

No : TA/TK/2022

**PRA RANCANGAN PABRIK *ISOBUTENE* DARI
ISOBUTANOL DENGAN KAPASITAS 33.000
TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Oleh:

Nama : Naritha Anggitha Putri Nama : Fajri Satria

No. Mahasiswa : 18521064 No. Mahasiswa : 18521197

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2022

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRARANCANGAN PABRIK ISOBUTENE DARI
ISOBUTANOL DENGAN KAPASITAS 33.000 TON/TAHUN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Naritha Anggitha Putri Nama : Fajri Satria

No. Mhs : 18521064 No. Mhs : 18521197

Yogyakarta, 22 September 2022

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka kami siap menanggung resiko dan konsekuensi. Demikian surat pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Td. Tangan

A 10000 Indonesian postage stamp with a Garuda emblem and the text 'METERAI TEMPEL' and '87BAJX948080266'. A handwritten signature is written over the stamp.

Naritha Anggitha Putri

Td. Tangan

A 10000 Indonesian postage stamp with a Garuda emblem and the text 'METERAI TEMPEL' and '012AJX948080267'. A handwritten signature is written over the stamp.

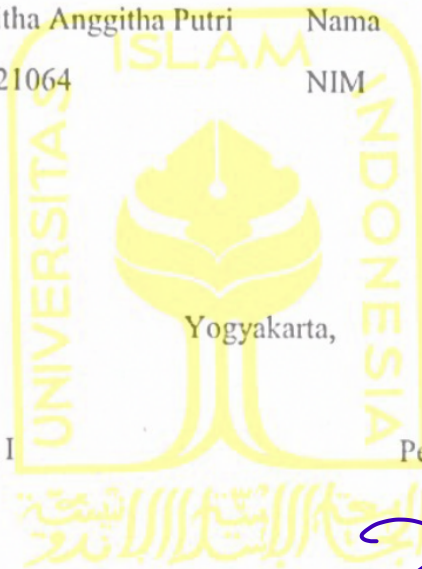
Fajri Satria

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRARANCANGAN PABRIK ISOBUTENE DARI
ISOBUTANOL DENGAN KAPASITAS 33.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

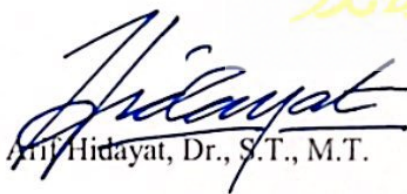
Oleh :

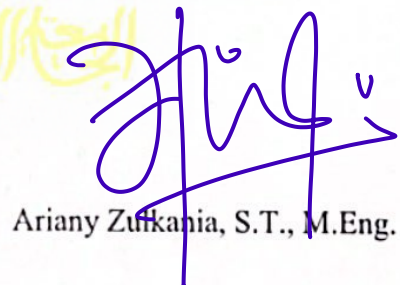
Nama	: Naritha Anggitha Putri	Nama	: Fajri Satria
NIM	: 18521064	NIM	: 18521197



Pembimbing I

Pembimbing II


Anif Hidayat, Dr., S.T., M.T.


Ariany Zulkhanza, S.T., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK ISOBUTENE DARI ISOBUTANOL DENGAN KAPASITAS 33.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Naritha Anggitha Putri Nama : Fajri Satria
NIM : 18521064 NIM : 18521197

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia Fakultas
Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta,

Tim Penguji,

Ketua Penguji

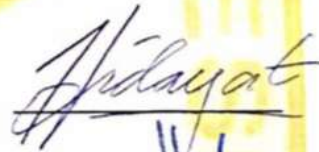
Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.

Penguji I

Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.

Penguji II

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



Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia



Ha Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan Karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sahabat serta pengikutnya.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul “**PRARANCANGAN PABRIK ISOBUTENE DARI ISOBUTANOL DENGAN KAPASITAS 33.000 TON/TAHUN**”, Tugas Pra Rancangan Pabrik ini merupakan serangkaian tugas yang harus dilaksanakan oleh setiap mahasiswa sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih kepada :

1. Allah SWT, atas rahmat karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua yang tercinta yang selalu memberikan dukungan baik itu dalam bentuk motivasi, dukungan dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini, terlebih anggaran selama mengenyam pendidikan S1 Teknik Kimia di UII.
3. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

4. Bapak Arif Hidayat., Dr., S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Prodi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia Yogyakarta yang telah memberikan pengarahan, masukan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Ariany Zulkania, S.T., M.Eng selaku Dosen pembimbing II yang selalu sabar dalam membimbing dan memberi semangat dalam penyusunan dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
7. Teman – teman Teknik Kimia 2018 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa.
8. Dan seluruh pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah membantu kami selama penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa didalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran untuk menyempurnakan laporan ini. Demikian laporan Tugas Akhir ini disusun, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, Amin.

Wassamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 22 September 2022

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillahillobbil 'alamin.

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

Allah SWT karena sudah mengabulkan doa-doa yang saya panjatkan setiap harinya, melindungi saya, Dan hanya dengan izin-Nya semata saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Ibu (Nafisa L Lasena) dan Ayah (Sulaeman) yang tidak henti-hentinya memberikan doa, semangat, dorongan, kasih sayang dan kepercayaan. Semoga kelak saya dapat membalas jasa yang telah diberikan.

Dosen pembimbing I Bapak Arif Hidayat, Dr., S.T., M.T. dan Dosen pembimbing II Ibu Ariany Zulkania, S.T., M.Eng. yang telah bersedia meluangkan waktu di tengah kesibukannya untuk membimbing, mengarahkan, memberi ilmu, dan menasehati kami.

Fajri Satria *Partner* saya mulai dari Penelitian hingga Tugas Akhir. Terima kasih atas perjuangan, kerjasama, kesabaran dan semua yang telah di lewatkan semoga ilmu yang kita dapatkan berkah dan bermanfaat untuk sekitar.

Semua teman dan sahabat yang selalu mendukung dan membantu baik moril maupun materil. Selebew (Desvy, Ifada, Widya, Erika, Nabila, Vanni, Intan, Rara), Senapan Jogja (Ajeng, Mey, Citha, Safa, Farah, Ode, Fahrul), haha hihi nongka nongki (Jq, Nasha, Sidiq, Lala, Qory, Zalza) dan Afifa.

Teman-teman seperjuangan saya di Teknik Kimia yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Atas segala kenangan yang telah saya dapatkan di dalam kelas maupun di luar kelas. Semoga kita semua sukses baik dunia maupun akhirat.

Semua pihak yang telah memberikan banyak bantuan dan arahan dalam penyusunan tugas akhir ini dari awal hingga akhir.

Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for just being me at all times.

Naritha Anggitha Putri

Teknik Kimia UII 2018

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillahirobbil 'alamin.

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

Allah SWT karena sudah mengabulkan doa-doa yang saya panjatkan setiap harinya, melindungi saya, Dan hanya dengan izin-Nya semata saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Ibu (Megawati) dan Ayah (Faswan) yang tidak henti-hentinya memberikan doa, semangat, dorongan, kasih sayang dan kepercayaan. Semoga kelak saya dapat membalas jasa yang telah diberikan. Tidak lupa juga terimakasih kakak-kakak saya Melfa Utari dan Wafiq Muharram yang telah terus memberikan semangat.

Dosen pembimbing I Bapak Arif Hidayat, Dr., S.T., M.T. dan Dosen pembimbing II Ibu Ariany Zulkania, S.T., M.Eng yang telah bersedia meluangkan waktu di tengah kesibukannya untuk membimbing, mengarahkan, memberi ilmu, dan menasehati kami.

Naritha Anggitha Putri *Partner* saya mulai dari Penelitian hingga Tugas Akhir. Terima kasih atas perjuangan, kerjasama, kesabaran dan semua yang telah di lewatkan semoga ilmu yang kita dapatkan berkah dan bermanfaat untuk sekitar.

Semua temen dan sahabat yang selalu mendukung dan membantu baik moril maupun materil. Persekutan Duniawi (Fauzan, Daru, Yoga, Kemal, Heru, Excel, Botol, Irfan), Para pencari milea (Khidir, Fauzan, Elky, Agung, Fahri, Adit), Galaxy

JGJ (Safira, Arlo, Erlangga), haha hihi nongka nongki (Jq, Nasha, Sidiq, Lala, Qory, Zalza).

Teman-teman seperjuangan saya di Teknik Kimia yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Atas segala kenangan yang telah saya dapatkan di dalam kelas maupun di luar kelas. Semoga kita semua sukses baik dunia maupun akhirat.

Semua pihak yang telah memberikan banyak bantuan dan arahan dalam penyusunan tugas akhir ini dari awal hingga akhir.

Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for just being me at all times.

Fajri Satria

Teknik Kimia UII 2018

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN	xxi
ABSTRAK	xxiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	3
1.2.1 Data Ekspor Isobutene	3
1.2.2 Data Impor Isobutene	5
1.2.3 Data produksi Isobutene	7
1.2.4 Data Konsumsi Isobutene	9
1.3 Tinjauan Pustaka	12
1.3.1 Isobutene	12
1.3.2 Macam-Macam Proses	13
1.3.3 Pemilihan Proses	18
1.3.4 Isobutanol	19
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	20
1.4.1 Tinjauan Termodinamika	20
1.4.2. Tinjauan Kinetika	23
BAB II	25
PERANCANGAN PRODUK	25
2.1 Spesifikasi Produk	25
2.2 Spesifikasi Bahan Baku	27
2.3 Pengendalian Kualitas	32

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku.....	32
2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi.....	32
2.3.3 Pengendalian Bahan Proses.....	35
2.3.4 Pengendalian Kualitas Produk.....	36
2.3.5 Pengendalian Waktu.....	36
BAB III.....	37
PERANCANGAN PROSES.....	37
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	37
3.2 Uraian Proses.....	39
3.2.1 Persiapan Bahan baku (<i>Feed Treating</i>).....	39
3.2.2 Tahap Sintesa.....	39
3.2.3 Tahap Pemisahan.....	40
3.2.4 Tahap Pemurnian (<i>Purifikasi</i>).....	42
3.3 Spesifikasi Alat.....	43
3.3.1 Spesifikasi Reaktor.....	43
3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah.....	44
3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku.....	50
3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi.....	54
3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas.....	58
3.4 Neraca Massa.....	81
3.4.1 Neraca Massa <i>Overall</i>	81
3.4.2 Neraca Massa Separator-01.....	82
3.4.3 Neraca Massa Reaktor-01.....	83
3.4.4 Neraca Massa Separator-02.....	84
3.4.5 Neraca Massa <i>Absorber</i> -01.....	84
3.4.6 Neraca Massa Menara Destilasi-01.....	85
3.5 Neraca Panas.....	86
3.5.1 <i>Vaporizer</i> -01 (V-01).....	86
3.5.2 <i>Heater</i> -01.....	86
3.5.3 Reaktor (R-01).....	87
3.5.4 <i>Cooler</i> -01 (C-01).....	87
3.5.5 <i>Cooler</i> -02 (C-02).....	88
3.5.6 <i>Cooler</i> -03 (C-03).....	88
3.5.7 <i>Condenssor</i> -01 (CD-01).....	89

3.5.8 Separator-02 (SP-02)	89
3.5.9 Absorber-01 (AB-01).....	90
3.5.10 Heater-02 (H-02)	90
3.5.11 Menara Destilasi -01 (MD-01)	91
3.5.12 Condenssor-02 (CD-02)	91
3.5.13 Reboiler-01 (RB-01).....	92
3.5.14 Cooler-04 (C-04)	92
3.5.15 Cooler-5 (C-05)	93
BAB IV	94
PERANCANGAN PABRIK.....	94
4.1 Penentuan Lokasi Pabrik	94
4.1.1 Faktor Primer	95
4.1.2 Faktor Sekunder	97
4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)	98
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines layout</i>)	101
4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk	101
4.3.2 Aliran Udara	101
4.3.3 Pencahayaan.....	101
4.3.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan	102
4.3.5 Pertimbangan Ekonomi	102
4.3.6 Jarak Antar Alat Proses.....	102
4.4 Organisasi Perusahaan.....	105
4.4.1 Bentuk Perusahaan.....	105
4.4.2 Struktur Organisasi	107
4.4.3 Tugas dan Wewenang.....	109
4.4.4 Jam Kerja Karyawan.....	112
4.4.5 Status, Sistem Penggajian, dan Penggolongan Pekerja	115
4.4.6 Kesejahteraan Pegawai	123
BAB V.....	125
UTILITAS.....	125
5.1 Unit Penyedia dan pengolahan air	126
5.1.1 Air Domestik.....	127
5.1.2 Kebutuhan Air <i>Steam</i>	128
5.1.3 Air Layanan umum (<i>Service Water</i>).....	129

5.1.4 Pengolahan Air sungai	132
5.2 Unit pembangkit Steam	137
5.3 Unit Penyedia Dowtherm	138
5.4 Unit Penyedia listrik	140
5.5 Unit Penyedia Udara Tekan	145
5.6 Unit penyedia bahan bakar	145
5.7 Unit Pengolahan Limbah	146
5.8 Spesifikasi Alat Utilitas	147
5.8.1 Pompa Utilitas.....	147
5.8.2 Bak Utilitas	158
5.8.3 Tangki Utilitas	160
5.8.4 Spesifikasi <i>Screener</i> Utilitas	163
5.8.5 Spesifikasi Cooling Tower.....	164
5.8.6 Spesifikasi Mixed Bed	165
5.8.7 Spesifikasi <i>Dearator</i>	166
5.8.8 Spesifikasi Blower Cooling Tower.....	166
5.8.9 Spesifikasi Tangki Dowtherm	167
BAB VI	168
EVALUASI EKONOMI.....	168
6.1 Evaluasi Ekonomi.....	168
6.2. Penaksiran Harga Alat	169
6.3 Dasar Perhitungan	173
6.4 Perhitungan Biaya	173
6.5 Analisa Kelayakan.....	175
6.6 Hasil Perhitungan	179
6.7 Hasil Analisa Kelayakan	183
6.8 Analisa Resiko Pabrik	190
BAB VII.....	192
PENUTUP.....	192
7.1 Kesimpulan.....	192
7.2 Saran.....	194
DAFTAR PUSTAKA	195
LAMPIRAN.....	201

DAFTAR TABEL

Tabel.1.1 Data Ekspor Isobutene	3
Tabel 1.2 Data Ekspor Berdasarkan Regresi Linier	4
Tabel 1.3 Data Impor Isobutene	5
Tabel 1.4 Data Ekspor Berdasarkan Regresi Linier	6
Tabel 1.5 Data Produksi Isobutene	7
Tabel 1.6 Data Produksi Isobutene Berdasarkan Regresi Linier	9
Tabel 1.7 Data Konsumsi Isobutene	9
Tabel 1.8 Data Konsumsi Isobutene Berdasarkan Regresi Linier	11
Tabel 1.9 Data Peluang Kapasitas Pabrik Isobutene	11
Tabel 1.10 Penggunaan Isobutene	13
Tabel 1.11 Perbandingan Macam Proses	16
Tabel 1.12 Perbandingan Parameter Macam Proses	18
Tabel 1.13 Harga ΔH°_f Masing-masing Komponen	20
Tabel 1.14 Harga ΔG°_f Masing-masing Komponen	21
Tabel 2.1 Spesifikasi Produk	25
Tabel 2.2 Spesifikasi Bahan Baku	27
Tabel 2.3 Identifikasi <i>Hazard</i> pada Bahan Baku dan Produk	28
Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor (Jumlah Alat=1)	43
Tabel 3.2 Spesifikasi Separator (Jumlah Alat=2)	44
Tabel 3.3 Spesifikasi Lanjutan Separator	45
Tabel 3.4 Spesifikasi <i>Absorber</i> (Jumlah Alat=1)	46
Tabel 3.5 Spesifikasi Menara Destilasi (Jumlah Alat=1)	48
Tabel 3.6 Spesifikasi Tangki (Jumlah Alat=4)	50
Tabel 3.7 Spesifikasi Tangki Lanjutan	51
Tabel 3.8 Spesifikasi Accumulator (Jumlah Alat=1)	53
Tabel 3.9 Spesifikasi Blower (Jumlah Alat=6)	54
Tabel 3.10 Spesifikasi Lanjutan Blower	55
Tabel 3.11 Spesifikasi Pompa (Jumlah Alat=5)	56
Tabel 3.12 Spesifikasi Lanjutan Pompa	57
Tabel 3.13 Spesifikasi <i>Vaporizer</i> (Jumlah Alat=1)	58
Tabel 3.14 Spesifikasi <i>Heater-01</i> (Jumlah Alat=1)	60
Tabel 3.15 Spesifikasi <i>Cooler-01</i> (Jumlah Alat=1)	62

Tabel 3.16 Spesifikasi <i>Cooler-02</i> (Jumlah Alat=1)	64
Tabel 3.17 Spesifikasi <i>Cooler-03</i> (Jumlah Alat=1)	66
Tabel 3.18 Spesifikasi <i>Condenssor-01</i> (Jumlah Alat=1)	68
Tabel 3.19 Spesifikasi <i>Heater-02</i> (Jumlah Alat=1)	71
Tabel 3.20 Spesifikasi <i>Condenssor-02</i> (Jumlah Alat=1)	73
Tabel 3.21 Spesifikasi <i>Reboiler-01</i> (Jumlah Alat =1).....	75
Tabel 3.22 Spesifikasi <i>Cooler-04</i> (Jumlah Alat=1)	77
Tabel 3.23 Spesifikasi <i>Cooler-05</i> (Jumlah Alat=1)	79
Tabel 3.24 Neraca Massa <i>Overall</i>	81
Tabel 3.25 Neraca Massa Separator-01	82
Tabel 3.26 Neraca Massa Reaktor-01	83
Tabel 3.27 Neraca Massa Separator-02	84
Tabel 3.28 Neraca Massa <i>Absorber-01</i>	84
Tabel 3.29 Neraca Massa Menara Destilasi-01.....	85
Tabel 3.30 Neraca Panas <i>Vaporizer-01</i>	86
Tabel 3.31 Neraca Panas <i>Heater-01</i>	86
Tabel 3.32 Neraca Panas Reaktor-01	87
Tabel 3.33 Neraca Panas <i>Cooler-01</i>	87
Tabel 3.34 Neraca Panas <i>Cooler-02</i>	88
Tabel 3.35 Neraca Panas <i>Cooler-03</i>	88
Tabel 3.36 Neraca Panas <i>Condenssor-02</i>	89
Tabel 3.37 Neraca Panas Separator-02	89
Tabel 3.38 Neraca Panas <i>Absorber-01</i>	90
Tabel 3.39 Neraca Panas <i>Heater-02</i>	90
Tabel 3.40 Neraca Panas Menara Distilasi-01	91
Tabel 3.41 Neraca Panas <i>Condenssor-02</i>	91
Tabel 3.42 Neraca Panas <i>Reboiler-01</i>	92
Tabel 3.43 Neraca Panas <i>Cooler-03</i>	92
Tabel 3.44 Neraca Panas <i>Cooler-05</i>	93
Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik	99
Tabel 4.2 Jadwal Shift Kerja Karyawan	114
Tabel 4.3 Jumlah Pekerja	115
Tabel 4.4 Jumlah Penggolongan Jabatan	118
Tabel 4.5 Rincian Gaji Karyawan.....	119

Tabel 5.1 Data Kebutuhan Air Domestik.....	128
Table 5.2 Data Kebutuhan Air <i>Steam</i>	128
Tabel 5.3 Data Kebutuhan <i>Steam</i> Tiap Alat.....	138
Table 5.4 Data Kebutuhan <i>Dowtherm</i> A Setiap Alat.....	139
Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik Alat Proses	140
Tabel 5.6 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas.....	141
Tabel 5.7 Total Kebutuhan Listrik	144
Tabel 5.8 Total Kebutuhan Bahan Bakar	145
Tabel 5.9 Spesifikasi Pompa Utilitas (Jumlah Alat=21).....	147
Tabel 5.10 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan (1)	149
Tabel 5.11 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan (2)	150
Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan (3)	152
Tabel 5.13 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan (4)	154
Tabel 5.14 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan (5)	155
Tabel 5.15 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan (6)	157
Tabel 5.16 Spesifikasi Bak Utilitas (Jumlah Alat=5)	158
Tabel 5.17 Spesifikasi Bak Utilitas Lanjutan.....	159
Tabel 5.18 Spesifikasi Tangki Utilitas (Jumlah Alat=9).....	160
Tabel 5.19 Spesifikasi Tangki Utilitas Lanjutan (1)	161
Tabel 5.20 Spesifikasi Tangki Utilitas Lanjutan (2)	162
Tabel 5.21 Spesifikasi <i>Screener</i> (Jumlah Alat=1)	163
Tabel 5.22 Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (Jumlah Alat=1).....	163
Tabel 5.23 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (Jumlah Alat=1).....	164
Tabel 5.24 Spesifikasi <i>Mixed Bed</i> (Jumlah Alat=1)	165
Tabel 5.25 Spesifikasi <i>Dearator</i> (Jumlah Alat=1).....	166
Tabel 5.26 Spesifikasi <i>Blower Cooling Tower</i> (Jumlah Alat=1)	166
Tabel 5.27 Spesifikasi Tangki <i>Dowtherm</i> (Jumlah Alat=1)	167
Tabel 6.1 Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI).....	170
Tabel 6.2 Physical Plant Cost (PPC).....	179
Tabel 6.3 Direct Plant Cost (DPC).....	180
Tabel 6.4 Fixed Capital Investement (FCI)	180
Tabel 6.5 Working Capital Investement (WCI).....	180
Tabel 6.6 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	181
Tabel 6.7 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	181

Tabel 6.8 Fixed Manufacturing Cost (FMC)	182
Tabel 6.9 General Expense (GE)	182
Tabel 6.10 Analisa Kelayakan	182
Tabel 6.11 Annual Fixed Cost (Fa).....	184
Tabel 6.12 Regulated Cost (Ra).....	185
Tabel 6.13 Variabel Cost (Va)	185
Tabel 6.14 Analisa Kelayakan	187



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Data Pertumbuhan Ekspor Isobutene Di Indonesia Tahun 2016-2025	4
Gambar 1.2 Data Pertumbuhan Impor Isobutene Di Indonesia Tahun 2016-2025	6
Gambar 1.3 Data Pertumbuhan Produksi Isobutene 2016-2020	8
Gambar 1.4 Data Pertumbuhan Konsumsi Isobutene Di Indonesia	10
Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif	37
Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif	38
Gambar 4.1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik	94
Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik dan Alat Proses	103
Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses	105
Gambar 4.4 Sturktur Organisasi	108
Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas	130
Gambar 5.2 Diagram Alir Dowtherm	139
Gambar 6.1 Grafik Indeks Harga Alat	172
Gambar 6.2 Grafik Analisa Ekonomi	189

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran-1	Perancangan Reaktor
Lampiran-2	<i>Process Engineering Flow Diagram (PEFD)</i>
Lampiran-3	Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik



DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	: <i>Temperature</i> , °C
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, kg/m ³
π	: Jari-jari, in
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
V	: Volume, m ³
M	: Massa, kg
P	: Tekanan, atm
t	: Waktu, jam
k	: Konstanta kinetika reaksi, /menit
F _v	: Laju alir, m ³ /jam
M _s	: Massa Steam, kg
A	: Luas bidang penampang, ft ²
x	: Konversi, %
TD	: Titik didih, °C
ts	: Tebal dinding, in
e	: Efisiensi sambungan
fall	: <i>Allowable stress</i>
C''	: Faktor korosi
R _o	: Radius Luar
OD	: Diameter luar

ID	: Diameter dalam
th	: Tebal <i>head</i> , in
P	: <i>Power</i> motor
sg	: <i>Spesific Gravity</i>
icr	: Jari-jari sudut dalam, in
Rd	: Faktor Pengotor
Ud	: Koefisien perpindahan panas <i>overall</i>
Uc	: Koefisien perpindahan panas bersih
W	: Berat
Z	: Tinggi
Re	: Bilangan <i>Reynold</i>
Nt	: Jumlah <i>Tube</i>
jH	: <i>Heat transfer factor</i>
hi	: <i>Inside film coefficien</i> , Btu/jam ft ² °F
hio	: <i>Outside film coefficien</i> , Btu/jam ft ² °F
LMTD	: <i>Long mean temperature different</i> °F
Ea	: Energi aktivasi
A	: <i>Pre-exponential factor</i>
R	: Ketetapan kostan gas
ΔH	: <i>Enthalpy</i>
Q	: Kalor
ρ _b	: Densitas katalis
G	: Kecepatan aliran massa gas dalam pipa

L	: Porositas tumpukan katalisator
P_{gauge}	: Tekanan desain atau <i>max</i> , tekanan kerja yang diizinkan (psi)
SF	: <i>Straight flange</i>
r_3	: Jari-jari isolasi
T_f	: Suhu katalis
k	: Konduktivitas, W/m.K
BWG	: <i>Birmingham wire gauge</i>
ϵ	: Efisiensi
Q_p	: Panas yang diserap media pendingin, kJ/jam
B	: <i>Baffle</i> , m
Q_t	: Kalor Total, kJ/jam



ABSTRAK

Isobutene adalah hidrokarbon jenis *alkena* bercabang empat dengan rumus kimia $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}_2$ digunakan untuk industri kimia, industri karet sintetis, industri minyak dan gas, industri plastik. Pabrik isobutene dari isobutanol direncanakan akan didirikan di Kebomas, Gresik, Jawa Timur dan menghasilkan produk sebanyak 33.000 Ton/Tahun pada 330 hari berproduksi. Proses produksi isobutene menggunakan Reaktor *Fixed Bed* pada kondisi operasi 340°C dan tekanan 1 atm dan menggunakan proses dehidrasi isobutanol. Produk keluaran reaktor merupakan gas hasil reaksi dan air yang selanjutnya akan di pisahkan di *separator*, kemudian dialirkan pada *Absorber* untuk di serap oleh *Tert-butanol*, hasil keluaran bawah *Absorber* adalah isobutene dan *tert-butanol* yang akan di alirkan menuju menara destilasi, sedangkan produk keluaran atas akan di alirkan ke unit pengolahan limbah. Isobutene yang terserap pada *tert-butanol* akan di pisahkan dan di murnikan pada menara destilasi, untuk keluaran atas akan berupa gas isobutene yang akan di embunkan semuanya kemudian sebagian di alirkan ke tangki penyimpanan produk dengan kemurnian 99,9% dan sebagian di umpankan ke menara destilasi. Untuk keluaran bawah akan masuk ke tangki penyimpanan yang akan di olah kembali untuk menjadi *second absorben*. Dari studi evaluasi ekonomi, untuk menunjang proses produksi diperlukan modal investasi. Untuk memproduksi isobutene sebanyak 33.000 ton/tahun diperlukan bahan baku isobutanol sebanyak 58.276,380 ton/tahun. Utilitas untuk mendukung proses produksinya, di perlukan *Dowtherm A* sebagai pendingin sebanyak 5.143,807 Ton/tahun, air *service* sebanyak 3.960 ton/tahun, air *steam* sebanyak 27.943,377 ton/tahun. Penyediaan udara tekan sebanyak 39,2515 m³/jam, bahan bakar sebanyak 2.649,940 ton/tahun, dan listrik sebanyak 117,006 KwH. Pabrik ini direncanakan beroperasi pada tahun 2025 dan digolongkan pabrik beresiko tinggi dengan menggunakan modal tetap sebesar Rp 471.758.235.489 dan modal kerja sebesar Rp 294.971.400.598. *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak 44,22% dan setelah pajak 35,38%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 1,8 tahun dan setelah pajak 2,2 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 40,06% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 23,70%. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) terhitung sebesar 23,70%. Dari data Analisa kelayakan di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak dipertimbangkan untuk pendirian di Indonesia.

Kata-kata kunci:

Isobutene, isobutanol, tert-butanol, dehidrasi, *Fixed bed*

ABSTRACT

Isobutene is a *alkene* with chemical formula $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}_2$ used for chemical industry, synthetic rubber industry, oil and gas industry, plastic industry. The isobutene plant from isobutanol is planned to be established in Kebomas, Gresik, East Java and produces a product of 33.000 tons/year in 330 days of production. The isobutene production process uses a *Fixed Bed* at 340°C operating conditions and a pressure of 1 atm and uses an isobutanol dehydration process. The reactor output product is the reaction gas and water which will then be separated in the *separator*, then flowed to the *absorber* to be absorbed by the *tert-butanol*, the bottom output of the *absorber* is isobutene and *tert-butanol* which will be flowed to the distillation tower, while the output product is above will be flowed to the waste treatment unit. The isobutene that is absorbed in *tert-butanol* will be separated and purified in a distillation tower, for the upper output it will be isobutene gas which will be condensed all of which then partly flowed into a product storage tank with a purity of 99.9% and partly fed to a distillation tower. The bottom output will enter the storage tank where it will be reprocessed to become a *second absorbent*. From the economic evaluation study, to support the production process, investment capital is needed. To produce isobutene as much as 33.000 tons/year, 58.276,380 tons/year of isobutanol is needed. Utilities to support the production process, *Dowtherm A* is as a coolant as much as 5.143,807 tons/year, water *service* as much as 3.960 tons/year, *steam* as much as 27.943,377 tons/year. The supply of compressed air is 39.2515 m³/hour, fuel is 2.649,940 tons/year, and electricity is 117,006, KwH. This factory is planned to operate in 2025 and is classified as a high-risk factory using fixed capital of Rp. 471.758.235.489 and working capital of Rp. 294.971.400 *Percent Return On Investment* (ROI) before tax 44,22% and after tax 35,38%. *Pay Out Time* (POT) before tax for 1,8 years and after tax for 2,2 years. *Break Even Point* (BEP) is 40,06% and *Shut Down Point* (SDP) is 23,70%. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) is calculated at 23,70%. From the feasibility analysis data above, it can be concluded that this factory is profitable and worth considering for establishment in Indonesia.

Keywords:

Isobutene, isobutanol, tert-butanol, dehydration, *Fixed bed*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi di Indonesia saat ini mengalami peningkatan salah satunya pada sector industri. Indonesia sebagai negara berkembang harus dapat meningkatkan kondisi ekonomi, khususnya di bidang perindustriaan agar dapat bersaing dalam perekonomian dunia. Berkembangnya industri-industri dalam negeri diharapkan dapat membantu meningkatkan pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Pembangunan industri di Indonesia menjadi salah satu solusi untuk menambah devisa negara. Selain itu, keberadaan suatu industri juga dapat meningkatkan ekspor, memperluas lapangan pekerjaan, menambah nilai guna suatu bahan baku, dan mengurangi ketergantungan impor dengan negara lain.

Nilai impor akan meningkat terus menerus pada tahun-tahun yang akan datang apabila tidak dilakukan upaya-upaya pembangunan industri kimia nasional. Perkembangan industri petrokimia dapat dilakukan secara bertahap dan terpadu melalui peningkatan keterkaitan antara industri dengan sektor ekonomi yang memasok bahan baku industri kimia dan melakukan pembangunan industry petrokimia nasional (Kemenperin, 2017).

Isobutene adalah salah satu bahan kimia yang masih harus diimpor. Isobutene atau *2 methyl propene* merupakan produk *refining petroleum* atau proses petrokomia. Isobutene di Indonesia memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan. Hal ini ditinjau dari potensi kebutuhan industri terhadap senyawa

ini yang digunakan sebagai senyawa *intermediate* dan bahan baku, misalnya pembuatan *isoprene*, *methyl tertier butyl ether*, *polyisobutylene* dan *tertier butyl mercaptan*. Fleksibelnya isobutene digunakan sebagai bahan perantara untuk produksi berbagai produk, yaitu karet, wewangian dalam BBM, bahkan plastik atau farmasi. Dengan meningkatnya penggunaan karet sintetis di dunia maka salah satu karet sintetis (*Isobutenen isoprene rubber*) yang berbahan baku isobutene, maka dari ini bisa menjadi peluang industri untuk menyediakan bahan baku dari karet sintetis tersebut. Selain itu penggunaan *jet* sekarang semakin marak sehingga menurut salah satu perusahaan *China Heze Sirloong Chemichal Co.Ltd*. Isobutene ini bisa menjadi bahan bakar yang sempurna untuk *jet* dan sebagai aditif bensin. Selain debutnya di dunia industri karet atau pun minyak dan gas, isobutene ini juga telah di setujui oleh FDA dan uni Eropa sebagai bahan baku pembuatan hidroksitoluena butilasi yang dapat digunakan dalam campuran makanan. Dengan banyaknya kegunaan isobutene di atas maka potensi untuk pembangunan industri isobutene di Indonesia sangat terbuka peluangnya.

Isobutene di Indonesia saat ini belum dikembangkan, walaupun nilai permintaannya cukup besar jika dilihat dari data Badan Pusat Statistik (BPS). Senyawa ini masih diimpor dari Singapura, Australia, Brazil, Amerika Serikat, China, India, dan Korea. Sedangkan untuk produksinya di Indonesia hanya ada satu perusahaan yaitu PT.Chandra asri sebagai produk samping, salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menghilangkan ketergantungan Indonesia terhadap impor isobutene dari luar negeri adalah dengan pembangunan pabrik isobutene. Pendirian pabrik isobutene diharapkan mampu memenuhi kebutuhan isobutene dalam negeri,

membuka lapangan kerja baru bagi masyarakat serta dapat menghidupkan industri-industri di Indonesia yang memerlukan isobutene ini sebagai bahan baku seperti karet sintetis, bahan bakar ataupun produk petrokimia yang lainnya.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas produksi pembuatan *isobutene* ditentukan dari banyaknya impor isobutene dalam negeri, ekspor *isobutene* ke luar negeri, produksi isobutene dalam negeri, dan konsumsi isobutene di dalam negeri.

1.2.1 Data Ekspor Isobutene

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik untuk ekspor setiap tahunnya selalu mengalami penurunan, berikut data ekspor 2016-2020.

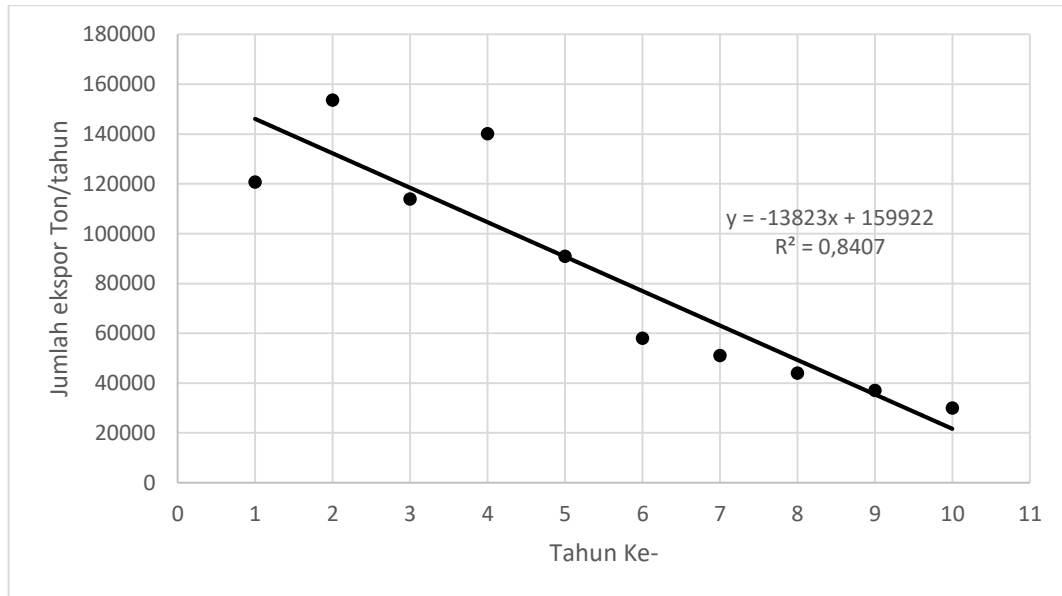
Tabel.1.1 Data Ekspor Isobutene

No	Tahun	Kg/Tahun	Ton/Tahun
1	2016	120622066	120622.066
2	2017	153537238	153537.238
3	2018	113859225	113859.225
4	2019	140074308	140074.308
5	2020	90879184	90879.184

(Badan Pusat Statistik, 2020)

Proses produksi *isobutene* direncanakan akan mulai berproduksi pada tahun 2025. Untuk mengetahui perkiraan kebutuhan *isobutene* pada tahun 2025

dilakukan dengan menggunakan metode regresi linear. Grafik hasil regresi data ekspor di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Data Pertumbuhan Ekspor Isobutene Di Indonesia Tahun 2016-2025

Kemudian di dapatkan hasil regresi data ekspor persamaan:

$$y = -13823x + 159922$$

Dari persamaan regresi tersebut didapatkanlah data ekspor untuk kebutuhan ekspor pada 2025 yaitu:

Tabel 1.2 Data Ekspor Berdasarkan Regresi Linier

No	Tahun	Kg/Tahun	Ton/Tahun
1	2016	120622066	120622,066
2	2017	153537238	153537,238
3	2018	113859225	113859,225

No	Tahun	Kg/Tahun	Ton/Tahun
4	2019	140074308	140074,308
5	2020	90879184	90879,184
6	2021	58000000	58000
7	2022	51000000	51000
8	2023	44000000	44000
9	2024	37000000	37000
10	2025	30000000	30000

1.2.2 Data Impor Isobutene

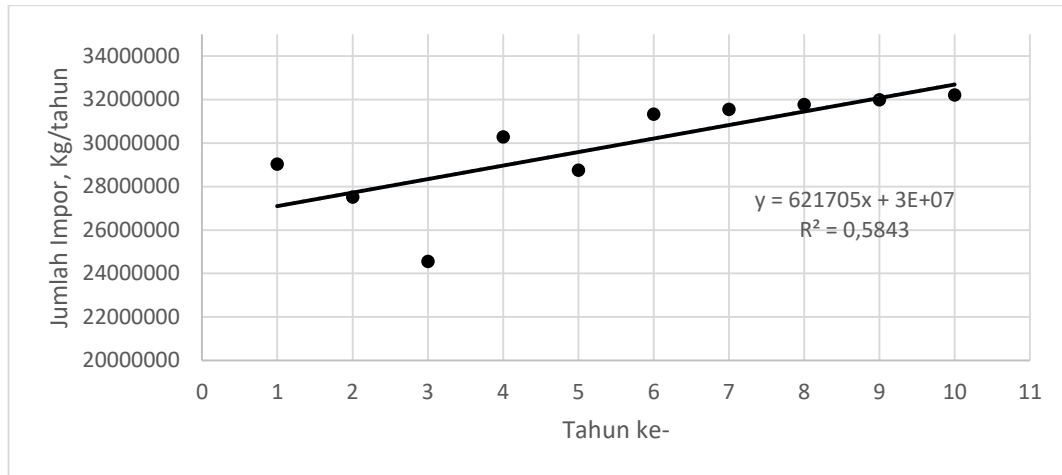
Kebutuhan impor *isobutene* ke dalam negeri cenderung naik dari setiap tahunnya, ini memungkinkan Indonesia akan terus ketergantungan akan isobutene dengan negara pengimpor. Berikut data impor Indonesia dari tahun 2016-2020:

Tabel 1.3 Data Impor Isobutene

No	Tahun	Kg/Tahun	Ton/Tahun
1	2016	29028174	29028.174
2	2017	27503242	27503.242
3	2018	24550874	24550.874
4	2019	30277336	30277.336
5	2020	28747758	28747.758

(Badan Pusat Statistik, 2020)

Untuk mengetahui terkait kebutuhan impor Indonesia pada tahun produksi 2025 maka didapatkan regresi linear dan hasil pada gambar 1.2



Gambar 1.2 Data Pertumbuhan Impor Isobutene Di Indonesia Tahun 2016-2025

Didapatkanlah persamaan regresi untuk kebutuhan impor di Indonesia yaitu:

$$y = 621705x + 3E + 07$$

Dari persamaan tersebut maka didapatkanlah kebutuhan akan impor dengan data berikut:

Tabel 1.4 Data Ekspor Berdasarkan Regresi Linier

No	Tahun	Kg/Tahun	Ton/Tahun
1	2016	29028174	29028,174
2	2017	27503242	27503,242
3	2018	24550874	24550,874
4	2019	30277336	30277,336
5	2020	28747758	28747,758

No	Tahun	Kg/Tahun	Ton/Tahun
6	2021	31327956	31327,956
7	2022	31549282	31549,282
8	2023	31770608	31770,608
9	2024	31991934	31991,934
10	2025	32213260	32213,26

1.2.3 Data produksi Isobutene

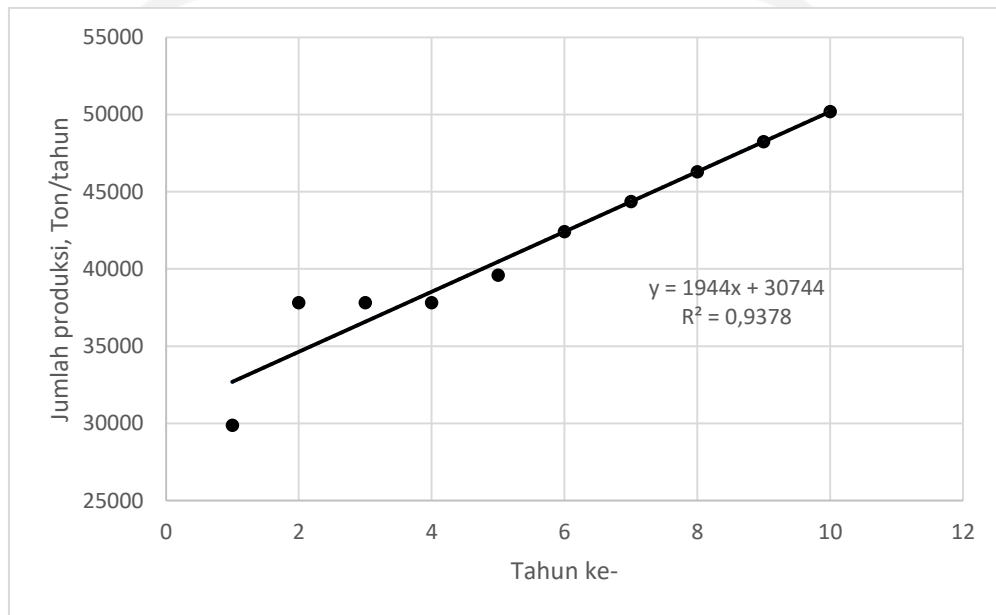
Selain terkait ekspor dan impor *isobutene* di Indonesia diperlukan data terkait produksi perusahaan yang ada didalam negeri yang telah memproduksi *isobutene*, di Indonesia sendiri pabrik yang memproduksi *isobutene* hanya PT. Chandra Asri Petrochemical, berikut data produksi isobutene yang di produksi oleh PT. Chandra Asri Petrochemical dari tahun 2016-2020:

Tabel 1.5 Data Produksi Isobutene

No	Tahun	Produksi (Ton/Tahun)
1	2016	29880
2	2017	37800
3	2018	37800
4	2019	37800
5	2020	39600

(Annual Report Chandra Asri, 2020)

Terus meningkatnya produksi Chandra Asri Petrochemical tentu saja mempengaruhi kapasitas pabrik yang akan berproduksi di tahun 2025, oleh karena itu untuk mengetahui produksi Chndra Asri pada tahun 2025 maka dilakukan regresi linear pada gambar 1.3



Gambar 1.3 Data Pertumbuhan Produksi Isobutene 2016-2020

Dari gambar 1.3 didapatkan persamaan regresi linear produksi pada PT.Chandra Asri Petrochemical yaitu:

$$y = 1944x + 30744$$

Dari persamaan ini maka didapatkan terkait produksi *isobutene* yang akan dilakukan oleh PT.Chandra Asri Petrochemical selaku produsen tunggal *isobutene* di Indonesia

Tabel 1.6 Data Produksi Isobutene Berdasarkan Regresi Linier

No	Tahun	Produksi Isobutene
1	2016	29880
2	2017	37800
3	2018	37800
4	2019	37800
5	2020	39600
6	2021	42408
7	2022	44352
8	2023	46296
9	2024	48240
10	2025	50184

1.2.4 Data Konsumsi Isobutene

Selain data di atas untuk menentukan kapasitas suatu pabrik di perlukan data kebutuhan akan *isobutene* untuk dikonsumsi, *isobutene* merupakan bahan baku dari pembuatan *butyl rubber*, *isobutene-isoprene rubber*, dan merupakan bahan baku pembuatan MTBE. Dari Badan Pusat Statistik pada Bulletin Statistik Manufaktur Bahan Baku diketahui konsumsi *isobutene* pada tahun 2016-2020 yaitu:

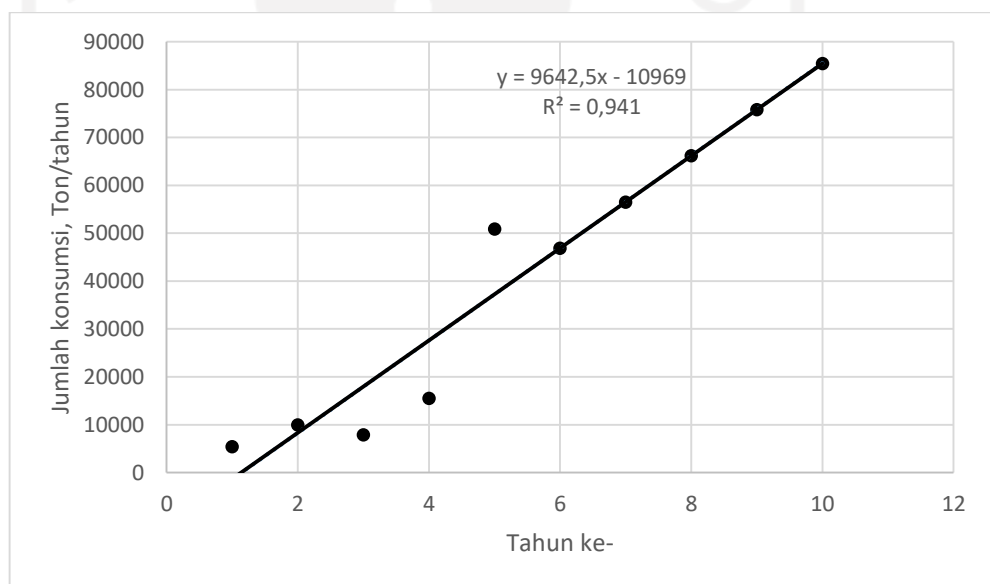
Tabel 1.7 Data Konsumsi Isobutene

No	Tahun	Kg/Tahun	Jumlah(Ton)
1	2016	5453515.85	5453.5159

No	Tahun	Kg/Tahun	Jumlah(Ton)
2	2017	7573862.65	9990.5133
3	2018	7912158.6	7912.1586
4	2019	7513106.35	15552.8617
5	2020	6085034.05	50885.0341

(Badan Pusat Statistik, 2020)

Untuk mengetahui terkait konsumsi *isobutene* pada tahun 2025 menggunakan regresi linear pada grafik 1.4



Gambar 1.4 Data Pertumbuhan Konsumsi Isobutene Di Indonesia

Dari gambar 1.4 maka didapatkan persamaan regresi linear terkait konsumsi *isobutene* di Indonesia yaitu:

$$y = 9642.5x - 10969$$

Dari persamaan regresi linear tersebut maka didapatkan kebutuhan *isobutene* dari tahun 2016-2025

Tabel 1.8 Data Konsumsi Isobutene Berdasarkan Regresi Linier

No	Tahun	Kg/Tahun	Jumlah(Ton)
1	2016	5453515,85	5453,5159
2	2017	7573862,65	9990,5133
3	2018	7912158,6	7912,1586
4	2019	7513106,35	15552,8617
5	2020	6085034,05	50885,0341
6	2021	46886000	46886
7	2022	56528500	56528,5
8	2023	66171000	66171
9	2024	75813500	75813,5
10	2025	85456000	85456

Dari hasil keempat persamaan tersebut maka didapatkan table peluang kapasitas pabrik *isobutene* yang akan beroperasi pada tahun 2025 yaitu :

Tabel 1.9 Data Peluang Kapasitas Pabrik Isobutene

Supply = Impor + produksi	82397,26	Ton/Tahun
Demand = Konsumsi + Ekspor	115456	Ton/Tahun
Peluang = Demand – Supply	33058,74	Ton/Tahun

Kapasitas pabrik isobutene yang akan beroperasi pada 2025 sesuai dengan persamaan dan perhitungan diatas adalah 33.000 Ton/Tahun, dengan tujuan

pemenuhan kebutuhan didalam negeri dan meminimalisir terkait impor isobutene pada tahun 2025 di Indonesia.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Isobutene

Isobutene biasanya dikenal dengan *isobutylene* adalah hidrokarbon dengan rumus $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}_2$. Ini adalah alkena bercabang empat (olefin), salah satu dari empat isomer butilena. *Isobutylene* merupakan gas yang mudah terbakar, tidak berwarna dan memiliki nilai industri yang cukup besar. *Isobutene* berfungsi sebagai bahan baku produksi untuk industri kimia lainnya. *Isobutene* ini digunakan untuk beberapa pembuatan antioksidan bersama *phenol* melalui reaksi alkilasi *Friedel-Craft* yang menghasilkan *butylated hydroxytoluene* (BHT) dan *butylated hydroxyanisole* (BHA), produk turunan lainnya adalah *butyl rubber* dan *isoprene* untuk pembuatan karet sintetik. (Kirk Othmer, 1968). *Isobutylene* termasuk mono-olefinisomer dari butylene, 1-butene, cis-2-butene dan trans 2 butene, produk ini merupakan hasil dari refining petroleum atau proses petrokimia

Menurut Ulman (1989), sejak 1960 pembuatan *isobutene* mulai di komersialkan, pembuatan *isobutene* pertama kali didirikan di Cerpus Christi, Texas dengan memiliki kapasitas 150.000 ton/tahun. *Isobutene* ini juga merupakan bahan baku penting dan bisa digunakan di berbagai industry kimia seperti tercantum pada table berikut:

Tabel 1.10 Penggunaan Isobutene

Penggunaan	% Produksi
Alkilate gasoline	45
Polimer gasoline	2
Straight fuel use	28
MTBE	10
Di/triisobutylene	2
Butyl rubber	6
Polybutene	4
Isoprepene	3
Bahan kimia tertentu	2

(Ulman, 1989)

Bahan dasar pembuatan Isobutene ada beberapa jenis yaitu, *Metyl Tertier Buthyl Ether* (MTBE), *Isobutane*, *Tertier Butyl Alcohol* (TBA) dan *Isobutanol*. Bahan baku yang dipilih harus sesuai dengan proses produksi yang akan dilakukan.

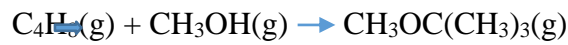
1.3.2 Macam-Macam Proses

Proses pembuatan isobutene secara komersial dapat menggunakan beberapa proses yaitu :

1 IFP'S MTBE

Pada jenis proses ini digunakan dua *reactor fixed bed tubular*, yang pertama dilakukan adalah *methanol* dan campuran *C4-1* direaksikan pada tempratur

333 K dihasilkan MTBE, dengan reaksi:



MTBE selanjutnya ter-*cracking* didalam *reactor fixed bed tubular* dan reaksi tersebut merupakan reaksi endotermis dengan bantuan katalis *solid acidic*.

Reaksi *cracking* MTBE yang terjadi adalah :



Menurut jurnal patent No.US4570026 proses berlangsung dalam *reactor fixed bed* pada suhu 90 C-160 C dengan tekanan 0.5 hingga 4 atm, memiliki konversi MTBE sekitar 60-80% dan selektivitas sebesar 90 mol isobutene (Keyworth, D.A., dan McFarland, C.G., 1986)

2 Dehidrogenasi Isobutane

Proses ini memiliki bahan baku berupa isobutene gas dengan katalis alumina, reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Reaksi dehidrogenasi ini bersifat endotermis. Pada reaktor *fixed bed* menghasilkan produk *isobutylene* dan hidrogen sebagai produk samping serta komponen lain yang masih terikut bersama bahan baku. Kondisi operasi *reactor* dengan temperatur 537,8 °C dan tekanan vakum 0,14 atm agar tidak terjadinya deaktivasi katalis. Proses ini menghasilkan *isobutylene* dengan konversi sebesar 55- 60% dan selektivitas 92% mol. (Woerner, R.C., & Tschopp, L.D., 1967).

3 Dehidrasi *tertier Butyl alcohol* (TBA)

Dehidrasi TBA memiliki hasil samping berupa H₂O, dehidrasi dapat dilakukan pada fase gas maupun cair, Reaksi pada fase gas dilakukan pada temperatur 400 C dan tekanan 0,01-10 atm dengan batuan katalis alumina. Memiliki konversi mencapai 10% dan selektivitas 98,4 % (Inoue, K.,Toshihiro, S., dan Kobayashi,M., 1989). Reaksi yang terjadi adalah:



Sedangkan pada fase cair dilakukan pada suhu 160 C dan tekanan 13.6 atm dengan katalis Para Toluena Sulsonic Acid (PTSA) sebanyak 2.5 % dari berat TBA konversi yang dihasilkan. Reaksinya bersifat endotermis, membutuhkan panas agar reaksi dapat terjadi sesuai dengan diinginkan (Gupta, V. P., 1994).

4 Dehidrasi isobutanol

Proses ini menggunakan *isobutanol* sebagai bahan baku dan dibantu dengan bantuan katalis alumina. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Reaksi dehidrasi isobutanol menjadi isobutylene dilakukan pada *reactor fixed bed* dengan temperatur operasi 340 C dan tekanan 1 atm. Reaksi ini bersifat endotermis, sehingga membutuhkan panas agar reaksi dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Konversi Isobutanol menjadi isobutylene mencapai 100 % dengan selektifitas mencapai 95%. Dari 4 proses berbeda tersebut di dapatkan perbandingan pada tabel 1.11 berikut:

Tabel 1.11 Perbandingan Macam Proses

Proses	Reaksi	Kelebihan	Kekurangan
Proses IFP'S MTBE	$1 \quad C_4H_8(g) + CH_3OH(g) \rightarrow CH_3OC(CH_3)_3(g)$ $2 \quad CH_3OC(CH_3)_3(g) \rightarrow (CH_3)_2CCH_2(g) + CH_3OH(g)$		<ul style="list-style-type: none"> Menggunakan 2 reaktor yang pertama yaitu <i>fixed bed tubular</i> yang kedua setelah <i>cracking</i> menggunakan <i>reactor fix bed</i> Konversi tidak terlalu tinggi (60%-80%) selektivitas 90% Menggunakan bahan baku <i>methanol</i>, campuran rafinat dan katalis <i>solid acidic</i> <p>Sumber : (Keyworth, D.A., dan McFarland, C.G., 1986).</p>
Dehidrogenasi Isobutane	$(CH_3)_2CHCH_3(g) \rightarrow (CH_3)_2CCH_2(g) + H_2(g)$	Reaksi terjadi pada 1 reaktor	<ul style="list-style-type: none"> Konversi hanya sebesar 55-60% sertaselektivitas 92% mol Di reaksi pada suhu tinggi 537.8C

Sumber: Woerner,R.C., & Tschopp,L.D., 1967).

Proses	Reaksi	Kelebihan	Kekurangan
Proses Dehidrasi Tertier Butyl Alcohol ol (TBA)	$(\text{CH}_3)_3\text{COH}(aq) \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(aq)$	Konversi pada fase gas mencapai 100% dan selektivitas 98.4%	<ul style="list-style-type: none"> Membutuhkan temperatur yang tinggi agar reaksi dehidrasi TBA berjalan efektif, ini membuat energi yang keluar untuk menghasilkan panas sangat besar sedangkan harga heater mahal
Proses dehidrasi isobutanol	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}(g) \rightarrow \text{C}_4\text{H}_8(g) + \text{H}_2\text{O}$	<ul style="list-style-type: none"> Konversi mencapai 100% dan selektivitas 95%, Kondisi operasi pada reactor lebih rendah jika dibandingkan dengan proses lain, biaya produksi lebih murah Menggunakan 1 reaktor 	Sumber : (Gupta, V.P., 1994).

Sumber : US 10,464,860B2 US 2019 /0177250 A1

Adapun perbandingan parameter macam proses yang ada yaitu pada table 1.12 berikut:

Tabel 1.12 Perbandingan Parameter Macam Proses

Parameter	Macam Proses			
	IFP'S MTBE	Dehidroge nasi <i>Isobutane</i>	Dehidrasi <i>Tertier Butyl Alcohol (TBA)</i>	Dehidrasi <i>Isobutanol</i>
Bahan Baku	$(\text{CH}_3)_3\text{CO CH}_3$	$\text{HC}(\text{CH}_3)$	$(\text{CH}_3)_3\text{COH}$	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{OH}$
Bahan Pembantu	<i>Solidacidic</i>	Alumina (Al_2O_3) <i>Para Toulene SulsonicAcid (PTSA)</i>	Alumina (Al_2O_3)	Alumina(Al_2O_3)
Suhu Reaksi	Tahap 1 :333K Tahap 2: 90-160C	537.8 C	246- 413 C.	340 C
Produk Samping	CH_3OH	H_2	H_2O	H_2O
Instalasi	Kompleks	Sederhana	Sederhana	Sederhana
Harga Bahan Baku perKG	0.8 \$	1.5 \$	0.8 \$	0.5 \$

Sumber:ali baba

1.3.3 Pemilihan Proses

Pembuatan isobutene sesuai dengan penjelasan diatas memiliki 4 proses yang berbeda, dehidrasi *isobutanol* adalah proses yang dipilih untuk pembuatan

isobutene dikarenakan memiliki kondisi operasi reaksi yang lebih rendah dibandingkan proses lainnya. Perancangan pabrik *isobutene* ini sesuai dengan Patent NO. US1046860 dan Patent No. US0177250 dan pertimbangan yang lainnya yaitu :

- 1) Bahan baku yang lebih ekonomis bisa meminimalisir harga produksi
- 2) Hanya menggunakan satu reactor
- 3) Kondisi operasi yang sederhana sehingga bisa meminimalisir harga produksi
- 4) Kebutuhan utilitas lebih ekonomis karena suhu operasi lebih rendah

1.3.4 Isobutanol

Isobutanol merupakan *alcohol* alifatik yang memiliki 4 cabang rantai karbon dengan rumus $C_4H_{10}O$ dan memiliki 5 nama lain seperti *Isobutyl alcohol*, IBA, 2-methyl-1-propanol, 2-Methylpropyl alcohol dan *Isopropylcarbinol*. *Isobutanol* juga masuk dalam bahan larutan kategori analisis *reagent* yaitu bahan yang dikonsumsi dalam suatu reaksi kimia. Jenis *alcohol* ini tidak berwarna, mudah terbakar, memiliki bau khas dan tidak mudah larut dalam air tetapi dapat larut dalam pelarut *organic*. *Isobutanol* memiliki beberapa kegunaan yaitu sebagai bahan baku pengencer cat, bahan kimia rumah tangga maupun industri serta dapat digunakan sebagai bahan awal dalam sintesis *organic*. (Sumber: PT. Indochemical Citra Kimia, 2020)

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

1.4.1.1 Pembuatan *Isobutene* dari *Isobutanol*

Tinjauan secara termodinamika yang ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (*eksotermis/endotermis*), mengetahui reaksi berlangsung secara spontan atau tidak spontan dan mengetahui arah reaksi (*reversible/irreversible*). Reaksi pembuatan *isobutene* dari *isobutanol* pada suhu 25°C (298 K) dan tekanan 1 atm.

Reaksi:



Penentuan sifat reaksi (*eksotermis/endotermis*) dapat ditentukan dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) dengan harga ΔH_f° masing masing komponen pada suhu 25°C (298 K) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1.13 Harga ΔH_f° Masing-masing Komponen

Komponen	ΔH_f° (kJ/mol)
$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	-283.22
C_4H_8	-16.9
H_2O	-241.8

(Sumber: Yaws, 1999)

$$\Delta H_R(298\text{ K}) = \sum \Delta H_f^\circ(\text{produk}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{reaktan})$$

$$= \Delta H_f^\circ(\text{produk}) - \Delta H_f^\circ(\text{reaktan})$$

$$\begin{aligned}
&= [(\Delta H_f^\circ C_4H_8 + \Delta H_f^\circ H_2O) - \Delta H_f^\circ C_4H_{10}O] \\
&= [(-16.9) + (-241.8)] - (-283.22) \\
&= (-258.7) - (-283.22) \\
&= 24.52 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil diatas didapatkan hasil perhitungan bernilai positif (+) hasil tersebut menunjukkan bahwa reaksi tersebut merupakan reaksi yang bersifat *endotermis* (memerlukan panas) sehingga diperlukan pemanasan pada *reactor*.

Untuk mengetahui reaksi berlangsung secara spontan atau tidak dapat ditentukan dengan perhitungan *energy* bebas *gibbs* (ΔG_f°) dengan harga ΔG_f° masing masing komponen pada suhu 25°C (298 K) dapat dilihat pada tabel 1.14 berikut:

Tabel 1.14 Harga ΔG_f° Masing-masing Komponen

Komponen	ΔG_f° (kJ/mol)
C ₄ H ₁₀ O	-155.01
C ₄ H ₈	58.07
H ₂ O	-228.6

(Yaws, 1999)

$$\begin{aligned}
\Delta G_{f(298)}^\circ &= \sum \Delta G_{f(produk)}^\circ - \sum \Delta G_{f(reaktan)}^\circ \\
&= \Delta G_{f(produk)}^\circ - \Delta G_{f(reaktan)}^\circ \\
&= [(\Delta G_{f C_4H_8}^\circ + \Delta G_{f H_2O}^\circ) - \Delta G_{f C_4H_{10}O}^\circ]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= [58.07 + (-228.6)] - (-155.01) \\
&= (-170.53) - (-155.01) \\
&= -15.52 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa ΔG°_f bernilai *negative* (-) dari hasil tersebut menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya membutuhkan sedikit *energy*.

Menghitung konstanta Kesetimbangan (K) standar pada 25°C (298 K) menggunakan persamaan (15.14) dari Van Ness (1997) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\Delta G^\circ_f &= -R.T. \ln K \\
\ln K_{(298)} &= \frac{-\Delta G^\circ_f}{R.T} \\
\ln K_{(298)} &= \frac{-15.52}{-\left(\frac{8.314}{1000}\right) \text{ kJ/molK} \times 298 \text{ K}} \\
K_{(298)} &= \exp(6.264) \\
K_{(298)} &= 525.42
\end{aligned}$$

Untuk mengetahui arah reaksi (*reversible/irreversible*) dapat ditentukan dengan cara menghitung besarnya konstanta kesetimbangan pada suhu operasi 340°C (613 K) menggunakan persamaan (15.17) dari Van Ness (1997) sebagai berikut:

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

$$\ln\left(\frac{K}{525.42}\right) = -\frac{24.52 \text{ kJ/mol}}{8.314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol.K}} \times \left(\frac{1}{613} - \frac{1}{298}\right) K$$

$$\ln\left(\frac{K}{525.42}\right) = -5.0856$$

$$\frac{K}{525.42} = 0.0062$$

$$K = 3.25$$

Dari perhitungan diatas didapatkan konstanta kesetimbangan sebesar 3.25. Hal ini dapat dikatakan bahwa reaksi berlangsung secara *irreversible* (searah) karena konstanta yang dihasilkan lebih besar dari satu ($K > 1$)

1.4.2. Tinjauan Kinetika

Kinetika reaksi kimia adalah ilmu yang mempelajari tentang laju reaksi kuantitatif, meliputi ilmu yang mempelajari tentang pengukuran laju reaksi dan variable-variabel dalam laju reaksi yaitu konsentrasi, suhu, dan tekanan, terutama untuk reaksi lambat, dimana waktu reaksi mempengaruhi besarnya transformasi serta besarnya kecepatan reaksi, mekanisme atau tahapan reaksinya. Adapun persamaan reaksi yang terbentuk yaitu :



Menurut jurnal diketahui nilai A (*Pre-exponential factor*) dan nilai Ea (Energi Aktivasi) sebesar $144,4 \text{ mol.gcat}^{-1}.\text{kPa}^{-1}.\text{h}^{-1}$ dan $48,67 \text{ kJ.mol}^{-1}$ (Rongli dkk,

2017). Untuk mencari nilai konstanta kinetika reaksi digunakan persamaan

Arrhenius yaitu :

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

Keterangan :

k = konstanta laju reaksi

A = faktor frekuensi atau pra-exponensial (144,4 mol/g.kPa.h)

Ea = energy aktivasi (48,87 kJ/mol)

R = konstanta gas (8,314 L.kPa/mol.K)

T = suhu (613 K)

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

$$k = 144,4 \text{ kJ/mol} \times e^{-\frac{48,87 \text{ kJ/mol}}{8,314 \frac{\text{L.kPa}}{\text{mol.K}} \times 613\text{K}}}$$

$$k = 143,0220 \frac{\text{mol}}{\text{g.kPa.h}}$$

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai target pada perancangan ini, maka mekanisme pembuatan *isobutene* dirancang berdasarkan variable utama yaitu spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku dan pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Produk

Tabel 2.1 Spesifikasi Produk

Spesifikasi	Produk						
	Iso-butene	1-butene	Cis-2-butene	Trans-2-butene	Iso-butane	Air	Oksigen
Wujud	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Cair	Gas
Rumus Molekul	C ₄ H ₈	C ₄ H ₈	C ₄ H ₈	C ₄ H ₈	C ₄ H ₁₀	H ₂ O	O ₂
Berat Molekul, kg/kmol	56	56	56	56	58	18	32
Titik Didih, °C	-6,9	-6,47	3,7	0,8	-11,7	100	-183

Spesifikasi	Produk						
	Iso-butene	1-butene	Cis-2-butene	Trans-2-butene	Iso-butane	Air	Oksigen
Densitas g/cm ³	0,5879	0,62	0,641	0,626	0,0251	0,99	1,33
Titik Leleh, °C	-140	-185	-139	-106	-159	0	-218
Spesifik Gravity, pada 20°C	0,59	0,58	1,93	2,01	0,61	1,00	1,11
Kelarutan, mg/L pada 20°C	388 (tidak larut)	2,21 (larut dalam alcohol, ether, benzene)	Negligible	Negligible	48,9	Tidak larut	0,0491
Temperatur Kritis, °C	145	146	162	155	135	374	-118
Tekanan Kritis, atm	39,48	39,67	41,45	40,46	36	218	49,7

(Sumber:MSDS)

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

Tabel 2.2 Spesifikasi Bahan Baku

Spesifikasi	Bahan		
	Isobutanol	Alumina	Tert-Butanol
Wujud	Cair	Padat	Cair
Rumus Molekul	C ₄ H ₁₀ O	Al ₂ O ₃	C ₄ H ₁₀ O
Berat Molekul, kg/kmol	74	101	74
Titik Didih, °C	107,89	2.977	83
Densitas g/cm ³	0,802	3,987	0,78
Titik Leleh, °C	-108	2.072	25
Spesifik Gravity, pada 20°C	0,8	3,99	0,78
Kelarutan, g/L pada 20°C	1,02	Tidak Larut	0,8
Temperatur Kritis, °C	298,8	5062	235
Tekanan Kritis, atm	43,55	1953	39,20

(Sumber:MSDS)

Tabel 2.3 Identifikasi *Hazard* pada Bahan Baku dan Produk

Identifikasi <i>Hazard</i> Bahan Kimia dalam Proses							
Komponen	Hazard						
	Explosive	Flammable	Toxic	Corrosive	Irritant	Oxidizing	Radioactive
Iso-butanol		√		√	√		
Alumina							√
Tert-Butanol		√					√
Isobutene		√			√		
1-Butene	√	√					
Cis-Butene	√	√					
Trans-butene	√	√					
Isobutane		√					
Oksigen	√						

1. Isobutanol :

Keterangan *Hazzard* :

Flash point : 28 °C (82 °F; 301 K) *Autoignition Temperature*: 415 °C (779 °F; 688 K) LFL: 1,7% UFL: 10,9% Larut dalam *alcohol*, ether, benzene

Pengelolaan : Hindari dari panas dan semburan api langsung. Terpisah dari oksidan kuat dan aluminium. Simpan wadah tertutup rapat di tempat yang kering dan berventilasi baik. Wadah yang dibuka harus di tutup kembali dengan hati-hati dan dijaga tegak untuk mencegah kebocoran

2. Alumina

Keterangan *Hazard* : Tidak larut dalam air panas tetapi agak larut dalam air panas dan asam

Pengelolaan : Simpan ditempat sejuk dan kering. Simpan bahan yang tertutup rapat dalam wadah yang diberi label dengan benar. Jangan simpan bersama dengan oksidator (asam kuat, basa kuat dan senyawa terhalogenasi)

3. Tert butanol

Keterangan *Hazzard* :

Flash point : 11 °C (52 °F; 284 K) *Autoignition Temperature*: 480 °C (896 °F; 753 K) LFL: 2,4% UFL: 8,0% Larut dalam air, ester, *alcohol*, hidrokarbon, dan eter.

Pengelolaan : Jauhkan dari sumber api, simpan di tempat yang sejuk dan kering, simpan dalam wadah tertutup rapat dan jauhkan dari daerah mudah terbakar

4. Isobutene :

Keterangan *Hazzard* :

Flash point : -76 °C *Autoignition Temperature*: 465 °C (869 °F; 738 K) LFL: 1,8% UFL: 9,6% Tidak larut dalam air

Pengelolaan : Suhu penyimpanan <50C. jauhkan dari sinar matahari langsung. Ventilasi di tingkat lantai. Gudang tahan api. Menyediakan system sprinkler otomatis. Meneydiakan bak untuk menampung tumpahan. Sediakan tangki dengan

pembumian. Simpan hanya dalam keadaan stabil di bangunan terpisah dan memenuhi persyaratan yang ada.

5. 1-Butene

Keterangan *Hazzard* :

Flash point : -79 °C (-110 °F; 194 K) *Autoignition Temperature*: 385 °C (725 °F; 658 K) LFL: 1,6% UFL: 10% Larut dalam air

Pengelolaan : Hindari dari panas dan api. Uap yang mudah terbakar dapat menyebar dari kebocoran hingga akhirnya menciptakan bahaya ledakan. Uap bisa di picu dari korsleting listrik, nyala api lainnya, merokok, percikan api, pemanas, listrik peralatan, pelepasan listrik statis, atau sumber pengapian lainnya di lokasi yang jauh dari penanganan. Sebelum memasuki area gas ini usahakan tetap menjaga tekanan dan suhu yang sesuai agar gas tidak meledak dan terbakar. Selain itu dapat membentuk campuran eksplosif dengan udara dan zat pengoksidasi.

6. Cis-2-Butene

Keterangan *Hazzard* :

Flash point : -72 °C (-98 °F; 201 K) *Autoignition Temperature*: 325 °C (617 °F; 598 K) LFL: 1,7% UFL: 9,7%

Pengelolaan : Hindari dari panas dan api uap yang mudah terbakar dapat menyebar dari kebocoran hingga akhirnya menciptakan bahaya ledakan. Uap bisa di picu dari korsleting listrik, nyala api lainnya, merokok, percikan api, pemanas, listrik peralatan, pelepasan listrik statis, atau sumber pengapian lainnya di lokasi yang jauh

dari penanganan. Sebelum memasuki area gas ini usahakan tetap menjaga tekanan dan suhu yang sesuai agar gas tidak meledak dan terbakar

7. Trans-2-Butene

Keterangan *Hazzard* :

Flash point : -72 °C (-98 °F; 201 K) *Autoignition Temperature*: 325 °C (617 °F; 598 K) LFL: 1,7% UFL: 9,7%

Pengelolaan: Hindari dari panas dan api, uap yang mudah terbakar dapat menyebar dari kebocoran hingga akhirnya menciptakan bahaya ledakan. Uap bisa di picu dari korsleting listrik, nyala api lainnya, merokok, percikan api, pemanas, listrik peralatan, pelepasan listrik statis, atau sumber pengapian lainnya di lokasi yang jauh dari penanganan. Sebelum memasuki area gas ini usahakan tetap menjaga tekanan dan suhu yang sesuai agar gas tidak meledak dan terbakar

8. Isobutane

Keterangan *Hazzard* :

Flash point : -83 °C (117 °F; 190 K) *Autoignition Temperature*: 460 °C (860 °F; 733 K) LFL: 1,4% UFL: 8,3% Tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik

Pengelolaan : Simpan di gudang yang sejuk dan berventilasi. Jauhkan dari api dan panas. Suhu reservoir tidak melebihi 30 ° C, dan kelembaban relatif tidak melebihi 80%. harus dijauhkan dari oksidizer, jangan menyimpan bersama-sama. Fasilitas pencahayaan dan ventilasi anti ledakan digunakan. Dilarang menggunakan

peralatan mekanik dan alat yang rentan terhadap percikan api. Area penyimpanan harus dilengkapi dengan peralatan perawatan darurat kebocoran.

9. Oksigen

Pengelolaan : Gunakan wadah penyimpanan, pipa katup dan fitting dirancang untuk penyimpanan dan distribusi oksigen. Simpan dalam dingin, daerah kering berventilasi baik, tahan api, jauh dari bahan mudah terbakar dan atmosfer korosif.

2.3 Pengendalian Kualitas

Untuk mendirikan pabrik Isobutene, perlu dilakukan pengendalian kualitas. Dalam hal ini, pengendalian kualitas (*quality control*) Pabrik isobutene antara lain pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses produk, dan pengendalian kualitas produk.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Sebelum proses mulai dilakukan, perlu adanya pengujian terhadap kualitas bahan baku. Hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa baik kualitas bahan baku yang digunakan telah sesuai spesifikasi. Maka dari itu, pengujian bahan baku sangatlah penting agar bahan yang digunakan dapat diproses dalam pabrik dan menghasilkan kualitas produk yang baik.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Pengendalian kualitas pada proses produksi bertujuan untuk menjaga

produk yang dihasilkan. Pengendalian ini sudah harus dilakukan dari mulai bahan baku sampai menjadi produk. Pengawasan bukan hanya dilakukan dilaboratorium tetapi juga di alat control. Pengawasan dan pengendalian terhadap jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang terdapat pada *control room* atau ruang pengawasan, pengawasan dilakukan secara *automatic control* dengan menggunakan indikator. Apabila sinyal atau tanda yang diberikan yaitu nyala lampu, bunyi alarm dan sebagainya menyala, maka itu merupakan tanda terjadinya penyimpangan pada indicator yang telah di tetapkan dan di atur baik dari *flow rate* bahan baku atau produk, *level control*, dan *temperature control*.

Pengawasan yang dikontrol oleh alat ini berupa pengontrolan atau pengawasan terhadap kondisi operasi baik dari segi temperatur maupun tekanan. Alat control yang harus di atur pada kondisi tertentu yaitu antara lain:

a. *Level Control*

Level control merupakan alat kontrol yang di pasang pada bagian atas alat untuk memerintahkan control valve agar membuka atau menutup. Apabila belum sesuai dengan kondisi operasi yang di tetapkan maka ia akan memberikan tanda atau isyarat berupa suara atau lampu yang menyala.

b. *Flow control*

Flow control merupakan alat kontrol yang dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk, dan aliran keluar proses. Alat ini bertugas mengontrol aliran tersebut.

c. *Temperature control*

Temperature control merupakan alat kontrol yang dipasang didalam setiap alat proses yang digunakan. Jika terjadi penyimpangan atau set suhu tidak sesuai dengan kondisi operasi yang di tetapkan maka akan timbul tanda atau isyarat berupa suara atau nyala lampu.

d. *Level indicator*

Level indicator merupakan alat yang memiliki peran mengontrol ketinggian dari larutan pada tangki alat proses

e. *Pressure control*

Pressure control merupakan kontroler yang dipasang pada alat yang memerlukan tekanan diatas tekanan atmosfer. Alat ini juga menjaga agar tekanan tidak melebihi batas tekanan suatu alat yang diatur. Biasanya dipakai pada alat dengan fase gas.

f. *Weight controller*

Weight controller merupakan alat yang memiliki set point atau batasan nilai berat yang sudah ditetapkan berdasarkan batas maksimum kemampuan dari alat penampung. Alat ini bertugas menunjukkan nilai berat bahan dalam

alat penampung, informasi terkait nilai yang ditunjukkan ini akan diteruskan ini akan diteruskan ke alat *Flow Controller* untuk ditinjau lebih lanjut.

g. *Rasio control*

Rasio control merupakan alat atau system control yang digunakan untuk menjaga komposisi dari suatu proses. Apabila pengendalian proses dilakukan suatu kerja pada satu harga tertentu supaya produk yang dihasilkan sesuai dan memenuhi standar, maka pengendalian mutu dilakukan untuk dapat mengetahui bahan baku atau produk sudah sesuai dengan spesifikasi yang telah di tentukan. Pengawasan dan pengendalian produksi dilakukan setelah perencanaan produksi disusun dan proses produksi dilakukan. Pengawasan ini dilakukan demi kelancaran proses dengan baik.

Kegiatan berjalannya proses produksi diharapkan dapat menghasilkan produk dengan mutu dan kualitas yang sesuai dengan standar, serta jumlah produksi sesuai dengan rencana pada waktu yang tepat sesuai dengan jadwal.

2.3.3 Pengendalian Bahan Proses

Pengendalian bahan proses dilakukan untuk mengendalikan ketersediaan kekurangan pada bahan baku agar tidak terjadinya kekurangan bahan baku, sehingga pabrik dapat memproduksi isobutene dengan kapasitas yang diinginkan. Untuk pengendalian bahan baku ini akan dilakukan pengujian di laboratorium untuk mengetahui kualitas dari bahan baku yang akan digunakan.

2.3.4 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas pada produk diperlukan untuk menjaga mutu standard dari produk itu sendiri. Upaya yang dapat dilakukan untuk mendapatkan produk yang berkualitas yaitu dengan cara menjaga mutu dari bahan baku, pengawasan serta pengendalian terhadap proses dengan cara mengadakan sistem kontrol. Untuk memenuhi permintaan pasar sesuai dengan kualitas yang diinginkan maka sebelum di perjual belikan akan di uji terlebih dahulu di laboratorium terkait kualitas produk yang dihasilkan

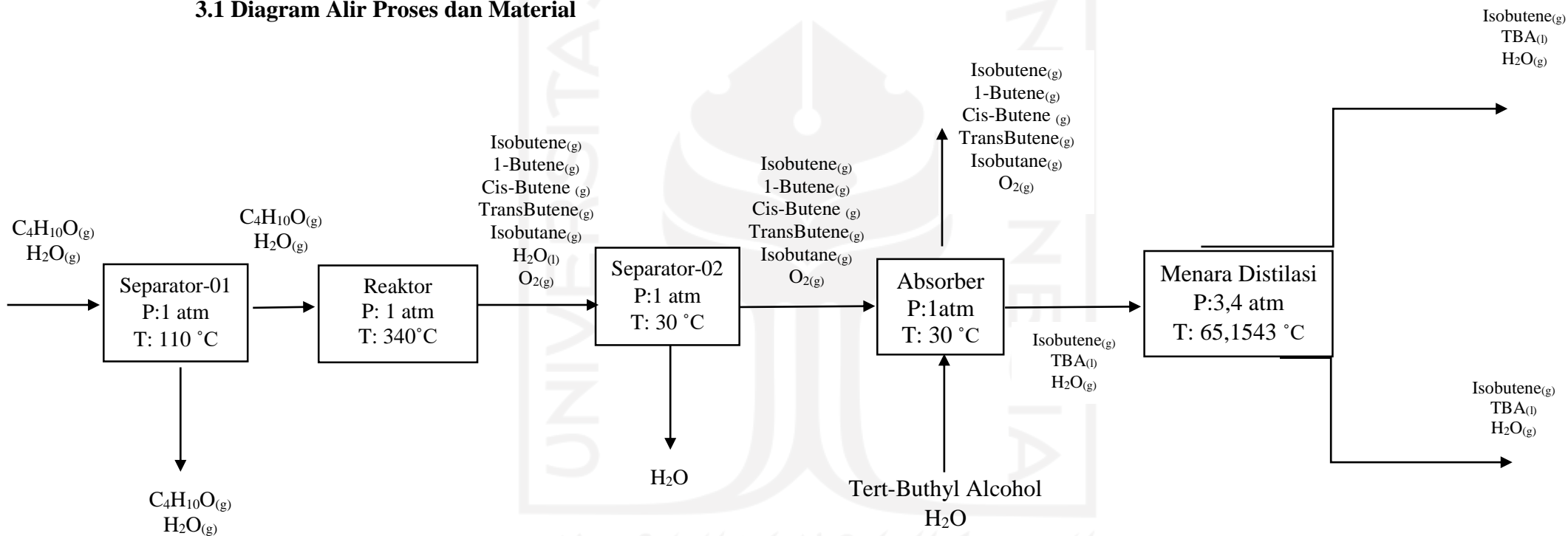
2.3.5 Pengendalian Waktu

Pengendalian waktu dilakukan untuk memaksimalkan waktu yang akan digunakan selama proses produksi berlangsung, sehingga didapatkan kualitas produk *isobutene* sesuai yang diinginkan, sehingga setiap target massa produksi sesuai dengan waktu produksi yang diinginkan, seperti waktu produksi, perawatan dan optimalisasi waktu penyimpanan bahan baku atau produk di alat.

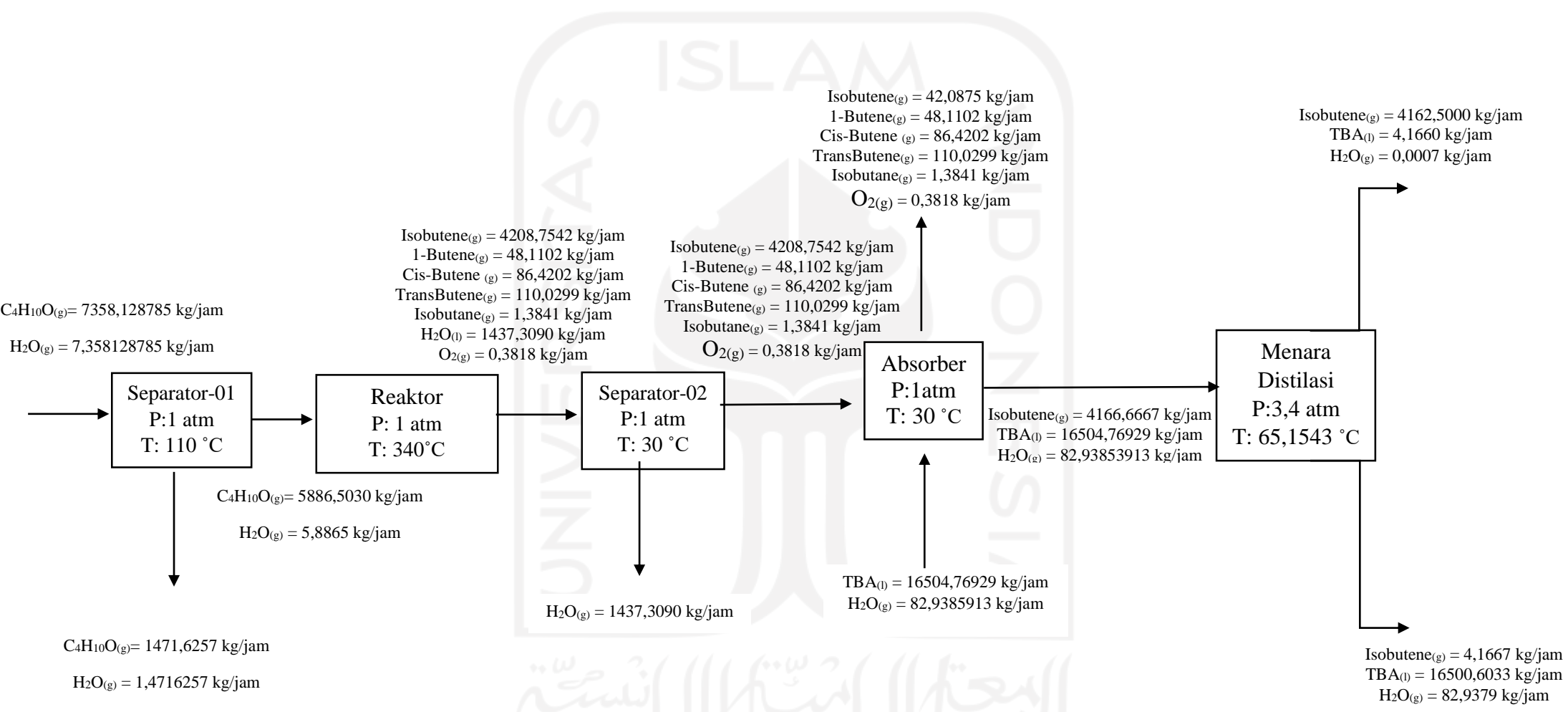
BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

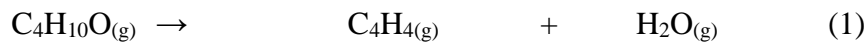
Uraian proses pembuatan isobutene ini menggunakan proses dehidrasi dari isobutanol, dengan bahan baku yaitu isobutanol dengan bantuan alumina sebagai katalis di reaktor dan tert-butanol untuk menyerap isobutene dari hasil reaksi lain, secara keseluruhan proses beroperasi pada tekanan 1 atm. Adapun tahapannya terbagi menjadi 4, yaitu :

3.2.1 Persiapan Bahan baku (*Feed Treating*)

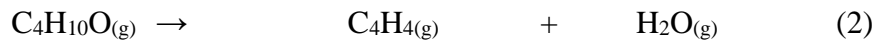
Feed treating pada proses ini bertujuan untuk mengubah fase bahan baku yaitu isobutanol menjadi gas, untuk perubahan fasa isobutanol dari cair menjadi fase gas menggunakan *Vaporizer-01* (V-01) dengan kondisi tekanan 1 atm. Sesuai dengan *Patent US 2019/0177250 A1* 13 juni 2019 untuk kondisi sintesa di perlukan suhu 340°C, maka setelah di ubah fase di *vaporizer-01* dibutuhkan *Heater-01* untuk menaikkan suhu bahan baku agar sesuai dengan kondisi operasi reaktor yaitu 340°C. Selanjutnya uap isobutanol akan di alirkan memasuki reaktor (R-01) untuk mengalami proses dehidrasi membentuk produk

3.2.2 Tahap Sintesa

Tahap dehidrasi isobutanol terjadi pada reaktor (R-01) tipe *Fixed Bed* menggunakan katalis alumina. Kondisi operasi pada reaktor dengan suhu 340°C dan tekanan 1 atm, reaksi ini termasuk ke dalam jenis reaksi endotermis. Di dalam reaktor (R-01) terdapat beberapa reaksi dehidrasi isobutanol yang terjadi yaitu:



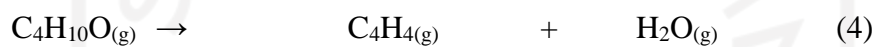
Isobutanol *Isobutene* Air



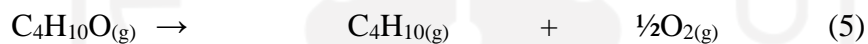
Isobutanol *1-Butene* Air



Isobutanol *Cis-Butene* Air



Isobutanol *Trans-Butene* Air



Isobutanol Isobutane Oksigen

Proses dehidrasi isobutanol pada reaktor (R-01) menghasilkan produk utama berupa isobutene dan produk samping yaitu 1-Butene, cis-Butene, Trans-Butene, Isobutane, air dan oksigen. Menurut *Patent US 10.464.860, B2* selektivitas yang dihasilkan jika menggunakan kondisi operasi pada suhu 340°C dan tekanan 1 atm yaitu isobutene 94,48%, 1-butene 1,08%, Cis-butene 1,94%, Trans butene 2,47% dan isobutane 0.03%. Adapun konversi yang dihasilkan sebesar 100% sehingga isobutanol terkonversi sempurna pada kondisi operasi reaktor (R-01) tersebut.

3.2.3 Tahap Pemisahan

Setelah tersintesa hasil keluaran reaktor (R-01) di alirkan pada *cooler* bertingkat yaitu *cooler-01* (C-01) dan *cooler-02* (C-02), hal ini berfungsi untuk

menurunkan suhu keluaran reaktor dari suhu 334°C menjadi 140°C penggunaan *heat exchanger* ini bertujuan untuk memelihara alat agar bekerja pada kondisi yang optimal. Setelah didinginkan aliran gas keluaran reaktor (R-01) akan di kondensasikan pada *condenssor* dengan tekanan 1 Atm dan suhu 30°C, *condenssor* yang digunakan adalah *partial condenser* (CD-01) untuk mengkondensasikan air agar dapat dipisahkan di separator. Keluaran dari *condenssor* akan di alirkan menuju separator-01 (SP-01) untuk memisahkan antara produk gas dan cair, produk gas nya berupa isobutene, 1-butene, cis-butene, trans butene, isobutane, dan oksigen sedangkan produk cair yang dipisahkan adalah air. Produk gas yang keluar dari separator-01 (SP-01) kemudian dialirkan dengan *blower* menuju *absorber*-01 (AB-01). Pada *absorber*-01 (AB-01) memiliki kondisi operasi dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm, di *absorber*-01 (AB-01) gas isobutene akan di serap dengan *absorben* yaitu tert-butanol (TBA) 99,5%. Keluaran *absorber*-01 (AB-01) akan terbagi menjadi dua, yaitu *bottom product* dan *top product*. *Top product* akan berupa gas hasil reaksi selain isobutene dan 1% isobutene yang tidak terserap. Sedangkan *bottom product* berupa isobutene yang telah terserap ke dalam *tert-butanol*. Pemilihan *tert-butanol* sebagai *absorben* didasarkan pada *patent US 10.464.860, B2*. Hasil *bottom* produk akan dialirkan menuju menara destilasi (MD-01) untuk dilakukan pemurnian. Sebelum masuk ke menara destilasi (MD-01), *bottom* produk akan dinaikan tekanannya terlebih dahulu dengan pompa-02 (P-02) menjadi 3,4 atm kemudian di alirkan menuju *Heater*-01 (H-01) untuk dinaikan suhunya menjadi 65 °C agar sesuai dengan kondisi operasi menara destilasi (MD-01).

3.2.4 Tahap Pemurnian (*Purifikasi*)

Keluaran *bottom product* Absorber-01 (AB-01) yang telah di naikan tekanan dan suhunya akan menuju menara destilasi (MD-01) dengan kondisi operasi pada umpan yaitu 65°C dan tekanan 3,4 atm. Pada Menara destilasi terdapat 2 kondisi operasi yaitu kondisi operasi pada *top* menara destilasi yaitu 36°C dengan tekanan 4 atm dan *bottom* menara destilasi (MD-01) dengan suhu 109°C dan tekanan 2.5 atm. Pemilihan menara destilasi (MD-01) sebagai alat untuk pemurnian didasarkan pada prinsip kerjanya yaitu pemisahan berdasarkan titik didih sehingga produk yang diinginkan memiliki kadar kemurnian yang tinggi. *Top product* pada MD-01 akan di kondensasikan dengan *condenser* total (CD-02) dan kemudian akan di tampung pada *accumulator*-01 (ACC-01), sebagian keluaran dari ACC-01 akan di kembalikan ke MD-01 sebagai *refluks* dan sebagian lagi akan di alirkan menuju *cooler*-04 (C-04) untuk diturunkan suhunya menjadi 30°C dan di alirkan menuju tangki-02 (T-02) sebagai produk isobutene dengan kemurnian 99,9%. *Bottom* produk dari MD-01 akan di uapkan kembali dengan *reboiler*-01 (RB-01) dan di umpankan kembali ke dalam MD-01. Sisa produk keluaran bawah akan di turunkan suhunya menjadi 30°C dan di tampung ke dalam tangki-04 (T-04). Tangki-04 berisi sejumlah besar *tert-butanol* yang akan di olah kembali di unit pengolahan lanjut untuk dapat digunakan sebagai *second absorben*.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor (Jumlah Alat=1)

Spesifikasi Umum Reaktor	
Kode	R-01
Fungsi	Tempat terjadinya reaksi dehidrasi isobutanol dengan bantuan katalis alumina menjadi Isobutene
Tipe/Jenis	<i>Fixed Bed Reactor</i>
Mode Operasi	Kontinyu
Jumlah	1
Katalis	Alumina
Harga	Rp. 7.650.782.700
Kondisi Operasi	
Suhu, °C	340 °C
Tekanan, atm	1 atm
Kondisi Proses	Non Isotermal-Adiabatis
Konstruksi dan Material	
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel, SA-167 Grade 10 Tipe 310 Cr-20</i> <i>Ni</i>
Diameter (ID) <i>shell</i> , m	4,2615
Tebal <i>shell</i> , in	1/4
Tinggi Total, m	17,9810

Spesifikasi Umum Reaktor

Jenis Head *Torispherical dishead*

Insulasi

Bahan Asbestos Felts, 20 lamination

Konduktivitas panas, W/m.C 0,095

Tebal Isolasi, m 0,1691

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah

1. Separator

Tabel 3.2 Spesifikasi Separator (Jumlah Alat=2)

Spesifikasi Separator -01

Nama Alat Separator-01

Kode Alat SP-01

Jumlah 1 buah

Fungsi Untuk memisahkan fraksi uap dan *liquid*

Tipe Silinder vertikal dengan tutup *ellipsoidal*

Bahan Konstruksi *Carbon Stell SA-283 Grade C*

Harga Rp. 184.527.227

Kondisi Operasi

Spesifikasi Separator -01

Suhu Operasi	110	C	383	K
Tekanan Operasi	1	Atm	14,696	Psi

Data Design

<i>Shell</i>	a. Panjang	72,8630	In	1,8507	m
	b. Tebal	$\frac{3}{16}$	In	0,0048	m
	c. Diameter Luar	32	In	0,8128	m
<i>Head</i>	a. Panjang	7,8315	In	0,1989	m
	b. Tebal	$\frac{3}{16}$	In	0,0048	m

Tabel 3.3 Spesifikasi Lanjutan Separator

Spesifikasi Separator -02

Nama Alat	Separator-02
Kode Alat	SP-02
Jumlah	1 buah
Fungsi	Untuk memisahkan fraksi uap dan <i>liquid</i>
Tipe	Silinder vertikal dengan tutup <i>ellipsoidal</i>

Spesifikasi Separator -02

Bahan Konstruksi *Carbon Stell SA-283 Grade C*

Harga Rp. 347.656.392

Kondisi Operasi

Suhu Operasi	30	C	303	K
Tekanan Operasi	1	Atm	14,696	Psi

Data Design

<i>Shell</i>	a. Panjang	65,4240	in	1,6618	m
	b. Tebal	$\frac{3}{16}$	in	0,0048	m
	c. Diameter Luar	32	in	0,8128	m
<i>Head</i>	a. Panjang	7,8315	in	0,1989	m
	b. Tebal	$\frac{3}{16}$	in	0,0048	m

2. Absorber-01

Tabel 3.4 Spesifikasi *Absorber* (Jumlah Alat=1)

Spesifikasi Absorber-01

Nama : *Absorber-01*

Kode : AB-01

Spesifikasi Absorber-01

Fungsi : Menyerap gas isobutene menggunakan absorben *tertier butyl alcohol* (TBA)

Tipe : *Packed Coloumn (Packing : rasching ring)*

Bahan : *Stainless steel type SA 283 Grade C*

Jumlah : 1 Buah

Harga : Rp. 9.896.230.645

Kondisi Operasi

Suhu : 30°C 303 K

Tekanan : 1 Atm

Data Design

Shell a. Diameter dalam 2,7305 m 107,5000 In

 b. Tinggi 15,7342 m 619,4545 In

 c. Tebal 0,00635 m 1/4 In

Head a. Jenis *Torispherichal*

 b. Tebal 3/8 in 0,094 m

Packing a. Jenis *Rasching Ring*

Spesifikasi Absorber-01

b. Bahan	Keramik		
c. Diameter	2,7305	m	107,5000 In

3. Menara Destilasi

Tabel 3.5 Spesifikasi Menara Destilasi (Jumlah Alat=1)

Spesifikasi Menara Distilasi -01

Alat :	Menara Distilasi
Kode :	MD-01
Fungsi :	Untuk memisahkan komponen C ₄ H ₈ sebagai keluaran top (distilat) serta TBA dan air sebagai keluaran <i>bottom</i>
Jumlah :	1 alat
Tipe :	<i>Plate tower (sieve tray) berbentuk torispherical dishead</i>
Bahan Konstruksi :	<i>Carbon Steel Grade SA-283 C</i>
Harga :	Rp. 793.112.214

Kondisi Operasi

Spesifikasi Menara Distilasi -01

Tekanan Operasi		3,4	Atm	49,97	Psi
Suhu	<i>Feed</i>	66,1516	C	338,1543	K
	<i>Top</i>	35,5866	C	308,5866	K
	<i>Bottom</i>	108,6629	C	381,6629	K

Data Design

Dimensi	D kolom	48	In	1,2192	m
	Tinggi	354,3309	In	9,0	m
	Tebal <i>shell</i>	1/4	In	0,0064	m
	Tebal <i>head</i>	3/8	In	0,094	m
	Jumlah	31	buah		
	<i>plate</i>				
	Tebal <i>tray</i>	0,1969	In	0,0050	m
	Diameter	0.1969	In	0.0050	m
	<i>hole</i>				
	Jumlah	1328	buah		
<i>hole</i>					

3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku

1. Tangki

Tabel 3.6 Spesifikasi Tangki (Jumlah Alat=4)

Parameter	T-01	T-02
Fungsi	Menyimpan bahan baku $C_4H_{10}O$	Menyimpan produk C_4H_8
Waktu	14 hari	7 Hari
Fasa	Cair	Cair
Jumlah Tangki	1	1
Jenis	Silinder tegak (vertikal) dengan <i>Flat Bottomed</i> & <i>Torispherical Head</i>	Silinder tegak (vertikal) dengan <i>Flat Bottomed</i> & <i>Torispherical Head</i>
Harga	Rp. 7.501.741.479	Rp. 4.004.595.676
Kondisi Operasi		
Suhu (C)	30 °C	30 °C
Tekanan	1 atm	4 atm
Data Design		
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steels SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steels SA-283Grade C</i>

Parameter	T-01	T-02
Volume (m ³)	3744,7130	1425,8456
Tinggi (m)	9,1440	7,3152
Diameter (m)	24,38840	18,2880
Jumlah <i>course</i>	5	5
Tebal <i>Shell</i> (in)	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$
<i>Head and Bottom</i>		
Jenis <i>head</i>	<i>Torispherical</i>	<i>Torispherical</i>
Tebal (in)	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$
Jenis <i>Bottom</i>	<i>Flat bottomed</i>	<i>Flat bottomed</i>

Tabel 3.7 Spesifikasi Tangki Lanjutan

Parameter	T-03	T-04
Fungsi	Menyimpan absorben (TBA)	Menyimpan hasil bawah Menara destilasi
Waktu	14 hari	14 Hari
Fasa	Cair	Cair
Jumlah Tangki	1	1

Parameter	T-03	T-04
Jenis	Silinder tegak (vertikal) dengan <i>Flat Bottomed</i> & <i>Torispherical Head</i>	Silinder tegak (vertikal) dengan <i>Flat Bottomed</i> & <i>Torispherical Head</i>
Harga	Rp. 12.874.322.652	Rp. Rp. 12.874.322.652
Kondisi Operasi		
Suhu (C)	30 °C	30 °C
Tekanan	1 atm	4 atm
Data Design		
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steels SA-283</i> <i>Grade C</i>	<i>Carbon Steels SA-</i> <i>283Grade C</i>
Volume (m ³)	8594,9057	8595,4454
Tinggi (m)	12,8016	12,8016
Diameter (m)	36,5760	36,5760
Jumlah <i>course</i>	8	8
Tebal <i>Shell</i> (in)	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$
Head and Bottom		
Jenis <i>head</i>	<i>Torispherical</i>	<i>Torispherical</i>

Parameter	T-03	T-04
Tebal (in)	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$
Jenis <i>Bottom</i>	<i>Flat bottomed</i>	<i>Flat bottomed</i>

2. Accumulator (ACC-01)

Tabel 3.8 Spesifikasi Accumulator (Jumlah Alat=1)

Spesifikasi Accumulator			
Kode	ACC-01		
Fungsi	Menampung keluaran kondensor pada MD		
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel Grade SA-283 C</i>		
Harga	Rp. 76.294.911		
Kondisi Operasi			
Suhu	25,0000 C		298,0000 K
Tekanan	4,0	Atm	3.040 mmHg
Data Design			
Kapasitas tangki	1,4145	ft ³	0,0401 m ³
Diameter tangki	0,6577	Ft	0,2005 m
Panjang tangki	55,6372	In	1,4132 m

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi

1. Blower

Tabel 3.9 Spesifikasi Blower (Jumlah Alat=6)

Parameter	BL-01	BL-02	BL-03
Fungsi	Mengalirkan gas Isobutanol dari SP-01 menuju H-01	Mengalirkan gas Isobutanol dari HE-01 menuju R-01	Mengalirkan gas hasil reaksi dari R-01 menuju C-02
Jenis	<i>Blower sentrifugal</i>	<i>Blower sentrifugal</i>	<i>Blower sentrifugal</i>
Jumlah	1 alat	1 alat	1 alat
Laju Volumetrik Udara	1477,9465 cuft/menit	2365,1386 cuft/menit	4720,2404 cuft/menit
Tekanan	14,6959 psia	14,6959 psia	14,6959 psia
Power	6/9 hP	13/53 hP	16/29 hP
Harga	Rp. 85.166.412	Rp. 115.329.517	Rp. 180.978.626

Tabel 3.10 Spesifikasi Lanjutan Blower

Parameter	BL-04	BL-05	BL-06
Fungsi	Mengalirkan gas hasil reaksi dari C-02 menuju C-03	Mengalirkan gas hasil reaksi dari C-03 menuju CD-01	Mengalirkan gas hasil reaksi dari SP-02 menuju AB-01
Jenis	<i>Blower sentrifugal</i>	<i>Blower sentrifugal</i>	<i>Blower sentrifugal</i>
Jumlah	1 alat	1 alat	1 alat
Laju Volumetrik Udara	3950,4059 cuft/menit	3180,5714 cuft/menit	1164,7449 cuft/menit
Tekanan	14,6959 psia	14,6959 psia	14,6959 psia
Power	32/87 hP	32/87 hP	6/49 hP
Harga	Rp. 161.461.323	Rp. 140.169.720	Rp. 72.746.310

2. Pompa

Tabel 3.11 Spesifikasi Pompa (Jumlah Alat=5)

Parameter	P-01	P-02	P-03
Fungsi	Mengalirkan fluida dari T-01 menuju V-01	Mengalirkan dan menaikkan tekanan dari AB-01 menuju H-01	Mengalirkan fluida dari ACC-01 menuju T-02
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel, Axial flow impellers</i>	<i>Commercial Steel, Radial flow impellers</i>	<i>Commercial Steel, Mixed flow impellers</i>
Spesifikasi :			
Kapasitas	39055,3313 gal/min	148,4085 gal/min	37,3678 gal/min
Rate Volumetrik	87,0159 ft ³ /s	0,3307 ft ³ /s	0,0833 ft ³ /s
Kecepatan Aliran	43,0622 ft/s	3,7494 ft/s	2,5031 ft/s
IPS	20 in	4 in	2 1/2 in
Flow Area	291 in ²	12,70 in ²	4,79 in ²
OD	20 in	4,5 in	2,88 in
ID	19,25 in	4,026 in	2,469 in

Parameter	P-01	P-02	P-03
Efisiensi Pompa	75%	46%	25%
Sch.no	20	40	40
Power Motor	40 Hp	10 Hp	1/2 Hp
Harga	Rp. 769.034.960	Rp. 32.487.438	Rp. 32.487.438

Tabel 3.12 Spesifikasi Lanjutan Pompa

Parameter	P-04	P-05
Fungsi	Mengalirkan fluida dari T-03 menuju AB-01	Mengalirkan fluida dari SP-01 menuju T-01
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel, Mixed flow impellers</i>	<i>Commercial Steel, Axial flow impellers</i>
Spesifikasi :		
Kapasitas	112,6872 gal/min	9763,8328 gal/min
Rate Volumetrik	0,2511 ft ³ /s	2,7540 ft ³ /s
Kecepatan Aliran	2,8469 ft/s	27,2415 ft/s

Parameter	P-04	P-05
IPS	4 in	12 in
<i>Flow Area</i>	12,70 in ²	115 in ²
OD	4,5 in	12,75 in
ID	4,026 in	12,09 in
Efisiensi Pompa	44%	25%
Sch.no	40	30
<i>Power Motor</i>	1 1/2 Hp	1/2 Hp
Harga	Rp. 32.487.438	Rp. 32.487.438

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

1. Vaporizer-01

Tabel 3.13 Spesifikasi Vaporizer (Jumlah Alat=1)

Spesifikasi Vaporizer -01	
Kode	V-01
Fungsi	Menguapkan bahan baku Isobutanol menjadi uap isobutanol
Jenis Alat	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>

Spesifikasi Vaporizer -01

Jenis Bahan Carbon Stell SA-283 Grade C

Harga Rp. 287.436.641

Data Design

<i>Flow area</i>	0,2618	in ²
Ukuran <i>pitch</i>	1,2500	in
Jenis <i>pitch</i>	<i>Triangular</i>	
Panjang pipa	24	ft
A	276,4608	ft ²
Uc	162,44	Btu/hr.ft ² .F
Ud	5,9080	Btu/hr.ft ² .F
Rd min	0,0010	
Rd <i>calculated</i>	0,1631	in

Cold Fluid : Shell, Produk (Isobutanol)

Aliran Fluida *Cold Fluid*

IDs 12 In 0,3048 m

Passes 1

Spesifikasi Vaporizer -01			
<i>Baffle spaces</i>	7,2	In	
ΔP_s	0,3309	Psi	
Hot Fluid : Tube, Steam			
Aliran Fluida	<i>Hot Fluid</i>		
No. Sch	40		
Nt	44	Buah	
<i>Passes</i>	8		
<i>Pitch</i>	1 1/4	in	
OD	1	In	0,0254 m
ID	0,9020	In	0,0229 m
BWG	18		
ΔP_t	0,0368	Psi	

2. Heater-01

Tabel 3.14 Spesifikasi Heater-01 (Jumlah Alat=1)

Spesifikasi Heater-01	
Kode	H-01

Spesifikasi Heater-01

Fungsi Menaikan suhu hasil keluaran atas separator dari 110 C menjadi 340 C

Jumlah 1 alat

Tipe *Shell and Tube Heat Exchanger*

Jenis Bahan *Carbon Stell SA-283 Grade C*

Jumlah Tube 44 Buah

Harga Rp. 108.232.316

Rd 0,0104

Rd min 0,0010

A 207,346 ft² 19,2630 m²

Cold Fluid

IDs 12 In 0,3048 m

Baffle 7,2 in² 0,0046 m²

Passes 2

ΔPs 0,6681 Psi

Hot Fluid

BWG 18

Spesifikasi Heater-01				
No. Sch	40			
IDt	0,9020	In	0,0207	m
ODt	1	In	0,0254	m
<i>Flow area</i>	0,6390	in ²	0,0004	m ²
<i>Passes</i>	8			
ΔPt	0,0481	Psi		
Ud	87,6991	Btu/hr ft ² F		
Uc	967,6180	Btu/hr.ft ² .F		
Panjang pipa	18	ft		
Ukuran <i>pitch</i>	1 1/4	in		
Jenis <i>pitch</i>	<i>Triangular</i>			

3. Cooler-01

Tabel 3.15 Spesifikasi Cooler-01 (Jumlah Alat=1)

Spesifikasi Cooler-01	
Kode	C-01

Spesifikasi Cooler-01

Fungsi	Menurunkan suhu keluaran dari SP-01 dari 110 C ke 30 C
Jumlah	1 alat
Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Jumlah Tube	58 Buah
Harga	Rp. 484.383.970

Cold Fluid : Tube (Dowtherm)

BWG	18			
IDt	0,9020	in	0,0207	m
ODt	1	in	0,0254	m
<i>Flow area</i>	0,6390	in ²	0,0004	m ²
<i>Passes</i>	4			
ΔPt	0,0163	Psi		

Hot Fluid : Shell, Produk (Gases)

IDs	13 1/4	in	0,3366	m
<i>Baffle</i>	7,950	in ²	0,0051	m ²

Spesifikasi Cooler-01				
<i>Passes</i>	5			
ΔP_s	0,0211		Psi	
Data Design				
No Sch	40			
A	273,319	ft ²	25,3922	m ²
Ud	93,7160	Btu/hr ft ² F		
Uc	6841,7842	Btu/hr.ft ² .F		
Panjang pipa	18	ft		
Ukuran <i>pitch</i>	1 1/4	in		
Jenis <i>pitch</i>	<i>Triangular</i>			
Rd min	0,0010			
Rd	0,0105			

4. Cooler-02

Tabel 3.16 Spesifikasi Cooler-02 (Jumlah Alat=1)

Spesifikasi Cooler-02	
Kode	C-02

Spesifikasi Cooler-02

Fungsi	Menurunkan temperatur produk keluaran dari reaktor dari suhu 334 C mejadi 240 C			
Jumlah	1 alat			
Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>			
Jenis Bahan	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>			
Jumlah Tube	80 Buah			
Harga	Rp. 550.003.079			
<i>Cold Fluid : Tube (Dowtherm)</i>				
BWG	18			
IDt	0,9020	In	0,0207	m
ODt	1	In	0,0254	m
Flow area	0,6390	in ²	0,0004	m ²
Passes	4			
ΔPt	0,1600	Psi		
<i>Hot Fluid : Shell, Produk (Gases)</i>				
IDs	15 1/4	in	0,3874	m
Baffle	9,1500	in ²	0,0059	m ²

Spesifikasi Cooler-02				
<i>Passes</i>	2			
ΔP_s	1,6488		Psi	
Data Design				
No. Sch	40			
A	376,992	ft ²	35,0237	m ²
Ud	20,2343	Btu/hr ft ² F		
Uc	27,9694	Btu/hr.ft2.F		
Panjang pipa	18	ft		
Ukuran <i>pitch</i>	1 1/4	in		
Jenis <i>pitch</i>	<i>Triangular</i>			
Rd	0,0137			
Rd min	0,0010			

5. Cooler-03

Tabel 3.17 Spesifikasi Cooler-03 (Jumlah Alat=1)

Spesifikasi Cooler-03	
Kode	C-03

Spesifikasi Cooler-03

Fungsi	Menurunkan temperatur produk keluaran dari reaktor dari suhu 240 C mejadi 140 C
Jumlah	1 alat
Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Jumlah Tube	74 Buah
Harga	Rp. 534.064.377

Cold Fluid : Tube (Dowtherm)

BWG	18			
IDt	0,9020	In	0,0207	m
ODt	1	In	0,0254	m
<i>Flow area</i>	0,6390	in ²	0,0004	m ²
<i>Passes</i>	6			
ΔPt	0,0364	Psi		

Hot Fluid : Shell, Produk (Gases)

IDs	15 1/4	in	0,3874	m
<i>Baffle</i>	9,1500	in ²	0,0059	m ²

Spesifikasi Cooler-03

<i>Passes</i>	3
ΔP_s	0,6382 Psi

Data Design

No Sch	40
A	348,718 ft ² 32,3969 m ²
Panjang pipa	18 ft
Ukuran <i>pitch</i>	1 1/4 in
Jenis <i>pitch</i>	<i>Triangular</i>
Ud	38,3527 Btu/hr ft ² F
Uc	57,0939 Btu/hr.ft ² .F
Rd	0,0086
Rd min	0,0010

6. Condessor-01

Tabel 3.18 Spesifikasi *Condenssor*-01 (Jumlah Alat=1)

Spesifikasi Condessor-01

Kode	CD-01
------	-------

Spesifikasi Condensor-01

Fungsi Untuk mengembunkan H₂O yang keluar dari fase gas menjadi fase cair dari Reaktor menuju Separator

Jumlah 1 alat

Tipe *Shell and Tube Heat Exchanger*

Jenis Bahan *Carbon Stell SA-283 Grade C*

Jumlah *Tube* 188 Buah

Harga Rp. 1.265.076.082

Cold Fluid : Tube (Dowtherm)

BWG	18			
IDt	0,9020	in	0,0207	m
ODt	1	in	0,0254	m
<i>Flow area</i>	0,6390	in ²	0,0004	m ²
<i>Passes</i>	2			
ΔPt	8,2282	Psi		

Hot Fluid : Shell, Produk (Gases)

IDs	21 1/4	in	0,5398	m
Baffle	12,75	in ²	0,0082	m ²

Spesifikasi Condensor-01

Passes	5
ΔPt	0,00000292 Psi

Data Design

No. Sch	40	
A	1181,242 ft ²	109,7408884 m ²
Panjang pipa	24 ft	
Ukuran <i>pitch</i>	1 1/4 in	
Jenis <i>pitch</i>	<i>Triangular</i>	
Ud	57,3755 Btu/hr ft ² F	
Uc	292,1289 Btu/hr.ft ² .F	
Rd	0,0140	
Rd min	0,0010	
Jumlah Alat	1 Unit	

7. Heater-02 (H-02)

Tabel 3.19 Spesifikasi *Heater-02* (Jumlah Alat=1)

Spesifikasi <i>Heater-02</i>				
Kode	H-02			
Fungsi	Menaikkan temperatur keluaran bawah (bottom) dari absorber (AB-01) suhu 30 C menjadi 65,1542			
Jumlah	1 alat			
Tipe	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>			
Jenis Bahan	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>			
Harga	Rp. 154.364.122			
Jumlah <i>Hairpins</i>	5 Buah			
Panjang <i>Hairpins</i>	12 ft	3,6576 m		
Suhu	65	C		
Tekanan	3,4	Atm		
<i>Cold Fluid : Annulus, Isobutene dan TBA (Lights Organic)</i>				
IPS	6		0,1524	m
<i>Flow Area</i>	3,14	In ²	0,0207	m ²
OD	6,625	In	0,1683	m

Spesifikasi Heater-02

ID	6,065	In	0,1541	m
ΔPa	0,3727	Psi		
<i>Surface Area</i>	1,7340			
<i>Hot Fluid : Inner pipe (Steam)</i>				
IPS	4	In	0,1016	m
<i>Flow Area</i>	7,88	in ²	0,0051	m ²
OD	4,5	in	0,1143	m
ID	4,026	In	0,1023	m
ΔPi	0,0002	Psi		
<i>Surface Area</i>	1,1780	(ft ² /ft)		
Luas annulus	3,14	in ²		
Luas pipa	7,88	in ²		
A	34,623	ft ²		
Sch.no	40			
Ud	157,0921	Btu/hr ft ² F		
Uc	258,6859	Btu/hr.ft ² .F		
Rd	0,0025			

Spesifikasi Heater-02

Rd min	0,001
--------	-------

8. Condenssor-02

Tabel 3.20 Spesifikasi Condenssor-02 (Jumlah Alat=1)

Spesifikasi Condessor-02

Kode	CD-02
Fungsi	Untuk mengembunkan hasil keluaran atas Menara Destilasi (MD-01)
Jumlah	1 alat
Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Jumlah Tube	44 Buah
Harga	Rp. 613.907.888

Cold Fluid : Tube (Dowtherm)

BWG	18			
IDt	0,9020	In	0,0207	m
ODt	1	In	0,0254	m

Spesifikasi Condensor-02				
<i>Flow area</i>	0,6390	in ²	0,0004	m ²
<i>Passes</i>	8	(ft ² /ft)		
ΔP_t	0,1423	Psi		
Hot Fluid : Shell, Produk (Gases)				
<i>IDs</i>	12	In	0,3048	m
<i>Baffle</i>	7,2	in ²	0,0046	m ²
<i>Passes</i>	2			
ΔP_s	0,0000016	Psi		
Data Design				
<i>A</i>	276,461	ft ²	25,6840	m ²
<i>No. Sch</i>	40			
<i>Panjang pipa</i>	24	ft		
<i>Ukuran pitch</i>	1 1/4	in		
<i>Jenis pitch</i>	<i>Triangular</i>			
<i>U_d</i>	15,1215	Btu/hr ft ² F		
<i>U_c</i>	226,9571	Btu/hr.ft ² .F		

Spesifikasi Condensor-02

Rd 0,0617

Rd min 0,0010

9. Reboiler-01

Tabel 3.21 Spesifikasi *Reboiler-01* (Jumlah Alat =1)

Spesifikasi Reboiler-01

Kode RB-01

Fungsi Untuk menguapkan hasil keluaran bawah Menara
Destilasi (MD-01)

Jumlah 1 alat

Tipe *Shell and Tube Heat Exchanger*

Jenis Bahan *Carbon Stell SA-283 Grade C*

Jumlah *Tube* 44 Buah

Harga Rp. 349.537.150

Cold Fluid : Tube (Dowtherm)

BWG 18

IDt 0,9020 In 0,0207 m

Spesifikasi Reboiler-01				
ODt	1	In	0,0254	m
<i>Flow area</i>	0,6390	in ²	0,0004	m ²
<i>Passes</i>	8	(ft ² /ft)		
ΔPt	0,0324	Psi		
Hot Fluid : Shell, Produk (Gases)				
IDs	12	In	0,3048	m
<i>Baffle</i>	7,2	in ²	0,0046	m ²
<i>Passes</i>	2			
ΔPs	0,0009	Psi		
Data Design				
No. Sch	40			
A	276,461	ft ²	25,6840	m ²
Panjang pipa	24	ft		
Ukuran <i>pitch</i>	1 1/4	in		
Jenis <i>pitch</i>	<i>Triangular</i>			
Ud	51,0122	Btu/hr ft ² F		

Spesifikasi Reboiler-01

Uc	3170,2360	Btu/hr.ft ² .F
Rd	0,0193	
Rd min	0,0010	

10. Cooler-04

Tabel 3.22 Spesifikasi Cooler-04 (Jumlah Alat=1)

Spesifikasi Cooler-04

Kode	C-04
Fungsi	Menurunkan temperatur produk keluaran dari reboiler dari suhu 115 C mejadi 30 C
Jumlah	1 alat
Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Jumlah Tube	232 Buah
Harga	Rp. 839.244.021

Cold Fluid : Tube (Dowtherm)

BWG	18
-----	----

Spesifikasi Cooler-04

IDt	0,9020	in	0,0207	m
ODt	1	in	0,0254	m
<i>Flow area</i>	0,6390	in ²	0,0004	m ²
<i>Passes</i>	2			
ΔPt	2,4266	Psi		

Hot Fluid : Shell, Produk (Gases)

IDs	23 1/4	in	0,5906	m
<i>Baffle</i>	13,95	in ²	0,0090	m ²
<i>Passes</i>	6			
ΔPs	0,9069	Psi		

Data Design

No. Sch	40			
A	1093,2684	ft ²	101,5687	m ²
Panjang pipa	18	ft		
Ukuran <i>pitch</i>	1 1/4	in		
Jenis <i>pitch</i>	<i>Triangular</i>			

Spesifikasi Cooler-04

Ud	144,2684	Btu/hr ft ² F
Uc	380,7801	Btu/hr.ft ² .F
Rd	0,0043	
Rd min	0,0010	

11. Cooler-05

Tabel 3.23 Spesifikasi Cooler-05 (Jumlah Alat=1)

Spesifikasi Cooler-05

Kode	C-05
Fungsi	Menurunkan temperatur produk keluaran dari Condensor dari suhu 36 C mejadi 30 C
Jumlah	1 alat
Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Jumlah Tube	48 Buah
Harga	Rp. 448.897.965

Cold Fluid : Tube (Dowtherm)

Spesifikasi Cooler-05

BWG	18			
IDt	0,9020	in	0,0207	m
ODt	1	in	0,0254	m
<i>Flow area</i>	0,6390	in ²	0,0004	m ²
<i>Passes</i>	4			
ΔPt	4,8841	Psi		

Hot Fluid : Shell, Produk (Gases)

IDs	12	in	0,5906	m
<i>Baffle</i>	7,2	in ²	0,0090	m ²
<i>Passes</i>	6			
ΔPs	1,0632	Psi		

Data Design

No. Sch	40			
A	226,195	ft ²	21,0142	m ²
Panjang pipa	18			
Ukuran <i>pitch</i>	1 1/4	in		

Spesifikasi Cooler-05

Jenis <i>pitch</i>	<i>Triangular</i>	
Ud	74,6959	Btu/hr ft ² F
Uc	188,2952	Btu/hr.ft ² .F
Rd	0,0081	
Rd min	0,0010	
Jumlah Alat	1	Unit

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa *Overall*

Tabel 3.24 Neraca Massa *Overall*

Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)	
		UPL	Produk
C ₄ H ₁₀ O	5886,5030		
i-C ₄ H ₈		42,0875	4166,6667
1-C ₄ H ₈		48,1102	
cis-C ₄ H ₈		86,4202	
trans-C ₄ H ₈		110,0299	
C ₄ H ₁₀		1,3841	
H ₂ O	88,8250	1437,3090	82,9385

Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)	
		UPL	Produk
O ₂		0,3818	
t-BuOH	16504,7693	0	16504,7693
sub total	22480,0974	1725,7229	20754,37449
Total	22480,0974	22480,0974	

3.4.2 Neraca Massa Separator-01

Tabel 3.25 Neraca Massa Separator-01

Komponen	Massa Input	Massa Output	Massa Output
	(kg/jam)	(kg/jam)	(kg/jam)
	Arus 2	Arus 3	Arus 4
Isobutanol	7358,1288	1471,6258	5886,5030
H ₂ O	7,3581	1,4716	5,8865
SubTotal	7365,4869	1473,0974	5892,3895
Total	7365,4869	7365,4869	

3.4.3 Neraca Massa Reaktor-01

Tabel 3.26 Neraca Massa Reaktor-01

Komponen	Massa Input (kg/jam)	Massa Output (kg/jam)
	Arus 4	Arus 5
Isobutanol	5886,5030	0
Isobutene	0	4208,7542
1 –butene	0	48,1102
Cis-butene	0	86,4202
Trans Butene	0	110,0299
Isobutane	0	1,3841
H2O	5,8865	1437,3090
O2	0	0,3818
Total	5892,390	5892,390

3.4.4 Neraca Massa Separator-02

Tabel 3.27 Neraca Massa Separator-02

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 6	Arus 8	Arus 8	Arus 7
Isobutene	4208,7542	4208,7542		0
1 –butene	48,1102	48,1102		0
Cis-butene	86,4202	86,4202		0
Trans Butene	110,0299	110,0299		0
Isobutane	1,3841	1,3841		0
H2O	1437,3090	0		1437,3090
O2	0,3818	0,3818		0
Sub total	5892,390	4455,0805		1437,3090
Total	5892,390	5892,390		

3.4.5 Neraca Massa Absorber-01

Tabel 3.28 Neraca Massa Absorber-01

Komponen	Massa Input (kg/jam)		Output (Kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 11	Arus 10
Isobutene	4208,7542		4166,6667	42,0875

Komponen	Massa Input (kg/jam)		Output (Kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 11	Arus 10
1-butene	48,1102			48,1102
Cis-butene	86,4202			86,4202
Trans Butene	110,0299			110,0299
Isobutane	1,3841			1,3841
TBA		16504,76929	16504,7693	
O2	0,3818			0,3818
H2O		82,93853913	82,9385	
Subtotal	4455,0805	16587,70783	20754,3745	288,4138
Total		21042,7883		21042,7883

3.4.6 Neraca Massa Menara Destilasi-01

Tabel 3.29 Neraca Massa Menara Destilasi-01

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)	
	Arus 11	Distilat (Arus 15)	Bottom (Arus 12)	
Isobutene	4166,6667	4162,5	4,1667	
TBA	16504,7693	4,1660	16500,6033	
H2O	82,9385	0,0007	82,9379	
Subtotal	20754,3745	4166,6667	16587,70781	
Total	20754,37449		20754,37449	

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Vaporizer-01 (V-01)

Tabel 3.30 Neraca Panas Vaporizer-01

Komponen	Panas Masuk	Panas Keluar
	kJ/jam	kJ/jam
Qin		
Qout		881803,7061
Qsteam	881803,7061	
Total	881803,7061	881803,7061

3.5.2 Heater-01

Tabel 3.31 Neraca Panas Heater-01

Komponen	Panas Masuk	Panas Keluar
	kJ/jam	kJ/jam
Qin	843493,1766	
Qout		3839727,2241
Qsteam	2996234,0475	
Total	3839727,2241	3839727,2241

3.5.3 Reaktor (R-01)

Tabel 3.32 Neraca Panas Reaktor-01

Komponen	Panas Masuk kJ/jam	Panas Keluar kJ/jam
Qin	3856739,8404	
Qout		3834309,6160
Qreaksi		34425,6837
Qpemanas	11995,4593	
Total	3868735,299	3868735,299

3.5.4 Cooler-01 (C-01)

Tabel 3.33 Neraca Panas Cooler-01

Komponen	Panas Masuk kJ/jam	Panas Keluar kJ/jam
Qin	290018,7584	
Qout		16321,0995
Qpendingin		273697,6589
Total	290018,7584	290018,7584

3.5.5 Cooler-02 (C-02)

Tabel 3.34 Neraca Panas Cooler-02

Komponen	Panas Masuk	Panas Keluar
	kJ/jam	kJ/jam
Qin	3833720,3827	
Qout		2505411,1012
Qpendingin		1328309,2815
Total	3833720,3827	3833720,3827

3.5.6 Cooler-03 (C-03)

Tabel 3.35 Neraca Panas Cooler-03

Komponen	Panas Masuk	Panas Keluar
	kJ/jam	kJ/jam
Qin	2505733,7166	
Qout		1250445,6920
Qpendingin		1255288,0247
Total	2505733,7166	2505733,7166

3.5.7 Condenssor-01 (CD-01)

Tabel 3.36 Neraca Panas *Condenssor-02*

Komponen	Panas Masuk kJ/jam	Panas Keluar kJ/jam
Qinput	1185193,6844	
Qoutput		63195,1559
Qpendingin		1121998,5285
Total	1185193,6844	1185193,6844

3.5.8 Separator-02 (SP-02)

Tabel 3.37 Neraca Panas Separator-02

Komponen	Panas Masuk kJ/jam	Panas Keluar kJ/jam
QIn	66674,4276	
Qout1		36530,6396
Qout2		30143,7880
Total	66674,4276	66674,4276

3.5.9 Absorber-01 (AB-01)

Tabel 3.38 Neraca Panas *Absorber-01*

Komponen	Panas Masuk	Panas Keluar
	kJ/jam	kJ/jam
Qin1	36530,6396	
Qin2	268029,2364	
Qout1		2271,3023
Qout2		317301,9906
Qserap	15013,4169	
Total	319573,2929	319573,2929

3.5.10 Heater-02 (H-02)

Tabel 3.39 Neraca Panas *Heater-02*

Komponen	Panas Masuk	Panas Keluar
	kJ/jam	kJ/jam
Qin	318684,5693	
Qout		2640100,5160
Qsteam	2321415,9467	
Total	2640100,5160	2640100,5160

3.5.11 Menara Destilasi -01 (MD-01)

Tabel 3.40 Neraca Panas Menara Distilasi-01

Komponen	Panas Masuk kJ/jam	Panas Keluar kJ/jam
ΔH umpan	2627644,0779	
ΔH distilat		72969,1859
ΔH Condenssor		61121,0766
ΔH bottom		4780558,9896
ΔH reboiler	2287005,1743	
Total	4914649,2522	4914649,2522

3.5.12 Condenssor-02 (CD-02)

Tabel 3.41 Neraca Panas Condenssor-02

Komponen	Panas Masuk kJ/jam	Panas Keluar kJ/jam
Qout condenssor	1456,4965	
Qreflux		10391,6129
Qdistilat		72969,1859
Qsteam	81904,3023	
Total	83360,7988	83360,7988

3.5.13 Reboiler-01 (RB-01)

Tabel 3.42 Neraca Panas *Reboiler-01*

Komponen	Panas Masuk kJ/jam	Panas Keluar kJ/jam
ΔH bottom		4780558,9896
ΔH distilat		72969,1859
ΔH condenssor		61121,0766
ΔH umpan	2627644,0779	
Qsteam	2287005.1743	
Total	4914649,2522	4914649,2522

3.5.14 Cooler-04 (C-04)

Tabel 3.43 Neraca Panas *Cooler-03*

Komponen	Panas Masuk kJ/jam	Panas Keluar kJ/jam
Qin	2180990,0823	
Qout		501674,6952
Qpendingin		1679315,3870
Total	2180990,0823	2180990,0823

3.5.15 Cooler-5 (C-05)

Tabel 3.44 Neraca Panas Cooler-05

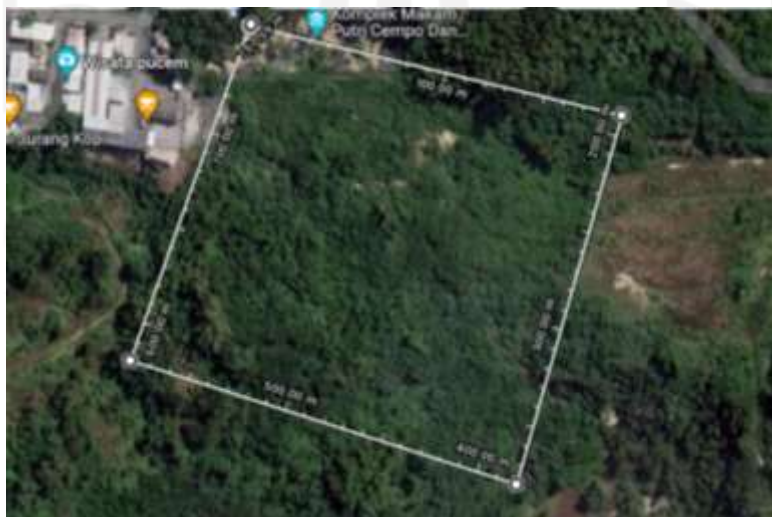
Komponen	Panas Masuk kJ/jam	Panas Keluar kJ/jam
Qin	99507,3363	
Qout		46781,09897
Qpendingin		52726,23732
Total	99507,3363	99507,3363

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Penentuan Lokasi Pabrik

Lokasi merupakan salah satu kegiatan awal yang harus ditentukan sebelum perusahaan mulai beroperasi. Penentuan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor penting dalam perancangan suatu pabrik karena lokasi pabrik yang terencana dengan baik akan menentukan efisiensi dan efektivitas kegiatan produksi dan juga akan menjaga kelangsungan dan keberhasilan suatu pabrik serta berhubungan langsung dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Dengan pertimbangan tersebut, Perancangan pabrik *Isobutene* dengan kapasitas 33.000 ton/tahun ini akan didirikan di Gresik, Jawa Timur. Lokasi pendirian pabrik dapat dilihat pada gambar 4.1:



Gambar 4.1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik

Adapun pertimbangan pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik ini adalah sebagai berikut:

4.1.1 Faktor Primer

Faktor primer merupakan faktor yang secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik yang meliputi proses produksi dan distribusi, berikut faktor-faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik:

a. Penyediaan Bahan Baku

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan penyediaan bahan baku dan pemasaran produk untuk menghemat biaya transportasi. Bahan baku pabrik *Isobutene* yang akan didirikan ini seperti *Isobutene* dari PT. Chandra Asri Petrochemical, isobutanol diperoleh dari PT. Petro Oxo Nusantara Gresik, serta air yang diperoleh dari air sungai yang telah diproses yang lokasinya tidak jauh dari pabrik.

b. Pemasaran Produk

Pemasaran merupakan salah satu hal yang sangat mempengaruhi studi kelayakan proses. Dengan pemasaran yang tepat akan menghasilkan keuntungan dan menjamin kelangsungan proyek, isobutene yang dihasilkan merupakan produk intermediet untuk produksi *butyl rubber*, *isobutene-isoprene rubber* dan *MTBE*, sehingga produk ini dapat dipasarkan untuk produksi *Alkilate gasoline*, *polimer gasoline*, *straight fuel use*, *MTBE*, *di/triisobutylene*, *butyl rubber*, *polybutene*,

isoprepene. Beberapa pabrik *isobutene* dalam negeri seperti PT. Chandra Asri Petrochemical.

c. Penyediaan Utilitas

Utilitas yang diperlukan adalah unit pembangkit listrik, unit penyediaan bahan bakar, unit pembangkit *steam*, unit pengadaan dan pengolahan air. Kebutuhan listrik diperoleh dari PLN, akan tetapi pabrik memiliki generator pembangkit listrik sendiri untuk menjamin kelangsungan operasi pabrik yang bahan bakar generatornya diperoleh dari Pertamina.

d. Transportasi

Transportasi yang dapat digunakan untuk pembelian bahan baku dan pendistribusian produk hasil produksi dapat melalui dua jalur, yaitu jalur darat dan jalur laut. Letak geografis daerah yang dekat laut mempermudah penggunaan fasilitas transportasi untuk mendistribusikan produk serta mengimpor bahan baku, letak pabrik juga didirikan dekat dengan perusahaan PT. Petro Oxo Nusantara sebagai produsen Isobutanol dan Pabrik Shandong Baovi Energy Technology Co., Ltd sebagai produsen Tert-Butanol yang merupakan bahan baku perancangan pabrik.

e. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik. Untuk memenuhinya dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik. Sebagian besar

tenaga kerja yang dibutuhkan adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan sebagian sarjana. Selain itu, faktor kedisiplinan dan pengalaman kerja juga menjadi prioritas dalam perekrutan tenaga kerja sehingga dapat diperoleh tenaga kerja yang berkualitas.

4.1.2 Faktor Sekunder

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses operasional pabrik, akan tetapi berpengaruh dalam kelancaran proses operasional dari pabrik itu sendiri. Berikut faktor-faktor sekunder dalam pemilihan lokasi pabrik:

a. **Kebijakan Pemerintah**

Pendirian suatu pabrik perlu mempertimbangkan faktor kebijakan pemerintah yang terkait didalamnya. Kawasan yang dipilih merupakan kawasan industri sehingga pembangunan dan pengembangan di daerah tersebut tidak bertentangan dengan kebijakan pemerintah.

b. **Lingkungan Masyarakat Sekitar**

Sikap masyarakat sekitar cukup terbuka dengan berdirinya pabrik *Isobutene*, hal ini disebabkan akan terjadi peningkatan kesejahteraan masyarakat karena akan tersedianya lapangan pekerjaan baru bagi mereka. Selain itu pendirian pabrik ini tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya karena dampak dan faktor-faktornya sudah dipertimbangkan sebelum pabrik berdiri.

c. Sarana dan Prasarana sosial

Sarana dan prasarana harus tersedia seperti jalan, transportasi, tempat ibadah, sarana pendidikan, rumah sakit, bank, hiburan, perumahan, serta adanya penyediaan bengkel industri sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, dan sarana lain seperti utilitas, taman dan tempat parkir. Tujuan utama dari tata letak pabrik ini adalah untuk meminimalisir biaya dan meningkatkan efisiensi dalam pengaturan segala fasilitas produksi dan area kerja sehingga proses produksi dapat berjalan lancar, efektif, dan efisien. Desain tata letak pabrik harus seefisien mungkin baik dari segi fungsi maupun ekonomi agar dapat memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik serta pabrik dapat berjalan maksimal. Berikut faktor-faktor yang perlu diperhatikan:

- a. Urutan proses produksi.
- b. Pengembangan lokasi baru atau penambahan perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
- c. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, *steam* proses, tenaga listrik dan bahan baku.
- d. Pemeliharaan dan perbaikan.
- e. Kepuasan dan keselamatan kerja sehingga memberikan suasana kerja

- yang nyaman, aman, tertib dan rapi sehingga kinerja menjadi lebih baik.
- f. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan, dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
 - g. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya tinggi.
 - h. Masalah pembuangan limbah cair.
 - i. *Service area*, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

No	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1.	Area Proses	96	186	17.856
2.	Area Utilitas	50	25	1250
3.	Bengkel	20	15	300
4.	Gudang Peralatan	20	15	300
5.	Kantin	7	10	70
6.	Kantor Teknik dan Produksi	20	15	300
7.	Kantor Utama	30	25	750

No	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
8.	Laboratorium	13	15	195
9.	Parkir Utama	20	35	700
10.	Parkir Truk	25	20	500
11.	Ruang Timbang Truk	12	10	120
12.	Poliklinik	7	5	35
13.	Pos Keamanan	4	5	20
14.	<i>Control Room</i>	20	10	200
15.	Control Utilitas	15	10	150
16.	Area Mess	35	25	875
17.	Masjid	15	12	180
18.	Unit Pemadam Kebakaran	20	15	300
19.	Unit Pengolahan Limbah	15	20	300
20.	Taman	7	3	21
21.	Taman 2	50	5	250
22.	Daerah Perluasan	218	25,05	5.461
23.	Daerah Perluasan 2	28,35	99,4	2.818
24.	Daerah Perluasan 3	31,6	121,8	3.849
25.	Jalan			10.636
	Luas Bangunan			24.401 m ²
	Luas Tanah			47.436 m ²
	Total			47.436 m ²

4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (*Machines layout*)

Konstruksi yang ekonomis dan operasi yang efisien dari suatu unit proses akan tergantung kepada bagaimana peralatan proses itu disusun. Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam penyusunan tata letak alat proses adalah:

4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk

Jalannya aliran bahan baku dari produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

4.3.2 Aliran Udara

Aliran udara didalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin agar dapat menjaga keselamatan para tenaga kerja yang bekerja di ketinggian dan agar gas buangan pabrik tidak mengarah ke area perumahan warga.

4.3.3 Pencahayaan

Penerangan pada seluruh pabrik harus memadai dan sesuai standar pabrik, terpenting pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau berisiko tinggi perlu

dijaga agar tidak terjadi ledakan atau percikan pada penerangan di tempat-tempat proses tersebut berlangsung hal ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan dalam pabrik.

4.3.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

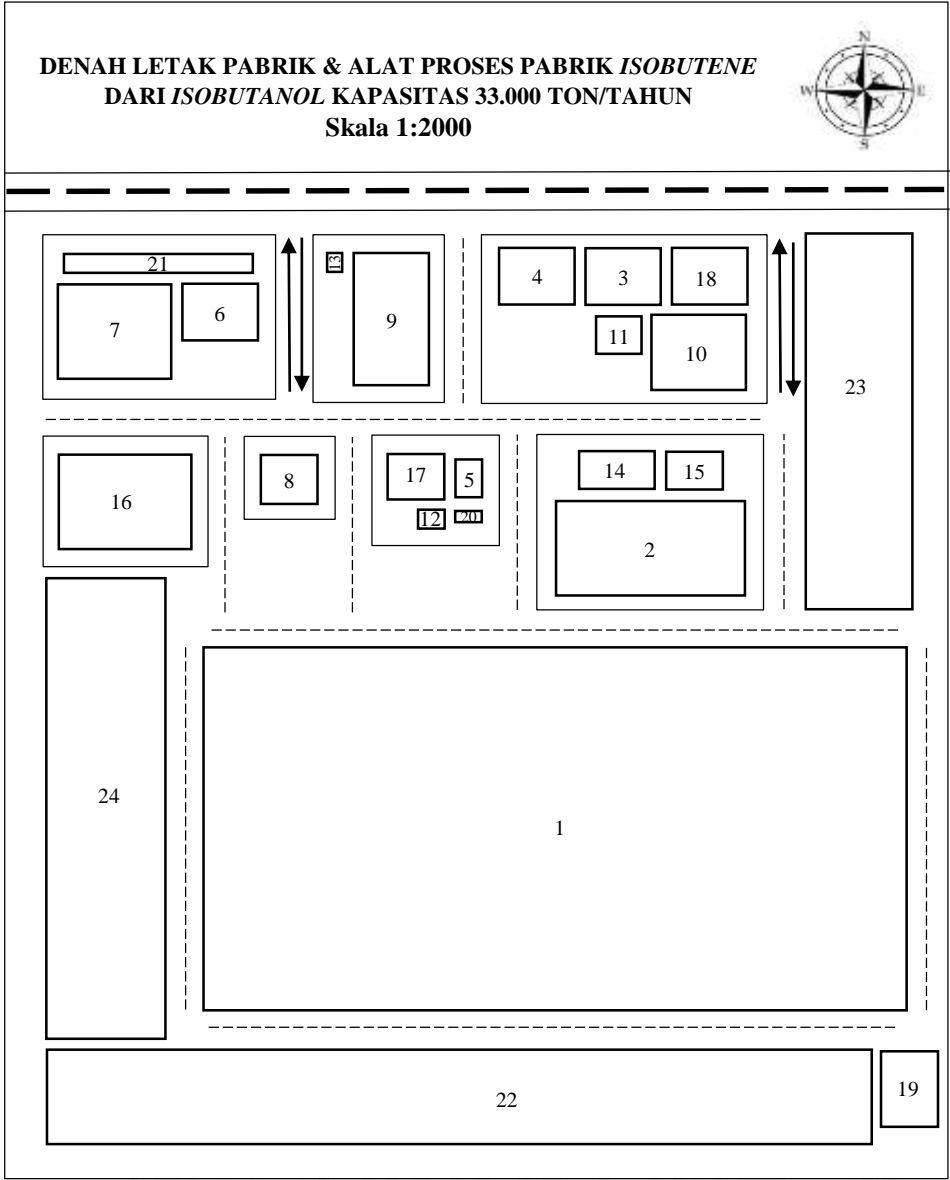
Dalam hal tata letak peralatan perlu diperhatikan agar para pekerja dapat menuju dan mencapai keseluruhan tempat alat proses dengan cepat dan mudah. Jika terjadi gangguan alat proses maka harus cepat dan tanggap untuk diperbaiki agar tidak terlalu mengganggu proses produksi yang sedang berjalan, selain itu keamanan para pekerja selama bertugas perlu diprioritaskan.

4.3.5 Pertimbangan Ekonomi

Biaya produksi diminimalisasi dengan cara menempatkan peralatan sedemikian rupasehingga alat transportasi yang digunakan lebih efisien akan tetapi tetap mengedepankan keamanan produksi.

4.3.6 Jarak Antar Alat Proses

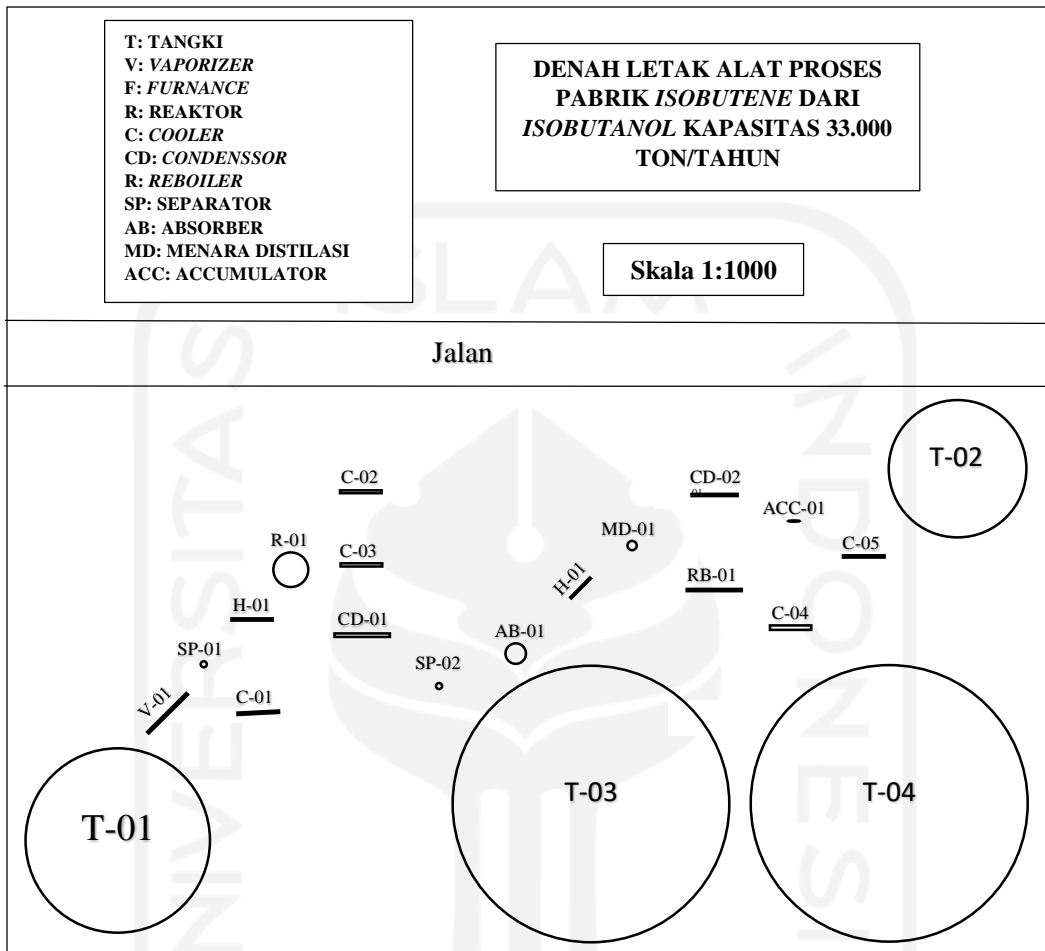
Jarak antar alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi yang tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat proses yaitu:



Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik dan Alat Proses

Keterangan :

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1. Area Proses | 13. Pos Keamanan |
| 2. Area Utilitas | 14. Control Room |
| 3. Bengkel | 15. Control Utilitas |
| 4. Gudang Peralatan | 16. Area Mess |
| 5. Kantin | 17. Masjid |
| 6. Kantin Teknik dan Produksi | 18. Unit Pemadam Kebakaran |
| 7. Kantor Utama | 19. Unit Pengolahan Limbah |
| 8. Laboratorium | 20. Taman 1 |
| 9. Parkir Utama | 21. Taman 2 |
| 10. Parkir Truk | 22. Area pengembangan 1 |
| 11. Ruang Timbang Truk | 23. Area pengembangan 2 |
| 12. Poliklinik | 24. Area pengembangan 3 |



Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Dalam menjalankan Pabrik *Isobutene* dari *Isobutanol* ini diperlukan manajemen yang baik, maka dari itu diperlukan suatu struktur organisasi yang baik dan terstruktur sehingga tanggungjawab dan pembagian tugas jelas dan berjalan dengan baik. Pabrik dengan kapasitas 33.000 ton/tahun yang akan didirikan ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas (PT) merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham

dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Dalam Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham hanya bertanggungjawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham. Berikut merupakan alasan dipilihnya bentuk perusahaan (PT), yaitu:

- a. Mudah mendapatkan modal yaitu dengan menjual saham perusahaan.
- b. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- c. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
- d. Efisiensi dari manajemen para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur yang cukup cakap dan berpengalaman.
- e. Lapangan usaha lebih luas karena suatu perseroan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usaha.
- f. Pemilik dan pengurus perusahaan merupakan orang-orang yang berbeda satu sama lain, pemilik perusahaan yaitu para pemegang saham dan pengurus perusahaan yaitu direksi beserta staffnya yang diawasi oleh dewan komisaris.

Adapun ciri-ciri Perseroan Terbatan (PT) adalah:

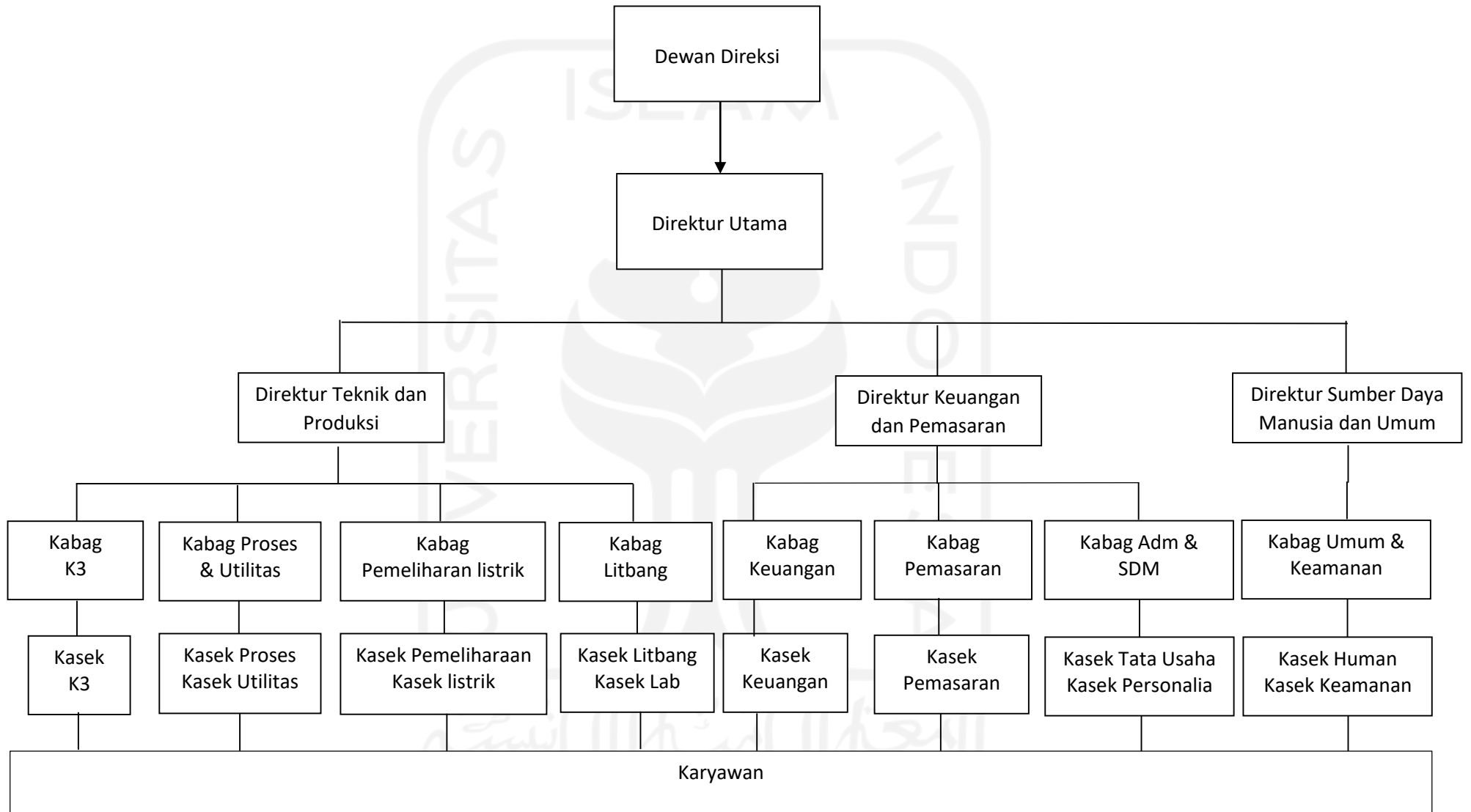
- a. Perusahaan didirikan dengan akta notaris berdasarkan kitab undang undang hukum dagang.

- b. Pemilik perusahaan adalah pemilik pemegang saham.
- c. Biasanya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham.
- d. Perusahaan dipimpin oleh direksi yang dipilih oleh para pemegang saham.
- e. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan undang-undang perburuhan.

4.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan salah satu unsur yang sangat diperlukan dalam suatu perusahaan. Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik agar dapat memahami posisi masing-masing. Berikut merupakan jenjang kepemimpinan dalam perusahaan, yaitu:

- a. Dewan Komisaris
- b. Direktur Operasi dan Produksi
- c. Direktur Administrasi dan Umum
- d. Kepala Bagian
- e. Kepala Seksi
- f. Karyawan dan Operator



Gambar 4.4 Sturktur Organisasi

4.4.3 Tugas dan Wewenang

1. Dewan Komisaris

Dewan komisaris atau pemilik saham memegang kekuasaan tertinggi dalam suatu perusahaan. Dewan komisaris terdiri dari beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk usaha untuk menjalankan pabrik. Tugas dan wewenang pemegang saham antara lain:

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
- b. Mengangkat dan memberhentikan Direktur.
- c. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

2. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan. Direktur utama bertanggungjawab kepada dewan komisaris terhadap segala kebijakan perusahaan yang telah diambil. Tugas dan wewenang direktur umum antara lain :

- a. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan, sehingga komunikasi antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen dapat berlangsung dengan baik.
- b. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
- c. Mengkoordinasi kerja sama antara bagian produksi dan bagian umum.

Dalam pelaksanaannya, Direktur utama membawahi Direktur Operasi & Produksi dan Direktur Administrasi & Umum.

3. Kepala Bagian

Kepala bagian bertanggung jawab kepada direktur utama. Tugas umum kepala bagian adalah mengkoordinasi, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan kerja sesuai bidangnya. Berdasarkan bidangnya, kepala bagian terdiri dari:

a. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Tugas: Mengatur dan menjaga kelancaran unit proses dan unit utilitas agar *rate production* pabrik tercapai dengan mengatur jalannya proses produksi. Dalam pelaksanaannya, Kepala Bagian Proses dan Utilitas membawahi Seksi Proses, dan Seksi Utilitas.

b. Kepala Bagian Perencanaan Dan Pengendalian Pemeliharaan

Tugas: Mengatur dan menjaga jumlah pasokan Listrik agar selalu mencukupi kebutuhan pabrik serta secara rutin melakukan uji kelayakan terhadap setiap instrumen dalam area pabrik. Kepala Bagian Perencanaan Dan Pengendalian Pemeliharaan membawahi seksi Pemeliharaan dan bengkel dan seksi listrik dan instrumentasi.

c. Kepala Bagian Teknologi

Tugas: Bertanggungjawab atas penyediaan mesin untuk keberlangsungan proses terkait peralatan dan kebutuhan listrik untuk kelancaran produksi. Melakukan pengecekan terkait perawatan mesin proses.

d. Kepala Bagian Administrasi Keuangan

Tugas: Mencatat dan menghitung aliran dana keluar dan masuk perusahaan. Kepala Bagian Administrasi Keuangan membawahi seksi keuangan, Pelaporan Keuangan & manajemen dan seksi akuntansi biaya.

e. Kepala Bagian Pengembangan Sumber Daya Manusia

Tugas: Menjaga kualitas SDM dalam perusahaan melalui pelatihan kerja dan lain lain sehingga dapat tetap menjaga etos kerja dari setiap pegawai.

f. Kepala Bagian UMUM

Tugas: Mengatur kegiatan-kegiatan penunjang dalam pabrik seperti menjaga kebersihan kantor, keamanan dan lain lain. Kepala bagian UMUM membawahi Seksi Pelayanan Umum, dan Seksi Keamanan.

g. Kepala Bagian IT

Tugas: Mengatur dan menjaga aliran informasi, dan menjaga kualitas peralatan penunjang dalam pabrik seperti komputer, alat kontrol dan lain lain.

4. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing-masing. Setiap kepala seksi bertanggungjawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

a. Kepala Seksi Proses

b. Kepala Seksi Utilitas

c. Kepala Seksi Bengkel dan Pemeliharaan

- d. Kepala Seksi Operasi dan Pemeliharaan
- e. Kepala Seksi Administrasi Pemasaran
- f. Kepala Seksi Administrasi Penjualan
- g. Kepala Seksi Pengolahan Energi
- h. Kepala Seksi Pengendalian Kualitas
- i. Kepala Seksi Keamanan
- j. Kepala Seksi Pelayanan Umum
- k. Kepala Seksi Akuntansi Biaya
- l. Kepala Seksi Pelapor Keuangan & Manajemen
- m. Kepala Seksi Keuangan
- n. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

4.4.4 Jam Kerja Karyawan

Pabrik *Isobutene* dari *Isobutanol* akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam sehari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Berdasarkan jam kerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan karyawan *non-shift* (harian) dan karyawan *shift*.

1. Karyawan non shift

Karyawan *non shift* adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk para karyawan *non shift* adalah direktur,

staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta seluruh yang tugasnya berada di kantor. Karyawan *non shift* dalam satu minggu bekerja selama 5 hari dengan jam kerja sebagai berikut:

Senin-Kamis: 08.00-16.00 WIB (istirahat 12.00-13.00)

Jumat: 08.00-16.00 (istirahat 11.30-13.30)

Sabtu-Minggu: Hari libur, termasuk hari libur nasional

2. Karyawan shift

Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi sehingga tidak dapat ditinggalkan. Yang termasuk karyawan *shift* ini adalah operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gudang dan bagian utilitas, pengendalian, laboratorium, termasuk petugas keamanan yang menjaga keamanan selama proses produksi berlangsung. Para karyawan akan bekerja secara bergantian sehari semalam.

Karyawan shift dibagi dalam 3 shift dengan pengaturan sebagai berikut :

Shift Pagi : 08.00 16.00

Shift Sore: 16.00-00.00

Shift Malam: 00.00-08.00

Jadwal kerja terbagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali *shift*. Setiap kelompok mendapatkan

giliran 6 hari kerja dan satu hari libur untuk setiap *shift* dan masuk lagi untuk *shift* berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk. Berikut adalah jadwal kerja karyawan *shift*:

Tabel 4.2 Jadwal Shift Kerja Karyawan

Hari/Regu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	L	L	P	P	P	P	P	L	S	S	S	S	S	L	L
B	P	P	L	S	S	S	S	S	L	L	M	M	M	M	M
C	S	S	S	L	L	M	M	M	M	M	L	L	P	P	P
D	M	M	M	M	M	L	L	P	P	P	P	P	L	S	S

Hari/Regu	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	P	P	P	P	P	L	L	S	S	S	S	S	L	M	M
B	L	L	S	S	S	S	S	L	M	M	M	M	M	L	L
C	S	S	L	M	M	M	M	M	L	L	P	P	P	P	P
D	M	M	M	L	L	P	P	P	P	P	L	L	S	S	S

Keterangan :

P = Pagi

S = Siang

M = Malam

L = Libur

4.4.5 Status, Sistem Penggajian, dan Penggolongan Pekerja

1. Jumlah Pekerja

Tabel 4.3 Jumlah Pekerja

No	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Teknik dan Produksi	1
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1
4	Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	1
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1
6	Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi	1
7	Ka. Bag. Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu	1
8	Ka. Bag. Keuangan	1
9	Ka. Bag. Pemasaran	1
10	Ka. Bag. Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan	1
11	Ka. Bag. Administrasi dan Sumber Daya Manusia	1
12	Ka. Bag. Umum dan Keamanan	1
13	Ka. Sek. Proses	1

No	Jabatan	Jumlah
14	Ka. Sek. Utilitas	1
15	Ka. Sek. Pemeliharaan dan Bengkel	1
16	Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1
17	Ka. Sek. Penelitian dan Pengembangan	1
18	Ka. Sek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1
19	Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1
20	Ka. Sek. Keuangan	1
21	Ka. Sek. Tata Usaha	1
22	Ka. Sek. Personalia	1
23	Ka. Sek. Hubungan Masyarakat	1
24	Ka. Sek. Keamanan	1
25	Karyawan Proses	5
26	Karyawan Utilitas	4
27	Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	5
28	Karyawan Listrik dan Instrumentasi	5
29	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	5
30	Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu	5

No	Jabatan	Jumlah
31	Karyawan Kesehatan dan keselamatan Kerja	5
32	Karyawan Unit Pengolahan Limbah	5
33	Karyawan Tata Usaha	5
34	Karyawan Personalia	5
35	Karyawan Hubungan Masyarakat	5
36	Karyawan Keamanan	6
37	Operator	45
38	Dokter	1
39	Perawat	3
40	Sopir	5
41	Cleaning Service	10
Total		148

2. Penggolongan Jabatan

Dalam mendirikan suatu pabrik harus adanya penggolongan jabatan, karena hal ini akan berkaitan dengan keberlangsungan pabrik untuk bersaing di pasar. Berikut rincian penggolongan jabatan.

Tabel 4.4 Jumlah Penggolongan Jabatan

Jabatan	Penggolongan
Dewan Komisaris	S-2
Direktur Utama	S-2
Kepala Bagian	S-1
Kepala Seksi	S-1
Dokter	S-2
Perawat	D-3/D-4/S-1
Karyawan	D-3/S-1
Satpam	SLTA
Supir	SLTA
Cleaning Service	SLTA

3. Sistem gaji pegawai

a. Gaji harian

Gaji harian adalah gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap.

b. Gaji bulanan

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

c. Gaji lembur

Gaji lembur adalah gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok yang sudah ditentukan.

Perincian gaji sesuai dengan jabatan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Rincian Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan
1	Direktur Utama	1	Rp45.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp30.000.000
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	Rp30.000.000
4	Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	1	Rp30.000.000
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	Rp18.000.000
6	Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi	1	Rp18.000.000
7	Ka. Bag. Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu	1	Rp18.000.000
8	Ka. Bag. Keuangan	1	Rp18.000.000
9	Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp18.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan
10	Ka. Bag. Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan	1	Rp18.000.000
11	Ka. Bag. Administrasi dan Sumber Daya Manusia	1	Rp18.000.000
12	Ka. Bag. Umum dan Keamanan	1	Rp18.000.000
13	Ka. Sek. Proses	1	Rp13.000.000
14	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp13.000.000
15	Ka. Sek. Pemeliharaan dan Bengkel	1	Rp13.000.000
16	Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1	Rp13.000.000
17	Ka. Sek. Penelitian dan Pengembangan	1	Rp13.000.000
18	Ka. Sek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1	Rp13.000.000
19	Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1	Rp13.000.000
20	Ka. Sek. Unit Pengolahan Limbah	1	Rp13.000.000
21	Ka. Sek. Tata Usaha	1	Rp13.000.000
22	Ka. Sek. Personalia	1	Rp13.000.000
23	Ka. Sek. Hubungan Masyarakat	1	Rp13.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan
24	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp13.000.000
25	Karyawan Proses	5	Rp8.500.000
26	Karyawan Utilitas	4	Rp8.500.000
27	Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	5	Rp8.500.000
28	Karyawan Listrik dan Instrumentasi	5	Rp8.500.000
29	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	5	Rp8.500.000
30	Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu	5	Rp8.500.000
31	Karyawan Kesehatan dan keselamatan Kerja	5	Rp8.500.000
32	Karyawan Unit Pengolahan Limbah	5	Rp8.500.000
33	Karyawan Tata Usaha	5	Rp8.500.000
34	Karyawan Personalia	5	Rp8.500.000
35	Karyawan Hubungan Masyarakat	5	Rp8.500.000
36	Karyawan Keamanan	6	Rp6.500.000
37	Operator	45	Rp8.500.000
38	Dokter	1	Rp10.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan
39	Perawat	3	Rp7.500.000
40	Sopir	5	Rp5.700.000
41	Cleaning Service	10	Rp5.700.000

4. Catatan

a. Cuti tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu dan tidak bisa diakumulasikan.

b. Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (*non shift*), hari libur nasional tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (*overtime*).

c. Kerja Lembur (*Overtime*)

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

d. Sistem gaji karyawan

Gaji karyawan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1. Bila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji dilakukan sehari sebelumnya.

4.4.6 Kesejahteraan Pegawai

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan kepada karyawan, diantaranya sebagai berikut:

1. Tunjangan

- a. Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
- b. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang.
- c. Tunjangan lembur untuk karyawan yang bekerja di luar jam kerja diberikan berdasarkan jumlah jam kerja.

2. Cuti

- a. Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.
- b. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun.

3. Pakaian Kerja

Pakaian kerja yang diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya.

4. Pengobatan

- a. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang-undang yang berlaku.
- b. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak diakibatkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

5. Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial Tenaga Kerja (BPJSTK)

BPJSTK diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebih dari 10 orang dengan gaji karyawan Rp 1.000.000,00 per bulan. Fasilitas untuk kemudahan bagi karyawan dalam melaksanakan aktivitas selama di pabrik antara lain:

- a. Penyediaan mobil dan bus untuk transportasi antar jemput karyawan.
- b. Kantin, untuk memenuhi kebutuhan makan karyawan terutama makan siang.
- c. Sarana peribadatan seperti masjid.
- d. Pakaian seragam kerja dan peralatan-peralatan keamanan seperti *safety helmet*, *safety shoes* dan kacamata, serta tersedia pula alat-alat keamanan lain seperti masker, *ear plug*, sarung tangan tahan api.
- e. Fasilitas kesehatan seperti tersedianya poliklinik yang dilengkapi dengan tenaga medis dan paramedis.

BAB V

UTILITAS

Utilitas merupakan unit penunjang operasional pabrik yang sangat vital dalam menjalankan proses produksi. Unit ini berguna untuk memenuhi, menyediakan, menyiapkan, dan mendistribusikan kebutuhan unit proses agar proses produksi dapat berjalan lancar sesuai standar yang telah ditentukan. Kebutuhan utilitas pada pabrik pembuatan isobutene dengan kapasitas 33.000 ton/tahun harus disediakan oleh unit utilitas secara kontinu demi kelangsungan operasi pabrik. Unit ini memegang peran penting untuk menjalankan proses produksi, menjaga alat-alat produksi tetap beroperasi dengan normal, menjaga kondisi operasi pabrik tetap stabil sesuai dengan yang diinginkan, serta menjaga aspek *safety* pada proses produksi terlaksana dengan baik. Adapun unit utilitas yang direncanakan pada pendirian pabrik Isobutene, yaitu:

1. Unit penyedia dan pengolahan air
2. Unit pembangkit Steam
3. Unit penyedia dowtherm
4. Unit penyedia listrik
5. Unit penyedia udara tekan
6. Unit penyedia bahan bakar
7. Unit pengolahan limbah

5.1 Unit Penyedia dan pengolahan air

Unit penyedia dan pengolahan merupakan unit yang berfungsi sebagai penyedia kebutuhan air untuk seluruh kegiatan di pabrik dan mengolah air proses, air sanitasi, air pendingin serta air pemadaman kebakaran yang siap digunakan ketika terjadi kebakaran. Air merupakan salah satu factor penting yang harus disediakan didalam suatu industri. Dalam industri ini pada umumnya kebutuhan air dipenuhi dari air sumur, air sungai air danau dan air laut. Dalam perancangan pabrik Isobutene ini sumber air yang digunakan adalah air sungai kali Lamong. Adapun pertimbangan dalam menggunakan air Kali Lamong sebagai sumber air, diantaranya:

1. Air sungai lamong yang mengalir kontinuitasnya relative tinggi jika dibandingkan dengan air sumur, debit air yang mengalir di Kali lamong ini berkisar $350 \text{ m}^3/\text{detik}$ di cuaca yang biasa dan $700\text{m}^3/\text{detik}$, sehingga kecil kemungkinan akan mengalami kekeringan dan ketersediaan akan selalu terjaga
2. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana serta biaya pengolahannya relatif lebih murah dibandingkan dengan pengolahan air laut yang lebih rumit dan membutuhkan biaya yang cukup besar karena memiliki kandungan garam dan mineral didalamnya yang perlu dipisahkan.
3. Letak kali lamong yang dekat dengan pabrik Isobutene sehingga memudahkan mengambil air sungai untuk unit utilitas.

Air yang diperlukan untuk kebutuhan pabrik Isobutene yaitu:

5.1.1 Air Domestik

Sumber air untuk sanitasi juga berasal dari air sungai yang sudah melalui proses pengolahan. Air sanitasi digunakan untuk keperluan rumah tangga perusahaan dan kantor seperti air minum. Adapun syarat kimia, fisik serta bakteriologis air sanitasi yang harus dipenuhi antara lain :

a Syarat kimia :

- Tidak mengandung zat organik maupun anorganik
- Tidak beracun

b Syarat fisik :

- Suhu normal di bawah suhu udara luar
- Warna jernih
- Tidak berasa
- Tidak berbau

c Syarat bakteriologis

Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen, seperti Salmonella, Pseudomonas, Escherichia coli.

Berdasarkan standar WHO, kebutuhan air per orang berkisar antara 100-120 liter per hari. Untuk suatu pabrik atau kantor, kebutuhan air untuk satu orang sebesar 100 liter per hari (Sularso,2001). Jumlah karyawan pada pabrik ini berjumlah 110 orang. Sehingga total kebutuhan air domestik sebesar

Tabel 5.1 Data Kebutuhan Air Domestik

NO	Keterangan	Jumlah (Kg/jam)
1	Karyawan	602,7946
2	Rumah	1250
Total		1852,7964

5.1.2 Kebutuhan Air Steam

Kebutuhan steam digunakan untuk alat proses *Heat Exchanger* Adapun kebutuhan *steam* untuk pabrik Isobutene sebagai berikut :

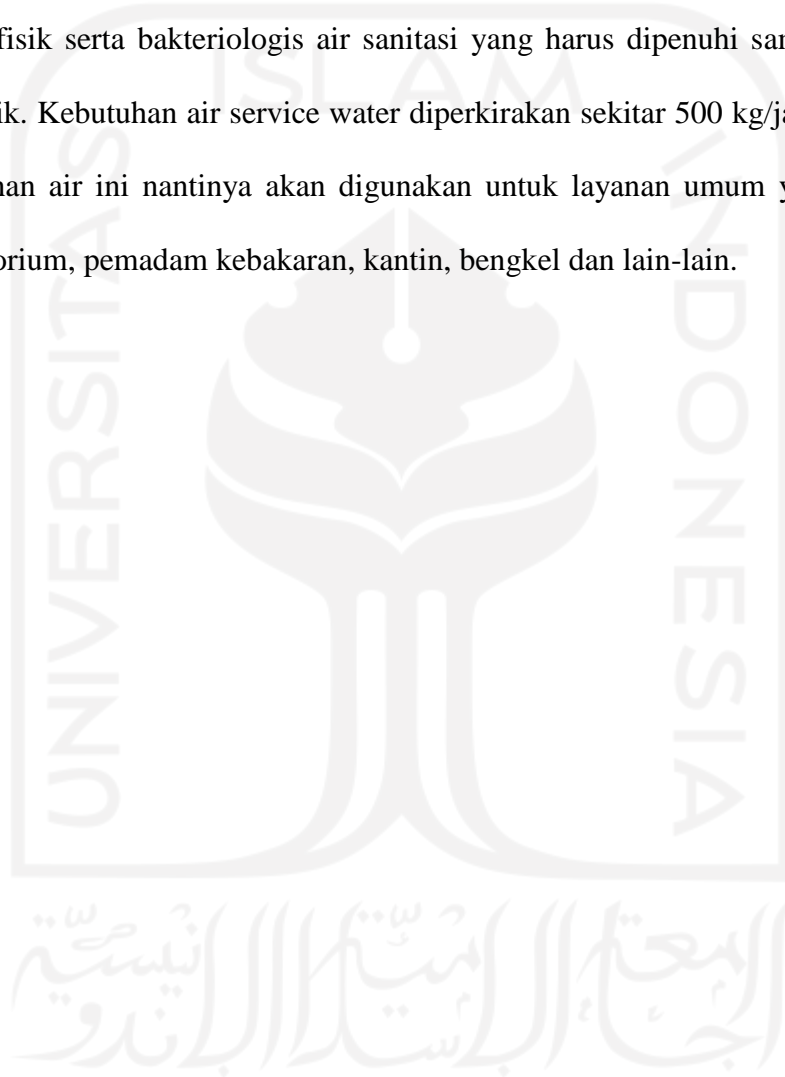
Table 5.2 Data Kebutuhan Air Steam

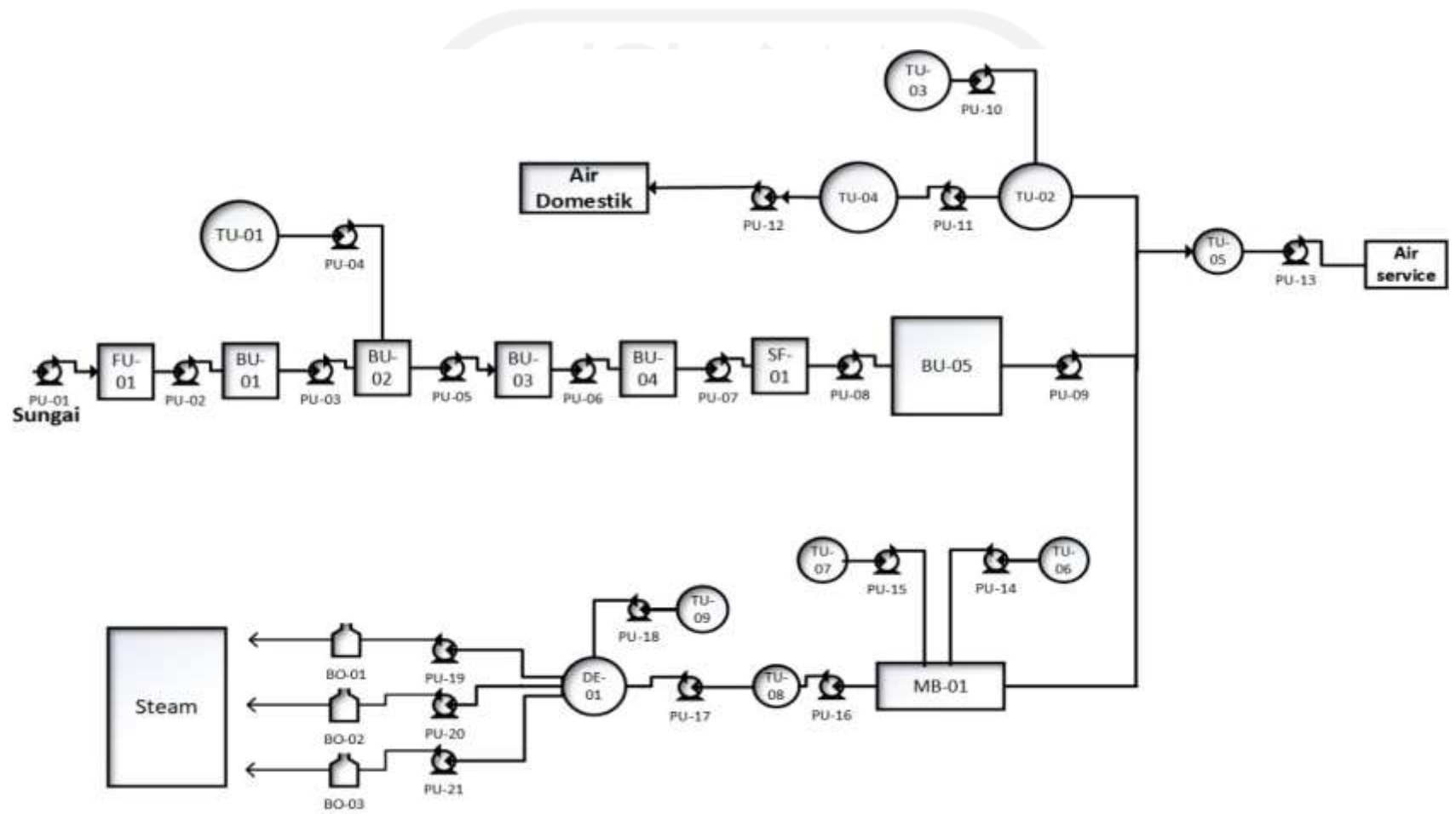
No	Alat	Kode	Kebutuhan Steam (Kg/Jam)
1	Vaporizer-01	V-01	325,7687
2	Heater-01	H-01	846,3178
3	Reboiler-01	RB-01	774,0271592
4	Heater-02	H-02	846,3178
Jumlah			2891.7327

Perancangan dibuat *overdesign* dengan sebanyak 20% sehingga menjadi 3470,0792 Kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air *Steam* mengalami *blowdown* dan menguap pada unit *Steam* sehingga diperlukan adanya air *make-up*. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan kebutuhan air *make-up* sebesar 832,8190 kg/jam.

5.1.3 Air Layanan umum (*Service Water*)

Air layanan umum (*service*) digunakan sebagai air untuk memenuhi kebutuhan layanan umum seperti laboratorium, kantin, bengkel, poliklinik, pemadam kebakaran apabila terjadi timbulnya api, dan lain-lain. Syarat- syarat kimia, fisik serta bakteriologis air sanitasi yang harus dipenuhi sama seperti air domestik. Kebutuhan air service water diperkirakan sekitar 500 kg/jam. Perkiraan kebutuhan air ini nantinya akan digunakan untuk layanan umum yang meliputi laboratorium, pemadam kebakaran, kantin, bengkel dan lain-lain.





Gambar 5.1 Diagram Alir Utilitas

Keterangan :

PU1-21 :Pompa Utilitas

FU-01 :Filter screening

BU-01 :Bak Sedimentasi

BU-02 :Bak pengumpalan

BU-03 :Bak pengendapan 1

BU-04 :Bak pengendapan 2

SF-01 :Bak saringan pasir

BU-05 :Bak penampungan sementara

TU-01 :Tangki Alum

TU-02 :Tangki Klorinasi

TU-03 :Tangki kaporit

TU-04 : Tangki air bersih

TU-05 :Tangki air layanan umum (*Service*)

TU-06 :Tangki NaCl

TU-07 :Tangki NaOH

TU-08 :Tangki demin

TU-09 :Menyimpan larutan N_2H_4

MB-01 :Mixed Bed

DE-01 :Dearator

BO-01 :Boiler-01

BO-02 :Boiler-02

BO-03 :Boiler-03

5.1.4 Pengolahan Air sungai

Sebelum digunakan air sungai harus di proses dahulu agar dapat memenuhi syarat untuk digunakan menjadi air domestic, air umpan Steam dan air untuk kegiatan dalam pabrik. Adapun tahapan dalam pengolahan air sungai antara lain :

a. Pengambilan Air

Air diambil dari sungai dilakukan pemompaan sebelum dialirkan menuju alat penyaringan awal yang bertujuan untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar.

b. Penyaringan Awal/Screen

Sebelum mengalami proses pengolahan, air dari sungai harus mengalami pembersihan awal dimana air sungai dilewatkan Screen (penyaringan awal) yang

berfungsi untuk menahan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti kayu, ranting, daun, sampah dan sebagainya. Kemudian air akan ditampung didalam *reservoir*

c. Bak Pengumpal

Air kemudian dialirkan ke bak pengumpal untuk menggumpalkan koloid-koloid tersuspensi dalam cairan (larutan) yang tidak mengendap di bak pengendap dengan cara menambahkan senyawa kimia. Umumnya flokulan yang biasa digunakan adalah tawas atau aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan Na_2CO_3 yang merupakan garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Proses flokulasi bertujuan untuk menggumpalkan partikel-partikel menjadi flok dengan ukuran yang memungkinkan untuk dipisahkan dengan sedimentasi dan filtrasi. Alasan ditamhakkannya kapur karena kapur berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk mempermudah pengumpulan karena membuat suasana basa.

d. Bak Pengendap

Air sungai setelah melalui bak pengumpal dialirkan ke bak pengendap awal. Untuk mengendapkan flok atau gumpalan zat padat berukuran besar yang terbentuk. Setelah flok mengendap selanjutnya dapat dibuang (*blow down*). Kemudian dialirkan untuk difiltrasi

e. Penyaringan pasir (*Sand Filter*)

Air dari bak pengendap yang masih mengandung padatan tersuspensi dialirkan memasuki penyaringan untuk dilakukan filtrasi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung didalam air (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+}) dengan menggunakan resin. Filtrasi bertujuan untuk menyaring partikel-partikel halus yang masih lolos atau yang masih terdapat dalam air dan belum terendapkan. Penyaringan dan pengendapan secara bertahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa air benar-benar bersih dari kotoran sehingga aman digunakan untuk proses produksi maupun kegiatan pabrik lainnya. Penyaringan pada tahap ini menggunakan sand filter yang terdiri dari antrasit, pasir, dan kerikil sebagai media penyaring. Sand Filter dicuci bila sudah dianggap kotor (*back wash, rinse*)

f. Bak Penampung Air Bersih

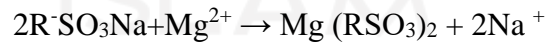
Tangki air bersih ini fungsinya untuk menampung air bersih yang telah diproses. Air yang sudah melewati tahap penyaringan menggunakan Sand Filter biasa disebut sebagai air bersih dan dapat ditampung dalam bak penampung air bersih sehingga dapat didistribusikan sebagai air service, air domestik, air *steam*, dan lain lain.

g. Tangki *Cation Exchanger*

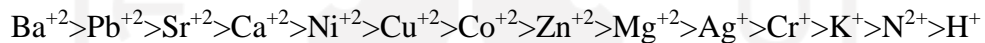
Air dari bak penampung air bersih selanjutnya diumpankan ke tangki Cation exchanger. Tangki ini berisi resin untuk ditukar sebagai pengganti ion-ion positif (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Fe^{++} , Mn^{++} , Al^{+++}) yang terkandung dalam air yang menjadi

penyebab terjadinya kerak-kerak pada boiler diganti dengan ion H⁺ atau Na⁺ sehingga air yang akan keluar dari Cation Exchanger adalah air yang mengandung anion dan ion H⁺.

Reaksi penukaran Kation:



Ion Mg²⁺ dapat menggantikan ion Na⁺ yang ada dalam resin karena selektivitas Mg²⁺ lebih besar dari selektivitas Na⁺. 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 regenerasinya:



h. Tangki Anion Exchanger

Air yang keluar dari tangki Cation exchanger kemudian diumpankan ke tangki anion exchanger. Tangki ini berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti (HCO₃, Cl⁻, NO₃, SiO₂ dan SO₄) akan terikat dengan resin yang bersifat basa, yang memiliki formula RCl. Reaksi Pertukarannya yaitu:

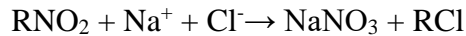


Dapat menggantikan ion Cl⁻ yang ada dalam resin karena selektivitas NO₃⁻ lebih besar dari selektivitas OH⁻. Urutan selektivitas anion adalah sebagai berikut:



Saat resin anion telah jenuh, maka resin penukar anion akan diregenerasi kembali.

Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl. Reaksi Regenerasi:



i. Demineralisasi

Demineralisasi bertujuan untuk menyiapkan air murni bebas mineral-mineral terlarut (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+}) sehingga didapatkan air bermutu tinggi dan memenuhi persyaratan.

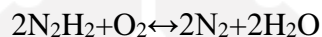
j. *Mixed Bed*

Tempat pembersihan air yang terakhir yang akan dipakai untuk mengisi Boiler bertekanan tinggi dimana resin anion dan resin kation digabungkan dalam satu vessel. Kation akan terambil oleh resin kation dan anion terambil oleh resin anion. Apabila mixed bed sudah jenuh, maka dilakukan regenerasi, sehingga kondisi resin dapat berfungsi kembali seperti semula.

k. *Deaerator*

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan boiler dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi pada boiler seperti oksigen (O_2) dan karbondioksida (CO_2). Gas yang dihilangkan bertujuan agar tidak menyebabkan korosi pada alat proses. Air yang telah mengalami demineralisasi (kation exchanger dan anion exchanger) dipompakan menuju deaerator. Pada pengolahan air tidak boleh mengandung gas terlarut dan

padatan terlarut, terutama yang dapat menimbulkan korosi. Reaksi yang disebabkan oleh gas-gas tersebut menyebabkan terbentuknya bitnik-bintik pada pipa yang semakin menebal dan akhirnya menutupi permukaan pipa. Sehingga diperlukan pemanasan agar gas-gas terlarut tersebut dapat dihilangkan. Dalam deaerator, dengan menggunakan koil pemanas, air dipanaskan hingga suhu mencapai 90°C. Di dalam deaerator diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N₂H₂) yang berfungsi untuk mengikat oksigen berdasarkan reaksi:



5.2 Unit pembangkit Steam

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan steam pada proses produksi yaitu dengan cara menyediakan steam dan boiler. Sebelum masuk boiler air harus dihilangkan kesadahnya. Karena air yang sadah akan menimbulkan kerak di dalam boiler. Air yang akan digunakan sebelum masuk ke boiler diolah terlebih dahulu di deaerator untuk menghilangkan gas-gas terlarut seperti oksigen. Di dalam boiler, api yang keluar dari alat pembakaran atau burner bertugas untuk memanaskan tungku pembakaran dan lorong api. Gas sisa pembakarannya akan masuk ke economizer sebelum kemudian dibuang melalui cerobong asap, sehingga air yang berada di dalam boiler akan menyerap panas dari dinding dan pipanya sehingga air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk nantinya akan dialirkan ke steam header untuk disalurkan ke area proses. Unit pembangkit steam ini dapat mencukupi kebutuhan *steam* sebesar 2891,7327 kg/jam.

Tabel 5.3 Data Kebutuhan *Steam* Tiap Alat

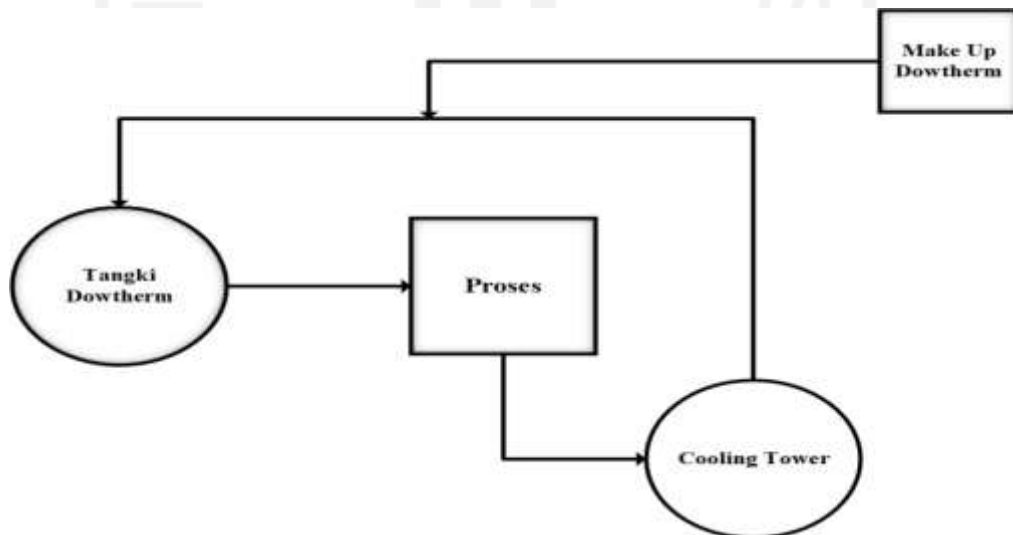
No	Alat	Kode	Kebutuhan Steam (Kg/Jam)
1	Vaporizer-01	V-01	325,7687
2	Heater-01	H-01	1106,9121
3	Reboiler-01	RB-01	774,0272
4	Heater-02	H-02	846,3178
Jumlah			2891,7327

5.3 Unit Penyedia Dowtherm

Unit ini berfungsi sebagai penyedia dowtherm yang digunakan sebagai media pendingin cooler dan condensor. Dimana dowtherm yang digunakan merupakan dowtherm A dengan pertimbangan bahwa jenis dowtherm ini mampu bekerja pada suhu yang tinggi sehingga lebih efektif jika dibandingkan dengan penggunaan air pendingin biasa yang dimungkinkan ikut menjadi panas dan menguap terlebih dahulu sebelum proses pendinginan berakhir. Dowtherm A terdiri dari senyawa dipenil eter dan bipenil eter yang dapat digunakan dalam fase cair dan uap dengan kisaran aplikasi pada rentang 15-400 °C dan tekanan 1-10,6 bar. Jumlah dowtherm yang digunakan adalah sebesar 24304,0813 Kg/Jam diperoleh dari PT. Samiraschem Indonesia, Jakarta Timur.

Table 5.4 Data Kebutuhan *Dowtherm* A Setiap Alat

Alat	Kode	Kebutuhan		
		(lb/jam)	Tin (°C)	Tout(°C)
Cooler-01	C-01	1332,2525	25	250
Cooler-02	C-02	4367,2955	25	300
Cooler-03	C-03	6295,6557	25	220
Cooler-04	C-04	22907,0857	25	105
Cooler -05	C-05	2806,9342	25	35,2
Condenssor-01	CD-01	12949,5550	25	120
Condenssor-02	CD-02	2874,4401	25	29
Total		53533,21875	25	151,3143



Gambar 5.2 Diagram Alir Dowtherm

5.4 Unit Penyedia listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik ini direncanakan akan dipenuhi oleh PLN. Selain itu jika terjadi gangguan pada PLN digunakan generator untuk menggerakkan power yang dinilai penting seperti boiler, kompresor dan pompa. Prinsip kerja dari generator ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi selanjutnya akan menghasilkan panas. Panas nantinya digunakan untuk menghidupkan generator dan menghasilkan tenaga listrik kemudian di distribusikan ke panel dan selanjutnya dialirkan ke unit pemakai. Kebutuhan listrik dari pabrik dapat dibagi menjadi :

1. Kebutuhan Listrik Untuk Plant

Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Blower	BL-01	6/49	91,4102
	BL-02	13/53	182,8205
	BL-03	16/29	411,3461
	BL-04	32/87	274,2307
	BL-05	32/87	274,2307
	BL-06	6/49	91,4102
Pompa	P-01	32,1583	23980,4247
	P-02	7,8063	5821,1579

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
	P-03	1,3441	1002,3080
	P-04	0,8964	668,4455
	P-05	5	3728,5

Total kebutuhan listrik untuk proses plant adalah 36,5263 kW

2. Kebutuhan Untuk Peralatan Utilitas

Tabel 5.6 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
BL-Cooling			
Tower	CT-01	20	14914
Kompresor	K-01	3,5	2609,95
Pompa			
	PU-01	0,3333	248.5667
	PU-02	0,5	372.85
	PU-03	0,5	372.85
	PU-04	0,05	37,285
	PU-05	0,5	372,85
	PU-06	0,5	372,85

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
	PU-07	0,3333	248,5667
	PU-08	0,3333	248,5667
	PU-09	0,3333	248,5667
	PU-10	0,05	37,285
	PU-11	0,0833	62,1417
	PU-12	0,0833	62,1417
	PU-13	0,05	37,285
	PU-14	0,05	37,285
	PU-15	0,05	37,285
	PU-16	0,25	186,425
	PU-17	0,25	186,425
	PU-18	0,05	37,285
	PU-19	0,0833	62,1417
	PU-20	0,05	37,285
	PU-21	0,05	37,285
Kompressor	K-01	3,5	2609,95

Total Kebutuhan listrik untuk proses utilitas sebesar 23,4771 kW

3. Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan

Kebutuhan listrik untuk penerangan dan ac dipabrik Isobutene di perkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor, power yang digunakan sebesar 9,0005 kW

4. Kebutuhan Listrik Alat Control

Power yang dibutuhkan untuk alat control diperkirakan sebesar 25% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor, power yang dibutuhkan sebesar 15,0009 kW

5. Kebutuhan Listrik Peralatan Kantor

Power yang dibutuhkan untuk kantor (AC, komputer dll) diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor, power yang digunakan sebesar 9,0005 kW

6. Kebutuhan listrik bengkel, laboratorium dll

Power yang dibutuhkan untuk bengkel dan laboratorium diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor, power yang dibutuhkan sebesar 9,0005 KW

7. Kebutuhan listrik perumahan

Untuk listrik 15 rumah diperkirakan membutuhkan sekitar 15 KW Maka total Kebutuhan listrik yang di butuhkan adalah :

Tabel 5.7 Total Kebutuhan Listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (Kw)
1.	Power Plant	36,5263
2.	Utilitas	23,4771
3.	Alat Kontrol	15,0009
4.	Penerangan	9,0005
5.	Peralatan Kantor	9,0005
6.	Bengkel, Laboratorium	9,0005
7.	Perumahan	15
Total		117,0058

Kebutuhan listrik tersebut di suplai dari PLN, namun sebagai cadangan terdapat sebuah generator mandiri sebagai Tindakan preventif jika terjadinya pemadaman listrik oleh PLN. Adapun generator ini memiliki efisiensi sebesar 80% dengan kapasitas sebesar 146.2572 kW menggunakan bahan bakar diesel oil 7,5562 liter/jam

5.5 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan ini digunakan untuk menggerakkan instrument pengendali yang bekerja secara pneumatic. Udara tekan yang digunakan berada pada tekanan 5,5 bar dan suhu 30 °C dimana setiap alat kontrol membutuhkan udara tekan sebanyak 1,6992 m³ /jam sesuai standar kebutuhan udara dari PT Indo Acidatama Tbk. Jumlah alat kontrol yang digunakan sebanyak 20 buah sehingga total keseluruhan kebutuhan udara tekan adalah 35,6832 m³ /jam. Selanjutnya digunakan faktor kemananan 20% sehingga kebutuhan udara tekan sebesar 39,25152 m³/jam. Kebutuhan udara tekan diperoleh dari kompresor yang dilengkapi dengan dryer yang berisi silica gel.

5.6 Unit penyedia bahan bakar

Unit ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar yang dibutuhkan di unit proses dan utilitas, bahan bakar ini di dapatkan dari PT.Pertamina berikut kebutuhan bahan bakar yang akan digunakan :

Tabel 5.8 Total Kebutuhan Bahan Bakar

No	Komponen	Jumlah
1	Fuel Oil BO-01	4,2549 m ³ /hari
2	Fuel Oil BO-02	3,2609 m ³ /hari
3	Fuel Oil BO-03	5,2948 m ³ /jam

No	Komponen	Jumlah
4	Solar	0,1714 m3/hari
5	Industrial Diesel Oil	7,5617 Liter/jam

5.7 Unit Pengolahan Limbah

Unit ini bertujuan untuk mengolah limbah yang dihasilkan dalam pabrik, sehingga tidak mencemari lingkungan sekitar. Limbah yang dihasilkan dari proses pabrik ini diolah terlebih dahulu sehingga memenuhi baku mutu lingkungan. Limbah yang dihasilkan sebagai berikut:

1. Limbah cair berasal dari pembuangan air sanitasi seperti bekas pencucian, air masak, dan lain-lain. Penanganan limbah ini tidak membutuhkan penanganan khusus karena tidak mengandung bahan kimia yang berbahaya
2. Air buangan yang berasal dari unit demineralisasi dan sisa regenerasi resin. Air ini bersifat asam atau basa sehingga diperlukan penetralan (hingga pH 7) menggunakan H_2SO_4 atau $NaOH$ sebelum dialirkan menuju penampungan akhir dan dibuang.
3. Limbah cair hasil reaksi yang dipisahkan di Separator-02 yaitu berupa air langsung bisa digunakan untuk kebutuhan air di unit penyediaan dan pengolahan air
4. Limbah gas hasil reaksi yang di pisahkan di Absorber-01 akan di bakar menggunakan flare agar gas terbakar dan tidak mencemari udara di lingkungan sekitar pabrik.

5.8 Spesifikasi Alat Utilitas

Di unit utilitas terdapat alat-alat untuk menjalankan fungsinya dibutuhkan alat-alat sebagai berikut :

5.8.1 Pompa Utilitas

Tabel 5.9 Spesifikasi Pompa Utilitas (Jumlah Alat=21)

Parameter	PU-01	PU-02	PU-03
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai menuju screening	Mengalirkan air sungai dari screening ke reservoir/Sedimentasi (BU-01)	Mengalirkan air dari bak sedimentasi menuju bak koagulasi dan flokulasi
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan	<i>Commercial Steel,</i>	<i>Commercial Steel,</i>	<i>Commercial Steel,</i>
Konstruksi	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Steel, Mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>

Spesifikasi :

Parameter	PU-01	PU-02	PU-03
Kapasitas	30,0912 gal/min	36,9442 gal/min	43,0899 gal/min
Rate	0,0670 ft ³ /s	0,0823 ft ³ /s	0,0960 ft ³ /s
Volumetrik			
Kecepatan	2,8785 ft/s	3,5341 ft/s	2,8889 ft/s
Aliran			
IPS	2 in	2 in	2,5 in
Flow Area	3,35 in ²	3,35 in ²	4,79 in ²
OD	2,38 in	2,38 in	2,88 in
ID	2,067 in	2,067 in	2,469 in
Efisiensi	80%	80%	80%
Pompa			
Power Motor	0,3333 Hp	0,5 Hp	0,5 Hp
Harga	Rp. 64.974.875	Rp. 64.974.875	Rp. 64.974.875

Tabel 5.10 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan (1)

Parameter	PU-04	PU-05	PU-06
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki alum menuju bak koagulasi	Mengalirkan air dari bak koagulasi menuju ke bak flokulasi	Mengalirkan air dari bak flokulasi menuju bak pengendap
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan	<i>Commercial</i>	<i>Commercial</i>	<i>Commercial</i>
Konstruksi	<i>Steel, Mixed flow impellers</i>	<i>Steel, Mixed flow impellers</i>	<i>Steel, Mixed flow impellers</i>
Spesifikasi :			
Kapasitas	0,0054 gal/min	43,0899 gal/min	36,9442 gal/min
Rate			
Volumetrik	0,0000121 ft ³ /s	0,0960 ft ³ /s	0,0823 ft ³ /s
Kecepatan			
Aliran	0,0306 ft/s	2,8889 ft/s	3,5340 ft/s
IPS	0,125 in	2,5 in	2 in

Parameter	PU-04	PU-05	PU-06
Flow Area	0,058 in ²	4,79 in ²	3,35 in ²
OD	0,405 in	2,88 in	2,38 in
ID	0,269 in	2,469 in	2,067 in
Efisiensi	50%	75%	80%
Pompa			
Power Motor	0,05 Hp	0,5 Hp	0,5 Hp
Harga	Rp. 64.974.875	Rp. 64.974.875	Rp. 64.974.875

Tabel 5.11 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan (2)

Parameter	PU-07	PU-08	PU-09
Fungsi	Mengalirkan air dari bak pengendap menuju bak saringan pasir	Mengalirkan air dari bak sand filter menuju bak penampung sementara	Mengalirkan air dari bak penampung sementara menuju area kebutuhan air

Parameter	PU-07	PU-08	PU-09
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan	<i>Commercial Steel,</i>	<i>Commercial</i>	<i>Commercial Steel,</i>
Konstruksi	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Steel, Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>
Spesifikasi :			
Kapasitas	30,0912 gal/min	30,0912 gal/min	30,0912 gal/min
Rate Volumetrik	0,06704 ft ³ /s	0,06704 ft ³ /s	0,0670 ft ³ /s
Kecepatan	2,8785 ft/s	2,8785 ft/s	2,8785 ft/s
Aliran			
IPS	2 in	2 in	2 in
Flow Area	3,35 in ²	3,35 in ²	3,35 in ²
OD	2,38 in	2,38 in	2,38 in
ID	2,067 in	2,067 in	2,067 in
Efisiensi Pompa	75%	80%	80%
Power Motor	0,3333 Hp	0,3333 Hp	0,3333 Hp

Parameter	PU-07	PU-08	PU-09
Harga	Rp. 64.974.875	Rp. 64.974.875	Rp. 64.974.875

Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan (3)

Parameter	PU-10	PU-11	PU-12
Fungsi	Mengalirkan kaporit dari bak tangki kaporit menuju tangki klorinasi	Mengalirkan air dari tangki klorinasi menuju air tangki bersih	Megalirkan air dari tangki bersih menuju kebutuhan domestic
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan	<i>Commercial</i>	<i>Commercial</i>	<i>Commercial</i>
Konstruksi	<i>Steel, Radial flow impellers</i>	<i>Steel, Mixed flow impellers</i>	<i>Steel, Mixed flow impellers</i>
Spesifikasi :			
Kapasitas	0,0496 gal/min	9,5749 gal/min	9,5742 gal/min

Parameter	PU-10	PU-11	PU-12
Rate	0,0001 ft ³ /s	0,0213 ft ³ /s	0,0213 ft ³ /s
Volumetrik			
Kecepatan	0,2799 ft/s	2,0549 ft/s	2,0549 ft/s
Aliran			
IPS	0,125 in	1,25 in	1,25 in
Flow Area	0,058 in ²	1,5 in ²	1,5 in ²
OD	0,405 in	1,66 in	1,66 in
ID	0,269 in	1,38 in	1,38 in
Efisiensi	50%	80%	80%
Pompa			
Power Motor	0,05 Hp	0.0833 Hp	0,0833Hp
Harga	Rp. 64.974.875	Rp. 64.974.875	Rp. 64.974.875

Tabel 5.13 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan (4)

Parameter	PU-13	PU-14	PU-15
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki air service menuju kebutuhan service	Megalirkan larutan NaCl menuju mixed bed	Mengalirkan NaOH dari tangki (TU-07) menuju ke mixed bed
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan	<i>Commercial</i>	<i>Commercial</i>	<i>Commercial</i>
Konstruksi	<i>Steel, Mixed flow impellers</i>	<i>Steel, Radial flow impellers</i>	<i>Steel, Radial flow impellers</i>
Spesifikasi :			
Kapasitas	2,5839 gal/min	1,4362 gal/min	1,3665 gal/min
Rate	0,0058 ft ³ /s	0,0031 ft ³ /s	0,0030 ft ³ /s
Volumetrik			
Kecepatan	1,5554 ft/s	1,5172 ft/s	1,4435 ft/s
Aliran			

Parameter	PU-13	PU-14	PU-15
IPS	0,75 in	0,5 in	0,5 in
Flow Area	0,534 in ²	0,304 in ²	0,304 in ²
OD	1,05 in	0,84 in	1,05 in
ID	0,824 in	0,622 in	0,622 in
Efisiensi	80%	50%	50%
Pompa			
Power Motor	0,05 Hp	0,05 Hp	0,05 Hp
Harga	Rp. 64.974.875	Rp. 64.974.875	Rp. 64.974.875

Tabel 5.14 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan (5)

Parameter	PU-16	PU-17	PU-18
Fungsi	Mengalirkan air dari mixed bed (MB-01) menuju tangki air demin (TU-08)	Mengalirkan air dari tangki demin (TU-08) menuju deurator (DE-01)	Mengalirkan N ₂ H ₄ dari tangki (TU-09) menuju deurator (DE-01)

Parameter	PU-16	PU-17	PU-18
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan	<i>Commercial Steel,</i>	<i>Commercial</i>	<i>Commercial</i>
Konstruksi	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Steel, Mixed flow impellers</i>	<i>Steel, Radial flow impellers</i>
Spesifikasi :			
Kapasitas	17,93258 gal/min	17,9325 gal/min	0,02582 gal/min
Rate Volumetrik	0,03995 ft ³ /s	0,0399 ft ³ /s	0,000057 ft ³ /s
Kecepatan	2,8629 ft/s	2,8629 ft/s	0,1458 ft/s
Aliran			
IPS	1,5 in	1,5 in	0,125 in
Flow Area	2,04 in ²	2,04 in ²	0,058 in ²
OD	1,9 in	1,9 in	0,405 in
ID	1,6 in	1,6 in	0,269 in
Efisiensi Pompa	80%	80%	50%
Power Motor	0,25 Hp	0,25 Hp	0,05 Hp

Parameter	PU-16	PU-17	PU-18
Harga	Rp. 64.974.875	Rp. 64.974.875	Rp. 64.974.875

Tabel 5.15 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan (6)

Parameter	PU-19	PU-20	PU-21
Fungsi	Mengalirkan air dari dearator menuju boiler-01	Mengalirkan air dari dearator menuju boiler-02	Mengalirkan air dari dearator menuju boiler-03
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan	<i>Commercial Steel,</i>	<i>Commercial Steel,</i>	<i>Commercial</i>
Konstruksi	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Steel, Radial flow impellers</i>
Spesifikasi :			
Kapasitas	5,8199 gal/min	4,3736 gal/min	6,8643 gal/min
Rate Volumetrik	0,0129 ft ³ /s	0,0097 ft ³ /s	0,0152 ft ³ /s
Kecepatan	1,2490 ft/s	1,6244 ft/s	1,47316 ft/s
Aliran			
IPS	1,25 in	1 in	1,25 in

Parameter	PU-19	PU-20	PU-21
Flow Area	1,5 in ²	0,864 in ²	1,5 in ²
OD	1,66 in	1,32 in	1,5 in
ID	1,38 in	1,049 in	1,38 in
Efisiensi Pompa	50%	80%	80%
Power Motor	0,0833 Hp	0,05 Hp	0,05 Hp
Harga	Rp. 64.974.875	Rp. 64.974.875	Rp. 64.974.875

5.8.2 Bak Utilitas

Tabel 5.16 Spesifikasi Bak Utilitas (Jumlah Alat=5)

Parameter	BU-01	BU-02	BU-03
Fungsi	Mengendapkan kotoran yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi	Mengendapkan kotoran yang berupa dispesi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan yang berfungsi untuk menggumpalkan kotoran	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)

Parameter	BU-01	BU-02	BU-03
Jenis bahan	Bak persegi dengan beton bertulang	Bak silinder tegak beton bertulang	Bak silinder tegak beton bertulang
Panjang (m)	5.1599	-	-
Lebar (m)	5.1599	-	-
Tinggi (m)	2,5799	2,2191	2,2191
Diameter (m)	-	2,2191	2,2191
Harga	Rp.482.609.669	Rp.125.975.318	Rp.56.777.608

Tabel 5.17 Spesifikasi Bak Utilitas Lanjutan

Parameter	BU-04	BU-05
Fungsi	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi) 2	Bak penampungan sementara setelah di saring <i>sand filter</i>
Jenis bahan	Bak persegi dengan beton bertulang	Bak persegi dengan beton bertulang

Parameter	BU-04	BU-05
Panjang (m)	4,0954	4,0954
Lebar (m)	4,0954	4,0954
Tinggi (m)	2,0477	2,0477
Diameter (m)	-	-
Harga	Rp.310.502.545	Rp.113.555.216

5.8.3 Tangki Utilitas

Tabel 5.18 Spesifikasi Tangki Utilitas (Jumlah Alat=9)

Parameter	TU-01	TU-02	TU-03	T-04
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5 % untuk 1 minggu	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan kedalam tangki Klorinasi	Menampung air bersih untuk keperluan domestik seperti kantor dan rumah tangga
Jenis bahan	Silinder tegak	Tangki Silinder Berpengaduk	Silinder tegak	Silinder tegak

Parameter	TU-01	TU-02	TU-03	T-04
Tinggi (m)	0,8129	1,4149	0,3682	4,0812
Diameter (m)	0,4064	1,4149	0,1841	4,0812
Volume (m²)	0,1054	2,2234	0,0049	452,6516
Harga	Rp.7.097.201	Rp.60.326.209	Rp.1.774.300	Rp.1.900.275.573

Tabel 5.19 Spesifikasi Tangki Utilitas Lanjutan (1)

Parameter	TU-05	TU-06	TU-07
Fungsi	Menampung Air bertekanan untuk keperluan layanan umum	Menampung larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi	Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi
Jenis bahan	Silinder tegak	Silinder Tegak	Silinder tegak
Tinggi (m)	2,6373	1,3624	1,695
Diameter (m)	2,6373	1,3624	1,695

Parameter	TU-05	TU-06	TU-07
Volume (m²)	14,4000	1,9852	3,8231
Harga	Rp. 202.270.229	Rp.42.583.206	Rp.65.649.109

Tabel 5.20 Spesifikasi Tangki Utilitas Lanjutan (2)

Parameter	TU-08	TU-09
Fungsi	Menampung air bebas mineral sebagain air proses dan air umpan boiler.	Menyimpan larutan N ₂ H ₄
Jenis bahan	Silinder tegak	Silinder Tegak
Tinggi (m)	5,0306	4,4186
Diameter (m)	5,0306	2,2093
Volume (m²)	99,9382	8,4654
Harga	Rp.550.033.079	Rp.110.006.616

5.8.4 Spesifikasi *Screener* Utilitas

Tabel 5.21 Spesifikasi *Screener* (Jumlah Alat=1)

Parameter	<i>Screener</i>
Fungsi	Menyaring kotoran yang berukuran besar
Bahan	Alumunium
Lebar (ft)	8
Panjang(ft)	10
diameter(cm)	1
Harga	Rp.525.192.876

Tabel 5.22 Spesifikasi *Sand Filter* (Jumlah Alat=1)

Parameter	<i>Sand Filter</i>
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai
Jenis bahan	Bak berbentuk balok
Material	<i>Spheres</i>
Lebar (m)	1,1608

Parameter	<i>Sand Filter</i>
Panjang (m)	1,1608
Tinggi (cm)	0,5803
Harga	Rp. 5.322.901

5.8.5 Spesifikasi Cooling Tower

Tabel 5.23 Spesifikasi *Cooling Tower* (Jumlah Alat=1)

Parameter	<i>Cooling Tower</i>
Fungsi	Mendinginkan Dowtherm setelah digunakan
Jenis bahan	<i>Cooling tower induced draft</i>
Lebar (ft)	2,3295
Tinggi (m)	2,8879
Harga	Rp. 1.731.717.049

5.8.6 Spesifikasi Mixed Bed

Tabel 5.24 Spesifikasi *Mixed Bed* (Jumlah Alat=1)

Parameter	<i>Mixed bed</i>
Fungsi	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg serta anion Cl, SO ₄ dan NO ₃
Jenis bahan	Tangki silinder tegak
Resin	zeolit
Diameter (m)	0,6723
Tinggi (m)	1,397
Volume bed (m³)	0,4957
Volume bak	2996,7359
Resin (m³)	
Tebal (in)	0,1875
Harga	Rp. 17.743.003

5.8.7 Spesifikasi *Dearator*

Tabel 5.25 Spesifikasi *Dearator* (Jumlah Alat=1)

Parameter	<i>Dearator</i>
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam feed water yang menyebabkan kerak
Jenis bahan	Tangki silinder tegak
Diameter (m)	2,7685
Tinggi (m)	5,5369
Volume (m³)	16,6556
Harga	Rp.172.107.125

5.8.8 Spesifikasi *Blower Cooling Tower*

Tabel 5.26 Spesifikasi *Blower Cooling Tower* (Jumlah Alat=1)

Parameter	<i>Blower Cooling Tower</i>
Fungsi	Mengalirkan udara ke <i>cooling tower</i>
Jenis bahan	Centrifugal blower
Bahan	Carbon steel Sa-285 grade C

Parameter	<i>Blower Cooling Tower</i>
Kapasitas (ft³/jam)	736513,09171
Efisiensi	20%
Power(HP)	20
Harga	Rp.145.492.621

5.8.9 Spesifikasi Tangki *Dowtherm*

Tabel 5.27 Spesifikasi Tangki *Dowtherm* (Jumlah Alat=1)

Parameter	Tangki <i>Dowtherm</i>
Fungsi	Menampung <i>Dowtherm</i> A
Jenis bahan	Silinder tegak dengan dasar <i>flat</i> dan atap <i>torispherical</i>
Tinggi (m)	7,3152
Diameter (m)	18,2880
Volume (m²)	1292,8001
Harga	Rp. 3.757.967.940

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

6.1 Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan.

Dalam evaluasi ekonomi ini faktor-faktor yang ditinjau adalah:

1. *Return On Investment* (ROI)
2. *Pay Out Time* (POT)
3. *Discounted Cash Flow* (Rate DFCR)
4. *Break Even Point* (BEP)
5. *Shut Down Point* (SDP)

Sebelum dilakukan analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal sebagai berikut:

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*)

Meliputi:

- a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
- b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)

Meliputi:

- a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
- b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)

3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

- a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya variabel (*Variable Cost*)
- c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

6.2. Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Pabrik isobutene beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari dan tahun evaluasi pada tahun 2026. Di dalam analisa ekonomi harga-harga alat maupun harga-harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari indeks pada tahun analisa. Harga indeks tahun 2026 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1972 sampai 2000 dan ditentukan dengan persamaan regresi linier. Berikut adalah indeks harga yang di dalam Teknik kimia disebut CEP indeks atau *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI).

Tabel 6.1 Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)

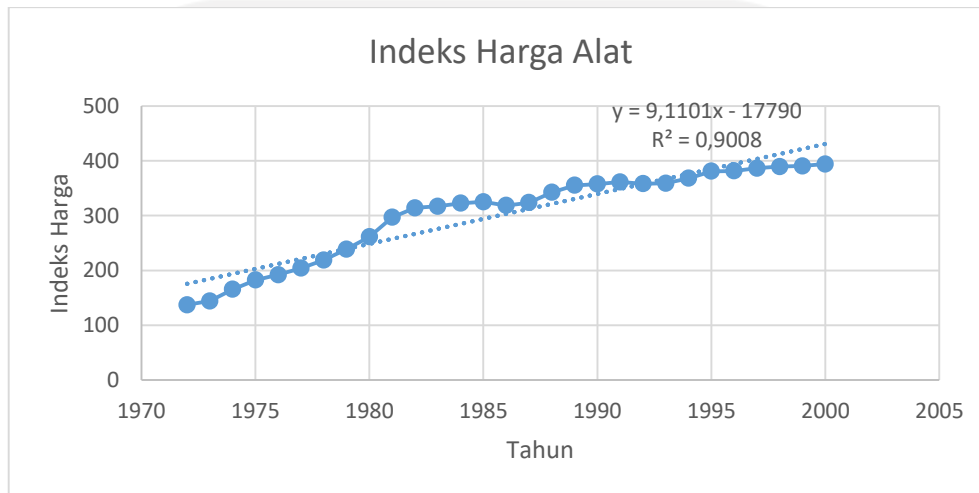
No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1972	137,2
2	1973	144,1
3	1974	165,4
4	1975	182,4
5	1976	192,1
6	1977	204,1
7	1978	218,8
8	1979	238,7
9	1980	261,2
10	1981	297,0
11	1982	314,0
12	1983	317,0

No	(Xi)	Indeks (Yi)
13	1984	322,7
14	1985	325,3
15	1986	318,4
16	1987	323,8
17	1988	342,5
18	1989	355,4
19	1990	357,6
20	1991	361,3
21	1992	358,2
22	1993	359,2
23	1994	368,1
24	1995	381,1
25	1996	381,7
26	1997	386,5
27	1998	389,5
28	1999	390,6
29	2000	394,1

(www.chemengonline.com/pci)

Persamaan yang diperoleh adalah: $y = 9,1101 x - 17790$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, sehingga indeks pada tahun 2026 sebesar = 667,0626. Grafik *plotting* data dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 6.1 Grafik Indeks Harga Alat

Harga-harga alat pada pabrik *isobutene* dari *isobutanol* diperoleh dari matches (www.matche.com) dan beberapa referensi lainnya. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi (Klaus D. Timmerhaus & Max S. Peters, 1991). Maka harga alat pada tahun 2027 saat pabrik didirikan dapat dicari dengan persamaan:

$$E_x = E_y \cdot \frac{N_x}{N_y}$$

(Aries dan Newton, 1955)

Dalam hubungan ini:

E_x : Harga pembelian pada tahun

E_y : Harga pembelian pada tahun referensi

N_x : Index harga pada tahun

N_y : Index harga pada tahun referensi

6.3 Dasar Perhitungan

Kapasitas produk <i>isobutene</i>	= 33.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Umur pabrik	= 10 tahun
Pabrik didirikan pada tahun	= 2026
Kurs mata uang tahun 2022	= 1 US\$ = Rp 14.835

6.4 Perhitungan Biaya

1. Capital Investment

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital investment* terdiri dari:

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

b. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

2. *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct, Indirect dan Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

Menurut Aries & Newton tabel 23, *Manufacturing Cost* meliputi:

a. *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. *Indirect Cost*

Indirect Cost adalah pengeluaran–pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c. *Fixed Cost*

Fixed Cost adalah biaya-biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

3. *General Expense*

General Expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang

berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

6.5 Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak, maka dilakukan suatu analisa atau evaluasi kelayakan. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah :

1. *Percent Return On Investment (ROI)*

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

Keuntungan di hitung berdasarkan penjualan tahunan atau annual sales (S_a) dan total manufacturing cost. Finance akan dihitung sebagai komponen yang berisi pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. Finance akan berkontribusi terhadap cash flow dari pabrik. Pabrik dengan resiko yang cenderung rendah mempunyai minimum ROI before tax sebesar 11% sedangkan pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai minimum ROI before tax sebesar 44%.

2. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time (POT) adalah:

- a. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang

melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

- b. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- c. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.
- d. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai POT maksimal 2 tahun.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Profit} + \text{Depresiasi})}$$

3. *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah:

- a. Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
- b. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
- c. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika

beroperasi di bawah BEP dan akan untung jika beroperasi di atas BEP.

- d. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar 40% - 60%

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

Dalam hal ini :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point (SDP) adalah:

- a. Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit).
- b. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
- c. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal

daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.

- d. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

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

5. *Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) adalah:

1. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
2. Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
3. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

Persamaan untuk menentukan DCFRR :

$$(FC+WC)(I+i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} \sum (I+i)^{N+WC+SV}$$

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow: profit after taxes + depresiasi + finance*

N : Umur pabrik = 10 tahun

I : Nilai DCFR

6.6 Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik *isobutene* ini memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah layak atau tidaknya pabrik ini didirikan. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 6.2 sampai dengan Tabel 6.13

Tabel 6.2 Physical Plant Cost (PPC)

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp 83.982.031.343	\$ 5.660.998
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 20.995.507.836	\$ 1.415.249
3	Instalasi cost	Rp 13.126.838.944	\$ 884.844
4	Pemipaan	Rp 45.647.638.276	\$ 3.076.982
5	Instrumentasi	Rp 20.884.840.428	\$ 1.407.790
6	Insulasi	Rp 3.127.088.362	\$ 210.788
7	Listrik	Rp 8.398.203.134	\$ 566.100
8	Bangunan	Rp 58.562.400.000	\$ 3.947.530
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp 90.127.963.000	\$ 6.075.278
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		Rp 344.852.511.322	\$ 23.245.559

Tabel 6.3 Direct Plant Cost (DPC)

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp 68.970.502.264	\$ 4.694.112
<i>Total (DPC + PPC)</i>		Rp 413.823.013.587	\$ 27.894.670

Tabel 6.4 Fixed Capital Investment (FCI)

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	Rp 413.823.013.587	\$ 27.894.670
2	Kontraktor	Rp 16.552.920.543	\$ 1.115.787
3	Biaya tak terduga	Rp 41.382.301.359	\$ 2.789.467
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		Rp 471.758.235.489	\$ 31.799.924

Tabel 6.5 Working Capital Investment (WCI)

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 40.333.397.538	\$ 2.718.763
2	<i>Inproses Onventory</i>	Rp 30.989.091.812	\$ 2.088.889
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 61.978.183.624	\$ 4.177.779
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 99.692.544.000	\$ 6.720.000
5	<i>Available Cash</i>	Rp 61.978.183.624	\$ 4.177.779

Working Capital (WC)	Rp	294.971.400.598	\$	19.883.210
-----------------------------	-----------	------------------------	-----------	-------------------

Tabel 6.6 Direct Manufacturing Cost (DMC)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 443.667.372.918	\$ 29.906.396,47
2	<i>Labor</i>	Rp 17.202.000.000	\$ 1.159.539,47
3	<i>Supervision</i>	Rp 1.720.200.000	\$ 115.953,95
4	<i>Maintenance</i>	Rp 33.023.076.484	\$ 2.225.994,69
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp 4.953.461.473	\$ 333.899,20
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp 21.932.359.680	\$ 1.478.400,00
7	<i>Utilities</i>	Rp 34.918.161.852	\$ 2.353.737,18
Direct Manufacturing Cost (DMC)		Rp 557.416.632.406	\$ 37.573.921

Tabel 6.7 Indirect Manufacturing Cost (IMC).

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 2.580.300.000	\$ 173.931
2	<i>Laboratory</i>	Rp 1.720.200.000	\$ 115.954
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 8.601.000.000	\$ 579.770
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 54.830.899.200	\$ 3.696.000
Indirect Manufacturing Cost (IMC)		Rp 67.732.399.200	\$ 4.565.655

Tabel 6.8 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 47.175.823.549	\$ 3.179.992
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp 4.717.582.355	\$ 317.999
3	<i>Insurance</i>	Rp 4.717.582.355	\$ 317.999
Fixed Manufacturing Cost (FMC)		Rp 56.610.988.259	\$ 3.815.991

Tabel 6.9 General Expense (GE)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp 20.452.800.596	\$ 1.378.667
2	<i>Sales Expense</i>	Rp 115.899.203.377	\$ 7.812.446
3	<i>Research</i>	Rp 54.540.801.589	\$ 3.676.445
4	<i>Finance</i>	Rp 15.334.592.722	\$ 1.033.663
General Expenses(GE)		Rp 206.227.398.284	\$ 13.901.221

Tabel 6.10 Analisa Kelayakan

No	Type of Expense	Biaya (Rp)
1	Total Penjualan	Rp. 1.096.617.984.000
2	Total Production Cost	Rp. 887.987.418.149
Total Keuntungan		Rp. 208.630.565.851

Keuntungan setelah dikurangi

Rp. 166.904.452.681

dengan Pajak 20%

6.7 Hasil Analisa Kelayakan

Penjualan :

1. Isobutene

Produksi = 33.000 Kg/Tahun

Harga jual = 33.231/Kg

(www.alibaba.com)

Total penjualan = Rp. 1.096.617.984.000/Tahun

Pajak = 20%

Biaya pajak = Rp. 41.726.113.170

Keuntungan setelah pajak = Rp. 166.904.452.681

Pajak ditentukan sebesar 20% dari peraturan pemerintah tentang pajak pendapatan.

<http://perpajakan.ddtc.co.id/peraturan-pajak>

A. *Return on Investment (ROI)*

$$\text{ROI} = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

ROI sebelum pajak = 44,22%

ROI setelah pajak = 35,38%

B. *Pay Out Time (POT)*

$$\text{POT} = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi})}$$

POT sebelum pajak = 1,8 Tahun

POT setelah pajak = 2,2 Tahun

C. *Break Event Point (BEP)*

Tabel 6.11 Annual Fixed Cost (Fa)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 47.175.823.549	\$ 3.179.992
2	<i>Property taxes</i>	Rp 4.717.582.355	\$ 317.999
3	<i>Insurance</i>	Rp 4.717.582.355	\$ 317.999
Fixed Cost (Fa)		Rp 56.610.988.259	\$ 3.815.991

Tabel 6.12 Regulated Cost (Ra)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	Rp 17.202.000.000	\$ 1.159.539
2	<i>Plant overhead</i>	Rp 8.601.000.000	\$ 579.770
3	<i>Payroll overhead</i>	Rp 2.580.300.000	\$ 173.931
4	<i>Supervision</i>	Rp 1.720.200.000	\$ 115.954
5	<i>Laboratory</i>	Rp 1.720.200.000	\$ 115.954
6	<i>Administration</i>	Rp 20.452.800.596	\$ 1.378.667
7	<i>Finance</i>	Rp 15.334.592.722	\$ 1.033.667
8	<i>Sales expense</i>	Rp 115.899.203.377	\$ 7.812.446
9	<i>Research</i>	Rp 54.540.801.589	\$ 3.676.445
10	<i>Maintenance</i>	Rp 33.023.076.484	\$ 2.225.995
11	<i>Plant supplies</i>	Rp 4.953.461.473	\$ 333.899
Regulated Cost (Ra)		Rp 276.027.636.241	\$ 18.606.263

Tabel 6.13 Variabel Cost (Va)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	Rp 443.667.372.918	\$ 29.906.396
2	<i>Packaging & shipping</i>	Rp 54.830.899.200	\$ 3.696.000
3	<i>Utilities</i>	Rp 34.918.161.852	\$ 2.353.737
4	<i>Royalties and Patents</i>	Rp 21.932.359.680	\$ 1.478.400

<i>Variable Cost (Va)</i>	Rp 555.348.793.650	\$ 37.434.534
---------------------------	---------------------------	----------------------

Dari tabel diatas dapat disimpulkan :

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

$$BEP = 40,06 \%$$

D. *Shut Down Point (SDP)*

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

$$SDP = 23,79 \%$$

E. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Umur pabrik = 10 tahun

FCI = Rp. 471.758.235.489

Working Capital = Rp. 294.971.400.598

Salvage Value (SV) = Rp. 47.175.823.549

Cash Flow (CF) = Annual Profit+Depresiasi + Finance

= Rp. 182.242.225.395

$$(FC + WC)(I + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (I + i)^N + WC + SV$$

R = S

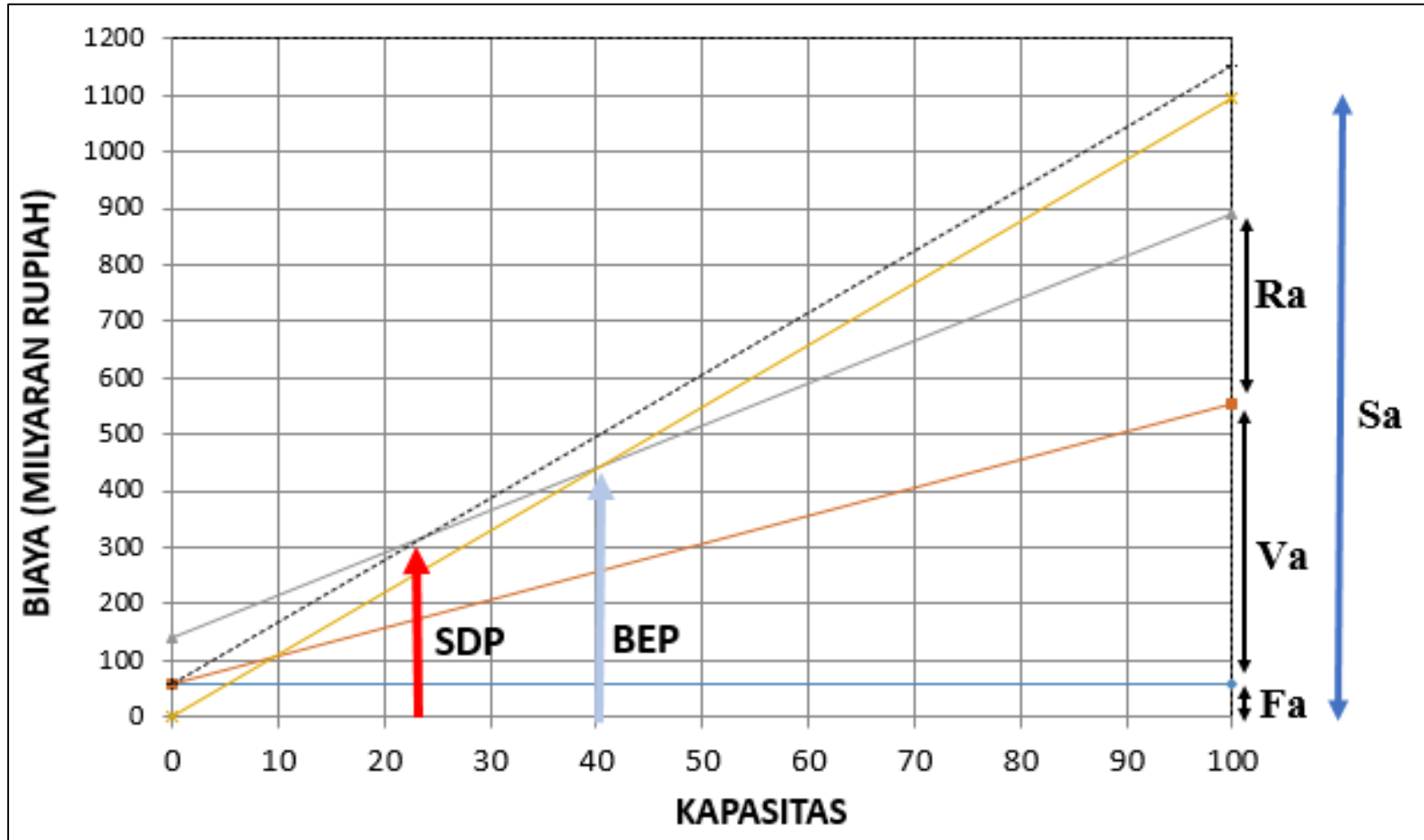
Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i = 23,70\%$

Tabel 6.14 Analisa Kelayakan

Parameter	Terhitung	Pernyataan	Kriteria
ROI sebelum pajak	44,22%	1. Pabrik High Risk Minimal 44% 2. Parik Low Risk Minimal 11%	Memenuhi (Karena pabrik yang didirikan termasuk High Risk, ditinjau juga dari spesifikasi bahan dan kondisi operasi yang digunakan
POT sebelum pajak	1,8 tahun	1. Pabrik High Risk Maksimum 2 tahun 2. Parik Low Risk Maksimal 5 tahun	Memenuhi (Karena pabrik yang didirikan termasuk High Risk, ditinjau juga dari spesifikasi bahan dan

Parameter	Terhitung	Pernyataan	Kriteria
			kondisi operasi yang digunakan
BEP	40,06%	40 – 60 %	Memenuhi
SDP	23,79%	20 – 30 %	Memenuhi
DCFR	23,70 %	<i>Interest</i> = 1,5 x bunga simpanan bank (5,63 %)	Memenuhi

Hasil kalkulasi kelayakan ekonomi pendirian Pabrik Isobutene dari Isobutanol dapat di pahami melalui grafik Break Event Point berikut :



البيعة الاقتصادية
 البستار البندوة

Gambar 6.2 Grafik Analisa Ekonomi

6.8 Analisa Resiko Pabrik

Untuk mendirikan sebuah pabrik, resiko pabrik perlu diperhatikan apakah pabrik tersebut beresiko rendah (*low risk*) atau beresiko tinggi (*high risk*). Adapun parameter – parameter untuk menentukan pabrik isobutene yang akan berdiri termasuk pabrik beresiko rendah (*low risk*) atau beresiko tinggi (*high risk*). Berikut parameter yang dilihat :

1. Kondisi Operasi

- Suhu : Suhu tertinggi terdapat pada R-01 dan F-01 yang beroperasi pada suhu 340 °C
- Tekanan : Tekanan tertinggi terdapat pada MD-01 dan T-01 yaitu sebesar 4 atm.

2. Karakteristik Bahan Baku dan Produk

- Bahan Baku

Isobutanol merupakan bahan baku dari pembuatan isobutene, isobutanol merupakan bahan kimia tidak berwarna dan mudah terbakar dan memiliki bau khas.

- Produk

Produk yang dihasilkan oleh pabrik merupakan isobutene yaitu senyawa kimia yang tidak berwarna, mudah terbakar jika terkena api, dan dapat membuat iritasi.

- Sumber Bahan Baku

Bahan baku dari pabrik isobutene adalah isobutanol yang dapat diperoleh dari PT. Petro Oxo Nusantara yang terletak di Jalan Gubernur Suryo No.134, Lumpur, Tlogopojok, Kec. Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur.

- Limbah Pabrik

Limbah pabrik hasil isobutene merupakan hasil bawah knock out drum yang berupa air yang akan dialirkan ke kebutuhan alir utilitas dan hasil atas absorber yang berupa gas 1-butene, cis-butene, trans-butene isobutene dan oksigen yang akan diflare agar tidak mencemari udara.

- Hasil Perhitungan Ekonomi

Berdasarkan tabel 6.14 analisa kelayakan ekonomi pabrik isobutene memenuhi semua parameter kelayakan ekonomi.

Dari hasil analisis ekonomi pabrik diatas, dapat disimpulkan bahwa pabrik isobutene yang akan berdiri termasuk kedalam pabrik yang memiliki resiko tinggi (*high risk*) dilihat dari karakteristik bahan baku dan produk yang mudah terbakar serta penggunaan kondisi operasi yang tinggi.

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis, perancangan pabrik Isobutene dari isobutanol dengan kapasitas produksi 33.000 ton/ tahun di peroleh kesimpulan sebagai berikut :

- 1 Pendirian pabrik isobutene dengan kapasitas 33.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di daerah Kebomas, Gresik, Jawa Timur. Pendirian pabrik bertujuan untuk memenuhi kebutuhan isobutene dalam negeri sehingga dapat mengurangi angka impor dan dapat menjadi produsen bagi pabrik karet sintesis seperti karet IIR (*Isobutene isoprene rubber*), atau pabrik petrokimia yang menggunakan isobutene sebagai bahan baku, serta menciptakan lapangan kerja baru
- 2 Ditinjau dari kondisi operasi beberapa alat menggunakan suhu dan tekanan yang tinggi maka pabrik isobutene dapat dikatakan berisiko tinggi.
- 3 Pabrik isobutene dengan kapasitas 33.000 ton/tahun membutuhkan bahan baku isobutanol sebanyak 58.276,379 ton/tahun
- 4 Berdasarkan hasil analisis ekonomi perancangan pabrik isobutene dari isobutanol dengan kapasitas 33.000 ton/tahun didapatkan :
 - a Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp. 208.630.565.851/tahun
 - b Keuntungan setelah pajak sebesar Rp.166.904.452.681/tahun

- c Return of Investment sebelum pajak (ROI b) sebesar 44,22% masih masuk dalam syarat ROI b untuk pabrik kimia dengan risiko tinggi yaitu minimum 44% (Aries & Newton, 1995)
 - d Return of investmen setelah pajak (ROI a) sebesar 35,38%
 - e Pay Out Time sebelum pajak (POTb) sebesar 1,8 tahun masih masuk dalam syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko tinggi maksimum 2 tahun (Aries & Newton, 1995)
 - f Pay Out Time setelah pajak (POTa) sebesar 2,2 tahun
 - g Break Even point (BEP) 40,06% masih masuk dalam syarat BEP untuk pabrik kimia pada umumnya yaitu 40-60% (Aries & Newton, 1995)
 - h Shut Down Point (SDP) 23,79% masih masuk dalam syarat SDP untuk pabrik kimia padan umumnya yaitu 20-30% (Aries & Newton, 1995)
 - i *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* 23,70% masih memenuhi syarat minimum pabrik kimia pada umumnya adalah $1,5 \times 3,75\% = 5,63\%$ (Aries & Newton, 1995)
- 5 Dari hasil seluruh tinjauan yang dilakukan mulai dari ketersediaan bahan baku, kondisi operasi proses serta hasil analisis ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik isobutene dari isobutanol dengan kapasitas produksi 33.000 Ton/tahun layak untuk didirikan.

7.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pabrik untuk didirikan, konsep - konsep tersebut diantaranya:

- 1 Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
- 2 Pengoptimalan pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
- 3 Pemenuhan bahan baku tergantung dari produksi pabrik yang diperoleh dari produk pabrik lain, maka dari itu perlu adanya kontrak pembelian bahan baku agar permintaan akan bahan baku dapat dipenuhi selama pabrik beroperasi. Produk Isobutene dapat digunakan sebagai sarana untuk memenuhi permintaan yang terus meningkat dimasa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2022. *Distillation Tower*. (Online). <https://www.mathworks.com/help/mpc/examples/design-and-cosimulate-control-of-high-fidelity-distillation-tower-with-aspen-plus-dynamics.html>.
- Aries, R.s., and Newton, R.D., (1955). *Chemical_Engineering_Cost_Estimation*. Mc Graw Hill Book co., New York
- Arthur, K. 2017. *Distillation Fundamentals*. (Online). <https://neutrium.net/unitoperations/distillation-fundamentals/>.
- Aziz, M. D. dan Sujio, F. A. 2014. *Pra Rencana Pabrik Etilen dan Nafta Kapasitas 700.000 Ton/Tahun*. Skripsi. Universitas Gadjah Mada.
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Indeks Harga Perdagangan Besar Menurut Sektor (Tahunan) 2000-2016*. (Online). <http://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/930>
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Indeks Harga Produsen (IHP) Indonesia Triwulan Menurut Sektor 2010-2017*. (Online). <https://www.bps.go.id/dynamictable/2015/10/31/969/indeks-harga-produsen-ihp-indonesia-triwulanan-menurutsektor-2010-100-2010-2017.html>
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *Konservasi Energi Sistem Pencahayaan*. (Online). <https://www.philips.co.id/id/c-p/8718696715185/led-bohlam-lampu/spesifikasi>

- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *Konservasi Energi Sistem Pencahayaan*.
(Online). <https://www.philips.co.id/id/p/8727900808575/lampu-linier-halogen/spesifikasi> =
- Brownell, L. E. dan Young, E. H. 1979. *Process Equipment Design*. John Wiley Eastern Limited: New York.
- Chauvel, A. dan Levebvre, G. 1989. *Petrochemical Processes*. Techcip: Paris.
- Coupard, V., Touchais, N., Plennevaux, T., Kobel, E., Fleurier, S., Vermeiren, W., Minoux, D., Smedt, P. D., Adam, C., dan Nesterenko, N. 2017. *Process for Dehydration of Ethanol Into Ethylene Using Pretreatment of The Feedstock*. US Patent Publication No. 9,725,376 B2.
- Craig, B. D. dan Anderson, D. B. 1995. *Handbook of Corrosion Data*. ASM International: Colorado.
- Daniel, W. 2012. *Laporan Kerja Praktek PT. Molindo Raya Industrial*. Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Bandung.
- Engineers Guide. 2011. *Types of Reactor Used for Chemical Reactions and Chemical Process*. (Online).
<http://enggyd.blogspot.co.id/2011/05/types-ofreactors.html>
- Haar, L. dan John S. G. 1978. *Thermodynamic Properties of Ammonia*. Jurnal Phys. Chem. Ref. Data, Volume 7, Nomor 3.
- Hadi, A. 2007. *Pengolahan Limbah Cair Industri*. Jurnal Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan, (Hal: 1-40)
- Harga Bahan, www.indonesian.alibaba.com diakses pada tanggal 16 September 2022.

- ICIS. 2009. *Ethylene Prices, Markets & Analysis*. (Online). <https://www.icis.com/chemicals/ethylene/>
- Ismail, S. 1999. *Alat Industri Kimia*. Unsri: Palembang
- Kemenperin. 2017. *Industri Kimia Ketergantungan Bahan Baku Impor*. (Online). <http://www.kemenperin.go.id/artikel/3772/Industri-Kimia-ketergantunganbah-Impor> (Diakses pada 15 Januari 2022)
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- Komariah, L. N., Ramdja, A. F., dan Leonard, N. 2009. *Tinjauan Teoritis Perancangan Kolom Distilasi Untuk Pra-Rencana Pabrik Skala Industri*. *Jurnal Teknik Kimia*. 4(16): 19-27.
- Kundari, N. A., Marjanto, D., dan Ardhani, D. W. 2009. *Evaluasi Unjuk Kerja Reaktor Alir Tangki Berpengaduk Menggunakan Perunut Radioisotop*. *Jurnal Forum Nuklir*. Vol. 3(1): 49-60.
- Kusmiyati. 2014. *Kinetika Reaksi Kimia dan Reaktor; Teori dan Soal Penyelesaian dengan Scilab*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering, Third Edition*. John Wiley & Sons Inc: USA.
- Ludwig, E. E., 1997. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Volume 2, Third Edition*. Gulf Publishing Co: Houston
- McCabe, W. L., 1995. *Unit Operations of Chemical Engineering*. Mc Graw-Hill Book Co: New York.
- Matches. 2014. *Matche's Process Equipment Cost Estimates*. (online).www.matche.com.

- Perry, R. H. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook, 7th Edition*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- Peters, M. S. dan K. D. Timmerhaus. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Fourth Edition*. Mc Graw-Hill Book Co: New York.
- Peterson, C. J., dkk. 2015. *Processes for Producing Acrylic Acid and Acrylates*. US Patent Publication No. 9,193,661 B2.
- Pilling, M., Holden, dan Bruce, S. 2009. *Choosing Trays and Packings for Distillation*. CEP (Chemical Engineering Progress): 44-50.
- Plant Cost index (2022). Retrieved 20th of November, 2021, from <https://www.chemengonline.com/site/plant-cost-index/>
- PSE. 2017. *Multitubular Reactors*. (Online). <https://www.psenterprise.com/sectors/chemicals/reaction/cases/multitubular-reactors>.
- Putri, S. K. 2013. *Penggunaan Reaktor Fixed Bed dan Fluidized Bed dalam Industri*.(Online).http://www.academia.edu/7756836/PENGGUNAA_N_REAKTOR_FIXED_BED_DAN_FLUIDIZED_BED_DALAM_I_NDUSTR
- Rachmaniar, R. 2015. *Macam-macam Reaktor, Natural Gas Reforming, Downstream Process*. Resume Teknik Reaksi Kimia. Program Studi Diploma III Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- Rongli et. al. 2017. *Dehydration Kinetics for Coal-Based Isobutanol on Al₂O₃*. Xi'an Jiaotong University: Cina

- Sinnot, R. K. 2005. *Coulson & Richardson's Chemical Engineering, Volume 6, Fourth Edition: Chemical Engineering Design*. Elsevier Butterworth-Heinemann: Oxford
- Smith, J. M. dan H. C. Van Ness. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, Sixth Edition*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- Treyball, R. E. 1980. *Mass Transfer Operation*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- United States Patent Office. No.0050896 (2017). *Method For Producing Isobutylene From Isobutanol*, Japan
- United States Patent Office. No.0177250 A1 (2019). *Method For Producing Separating And Method For Producing Isobutylene*, Japan
- United States Patent Office. No.10,464,860 B2 (2019). *Method For Producing Isobutylene From Isobutanol*, Japan
- United States Patent Office. No.3,479,416 (1969). *Production Of Isobutylene From Isobutane*, Germany
- United States Patent Office. No.4,570,026 (1986). *Production Of Isobutylene From Methyl Tertiary Butyl Ether*, Japan
- United States Patent Office. No.4,873,391 (1989). *Process For Producing Isobutylene*, Japan
- Vilbrandt, F. C. dan Dryden, C. E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design, Fourth Edition*. Japan: McGraw-Hill Book Company.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. Butterworth-Heinemann: New York.

Welty et. al. 2008. *Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer, Fifth*

Edition. John Wiley & Sons Inc: USA.

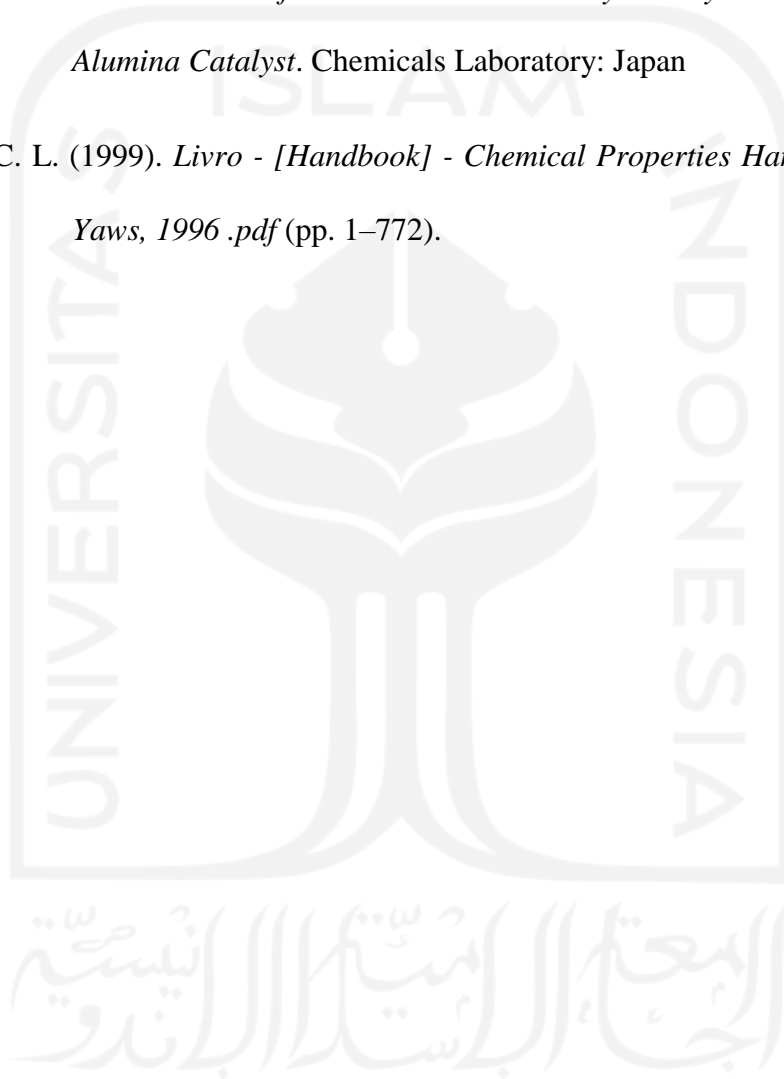
Werner, V. S. 2014. *Refrigerants and Specialities*. Tega: Wuerzburg.

Wataru et. al. *Conversion of Isobutanol Into Isobutylene By Dehydration Oer*

Alumina Catalyst. Chemicals Laboratory: Japan

Yaws, C. L. (1999). *Livro - [Handbook] - Chemical Properties Handbook - C.L.*

Yaws, 1996 .pdf (pp. 1–772).



LAMPIRAN

PERANCANGAN REAKTOR

Jenis	: Fixed Bed Reactor
Fungsi	: Tempat terjadinya reaksi dehidrasi isobutanol dengan bantuan katalis alumina menjadi Isobutene
Kondisi Operasi	
Suhu	= 340°C
Tekanan	= 1 Atm
Konversi	= 100%
Reaksi	= Endotermis
Tujuan Perancangan	
	<ol style="list-style-type: none">1. Menentukan Jenis Reaktor2. Menghitung Neraca Massa3. Menghitung Neraca panas4. Perancangan Reaktor

1. Menentukan Jenis Reaktor

Di pilih reaktor fixed bed dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a. Zat pereaksi berupa fase gas dengan katalis padat

- b Umur katalis panjang 12-15 bulan
- c Reaksi endotermis sehingga diperlukan luas perpindahan panas yang besar
- d Tidak di perlukan pemisahan katalis dari gas keluaran reaktor
- e Konstruksi reaktor fixed bed lebih sederhana jika dibandingkan dengan reaktor fluidized bed sehingga biaya pembuatan, operasione dan perawatan relatif murah

2. Neraca Massa Reaktor

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
C ₄ H ₁₀ O	5886,5030	
C ₄ H ₈ (isobutene)		4208,7542
C ₄ H ₈ (isobutene)		48,1102
C ₄ H ₈ (isobutene)		86,4202
C ₄ H ₈ (isobutene)		110,0299
C ₄ H ₁₀		1,3841
H ₂ O	5,8885	1437,3090
O ₂		0,3818
Total (Kg/Jam)	5892,3895	5892,3895

Reaksi yang terjadi di dalam reaktor

Catalyst



3. Neraca Panas

Heat of input – Heat of Output + Heat of generation – Heat Transfer = Acc

$$H|_{z-H}|_{z+\Delta z} + (-ra) \cdot \Delta HR \cdot V - U \cdot A (T - T_{ref}) = 0$$

$$H|_{z-H}|_{z+\Delta z} = - (-ra) \cdot \Delta HR \cdot V + U \cdot \Delta z \cdot \pi \cdot D (T - T_{ref})$$

$$H|_{z-H}|_{z+\Delta z} = - (-ra) \cdot \Delta HR \cdot \frac{\pi}{4} ID^2 \cdot \Delta z + U \cdot \Delta z \cdot \pi \cdot D (T - T_{ref})$$

$$\frac{H|_{z-H}|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = - (-ra) \cdot \Delta HR \cdot \frac{\pi}{4} ID^2 + U \cdot \Delta z \cdot \pi \cdot D (T - T_{ref})$$

$$\lim_{\Delta z} \frac{H|_{z-H}|_{z+\Delta z}}{\Delta z} = - (-ra) \cdot \Delta HR \cdot \frac{\pi}{4} ID^2 + U \cdot \pi \cdot D (T - T_{ref})$$

$$\frac{dH}{dz} = (-ra) \cdot \Delta HR \cdot \frac{\pi}{4} ID^2 + U \cdot \pi \cdot D (T - T_{ref})$$

Dimana:

$$H : Q : \sum F_i \cdot C_{pi} \cdot (T - T_{ref})$$

$$dH : \sum F_i \cdot C_{pi} \cdot dt$$

maka :

$$\sum F_i C_{pi} \frac{dT}{dZ} = \frac{0,9959 F_0 (-\Delta HR) \frac{dX}{dZ} - \pi D \cdot U \cdot T}{(\sum F_i C_{pi})}$$

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{0,9959 F_0 (-\Delta HR) \frac{dX}{dZ} - \pi D \cdot U \cdot T}{0,9959 F_0 (1 + x) c_{pA} + 0,9959 f_0 x \cdot c_{pB} + 0,00409 F_0 c_{pC}}$$

5. Perancangan Reaktor

a Menentukan Persamaan dx/dz

Konversi					
Isobutanol	Isobutanol	Isobutene	Air	Impuritis	Total
x=0	0,9959 F0	0	0	0,00409 F0	F0
x=1	0,9959 F0 (1-x)	0,9959 F0. x	0,9959 F0.x	0,00409 F0	F0(1+0,9959x)

Dimana :

$$F_A : 0,9959 F_0 (1-x)$$

$$dF_A : -0,9959 F_0 dx$$

$$Ca = y_A \frac{P}{R.T}$$

$$y_A = \frac{9F_0(1-x)}{F_0(1+0,9959x)}$$

Maka;

$$-0,9959F_0 \frac{dx}{dz} = -\frac{\pi}{4} D^2 \rho_B \cdot k \cdot \frac{0,9959 F_0(1-x)}{F_0(1+0,9959x)} + \frac{P}{RT}$$

$$\frac{dx}{dz} = \frac{\pi D^2 \rho_B \cdot P \cdot k}{4F_0 R.T} \cdot \frac{(1-x)}{(1+0,9959x)}$$

b Menentukan Pressure Drop

Menggunakan Persamaan Ergun 11.6

$$\frac{dP}{dz} = -\frac{G}{\rho_g \cdot g \cdot D_p} \times \frac{1-\epsilon}{\epsilon^2} \times \left[\frac{150(1-\epsilon)\mu}{D_p} + 1,75G \right]$$

Dimana :

G = Kecepatan aliran massa gas dalam pipa, gr/cm³

K = Densitas gas, gr/cm³

Dp = Densitas pertikel katalisator, cm

g = Gaya Gravitasi, cm/det

l = Porosity tumpukan katalisator

m = Viskositas gas, gr/cm jam

Untuk menentukan tinggi dari reaktor tersebut digunakanlah ketiga persamaan diferensial berikut dengan menggunakan metode Euler, Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

Persamaan :

$$\frac{dx}{dz} = - \frac{\pi D^2 \rho_B \cdot P \cdot k}{4 F_0 R \cdot T} \cdot \frac{(1-x)}{(1+0,9959x)}$$

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{0,9959 F_0 (-\Delta HR) \frac{dX}{dZ} - \pi D \cdot U \cdot T}{0,9959 F_0 (1+x) cp_A + 0,9959 f_0 x \cdot cp_B + 0,00409 F_0 cp_C}$$

$$\frac{dP}{dZ} = - \frac{G}{\rho g \cdot g \cdot D_p} \times \frac{1-\epsilon}{\epsilon^2} \times X \left[\frac{150(1-\epsilon)\mu}{D_p} + 1,75G \right]$$

Hasil :

z (m)	x	T (K)	P(Kpa)
0	0	613	101,325
0,1000	0,048664865	612,9042397	101,3249879
0,2000	0,092828293	612,821637	101,3249758
0,3000	0,133251489	612,7488779	101,3249637
0,4000	0,1705052	612,6837535	101,3249516
0,5000	0,205030638	612,624719	101,3249395
0,6000	0,237177352	612,570652	101,3249274
0,7000	0,267227915	612,5207122	101,3249153
0,8000	0,295414644	612,4742539	101,3249032
0,9000	0,321931303	612,4307707	101,3248911
1,0000	0,346941505	612,389858	101,324879
1,1000	0,370584893	612,3511876	101,3248669
1,2000	0,392981787	612,3144897	101,3248548
1,3000	0,414236721	612,2795398	101,3248427
1,4000	0,434441191	612,2461489	101,3248306
1,5000	0,453675822	612,2141569	101,3248186
1,6000	0,472012082	612,1834264	101,3248065
1,7000	0,489513674	612,1538392	101,3247944
1,8000	0,506237657	612,1252924	101,3247823
1,9000	0,522235376	612,0976962	101,3247702

z (m)	x	T (K)	P(Kpa)
2,0000	0,537553224	612,0709718	101,3247581
2,1000	0,552233281	612,0450493	101,324746
2,2000	0,566313853	612,0198668	101,3247339
2,3000	0,579829921	611,995369	101,3247218
2,4000	0,592813531	611,9715065	101,3247097
2,5000	0,605294122	611,9482347	101,3246976
2,6000	0,617298811	611,9255136	101,3246855
2,7000	0,628852636	611,9033068	101,3246734
2,8000	0,639978772	611,8815813	101,3246613
2,9000	0,650698715	611,860307	101,3246492
3,0000	0,661032444	611,8394566	101,3246371
3,1000	0,670998565	611,8190047	101,324625
3,2000	0,680614439	611,7989284	101,3246129
3,3000	0,689896288	611,7792063	101,3246008
3,4000	0,698859301	611,759819	101,3245887
3,5000	0,707517717	611,7407483	101,3245766
3,6000	0,715884905	611,7219774	101,3245645
3,7000	0,723973437	611,7034908	101,3245524
3,8000	0,73179515	611,685274	101,3245403
3,9000	0,739361199	611,6673136	101,3245282
4,0000	0,746682117	611,649597	101,3245161
4,1000	0,753767855	611,6321126	101,324504

z (m)	x	T (K)	P(Kpa)
4,2000	0,760627825	611,6148492	101,3244919
4,3000	0,767270941	611,5977968	101,3244798
4,4000	0,773705652	611,5809456	101,3244678
4,5000	0,779939976	611,5642867	101,3244557
4,6000	0,785981524	611,5478115	101,3244436
4,7000	0,791837535	611,531512	101,3244315
4,8000	0,79751489	611,5153807	101,3244194
4,9000	0,803020145	611,4994105	101,3244073
5,0000	0,808359545	611,4835946	101,3243952
5,1000	0,813539043	611,4679268	101,3243831
5,2000	0,818564322	611,452401	101,324371
5,3000	0,823440807	611,4370115	101,3243589
5,4000	0,828173682	611,4217529	101,3243468
5,5000	0,832767903	611,4066202	101,3243347
5,6000	0,837228213	611,3916084	101,3243226
5,7000	0,841559149	611,3767129	101,3243105
5,8000	0,845765061	611,3619295	101,3242984
5,9000	0,849850113	611,3472537	101,3242863
6,0000	0,853818301	611,3326818	101,3242742
6,1000	0,857673457	611,3182099	101,3242621
6,2000	0,86141926	611,3038344	101,32425
6,3000	0,865059241	611,2895518	101,3242379

z (m)	x	T (K)	P(Kpa)
6,4000	0,868596794	611,2753588	101,3242258
6,5000	0,87203518	611,2612524	101,3242137
6,6000	0,875377535	611,2472294	101,3242016
6,7000	0,878626876	611,233287	101,3241895
6,8000	0,881786105	611,2194224	101,3241774
6,9000	0,884858017	611,205633	101,3241653
7,0000	0,887845303	611,1919163	101,3241532
7,1000	0,890750557	611,1782699	101,3241411
7,2000	0,893576276	611,1646914	101,324129
7,3000	0,896324871	611,1511785	101,324117
7,4000	0,898998665	611,1377292	101,3241049
7,5000	0,901599898	611,1243414	101,3240928
7,6000	0,904130734	611,1110131	101,3240807
7,7000	0,90659326	611,0977424	101,3240686
7,8000	0,908989493	611,0845275	101,3240565
7,9000	0,911321379	611,0713666	101,3240444
8,0000	0,9135908	611,058258	101,3240323
8,1000	0,915799573	611,0452002	101,3240202
8,2000	0,917949455	611,0321915	101,3240081
8,3000	0,920042146	611,0192305	101,323996
8,4000	0,922079287	611,0063156	101,3239839
8,5000	0,92406247	610,9934455	101,3239718

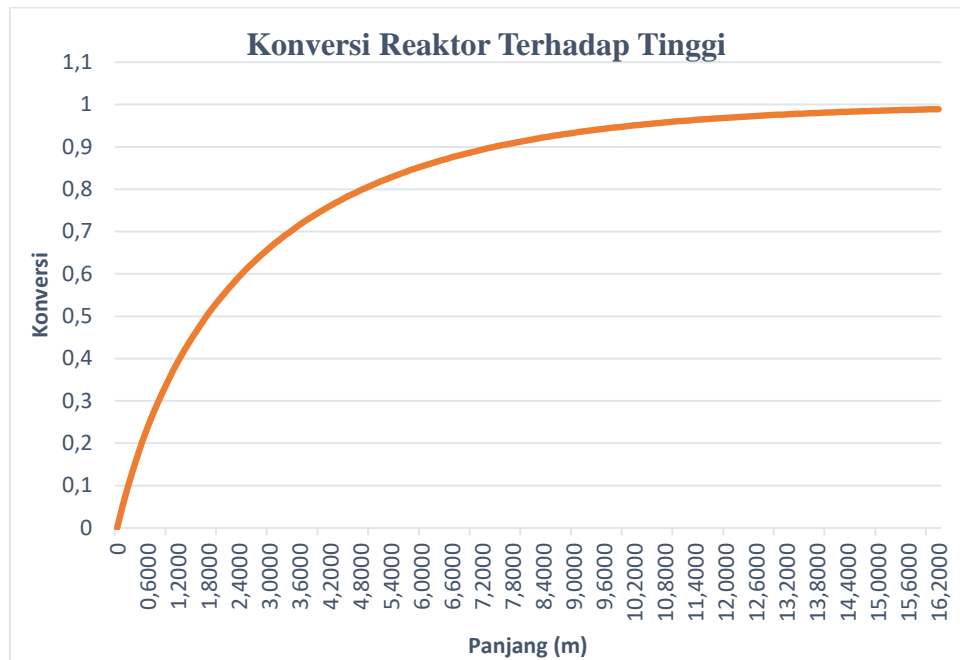
z (m)	x	T (K)	P(Kpa)
8,6000	0,92599323	610,9806188	101,3239597
8,7000	0,927873056	610,9678342	101,3239476
8,8000	0,929703389	610,9550905	101,3239355
8,9000	0,931485623	610,9423864	101,3239234
9,0000	0,933221108	610,9297209	101,3239113
9,1000	0,934911153	610,9170926	101,3238992
9,2000	0,936557024	610,9045006	101,3238871
9,3000	0,938159948	610,8919438	101,323875
9,4000	0,939721117	610,8794212	101,3238629
9,5000	0,941241682	610,8669317	101,3238508
9,6000	0,942722762	610,8544745	101,3238387
9,7000	0,94416544	610,8420486	101,3238266
9,8000	0,945570767	610,8296531	101,3238145
9,9000	0,946939763	610,8172871	101,3238024
10,0000	0,948273417	610,8049499	101,3237903
10,1000	0,949572688	610,7926406	101,3237782
10,2000	0,950838507	610,7803583	101,3237662
10,3000	0,952071776	610,7681025	101,3237541
10,4000	0,953273374	610,7558723	101,323742
10,5000	0,954444151	610,743667	101,3237299
10,6000	0,955584934	610,7314859	101,3237178
10,7000	0,956696524	610,7193284	101,3237057

z (m)	x	T (K)	P(Kpa)
10,8000	0,957779702	610,7071938	101,3236936
10,9000	0,958835223	610,6950815	101,3236815
11,0000	0,959863822	610,6829909	101,3236694
11,1000	0,960866214	610,6709214	101,3236573
11,2000	0,961843092	610,6588724	101,3236452
11,3000	0,96279513	610,6468433	101,3236331
11,4000	0,963722983	610,6348337	101,323621
11,5000	0,964627287	610,622843	101,3236089
11,6000	0,965508661	610,6108707	101,3235968
11,7000	0,966367707	610,5989162	101,3235847
11,8000	0,967205008	610,5869793	101,3235726
11,9000	0,968021132	610,5750592	101,3235605
12,0000	0,968816634	610,5631557	101,3235484
12,1000	0,969592048	610,5512683	101,3235363
12,2000	0,970347899	610,5393965	101,3235242
12,3000	0,971084693	610,52754	101,3235121
12,4000	0,971802926	610,5156983	101,3235
12,5000	0,972503077	610,503871	101,3234879
12,6000	0,973185614	610,4920578	101,3234758
12,7000	0,973850992	610,4802584	101,3234637
12,8000	0,974499653	610,4684723	101,3234516
12,9000	0,975132028	610,4566992	101,3234395

z (m)	x	T (K)	P(Kpa)
13,0000	0,975748536	610,4449387	101,3234275
13,1000	0,976349585	610,4331907	101,3234154
13,2000	0,97693557	610,4214546	101,3234033
13,3000	0,977506878	610,4097302	101,3233912
13,4000	0,978063885	610,3980173	101,3233791
13,5000	0,978606956	610,3863155	101,323367
13,6000	0,979136447	610,3746245	101,3233549
13,7000	0,979652705	610,3629441	101,3233428
13,8000	0,980156067	610,351274	101,3233307
13,9000	0,980646861	610,3396139	101,3233186
14,0000	0,981125408	610,3279636	101,3233065
14,1000	0,981592018	610,3163228	101,3232944
14,2000	0,982046994	610,3046913	101,3232823
14,3000	0,982490631	610,2930689	101,3232702
14,4000	0,982923218	610,2814553	101,3232581
14,5000	0,983345033	610,2698503	101,323246
14,6000	0,983756349	610,2582537	101,3232339
14,7000	0,984157432	610,2466653	101,3232218
14,8000	0,984548539	610,2350848	101,3232097
14,9000	0,984929924	610,2235121	101,3231976
15,0000	0,985301831	610,211947	101,3231855
15,1000	0,985664498	610,2003893	101,3231734

z (m)	x	T (K)	P(Kpa)
15,2000	0,98601816	610,1888388	101,3231613
15,3000	0,986363041	610,1772954	101,3231492
15,4000	0,986699364	610,1657588	101,3231371
15,5000	0,987027343	610,1542288	101,323125
15,6000	0,987347187	610,1427055	101,3231129
15,7000	0,987659101	610,1311884	101,3231008
15,8000	0,987963285	610,1196776	101,3230887
15,9000	0,988259930	610,1081729	101,3230767
16,0000	0,988549228	610,096674	101,3230646
16,1000	0,988831360	610,0851809	101,3230525
16,2000	1,0000000000	610,0736935	101,3230404

Dipilih tinggi Bed 16,2 meter dengan konversi 100%



c Menghitung Berat Katalis

$$W = S \cdot \rho_b \cdot z$$

$$W = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot \rho_b \cdot z$$

$$W = 3,14 \times \frac{1,8^2}{4} \times 3965 \times 16,2$$

$$W = 163370,2122 \text{ kgcat}$$

d Menghitung Ukuran Reactor

1) Menghitung Volume Shell Reaktor

Volume dibuat oversize sebesar 13,5% dengan alasan keselamatan

$$V_{bed} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot z \cdot (1 + 0,135)$$

$$V_{bed} = \frac{3,14 \times 1,8^2}{4} \times 16,2 \times (1 + 0,135)$$

$$V_{bed} = 46,7654958 \text{ m}^3$$

$$V/Z = \frac{46,7654958}{16,2} = 2,886759$$

2) Menghitung Diameter Shell Reaktor

$$V_{bed} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{V/Z \cdot 4}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{2,886759 \times 4}{3,14}}$$

$$D = 1,917654818 \text{ m} = 75,49826194 \text{ in}$$

3) Menghitung Tebal dan Dinding Reaktor

Spesifikasi

Bahan : SA-167 Grade 10 Tipe 310 Cr-20 Ni

Allowable stress (fall) : 75000 psi

Efisiensi sambungan (e) : 0,8

(Brownell and young, Hal 342)

4) Menghitung Faktor Korosi

Faktor korosi berkisar antara 0,13 mm sampai 0,5 mm/tahun

Dirancang : factor korosi = 0,5 mm/tahun

Umur reactor : 10 tahun

Maka :

$$C'' = 0,5 \text{ mm}/\text{tahun} \times 10 \text{ tahun} \times 0,001 \text{ m}/\text{mm}$$

$$C'' = 0,005 \text{ m} = 0,1969 \text{ in}$$

5) Menentukan Tekanan Perancangan

$$P_{design} = 1,5 \times P_{operasi}$$

$$P_{design} = 1,5 \times 1 \text{ atm}$$

$$P_{design} = 1,5 \text{ atm} = 151,9875 \text{ kPa} = 22,04385 \text{ psi}$$

$$P_{design} = 22,0439 \text{ psig}$$

6) Menentukan Jari-jari Dalam

$$R = \frac{D}{2}$$

$$R = \frac{1,917654818}{2}$$

$$R = 0,958827409 \text{ m} = 37,4913097 \text{ in}$$

Dihitung dengan persamaan :

$$ts = \frac{P_{gauge} \times R_o}{fall \times e + 0,4 \times P_{design}} + C''$$

Dimana

P_{gauge} : Tekanan desain atau max, tekanan kerja yang diizinkan

(psi)

fall : Nilai tegangan material (psi) allowable stress

e : Effisiensi sambungan

Ro : Radius luar (in)

D : Diameter luar (in)

Ts : Ketebalan dinding (in)

$$ts = \frac{P_{design} \times Ro}{f \times e + 0,4 \times P_{design}} + C''$$

$$ts = \frac{151,9875 \text{ kPa} \times 37,4913097 \text{ in}}{75000 \text{ psi} \times 0,8 + 0,4 \times 151,9875 \text{ kPa}} + 0,1969 \text{ in}$$

$$ts = 0,210717398 \text{ in}$$

Digunakan tebal standar $\frac{1}{4}$ in

Sehingga

$$OD \text{ dari shell reaktor} = 2 \times ts + D$$

$$OD = 2 \times 0,25 \text{ in} + 75,49826194 \text{ in}$$

$$OD = 75,99826194 \text{ in}$$

Dipilih OD standar 78 in

(Brownell and young, Hal 91)

e Menghitung dan Menentukan Head

Bahan yang digunakan untuk head sama dengan bahan shell yaitu SA-167

Grade 10 Tipe 310 Cr-20 Ni dan untuk tekanan operasi < 15 bar, head yang

digunakan berjenis torispherical dishead.

(Brownell and young, 1959)

1) Menghitung Tebal Head

$$ID_{baru} = OD_{standar} - 2 \times ts$$

$$ID_{baru} = 78 \text{ in} - 2 \times 0,210717398 \text{ in}$$

$$ID_{baru} = 77,5 \text{ in}$$

Diketahui

$$r : 78$$

$$icr : 4,75$$

(Brownell and young, Hal 91)

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

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{170}{11}} \right)$$

$$W = 4,855263158 \text{ in}$$

$$th = \frac{P \cdot r \cdot W}{2(f \cdot E - 0,1 \cdot P)}$$

$$th = \frac{22,0439 \text{ psig} \times 78 \times 4,852263158 \text{ in}}{2(75000 \times 0,8 - 0,1 \times 22,0439 \text{ psig})}$$

$$th = 0,069571 \text{ in}$$

Maka dipilih th sesuai standar 3/16 in

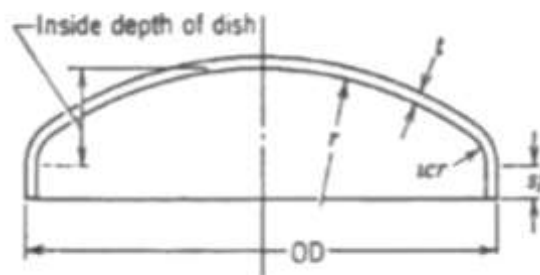
\

2) Straight flange

Straight flange menurut buku Brownell, Hal 93 berkisar dari 1,5 hingga 3 in

Maka dipilih SF maximum karena diameter lebih dari 60 in

$$SF = 3 \text{ in} = 0,0762 \text{ m}$$



Keterangan :

t = tebal head

OD = diameter luar

sf = *straight flange*

icr = *knuckle radius*

r = jari-jari

3) Menentukan Tinggi Head

$$H = \text{inside depth} + t + sf$$

$$H_{\text{head}} = r - \sqrt{(r - icr)^2 - \left(\frac{ID}{2} - icr\right)^2} + t + sf$$

$$H_{\text{head}} = 78 - \sqrt{(78 - 4,75)^2 - \left(\frac{77,5 \text{ in}}{2} - 11\right)^2} + 0,1875 \text{ in} + 3 \text{ in}$$

$$H_{head} = 16,30635867 \text{ in} = 0,41418151 \text{ m}$$

Maka

$$H_{head \text{ total}} = H_{bed} + 2 \cdot H_{head}$$

$$H_{head \text{ total}} = 16,2 \text{ m} + 2 \times 0,41418151 \text{ m}$$

$$H_{head \text{ total}} = 17,02836302 \text{ m}$$

4) Menentukan Volume Head

$$V_{head} = 0,000049 \cdot ID^3$$

Keterangan

ID : Diameter dalam vessel (in)

V : Volume head piringan torispherical keflens lurus (ft³)

$$V_{head} = 0,000049 \cdot ID^3$$

$$V_{head} = 0,000049 \cdot (77,5 \text{ in})^3$$

$$V_{head} = 22,80873438 \text{ ft}^3 = 0,64587037 \text{ m}^3$$

f Menentukan Volume Total Reaktor

$$V_{total} = V_{bed} + 2 \cdot V_{head}$$

$$V_{total} = 46,7654958 \text{ m}^3 + 2 \times 0,64587037 \text{ m}^3$$

$$V_{total} = 48,05723654 \text{ m}^3$$

g Menghitung Tebal Isolasi

Asumsi : Suhu dinding luar isolator 50°C dan suhu udara di luar 35°C

Bahan dinding reaktor digunakan SA-167 Grade 10 Tipe 310 Cr-20 Ni dengan spesifikasi :

K : 19 W/m°C

ρ : 7,85 kg/m³

Bahan isolasi reaktor digunakan Asbestos Felts, 20 lamination dengan spesifikasi :

k : 0,095 W/m.C

ρ : 570 kg/m³

Data :

r_1 : Jari-jari dalam *shell*

r_2 : jari-jari luar *shell*

r_3 : jari-jari luar isolator

q_1 : konveksi dari gas ke *shell*

q_2 : konduksi melalui *shell* dinding reaktor

q_3 : konduksi melalui isolator

q_4 : konveksi dari permukaan luar isolator ke udara

T_0 : suhu dinding dalam reaktor

T_1 : suhu dinding luar reaktor

T_2 : suhu dinding luar isolator (50 C)

T_u : suhu udara luar (30 C)

Bila suhu udara luar diasumsikan 35 C dan suhu permukaan luar isolasi (T_3) adalah 50 C maka diperoleh T bulk (T_f) :

$$T_f = \frac{T_2 + T_u}{2}$$

$$T_f = 315,5 \text{ K}$$

Sifat udara pada temperatur 315,15 K diperoleh dengan menghitung secara interpolasi dengan menggunakan data pada tabel A-5 Holman, 1986.

ρ udara	: 1,121786 kg/m ³
C_p	: 1,0011277 KJ/kg.C
μ	: 1,91712 x 10 ⁻⁵ kg/m.s
ν	: 1,72617 x 10 ⁻⁵ m ² /s
k	: 0,0274149 W/m.K
Pr	: 0,70459
β (1/ T_f)	: 3,1934E-03 K
g	: 9,807 m/s ²
H reaktor	: 17,9810 m
R_1	: 0,9 m
R_2	: 0,9588 m

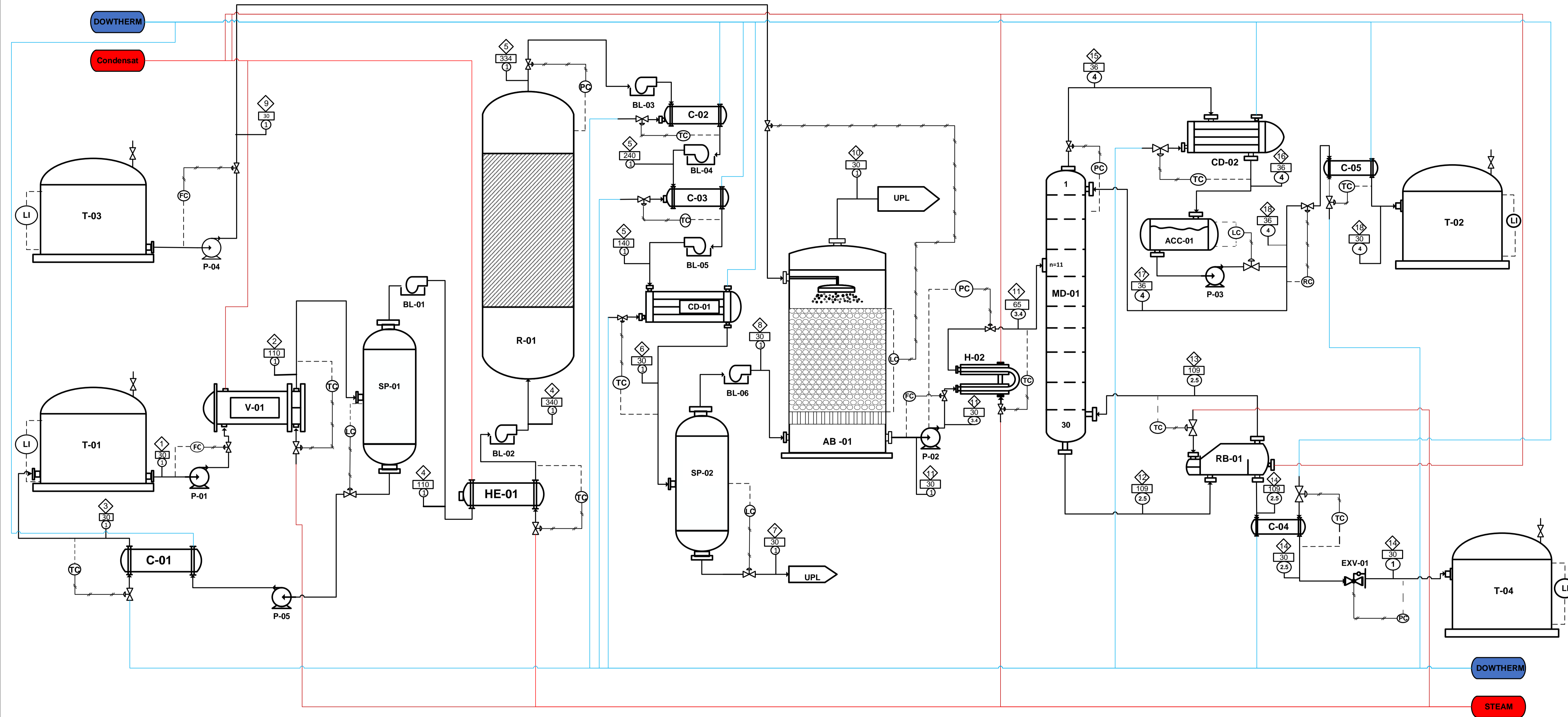
Didapatkan nilai R_3 berdasarkan trial yaitu 1,127878812 m sehingga diperoleh tebal isolasi yang akan digunakan adalah

$$R_{\text{isolasi}} = R_3 - R_2$$

$$R_{\text{isolasi}} = 0,169051 \text{ m}$$

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRA RANCANGAN PABRIK ISOBUTENE DARI ISOBUTANOL DENGAN KAPASITAS 33.000 TON/TAHUN




KOMPONEN	Nomor Arus (kg/jam)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
C ₄ H ₁₀ O	7358.1288	7358.1288	1471.625757	5886.503														
i-C ₄ H ₈					4208.7542	4208.7542		4208.7542		42.0875	4166.6667	5.7220	1.5552978	4.1667	4755.2857	4755.2857	592.7857	4162.5000
1-C ₄ H ₈					48.1102	48.1102		48.1102		48.1102								
cis-C ₄ H ₈					86.4202	86.4202		86.4202		86.4202								
trans-C ₄ H ₈					110.0299	110.0299		110.0299		110.0299								
C ₄ H ₁₀					1.3841	1.3841		1.3841		1.3841								
H ₂ O	7.3581	7.3581	1.471625757	5.886503	1437.3090	1437.3090	1437.3090		82.93853913		82.9385	113.8962	30.958344	82.9379	0.0008	0.0008	0.0001	0.0007
O ₂					0.3818	0.3818		0.3818		0.3818								
t-BuOH									16504.76929		16504.7693	22659.8076	6159.2044	16500.6033	4.7593	4.7593	0.5933	4.1660
Total	7365.4869	7365.4869	1473.0974	5892.3895	5892.3895	5892.3895	1437.30904	4455.0805	16587.70783	288.4138	20754.3745	22779.4258	6191.718	16587.7078	4760.0457	4760.0457	593.3791	4166.6667

KETERANGAN ALAT	
AB	ABSORBER
ACC	ACCUMULATOR
BL	BLOWER
C	COOLER
CD	CONDENSOR
EXV	EXPANSION VALVE
H	HEATER
MD	MENARA DESTILASI
P	POMPA
R	REAKTOR
RB	REBOILER
SP	SEPARATOR
T	TANGKI
V	VAPORIZER

Keterangan Instrumen	
FC	Flow Controller
LC	Level Controller
LI	Level Indicator
PC	Pressure Controller
RC	Ratio Controller
TC	Temperature Controller

Keterangan Instrumen	
◇	Nomor Arus
□	Suhu
○	Tekanan
⊗	Control Valve
—	Pipe
⚡	Sinyal Pneumatik
---	Sinyal Elektrik



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK ISOBUTENE DARI ISOBUTANOL
DENGAN KAPASITAS 33.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :

1. <u>Narisha Anggitha Putri</u>	18521064
2. <u>Fajri Satria</u>	18521197

Dosen Pembimbing :

1. <u>Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.</u>	
2. <u>Ariany Zulkarna, S.T., M.Eng.</u>	

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Naritha Anggitha Putri

No. MHS : 18521064

2. Nama Mahasiswa : Fajri Satria

No. MHS : 18521197

Judul Prarancangan *) : PRARANCANGAN PABRIK ISOBUTENE DARI ISOBUTANOL KAPASITAS 33.000 TAHUN/TON

Mulai Masa Bimbingan : **6 Desember 2021**

Batas Akhir Bimbingan : **2 Desember 2022**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	17/12/2021	Perkenalan dan pengarahan	<i>[Signature]</i>
2.	04/02/2022	Bimbingan terkait kinetika reaksi	<i>[Signature]</i>
3.	08/02/2022	Bimbingan terkait diagram alir	<i>[Signature]</i>
4.	14/03/2022	Bimbingan terkait diagram alir	<i>[Signature]</i>
5.	04/04/2022	Bimbingan terkait neraca massa reaktor	<i>[Signature]</i>
6.	05/04/2022	Bimbingan diagram alir	<i>[Signature]</i>
7.	16/06/2022	Bimbingan diagram alir	<i>[Signature]</i>
8.	21/06/2022	Bimbingan diagram alir	<i>[Signature]</i>
9.	07/07/2022	Finalisasi diagram alir	<i>[Signature]</i>
10.	26/07/2022	Bimbingan terkait reaktor	<i>[Signature]</i>
11.	01/08/2022	Bimbingan terkait reaktor	<i>[Signature]</i>
12.	08/08/2022	Bimbingan terkait reaktor	<i>[Signature]</i>
13.	12/08/2022	Bimbingan terkait reaktor	<i>[Signature]</i>
14.	22/08/2022	Finalisasi reaktor	<i>[Signature]</i>
15.	30/08/2022	Bimbingan terkait alat pemisah dan alat transportasi	<i>[Signature]</i>
16.	19/09/22	Bimbingan utilitas dan ekonomi	<i>[Signature]</i>
17.	20/09/22	Naskah	<i>[Signature]</i>

*) **Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

