reaktor (R-01) yang berfase cair dipompakan ke alat selanjutnya pada tahap pemurnian produk.

3.1.3 Tahap Pemurnian Produk

Hasil keluaran fase cair dari reaktor kemudian dialirkan menggunakan pompa (P-04) ke *cooler* (CO-01) untuk menurunkan suhu produk tersebut hingga 50°C. Selanjutnya hasil keluaran tersebut dialirkan ke dalam *decanter* (DC-01) yang beroperasi pada tekanan 1 atm dan suhu 50°C. *Decanter* berfungsi untuk memisahkan fraksi ringan dan fraksi berat dari umpan masuk yang berasal dari hasil keluaran reaktor. Fraksi ringan dalam *decanter* yaitu benzil alkohol dan sebagian sisa dari reaktan seperti benzil klorida serta toluena (impuritis), dan juga sedikit air. Sedangkan fraksi beratnya yaitu natrium karbonat, natrium klorida dan sebagian campuran larutan didalamnya dialirkan ke UPL.

Kemudian hasil keluaran fraksi ringan dari *decanter* (DC-01) dilalirkan ke heater (HE-03) untuk dipanaskan hingga suhu bubble point lalu diumpankan menuju menara distilasi (MD-01). Di dalam menara distilasi (MD-01) terjadi proses pemurnian produk benzil alkohol dari campurannya. Uap dari hasil atas menara distilasi diembunkan oleh kondeser (CD-01) lalu ditampung didalam akumulator (ACC-01) dan selanjutnya dipompakan untuk direcycle ke reaktor (R-01) dan sebagian di *purging*. Benzil alkohol dengan kemurnian 99% akan keluar sebagai hasil bawah menara distilasi (MD-01), kemudian didinginkan suhunya

hingga 30°C dengan menggunakan cooler (CL-04). Selanjutnya hasil akhir produk benzil alkohol dengan kemurnian 99% dialirkan menuju tangki penyimpanan (T-02) produk benzil alkohol dan disimpan dalam suhu 30°C dengan tekanan 1 atm.

3.2 Spesifikasi Alat/ Mesin Produk

1. Bucket Elevator

Identifikasi		
Kode	: BE-01	
Fungsi	: Memindahkan Na ₂ CO ₃ dari gudang menuju hopper	
Jumlah	: 1 unit	
Jenis	: Centrifugal discharge bucket elevator	
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA 178 grade C	
Kondisi Operasi		
Tekanan	: 1	atm
Suhu	: 30	°C
Spesifikasi		
Volume	: 0,001	m ³
Jarak antar bucket	: 0,305	m
Tinggi elevator	: 1,671	m
Jumlah bucket vertikal	: 4	
Ukuran bucket	: 6 x 4 x 4 1/4	in
Kecepatan belt	: 0,029	ft/min
Rpm shaft	: 0,154	rpm
Daya	: 1,000	HP

2. Hopper

Identifikasi	
Kode	: HO-01
Fungsi	: Menampung bahan baku natrium karbonat
Jumlah	: 1 unit
Jenis	: Tangki silinder vertikal dengan conical bottom head
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA 178 Grade C
Kondisi Operasi	

Tekanan	: 1	atm
Suhu	: 30	°C
Waktu tinggal	: 1	jam
Spesifikasi		
Volume	: 0,225	m ³
Diameter	: 0,404	m
Kedalaman	: 0,809	m
Tinggi cone	: 0,404	m
Tebal shell	: 0,005	m
Tebal head	: 0,005	m

3. Screw Conveyor

Identifikasi		
Kode	: SC-01	
Fungsi	: Memindahkan bahan baku serbuk natrium karbonat dari gudang menuju bucket elevator	
Jumlah	: 1 unit	
Jenis	: Closed screw conveyor	
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA 178 Grade C	
Kondisi Operasi		
Tekanan	: 1	atm
Suhu	: 30	°C
Waktu tinggal	: 0,061	jam
Spesifikasi		
Volume	: 0,023	m
Diameter	: 0,076	m
Panjang	: 5,029	m
Daya motor	: 0,05	HP

4. Mixer

Identifikasi				
Kode	: M-01			
Fungsi	: Melarutkan Na_2CO_3 ke dalam air			
Jumlah	: 1 unit			
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan flat bottomed dan dished head			
Bahan konstruksi	: Carbonsteel SA 167			
Kondisi Operasi				
Tekanan	: 1	atm	14,69	psi
Suhu	: 30	C	303,15	K
Waktu tinggal	: 8	menit		
Spesifikasi				
Diameter	: 0,4913	m		
Tinggi total mixer	: 0,8799	m		
Tebal shell (ts)	: 0,005	m		
Tebal head (th)	: 0,005	m		
Pengaduk				
Jenis pengaduk	: marine propeller with 3 blades and 4 baffles			
Diameter pengaduk (Di)	: 0,1606	m		
Ketinggian pengaduk dari dasar (E)	: 0,1606	m		
Lebar baffle (B)	: 0,0401	m		
Lebar pengaduk (L)	: 0,0401	m		
Tinggi pengaduk	: 0,0964	m		
Jumlah impeller	: 2	buah		
Power pengadukan (P)	: 0,125	HP		

5. Reaktor

Identifikasi				
Kode	: R-01			
Fungsi	: Mereaksikan C_7H_7Cl dan larutan Na_2CO_3 serta air menjadi produk benzil alkohol			
Jumlah	: 1 unit			
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan flat bottomed dan dished head			
Bahan konstruksi	: Stainless Steel SA 304			
Kondisi Operasi				
Tekanan	: 2	atm	29,38	psi
Suhu	: 110	C	383,15	K
Waktu tinggal	: 1,17	jam		
Spesifikasi				
Diameter	: 1,8288	m	: 72	in
Tinggi total reaktor	: 2,4618	m	: 96,9196	in
Tebal shell (ts)	: 0,0064	m	: 0,25	in
Tebal head (th)	: 0,0048	m	: 0,1875	in
Depth of dish (b)	: 0,3072	m	: 12,0938	in
Jaket Pendingin				
Tinggi jaket	: 1,7363	m	: 68,3569	in
Tebal dinding jaket	: 0,0064	m	: 0,25	in
Beban Pendinginan	: 32321,2455	kJ/jam		
Pengaduk				
Jenis pengaduk	: marine propeller with 3 blades and 4 baffles			
Diameter pengaduk (Di)	: 0,5788	m		
Ketinggian pengaduk dari dasar (E)	: 0,5788	m		
Lebar baffle (W)	: 0,1447	m		
Lebar pengaduk (L)	: 0,1447	m		
Tinggi pengaduk	: 0,3474	m		
Jumlah impeller	: 1	buah		
Power pengadukan (P)	: 1	HP		

6. Decanter

Identifikasi		
Kode	: DC-01	
Fungsi	: Memisahkan hasil keluaran reaktor menjadi light phase dan heavy phase	
Jumlah	: 1 unit	
Jenis	: Silinder horizontal decanter	
Bahan konstruksi	: Stainless steel SA 316	
Kondisi operasi		
Tekanan	: 1	atm
Temperature	: 50	°C
Waktu Tinggal	: 0,083	jam
Spesifikasi		
Diameter	: 1,3014	m
Panjang total	: 3,9041	m
Tebal shell	: 0,1875	in
Tebal head	: 0,1875	in
Tinggi head	: 0,26110	m

7. Menara Distilasi

Identifikasi				
Kode	: MD-01			
Fungsi	: Memisahkan benzil alkohol sebagai hasil bawah menara disitlasi			
Jumlah	: 1 alat			
Jenis	: Distilasi sieve tray			
Bahan konstruksi	: Stainless Steel SA 316			
Kondisi Operasi				
Kondisi operasi pada umpan				
Tekanan	: 1	atm	: 14,69	psi
Suhu bubble point	: 184,94	°C	: 458,09	K
Suhu dew point	: 227,60	°C	: 500,75	K

Kondisi operasi pada distilat				
Tekanan	: 1	atm	: 14,69	psi
Suhu bubble point	: 148,07	°C	: 421,22	K
Suhu dew point	: 192,11	°C	: 465,26	K
Kondisi operasi pada bottom				
Tekanan	: 1	atm	: 14,69	psi
Suhu bubble point	: 241,34	°C	: 514,49	K
Suhu dew point	: 241,37	°C	: 514,52	K
Spesifikasi				
Tinggi total menara distilasi	: 14,04	m		
Diameter puncak	: 0,46	m		
Diameter dasar	: 0,46	m		
Tebal shell (ts)	: 0,006	m		
Tebal head (th)	: 0,006	m		
Plate Spacing	: 0,3	m		
Jumlah stage actual	: 39			

8. Accumulator

Identifikasi				
Kode	: ACC-01			
Fungsi	: Menampung embunan yang berasal dari kondensor (CD – 01)			
Jumlah	: 1 unit			
Jenis	: Tangki silinder horizontal			
Bahan konstruksi	: Carbon steel SA 178 grade C			
Kondisi Operasi				
Tekanan	: 0,8	atm	: 11,75	psi
Suhu	: 148,07	°C	: 421,22	K
Waktu tinggal	: 5	menit		
Spesifikasi				

Volume tangki	: 0,024	m ³
Diameter	: 0,169	m
Panjang tangki	: 1,181	m
Tebal shell (ts)	: 0,005	m
Tebal head (th)	: 0,005	m

9. Kondensor

Identifikasi				
Kode	: CD-01			
Fungsi	: Mengembunkan uap yang hasil atas keluar dari menara distilasi (MD-01) pada suhu 148,07 ⁰ C			
Jumlah	: 1 unit			
Jenis	: Shell and Tube Heat exchanger			
Bahan konstruksi	: Stainless steel SA 285			
Kondisi Operasi				
Tekanan	: 0,8	atm	: 11,75	psi
Suhu	: 148,07	C	: 415,24	K
Kebutuhan pendinginan	: 2.208,95780	kg/jam		
Beban Panas	: 184555,6628	kJ/jam		
Luas transfer panas	: 9,9890	ft ²		
Spesifikasi				
Annulus				
IPS	: 2	in	: 0,051	m
OD	: 2,38	in	: 0,061	m
ID	: 2,067	in	: 0,053	m
Pressure drop	: 0,005	psi		
Inner Pipe				
IPS	: 1 1/4	in	: 0,032	m
OD	: 1,66	in	: 0,042	m

ID	: 1,38	in	: 0,035	m
Pressure drop	: 0,08	psi		

10. Reboiler

Identifikasi				
Kode	: RB-01			
Fungsi	: Menguapkan hasil bawah dari menara distilasi (MD-01) pada suhu 241,37 ⁰ C			
Jumlah	: 1 unit			
Jenis	: Double pipe heat exchanger			
Bahan konstruksi	: Stainless steel SA 285			
Kondisi Operasi				
Tekanan	: 1,1	atm	: 16,16	psi
Suhu	: 241,37	⁰ C	: 514,52	K
Kebutuhan steam	: 273,3411	kg/jam		
Luas transfer panas	: 142,7863	ft ²		
Spesifikasi				
Annulus				
IPS	: 2,5	in	: 0,064	m
OD	: 2,88	in	: 0,073	m
ID	: 2,469	in	: 0,063	m
Pressure drop	: 0,018	psi		
Inner Pipe				
IPS	: 1 1/4	in	: 0,032	m
OD	: 1,66	in	: 0,042	m
ID	: 1,38	in	: 0,035	m
Pressure drop	: 0,025	psi		

11. Tangki dan Gudang Penyimpanan

Nama Alat	Tangki penyimpanan bahan baku (T-01)	Tangki penyimpanan produk (T-02)	Gudang penyimpanan bahan baku (G-01)
Fungsi	Menyimpan bahan baku benzil klorida	Menyimpan produk benzil alkohol	Menyimpan bahan baku natrium karbonat yang berupa serbuk
Jenis	Tangki silinder tegak dengan torispherical dishead head	Tangki silinder tegak dengan torispherical dishead head	Bangunan persegi tertutup yang terisolasi dari air
Bahan Konstruksi	Stainless steel SA 167 grade 11	Stainless steel SA 167 grade 11	Rangka baja dengan dinding dan lantai semen bata
Kondisi Operasi	Tekanan : 1 atm Suhu : 30°C	Tekanan : 1 atm Suhu : 30°C	Tekanan : 1 atm Suhu : 30°C
Waktu Tinggal	30 hari	7 hari	7 hari
Spesifikasi	Diameter tangki : 12,1920 m Tinggi tangki : 5,4864 m Tebal shell : 0,005 m	Diameter tangki : 6,0960 m Tinggi tangki : 2,4576 m Tebal shell : 0,005 m	Panjang : 39,420 m Lebar : 39,420 m Tinggi : 5 m
Jumlah	1 unit	1 unit	1 unit

12. Heater

Nama Alat	Heater-01 (HE-01)	Heater-02 (HE-02)	Heater-03 (HE-03)
Fungsi	Memanaskan umpan campuran Na_2CO_3 dan air sebelum masuk reaktor (R-01) dari suhu 30°C menjadi suhu 110°C .	Memanaskan umpan keluar tangki penyimpanan bahan baku benzil klorida (T-01) masuk reaktor dari suhu 30°C menjadi suhu 110°C .	Memanaskan umpan keluar (<i>light stream</i>) dekanter (DC-01) masuk menara distilasi (MD-01) dari suhu 50°C menjadi suhu $184,6547^\circ\text{C}$.
Jenis	<i>Double pipe heat exchanger</i>	<i>Double pipe heat exchanger</i>	<i>Double pipe heat exchanger</i>
Bahan konstruksi	Stainless steel	Stainless steel	Stainless steel
Kebutuhan steam	111,5748 kg/jam	31,2175 kg/jam	124,8102 kg/jam
Luas transfer panas	8,5282 ft^2	3,4724 ft^2	1,0841 m^2
Spesifikasi Annulus	IPS : 4 in ID : 4,5 in OD : 4,026 in Pressure drop : 0,1213 psi	IPS : 2 in ID : 2,38 in OD : 2,06 in Pressure drop : 0,3540 psi	IPS : 4 in ID : 4,5 in OD : 4,026 in Pressure drop : 0,1393 psi
Spesifikasi Inner Pipe	IPS : 3 in ID : 3,5 in OD : 3,068 in Pressure drop : 0,1520 psi	IPS : 1 1/4 in ID : 1,66 in OD : 1,38 in Pressure drop : 0,4148 psi	IPS : 3 in ID : 3,5 in OD : 3,068 in Pressure drop : 0,1840 psi
Jumlah	1 unit	1 unit	1 unit

13. Cooler

Nama Alat	Cooler-01 (CL-01)	Cooler-02 (CL-02)	Cooler-03 (CL-03)
Fungsi	Mendinginkan hasil keluaran reaktor (R-01) dari suhu 110°C menjadi suhu 50°C.	Mendinginkan hasil keluaran (heavy stream) dekanter (DC-01) 50°C menjadi suhu 45°C.	Mendinginkan hasil atas (distilat) menara distilasi (MD-01) dari suhu 125,1342 °C menjadi suhu 110 °C.
Jenis	<i>Double pipe heat exchanger</i>	<i>Double pipe heat exchanger</i>	<i>Double pipe heat exchanger</i>
Bahan konstruksi	Stainless steel	Stainless steel	Stainless steel
Kebutuhan pendingin	8629,5291 kg/jam	1893,7664 kg/jam	383,6212 kg/jam
Luas transfer panas	2,8743 m ²	4,2217 m ²	0,2913 m ²
Spesifikasi Annulus	IPS : 4 in ID : 4,5 in OD : 4,026 in Pressure drop : 1,4763 psi	IPS : 4 in ID : 4,5 in OD : 4,026 in Pressure drop : 0,0438 psi	IPS : 2 in ID : 2,38 in OD : 2,067 in Pressure drop : 0,0195 psi
Spesifikasi Inner Pipe	IPS : 3 in ID : 3,5 in OD : 3,068 in Pressure drop : 1,4798 psi	IPS : 3 in ID : 3,5 in OD : 3,068 in Pressure drop : 0,0439 psi	IPS : 1 1/4 in ID : 1,66 in OD : 1,38 in Pressure drop : 0,0254 psi
Jumlah	1 unit	1 unit	1 unit

14. Cooler

Nama Alat	Cooler-04 (CL-04)	Cooler-05 (CL-05)
Fungsi	Mendinginkan hasil bawah menara distilasi (MD-01) dari suhu 241,3742 °C menjadi suhu 30°C.	Mendinginkan arus purging dari menara distilasi (MD-01) dari suhu 110°C menjadi suhu 30°C.
Jenis	<i>Double pipe heat exchanger</i>	<i>Double pipe heat exchanger</i>
Bahan konstruksi	Stainless steel	Stainless steel
Kebutuhan steam	2181,5287 kg/jam	399,3567 kg/jam
Luas transfer panas	2,1640 m ²	0,7260 m ²
Spesifikasi Annulus	IPS : 4 in ID : 4,5 in OD : 4,026 in Pressure drop : 0,0801 psi	IPS : 2 in ID : 2,38 in OD : 2,067 in Pressure drop : 0,0209 psi
Spesifikasi Inner Pipe	IPS : 3 in ID : 3,5 in OD : 3,068 in Pressure drop : 0,0803 psi	IPS : 1 1/4 in ID : 1,66 in OD : 1,38 in Pressure drop : 0,0272 psi
Jumlah	1 unit	1 unit

15. Pompa

Nama Alat	Pompa-01 (P-01)	Pompa-02 (P-02)
Fungsi	Mengalirkan benzil klorida dari mobil tangki menuju tangki penyimpanan bahan baku (T-01)	Mengalirkan benzil klorida dari tangki penyimpanan bahan baku (T-01) menuju reaktor (R-01)
Jenis	Pompa Centrifugal Single Stage	Pompa Centrifugal Single Stage
Bahan konstruksi	Commercial steel	Commercial steel
Kecepatan volumetrik	0,6216 m ³ /jam	0,6216 m ³ /jam
Tipe impeller	Radial flow	Radial flow
Spesifikasi Pompa	IPS : 3/4 in ID : 0,824 in OD : 1,050 in Schedule Number : 40	IPS : 3/4 in ID : 0,824 in OD : 1,050 in Schedule Number : 40
Spesifikasi Pompa	Kapasitas : 2,7368 gpm Luas area : 0,5340 in ² Putaran standar : 3500 rpm Total head : 3,8528 m Daya standar : 15 HP	Kapasitas : 2,7368 gpm Luas area : 0,5340 in ² Putaran standar : 3500 rpm Total head : 3,3436 m Daya standar : 15 HP
Jumlah	2 unit	2 unit

16. Pompa

Nama Alat	Pompa-03 (P-03)	Pompa-04 (P-04)
Fungsi	Mengalirkan hasil pencampuran Na_2CO_3 dan air dari mixer (M-01) menuju reaktor (R-01)	Mengalirkan hasil keluaran dari reaktor (R-01) menuju dekanter (DC-01)
Jenis	Pompa Centrifugal Single Stage	Pompa Centrifugal Single Stage
Bahan konstruksi	Commercial steel	Commercial steel
Kecepatan volumetrik	3,9584 m ³ /jam	1,5104 m ³ /jam
Tipe impeller	Radial flow	Radial flow
Spesifikasi Pompa	IPS : 3/4 in ID : 0,824 in OD : 1,050 in Schedule Number : 40	IPS : 1 1/4 in ID : 1,38 in OD : 1,66 in Schedule Number : 40
Spesifikasi Pompa	Kapasitas : 3,9584 gpm Luas area : 0,5340 in ² Putaran standar : 3500 rpm Total head : 4,6265 m Daya standar : 15 HP	Kapasitas : 6,6504 gpm Luas area : 1,50 in ² Putaran standar : 3500 rpm Total head : 2,0969 m Daya standar : 10 HP
Jumlah	2 unit	2 unit

17. Pompa

Nama Alat	Pompa-05 (P-05)	Pompa-06 (P-06)
Fungsi	Mengalirkan hasil output dekanter (DC-01) fase ringan (light stream) menuju menara distilasi	Mengalirkan hasil output dekanter (DC-01) fase berat (heavy stream) menuju unit pengolahan limbah
Jenis	Pompa Centrifugal Single Stage	Pompa Centrifugal Single Stage
Bahan konstruksi	Commercial steel	Commercial steel
Kecepatan volumetrik	1,2994 m ³ /jam	0,1844 m ³ /jam
Tipe impeller	Radial flow	Radial flow
Spesifikasi Pompa	IPS : 1 in ID : 1,0490 in OD : 1,320 in Schedule Number : 40	IPS : 1 in ID : 1,0490 in OD : 1,320 in Schedule Number : 40
Spesifikasi Pompa	Kapasitas : 5,7214 gpm Luas area : 0,8640 in ² Putaran standar : 3500 rpm Total head : 6,1707 m Daya standar : 40 HP	Kapasitas : 0,8120 gpm Luas area : 0,8640 in ² Putaran standar : 3500 rpm Total head : 4,6265 m Daya standar : 0,125 HP
Jumlah	2 unit	2 unit

18. Pompa

Nama Alat	Pompa-07 (P-07)	Pompa-8 (P-08)	Pompa-9 (P-09)
Fungsi	Mengalirkan hasil atas menara distilasi (MD-01) untuk di recycle ke reaktor (R-01)	Mengalirkan hasil bawah menara distilasi (MD-01) menuju tangki penyimpanan produk (T-02)	Mengalirkan air dari utilitas menuju mixer (M-01)
Jenis	Pompa Centrifugal Single Stage	Pompa Centrifugal Single Stage	Pompa Centrifugal Single Stage
Bahan konstruksi	Commercial steel	Commercial steel	Commercial steel
Kecepatan volumetrik	0,7637 m ³ /jam	0,5346 m ³ /jam	0,5346 m ³ /jam
Tipe impeller	Radial flow	Radial flow	Radial flow
Spesifikasi Pompa	IPS : 3/4 in ID : 0,824 in OD : 1,050 in Schedule Number : 40	IPS : 3/4 in ID : 0,824 in OD : 1,050 in Schedule Number : 40	IPS : 3/4 in ID : 0,824 in OD : 1,050 in Schedule Number : 40
Spesifikasi Pompa	Kapasitas : 3,3628 gpm Luas area : 0,5340 in ² Putaran standar : 3500 rpm Total head : 3,8935 m Daya standar : 20 HP	Kapasitas : 2,3539 gpm Luas area : 0,5340 in ² Putaran standar : 3500 rpm Total head : 3,2290 m Daya standar : 10 HP	Kapasitas : 2,3539 gpm Luas area : 0,5340 in ² Putaran standar : 3500 rpm Total head : 3,2290 m Daya standar : 10 HP
Jumlah	2 unit	2 unit	2 unit

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Kapasitas Produksi

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan benzil alkohol di Indonesia, tersedianya bahan baku serta ketentuan kapasitas minimal. Kebutuhan benzil alkohol dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan pesatnya perkembangan industri kimia di Indonesia. Diperkirakan kebutuhan benzil alkohol akan terus meningkat, sejalan dengan berkembangnya industri kimia yang menghasilkan benzil alkohol serta pertumbuhan industri farmasi menurut *market analysis report*.

Dengan melihat kapasitas pabrik – pabrik benzil alkohol yang telah berdiri di dunia, diperlukan hal – hal untuk mengantisipasi kebutuhan yang terus meningkat, maka ditetapkan kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 3.000 ton/tahun atau sama dengan kapasitas minimal pabrik di dunia yang sudah ada.

3.3.2 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku benzil klorida diperoleh impor dari Luxi Chemical Group Co. Ltd, China. Sedangkan bahan baku natrium karbonat diperoleh dari PT Aneka Kimia Inti, Surabaya.

3.3.3 Analisis Kebutuhan Alat Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses, umur peralatan, dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik pembelian maupun perawatannya.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 LOKASI PABRIK

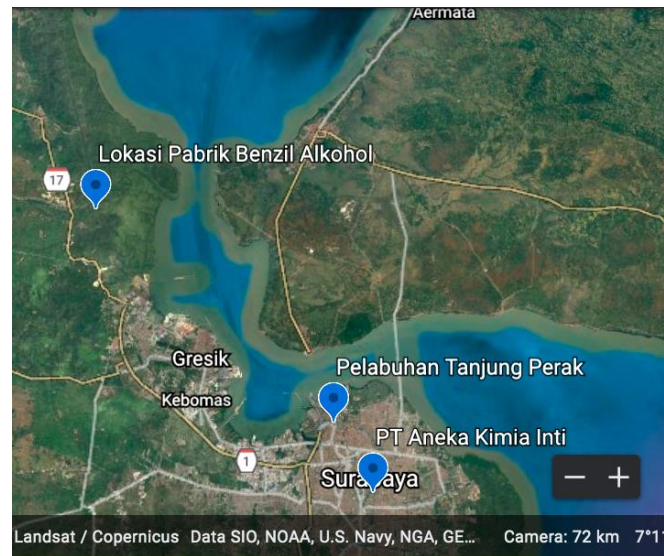
Lokasi pabrik sangat berpengaruh terhadap kelangsungan proses suatu pabrik agar pabrik tersebut dapat beroperasi dengan baik, lokasi pabrik direncanakan akan didirikan di daerah kabupaten Gresik, Jawa Timur. Adapun beberapa faktor yang dipertimbangkan dalam pendirian pabrik benzil alkohol ini yaitu :

4.1.1 Pengadaan Bahan Baku Pabrik

Bahan baku benzil alkohol adalah benzil klorida yang diperoleh dari Shandong Liaocheng Luxi Chemical Sale Co. Ltd, China dan natrium karbonat dari PT. Aneka Kimia Raya, Surabaya, Jawa Timur. Oleh karena itu untuk mendapatkan kemudahan akses bahan baku ada baiknya lokasi pabrik berdekatan dengan pelabuhan dan penyedia bahan baku.



Gambar 4. 1 Tampilan Google Earth Lokasi Pabrik Benzil Alkohol



Gambar 4. 2 Peta Jarak antara Lokasi Pabrik dan Penyedia Bahan Baku

4.1.2 Tenaga Listrik dan Bahan Bakar

Tenaga listrik dan bahan bakar merupakan faktor penunjang yang penting dalam mendirikan pabrik. Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam pengadaan tenaga listrik dan bahan bakar yaitu kemungkinan pengadaan listrik dan bahan bakar di lokasi pabrik untuk sekarang dan masa yang akan datang.

4.1.3 Sarana Transportasi

Sarana transportasi untuk keperluan pengangkutan bahan baku benzil klorida dari Shandong Liaocheng Luxi Chemical Sale Co. Ltd, China menggunakan jalur laut yang dikirimkan ke Pelabuhan Tanjung Perak kemudian menempuh jalur darat untuk sampai di lokasi pabrik. Sedangkan bahan baku natrium karbonat dari PT Aneka Kimia Inti, Surabaya pengangkutannya menggunakan jalur darat. Lokasi penentuan pabrik terletak dekat dengan jalan raya kabupaten dan juga jalan raya provinsi, apabila diperlukan transportasi laut pun cukup memadai. Sehingga mempermudah pengiriman bahan baku maupun produk.

4.1.4 Sumber Air

Air merupakan kebutuhan yang paling penting dalam suatu industri kimia. Air digunakan untuk kebutuhan media pendingin, air proses, umpan air boiler, air sanitasi dan kebutuhan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan air di pabrik air dapat diperoleh dari dua sumber yaitu dari sumber langsung (seperti sungai atau air tanah) dan dari instalasi penyediaan air.

Pabrik ini memerlukan air yang relatif banyak baik untuk alat-alat pendingin, steam dan keperluan lainnya. Untuk pemenuhan kebutuhan ini pengadaan air diambil dari aliran Sungai Bengawan Solo.

4.1.5 Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang dibutuhkan pada pabrik ini meliputi tenaga kerja terdidik, terampil maupun tenaga kasar. Tenaga kerja tersebut dapat diperoleh dari daerah sekitar pabrik maupun daerah lain. Kebutuhan tenaga kerja baik secara tenaga kasar maupun tenaga ahli berpengaruh terhadap kinerja dan kelancaran dari perusahaan. Tingkat pendidikan dan tenaga kerja juga menjadi pendukung pendirian pabrik ini.

4.1.6 Pemasaran

Fokus pemasaran benzil alkohol ini adalah ke dalam negeri agar nantinya tidak perlu mengimpor benzil alkohol dan kebutuhannya mencukupi.

4.1.7 Iklim

Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki iklim rata-rata yang baik seperti daerah lain di Indonesia yang beriklim tropis dengan temperatur udara sekitar 25⁰C – 32⁰C. Selain itu untuk acaman bencana alam seperti tanah longsor, gempa bumi dan juga banjir di lokasi pabrik relatif jarang terjadi.

4.1.8 Faktor Penunjang Lain

Faktor penunjang tidak secara langsung berperan dalam proses tetapi proses penunjang ini sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik itu sendiri. Faktor-faktor penunjang yang meliputi :

1. Perluasan area pabrik

Faktor ini berkaitan dengan rencana pengembangan pabrik lebih lanjut. Gresik merupakan kawasan industri, sehingga lahan di daerah tersebut telah disiapkan untuk pendirian dan pengembangan suatu pabrik.

2. Perizinan pabrik

Lokasi pabrik dipilih pada di daerah yang agak jauh dari pemukiman namun masih termasuk kawasan industri, sehingga memudahkan dalam hal perijinan pendirian pabrik. Pengaturan tata letak pabrik merupakan bagian yang terpenting dalam proses pendirian suatu pabrik, karena ada beberapa hal yang perlu diperhatikan. Hal-hal yang harus diperhatikan tersebut antara lain :

- a. Segi keamanan kerja terpenuhi.
- b. Pengoperasian, pengontrolan pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.
- c. Pemanfaatan area tanah seefisien mungkin

3. Prasarana dan fasilitas sosial

Pemilihan lokasi di Gresik telah mempertimbangkan tersebut telah memiliki sarana dan prasarana yang baik meliputi jalan, jaringan telekomunikasi, bank, dan sarana pendidikan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan suatu pengaturan yang optimal dari seperangkat fasilitas-fasilitas dalam pabrik. Tata letak yang tepat sangat penting untuk mendapatkan efisiensi, keselamatan, dan kelancaran kerja para pekerja serta keselamatan proses. Untuk mencapai kondisi yang optimal, hal-hal yang harus diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik adalah:

1. Pabrik benzil alkohol ini merupakan pabrik baru (bukan pengembangan), sehingga penentuan lay out tidak dibatasi oleh bangunan yang ada.
2. Kemungkinan perluasan pabrik sebagai pengembangan pabrik di masa depan.
3. Faktor keamanan sangat diperlukan untuk bahaya kebakaran dan ledakan, maka perencanaan lay out selalu diusahakan jauh dari sumber api, bahan panas, dan dari bahan yang mudah meledak, juga jauh dari asap atau gas beracun.
4. Sistem konstruksi yang direncanakan adalah out door untuk menekan biaya bangunan dan gedung, dan juga karena iklim Indonesia memungkinkan konstruksi secara out door.
5. Lahan terbatas sehingga diperlukan efisiensi dalam pemakaian dan pengaturan ruangan atau lahan. (Vilbrandt, 1959)

Secara garis besar layout dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu:

- a. Daerah administrasi/perkantoran, laboratorium dan ruang control
Merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang dijual.
- b. Daerah proses
Merupakan daerah dimana alat proses diletakkan dan proses berlangsung.
- c. Daerah gudang
Merupakan daerah untuk menampung bahan-bahan yang diperlukan oleh pabrik dan untuk keperluan perawatan peralatan proses.

d. Daerah utilitas

Merupakan daerah dimana kegiatan penyediaan bahan pendukung proses berlangsung dipusatkan. (Vilbrandt, 1959)

Rincian luas area pabrik ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan tata letak pabrik (*plant layout*) dan dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Tabel 4. 1 Rincian luas area pabrik

No	Penggunaan Lahan	Luas (m ²)
1.	Area proses	1219
2.	Utilitas	1000
3.	Unit pengolahan limbah	500
4.	Parkir truk	380
5.	Bengkel dan gudang spare part	420
6.	Unit pemadam kebakaran	150
7.	Area perluasan	1000
8.	Mess	600
9.	Ruang kontrol utilitas	150
10.	Ruang kontrol proses	150
11.	Kantor teknik produksi	400
12.	Laboratorium	300
13.	Perpustakaan	200
14.	Kantor pusat perusahaan	1000
15.	Parkir karyawan	500
16.	Kantin	200
17.	Masjid	400
18.	Klinik	100
19.	Lapangan	200
20.	Gedung serba guna	300
21.	Parkir tamu	300
22.	Taman	180

Tabel 4. 1 Rincian luas area pabrik

No	Penggunaan Lahan	Luas (m ²)
23	Pos keamanan	100
24.	Jalan	2315
Luas tanah		12.064
Luas bangunan		6.689
Luas total		19.253



Gambar 4. 3 Tata Letak Pabrik Benzil Alkohol

Skala 1 : 1500

4.3 Tata Letak Alat

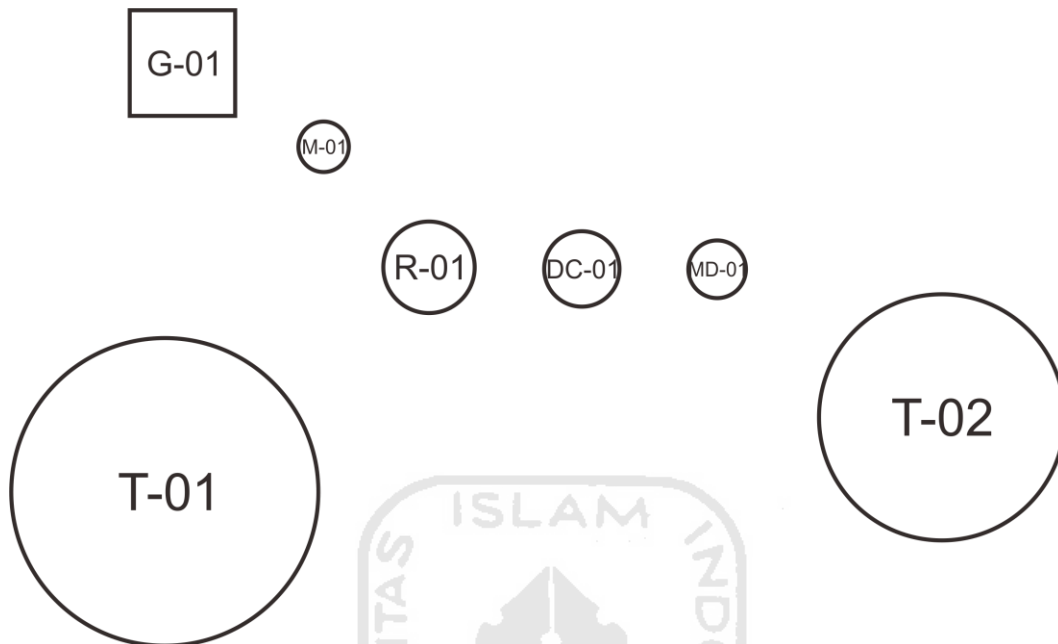
Tata letak alat-alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga:

- Kelancaran proses produksi dapat terjamin

- b. Dapat mengefektifkan luas lahan yang tersedia
- c. Karyawan mendapat kepuasan kerja agar dapat meningkatkan produktifitas kerja disamping keamanan yang terjadi

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan lay out peralatan proses pada pabrik benzil alkohol, antara lain:

1. Aliran bahan baku dan produk
Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomi yang besar serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.
2. Aliran udara
Aliran udara di dalam dan di sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat sehingga mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang dapat mengancam keselamatan pekerja.
3. Cahaya
Penerangan seluruh pabrik harus memadai dan pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau berisiko tinggi perlu adanya penerangan tambahan.
4. Lalu lintas manusia
Dalam perancangan lay out pabrik perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Hal ini bertujuan apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Keamanan pekerja selama menjalani tugasnya juga diprioritaskan.
5. Pertimbangan ekonomi
Dalam menempatkan alat-alat proses diusahakan dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik.
6. Jarak antar alat proses
Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi sebaiknya dipisahkan dengan alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut maka kerusakan dapat diminimalkan (Vilbrandt, 1959).



Gambar 4. 4 Tata letak alat proses

Skala 1 : 500

Keterangan :

G-01 = Gudang Na_2CO_3

T-01 = Tangki penyimpanan bahan baku benzil klorida

M-01 = Mixer

R-01 = Reaktor

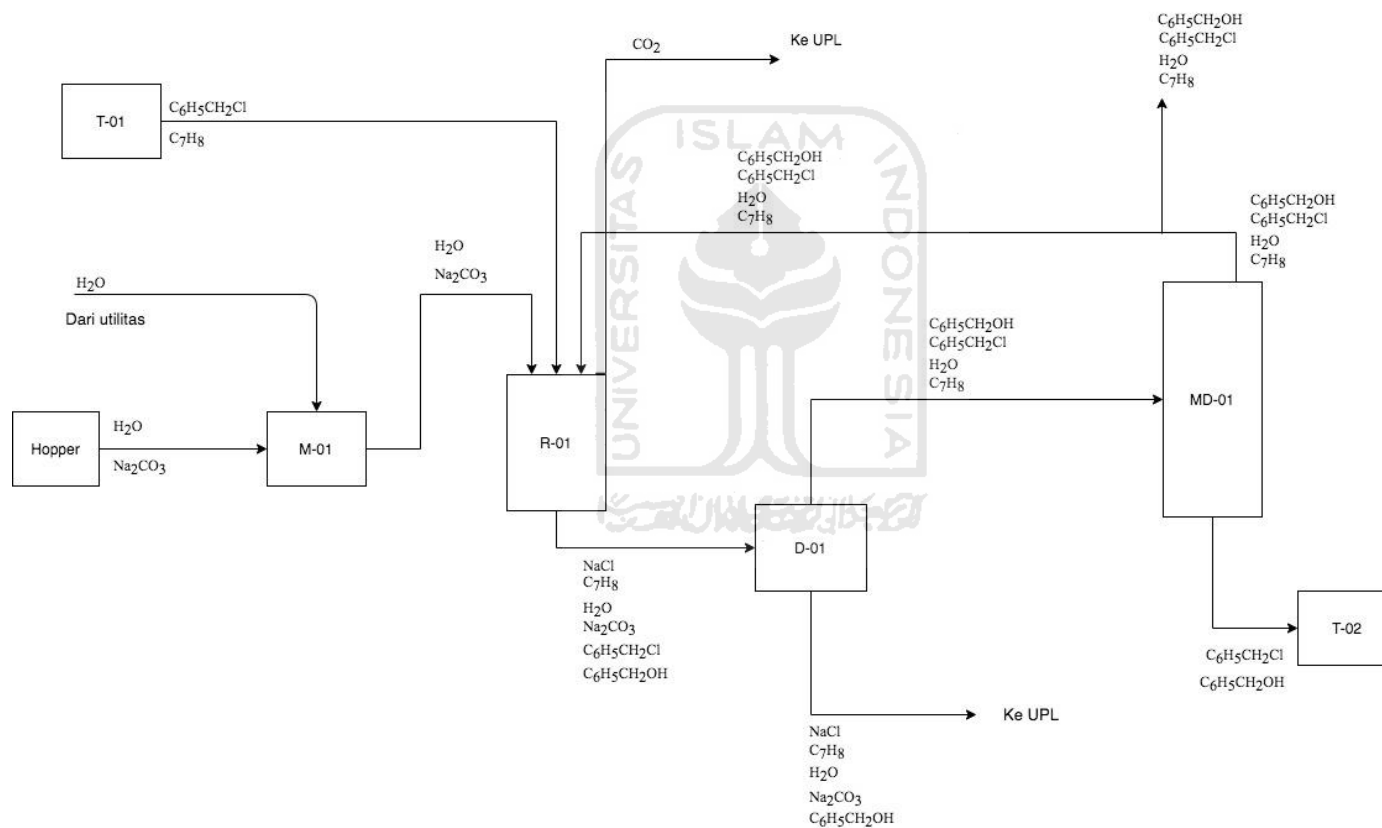
DC-01 = Dekanter

MD-01 = Menara distilasi

T-02 = Tangki penyimpanan produk benzil alkohol

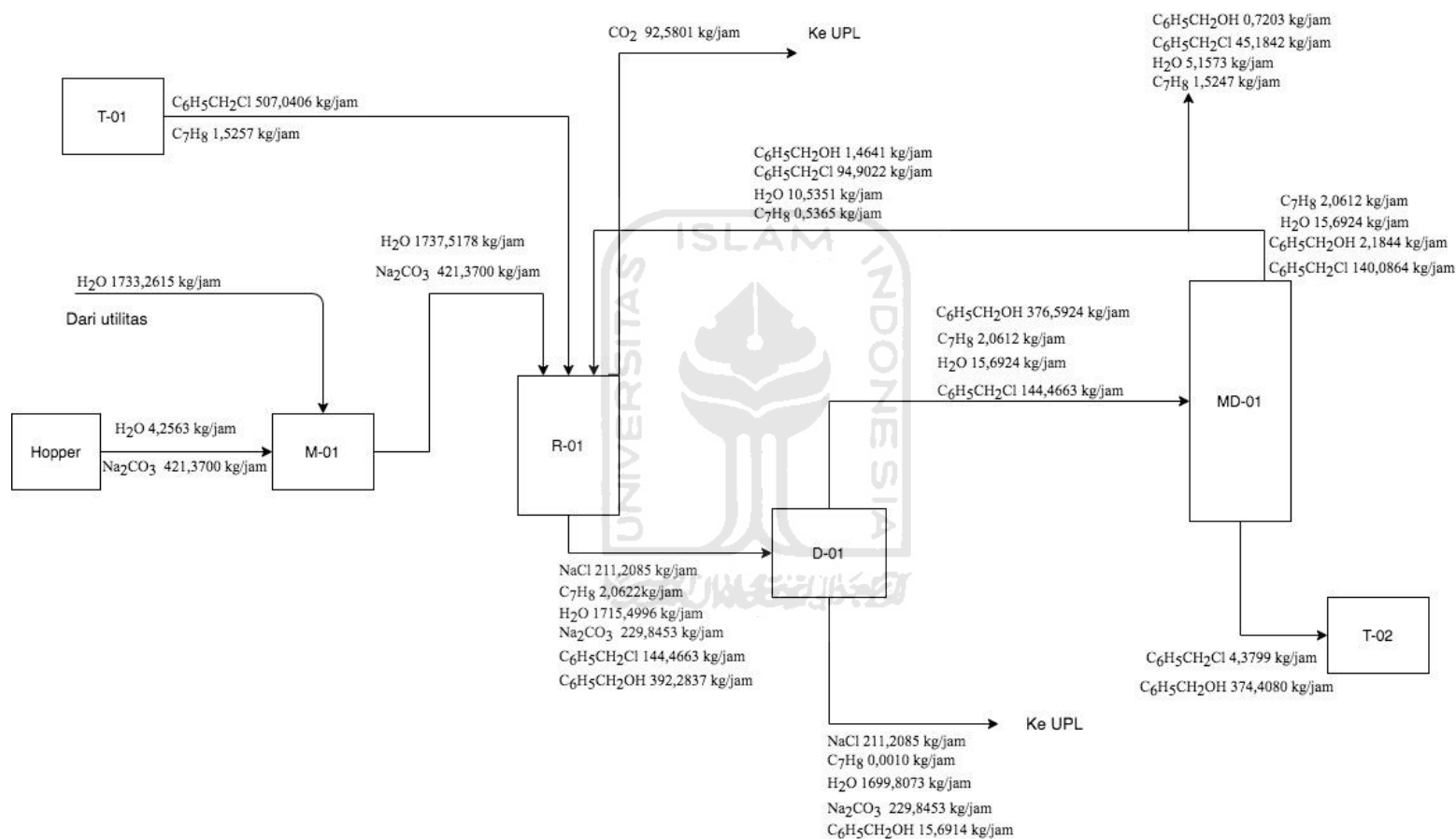
4.4 Alir Proses dan Material

4.4.1. Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4. 5 Diagram Alir Kualitatif

4.4.2. Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4. 6 Diagram Alir Kuantitatif

4.4.3. Neraca Massa

Tabel 4. 2 Tabel neraca massa pada Mixer (M-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 4
$C_6H_5CH_2Cl$	0,0000	0,0000	0,0000
$C_6H_5CH_2OH$	0,0000	0,0000	0,0000
C_7H_8	0,0000	0,0000	0,0000
Na_2CO_3	421,3700	0,0000	421,3700
$NaCl$	0,0000	0,0000	0,0000
CO_2	0,0000	0,0000	0,0000
H_2O	4,2563	1733,2615	1737,5178
Subtotal	425,6263	1733,2615	2158,8878
Total	2158,8878		2158,8878

Tabel 4. 3 Tabel neraca massa pada reaktor (R-01)

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)	
	Arus 3	Arus 4	Arus Recycle	Arus 5 (Fase Cair)	Arus 6 (Fase Uap)
$C_6H_5CH_2Cl$	507,0406	0,0000	94,9022	144,4663	0,0000
$C_6H_5CH_2OH$	0,0000	0,0000	1,4641	392,2837	0,0000
C_7H_8	1,5257	0,0000	0,5365	2,0622	0,0000
Na_2CO_3	0,0000	421,3700	0,0000	229,8453	0,0000
$NaCl$	0,0000	0,0000	0,0000	211,2085	0,0000
CO_2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	92,5801
H_2O	0,0000	1737,5178	10,5351	1715,4996	0,0000
Subtotal	508,5663	2158,8878	107,4379	2695,3656	92,5801
Total	2774,8920			2774,8920	

Tabel 4. 4 Tabel neraca massa pada decanter (D-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output(kg/jam)	
	Arus 5	Arus 7 (Heavy Stream)	Arus 8 (Light Stream)
$C_6H_5CH_2Cl$	144,4663	0,0000	144,4663
$C_6H_5CH_2OH$	392,2837	15,6914	376,5924
C_7H_8	2,0622	0,0010	2,0612
Na_2CO_3	229,8453	229,8453	0,0000
$NaCl$	211,2085	211,2085	0,0000
CO_2	0,0000	0,0000	0,0000
H_2O	1715,4996	1699,8073	15,6924
Subtotal	2695,3656	2156,5534	538,8122
Total	2695,3656	2695,3656	

Tabel 4. 5 Tabel neraca massa pada menara distilasi (MD-01)

Komponen	Input(kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9 (Bottom)	Arus 10 (Distilat)
$C_6H_5CH_2Cl$	144,4663	4,3799	140,0864
$C_6H_5CH_2OH$	376,5924	374,4080	2,1844
C_7H_8	2,0612	0,0000	2,0612
Na_2CO_3	0,0000	0,0000	0,0000
$NaCl$	0,0000	0,0000	0,0000
CO_2	0,0000	0,0000	0,0000
H_2O	15,6924	0,0000	15,6924
Sub Total	538,8122	378,7879	160,0243
Total	538,8122	538,8122	

4.4.4. Neraca Panas

Tabel 4. 6 Tabel neraca panas mixer (M-01)

Komponen	Input (kJ/jam)		Output (kJ/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 4
$C_6H_5CH_2Cl$	0,0000	0,0000	0,0000
$C_6H_5CH_2OH$	0,0000	0,0000	0,0000
C_7H_8	0,0000	0,0000	0,0000
Na_2CO_3	3768,2582	0,0000	3768,2582
$NaCl$	0,0000	0,0000	0,0000
CO_2	0,0000	0,0000	0,0000
H_2O	89,1858	36318,7685	36407,9543
Subtotal	3857,4440	36318,7685	40176,2125
Total	40176,2125		40176,2125

Tabel 4. 7 Tabel neraca panas pada reaktor (R-01)

Komponen	Input (kJ/jam)			Output (kJ/jam)	
	Arus 3	Arus 4	Arus Recycle	Arus 5 (Fase Cair)	Arus 6 (Fase Uap)
$C_6H_5CH_2Cl$	66197,0537	0,0000	12390,0250	18860,8989	0,0000
$C_6H_5CH_2OH$	0,0000	0,0000	265,0520	71017,6678	0,0000
C_7H_8	232,1942	0,0000	81,6524	313,8465	0,0000
Na_2CO_3	0,0000	64055,0314	0,00000	34940,1860	0,0000
$NaCl$	0,0000	0,0000	0,00000	26037,6105	0,0000
CO_2	0,0000	0,0000	0,00000	6446,4633	6446,4633
H_2O	0,0000	617258,3362	3742,62852	609436,3285	0,0000
ΔH_R	35152,2736	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Q pendinginan	0,0000	0,0000	0,0000	32321,2455	0,0000
Subtotal	101581,5214	681313,3677	16479,3579	792927,7837	6446,4633
Total	799374,2470			799374,2470	

Tabel 4. 8 Tabel neraca panas pada decanter (D-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)	
	Arus 5	Arus 7 (Heavy Stream)	Arus 8 (Light Stream)
$C_6H_5CH_2Cl$	5404,9202	0	5404,9202
$C_6H_5CH_2OH$	20435,9894	817,4396	19618,5498
C_7H_8	89,2278	0,0446	89,1832
Na_2CO_3	10302,4478	10302,4478	0,0000
$NaCl$	7735,5690	7735,5690	0,0000
CO_2	0,0000	0,0000	0,0000
H_2O	179312,8108	177672,5629	1640,2479
Subtotal	223280,9650	196528,0638	26752,9012
Total	223280,9650	223280,9650	

Tabel 4. 9 Tabel neraca panas pada menara distilasi (MD-01)

Komponen	Input(kJ/jam)	Output (kJ/jam)	
	Arus 8	Arus 9 (Bottom)	Arus 10 (Distilat)
$C_6H_5CH_2Cl$	726235,6316	318,8973	22586,1411
$C_6H_5CH_2OH$	338771,4034	332952,0586	5819,3448
C_7H_8	510,1542	0,0000	510,1542
Na_2CO_3	0,0000	0,0000	0,0000
$NaCl$	0,0000	0,0000	0,0000
CO_2	0,0000	0,0000	0,0000
H_2O	757047,7282	0,0000	734142,6898
Beban Condensor	0,0000	0,0000	962861,8973
Beban Reboiler	376238,6499	0,0000	0,0000
Sub Total	2059191,1831	333270,9559	1725920,2272
Total	2059191,1831	2059191,1831	

4.5 Perawatan (*Maintenance*)

Untuk menjaga sarana dan fasilitas peralatan pabrik maka diperlukan perawatan (*maintenance*) seperti pemeliharaan dan perbaikan alat agar proses produksi berjalan dengan lancar. Selain itu perawatan juga dapat meningkatkan produktivitas menjadi tinggi sehingga target produksi dapat tercapai dan menghasilkan spesifikasi produk sesuai dengan yang diharapkan. Dalam perawatan ini terdapat beberapa jenis perawatan yang akan dilakukan untuk memelihara peralatan pabrik yaitu :

1. *Preventive maintenance* (perawatan pencegahan), yang akan dilakukan setiap hari untuk mencegah kerusakan alat dan menjaga kebersihan lingkungan alat.
2. *Periodic maintenance* (perawatan berkala), dilakukan sesuai dengan buku petunjuk yang ada.
3. *Predictive maintenance* (perawatan prediktif), dilakukan sesuai dengan analisa kondisi mesin.

Penyusunan jadwal perawatan alat disusun sedemikian rupa agar semua alat-alat mendapatkan perawatan khusus secara bergantian dan dilakukan sesuai prosedur yang tepat. Perawatan mesin tiap – tiap alat meliputi :

1. *Over head 1 x 1 tahun*
Over head merupakan jenis pengecekan dan perbaikan serta leveling alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak, kemudian kondisi alat dikembalikan seperti kondisi semula.
2. *Repairing*
Repairing merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat, biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

4.6 Pelayanan Teknik (*Utilitas*)

Dalam suatu industri kimia, utilitas merupakan bagian penting untuk menunjang berlangsungnya proses dalam suatu pabrik. Salah satu faktor yang menunjang

kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyedia utilitas. Penyediaan utilitas ini meliputi :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air
2. Unit Pembangkit Steam
3. Unti Pembangkit Listrik
4. Unit Penyediaan Udara Tekan
5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

4.6.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Sumber air untuk memenuhi kebutuhan pabrik benzil alkohol berasal dari sungai Bengawan Solo karena lokasinya dekat dengan pabrik yang akan didirikan. Pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah :

1. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
2. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.
3. Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur.
4. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik.

Air yang diperlukan pada pabrik ini kemudian diproses terlebih dahulu dan terbagi menjadi beberapa jenis yaitu air proses, air pendingin, air umpan boiler, air konsumsi dan sanitasi.

a. Air Proses

Air dari utilitas yang sudah melalui *treatment* tertentu sehingga air tersebut bebas mineral pengotor dan pH netral yang dapat digunakan untuk proses dari kegiatan di industri kimia. Pada umumnya air proses ini diperuntukkan sebagai pelarut, pencampur dan pengencer, media pembawa, pencuci dan lain-lain. Air proses dalam pabrik benzil alkohol ini diperuntukkan sebagai pelarut Na_2CO_3 .

b. Air Pendingin

Pada umumnya digunakan sebagai medium pendinginan karena faktor berikut :

1. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
2. Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
3. Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
4. Tidak terdekomposisi.
5. Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.

c. Air Umpan Boiler

Uap atau steam dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas. Untuk air umpan boiler harus dilunakkan terlebih dahulu untuk menghilangkan kesadahan dengan proses demineralisasi, deaerasi dan penambahan senyawa-senyawa kimia tertentu. Air umpan boiler disediakan dengan excess 20%. Excess merupakan pengganti steam yang hilang karena kebocoran transmisi 10% serta faktor keamanan sebesar 20%. Air yang digunakan untuk boiler harus memenuhi persyaratan agar tidak merusak boiler. Berikut persyaratan air umpan boiler menurut Perry's edisi 6, halaman 976 :

Tabel 4. 6 Syarat air umpan boiler

Parameter	Total (ppm)
Total padatan (total dissolved solid)	3.500
Alkinitas	700
Padatan terlarut	300
Silika	60 – 100
Besi	0,1
Tembaga	0,5
Oksigen	0,007
Kesadahan	0
Kekeruhan	175

Tabel 4. 10 Syarat air umpan boiler

Parameter	Total (ppm)
Minyak	7
Residu fosfat	140

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah sebagai berikut :

1. Tidak membuih atau berbusa (*foaming*)

Busa disebabkan adanya *solid matter*, *suspended matter*, dan kebasaan yang tinggi. Apabila adanya busa maka akan menyebabkan kesulitan dalam pembacaan tinggi liquid dalam boiler, dan buih juga dapat menyebabkan percikan yang kuat dan dapat mengakibatkan penempelan padatan yang menyebabkan terjadinya korosi apabila terjadinya pemanasan lanjut. Oleh karena itu untuk mengatasi hal tersebut diperlukan pengontrolan terhadap kandungan lumpur, kerak, dan alkanitas air umpan boiler.

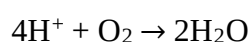
2. Tidak membentuk kerak dalam boiler

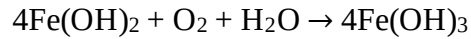
Kerak dalam boiler dapat menyebabkan isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat. Selain itu kerak yang terbentuk dapat pecah sehingga dapat meninggalkan kebocoran.

3. Tidak menyebabkan korosi pada pipa

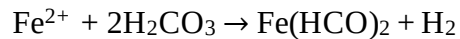
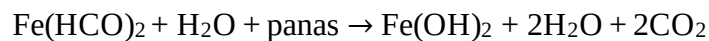
Korosi pada pipa disebabkan oleh pH rendah, minyak, lemak, bikarbonat, dan bahan organik serta gas-gas seperti H₂S, SO₂, NH₃, CO₂, O₂ yang terlarut dalam air. Reaksi elektro kimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja.

Jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dan membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut maka terjadi korosi menurut reaksi berikut ini :





Bikarbonat dalam air akan membentuk CO_2 yang bereaksi dengan air karena pemanasan dan tekanan. Reaksi tersebut menghasilkan asam karbonat yang dapat bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Adanya pemanasan garam bikarbonat menyebabkan pembentukan CO_2 kembali.



d. Air Konsumsi dan Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran, laboratorium, masjid dan fasilitas umum lainnya di lingkungan pabrik. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu yaitu :

1. Syarat fisika, meliputi :
 - a. Suhu : dibawah suhu udara
 - b. Warna : jernih
 - c. Rasa : tidak berasa
 - d. Bau : tidak berbau
2. Syarat kimia, meliputi :
 - a. pH netral sekitar 6,5-7,5
 - b. Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air
 - c. Tidak mengandung logam berat yang berbahaya seperti air raksa (Hg) dan timbal (Tb)
3. Syarat bakteriologis, meliputi :
 - a. Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri pathogen.
 - b. Tidak mengandung mikroba penghasil toksin.

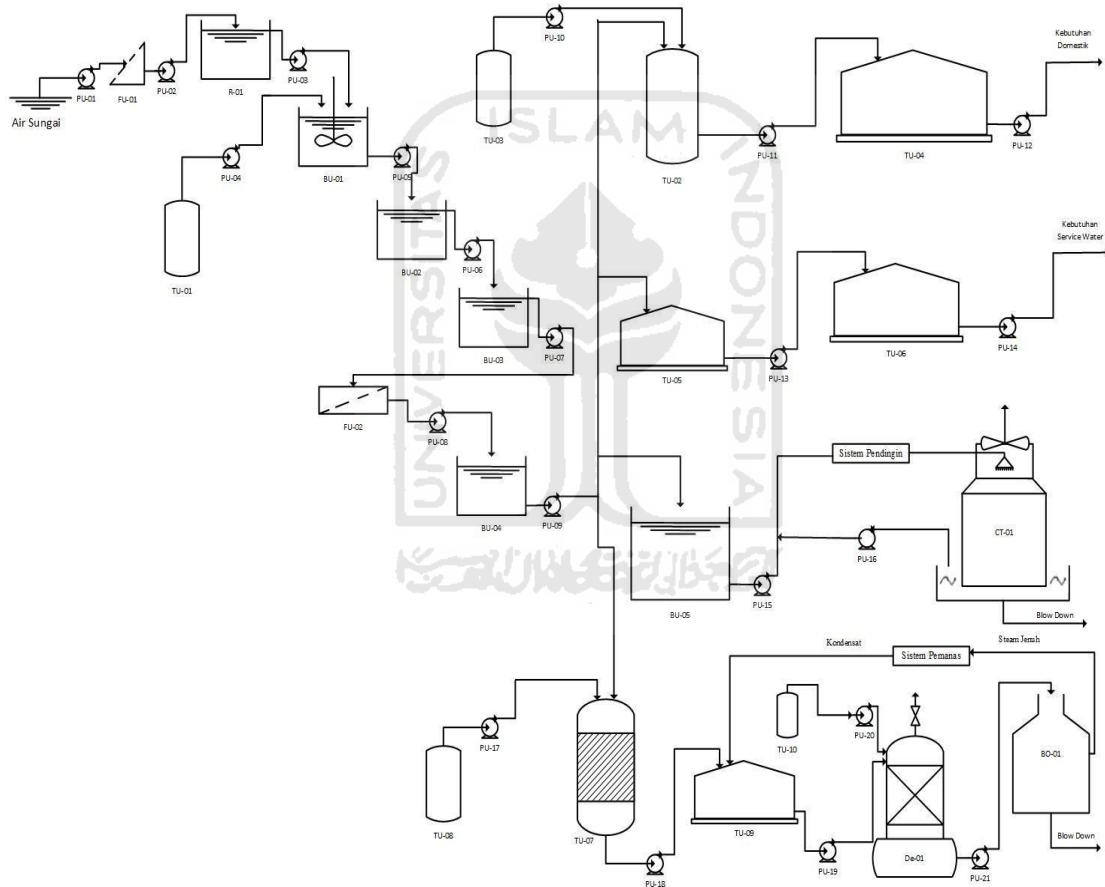
4.6.2. Unit Pengolahan Air

Pengolahan air sungai untuk pabrik benzil alkohol dimulai dari persiapan hingga tahap pengaliran air sungai ke bagian-bagian yang membutuhkan air utilitas. Mula

- mula, air baku yang diperoleh dari Sungai Bengawan Solo dilewatkan di *screener* lalu diumpankan di bak pengendap awal untuk mengendapkan kotoran seperti lumpur dan tanah yang masih terkandung dalam air.

Kemudian air diinjeksikan *aluminium sulfate* di bak penggumpal. *Aluminium sulfate* berperan sebagai koagulan untuk menetralsir muatan negatif partikel yang berasal dari *suspended solid*, sehingga tidak saling tolak - menolak menjadi *pin floct*. Kemudian diinjeksikan caustic yang berfungsi menetralkan pH air setelah injeksi aluminium sulfate agar pH air mencapai 6,4 hingga 6,7.

Berikut diagram alir pengolahan air dan tahap-tahap pengolahannya antara lain :



Gambar 4. 7 Diagram Pengolahan Air

Keterangan :

1. PU : Pompa utilitas
2. FU-01 : Screening
3. R-01 : Reservoir
4. BU-01 : Bak Penggumpal (koagulasi dan flokulasi)

5. TU-01 : Tangki Alum
6. BU-02 : Bak Pengendap I
7. BU-03 : Bak Pengendap II
8. FU-02 : Sand Filter
9. BU-04 : Bak Penampung Air Bersih
10. TU-02 : Tangki Klorinasi
11. TU-03 : Tangki Kaporit
12. TU-04 : Tangki Air Kebutuhan Domestik
13. TU-05 : Tangki *Service Water*
14. TU-06 : Tangki Air Bertekanan
15. BU-05 : Bak *Cooling Water*
16. CT-01 : *Cooling Tower*
17. TU-07 : *Mixed Bed*
18. TU-08 : Tangki NaCl
19. TU-09 : Tangki Air Demin
20. TU-10 : Tangki N_2H_4
21. De-01 : Deaerator
22. BO-01 : Boiler

A. Proses Pengolahan Air Sungai

Secara sederhana pengolahan air meliputi pengendapan, penggumpalan, penyaringan, demineralisasi dan deaerasi. Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam proses pengolahan air adalah $Al_2(SO_4)_3$, Na_2CO_3 , Kaporit, HCl, NaOH.

Proses pengolahan air sungai meliputi:

1. Penghisapan

Pengambilan air dari sungai dilakukan dengan cara pemompaan yang kemudian dialirkan ke penyaringan (*screening*) dan langsung dimasukkan ke dalam reservoir.

2. Pemisahan dan penyaringan kotoran dari air sungai

Pemisahan dilakukan dengan cara melewatkan air sungai melalui kisi-kisi besi dengan tujuan agar air sungai bersih dari kotoran-kotoran fisik,

berupa kayu, sampah dan lain-lain. Partikel-partikel padat yang besar akan tersaring tanpa bantuan bahan kimia. Sedangkan partikel-partikel yang lebih kecil akan terikut bersama air menuju unit pengolahan selanjutnya. Penyaringan dilakukan agar kotoran-kotoran bersifat kasar atau besar tidak terikut ke sistem pengolahan air, maka sisi isap pompa di pasang saringan (screen) yang dilengkapi dengan fasilitas pembilas apabila screen kotor.

3. Bak penampungan

Tahap selanjutnya adalah penampungan air sungai kedalam bak air sungai dan selanjutnya dialirkan kebak penampung sementara yang ada di dalam pabrik. Pada fase ini, diharapkan lumpur, pasir dapat mengendap.

4. Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan akibat penambahan zat kimia tertentu atau bahan koagulan ke dalam air. Koagulan yang biasa digunakan adalah tawas atau Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) yang merupakan garam dari basa lemah dan asam kuat sehingga apabila dalam air yang memiliki suasana basa maka akan mudah terhidrolisis. Untuk memperoleh sifat alkali agar proses flokuasi berjalan dengan efektif maka sering ditambahkan kapur ke dalam air. Selain itu juga kapur juga berfungsi untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan.

5. Bak pengendapan

Selanjutnya flok dan endapan yang berasal dari proses koagulasi kemudian di endapkan pada bak pengendapan I dan bak pengendapan II.

6. Proses filtrasi

Air yang keluar dari bak pengendap II yang masih mengandung padatan tersuspensi selanjutnya dilewatkan ke alat filter untuk di filtrasi.

7. Bak penampung air bersih

Air dari proses filtrasi merupakan air bersih, ditampung di dalam bak penampung air bersih. Air bersih tersebut kemudian digunakan secara langsung untuk air pendingin dan air layanan (*Service Water*). Air bersih kemudian digunakan untuk air domestik yang terlebih dahulu dilakukan desinfektanisasi dan umpan boiler terlebih dahulu dilakukan demineralisasi.

8. Demineralisasi

Air untuk umpan ketel pada reaktor harus murni dan bebas dari garam-garam terlarut yang terdapat didalamnya, untuk itu perlu dilakukan proses demineralisasi. Alat demineralisasi terdiri atas penukar kation (*cation exchanger*) dan penukar anion (*anion exchanger*). Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung dalam air seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- dan lain – lain dengan menggunakan resin. air yang diperoleh adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi umpan boiler.

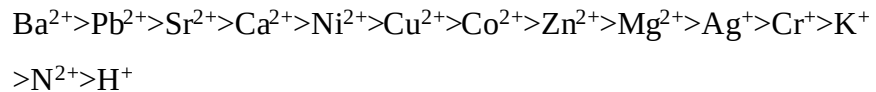
Proses *cation exchanger* dan *anion exchanger* berlangsung pada Resin *Mixed-Bed*. Resin *Mixed-Bed* adalah kolom resin campuran antara resin kation dan resin anion. Air yang mengandung kation dan anion bila dilewatkan ke Resin *Mixed - Bed* tersebut, kation akan terambil oleh resin kation dan anion akan terambil oleh resin anion. Saat resin kation dan anion telah jenuh oleh ion-ion, resin penukar kation dan anion akan diregenerasi kembali.

a. *Cation exchanger*

Cation exchanger ini berisi resin penukar kation dengan formula RSO_3H , dimana pengganti kation – kation yang dikandung dalam air diganti dengan ion H^+ sehingga air yang akan keluar dari *cation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ . Reaksi penukar kation :



Ion Mg^{2+} dapat menggantikan ion H^+ yang ada dalam resin karena selektivitas Mg^{2+} lebih besar dari selektivitas H^+ . Urutan selektivitas kation adalah sebagai berikut :

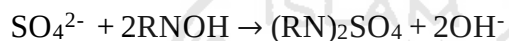


Saat resin kation telah jenuh, maka resin penukar kation akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl. Reaksi regenerasi :



b. *Anion exchanger*

Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang larut dalam air dengan resin yang bersifat basa yang mempunyai formula RNOH , sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- , dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut. Reaksi penukar anion :



Ion SO_4^{2-} dapat menggantikan ion OH^- yang ada dalam resin karena selektivitas SO_4^{2-} lebih besar dari selektivitas OH^- . Urutan selektivitas anion adalah sebagai berikut :



Saat resin anion telah jenuh, maka resin penukar anion akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl. Reaksi regenerasi :



9. Deaerator

Air yang telah mengalami demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut terutama O_2 dan CO_2 . Gas tersebut dihilangkan lebih dahulu, karena dapat menimbulkan korosi. Unit deaerator diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin yang berfungsi menghilangkan sisa-sisa gas yang terlarut terutama oksigen sehingga tidak terjadi korosi.

Deaerator berfungsi untuk memanaskan air yang keluar dari alat penukar ion (*ion exchanger*) dan kondensat bekas sebelum dikirim sebagai air umpan ketel. Pada deaerator ini, air dipanaskan hingga 90°C supaya gas-gas yang terlarut dalam air, seperti O_2 dan CO_2 dapat dihilangkan. Karena gas-gas tersebut dapat menimbulkan suatu

reaksi kimia yang menyebabkan terjadinya bintik-bintik yang semakin menebal dan menutupi permukaan pipa-pipa dan hal ini akan menyebabkan korosi pada pipa-pipa ketel. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan koil pemanas di dalam deaerator.

B. Kebutuhan air

Pemenuhan kebutuhan air yang diperlukan untuk kebutuhan operasional pabrik dan kebutuhan air domestik berasal dari utilitas. Kebutuhan air tersebut diproses pada suhu 30°C dengan densitasi sebesar $1023,013 \text{ kg/m}^3$. Total kebutuhan air tersebut meliputi kebutuhan air domestik, air pembangkit steam dan air proses.

1. Air Proses

Tabel 4. 7 Kebutuhan Air Proses

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Mixer	M-01	2079,9138
Total		2079,9138

2. Air Konsumsi dan Sanitasi

Berdasarkan standar WHO, kebutuhan air perorang adalah 100 - 120 liter/hari. Akan tetapi, untuk suatu pabrik atau kantor setiap 1 orang hanya membutuhkan 100 liter/hari (Sularso, 2001). Dalam pabrik ini, jumlah karyawan yang bekerja yaitu sebanyak 150 orang.

Tabel 4. 8 Kebutuhan Air Domestik

No.	Keterangan	Jumlah (kg/jam)
1	Karyawan	639,3831
2	Mess	1000
3.	<i>Service Water</i>	1000
	Total	2639,3831

3. Air Pendingin

Tabel 4. 9 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor	R-01	422,7856
Cooler 1	C-01	8629,5291
Cooler 2	C-02	1893,7664
Cooler 3	C-03	383,6212
Cooler 4	C-04	2181,5287
Cooler 5	C-05	399,3567
Condensor 1	CD-01	2768,9239
Total		16679,5117

Perancangan dibuat *overdesign* 20%, sehingga kebutuhan air pendingin adalah 20015,4140 kg/jam. Dengan make up water sebesar 918,7075 kg/jam.

4. Air Umpan Boiler

Tabel 4. 10 Kebutuhan Air Umpan Boiler

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Heater 01	HE-01	111,5748
Heater 02	HE-02	31,2175
Heater 03	HE-03	124,8102
Reboiler	RB-01	1213,7297
Total		1481,3322

Perancangan dibuat *overdesign* 20%, sehingga kebutuhan air umpan boiler adalah 1777,5986 kg/jam. Dengan make up water sebesar 355,5197 kg/jam.

Blowdown = 15% x kebutuhan *steam*

$$= 15\% \times 1777,5986 \text{ kg/jam}$$

$$= 266,6398 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Steam trap} &= 5\% \times \text{kebutuhan steam} \\
 &= 5\% \times 1777,5986 \text{ kg/jam} \\
 &= 88,8799 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Make up water steam} &= \text{blowdown} + \text{steam trap} \\
 &= 266,6398 \text{ kg/jam} + 88,8799 \text{ kg/jam} \\
 &= 355,5197 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Dari seluruh kebutuhan air diatas, maka total kebutuhan air secara keseluruhan adalah 26512,3095 kg/jam.

4.6.3. Unit Pembangkit *Steam*

Unit pembangkit *steam* bertugas menyediakan kebutuhan *steam* sebagai media pemanas. Jenis *steam* yang digunakan adalah *saturated steam* pada suhu 200°C. Alat yang digunakan untuk menunjang kebutuhan *steam* dari pabrik benzil alkohol ini adalah *boiler* dengan spesifikasi:

Kapasitas	: 2161,1774 kg/jam
Jenis	: Water Tube Boiler
Jumlah	: 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari water treatment plant yang akan digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pH nya yaitu sekitar 10,5 – 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi. Sebelum masuk ke boiler, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran batu bara yang keluar dari boiler. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 200°C, kemudian diumpankan ke boiler.

Di dalam boiler, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas

untuk memanaskan lorong api dan pipa - pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam boiler menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke steam header untuk didistribusikan ke area - area proses.

4.6.4. Udara Tekan

Unit penyedia udara dan instrumen bertugas memenuhi kebutuhan udara bersih yang diperoleh dari lingkungan sekitar. Pada dasarnya, proses yang terjadi pada unit ini adalah mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit instrumen udara. Udara tekan biasanya digunakan untuk menggerakkan alat control yang bekerja secara *pneumatic*. Kebutuhan udara tekan diperkirakan adalah 46,7280 m³/jam dengan tekanan 5,5 bar.

4.6.5. Listrik

Pada operasi sehari-hari, listrik yang digunakan berasal dari listrik Perusahaan Listrik Negara (PLN). Kebutuhan listrik pabrik dibagi menjadi 2, yaitu :

1. Listrik untuk alat proses

Beberapa peralatan proses menggunakan tenaga listrik sebagai penggerak motor. Daya yang dibutuhkan masing-masing alat dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 11 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Nama Alat	Daya	
	HP	Watt
Pompa (P-01)	15	11185,5000
Pompa (P-02)	15	11185,5000
Pompa (P-03)	15	11185,5000
Pompa (P-04)	10	7457,0000
Pompa (P-05)	40	29828,0000

Tabel 4. 15 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Nama Alat	Daya	
	HP	Watt
Pompa (P-06)	0,125	93,2125
Pompa (P-07)	20	14914,0000
Pompa (P-08)	10	7457,0000
Pompa (P-09)	10	7457,0000
Bucket Elevator (BE-01)	1	745,7000
Screw Conveyor (SC-01)	0,05	37,2850
Mixer (M-01)	0,125	93,2125
Reaktor (R-01)	1	745,7000
Total	137,3000	102.384,6100

Kebutuhan listrik alat proses sebesar 102.384,6100 Watt atau 102,384 kVA

2. Listrik untuk alat utilitas

Sama halnya dengan peralatan proses, peralatan utilitas juga terdapat sejumlah daya yang dibutuhkan. Kebutuhan tersebut dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 12 Kebutuhan Listrik Utilitas

Nama Alat	Daya	
	HP	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	2,0000	1491,4000
Blower Cooling Tower	5,0000	3728,5000
Kompresor	5,0000	3728,5000
Pompa-01	0,7500	559,2750
Pompa-02	0,7500	559,2750
Pompa-03	0,7500	559,2750
Pompa-04	0,7500	559,2750
Pompa-05	0,7500	559,2750
Pompa-06	0,7500	559,2750

Tabel 4. 16 Kebutuhan Listrik Utilitas

Nama Alat	Daya	
	HP	Watt
Pompa-07	0,0500	37,2850
Pompa-08	0,0500	37,2850
Pompa-09	0,0500	37,2850
Pompa-10	0,0500	37,2850
Pompa-11	0,0500	37,2850
Pompa-12	0,7500	559,2750
Pompa-13	0,7500	559,2750
Pompa-14	0,7500	559,2750
Pompa-15	0,0500	37,2850
Pompa-16	0,0500	37,2850
Pompa-17	0,0500	37,2850
Pompa-18	0,0500	37,2850
Pompa-19	0,0500	37,2850
Pompa-20	0,0500	37,2850
Total	19,3000	14.392,0100

Kebutuhan listrik utilitas sebesar 14.392,0100 Watt atau 14,3920 kVA

Sehingga total kebutuhan listrik pada pabrik benzil alkohol dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 13 Kebutuhan listrik total pabrik benzil alkohol

Kebutuhan Listrik	Jumlah (kVA)
Alat proses	102,3846
Alat utilitas	14,3920
Penerangan dan barang elektronik	24,1215
Laboratorium dan bengkel	60,3038
Instrumentasi	60,3038
Total	261,5057

Apabila listrik dari PLN padam, operasinya akan menggunakan tenaga listrik dari diesel. Generator diesel berfungsi sebagai tenaga cadangan ketika PLN terjadi gangguan.

Kapasitas : 300 kVA
 Jenis : Generator diesel
 Jumlah : 1 buah

Prinsip kerja dari diesel ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Listrik ini didistribusikan ke panel yang selanjutnya akan dialirkan ke unit pemakai. Adapun generator yang digunakan adalah generator dengan arus bolak-balik dengan pertimbangan:

1. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar
2. Tegangan dapat dinaikan atau di turunkan sesuai dengan kebutuhan.

4.6.6. Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar bertugas untuk menyediakan kebutuhan bahan bakar pabrik. Bahan bakar yang disediakan di unit ini adalah bahan bakar untuk boiler dan generator. Bahan bakar yang digunakan generator adalah solar sebanyak 49,1627 kg/jam dan untuk bahan bakar yang digunakan boiler adalah *fuel oil* sebanyak 50,3365 kg/jam.

4.6.7. Spesifikasi Alat Utilitas

a. Penyedia Air

1. Screener

Kode : FU-01
 Fungsi : menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti daun, ranting, dan kotoran besar lainnya
 Bahan : aluminium

Ukuran : Panjang =10 ft,
 Lebar = 8 ft
 Ukuran lubang = 1 cm

2. Bak Pengendap Awal/*Sedimentasi*

Kode : BU-01
 Fungsi : mengendapkan kotoran tanah dan lumpur yang terbawa air
 Bentuk : bak persegi dengan beton bertulang
 Kapasitas : 213,395 m³/jam
 Ukuran :

Panjang : 13,681 m

Lebar : 7,9099 m

Tinggi : 7,9099 m

Jumlah : 1 buah

3. Bak Flokulator

Kode : BU-02
 Fungsi : mengendapkan kotoran yang tidak terendap di bak sedimentasi dengan menambahkan koagulan untuk menggumpalkan kotoran

Bentuk : silinder tegak

Kapasitas : 35,3295 m³/jam

Ukuran :

Diameter : 3,5570 m

Tinggi : 3,5570 m

Pengaduk : *marine propeller 3 blade*

Diameter pengaduk : 1,1857 m

Motor penggerak : 2 HP

Jumlah : 1 buah

4. Tangki Larutan Alum

Kode : TU-01

Fungsi : menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5% untuk persiapan 1 minggu operasi yang diinjeksikan dalam bak penggumpal

Bentuk : silinder vertical

Kapasitas : 0,774 m³

Ukuran :

Diameter : 0,790 m

Tinggi : 1,580 m

Jumlah : 1 buah

5. Clarifier

Kode : CLU-01

Fungsi : mengendapkan gumpalan yang terbentuk di bak flokulator

Bentuk : silinder vertical

Jenis : *external solid recirculation clarifier*

Kapasitas : 39,1463m³/jam

Ukuran :

Diameter : 3,6808 m

Tinggi : 3,6808 m

Jumlah : 1 buah

6. Sand Filter

Kode : FU-02

Fungsi : menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air

Bentuk : bak persegi dengan lapisan pasir

Kapasitas : 20,797 m³

Ukuran :

Panjang : 2,0267 m

Lebar : 2,0267 m

Tinggi : 1,0133 m

Jumlah : 1 buah

7. Bak Penampung Sementara

Kode	: BU-03
Fungsi	: menampung sementara <i>raw water</i> yang telah disaring di <i>sand filter</i>
Bentuk	: bak persegi dengan beton bertulang dan dilapisi porselen
Kapasitas	: 29,4413 m ³ /jam
Ukuran	:
Panjang	: 4,1342 m
Lebar	: 4,1342 m
Tinggi	: 2,0671 m
Jumlah	: 1 buah

b. Pengolahan air sanitasi

1. Tangki Klorinasi

Kode	: TU-02
Fungsi	: mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga
Bentuk	: tangki silinder berpengaduk
Kapasitas	: 0,6820m ³ /jam
Ukuran	:
Diameter	: 1,0140 m
Tinggi	: 1,0140 m
Pengaduk	: <i>marine propeller</i>
Diameter pengaduk	: 0,3380 m
Motor penggerak	: 2 Hp
Jumlah	: 1 buah

2. Tangki Air Bersih

Kode	: TU-04
Fungsi	: menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga
Bentuk	: silinder vertical
Kapasitas	: 0,6820 m ³ /jam
Ukuran	:

Diameter : 2,9249 m
 Tinggi : 2,9249 m
 Jumlah : 1 buah

c. Penyedia Air Proses

1. Tangki Penampungan Sementara Air Proses

Kode : TU-05
 Fungsi : menampung sementara air untuk diumpankan
 ke *mixer*
 Bentuk : silinder vertical
 Kapasitas : 0,765 m³/jam
 Ukuran :

Diameter : 3,039 m

Tinggi : 3,039 m

Jumlah : 1 buah

d. Pengolahan Air Pendingin

1. Cooling Tower

Kode : CT-01
 Fungsi : Mendinginkan air pendingin setelah
 digunakan
 Jenis : *inducted draft cooling tower*
 Kapasitas : 27,2947m³/jam
 Ukuran :

Panjang : 2,0709 m

Lebar : 2,0709 m

Tinggi : 2,6800 m

Jumlah : 1 buah

2. Blower Cooling Tower

Kode : BCT-01
 Fungsi : menghisap udara sekitar untuk dikontakkan
 dengan air yang didinginkan
 Motor penggerak : 5 HP
 Jumlah : 1 buah

e. Pengolahan Air Pemanas

1. Kation Exchanger

Kode	: KEU-01
Fungsi	: menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation-kation, seperti Ca dan Mg
Bentuk	: silinder vertical
Kapasitas	: 0,4646 m ³ /jam
Ukuran	:
Diameter	: 0,2200 m
Tinggi	: 1,3716 m
Tebal	: 3/16 in
Jumlah	: 2 buah

2. Anion Exchanger

Kode	: AEU-01
Fungsi	: menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh anion - anion, seperti Cl, SO ₄ dan NO ₃ .
Bentuk	: silinder vertical
Kapasitas	: 0,4646 m ³ /jam
Ukuran	:
Diameter	: 0,2200 m
Tinggi	: 1,3716 m
Tebal	: 3/16 in
Jumlah	: 2 buah

3. Tangki Asam Sulfat

Kode	: TU-07
Fungsi	: menampung dan menyimpan larutan asam sulfat yang digunakan untuk meregenerasi kation <i>exchanger</i>
Bentuk	: silinder vertical
Kapasitas	: 0,3383 m ³

- Ukuran :
- Diameter : 0,7554 m
- Tinggi : 0,7554 m
- Jumlah : 1 buah
4. Tangki Natrium Hidroksida
- Kode : TU-08
- Fungsi : menampung dan menyimpan larutan nitrogen hidroksida yang digunakan untuk meregenerasi anion *exchanger*
- Bentuk : silinder vertical
- Kapasitas : 0,2113 m³
- Ukuran :
- Diameter : 0,6456 m
- Tinggi : 0,6456 m
- Jumlah : 1 buah
5. Daerator
- Kode : DE-01
- Fungsi : menghilangkan gas CO₂ dan O₂ yang terikat dalam *feed water* yang menyebabkan kerak pada *boiler*
- Bentuk : silinder vertical
- Kapasitas : 0,4646 m³/jam
- Ukuran :
- Diameter : 0,8922 m
- Tinggi : 0,8922 m
- Jumlah : 1 buah
6. Tangki hidrazin (N₂H₄)
- Kode : TU-07
- Fungsi : menyiapkan dan menyimpan larutan *hydrazine*
- Bentuk : silinder vertikal
- Kapasitas : 0,5667 m³

Ukuran	:
Diameter	: 0,8970 m
Tinggi	: 0,8970 m
Jumlah	: 1 buah
7. Boiler	
Kode	: BO-01
Fungsi	: menguapkan lewat jenuh keluar pompa lalu memanaskannya membentuk <i>saturated steam</i>
Jenis	: water tube boiler
Kebutuhan <i>steam</i>	: 1031,4301 kg/jam
Jumlah	: 1 buah

f. Pengolahan Service Water

4.1. Tangki Service Water

Kode	: TS-01
Fungsi	: menampung air untuk kebutuhan <i>service water</i>
Jenis	: silinder vertikal
Kapasitas	: 1 m ³ /jam
Ukuran	:
Diameter	: 3,3228 m
Tinggi	: 3,3228 m
Jumlah	: 1 buah

Nama Alat	Fungsi	Jenis	Kapasitas (gpm)	Daya (HP)	Jumlah (unit)
Pompa Utilitas (PU-01)	Mengalirkan air dari screening menuju bak pengendap	Centrifugal Pump	186,6800	0,75	2
Pompa Utilitas (PU-02)	Mengalirkan air dari bak pengendap menuju bak flokulator	Centrifugal Pump	177,3460	0,75	2
Pompa Utilitas (PU-03)	Mengalirkan air dari bak flokulator menuju ke clarifier	Centrifugal Pump	152,0520	0,75	2
Pompa Utilitas (PU-04)	Mengalirkan air dari clarifier menuju ke sand filter	Centrifugal Pump	168,4782	0,75	2
Pompa Utilitas (PU-05)	Mengalirkan air dari sand filter ke bak air bersih	Centrifugal Pump	160,0543	0,75	2
Pompa Utilitas (PU-06)	Mengalirkan air dari bak air bersih menuju area kebutuhan air	Centrifugal Pump	152,0516	0,75	2
Pompa Utilitas (PU-07)	Mengalirkan air dari tangki air bersih menuju area kebutuhan domestik	Centrifugal Pump	3,5223	0,05	2
Pompa Utilitas (PU-08)	Mengalirkan air dari tangki klorinasi menuju tangki air bersih	Centrifugal Pump	3,5223	0,05	2
Pompa Utilitas (PU-09)	Mengalirkan air dari tangki air bersih menuju area kebutuhan domestik	Centrifugal Pump	3,5223	0,05	2

Nama Alat	Fungsi	Jenis	Kapasitas (gpm)	Daya (HP)	Jumlah (unit)
Pompa Utilitas (PU-10)	Mengalirkan air dari tangki service water pendingin menuju area kebutuhan service water	Centrifugal Pump	5,1646	0,05	2
Pompa Utilitas (PU-11)	Mengalirkan air dari tangki service water pendingin menuju area kebutuhan service water	Centrifugal Pump	5,1646	0,05	2
Pompa Utilitas (PU-12)	Mengalirkan air dari cooling tower menuju bak pendingin	Centrifugal Pump	140,9655	0,6	2
Pompa Utilitas (PU-13)	Mengalirkan air dari bak air pendingin ke bak cooling tower	Centrifugal Pump	140,9655	0,6	2
Pompa Utilitas (PU-14)	Mengalirkan air dari cooling tower menuju bak pendingin	Centrifugal Pump	140,9655	0,6	2
Pompa Utilitas (PU-15)	Mengalirkan H ₂ SO ₄ dari TU - 07 ke Tangki Kation Exchanger (TU - 04)	Centrifugal Pump	0,0000718	0,05	2
Pompa Utilitas (PU-16)	Mengalirkan air dari Tangki kation Exchanger (TU-04) ke Tangki Anion Exchanger (TU-05)	Centrifugal Pump	2,3993	0,05	2
Pompa Utilitas (PU-17)	Mengalirkan NaOH dari TU-06 ke Tangki Anion Exchanger (TU-05)	Centrifugal Pump	0,0070	0,05	2
Pompa Utilitas (PU-18)	Mengalirkan air dari tangki anion exchanger (TU-05) ke tangki deaerator (De-01)	Centrifugal Pump	2,3993	0,05	2

Nama Alat	Fungsi	Jenis	Kapasitas (gpm)	Daya (HP)	Jumlah (unit)
Pompa Utilitas (PU-19)	Mengalirkan N_2H_4 dari TU-07 ke tangki deaerator (De-01)	Centrifugal Pump	0,0000720	0,05	2
Pompa Utilitas (PU-20)	Mengalirkan air dari tangki deaerator (De-01) menuju Boiler (BO-01)	Centrifugal Pump	2,3993	0,05	2



4.7 Organisasi Perusahaan

4.7.1. Bentuk Perusahaan

Keberhasilan suatu perusahaan bergantung pada struktur organisasi dan manajemennya. Perusahaan yang memiliki struktur organisasi dan manajemen yang baik, akan mengarah pada tercapainya efisiensi yang tinggi dalam perusahaan. Pengadaan struktur organisasi tidak lain guna mengatur dan mengendalikan kerja dan operasi seluruh pihak yang berkompeten dalam segala hal yang berkenaan dengan proses dan operasi pabrik. Oleh karena itu, harus ada wadah dan tempat yang jelas bagi pihak-pihak tersebut untuk melakukan aktivitas yang sesuai dengan kapabilitas dan tingkat intelegensinya.

Badan usaha yang akan dibentuk pada pabrik benzil alkohol ini adalah Perseorangan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan suatu bentuk usaha berbadan hukum yang memiliki, mengatur, dan mengolah kekayaannya sendiri, serta dapat mengumpulkan modal secara efektif. Adapun pertimbangan pemilihan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) adalah sebagai berikut :

- a. Mudah untuk mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
- b. Tanggung jawab pemegang saham terbatas terhadap hutang perusahaan.
- c. Mudah memindahkan hak pemilik dengan menjual saham kepada orang lain.
- d. Lapangan usaha lebih luas karena suatu Perseroan Terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usaha (Widjadja, 2003).
- e. Efisiensi dari manajemen karena para pemegang saham duduk dalam dewan komisaris dapat memilih dewan direksi, diantaranya direktur utama yang cakap dan berpengalaman .

4.7.2. Struktur Organisasi Perusahaan

Salah satu faktor yang menunjang kemajuan perusahaan adalah struktur organisasi yang terdapat pada perusahaan tersebut. Struktur organisasi yang baik akan berpengaruh pada setiap proses di pabrik sehingga dapat berjalan lancar serta pembagian tugas dan wewenang dari karyawan dapat dilaksanakan dengan baik. Adapun struktur organisasi yang sesuai untuk diterapkan pada perusahaan ini adalah sistem *line and staff*, mengingat pada pabrik ini merupakan perusahaan besar yang mempunyai ruang lingkup serta karyawan yang banyak sehingga membutuhkan staf ahli sebagai pemberi saran dalam bidangnya kepada pemimpin perusahaan.

Pada sistem ini, semakin ke atas jabatan yang diduduki semakin tinggi tugas, wewenang dan tanggung jawab yang dimiliki juga semakin besar. Tugas, wewenang, dan tanggung jawab tertinggi terletak pada rapat umum pemegang saham.

Pada sistem *line and staff*, setiap bawahan hanya mempunyai satu garis tanggung jawab kepada atasannya dan setiap atasan hanya memiliki satu garis komando kepada bawahannya. Pertimbangan lain digunakan sistem ini adalah lebih mudah dalam pelaksanaan pengawasan dan pertanggungjawaban serta kemungkinan konsentrasi dan loyalitas tinggi terhadap pekerjaan mengingat prinsip yang dianut oleh sistem ini adalah “*the right man on the right place*”.

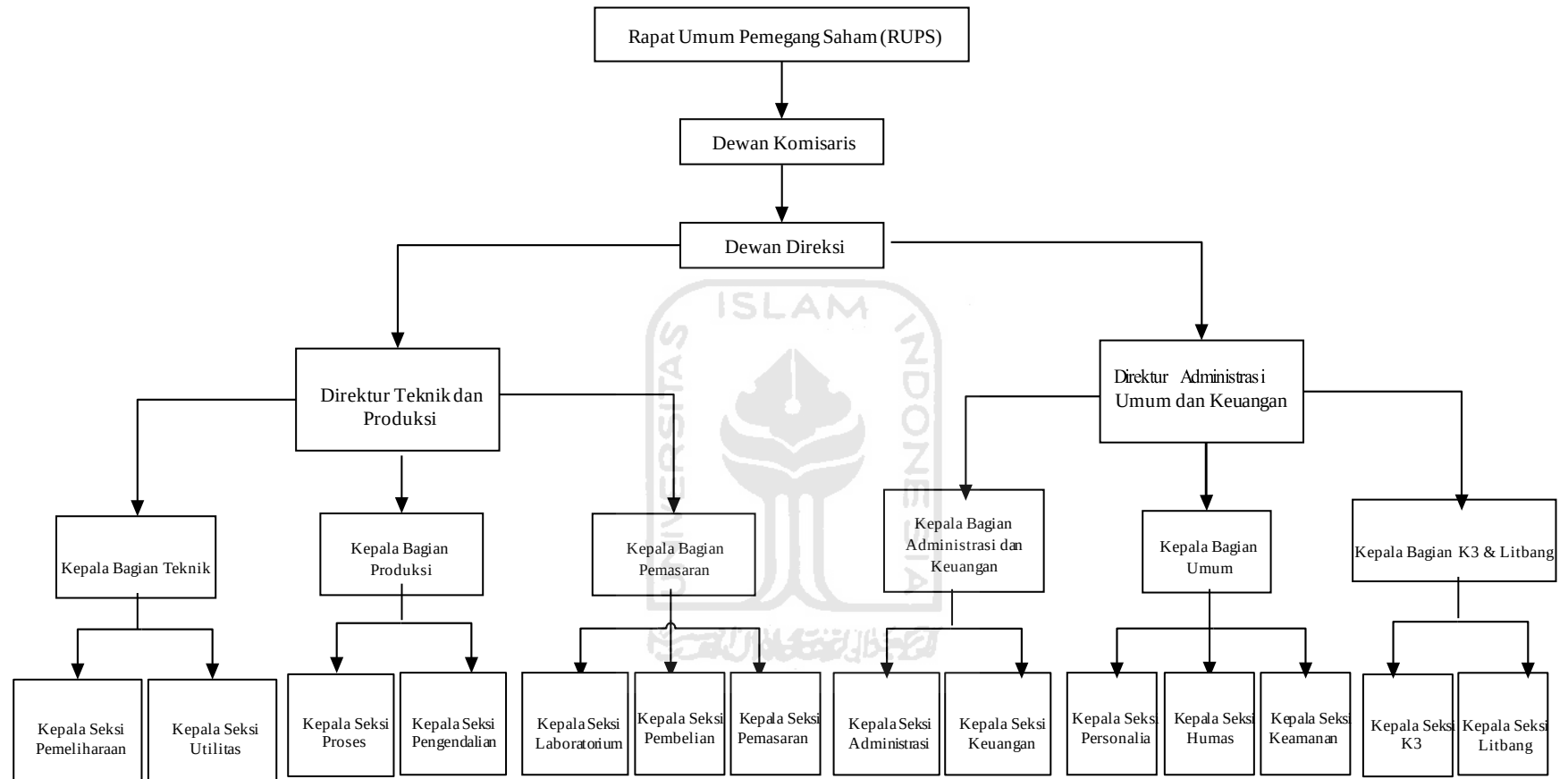
Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang dan jabatan kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut :

1. Pemegang saham
2. Dewan komisaris
3. Dewan Direksi
4. Direktur
5. Kepala Bagian

6. Kepala Seksi
7. Karyawan dan Operator

Tugas, wewenang dan tanggung jawab dari masing-masing jenjang kepemimpinan tentu saja berbeda-beda. Tugas, wewenang dan tanggung jawab tertinggi terletak pada puncak pimpinan yaitu dewan komisaris. Sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada rapat umum pemegang saham.





Gambar 4. 8 Struktur Organisasi Pabrik Benzil Alkohol

4.7.3. Tugas dan Wewenang

1. Pemegang Saham

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). RUPS dilakukan minimal satu kali dalam setahun untuk mengontrol dan mengevaluasi kelancaran proses produksi. Bila ada sesuatu hal, RUPS dapat dilakukan secara mendadak sesuai dengan jumlah forum dan RUPS dihadiri oleh pemilik saham dan Dewan Komisaris.

Pada rapat umum tersebut para pemegang saham :

- a. Meminta pertanggungjawaban Dewan Komisaris,
- b. Dengan musyawarah mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direktur serta mengesahkan anggota pemegang saham apabila mengundurkan diri,
- c. Menetapkan besar laba tahunan yang diperoleh untuk dibagikan, disimpan, atau ditanamkan kembali

Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham.

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

- a. Melaksanakan pembinaan dan pengawasan terhadap seluruh kegiatan dan pelaksanaan tugas direksi.
- b. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahan pemasaran.
- c. Membantu direksi dalam hal-hal penting.

3. Dewan Direksi

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal kelancaran perusahaan sesuai dengan apa yang telah ditargetkan dalam RUPS. Direktur Utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum.

Adapun tugas-tugas Direktur Utama adalah :

- a. Memimpin dan membina perusahaan secara efektif dan efisien,
- b. Menyusun dan melaksanakan kebijaksanaan umum pabrik sesuai dengan kebijaksanaan RUPS,
- c. Mengadakan kerjasama dan mewakili perusahaan dalam hubungan maupun perjanjian-perjanjian dengan pihak luar demi kepentingan perusahaan,
- d. Merencanakan dan mengawasi pelaksanaan tugas setiap personalia yang bekerja pada perusahaan.

Dalam melaksanakan tugasnya, Direktur Utama dibantu oleh Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum.

1. Tugas Direktur Produksi dan Teknik

Bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama dalam bidang produksi, operasi, teknik, utilitas, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium. Mengkoordinir, mengatur serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

Direktur Produksi dan Teknik dibantu oleh dua Kepala Bagian, yaitu :

- a. Kepala Bagian Produksi dibantu oleh Seksi Proses, Seksi Pengendalian dan Seksi Laboratorium.
- b. Kepala Bagian Teknik dibantu oleh Seksi Pemeliharaan dan Seksi Utilitas.

2. Direktur Keuangan dan Umum

Direktur Keuangan dan Umum bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama. Tugasnya memimpin segala pelaksanaan kegiatan pabrik

yang berhubungan dengan bidang administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

Direktur Keuangan dan Umum dibantu oleh empat Kepala Bagian yaitu :

a. Kepala Bagian Pemasaran

Kepala Bagian Pemasaran bertanggung jawab langsung kepada Direktur Keuangan dan Umum. Tugasnya adalah mengkoordinasi segala pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang pembelian bahan baku dan pemasaran produk. Dalam tugasnya, Kepala Bagian Pemasaran dibantu oleh dua Seksi, yaitu Seksi Pembelian dan Seksi Pemasaran.

b. Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan

Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan bertanggung jawab langsung kepada Direktur Keuangan dan Umum. Tugasnya adalah mengkoordinasi segala pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang administrasi dan keuangan. Dalam menjalankan tugasnya, Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan dibantu oleh dua Seksi, yaitu Seksi Administrasi dan Seksi Keuangan.

c. Kepala Bagian Umum

Kepala Bagian Umum bertanggung jawab langsung kepada Direktur Keuangan dan Umum. Tugasnya adalah mengkoordinasi segala pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang personalia, humas dan keamanan. Dalam menjalankan tugasnya, Kepala Bagian Umum dibantu oleh tiga Seksi, yaitu Seksi Personalia, Seksi Humas dan Seksi Keamanan.

d. Kepala Bagian K3 dan Litbang

Kepala Bagian K3 dan Litbang bertanggung jawab langsung kepada Direktur Keuangan dan Umum. Tugasnya adalah mengkoordinasi segala pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang K3, dan Litbang. Dalam menjalankan tugasnya, Kepala Bagian K3 dan Litbang dibantu oleh dua Seksi, yaitu Seksi K3 dan Seksi Litbang.

4. Staff Ahli

Staff ahli bertugas memberi masukan, baik berupa saran, nasihat, dan pandangan terhadap segala aspek operasional perusahaan. Staff ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknis maupun administrasi. Staff ahli bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing.

Tugas dan wewenang :

1. Memberikan nasihat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
2. Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.
3. Mempertinggi efisiensi kerja.

Tabel 4. 148 Jabatan dan Syarat Pendidikan

Jabatan	Pendidikan
Direktur utama	S-2
Direktur	S-2
Kepala Bagian	S-1
Kepala Seksi	S-1
Staff Ahli	S-1
Sekretaris	S-1
Dokter	Profesi Dokter
Perawat	D-3/S-1
Karyawan	S-1
Sopir	SLTA
Cleaning Service	SLTA
Satpam	SLTA

4.7.4. Rencana Kerja

Pabrik benzil alkohol ini akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan, dan turn around. Pembagian jam kerja karyawan digolongkan menjadi dua golongan, yaitu:

- a. Pegawai *non shift* yang bekerja selama 6 jam dalam seminggu dengan total kerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai *non shift* termasuk karyawan tidak langsung menangani operasi pabrik yaitu direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor atau administrasi, dan divisi-divisi dibawah tanggung non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinyu. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai *non shift*.

Senin-Kamis	: 07.00 – 16.00 (istirahat 12.00 – 13.00)
Juma'at	: 07.00 – 16.00 (istirahat 11.00 – 13.00)
Sabtu	: 07.00 – 12.00
Minggu	: libur, termasuk hari libur nasional.

- b. Pegawai *shift* bekerja 24 jam per hari yang terbagi dalam 3 shift. Karyawan shift adalah karyawan yang langsung menangani proses operasi pabrik yaitu kepala *shift*, operator, karyawan-karyawan shift, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai *shift* sebagai berikut:

Shift I	: 08.00 – 16.00
Shift II	: 16.00 – 24.00
Shift III	: 24.00 – 08.00

Jadwal kerja terbagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali shift. Berikut adalah jadwal kerja karyawan shift.

Tabel 4. 19 Jadwal Kerja Karyawan Shift

Regu	Hari											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	III	III	III	-	I	I	I	II	II	II	-	-
B	-	I	I	I	II	II	II	-	-	III	III	III
C	I	II	II	II	-	-	III	III	III	-	I	I
D	II	-	-	III	III	III	-	I	I	I	II	II

c. Kerja lembur (overtime)

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian

4.7.5. Sistem Penggajian Karyawan

1. Sistem Gaji Karyawan

Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis yaitu :

a. Gaji bulanan

Gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan.

b. Gaji harian

Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

c. Gaji lembur

Gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Tabel 4. 15 Daftar gaji karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
1	Dewan Komisaris	1	Rp50.000.000	Rp50.000.000
2	Direktur Utama	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
3	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
4	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
5	Staff Ahli	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000
6	Ka. Bag Umum	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
7	Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
8	Ka. Bag. Keuangan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
9	Ka. Bag. Teknik	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
10	Ka. Bag. Produksi	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
11	Ka. Bag. Litbang	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
12	Ka. Sek. Personalia	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
13	Ka. Sek. Humas	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
14	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
15	Ka. Sek. Pembelian	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
16	Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000

Tabel 4. 20 Daftar gaji karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
17	Ka. Sek. Administrasi	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
18	Ka. Sek. Kas/Anggaran	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
19	Ka. Sek. Proses	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
20	Ka. Sek. Pengendalian	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
21	Ka. Sek. Laboratorium	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
22	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
23	Ka. Sek. Pengembangan	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
24	Ka. Sek. Penelitian	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
25	Karyawan Personalia	2	Rp5.500.000	Rp11.000.000
26	Karyawan Humas	3	Rp5.500.000	Rp16.500.000
27	Karyawan Keamanan	4	Rp5.500.000	Rp22.000.000
28	Karyawan Pembelian	3	Rp5.500.000	Rp16.500.000
29	Karyawan Pemasaran	4	Rp5.500.000	Rp22.000.000
30	Karyawan Administrasi	3	Rp5.500.000	Rp16.500.000
31	Karyawan Kas/Anggaran	2	Rp5.500.000	Rp11.000.000
32	Karyawan Proses	5	Rp5.500.000	Rp27.500.000
33	Karyawan Pengendalian	4	Rp5.500.000	Rp22.000.000

Tabel 4. 20 Daftar gaji karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
34	Karyawan Laboratorium	4	Rp5.500.000	Rp22.000.000
35	Karyawan Pemeliharaan	4	Rp5.500.000	Rp22.000.000
36	Karyawan Utilitas	5	Rp5.500.000	Rp27.500.000
37	Karyawan K3	5	Rp5.500.000	Rp27.500.000
38	Karyawan Litbang	3	Rp5.500.000	Rp16.500.000
39	Karyawan UPL	5	Rp5.500.000	Rp27.500.000
40	Karyawan Pretreatment	5	Rp5.500.000	Rp27.500.000
41	Operator	15	Rp5.500.000	Rp82.500.000
42	Sekretaris	3	Rp5.500.000	Rp16.500.000
43	Dokter	2	Rp7.000.000	Rp14.000.000
44	Paramedis	2	Rp5.500.000	Rp11.000.000
45	Sopir	4	Rp4,200,000	Rp16,800,000
46	Bengkel	2	Rp4,200,000	Rp8,400,000
47	Cleaning Service	20	Rp4,200,000	Rp84,000,000
48	Pustakawan	1	Rp4,200,000	Rp4,200,000
Total		132		Rp942.900.000

2. Kesejahteraan Karyawan

Peningkatan efektifitas kerja pada perusahaan dilakukan dengan cara pemberian fasilitas untuk kesejahteraan karyawan. Upaya yang dilakukan selain memberikan upah resmi adalah memberikan beberapa fasilitas lain kepada setiap tenaga kerja berupa :

a. Poliklinik

Untuk meningkatkan efisiensi produksi, faktor kesehatan karyawan merupakan hal yang sangat berpengaruh. Oleh karena itu perusahaan menyediakan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh dokter dan perawat.

b. Pakaian kerja

Untuk menghindari kesenjangan antar karyawan, perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahun, selain itu juga disediakan masker sebagai alat pengaman kerja.

c. Makan dan minum

Perusahaan menyediakan makan dan minum 1 kali sehari yang rencananya akan dikelola oleh perusahaan catering yang ditunjuk oleh perusahaan.

d. Koperasi

Koperasi karyawan didirikan untuk mempermudah karyawan dalam hal simpan pinjam, memenuhi kebutuhan pokok dan perlengkapan rumah tangga serta kebutuhan lainnya.

e. Tunjangan Hari Raya (THR)

Tunjangan ini diberikan setiap tahun, yaitu menjelang hari raya Idul Fitri dan besarnya tunjangan tersebut sebesar satu bulan gaji.

f. BPJS Kesehatan dan BPJS Ketenagakerjaan

Merupakan asuransi kesehatan dan pertanggungan jiwa serta asuransi kecelakaan.

g. Masjid dan Kegiatan kerohanian

Perusahaan membangun tempat ibadah (masjid) agar karyawan dapat menjalankan kewajiban rohaninya dan melaksanakan aktifitas keagamaan lainnya.

h. Transportasi

Untuk meningkatkan produktifitas dan memperingan beban pengeluaran

karyawan, perusahaan memberikan uang transport tiap hari yang penyerahannya bersamaan dengan penerimaan gaji tiap bulan.

i. Hak Cuti

1) Cuti Tahunan

Diberikan kepada karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.

2) Cuti Massal

Setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

j. *Family Gathering Party* (acara berkumpul semua karyawan dan keluarga) setiap satu tahun sekali.

4.8 Evaluasi Ekonomi

Dalam perhitungan evaluasi ekonomi, digunakan beberapa langkah perhitungan, seperti perkiraan/estimasi harga alat dengan menggunakan *Chemical Engineering Plant Cost Index*, diambil pada buku *Chemical Engineering Cost Estimation* oleh Aries and Newton, 1955 dan *Plant Design and Economics for Chemical Engineering* Peter, M. S., and Timmerhaus, K. D., 1981. Harga index pada tahun 2015 sebesar 585,26 dan index pada tahun 2025 sebesar 692,100. Tujuan dalam melakukan evaluasi ekonomi adalah untuk mengetahui apakah pabrik yang didirikan layak dan dapat menguntungkan atau tidak untuk didirikan.

Perhitungan Evaluasi Ekonomi meliputi :

1. Modal (*Capital Investment*)

a. Modal Tetap (*Fixed Cost*)

b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)

b. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)

c. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)

3. Pengeluaran Umum (*General Cost*)

4. Analisis Kelayakan

a. Percent return on investment (ROI)

b. Pay Out Time (POT)

c. Break event point (BEP) dan shut down point (SDP)

4.8.1 Dasar perhitungan

Produksi benzil alkohol : 3.000 ton / tahun

Satu Tahun operasi : 330 hari

Umur alat : 10 Tahun

Pabrik didirikan : 2025

Nilai kurs dollar pada tanggal 20 Oktober 2020 : 1 \$ = Rp. 14.657,45

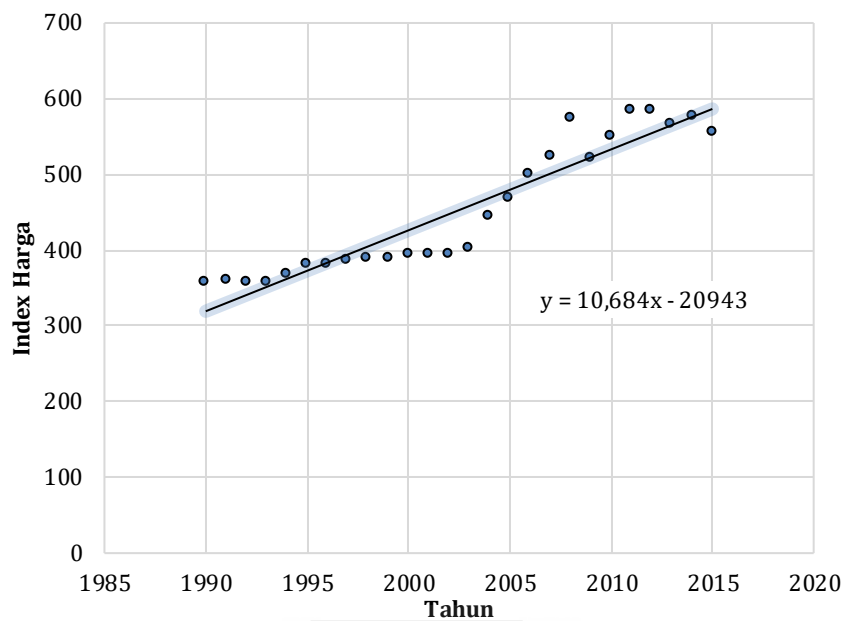
Harga peralatan ditentukan menggunakan data indeks harga dengan asumsi kenaikan harga dianggap linier.

Persamaan linier menggunakan program excel sebagai berikut :

Tabel 4. 16 Index Harga Alat

Tahun	Index	Tahun	Index
1990	357,6	2003	402
1991	361,3	2004	444,2
1992	358,2	2005	468,2
1993	359,2	2006	499,6
1994	368,1	2007	525,4
1995	381,1	2008	575,4
1996	381,7	2009	521,9
1997	386,5	2010	550,8
1998	389,5	2011	585,7
1999	390,6	2012	584,6
2000	394,1	2013	567,3
2001	394,3	2014	576,1
2002	395,6	2015	556,8

Sumber : (CEPCI Chemengonline.com,2015)



Gambar 4. 9 Grafik Indeks Harga Tiap Tahun

Dari grafik, diperoleh persamaan linier :

$$Y = 10.684 X - 20943$$

Dimana :

Y = indeks harga

X = tahun pembelian

Dengan menggunakan persamaan diatas didapatkan nilai index pada tahun 2025 adalah 692,100. Perkiraan harga alat pada tahun 2025 dapat dilihat dari grafik yang terlampir. Digunakan persamaan berikut untuk mengestimasi harga alat pada masa sekarang :

$$C_x = C_y \left(\frac{N_x}{N_y} \right)$$

Dimana :

C_x = harga pembelian pada tahun 2025

C_y = harga alat pada tahun 2015

N_x = indeks harga pada tahun 2025

N_y = indeks alat pada tahun 2015

Apabila kapasitas alat tidak ada di referensi, maka harga alat dihitung menggunakan metode *six tenths factor* :

$$E_b = E_a \left(\frac{C_b}{C_a} \right)^{0.6}$$

Dengan:

Ea : harga alat a

Eb : harga alat b

Ca : kapasitas alat a

Cb : kapasitas alat b

x : eksponen

Jenis alat mempengaruhi harga eksponen, untuk harga eksponen berbagai macam jenis alat dapat dilihat pada Peter and Timmerhaus, “*Plant Design And Economic for Chemical Engineering*”, 3th edition.

Tabel 4. 17 Rincian Harga Alat Proses

Nama	Kode Alat	Jumlah	EX
			2025
Gudang Penyimpanan Na ₂ CO ₃	G-01	1	\$ 617.147
Tangki Penyimpanan Benzil Klorida	TP-01	1	\$ 132.752
Tangki Penyimpanan Benzil Alkohol	TP-02	1	\$ 91.982
Bucket Elevator	BE-01	1	\$ 13.797
Hopper	H-01	1	\$ 5.345
Screw Conveyor	SC-01	1	\$ 1.367
Mixer	M-01	1	\$ 442.879
Reaktor	R-01	1	\$ 504.532

Tabel 4. 22 Rincian Harga Alat Proses

Nama	Kode Alat	Jumlah	EX
			2025
Decanter	D-01	1	\$ 18.023
Menara Distilasi	MD-01	1	\$ 31.323
Condensor	CD-01	1	\$ 5.842
Reboiler	RB-01	1	\$ 30.826
Accumulator	ACC-01	1	\$ 2.735
Heater	HE-01	1	\$ 1.740
Heater	HE-02	1	\$ 1.243
Heater	HE-03	1	\$ 2.237
Cooler	CO-01	1	\$ 2.859
Cooler	CO-02	1	\$ 1.616
Cooler	CO-03	1	\$ 1.616
Cooler	CO-04	1	\$ 2.237
Cooler	CO-05	1	\$ 1.616
Pompa	P-01	2	\$ 12.181
Pompa	P-02	2	\$ 12.181
Pompa	P-03	2	\$ 12.181
Pompa	P-04	2	\$ 16.656

Nama	Kode Alat	Jumlah	EX
			2025
Pompa	P-05	2	\$ 14.419
Pompa	P-06	2	\$ 14.419
Pompa	P-07	2	\$ 14.419
Pompa	P-08	2	\$ 12.181
Pompa	P-09	2	\$ 12.181

4.8.2 Perhitungan Biaya

A. Modal (*Capital Investment*)

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk fasilitas-fasilitas produksi dan untuk menjalankannya.

1. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

Pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas produktif.

2. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)

Modal yang dibutuhkan untuk menjalankan pabrik secara normal

B. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan suatu produk (per tahun).

Manufacturing Cost meliputi:

1. Biaya produksi langsung (*direct cost*), pengeluaran yang bersangkutan khusus dalam pembuatan produk.
2. Biaya produksi tak langsung (*indirect cost*), pengeluaran – pengeluaran sebagai akibat tidak langsung dan bukan langsung karena operasi pabrik.
3. Biaya tetap (*fixed cost*) merupakan biaya yang tidak tergantung waktu maupun jumlah produksi, meliputi depresiasi, pajak, asuransi dan sewa.

C. Pengeluaran Umum (*General Expense*)

Pengeluaran umum merupakan macam-macam pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

D. Analisis Kelayakan

Analisis kelayakan berperan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh besar atau tidak dalam menentukan apakah pabrik tersebut berpotensi untuk didirikan atau tidak. Untuk menyatakan kelayakan dilakukan beberapa tahapan analisis:

1. *Percent Return On Investment (ROI)*

Merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasi.

$$ROI\ b = \frac{\text{Keuntungan sebelum pajak} \times 100\%}{\text{Fixed Capital Investment}}$$

$$ROI\ a = \frac{\text{Keuntungan sesudah pajak} \times 100\%}{\text{Fixed Capital Investment}}$$

Dimana :

ROI b = % ROI sebelum pajak

ROI a = % ROI sesudah pajak

Menurut Aries and Newton, nilai ROI minimum adalah 11% untuk pabrik berisiko rendah dan 40% ROI minimum untuk pabrik berisiko tinggi. (Aries and Newton, 1955)

2. *Pay Out Time (POT)*

Pay out time adalah jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya capital investment dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

$$POT\ b = \frac{\text{Fixed Capital}}{\text{Keuntungan sebelum pajak} + \text{Depresiasi}}$$

$$POT\ a = \frac{Fixed\ Capital}{Keuntungan\ sesudah\ pajak + Depresiasi}$$

Dimana :

POT b = POT Sebelum Pajak

POT a = POT Sesudah Pajak

POT untuk pabrik berisiko rendah maksimal 5 tahun, sedangkan untuk pabrik berisiko tinggi maksimal 2 tahun. (Aries and Newton, 1955)

3. Break Event Point (BEP)

Break event point adalah titik impas dimana pabrik tidak mempunyai suatu keuntungan maupun kerugian.

$$BEP = \frac{Fa + (0,3 * Ra)}{S - Va - (0,7 * Ra)} \times 100\%$$

Fa = *Fixed Capital* pada produksi maksimum per tahun

Ra = *Regulated Expense* pada produksi maksimum

Sa = Penjualan maksimum per tahun

Va = *Variable Expense* pada produksi maksimum per tahun

4. Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah keadaan dimana pabrik mengalami kerugian sebesar fixed cost sehingga pabrik harus ditutup.

$$SDP = \frac{0,3 * Ra}{Sa - Va - (0,7 * Ra)} \times 100\%$$

Ra = *Regulated Expense* pada produksi maksimum

Sa = Penjualan maksimum per tahun

Va = *Variable Expense* pada produksi maksimum per tahun

4.8.3 Perhitungan Ekonomi

A. Fixed Capital Investment (FCI)

Pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas produktif

a. Purchased Equipment Cost (PEC)

Harga pembelian alat proses dari tempat pembelian. Dari daftar index harga pada halaman website matche, diperoleh total harga Alat proses = \$ 2.036.399 dan Alat utilitas = \$ 1.391.549

$$\begin{aligned}\text{Total PEC} &= \text{alat proses} + \text{alat utilitas} \\ &= \$ 2.036.399 + \$ 1.391.549 \\ &= \$ 3.427.948 \\ &= \text{Rp } 50.244.990.754,75\end{aligned}$$

b. Delivered Equipment Cost (DEC)

$$\begin{aligned}\text{Biaya pengangkutan (15\% PEC)} &= 15\% \times \$ 3.427.948 \\ &= \$ 514.192,35\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya administrasi dan pajak (10\%PEC)} &= 10\% \times \$ 3.427.948 \\ &= \$342.794,90\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total DEC} &= \$ 514.192,35 + \$342.794,90 = \$856.987,24 \\ &= \text{Rp}12.561.247.688,69\end{aligned}$$

c. Biaya Pemasangan (*Instalation Cost*)

Besarnya instalasi adalah 43% dari *Purchased Equipment Cost* (PEC)

$$\begin{aligned}\text{Material (11\%PEC)} &= 11\% \times \$ 3.427.948 = \$377.074,39 \\ &= \text{Rp}5.526.948.983\end{aligned}$$

$$\text{Labor (32\%PEC)} = 32\% \times \$ 3.427.948 = \$1.096.943,67$$

$$\begin{aligned}\text{Tenaga asing} &= 5\% \times \text{labor} = 5\% \times \$1.096.943,67 \\ &= \$54.847,18\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tenaga Indonesia} &= 95\% \text{Labor} \times 2 \times (\text{Rp}.20.000 / \$ 10) \\ &= 95\% \times \$1.096.943,67 \times 2 \times (\text{Rp}.20.000 / \$ 10) \\ &= \$284.386,84 = \text{Rp}4.168.385.957,84\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total biaya instalasi} &= \$54.847,18 + \$284.386,84 + \$377.074,39 \\ &= \$716.308,42\end{aligned}$$

$$= \text{Rp}10.499.254.793$$

d. Biaya Pemipaan (*Piping Cost*)

$$\begin{aligned}\text{Material} &= 49\% \times \text{PEC} \\ &= 49\% \times \$ 3.427.948 \\ &= \$1.679.695,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Labor} &= 37\% \times \text{PEC} \\ &= 37\% \times \$ 3.427.948 \\ &= \$1.268.341,12\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tenaga asing} &= 5\% \text{Labor} \\ &= 5\% \times \$1.268.341,12 \\ &= \$63.417,06\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tenaga Indonesia} &= 95\% \text{Labor} \times 2 \times (\text{Rp}.20.000 / \$ 10) \\ &= 95\% \times \$1.268.341,12 \times 2 \times (\text{Rp}.20.000 / \$ 10) \\ &= \$328.822,29 \\ &= \text{Rp}4.819.696.264\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total biaya pemipaan} &= \$1.679.695,00 + \$63.417,06 + \$328.822,29 \\ &= \$2.071.934,34 \\ &= \text{Rp}30.369.274.062,54\end{aligned}$$

e. Biaya Instrumentasi (*Instrumentation Cost*)

$$\begin{aligned}\text{Material} &= 24\% \times \text{PEC} \\ &= 24\% \times \$ 3.427.948 \\ &= \$822.707,75\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Labor} &= 6\% \times \text{PEC} \\ &= 6\% \times \$ 3.427.948 \\ &= \$205.676,94\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tenaga asing} &= 5\% \text{Labor} \\ &= 5\% \times \$205.676,94 \\ &= \$10.283,85\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tenaga Indonesia} &= 95\% \text{Labor} \times 2 \times (\text{Rp}.20.000 / \$ 10) \\ &= 95\% \times \$205.676,94 \times 2 \times (\text{Rp}.20.000 / \$ 10)\end{aligned}$$

$$= \$53.322,53$$

$$= \text{Rp}781.572.367,10$$

$$\text{Total biaya Instrumentasi} = \$822.707,75 + \$10.283,85 + \$53.322,53$$

$$= \$886.314,14$$

$$= \text{Rp}12.991.105.120$$

f. Biaya Isolasi (Insulation Cost)

$$\text{Material} = 3\% \text{PEC}$$

$$= 3\% \times \$ 3.427.948$$

$$= \$102.838,47$$

$$\text{Labor} = 5\% \text{PEC}$$

$$= 5\% \times \$ 3.427.948$$

$$= \$171.397,45$$

$$\text{Tenaga asing} = 5\% \text{Labor}$$

$$= 5\% \times \$171.397,45$$

$$= \$8.569,87$$

$$\text{Tenaga Indonesia} = 95\% \text{Labor} \times 2 \times (\text{Rp}.20.000 / \$ 10)$$

$$= 95\% \times \$171.397,45 \times 2 \times (\text{Rp}.20.000 / \$ 20)$$

$$= \$44.435,44$$

$$= \text{Rp}651.310.305,91$$

$$\text{Total biaya insulasi} = \$102.838,47 + \$8.569,87 + \$44.435,44$$

$$= \$155.843,79$$

$$= \text{Rp}2.284.272.505$$

g. Biaya Listrik (*Electrical Cost*)

Biaya listrik biasanya berkisar antara 10% - 15% dari PEC. Pada pabrik

Benzyl Alkohol ini diambil biaya listrik 10% dari PEC.

$$\text{Total biaya listrik} = 10\% \text{PEC}$$

$$= 10\% \times \$ 3.427.948$$

$$= \$342.794,90$$

$$= \text{Rp}5.024.499.075,47$$

h. Biaya Bangunan (Building Cost)

$$\text{Building (PEC} > \$1.000.000, 80\% \text{ PEC)}$$

$$\text{Outdoor construction (30\% PEC)} = \$1.028.384,69$$

Indoor construction (50% PEC) = \$1.713.974

Total building = \$2.742.359

Luas bangunan = 6.689 m²

Harga bangunan = Rp. 2.200.000 /m²

Biaya bangunan = Luas x Harga
 = 6689 m² x Rp.2.200.000 /m²
 = Rp14.715.800.000
 = \$1.003.980,91

Total biaya bangunan = \$1.003.980,91

i. Tanah dan Perluasan Tanah (Land and Yard Improvement)

Luas tanah = 19.253 m²

Harga tanah = Rp. 2.200.000 /m²

Total harga tanah = Luas x Harga
 = 19.253 m² x Rp. 2.200.000 /m²
 = Rp 42.356.600.000
 = \$2.889.765,96

Tabel 4. 18 Data Physical Plant Cost

No	Jenis	Biaya (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	3427948,98
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	856987,24
3	<i>Instalasi cost</i>	716308,42
4	Pemipaan	2071934,34
5	Instrumentasi	886314,14
6	Insulasi	155843,79
7	Listrik	342794,90
8	Bangunan	3746340,09
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	2889765,96
Total		\$15.094.237,85
		Rp221.243.036.604,13

j. Engineering and construction

Untuk PPC antara US\$ 1000000 - US\$ 5000000, Engineering and Construction 20 % PPC.

$$\begin{aligned}
 \text{Engineering and Construction} &= 20\% \text{PPC} \\
 &= 20\% \times \$15.094.237,85 \\
 &= \$3.018.847,57 \\
 &= \text{Rp}44.248.607.320,83
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{DPC (Direct Plant Cost)} &= \text{PPC} + \text{Engineering and Construction} \\
 &= \$15.094.237,85 + \$3.018.847,57 \\
 &= \$18.113.085,42 \\
 &= \text{Rp}265.491.643.925
 \end{aligned}$$

k. Contractors Fee

Nilai dari *Contractor's fee* biasanya terletak antara (4-10 % DPC).
Diambil 5%DPC

$$\begin{aligned}
 \text{Contractor's fee} &= 5\% \text{DPC} \\
 &= 5\% \times \$18.113.085,42 \\
 &= \$905.654,27 \\
 &= \text{Rp}13.274.582.196,25
 \end{aligned}$$

l. Contingency

Nilai dari *contingency* biasanya kurang lebih atau sama dengan 10 % DPC.

$$\begin{aligned}
 &= 10\% \times \$18.113.085,42 \\
 &= \$1.811.308,54 \\
 &= \text{Rp}26.549.164.392,50
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 19 Data Fixed Capital Investment

No.	Fixed Capital	Biaya, \$
1.	<i>Direct Plant Cost</i>	18.113.085,4
2.	<i>Cotractor's fee</i>	905.654,3
3.	<i>Contingency</i>	1.811.308,5
Jumlah		20.830.048,24

Total Fixed Capital Investment (FCI) = \$20.830.048,24

$$= \text{Rp}305.315.390.513,69$$

B. Manufacturing Cost

Biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan suatu produk (per tahun).

a. *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

Merupakan pengeluaran langsung dalam pembuatan suatu produk

a) *Raw Material*

Tabel 4.7.1.4 Kebutuhan Bahan Baku

Bahan Baku	Kebutuhan (kg/jam)	Harga Total
Benzil Klorida	563,5446	Rp 61.630.855.365
Natrium Karbonat	468,3269	Rp 18.813.886.392

Total Raw Material per hari : Rp80.444.741.757

b) *Tenaga Kerja*

Pekerja yang berhubungan langsung dengan produksi.

Total biaya tenaga kerja = Rp942.900.000,00

c) *Supervisor*

Biaya supervisor biasanya berkisar antara 10% - 25% dari labor cost.

Pada analisa kali ini diambil biaya supervisor sebesar 15% dari labor cost.

Biaya *supervisor* = 15%Labor

$$= 10\% \times \text{Rp}942.900.000,00$$

$$= \text{Rp}141.435.000$$

$$= \$9.649,36$$

d) *Maintenance*

Biaya maintenance biasanya berkisar antara 2% sampai 100% dari *fixed capital investment* (FCI). Analisa ini mengambil *maintenance* sebesar 10% dari *fixed capital investment*.

Maintenance = 10%FCI

$$= 10\% \times \$20.830.048,24$$

$$= \$2.083.004,82$$

$$= \text{Rp}30.531.539.051$$

e) *Plant Supplies*

Biasanya nilai *plant supplies* sebesar 15% dari biaya *maintenance*.

$$\begin{aligned}
 \text{Plant Supplies} &= 15\% \text{Maintenance} \\
 &= 15\% \times \text{Rp}30.531.539.051 \\
 &= \text{Rp}4.579.730.857,71 \\
 &= \$312.450,72
 \end{aligned}$$

f) *Royalties and Patents*

Nilai dari royalti dan paten biasanya berkisar antara 1 sampai 5 %.

Rincian penjualan produk *benzyl alcohol* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi} &= 3.000.000 \text{ kg/tahun} \\
 \text{Harga} &= \text{Rp}119.707,00 / \text{Kg} \\
 \text{Total penjualan produk} &= \text{Rp}359.121.000.000,0/\text{tahun} \\
 \text{Royalties and patents} &= 2\% \text{ harga penjualan} \\
 &= 2\% \times \text{Rp} 359.121.000.000 \\
 &= \text{Rp}7.182.420.000 \\
 &= \$ 490.018,39
 \end{aligned}$$

g) *Utilitas*

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya kebutuhan utilitas} &= \text{Rp}22.174.044.619,28 \\
 &= \$1.512.817,35
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Direct Manufacturing Cost (DMC)} &= \text{Rp}145.996.811.285,39 \\
 &= \$9.960.587,37
 \end{aligned}$$

b. *Indirect Manufacturing Cost*

Merupakan pengeluaran tidak langsung akibat dari pembuatan suatu produk.

a) *Payroll Overhead*

Pengeluaran perusahaan untuk pensiunan, perusahaan, asuransi, cacat jasmani akibat liburan yang dibayar kerja, keamanan, dan sebagainya. Besarnya *payroll overhead* ini biasanya berkisar antara 15 sampai 20% *labor cost*.

$$\begin{aligned}
 \text{Payroll overhead} &= 15\% \text{Labor} \\
 &= 15\% \times \text{Rp. Rp}942.900.000,00 \\
 &= \text{Rp}141.435.000 \\
 &= \$9.649,36
 \end{aligned}$$

b) *Laboratory*

Laboratory digunakan untuk *quality control*, karenanya biaya tergantung dari produk yang dihasilkan. Nilai *laboratory* biasanya berkisar antara 10 sampai 20% *labor cost*.

$$\begin{aligned}\text{Laboratory} &= 10\% \text{Labor} \\ &= 10\% \times \text{Rp}942.900.000,00 \\ &= \text{Rp}94.290.000 \\ &= \$6.432,91\end{aligned}$$

c) *Plant Overhead*

Biaya untuk *service* yang tidak langsung berhubungan dengan unit produksi. Termasuk didalamnya adalah biaya kesehatan, fasilitas rekreasi, pembelian (*purchasing*), pergudangan, dan *engineering*.

Biaya *plant overhead* biasanya berkisar antara 50 sampai 100% *labor cost*.

$$\begin{aligned}\text{Plant overhead} &= 50\% \text{Labor} \\ &= 50\% \times \text{Rp}942.900.000,00 \\ &= \text{Rp}471.450.000 \\ &= \$32.164,53\end{aligned}$$

d) *Packaging and Shipping*

Biayanya sebesar 10% dari harga penjualan produknya. Biaya *container* untuk *packaging* tergantung dari sifat-sifat kimia produk beserta nilainya.

$$\begin{aligned}\text{Packaging and Shipping} &= 10\% \text{ Sales Price} + 1\% \text{ Sales Price} \\ &= \text{Rp}39.503.310.000 \\ &= \$2.695.101,13\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Indirect Manufacturing Cost (IMC)} &= \text{Rp}40.210.485.000 \\ &= \$2.743.347,92\end{aligned}$$

c. Fixed Manufacturing Cost

Merupakan pengeluaran yang berkaitan dengan *initial fixed capital investment* dan harganya tidak tergantung waktu maupun tingkat produksi.

a) *Depreciation*

Nilainya berkisar antara 8 sampai 10% dari nilai FCI. Dalam Analisa ini diambil sebesar 10% FCI.

$$\begin{aligned}
 \text{Depreciation} &= 10\% \text{FCI} \\
 &= 10\% \times \text{Rp}305.315.390.513,69 \\
 &= \text{Rp}30.531.539.051,37 \\
 &= \$2.083.004,82
 \end{aligned}$$

b) Property Taxes

Nilainya berkisar antara 1 sampai 2% dari nilai FCI. Diambil nilai sebesar 1%FCI.

$$\begin{aligned}
 \text{Property Taxes} &= 2\% \text{FCI} \\
 &= 2\% \times \text{Rp}305.315.390.513,69 \\
 &= \text{Rp}6.106.307.810 \\
 &= \$416.600,96
 \end{aligned}$$

c) Insurance

Nilai *Insurance* biasanya 1% dari nilai FCI.

$$\begin{aligned}
 \text{Insurance} &= 1\% \text{FCI} \\
 &= 1\% \times \text{Rp}305.315.390.513,69 \\
 &= \text{Rp}3.053.153.905 \\
 &= \$208.300,48
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Fixed Manufacturing Cost (FMC)} &= \text{Rp}39.691.000.767 \\
 &= \$2.707.906,27
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Manufacturing Cost (MC)} &= \text{Rp}225.898.297.052,2 \\
 &= \$15.411.841,56
 \end{aligned}$$

C. Working Capital

a. Raw Material Inventory

Persediaan bahan baku untuk kebutuhan produksi selama 30 hari.

$$\begin{aligned}
 \text{Raw material inventory} &= (30/330) \times \text{total raw material} \\
 &= (30/330) \times \text{Rp. Rp}80.444.741.757 \\
 &= \text{Rp}7.313.158.341,55 \\
 &= \$498.937,97
 \end{aligned}$$

b. Inprocess Inventory

Persediaan bahan baku dalam proses untuk satu hari proses dengan harga 50% *manufacturing cost*.

$$\text{Inprocess Inventory} = (1,5 \times \text{total manufacturing cost})/12$$

$$\begin{aligned}
 &= (1,5) \times (\text{Rp}225.898.297.052,2)/12 \\
 &= \text{Rp}28.237.287.132 \\
 &= \$13.866,28
 \end{aligned}$$

c. *Product Inventory*

Biaya penyimpanan produk sebelum dikirim ke konsumen selama 30 hari.

$$\begin{aligned}
 \text{Product Inventory} &= (30/330) \times \text{total manufacturing cost} \\
 &= (30/330) \times \text{Rp}225.898.297.052,2 \\
 &= \text{Rp}20.536.208.822,92 \\
 &= \$1.401.076,51
 \end{aligned}$$

d. *Extended Credit*

Modal untuk biaya pengiriman produk sampai ke konsumen selama 30 hari.

$$\begin{aligned}
 \text{Extended Credit} &= (30/330) \times \text{penjualan produk} \\
 &= (30/330) \times \text{Rp}359.121.000.000,0 \\
 &= \text{Rp}2.227.356,30 \\
 &= \$151,96
 \end{aligned}$$

e. *Available Cash*

Dana untuk pembayaran gaji, jasa, dan material selama 1 bulan.

$$\begin{aligned}
 \text{Available Cash} &= (30/330) \times \text{total manufacturing cost} \\
 &= (30/330) \times \text{Rp}225.898.297.052,2 \\
 &= \text{Rp}20.536.208.822,92 \\
 &= \$1.401.076,51
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Working Capital (WC)} &= \text{Rp}76.625.090.475 \\
 &= \$5.227.723,14
 \end{aligned}$$

D. General Expense

General Expense adalah macam-macam pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

a. *Administration*

Biaya administrasi penggajian, audit (3-6% MC)

$$\text{Administration} = 4\% \text{ manufacturing cost}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4\% \times \text{Rp}225.898.297.052,2 \\
 &= \text{Rp}9.035.931.882,09 \\
 &= \$616.473,66
 \end{aligned}$$

b. Sales Expense

Penjualan, distribusi, *advertising* (5-22% MC)

$$\begin{aligned}
 \text{Sales Expense} &= 4\% \text{ manufacturing cost} \\
 &= 5\% \times \text{Rp}225.898.297.052,2 \\
 &= \text{Rp}9.035.931.882,09 \\
 &= \$616.473,66
 \end{aligned}$$

c. Research

Riset atau penelitian dan pengembangan bernilai 3,5% sampai 8% dari *manufacturing cost*.

$$\begin{aligned}
 \text{Research} &= 5\% \text{ manufacturing cost} \\
 &= 5\% \times \text{Rp}225.898.297.052,2 \\
 &= \text{Rp}11.294.914.852,61 \\
 &= \$770.592,08
 \end{aligned}$$

d. Finance

Biaya untuk membayar bunga pinjaman bank atau deviden para pemegang saham, nilainya berkisar antara 2 sampai 4% dari FCI+WCI.

$$\begin{aligned}
 \text{Finance} &= 4\% \times \text{Capital Investment} \\
 &= 4\% \times (\text{Rp}305.315.390.513,69 + \text{Rp}76.625.090.475) \\
 &= \text{Rp}15.277.619.239,56 \\
 &= \$1.042.310,85
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total General Expanse} &= \text{Rp}44.644.397.856 \\
 &= \$3.045.850,26
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Production Cost} &= \text{Manufacturing Cost} + \text{General Expense} \\
 &= \text{Rp}270.542.694.909 \\
 &= \$18.457.691,82
 \end{aligned}$$

E. Analisa Keuntungan

$$\begin{aligned}
 \text{Total penjualan} &= \text{Rp}359.121.000.000 \\
 \text{Total production cost} &= \text{Rp}270.542.694.909
 \end{aligned}$$

Keuntungan sebelum pajak	= Rp88.578.305.091
Pajak 20% dari keuntungan	= Rp17.715.661.018
Keuntungan setelah pajak	= Rp70.862.644.073

F. Analisa Kelayakan

Setelah ditinjau dari segi proses dan juga sifat-sifat dari bahan baku seta produk maka pabrik benzil alcohol ini termasuk kedalam pabrik beresiko rendah (*low risk*) sehingga untuk analisa kelayakan digunakan persyaratan-persyaratan pabrik beresiko rendah,

a. Return on Investment (ROI)

a) ROI sebelum pajak (industrial chemical 11-44%)

$$ROI\ b = \frac{\text{Keuntungan sebelum pajak} \times 100\%}{\text{Fixed Capital Investment}}$$

$$= 29 \%$$

b) ROI sesudah pajak

$$ROI\ a = \frac{\text{Keuntungan sesudah pajak} \times 100\%}{\text{Fixed Capital Investment}}$$

$$= 23,2 \%$$

b. Pay Out Time (POT)

a) POT sebelum pajak

$$POT\ b = \frac{\text{Fixed Capital}}{\text{Keuntungan sebelum pajak} + \text{Depresiasi}}$$

$$= 2,6 \text{ Tahun}$$

b) POT sesudah Pajak

$$POT\ a = \frac{\text{Fixed Capital}}{\text{Keuntngan sesudah pajak} + \text{Depresiasi}}$$

$$= 3,0 \text{ Tahun}$$

c. Break Even Point (BEP)

a) Fixed Cost (Fa)

Perhitungan fixed cost terdiri dari:

$$\text{Depresiasi} = \text{Rp}30.531.539.051$$

$$= \$2.083.004,82$$

$$\text{Property Taxes} = \text{Rp}6.106.307.810$$

$$= \$416.600,96$$

$$\begin{aligned}
 \text{Asuransi} &= \text{Rp}3.053.153.905 \\
 &= \$208.300,48 \\
 \text{Total nilai Fa} &= \text{Rp}39.691.000.767 \\
 &= \$2.707.906,27
 \end{aligned}$$

b) Regulated Cost

Perhitungan regulated cost terdiri dari:

$$\begin{aligned}
 \text{Gaji karyawan} &= \text{Rp}942.900.000 \\
 &= \$64.329,06
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Payroll overhead} &= \text{Rp}141.435.000 \\
 &= \$9.649,36
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Supervision} &= \text{Rp}141.435.000 \\
 &= \$9.649,36
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Plant overhead} &= \text{Rp}471.450.000 \\
 &= \$32.164,53
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laboratorium} &= \text{Rp}94.290.000 \\
 &= \$6.432,91
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{General Expense} &= \text{Rp}44.644.397.856 \\
 &= \$3.045.850,26
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maintenance} &= \text{Rp}30.531.539.051 \\
 &= \$2.083.004,82
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Plant Supplies} &= \text{Rp}4.579.730.858 \\
 &= \$312.450,72
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total nilai Ra} &= \text{Rp}81.547.177.765 \\
 &= \$5.563.531,02
 \end{aligned}$$

c) Variabel Cost (Va)

Perhitungan variabel cost terdiri dari:

$$\begin{aligned}
 \text{Raw material} &= \text{Rp}80.444.741.757 \\
 &= \$5.488.317,66
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Packaging and Shipping} &= \text{Rp}39.503.310.000 \\
 &= \$2.695.101,13
 \end{aligned}$$

$$\text{Utilitas} = \text{Rp}22.174.044.619$$

$$= \$1.512.817,35$$

$$\text{Royalty and Patent} = \text{Rp}7.182.420.000$$

$$= \$490.018,39$$

$$\text{Total nilai } Va = \text{Rp}149.304.516.376$$

$$= \$10.186.254,52$$

d. Sales (Sa)

$$\text{Biaya sales} = \text{Rp}359.121.000.000$$

$$\text{Maka nilai BEP} = 43,64 \%$$

e. Shut Down Point (SDP)

$$SDP = \frac{0,3 * Ra}{Sa - Va - (0,7 * Ra)} \times 100\%$$

$$SDP = 16,02 \%$$

f. Discounted Cash Flow Rate

Discounted Cash Flow Rate adalah perbandingan besarnya presentase keuntungan yang diperoleh terhadap *capital investment* dibanding dengan tingkat bunga yang berlaku di bank.

DCFR dibentuk dari persamaan dasar berikut :

$$FC + WC = C \times \sum_{k=1}^n \left(\frac{1}{(i+1)^k} \right) + (WC + SV) \times \left(\frac{1}{(i+1)^n} \right)$$

Dengan penjabaran variable sebagai berikut :

$$\text{Umur pabrik} = 10 \text{ tahun}$$

$$\text{Salvage value} = \text{depresiasi} = \text{Rp}30.531.539.051$$

$$\text{Cash flow} = \text{annual profit} + \text{depresiasi} + \text{finance}$$

$$= \text{Rp}116.671.802.364$$

$$\text{Working capital} = \text{Rp}76.625.090.475$$

$$\text{Fixed capital} = \text{Rp}305.315.390.514$$

Berdasarkan penjabaran tersebut dapat dihitung nilai i yang merupakan DCFR. Sehingga didapat nilai $i = 28,75 \%$.

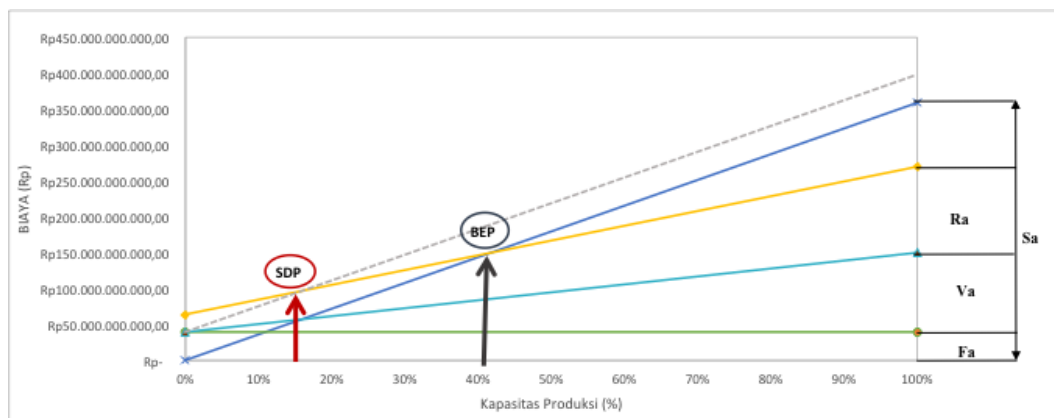
Diketahui suku bunga deposito bank UOB Indonesia pada tanggal 1 Oktober 2020 adalah 6 % (Pusatdata.kontan.co.id). Untuk meyakinkan bahwa pabrik ini memenuhi kriteria investasi yang menarik, perlu

ditentukan batas ketertarikan dari suatu tingkat investasi atau *Minimum Attractive Rate of Return* (MARR). Nilai MARR yang dipilih sebesar 1,5 dari suku bunga deposito bank saat ini, yaitu sebesar 9%. Selanjutnya nilai DCFR yang diperoleh dibandingkan dengan nilai MARR tersebut. Ternyata hasilnya diketahui bahwa DCFR yang diperoleh lebih dari nilai MARR. Hasil dari parameter ini adalah investasi ini menarik secara finansial.

Tabel 4. 20 Analisis Kelayakan

Kriteria	Terhitung	Persyaratan	Sumber
ROI sebelum pajak ROI setelah pajak	29% 23,2 %	Untuk pabrik risiko rendah ROI minimal 11 %	Aries Newton, 1955, Hal, 193
POT sebelum pajak POT setelah pajak	2,6 tahun 3,0 tahun	POT maksimal untuk pabrik risiko rendah 5 tahun	Aries Newton, 1955, Hal, 196
BEP	42%	Berkisar 40 - 50%	
SDP	16,02 %		
DCFR	28,75 %	1,5 bunga bank = 1,5 x 4,25% = 6% minimal	Bank UOB, www.uob.ac.id diakses pada tanggal 10 November 2020 Pukul 24.00.

Dari hasil perhitungan evaluasi ekonomi diatas maka dapat digambarkan grafik hubungan kapasitas produksi terhadap BEP dan SDP sebagai berikut :



Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Kapasitas Produksi Terhadap BEP dan SDP.



BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dalam pra rancangan pabrik benzil alkohol dari benzil klorida dan natrium karbonat dengan kapasitas 3.000 ton/tahun dapat diambil beberapa kesimpulan.

1. Proses yang dipilih dalam perancangan pabrik benzil alkohol ini adalah proses hidrolisis benzil klorida, dengan pertimbangan proses ini menghasilkan produk dengan konversi paling tinggi dan kondisi operasi yang relatif rendah.
2. Pendirian pabrik benzil alkohol ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan benzil alkohol dalam negeri sehingga dapat mengurangi impor, meningkatkan pertumbuhan ekonomi serta dapat mengurangi tingkat pengangguran di Indonesia.
3. Berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk serta lokasi produk maka pabrik benzil alkohol dari benzil klorida dan natrium karbonat ini tergolong pabrik berisiko rendah (low risk).
4. Hasil perhitungan aspek ekonomi atau evaluasi ekonomi, diperoleh data sebagai berikut :
 - a. Keuntungan sebelum pajak adalah sebesar Rp88.578.305.091 per tahun dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp70.862.644.073 per tahun dengan asumsi pajak adalah sebesar 20%.
 - b. Persentase return on investment (ROI) sebelum pajak adalah 29 % dan ROI setelah pajak sebesar 23,2 %. Nilai ROI sebelum pajak minimum untuk pabrik low risk adalah sebesar 11%.
 - c. Payout time (POT) sebelum pajak adalah 2,6 tahun dan POT setelah pajak adalah 3,0 tahun. Nilai POT sebelum pajak maksimum untuk pabrik low risk sebesar 5 tahun.
 - d. Nilai titik impas atau break even point (BEP) adalah 42 %. Nilai BEP untuk chemical industry berkisar antara 40-60%.
 - e. Nilai shut down point (SDP) sebesar 16,02 %. Nilai SDP pada umumnya lebih kecil daripada BEP.

- f. Nilai discounted cash flow rate (DCFR) adalah 28,75% lebih besar daripada bunga deposito bank UOB Indonesia yaitu 6%.
5. Pabrik benzil alkohol dengan kapasitas 3000 ton/tahun ini layak dikaji lebih lanjut untuk didirikan agar semua parameter profitabilitas dapat terpenuhi.

5.2 Saran

Beberapa konsep dasar yang perlu dipahami untuk meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik, terutama pabrik kimia adalah sebagai berikut :

1. Optimasi pemilihan alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Produksi limbah merupakan salah satu yang berkaitan dengan perancangan pabrik kimia. Sehingga, limbah pabrik kimia diharapkan dapat dilakukan pengolahan lebih baik lagi dan dapat semakin berkembang untuk menghasilkan pabrik yang lebih ramah lingkungan.
3. Seiring dengan berkembang pesatnya industri-industri di dalam ataupun luar negeri, kebutuhan benzil alkohol sebagai bahan pelarut dan bahan pendukung di beberapa industri semakin meningkat. Maka, realisasi pendirian pabrik benzil alkohol perlu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang.

DAFTAR PUSAKA

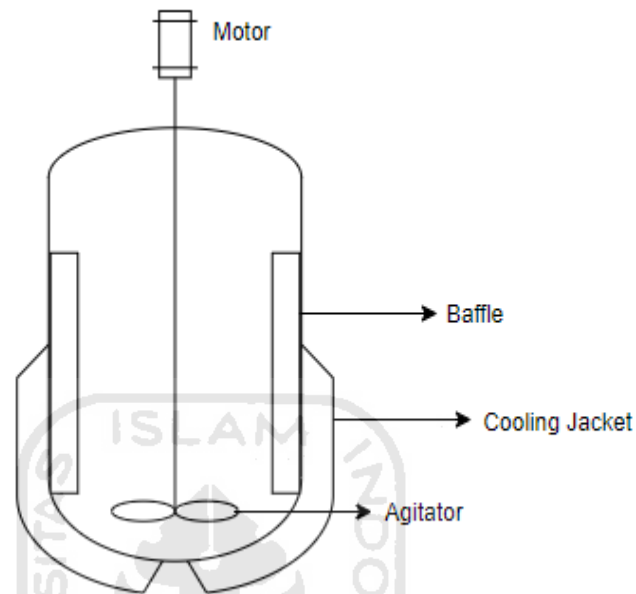
- Aries, R., & Newton, R. (1954). *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Benzyl Alcohol Market. (2018). Retrieved from Allied Market Research: <https://www.alliedmarketresearch.com/benzyl-alcohol-market-A06132>
- Branan, C. (2005). *Rule of Thumb for Chemical Engineers : A manual of quick, accurate solutions to everyday process engineering problems*. . Amsterdam: Elsevier Science.
- Brown, G. G. (1950). *Unit Operations*. New York: John Wiley & Sons.
- Brownell, L., & Young, E. (1959). *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc.
- Buysch, H.-J. (1998, 03 17). *USA Patent No. 5,728.897* .
- Chemical, L. (2020, 10 14). *Benzyl chloride*. Retrieved 10 14, 2020, from Luxi Chemical: <http://en.luxichemical.com/Products/Benzyl-chloride-155.html>
- Considine, D. M. (1985). *Process Instruments and Controls Handbook* (Third Edition ed.). Mc.Graw-Hill.
- Dean, J. A. (1999). *Lange's Handbook of Chemistry* (Fifteenth Edition ed.). Mc.Graw-Hill Inc.
- Geankoplis, C. (1993). *Transport Process and Unit Operations* . (f. Edition, Ed.) Tokyo: Prentice-Hall International.
- Green, D., & Perry, R. (2008). *Perry's Chemical Engineer's Handbook* (Eighth Edition ed.). New York: McGraw-Hill inc.
- Kern, D. Q. (1983). *Process Heat Transfer* (International Student Edition ed.). Tokyo: McGraw-Hill International.
- Kirk-Othmer. (2004). *Encyclopedia of Chemical Technology* (5th Edition ed., Vol. 4). Wiley-Interscience.
- Levenspiel, O. (1999). *Chemical Reaction Engineering* (Thrid Edition ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Lide, D. R. (2005). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*.
- Matche. (n.d.). *Index of Process Equipment*. Retrieved from Matche: <http://matche.com/equipcost/EquipmentIndex.html>
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (1993). *Unit Operations of Chemical Engineering* (Fifth Edition ed.).
- McGraw-Hill. (1976). *Perry's Chemical Engineers Handbook* (Seventh Edition ed.). (R. H. Perry, Ed.)
- Peters, M., & Timmerhaus, K. (1980). *Plant design and economics for chemical engineers*. New York: McGraw-Hill.
- PT Aneka Inti. (2020). Retrieved 10 14, 2020, from <https://www.aki.co.id/product.html>
- Pubchem. (n.d.). *Carbon dioxide* . Retrieved 10 14, 2020, from Pubchem ncbi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/280>
- Pubchem ncbi . (2020). *Carbon dioxide*. Retrieved 10 14, 2020, from Pubchem ncbi: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/280>

- Smith, J., Van Ness, H., Abbott, M., & Swihart, M. (1996). *Introduction To Chemical Engineering Thermodynamics* (Eighth Edition ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Ullmann, F. (1914). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* (7th ed.). German: Wiley-VCH.
- Ulrich, G. (n.d.). *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York, 1984: John Willey & Sons.
- Walas, S. (1990). *Chemical Process Equipment*. USA: Butterworth-Heinemann.
- Yaws, C. L. (1976). *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.



LAMPIRAN A

PERANCANGAN REAKTOR (R-01)



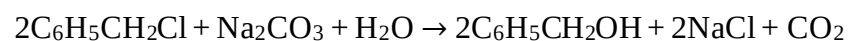
R-01

Fungsi : tempat bereaksinya benzil klorida dengan natrum karbonat dan air

Jenis : reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan jaket

Kondisi Operasi :

- Suhu (T) : 110⁰C
- Tekanan (P) : 2 atm
- Konversi : 76%
- Reaksi yang terjadi didalam reaktor :



(USA Patent No. 5,728.897 , 1998)

1. Dasar Pemilihan Jenis Reaktor

Dipilih reaktor jenis RATB dengan pertimbangan sebagai berikut :

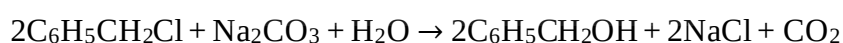
- a. Fase reaksi cair-cair dan prosesnya kontinyu

- b. Pada reaktor alir tangki berpengaduk suhu dan komposisi campuran dalam reaktor selalu seragam. Hal ini memungkinkan melakukan suatu proses isothermal dalam reaktor RATB.
 - c. Volume reaktor relatif lebih besar dibandingkan dengan reaktor alir pipa, sehingga waktu tinggal reaktor lebih besar. Dalam artian, zat pereaksi dapat lebih lama bereaksi didalam reaktor.
2. Dasar Pemilihan Jacket Pendingin
Luas area transfer panas reaktor lebih kecil dibandingkan dengan luas selubung reaktor.
 3. Dasar Pemilihan Pengaduk
Dipilih pengaduk Jenis *marine propeller with 3 blades and 4 baffles*, pemilihan tersebut didasarkan dari nilai viskositas cairan yang diaduk dan volume cairan yang diaduk (Fig.10.57 Coulson,1983). Pertimbangan pemilihan pengaduk sebagai berikut :
 - a. Efektif untuk menjangkau viskositas yang cukup luas.
 - b. Cocok untuk cairan dengan viskositas mencapai 4×10^3 cP.
 - c. Cocok untuk kecepatan putaran pengaduk yang relatif tinggi mencapai 1800 rpm.

(Walas,1990)

4. Neraca Massa Reaktor (R-01)

Reaksi yang terjadi didalam reaktor :



Tabel 1. Komposisi dengan Perhitungan Kapasitas Reaktor

Umpan masuk :

Komponen	BM	Input (kg/jam)		
		Arus 3	Arus 4	Arus Recycle
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}$	126,584	507,0406	0,0000	94,9022
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$	108,140	0,0000	0,0000	1,4641
C_7H_8	92,140	1,5257	0,0000	0,5365
Na_2CO_3	105,990	0,0000	421,3700	179,5571
NaCl	58,443	0,0000	0,0000	0,0000

CO ₂	44,010	0,0000	0,0000	0,0000
H ₂ O	18,015	0,0000	1737,5178	10,5351
Subtotal		508,5663	2158,8878	107,4379
Total		2774,8920		

Umpan keluar :

Komponen	BM	Output (kg/jam)	
		Arus 5 (Fase Cair)	Arus 6 (Fase Uap)
C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	126,584	144,4663	0,0000
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	108,140	392,2837	0,0000
C ₇ H ₈	92,140	2,0622	0,0000
Na ₂ CO ₃	105,990	229,8453	0,0000
NaCl	58,443	211,2085	0,0000
CO ₂	44,010	0,0000	79,5264
H ₂ O	18,015	1715,4996	0,0000
Subtotal		2695,3656	79,5264
Total		2774,8920	

5. Menghitung Densitas dan Kecepatan Laju Alir Volumetrik

Menghitung massa jenis komponen pada T=110⁰C

$$T = 110^{\circ}\text{C} = 383,15 \text{ K}$$

Data densitas liquid diperoleh dari buku Yaws :

$$\rho = A \cdot B^{-\left(1 - \frac{T}{T_c}\right)}$$

Komponen	A	B	n	T _c	ρ (kg/L)
C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	0,34198	0,25374	0,2857	686	0,7426
C ₇ H ₈	0,29999	0,27108	0,29889	591,79	0,5733
Na ₂ CO ₃	0,59046	0,23924	0,4	4287	2,3016

H ₂ O	0,3471	0,274	0,28571	647,13	0,6977
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	0,3232	0,26404	0,224	677	0,6809

Komponen	Massa (kg/jam)	Fraksi massa (x _i)	ρ (kg/L)	ρ · x _i
C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	601,94279	0,2169	0,7426	0,1611
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	1,46408	0,0005	0,6809	0,0004
C ₇ H ₈	2,06222	0,0007	0,5733	0,0004
Na ₂ CO ₃	421,37004	0,1519	2,3016	0,3495
H ₂ O	1748,05288	0,6300	0,6977	0,4395
Total	2774,8920	1,000	4,9961	0,9509

a. Menghitung kecepatan laju alir volumetrik (F_v)

$$F_v = \frac{\text{massa}}{\text{densitas}} = \frac{2774,8920 \text{ kg/jam}}{0,9509 \text{ kg/L}} = 2918,2182 \text{ L/jam}$$

b. Menghitung konsentrasi umpan

- Konsentrasi C₆H₅CH₂Cl (C_{A0}) = $\frac{4,7533 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}}{2918,2182 \frac{\text{L}}{\text{jam}}} = 1,630 \times 10^{-3} \text{ kmol/L}$

- Konsentrasi Na₂CO₃ (C_{B0}) = $\frac{43,9756 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}}{2918,2182 \frac{\text{L}}{\text{jam}}} = 1,36 \times 10^{-3} \text{ kmol/L}$

- Menghitung C_A, C_B

$$C_A = C_{A0} - C_{A0} \cdot X_A$$

$$C_A = 1,630 \times 10^{-3} \text{ kmol/L} - (1,630 \times 10^{-3} \text{ kmol/L}) \times (0,76)$$

$$C_A = 3,911 \times 10^{-4} \text{ kmol/L}$$

$$C_B = C_{B0} - (1/2) \cdot (C_{A0} \cdot X_A)$$

$$C_B = 1,36 \times 10^{-3} \text{ kmol/L} - (0,5) \times (1,63 \times 10^{-3} \text{ kmol/L}) \times (0,76)$$

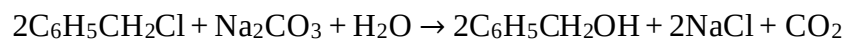
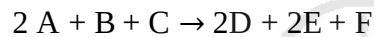
$$C_B = 7,431 \times 10^{-4} \text{ kmol/L}$$

- Ratio mol umpan masuk

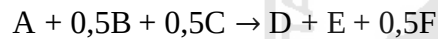
$$M = \frac{C_{B0}}{C_{A0}} = \frac{1,36 \times 10^{-3} \text{ kmol/L}}{1,63 \times 10^{-3} \text{ kmol/L}} = 0,836$$

6. Kinetika Reaksi

Reaksi yang terjadi :



dapat disederhanakan menjadi :



dengan rasio molar $C_6H_5CH_2Cl : Na_2CO_3 : H_2O$ adalah 1 : 0,6 : 24,

sehingga kecepatan reaksinya dapat diasumsikan :

$$(-r_A) = -\frac{dC_A}{dt} = -\frac{dC_B}{dt} = k \cdot C_A \cdot C_B$$

dengan k adalah konstanta kecepatan reaksi

maka dari neraca massa A di reaktor batch :

$$R_{in} - R_{out} - R_{reaksi} = R_{akumulasi}$$

$$0 - 0 - (-r_A) \cdot V = \frac{dN_A}{dt}$$

$$-(-r_A) \cdot V = \frac{dN_A}{dt}$$

$$-(-r_A) \cdot V = \frac{d(C_A \cdot V)}{dt}$$

$$-(-r_A) \cdot V = V \frac{dC_A}{dt} + C_A \cdot \frac{dV}{dt}$$

dimana V konstan = 0

$$-(-r_A) \cdot V = V \frac{dC_A}{dt}$$

$$-(-r_A) = \frac{dC_A}{dt}$$

$$-(-r_A) = -C_{A0} \frac{dx}{dt}$$

$$t = C_{A0} \int_0^x \frac{dx}{(-r_A)} = C_{A0} \int_0^x \frac{dx}{k \cdot C_A \cdot C_B}$$

dengan :

$$C_A = C_{A0} \cdot (1-X)$$

$$C_B = C_{B0} - \left(\frac{1}{2} \cdot C_{A0} \cdot X\right), \text{ sehingga :}$$

$$t = C_{A0} \int_0^x \frac{dx}{k \cdot C_{A0} \cdot (1-X) \cdot \left(C_{B0} - \left(\frac{1}{2} \cdot C_{A0} \cdot X\right)\right)}$$

$$t = C_{A0} \int_0^x \frac{dx}{k \cdot C_{A0} \cdot (1-x) - C_{A0} \cdot \left(\frac{C_{B0}}{C_{A0}} - \left(\frac{1}{2} \cdot X\right)\right)}$$

$$\frac{C_{B0}}{C_{A0}} = M, \text{ maka :}$$

$$t = \frac{1}{k \cdot C_{A0}} \int_0^x \frac{dx}{(1-x) \left(M - \left(\frac{1}{2} \cdot X\right)\right)}$$

$$t = \frac{1}{k \cdot C_{A0}} \cdot \frac{1}{(M-1)} \ln \frac{\left(M - \left(\frac{1}{2} \cdot X\right)\right)}{M \left(1 - \left(\frac{1}{2} \cdot X\right)\right)}$$

sehingga didapat rumus untuk nilai k adalah :

$$k = \frac{1}{C_{A0} \cdot (M-1) \cdot t} \ln \frac{\left(M - \left(\frac{1}{2} \cdot X\right)\right)}{M \left(1 - \left(\frac{1}{2} \cdot X\right)\right)}$$

Dari perhitungan didapatkan hasil :

$$C_{A0} = 1,63 \times 10^{-3} \text{ kmol/L}$$

$$C_{B0} = 1,36 \times 10^{-3} \text{ kmol/L}$$

$$M = 0,836$$

$$X_A = 0,76$$

Untuk t = waktu reaksi 1 jam

Sehingga didapatkan nilai k = 3631,9026 L/kmol.jam

7. Menghitung Optimasi Reaktor

- Menghitung volume reaktor

Dari neraca massa :

$$R_{in} - R_{out} - R_{reaksi} = R_{acc}$$

$$F_{A0} - F_A + \int r_A dV = \frac{dN_A}{dt}$$

dimana,

$$F_{A0} = F_v \cdot C_{A0}$$

$$F_A = F_v \cdot C_A$$

$$\int r_A dV = r_A \cdot V$$

kondisi steady state maka $R_{acc} = 0$,

maka :

$$F_{A0} - F_A = -r_A \cdot V$$

$$F_{A0} - (F_{A0} - F_{A0} \cdot X) = -r_A \cdot V$$

$$V = \frac{F_{A0} \cdot X}{(-r_A)}$$

dimana $F_{A0} = C_{A0} \cdot F_v$, maka :

$$V = \frac{F_v \cdot C_{A0} \cdot X}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{F_v \cdot C_{A0} \cdot X}{(k \cdot C_A \cdot C_B)}$$

$$C_A = C_{A0} (1 - X)$$

$$C_B = C_{B0} - \frac{1}{2} \cdot C_{A0} \cdot X$$

$$M = \frac{C_{B0}}{C_{A0}}$$

sehingga :

$$V = \frac{F_v \cdot C_{A0} \cdot X}{k \cdot C_{A0} (1-X) \cdot (C_{B0} - \frac{1}{2} C_{A0} \cdot X)}$$

$$V = \frac{F_v \times X}{k \times C_{A0} \times (1-X) \times (M - \frac{1}{2} X)}$$

Dengan cara trial untuk memperoleh masing-masing konversi reaktor yang disusun seri, diperoleh hasil sebagai berikut :

- Jumlah reaktor : 1 unit RATB

Reaktor 1

$$V_1 = \frac{F_v \times (X_{A1} - X_{A0})}{k \times C_{A0} \times (1 - X_{A1}) \times (M - \frac{1}{2} X_{A1})}$$

diperoleh :

$$X_{A0} = 0$$

$$V_1 = 3423,9937 \text{ L}$$

$$X_{A1} = 0,76$$

$$\theta \text{ reaktor} = 1,17 \text{ jam}$$

- Jumlah reaktor : 2 unit RATB

Reaktor 1

$$V_1 = \frac{F_v \times (X_{A1} - X_{A0})}{k \times C_{A0} \times (1 - X_{A1}) \times (M - \frac{1}{2} X_{A1})}$$

Reaktor 2

$$V_2 = \frac{Fv \times (X_{A2} - X_{A1})}{k \times C_{A0} \times (1 - X_{A2}) \times (M - 1/2 X_{A2})}$$

diperoleh :

$$\begin{aligned} X_{A0} &= 0,0001 & V_1 &= 1006,1346 \text{ L} \\ X_{A1} &= 0,5367 & V_2 &= 1006,1346 \text{ L} \\ X_{A2} &= 0,7600 & \theta \text{ reaktor} &= 0,34 \text{ jam} \end{aligned}$$

- Jumlah reaktor : 3 unit RATB

Reaktor 1

$$V_1 = \frac{Fv \times (X_{A1} - X_{A0})}{k \times C_{A0} \times (1 - X_{A1}) \times (M - 1/2 X_{A1})}$$

Reaktor 2

$$V_2 = \frac{Fv \times (X_{A2} - X_{A1})}{k \times C_{A0} \times (1 - X_{A2}) \times (M - 1/2 X_{A2})}$$

Reaktor 3

$$V_3 = \frac{Fv \times (X_{A3} - X_{A2})}{k \times C_{A0} \times (1 - X_{A3}) \times (M - 1/2 X_{A3})}$$

diperoleh :

$$\begin{aligned} X_{A0} &= 0 & V_1 &= 564,4259 \text{ L} \\ X_{A1} &= 0,4178 & V_2 &= 564,4259 \text{ L} \\ X_{A2} &= 0,6347 & V_3 &= 564,4259 \text{ L} \\ X_{A3} &= 0,76 & \theta \text{ reaktor} &= 0,19 \text{ jam} \end{aligned}$$

- Jumlah reaktor : 4 unit RATB

Reaktor 1

$$V_1 = \frac{Fv \times (X_{A1} - X_{A0})}{k \times C_{A0} \times (1 - X_{A1}) \times (M - 1/2 X_{A1})}$$

Reaktor 2

$$V_2 = \frac{Fv \times (X_{A2} - X_{A1})}{k \times C_{A0} \times (1 - X_{A2}) \times (M - 1/2 X_{A2})}$$

Reaktor 3

$$V_3 = \frac{Fv \times (X_{A3} - X_{A2})}{k \times C_{A0} \times (1 - X_{A3}) \times (M - 1/2 X_{A3})}$$

Reaktor 4

$$V_4 = \frac{Fv \times (X_{A4} - X_{A3})}{k \times C_{A0} \times (1 - X_{A4}) \times (M - 1/2 X_{A4})}$$

diperoleh :

$X_{A0} = 0,0000$	$V_1 = 388,5956 \text{ L}$
$X_{A1} = 0,3436$	$V_2 = 388,5956 \text{ L}$
$X_{A2} = 0,5454$	$V_3 = 388,5956 \text{ L}$
$X_{A3} = 0,6737$	$V_4 = 388,5956 \text{ L}$
$X_{A4} = 0,76$	$\theta \text{ reaktor} = 0,13 \text{ jam}$

- Jumlah reaktor : 5 unit RATB

Reaktor 1

$$V_1 = \frac{Fv \times (X_{A1} - X_{A0})}{k \times C_{A0} \times (1 - X_{A1}) \times (M - 1/2 X_{A1})}$$

Reaktor 2

$$V_2 = \frac{Fv \times (X_{A2} - X_{A1})}{k \times C_{A0} \times (1 - X_{A2}) \times (M - \frac{1}{2} X_{A2})}$$

Reaktor 3

$$V_3 = \frac{Fv \times (X_{A3} - X_{A2})}{k \times C_{A0} \times (1 - X_{A3}) \times (M - \frac{1}{2} X_{A3})}$$

Reaktor 4

$$V_4 = \frac{Fv \times (X_{A4} - X_{A3})}{k \times C_{A0} \times (1 - X_{A4}) \times (M - \frac{1}{2} X_{A4})}$$

Reaktor 5

$$V_5 = \frac{Fv \times (X_{A5} - X_{A4})}{k \times C_{A0} \times (1 - X_{A5}) \times (M - \frac{1}{2} X_{A5})}$$

diperoleh :

$X_{A0} = 0,0000$	$V_1 = 295,3727 \text{ L}$
$X_{A1} = 0,2924$	$V_2 = 295,3727 \text{ L}$
$X_{A2} = 0,4787$	$V_3 = 295,3727 \text{ L}$

$$X_{A3} = 0,6050$$

$$V_4 = 295,3727 \text{ L}$$

$$X_{A4} = 0,6944$$

$$V_5 = 295,3727 \text{ L}$$

$$X_{A5} = 0,76$$

$$\theta \text{ reaktor} = 0,10 \text{ jam}$$

n	X_{A0}	X_{A1}	X_{A2}	X_{A3}	X_{A4}	X_{A5}	Volume (L)
1	0,0000	0,76					3423,9937
2	0,0000	0,5367	0,76				1006,1346
3	0,0000	0,4178	0,6347	0,76			564,4259
4	0,0000	0,3436	0,5454	0,6737	0,76		388,5956
5	0,0000	0,2924	0,4787	0,6050	0,6944	0,76	295,3727

Untuk mengetahui jumlah reaktor optimum, maka dilakukan optimasi dengan metode six-tenths factor (Brownell and Young halaman 17)

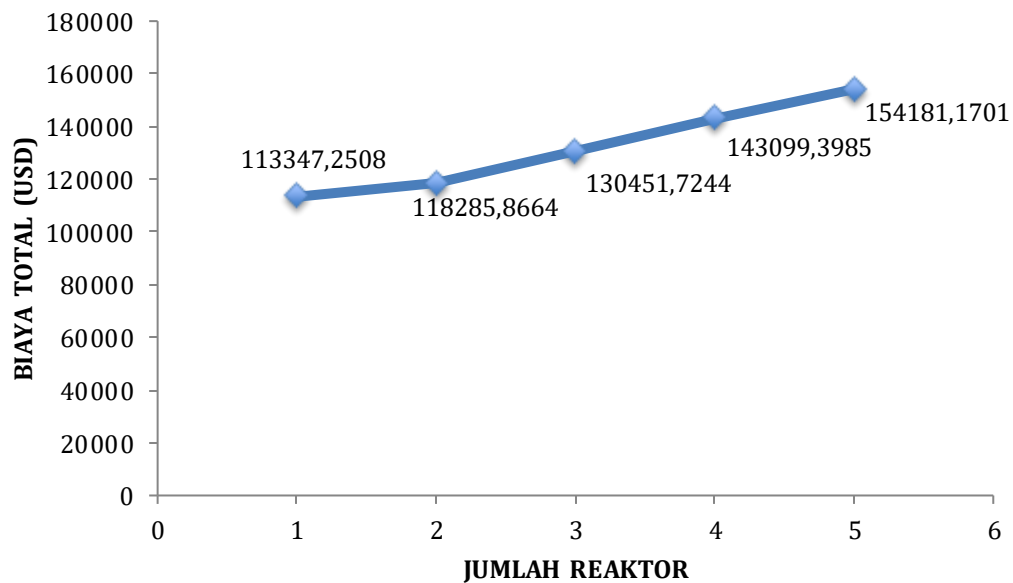
$$\text{cost } A = \text{cost } B \times \left(\frac{\text{volume } A}{\text{volume } B} \right)^{0,6}$$

Bahan stainless steel 50 lb/in² (Peter and Timmerhaus fig 16-35, halaman 731)

Basis volume = 1000 gallon

Basis harga = 31000 USD

n	Volume (L)	Volume Over Design (L)	Volume (gallon)	θ reaktor (jam)	Biaya/Unit (USD)	Biaya Total (USD)
1	3423,9937	4108,7925	1085,4279	1,17	94100	113347,2508
2	1006,1346	1207,3615	318,9511	0,34	49100	118285,8664
3	564,4259	677,3111	178,9266	0,19	36100	130451,7244
4	388,5956	466,3147	123,1873	0,13	29700	143099,3985
5	295,3727	354,4472	93,6350	0,10	25600	154181,1701



Untuk meminimalkan biaya maka diambil jumlah reaktor yang akan digunakan dari hasil grafik optimasi diatas yaitu 1 unit reaktor dengan volume perancangan sebesar 4,1088 m³.

8. Perancangan Reaktor

Asumsi :

- Volume cairan selama reaksi tetap
- Kondisi dianggap isothermal karena cairan dalam tangki mixed flow

Volume cairan dalam reaktor :

$$V_{\text{cairan}} = 3,6647 \text{ m}^3$$

Volume design reaktor :

Over design = 20%

$$V_{\text{reaktor}} = 4,1088 \text{ m}^3$$

- Menentukan Dimensi Reaktor

Dipilih RATB silinder tegak dengan perbandingan diameter dan tinggi yang optimum 1:1 (D:H = 1:1) (Brownell, hal : 43)

$$Volume_{\text{shell}} = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

$$Volume\ shell = \frac{\pi}{4} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot Volume\ shell}{\pi}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 145,1020\ ft^3}{3,14}}$$

$$D = 5,6964\ ft$$

$$= 68,3569\ in$$

$$= 1,7363\ m$$

$$D = H = 5,6964\ ft$$

$$H = 68,3569\ in = 1,7363\ m$$

Bentuk reaktor yang dipilih yaitu vertical vessel dengan formed head berbentuk torispherical dished head (Brownell halaman 88).

$$V\ dish = 0,000049 D_s^3$$

Dimana : D_s = diameter shell, in

$V\ dish$ = volume dish, ft^3

$$V\ dish = 0,000049 \times (5,6964\ ft)^3$$

$$V\ dish = 15,6562\ ft^3$$

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{sf}{144}$$

Dipilih $sf = 2\ in = 0,1667\ ft$

$$V_{sf} = \frac{3,14}{4} \times (5,6964)^2 \times \frac{0,1667}{144} = 0,0295\ ft^3$$

$$V_{Head} = 2 \times (V_{dish} + V_{sf})$$

$$V_{Head} = 2 \times (15,6562 + 0,0295)\ ft^3$$

$$= 31,3714\ ft^3$$

$$= 0,8883\ m^3$$

$$V_{Reaktor} = V_{shell} + V_{head}$$

$$V_{Reaktor} = 4,1088\ m^3 + 0,8883\ m^3 = 4,9972\ m^3$$

$$V_{Bottom} = 0,5V_{Head}$$

$$V_{Bottom} = 0,5 \times (0,8883 \text{ m}^3) = 0,4442 \text{ m}^3$$

$$V_{cairan} = V_{shell} - V_{bottom}$$

$$V_{cairan} = 4,1088 \text{ m}^3 - 0,4442 \text{ m}^3 = 3,6647 \text{ m}^3$$

$$h_{cairan} = \frac{4 \cdot V}{\pi D^2}$$

$$h_{cairan} = \frac{4 \times 3,6647}{3,14 \times 1,7363^2} = 1,5486 \text{ m}$$

- Menghitung tebal shell (t_s)

$$t_s = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C$$

(Pers. 13.1, Brownell and Young, 1959 hal. 254)

Keterangan :

t_s = tebal dinding shell, in

P = tekanan design, psi

r = jari – jari = $\frac{1}{2}$ D, m

E = efisiensi sambungan pengelasan (E = 0,85)

C = korosif yang diizinkan (C = 0,125 in)

f = tegangan yang diizinkan, psi

Tekanan sistem (P)

$$P_{total} = P_{hidrostatik} + P_{operasi}$$

$$P_{operasi} = 2 \text{ atm} = 29,392 \text{ psi}$$

Tekanan Hidrostatik

$$P_{hidrostatik} = \frac{\rho \cdot g \cdot h}{g_c}$$

$$P_{hidrostatik} = \left(\frac{59,0163 \times 32,15 \times 1,4186}{32,15} \right) = 83,7216 \text{ lb/ft}^2 = 0,5814 \text{ psi}$$

$$P_{total} = 0,5814 \text{ psi} + 29,392 \text{ psi} = 29,9734 \text{ psi}$$

$$P_{design} \text{ (over design 20\%)} = 1,2 \times 29,9734 \text{ psi} = 35,9680 \text{ psi}$$

Pertimbangan : cairan dalam reaktor mengandung asam

Dipilih bahan Stainless Steel SA 316, maka diperoleh data-data sebagai berikut :

$$r = 0,5 \times 5,6964 \text{ ft} = 2,8482 \text{ ft}$$

$$= 34,1785 \text{ in} = 0,8681 \text{ m}$$

$$E = 0,85$$

$$C = 0,125 \text{ in}$$

$$f = 145 \text{ N/mm}^2 = 21030,472 \text{ psi} \quad (\text{tabel 13.2 Coulson vol.6 hal.812})$$

$$t_s = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C$$

$$t_s = \frac{36,9680 \text{ psi} \times 34,1785 \text{ in}}{(21030,472 \text{ psi} \times 0,85) - (0,6 \times 36,9680 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in} = 0,1937 \text{ in}$$

Sehingga berdasarkan tabel 5.7 Brownell and Young digunakan ketebala shell standar yaitu t_s standar = 0,25 in (1/4 in).

- Menghitung tebal head (t_h)

$$t_h = \frac{P \cdot r \cdot w}{(2 \cdot f \cdot E - 0,2 \cdot P)} + C$$

(Persamaan 7.77 Brownell and Young, 1959 hal :138)

$$P = P_{\text{design}} - P_{\text{lingkungan}}$$

$$P = 35,9680 \text{ psi} - 29,392 \text{ psi} = 6,5760 \text{ psi}$$

$$\text{OD} = \text{ID shell} + 2 \cdot t_s$$

$$\text{OD} = 68,3569 \text{ in} + (2 \times 0,25 \text{ in})$$

$$= 68,8569 \text{ in}$$

Dari tabel 5.7 (Brownell, 1959), untuk OD standar dipilih yang terdekat yaitu: OD = 66 in

$$t_s = 0,25 \text{ in}$$

$$\text{icr} = 4,375 \text{ in}$$

$$r = 72 \text{ in}$$

$$E = 0,85$$

$$C = 0,125 \text{ in}$$

$$f = 145 \text{ N/mm}^2 = 21030,472 \text{ psi}$$

$$w = \frac{1}{4} + \left(3 + \sqrt{\frac{r}{\text{icr}}} \right)$$

$$w = \frac{1}{4} + \left(3 + \sqrt{\frac{72}{4,375}} \right)$$

$$w = 1,7642 \text{ in}$$

$$t_h = \frac{6,5760 \text{ psi} \times 1,7655 \text{ in} \times 72 \text{ in}}{(2 \times 21030,472 \text{ psi} \times 0,85) - (0,2 \times 6,5760 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in}$$

$$t_h = 0,1482 \text{ in}$$

untuk standarisasi tebal head, maka dipilih t_h standar yaitu 0,1875 in (3/16 in).

- Menghitung dimensi head

Menentukan jenis dan ukuran head dan bottom reaktor.

Pertimbangan yang dilakukan dalam pemilihan jenis head meliputi:

1. Flanged and Standard Dished Head

Umumnya digunakan untuk tekanan operasi rendah, harganya murah dan digunakan untuk tangki dengan diameter kecil.

2. Torispherical Flanged and Dished Head

Digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar dan harganya cukup ekonomis.

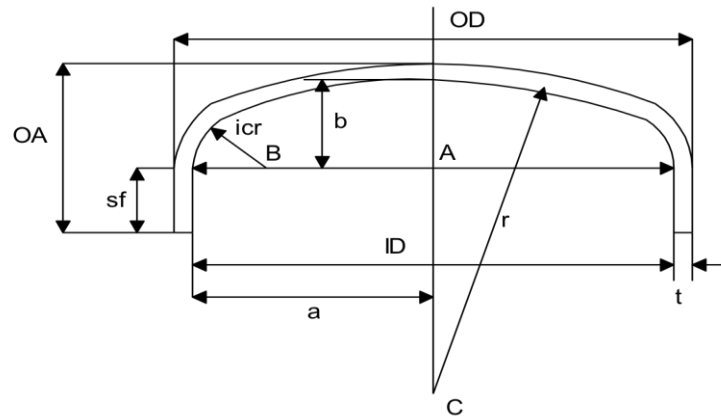
3. Elliptical Dished Head

Digunakan untuk tekanan operasi tinggi dan harganya cukup mahal.

4. Hemispherical Head

Digunakan untuk tekanan operasi sangat tinggi. Kuat dan ukuran yang tersedia sangat terbatas

Dari pertimbangan - pertimbangan diatas dan tekanan operasi perancangan yang dibuat, maka dipilih bentuk Torispherical Flanged and Dished Head.



Keterangan :

ID = diameter dalam head

OD = diameter luar head

t = tebal head

r = jari - jari dish

icr = jari - jari dalam sudut dish b = tinggi head

sf = straight flange

Pada tabel 5.4 Brownell hal 87 dengan t_h sebesar $3/16"$ maka nilai sf adalah $1\frac{1}{2} - 2$

Dipilih $sf = 2\text{ in} = 0,051\text{ m}$

$$ID = OD - 2 t_s$$

$$ID = 72\text{ in} - (2 \times 0,25\text{ in})$$

$$ID = 71,500\text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$a = 71,5\text{ in} \times 0,5 = 35,7500\text{ in}$$

$$AB = a - icr$$

$$AB = 35,7500\text{ in} - 4,375\text{ in} = 31,3750\text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 72\text{ in} - 4,375\text{ in} = 67,6250\text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$AC = \sqrt{(67,625 \text{ in})^2 - (31,3750 \text{ in})^2}$$

$$AC = 59,9062 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$b = 72 \text{ in} - 59,9062 \text{ in} = 12,0938 \text{ in}$$

$$h_{\text{head}} (\text{OA}) = t_h + sf + b$$

$$h_{\text{head}} = 0,1875 \text{ in} + 2 \text{ in} + 12,0938 \text{ in} = 14,2813 \text{ in}$$

$$h_{\text{reaktor}} = (2 \times h_{\text{head}}) + h_{\text{shell}}$$

$$h_{\text{reaktor}} = (2 \times 14,2813 \text{ in}) + 68,3569 \text{ in} = 96,9196 \text{ in}$$

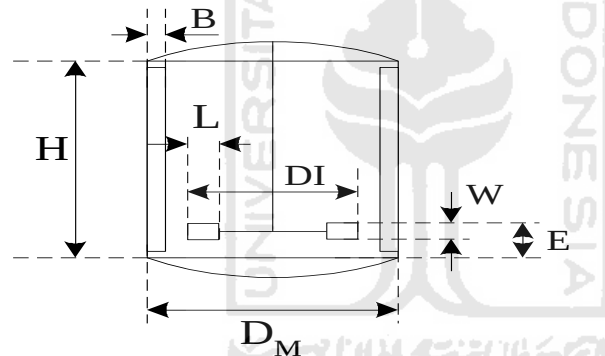
$$h_{\text{reaktor}} = 2,4618 \text{ m}$$

9. Menghitung Spesifikasi Pengaduk

Viskositas cairan yang diaduk = 0,3386 cP

Dipilih pengaduk jenis marine propeller with 3 blades and 4 baffles.

Ilustrasi dimensi pengaduk :



DM = diameter reaktor

DI = diameter pengaduk

E = ketinggian pengaduk dari dasar

W = tinggi pengaduk

L = lebar pengaduk

B = lebar baffle

(Mc.Cabe and Smith, 1993)

Spesifikasi pengaduk :

DM = diameter shell = 1,7363 m

$$\frac{DI}{DM} = \frac{1}{3}$$

$$Di = \frac{1}{3} \times 1,7363 \text{ m} = 0,5788 \text{ m}$$

$$\frac{E}{DM} = \frac{1}{3}$$

$$E = \frac{1}{3} \times 1,7363 \text{ m} = 0,5788 \text{ m}$$

$$\frac{B}{DM} = \frac{1}{12}$$

$$B = \frac{1}{12} \times 1,7363 \text{ m} = 0,1447 \text{ m}$$

$$\frac{L}{DI} = \frac{1}{4}$$

$$L = \frac{1}{4} \times 0,5788 \text{ m} = 0,1447 \text{ m}$$

$$\frac{W}{DM} = \frac{1}{5}$$

$$W = \frac{1}{5} \times 1,7363 \text{ m} = 0,3474 \text{ m}$$

$$\frac{H}{DM} = 1$$

$$H = 1,7363 \text{ m}$$

$$\text{Diameter reaktor (DM)} = 1,7363 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pengaduk (DI)} = 0,5788 \text{ m}$$

$$\text{Jarak pengaduk dengan dasar tangki (E)} = 0,5788 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pengaduk (W)} = 0,3474 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Pengaduk (L)} = 0,1447 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Baffle (B)} = 0,1447 \text{ m}$$

10. Menghitung Jumlah Impeller

Menentukan jumlah impeller berdasarkan referensi Walas halaman 288.

Viscosity (cP [Pa sec])	Maximum Level (h/Dt)	Number of Impellers	Impeller Clearance	
			Lower	Upper
<<25, [<<25]	1,4	1	h/3	-
<<25, [<<25]	2,1	2	Dt/3	(2/3)h
>>25, [>>25]	0,8	1	h/3	-
>>25, [>>25]	1,6	2	Dt/3	(2/3)h

$$\frac{h \text{ cairan}}{Dt} = \frac{1,5486 \text{ m}}{1,7363 \text{ m}} = 0,8919$$

Dipilih yang pertama karena viskositasnya $\ll 25$ cP, sehingga jumlah pengaduk yang dipakai adalah 1 buah.

Dimana nilai WELH (Water Equivalen Liquid High)

$$WELH = \text{tinggi bahan} \times \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$WELH = 1,5486 \text{ m} \times \frac{791,7129 \text{ kg/m}^3}{697,6872 \text{ kg/m}^3} = 1,7573 \text{ m}$$

$$\sum Impeller = \frac{WELH}{D}$$

$$\sum Impeller = \frac{1,7573 \text{ m}}{1,7363 \text{ m}} = 1,0121 \text{ buah} \sim 1 \text{ buah}$$

11. Menentukan Putaran Pengaduk

$$\frac{WELH}{2DI} = \left(\frac{\pi \cdot DI \cdot N}{600} \right)^2$$

$$N = \left(\frac{600}{3,14 \times 0,5788 \text{ m}} \right) \times \sqrt{\frac{1,7573}{2 \times 0,5788 \text{ m}}} = 78,8620 \text{ rpm} = 1,3144 \text{ rps}$$

kecepatan standar motor = 84 rpm = 1,400 rps

12. Menentukan Daya Motor

Dengan :

$$N = 78,8620 \text{ rpm} = 1,3144 \text{ rps}$$

$$\rho = 791,7129 \text{ kg/m}^3 = 49,4234 \text{ lb/ft}^3$$

$$g_c = 32,2 \text{ ft/s}^2$$

$$\mu = 0,29426 \text{ cP} = 0,0002 \text{ lb/ft.s}$$

$$Di = 0,5788 \text{ m} = 1,8988 \text{ ft}$$

$$Re = \frac{N \times Di^2 \times \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{1,3144 \text{ rps} \times 1,8988 \text{ ft}^2 \times 49,4234 \text{ lb/ft}^3}{0,0002 \frac{\text{lb}}{\text{ft.s}}} = 1184849,177 \text{ (turbulen)}$$

$$N_p = P_o = 1$$

(Brown, Fig.477)

$$P = \frac{N^3 \times Di^5 \times \rho \times N_p}{550 \times g_c}$$

$$P = \frac{(1,3144 \text{ rps})^3 \times (1,8988 \text{ ft})^5 \times \left(\frac{49,4234 \text{ lb}}{\text{ft}^3} \right) \times 1}{550 \times 32,2 \text{ ft/s}^2} = 0,1564 \text{ HP}$$

Effisiensi motor = 80 %

$$\text{Daya motor} = \frac{P}{\eta} = \frac{0,1564 \text{ HP}}{0,8} = 0,1955 \text{ HP}$$

Dipakai standar NEMA = 1 HP

13. Neraca Panas Reaktor (R-01)

a. Panas masuk :

• Arus 3

Komponen	n (kmol/jam)	$\int C_p dT$ (kJ/kmol.K)	Q (kJ/jam)
C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	4,0056	16526,2661	66197,0537
C ₇ H ₈	0,0166	14022,6693	232,1942
Total	4,0221	30548,9353	66429,2478

• Arus 4

Komponen	n (kmol/jam)	$\int C_p dT$ (kJ/kmol.K)	Q (kJ/jam)
Na ₂ CO ₃	3,9756	16112,1868	64055,0314
H ₂ O	96,4484	6399,8821	617258,3362
Total	100,4240	22512,0689	681313,3677

• Arus Recycle

Komponen	n (kmol/jam)	$\int C_p dT$ (kJ/kmol.K)	Q (kJ/jam)
C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	0,74972	16526,2661	12390,0250
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	0,01354	19577,2868	265,0520
C ₇ H ₈	0,00582	14022,6693	81,6524
H ₂ O	0,58480	6399,8821	3742,62852
Total	1,3539	56526,1043	16479,3579

$$\begin{aligned}\text{Panas total masuk} &= (66429,2478 + 681313,3677 + 16479,3579) \\ &= 764221,9734 \text{ kJ/jam}\end{aligned}$$

b. Panas Keluar :

Komponen	n (kmol/jam)	$\int C_p dT$ (kJ/kmol.K)	Q (kJ/jam)
C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	1,1413	16526,2661	18860,8989
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	3,6276	19577,2868	71017,6678
C ₇ H ₈	0,0224	14022,6693	313,8465
Na ₂ CO ₃	2,1686	16112,1868	34940,1860
NaCl	3,6139	7204,8057	26037,6105
CO ₂	1,8070	3567,4797	6446,4633
H ₂ O	95,2262	6399,8821	609436,3285
Total	107,6069	83410,5765	767053,0015

Panas total keluar = 767053,0015 kJ/jam

c. Panas Reaksi :

Komponen	n (kmol/jam)	ΔH_f (kJ/kmol)	$n \cdot \Delta H_f$ reaktan (kJ/jam)	$n \cdot \Delta H_f$ produk (kJ/jam)
C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	3,6140	-32,6000	-117816,9015	
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	3,6140	-160,7000		-580772,2723
Na ₂ CO ₃	1,8070	-1157,4000	-2091430,7029	
NaCl	3,6140	-407,2700		-1471880,0456
CO ₂	1,8070	-393,5100		-711075,5969
H ₂ O	1,8070	-285,8300	-516497,0086	
Total	16,2631		-2725744,6131	-2763727,9147

$$\Delta H_{R_0} = \Delta H_{f_{produk}} - \Delta H_{f_{reaktan}}$$

$$\Delta H_{R_0} = (-2763727,9147 \text{ kJ/jam}) - (-2725744,6131 \text{ kJ/jam}) = -37983,3017$$

kJ/jam

$$\Delta H_R = \Delta H_{R_0} + \Delta H_2 - \Delta H_1$$

$$\Delta H_R = -37983,3017 \text{ kJ/jam} + 767053,0015 \text{ kJ/jam} - 370751,4313 \text{ kJ/jam}$$

$$\Delta H_R = -35152,2736 \text{ kJ/jam} \rightarrow \text{reaksi eksotermis}$$

$$Q \text{ pendinginan} = \Delta H_1 + \Delta H_R - \Delta H_2$$

$$Q \text{ pendinginan} = (370751,4313 + 35152,2736 - 767053,0015) \text{ kJ/jam}$$

$$= 32321,2455 \text{ kJ/jam}$$

d. Neraca Panas Total

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa umpan	764221,9734	0
Panas yang dibawa produk	0,0000	767053,0015
Panas reaksi	35152,2736	0,0000
Panas yang diserap pendingin	0,0000	32321,2455
Jumlah	799374,2470	799374,2470

14. Menghitung Dimensi Jaket Pendingin

a. Menghitung massa air pendingin

$$\text{Massa air pendingin} = Q \text{ pendinginan} / C_p \text{ air}$$

$$= 32321,2455 \text{ kJ/jam} / 76,4483 \text{ kJ/kg}$$

$$= 422,7856 \text{ kg/jam}$$

b. Menghitung Suhu LMTD

• Hot Fluid (heavy organic)

$$T_{in} = 110^{\circ}\text{C} = 383,15 \text{ K} = 230 \text{ F}$$

$$T_{out} = 110^{\circ}\text{C} = 383,15 \text{ K} = 230 \text{ F}$$

• Cold Fluid (air)

Medium pendingin dipilih air pada suhu 30°C tekanan 1 atm

$$T_{in} = 30^{\circ}\text{C} = 303,15 \text{ K} = 86 \text{ F}$$

$$T_{out} = 45^{\circ}\text{C} = 318,15 \text{ K} = 113 \text{ F}$$

	Hot Fluid , F	Cold Fluid, F	ΔT , F	
Suhu Keluar (High Temperature)	230	113	117	ΔT_1
Suhu Masuk (Low Temperature)	230	86	144	ΔT_2

$$\Delta T \text{ LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$\Delta T \text{ LMTD} = \frac{(144 - 117) \text{ F}}{\ln \frac{144 \text{ F}}{117 \text{ F}}} = 130,0331 \text{ F}$$

c. Menghitung Luas Transfer Panas

$$Q \text{ pendinginan} (Q_w) = 32321,2455 \text{ kJ/jam}$$

$$= 30634,6260 \text{ Btu/jam}$$

Untuk fluida panas *light organics* (viskositasnya < 0,5 cP) dan fluida dingin water, nilai $U_d = 75\text{-}150 \text{ Btu/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{jam}$.

Diambil nilai $U_d = 100 \text{ Btu/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{jam}$

$$A = \frac{Q}{U_d \times \Delta T_{LMTD}}$$

$$A = \frac{30634,6260 \text{ Btu/jam}}{100 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}} \times 130,0331 \text{ F}} = 2,3559 \text{ ft}^2 = 0,2207 \text{ m}^2$$

d. Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$D = 5,6964 \text{ ft}$$

$$= 68,3569 \text{ in}$$

$$= 1,7363 \text{ m}$$

$$H = D$$

$$A = \pi \cdot D \cdot H$$

$$A = 3,14 \times 1,7363 \text{ m} \times 1,7363 \text{ m} = 9,466 \text{ m}^2$$

maka,

A transfer panas < A selubung reaktor

$$0,2464 \text{ m}^2 < 7,944 \text{ m}^2$$

Sehingga digunakan jaket pendingin.

e. Kecepatan Volumetrik Air

$$Q_v = \frac{m_{\text{air}}}{\rho_{\text{air}}} = \frac{471,9067 \text{ kg/jam}}{1023,013 \text{ kg/m}^3} = 0,4133 \text{ m}^3/\text{jam}$$

f. Menentukan Diameter Jaket Pendingin

Asumsi jarak jaket = 2,5 in

$$\text{Diameter dalam (ID jaket)} = \text{ID shell} + 2t_s$$

$$= 71,5 \text{ in} + (2 \times 0,25 \text{ in}) = 72 \text{ in}$$

$$\text{Diameter luar (OD jaket)} = \text{ID jaket} + (2 \text{ jarak shell dan jaket})$$

$$= 72 \text{ in} + (2 \times 2,5 \text{ in}) = 77 \text{ in}$$

g. Tinggi Jaket Pendingin

$$\text{Tinggi jaket pendingin} = \text{tinggi shell} = 68,3569 \text{ in} = 1,7363 \text{ m}$$

h. Luas Yang Dilalui Air (A)

$$A = \frac{\pi}{4} ID^2 OD^2$$

$$A = \frac{3,14}{4} \times (72^2) \times (77^2) = 584,8250 \text{ in}^2 = 0,3772 \text{ m}^2$$

i. Kecepatan Air

$$\text{Kecepatan air} = \frac{\text{Volume air}}{A} = \frac{0,4613 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,3468 \text{ m}^2} = 1,0956 \text{ m/jam}$$

j. Tebal Dinding Jaket

Bahan stainless steel SA 304

$$t_j = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C$$

$$t_j = \frac{35,9680 \text{ psi} \times 35,750 \text{ in}}{(21030,51 \text{ psi} \times 0,8 - 0,6 \times 35,9680 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in} = 0,2014 \text{ in}$$

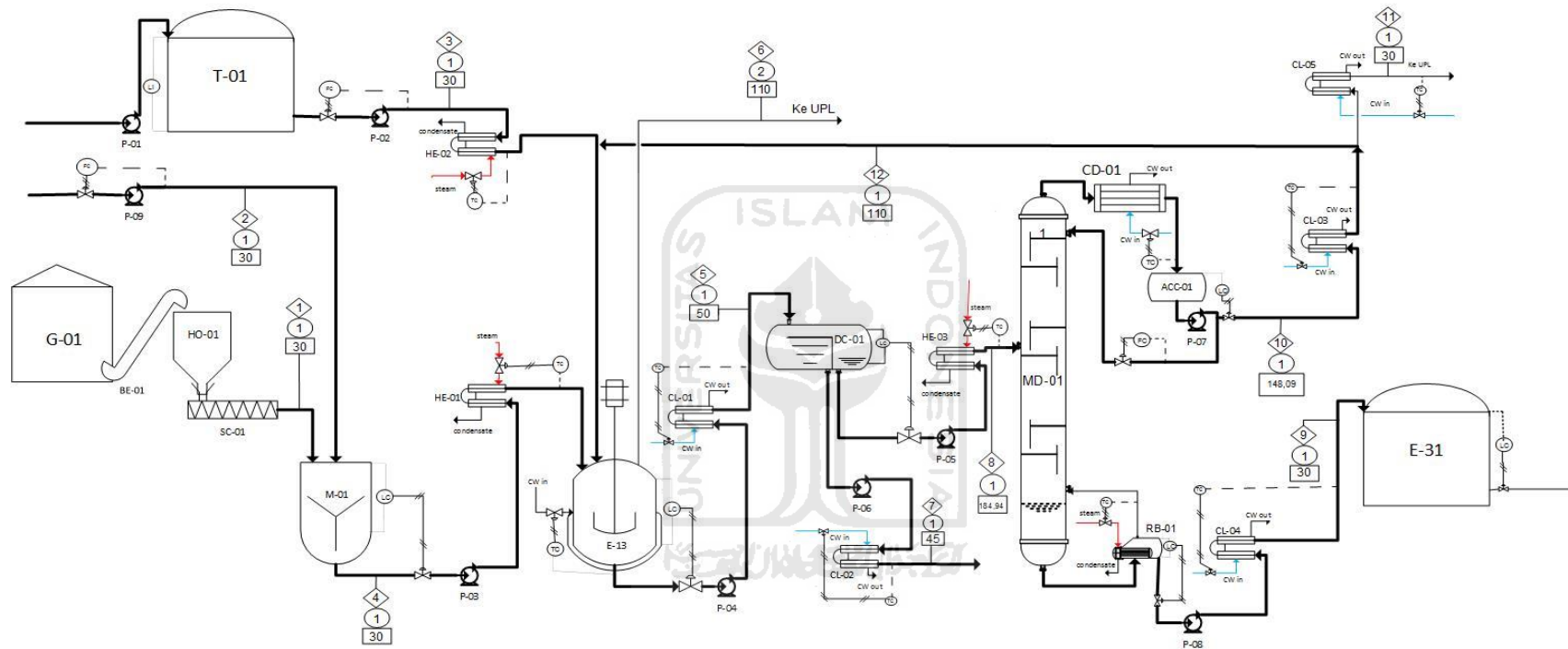
Digunakan tebal standar jaket yaitu 0,25 in atau 1/4"

k. Isolasi

Pada reaktor tidak digunakan isolasi karena suhu keluar lingkungan sekitar 45°C yang sudah cukup aman apabila panasnya dilepas ke lingkungan



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK BENZIL ALKOHOL DARI BENZIL KLORIDA DAN NATRIUM KARBONAT
DENGAN KAPASITAS 3000 TON/TAHUN



Arus (kg/jam)												
Komponen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}$			507.0406		144.4663			144.4663	4.3799	140.0864	45.1842	94.9022
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$					392.2837		15.6913	376.5924	374.4080	2.1844	0.7203	1.4641
C_7H_8			1.5257		2.0622		0.0010	2.0612		2.0612	1.5247	0.5365
Na_2CO_3	421.3700			421.3700	229.8453		229.8453					
NaCl					211.2085		211.2085					
CO_2						79.5264						
H_2O	4.2563	1733.2615		1737.5178	1715.4996		1699.8073	15.6924		15.6924	5.1573	10.5351
Total	425.6263	1733.2615	508.5663	2158.8878	2695.3656	79.5264	2156.5534	538.8122	378.7879	160.0243	52.5864	107.4379

ALAT	KETERANGAN	SIMBOL	KETERANGAN
ACC	Accumulator	⊖	Ratio Control
HE	Heater	⊕	Level Indicator
MD	Menerima Distilasi	⊖	Flow Control
CD	Condenser	⊖	Level Control
DC	Distiller	⊖	Pressure Control
HO	Hopper	⊖	Temperature Control
M	Mixer	⊖	Nomor Arus
R	Reaktor	⊖	Suhu, °C
P	Pompa	⊖	Tekanan, atm
BE	Bucket Elevator	⊖	Control Valve
SC	Screw Conveyor	⊖	Electric Connection
RB	Reboiler	⊖	Piping
CL	Cooler	⊖	
K	Kompresor	⊖	
G	Gudang	⊖	
T	Tangki	⊖	

	JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA	
	PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK BENZIL ALKOHOL DARI BENZIL KLORIDA DAN NATRIUM KARBONAT DENGAN KAPASITAS 3000 TON/TAHUN	
Dikorganisasi Oleh : 1. Lestari Dwi Susanto (16521044) 2. Nikan Pratwi (16521049)		
Dosen Pembimbing : 1. Bachron Sutrisno, Ir. M.Sc. 2. Vinitatiya Alethea Sari Augustia, S.T., M.Eng.		