No : …..

PRARANCANGAN PABRIK
BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KOPI
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Oleh :

Nama : Jhody Asharie Rizqi
NIM : 20521167

Nama : Yanti Anggraini
NIM : 20521178

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

PRARANCANGAN PABRIK

PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KOPI
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Jhody Asharie Rizqi	Nama : Yanti Anggraini
Nim : 20521167	Nim : 20521178

Yogyakarta, 03 Juli 2024

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

Demikian pernyataan ini saya buat, semoga dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Penyusun I	Penyusun II
Jhody Asharie Rizqi	Yanti Anggraini
NIM.20521167	NIM.20521178

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KOPI KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

TUGAS AKHIR

Disusun oleh :

Nama : Jhody Asharie Rizqi
Nim : 20521167

Nama : Yanti Anggraini
Nim : 20521178

Yogyakarta, 03 Juli 2024

Dosen Pembimbing

(Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.)

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KOPI KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Oleh :

Nama : Jhody Asharie Rizqi
Nim : 20521167

Nama : Yanti Anggraini
Nim : 20521178

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, Juli 2024

Tim Penguji,

19/8'24

Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.
Ketua

Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.
Anggota I

09/08/2024

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.
Anggota II

Mengetahui :
Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Sholeh Ma'mun, S.T.,M.T.,Ph.D.

NIK.995200445

KATA PENGANTAR

بسم الله الرحمن الرحيم

Assalamua'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur atas kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik kimia dengan baik dan tepat waktu. Shalawat serta salam selalu tercurahkan atas junjungan kita, Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat.

Tugas akhir prarancangan pabrik kimia dengan judul "Bioetanol dari Limbah Kulit Kopi Kapasitas 30.000 Ton/Tahun" disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama perkuliahan, serta sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan tugas akhir ini dapat berjalan lancar atas bantuan dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini kami sebagai penyusun ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penyusun diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan motivasi dan dukungan baik moril maupun materil selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T., IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Prodi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan waktu, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penyelesaian tugas akhir ini.
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmunya.
8. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
9. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia angkatan 2020 yang selalu memberikan dukungan serta saling membagikan ilmunya.
10. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu dalam membantu penyusunan laporan tugas akhir prarancangan pabrik kimia ini dengan tulus dan ikhlas

Demikian laporan tugas prarancangan pabrik kimia ini kami susun. Penyusun mengharapkan semoga laporan ini dapat diambil manfaatnya sehingga

dapat memberikan inspirasi terhadap pembaca dan diri penyusun sendiri. Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

LEMBAR PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada:

Aminah selaku mamah begitu juga segalanya bagi saya dan Almarhum H. Odang Zaenal sebagai orang tua saya yang telah membesarkan Jhody Asharie Rizqi dari kecil sampai menulis naskah ini yang telah memberikan kasih serta keringat capeknya sampai sekarang. Saya bingung untuk hanya untuk memberikan terima kasih juga kurang. Maka dari itu, saya persembahkan tugas akhir ini sebagai bentuk terimakasih yang kecil dan titik awal untuk bisa berjuang seterusnya untuk keluarga. Kakak saya Mia Evisha Febrina ,S.M dan Neng Dinda Alifiha, S.Tr. yang gengsi dan banyak bercanda tapi ada benarnya, saya ucapkan terimakasih telah membantu dalam menyemangati saya dalam hidup, walau banyak isengnya tapi saya bahagia dengan bangga atas kehadiran kalian. Jasmine, Shofa, Marwah, Fuzi, Keysha, Dendi, Riri, Iis, dan yang saya tidak bisa sebutkan yang lainnya saya ucapkan besar terimakasih telah memberikan doa, restu dan kebahagiaan dalam bentuk moral serta materi sehingga saya bisa menyelesaikan jenjang pendidikan sarjana ini. Semoga dengan bentuk karya ini dapat memberikan rasa bangga dan kebahagiaan bagi kalian dan saya.

Yanti Anggraini sebagai partner kerja praktik, penelitian dan tugas akhir yang telah membantu saya dalam sulitnya kegiatan tersebut sampai di fase saya menulis ini. Saya ucapkan terimakasih banyak serta maaf selalu atas kelakuan saya. Semoga dalam suka dan duka di perjalanan kita mendapatkan pengalaman yang membentuk karakter tangguh di masa depan serta semoga mimpi apa yang kita cita-citakan bisa dikabulkan oleh Allah SWT.

Keluarga dr. Robert : Edwina, Hemalia, Tanfidz, Rauza, Fatimah, Samiyah, Fani dan Yanti yang telah menemani 4 tahun perkuliahan saya di perantauan yang jauh dari keluarga. Terimakasih atas bantu akademik dan non-akademik saya untuk bisa berjuang merealisasikan mimpi saya untuk mendapatkatkan gelar sarjana ini. Maaf

saya banyak bercanda tapi serius aku sayang kalian beneran membantu suka duka yang aneh ini di Yogyakarta. Semoga mimpi kalian dan apa yang kalian cita-citakan terkabulkan. Jangan lupa terus silaturahmi walaupun kita bukan di tempat yang sama tapi pasti kita akan sukses bersama.

Teman-teman terdekat saya Farhan, Agis, Pamis, Mail, Lala, Japran, Iman, Isti, Odas, Cahyo, teman aslab OTK, teman SMP, teman SMA, teman organisasi, teman JAMTEK, teman KKN dan yang belum saya sebutkan, terimakasih kalian telah support saya dalam menemani hidup ini, sehingga bisa ada di fase ini. Saya bangga punya teman seperti kalian dan rumah tempat saling belajar. Semoga pengalaman yang seru ini bisa kita ingat bersama sebagai bentuk perjuangan kita di tempat, waktu dan kondisi berbeda menjadi kenangan yang indah.

Terakhir, untuk saya sendiri Jhody Asharie Rizqi sebagai pesan terimakasih atas perjuangan fisik, rasa dan moral. Kamu harus bangga dan ketika membaca pesan ini di masa depan kelak, ini merupakan langkah awal meraih masa depan yang tidak terbendung akan ketidaktahuan, tapi ini batu kecil untuk menggapai puncak yang lebih tinggi!.

(Jhody Asharie Rizqi)

LEMBAR PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada:

Kedua orang tua saya, Babeh dan Ibunda terkasih. Karya ini sebagai tanda pembuktian bahwa beliau telah berhasil memberikan bekal ilmu kepada putri bungsunya untuk menuju gerbang kehidupan. Dengan karya ini pula, saya ingin membuktikan bahwa Bapak dan Ibunda saya telah berhasil membimbing, mendidik, memotivasi, serta mengusahakan segala hal untuk seorang putrinya. Ilmu yang telah saya peroleh ini akan senantiasa kekal dan menjadi bekal selama masa pendewasaan hingga masa tua nanti. Tiada hal lain selain kata bangga untuk kedua orang tua terkasih ku yang telah berjuang untuk mengusahakan semuanya hingga saya dapat berada dititik ini, menulis sepatah dua patah kata persembahan untuk mu, terima kasih Embun & Pelita ku.

Tidak lupa saya persembahkan karya ini untuk Mas ku si paling “pangerten marang adine”, semoga harapan-harapan mu untukku bisa segera ku wujudkan, mohon doa dan dukungannya selalu karena hanya Mas yang menjadi pegangan dan sandaran untuk adik kecil mu ini. Terima kasih juga saya ucapkan kepada Pak De Budi, yang selalu memotivasi, mendoakan, dan yang senantiasa berbagi cerita tentang ilmu-ilmu kehidupan. Terima kasih untuk Mbak Tya, Mas Yoyo, Encus, Mbak Vinda, Mbak Indri, Biyung, Mas Haidar, dan semua keluarga tersayangku atas doa dan dukungannya.

Jhody Asharie Rizqi, manusia sunda Ciamis punya, yang setelah ini akan menyandang gelar S.T. (Sarjana Teknik), selaku partner saya dalam menyelesaikan rangkaian perjalanan panjang --kerja praktik, penelitian, dan tugas akhir ini-- di Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia. Terima kasih atas kerja kerasnya, perjuangannya, kerja samanya, dan pengertiannya. Saya sangat diuntungkan memiliki partner seperti dia, yang selalu mengerti dan memahami kondisi atas segala kesibukan saya. Jika ada yang menyuruh saya untuk bercerita tentang drama-drama per-partner-an ini, saya akan menjawab "*nothing*". Terima kasih ya om udi.

Sahabat-sahabat saya di perantauan. Kesehatan dr. Robert (Jhody, Wina, Rauza, Fatimah, Hemalia, Fani, Samiyah, Tanfidz). Dewan Petarung Mahasiswa (Fajar, Milfin, Aga, Dava, Dika, Fachril, Rizqi, Amal). TEDxUII 2.0 (Damar, Faisal, dan para manager). Teman-teman Lembaga saya (Universitas/Fakultas/Himpunan). Teman-teman Kepanitiaan saya (Universitas/Fakultas/Himpunan). Rekan Kerja saya di Lab. OTK (Periode 2022-2024). Anake Pak Wanci, unit KKN saya (Annisa, Ulfah, Denatia, Chandra, Jidan, Alfarid).

Last but not least, terima kasih kepada diri. Riuh gelombang kehidupan tidak akan pernah mengalahkan mu, bagaimana pun badainya pasti akan ada jalannya. *La Tahzan Innallaha Ma'ana (Q.S At-Taubah:40).* Bekerjalah lebih keras lagi, ada pintu-pintu kehidupan selanjutnya yang harus kita lewati bersama. Seperti biasa, nanti kita pergi beli es krim rasa coklat dan vanila untuk meredakan semua yang sedang kamu rasakan.

(Yanti Anggraini)

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING ..... **ii**
LEMBAR PERSEMBAHAN ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **xi**
DAFTAR TABEL ..... **xv**
DAFTAR GAMBAR ..... **xvii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xviii**
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN ..... **xix**
ABSTRAK ..... **xxi**
ABSTRACT ..... **xxii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik 1
1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan 4
1.2.1 Produksi Produk 4
1.2.2 Besarnya Nilai Konsumsi Bioetanol di Indonesia 5
1.2.3 Tingginya Angka Impor Bioetanol di Indonesia 7
1.2.4 Rendahnya Jumlah Ekspor ke Luar Negeri 8
1.2.5 Ketersediaan Bahan Baku 11
1.3 Tinjauan Pustaka 13
1.3.1 Bahan Baku dan Produk 13
1.3.2 Proses Pembuatan Bioetanol 16
1.3.3 Distilasi 31
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika 32
1.4.1 Tinjauan Termodinamika 32
1.4.2 Tinjauan Kinetika 34
BAB II PERANCANGAN PRODUK **37**
2.1 Spesifikasi Produk 37
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung 38
2.3 Pengendalian Kualitas 39
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku 40
2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses 40
2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk 43
BAB III PERANCANGAN PROSES **44**
3.1 Diagram Alir Proses dan Material 44

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif 44
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif 45
3.2 Uraian Proses 46
3.2.1 Persiapan Bahan Baku 46
3.2.2 Proses Hidrolisis 46
3.2.3 Proses Fermentasi 47
3.2.4 Proses Pemurnian Produk 48
3.3 Spesifikasi Alat 49
3.3.1 Spesifikasi Reaktor 49
3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah 58
3.3.3 Spesifikasi Alat Pre-Treatment 61
3.3.4 Spesifikasi Alat Pendukung 63
3.3.5 Spesifikasi Alat Penyimpanan 64
3.3.6 Spesifikasi Alat Transportasi 66
3.3.7 Spesifikasi Alat Penukar Panas 74
3.4 Neraca Massa 81
3.4.1 Neraca Massa Total 81
3.4.2 Neraca Massa Alat 82
3.5 Neraca Panas 86
BAB IV PERANCANGAN PABRIK 90
4.1 Lokasi Pabrik 90
4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik 90
4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik 92
4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout) 94
4.3 Tata Letak Alat Proses (*Process plant & equipment*) 100
4.4 Organisasi Perusahaan 104
4.4.1 Bentuk Perusahaan 104
4.4.2 Struktur Perusahaan 104
4.4.3 Tugas dan Wewenang 108
4.4.4 Pengaturan Jam Kerja 113
4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji 115
4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan 119

BAB V UTILITAS 122
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*) 122
5.2 Unit Pengolahan Air 125
5.2.1 Kebutuhan Air 131
5.3 Unit Penyedia Steam 134
5.4 Unit Penyediaan Listrik 134
5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar 140
5.6 Unit Penyediaan Udara 140
5.7 Unit Pengolahan Limbah 140
5.8 Spesifikasi Alat Utilitas 142
BAB VI EVALUASI EKONOMI 151
6.1 Penaksiran Harga Alat 152
6.2 Dasar Perhitungan 155
6.3 Perhitungan Biaya 156
6.3.1 *Capital Investment* 156
6.3.2 *Manufacturing Cost* 156
6.3.3 *General Expense* 157
6.4 Analisa Kelayakan 157
6.4.1 *Return On Investment* (ROI) 157
6.4.2 *Pay Out Time* (POT) 158
6.4.3 *Break Even Point* (BEP) 158
6.4.4 *Shut Down Point* (SDP) 159
6.4.5 *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR) 159
6.5 Hasil Perhitungan 160
6.6 Hasil Analisa Keuntungan 163
6.7 Hasil Kelayakan Ekonomi 163
6.7.1 *Return on Investment* (ROI) 163
6.7.2 *Pay On Time* (POT) 164
6.7.3 *Break Even Point* (BEP) 164
6.7.4 *Shut Down Point* (SDP) 164
6.7.5 *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR) 164
6.8 Analisa Risiko Pabrik 164
BAB VII PENUTUP 168

7.1 Kesimpulan 168
7.2 Saran 169
DAFTAR PUSTAKA 171
LAMPIRAN A 175
LAMPIRAN B 2178
LAMPIRAN C 209

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data produksi bioetanol di Indonesia 4
Tabel 1. 2 Data konsumsi bioetanol di Indonesia 5
Tabel 1. 3 Data impor bioetanol di Indonesia 7
Tabel 1. 4 Data ekspor bioetanol di Indonesia 9
Tabel 1. 5 Daftar hasil panen kopi di Indonesia 11
Tabel 1. 6 Perbandingan proses delignifikasi 19
Tabel 1. 7 Hidrolisis asam pada suhu 90 °C 23
Tabel 1. 8 Hidrolisis enzim selulase 5% 23
Tabel 1. 9 Perbandingan pemilihan proses hidrolisis 24
Tabel 1. 10 Klasifikasi Saccharomyces Cerevisae 29
Tabel 1. 11 Klasifikasi Zymomonas mobilis 30
Tabel 1. 12 Nilai Entalpi Pembentukan (Aspen Plus V14) 32
Tabel 3. 1 Spesifiasi Alat Reaktor Hidrolisis 49
Tabel 3. 2 Spesifiasi Alat Reaktor Hidrolisis (lanjutan) 51
Tabel 3. 3 Spesifiasi Alat Reaktor Fermentasi 54
Tabel 3. 4 Spesifiasi Alat Reaktor Netralizer ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 3.5 Spesifikasi Alat Mixer 54
Tabel 3. 5 Spesifikasi Alat Centrifuge 58
Tabel 3. 6 Spesifikasi Alat Rotary Filter 59
Tabel 3. 7 Spesifikasi Alat Menara Distilasi 59
Tabel 3. 8 Spesifikasi Alat Hammer Mill 61
Tabel 3. 9 Spesifikasi Alat Jet Cooker 62
Tabel 3. 10 Spesifikasi Alat Accumulator 63
Tabel 3. 11 Spesifikasi Silo Penyimpanan Bahan Baku 64
Tabel 3. 12 spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Produk 65
Tabel 3. 13 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan 66
Tabel 3. 14 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan (Lanjutan) 67
Tabel 3. 15 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan (Lanjutan) 68
Tabel 3. 16 Spesifikasi Alat transportasi Cair 69
Tabel 3. 17 Spesifikasi Alat Transportasi Cair 70
Tabel 3. 18 Spesifikasi Alat Transportasi Cair (lanjutan) 71
Tabel 3. 19 Spesifikasi Alat Transportasi Cair 69
Tabel 3. 20 Spesifikasi Alat Transportasi Cair (lanjutan) 72
Tabel 3. 21 Spesifikasi Alat Transportasi Cair (lanjutan) 73
Tabel 3. 22 Spesifikasi Alat Cooler 74
Tabel 3. 23 Spesifikasi Alat Cooler (lanjutan) 75
Tabel 3. 24 Spesifikasi Alat Cooler (lanjutan) 76
Tabel 3. 25 Spesifikasi Alat Heater 77
Tabel 3. 26 Spesifikasi Alat Reboiler 78
Tabel 3. 27 Spesifikasi Alat CD-01 79
Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik 98
Tabel 4. 2 Jadwal Kerja 114
Tabel 4. 3 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian 115

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin 131
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Steam 132
Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Service 133
Tabel 5. 4 Kebutuhan Air Proses 134
Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Alat Proses 135
Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Utilitas 137
Tabel 5. 7 Tabel Total Kebutuhan Listrik 139
Tabel 5. 8 Spesifikasi Alat Tranportasi Cairan Utilitas 142
Tabel 5. 9 Spesifikasi Alat Tranportasi Cairan Utilitas (lanjutan) 143
Tabel 5. 10 Spesifikasi Alat Tranportasi Cairan Utilitas (lanjutan) 145
Tabel 5. 11 Spesifikasi Alat Tranportasi Cairan Utilitas (lanjutan) 146
Tabel 5. 12 Bak dan Tangki Utilitas 148
Tabel 5. 13 Bak dan Tangki Utilitas (lanjutan) 150
Tabel 5. 14 Bak dan Tangki Utilitas (lanjutan) 151
Tabel 5. 15 Spesifikasi Filter Utilitas 153
Tabel 5. 16 Spesifikasi Cooling Tower Utilitas 153
Tabel 5. 17 Spesifikasi Blower Cooling Tower Utilitas 154
Tabel 5. 18 Spesifikasi Deaerator Utilitas 154
Tabel 5. 19 Spesifikasi Boiler Utilitas 155
Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat 153
Tabel 6. 2 Physical Plant Cost (PPC) 160
Tabel 6. 3 Direct Plant Cost (DPC) 160
Tabel 6. 4 Fixed Capital Investment 160
Tabel 6. 5 Direct Manufacturing Cost 161
Tabel 6. 6 Indirect Manufacturing Cost 161
Tabel 6. 7 Fixed Manufacturing Cost 161
Tabel 6. 8 Manufacturing Cost 161
Tabel 6. 9 Working Capital 162
Tabel 6. 10 General Expenses 162
Tabel 6. 11 Total Production Cost 162
Tabel 6. 12 Fixed Cost 162
Tabel 6. 13 Variabel Cost 163
Tabel 6. 14 Regulated Cost 163
Tabel 6. 15 Kesimpulan Evaluasi Ekonomi 166

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik produksi bioetanol 5
Gambar 1. 2 Grafik konsumsi bioetanol 6
Gambar 1. 3 Grafik impor bioetanol 8
Gambar 1. 4 Ekspor bioetanol 10
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif 44
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif 45
Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik Bioetanol 93
Gambar 4. 2 Lokasi Pabrik Bioetanol (lanjutan) 94
Gambar 4. 3 Layout Tata Letak Pabrik 97
Gambar 4. 4 Tata Letak Proses 100
Gambar 4. 5 Struktur Organisasi Pabrik Bioetanol 107
Gambar 5. 1 Proses Pengolahan Air 156
Gambar 6. 1 Grafik Indeks Harga vs Tahun 154
Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi 167

DAFTAR LAMPIRAN

Tabel A. 1 Komposisi Tangki Reaktor 175
Tabel A. 2 Optimasi reaktor 177
Gambar A. 1 Optimasi jumlah reaktor vs biaya reaktor..... 178
Gambar A. 2 Hubungan dimensional untuk flange and dishead head 182
Gambar A. 3 Turbine with six flat blades 187
Gambar A. 4 Hubungan dimensional untuk flange and dishead head 201
Gambar A. 5 Vertical blade turbine..... 204

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T : Temperature, ^oC

D : Diameter, m

H : Tinggi, m

P : Tekanan, psi

μ : Viskositas, cP

ρ : Densitas, kg/m^3

Q : Kebutuhan Kalor, kJ/jam

A : Luas Penampang, m^2

V : Volume, m^3

T : Waktu, jam

M : Massa, Kg

Fv : Laju Volumetrik, m^3

R : Jari-jari, in

P : *Power motor,* Hp

Ts : Tebal *shell*, in

ΔPT : *Presure drop*, psia

ID : *Inside* diameter, in

OD : *Outside* diameter, in

Th : Tebal *head*, in

Re : Bilangan Reynold

u0 : Kecepatan awal fluidisasi, m/s

Umf : Kecepatan fluidisasi minimum, m/s

F : *Allowable Stress*, psia

E : Efisiensi pengelasan

Icr : Jari-jari sudut dalam, in

Ud : Koefisien transfer panas dalam keadaan kotor, Btu/jam $ft^{2o}F$

Uc : Koefisien transfer panas dalam keadaan bersih, Btu/jam $ft^{2o}F$

Rd : Faktor pengotor

Cp ; Kapasitas Panas, Btu/lb ^oF

K : Konduktivitas termal, Btu/jam $ft^{2o}F$

JH : *Heat transfer factor*

Hi : *Inside film coefficient*, Btu/jam $ft^{2o}F$

Ho : *Outside film coefficient*, Btu/jam $ft^{2o}F$

LMTD: *Long mean temperature different*, ˚F

K : Konstanta kinetika reaksi, 1/waktu

Wf : Total *head*, in

ΔH : Entalpi, KJ/Jam

Th : Tebal *head*, in

ABSTRAK

Bioetanol merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat ditemukan secara alami. Penggunaan energi ini mengurangi ketergantungan pada energi bahan bakar minyak sehingga menjadi solusi yang relevan untuk aspek ramah lingkungan serta pembangunan berkelanjutan. Bioetanol terbuat dari bahan berselulosa yang dilakukan proses fermentasi.Produksi bioetanol bergantung pada limbah pertanian, mempertinmbangkan potensi besar Indonesia dengan sumber daya alam yang melimpah. Tanaman berselulosa ini dapat ditemukan di limbah pertanian yang biasa dianggap sisa. Indonesia merupakan salah satu produsen kopi terbesar di dunia, menurut laporan BPS 2022 produksi kopi mencapai 794,8 ribu ton dengan terus meningkat setiap tahun. Namun, biji kopilah yang menjadi utama dalam penjualan sedangkan kulit kopi hanya menjadi limbah pertanian yang dianggap remeh. Kulit kopi memiliki kandungan serat 49% selulosa, 24,5% hemiselulosa dan 7,63% lignin dimana bisa dimanfaatkan sebagai bahan utama dalam produksi bietanol. Atas dasar ini dibuat pra rancangan pabrik bioetanol berbahan dasar kulit kopi dengan kapasitas 30.000 ton/tahun. Pabrik ini dimuat menggunakan limbah kulit kopi dari perkebunan di Sumatera Selatan, karena produksi kopi di Sumatera Selatan pada tahun 2022 mencapai 212.400 ton/tahun dimana sekitar 50-60% kulit kopi dari satu buah kopi dan menjadi limbah pertanian saja. Parbrik ini direncanakan akan didirikan di Kota Palembang ditinjau dari berbagai faktornya. Tanaman kopi juga merupakan tanaman yang bisa tumbuh di semua musim, maka pabrik ini akan berproses selama 330 hari dalam 1 tahun. Proses yang dilakukan untuk mendapatkan bioetanol dari kulit kopi dilakukan proses hidrolisis menggunakan katalis asam klorida dan fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisae* sebagai khamir dalam proses fermentasi. Setelah melewati berbagai proses didapatkan kemurnian bioetanol 97,5%. Sebagai penunjang berjalannya pabrik ini, digunakan air sebesar 756.292,68 kg/jam yang besrsumber dari sungai Musi dan kebutuhan listrik 1.165,58 kW dengan pengadaan dari generator berbahan solar. Parameter kelayakan pabrik menggunakan analisis ekonomi dengan modal total investasi yang terdiri dari Penanaman Modal Tetap sebesar Rp503.654.388.238 dan Modal Kerja Rp1.405.243.392.655. Total Biaya Produksi Rp7.292.662.494.944 dan Penjulanan Tahunan Rp8.400.000.000.000 sehingga dapat keuntungan sebelum pajak Rp1.107.337.505.056 dan keuntungan setelah pajak Rp775.136.253.539. Analisa kelayakan dilihat dari nilai Return On Investment (ROI) setelah pajak 15%, Pay Out Time (POT) sebelum pajak 3,33 tahun, Pay Out Time (POT) sesudah pajak 4,28 tahun, Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) 30% Break Event Point (BEP) 50% dan Shut Down Point (SDP) 28%. Dari parameter tersebut dapat disimpulkan pabrik bioetanol dari kulit kopi ini layak untuk didirikan.

Kata kunci : Bioetanol, Kulit kopi, Hidrolisis, Fermentasi, *Sacchromyces cerevisae*

ABSTRACT

Bioethanol is one of the renewable energy sources that can be found naturally. The use of this energy reduces dependence on fossil fuels, making it a relevant solution for environmental sustainability and sustainable development. Bioethanol is made from cellulosic materials through a fermentation process. The production of bioethanol relies on agricultural waste, considering Indonesia's vast potential with abundant natural resources. These cellulosic plants can be found in agricultural waste, which is often considered residue. Indonesia is one of the world's largest coffee producers, with a production of 794,8 thousand tons in 2022, according to BPS reports, and it continues to increase every year. However, the coffee beans are the main focus of sales, while the coffee husks are merely considered agricultural waste. Coffee husks contain 49% cellulose, 24,5% hemicellulose, and 7,63% lignin, which can be utilized as the primary material in bioethanol production. Based on this, a preliminary design for a bioethanol plant with a capacity of 30.000 tons per year, using coffee husks, has been developed. This plant will utilize coffee husk waste from plantations in South Sumatra, as coffee production in South Sumatra in 2022 reached 212.4 thousand tons per year, with about 50-60% of the coffee fruit being coffee husks, which are only considered agricultural waste. The plant is planned to be established in Palembang, considering various factors. Coffee plants can also grow in all seasons, so this plant will operate for 330 days a year. The process to obtain bioethanol from coffee husks involves hydrolysis using hydrochloric acid as a catalyst and fermentation using Saccharomyces cerevisiae as the yeast in the fermentation process. After various processes, the bioethanol purity achieved is 97.5%. To support the operation of this plant, 756.292,68 kg/hour of water sourced from the Musi River and 1.165,58 kW of electricity supplied by diesel generators are used. The plant's feasibility parameters are analyzed economically, with a total investment cost consisting of Fixed Capital Investment of Rp503.654.388.238 and Working Capital of Rp1.405.243.392.655. The total production cost is Rp7.292.662.494.944 and annual sales amount to Rp8.400.000.000.000 resulting in a pre-tax profit of Rp1.107.337.505.056 and an after-tax profit of Rp775.136.253.539. Feasibility analysis shows the Return on Investment (ROI) after tax is 15%, Pay Out Time (POT) before tax is 3,33 years, Pay Out Time (POT) after tax is 4,28 years, Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) is 30%, Break Even Point (BEP) is 50%, and Shut Down Point (SDP) is 28%. From these parameters, it can be concluded that the bioethanol plant using coffee husks is feasible to be establish.

Keywords : Bioethanol, Coffee husks, Hydrolysis, Fermentation, *Sacchromyces cerevisae*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Kehidupan manusia pada era sekarang tidak terpisahkan dari peranan energi sebagai pendukung kegiatan sehari-hari. Energi memiliki peranan yang penting dalam pembangunan berkelanjutan dan sebagai alat untuk mencapai tujuan sosial, ekonomi. Akan tetapi, kita sadari bahwa energi yang sering kita dapatkan berasal dari sumber daya fosil. Penggunaan sumber daya fosil yang berkelanjutan ini memiliki dampak negatif yang telah kita rasakan di era sekarang yaitu tingginya emisi gas rumah kaca, polusi yang tidak ramah dengan makhluk hidup. Dampak negatif yang dihasilkan tersebut mengakibatkan meningkatnya suhu di bumi dan kenaikan air laut karena es di kutup mencair (Setyono et al., 2021). Disisi lain, terlepas dari dampak negatif yang ditimbulkan namun juga terdapat kekhawatiran lain akan penipisan sumber daya fosil itu sendiri. Oleh sebab itu, perlu adanya peralihan pemanfaatan energi fosil ke sumber energi terbarukan.

Sumber energi terbarukan ialah energi yang berasal dari sumber daya yang dapat diperbaharui secara alami. Manfaat utama dari penggunaan energi terbarukan adalah mengurangi ketergantungan pada energi fosil, yang merupakan langkah signifikan untuk menjaga keberlanjutan sumber daya energi. Contoh sumber energi terbarukan mencakup matahari, angin, air, dan bahan organik lainnya. Keunggulan dari energi terbarukan melibatkan aspek ramah lingkungan dan keberlanjutan, sehingga menjadi solusi yang relevan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

Bioetanol merupakan langkah untuk menggantikan penggunaan energi fosil dengan memanfaatkan sumber daya alam organik. Penggunaan bioetanol membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak non-diesel dalam sektor transportasi. Banyak penelitian telah dilakukan di berbagai negara untuk menemukan bahan baku dan proses yang ekonomis serta ramah lingkungan. Minat dalam pengembangan bioetanol meningkat, terutama sejak krisis bahan bakar minyak yang muncul akibat peningkatan konsumsi bahan bakar minyak di seluruh dunia pada awal tahun 1970-an.

Bioetanol dikelompokkan menjadi beberapa generasi berdasarkan bahan bakunya. Generasi pertama menggunakan gula atau pati dan disebut etanol gula. Generasi kedua menggunakan lignoselulosa dan disebut etanol selulosa. Generasi ketiga memanfaatkan alga dan dikenal sebagai etanol alga, sementara generasi keempat menggunakan bahan hasil modifikasi genetika atau bahan lainnya, yang disebut *Advanced Bioethanol* dalam kelompok *Advanced Biofuels* (Aiman, 2004).

Produksi bioetanol terutama bergantung pada limbah pertanian dan industri, yang terdiri dari lignoselulosa yang melibatkan selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Enzim selulotik, hemiselulolitik, dan lignolitik memainkan peran kunci dalam mendegradasi lignoselulosa, dan ini sangat penting dalam produksi bioetanol. Komposisi bahan baku, jenis mikroorganisme yang digunakan, dan kondisi fermentasi memiliki dampak signifikan terhadap produksi bioetanol (Anindyawati, 2009).

Indonesia memiliki potensi besar untuk memproduksi bioetanol, mempertimbangkan ketersediaan sumber daya alam yang melimpah di negara ini. Dengan luasnya lahan pertanian dan iklim tropisnya, Indonesia memiliki kondisi yang mendukung pertumbuhan tanaman secara subur dan cepat. Hal ini membuat Indonesia memiliki kemampuan pertanian yang produktif untuk mendukung produksi tanaman sebagai bahan baku bioetanol, khususnya dari sumber lignoselulosa.

Tanaman seperti tebu, jagung, singkong, dan bahan lain yang mengandung lignoselulosa menjadi potensi bahan baku bioetanol yang dapat didukung oleh kekayaan alam Indonesia. Selain itu, limbah pertanian, seperti limbah kulit kopi, juga dapat dijadikan bahan dasar untuk pembuatan bioetanol. Pemanfaatan limbah kulit kopi memiliki potensi besar, terutama karena Indonesia merupakan produsen kopi terbesar ketiga di dunia. Menurut laporan BPS tahun 2022, produksi kopi Indonesia mencapai 794,8 ribu ton, dengan peningkatan setiap tahun.

Limbah buah kopi, yang melibatkan daging buah (48%), kulit buah (42%), dan kulit biji (6%), dapat menjadi salah satu sumber bahan baku bioetanol. Terutama pada kopi yang masih utuh, limbah kulit kopi tersedia cukup banyak; sekitar 65% biji kopi dan 35% limbah kulit kopi dihasilkan selama proses pengolahan kopi. Limbah kulit kopi juga memiliki kandungan serat sebesar 65,2% (Syabriana, 2018).

1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan

Penentuan kapasitas produksi pabrik ini ditentukan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

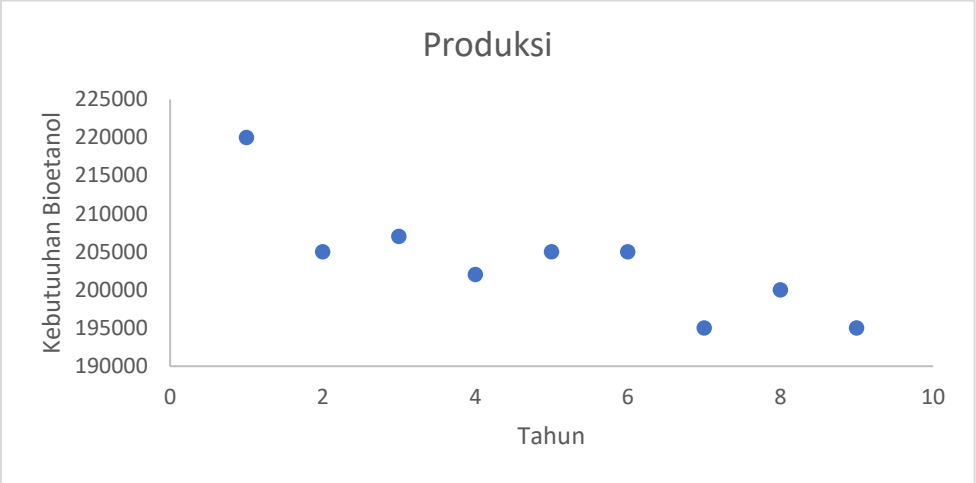
1.2.1 Produksi Produk

Berdasarkan data produksi bioetanol di Indonesia oleh Haniati dkk., (2021) dapat dilihat pada Tabel 1.1dibawah ini.

Tabel 1. 1 Data produksi bioetanol di Indonesia

Tahun	Produksi (kl)
1	220.000
2	205.000
3	207.000
4	202.000
5	205.000
6	205.000
7	195.000
8	200.000
9	195.000

Berdasarkan data tersebut maka dapat dibuat grafik seperti dibawah ini.



Gambar 1. 1 Grafik produksi bioetanol

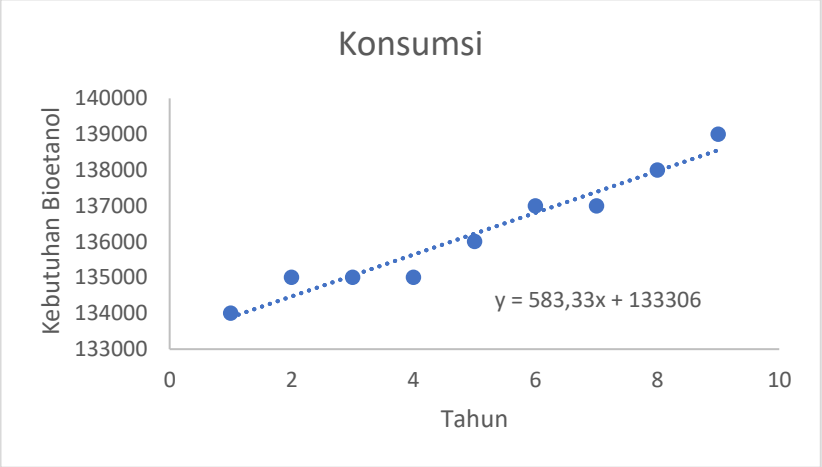
1.2.2 Besarnya Nilai Konsumsi Bioetanol di Indonesia

Jumlah konsumsi bioetanol di Indonesia berdasarkan data Haniati dkk. (2021) dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 2 Data konsumsi bioetanol di Indonesia

Tahun	Konsumsi (kl)
1	134.000
2	135.000
3	135.000
4	135.000
5	136.000
6	137.000
7	137.000
8	138.000
9	139.000

Berdasarkan data tersebut maka dapat dibuat grafik seperti dibawah ini.



Gambar 1. 2 Grafik konsumsi bioetanol

Dari grafik di atas dilakukan regresi dan didapatkan persamaan yang digunakan dalam perhitungan pertumbuhan rata-rata pertahun yang akan digunakan untuk memprediksi kapasitas pabrik bioetanol di Indonesia pada tahun 2028.

Persamaan regresi data konsumsi :

y = 583,33x + 133306

y = 583,33 (19) + 133306

y = 144.389 kiloliter

Didapatkan peluang konsumsi bioetanol di Indonesia sebesar 144.389 kiloliter/tahun.

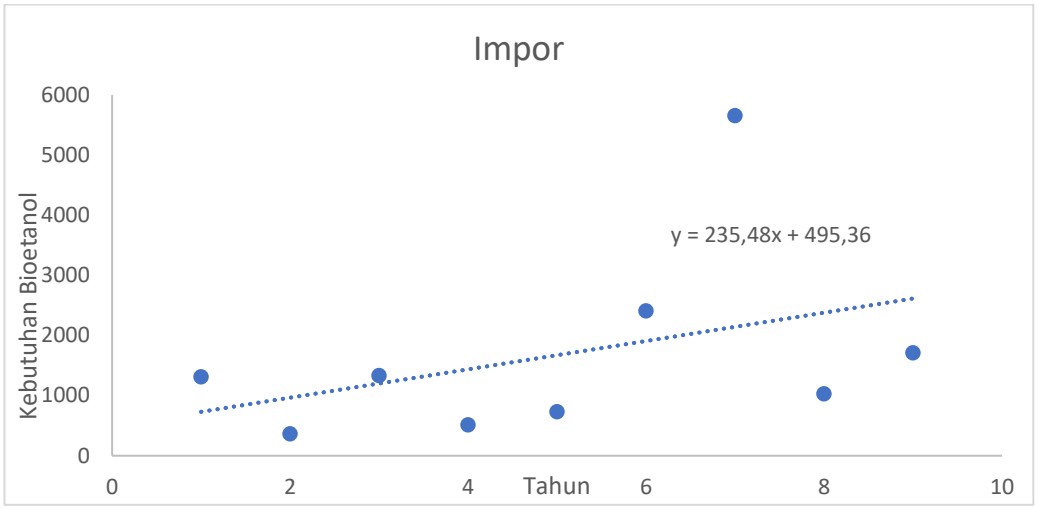
1.2.3 Tingginya Angka Impor Bioetanol di Indonesia

Tingginya kebutuhan bioetanol di Indonesia sehingga masih mengandalkan sektor impor sebagai sumber utama pemasok kebutuhan bioetanol. Berdasarkan data kebutuhan import di Indonesia menurut Haniati dkk, (2021) dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1. 3 Data impor bioetanol di Indonesia

Tahun	Impor (kl)
1	1.311
2	363
3	1.336
4	512
5	730
6	2.408
7	5.657
8	1.710

Berdasarkan data tersebut maka dapat dibuat grafik seperti dibawah ini.



Gambar 1. 3 Grafik impor bioetanol

Dari grafik di atas dilakukan regresi dan didapatkan persamaan yang digunakan dalam perhitungan pertumbuhan rata-rata pertahun yang akan digunakan untuk memprediksi kebutuhan impor bioetanol di Indonesia tahun 2028.

Persamaan regresi data impor :

$y = 235{,}48x + 495{,}36$

$y = 235{,}48\ (19) + 495{,}36$

$y = 4.969{,}48$ kiloliter

Didapatkan peluang impor bioetanol di Indonesia sebesar 4.969,48 kiloliter/tahun.

1.2.4 Rendahnya Jumlah Ekspor ke Luar Negeri

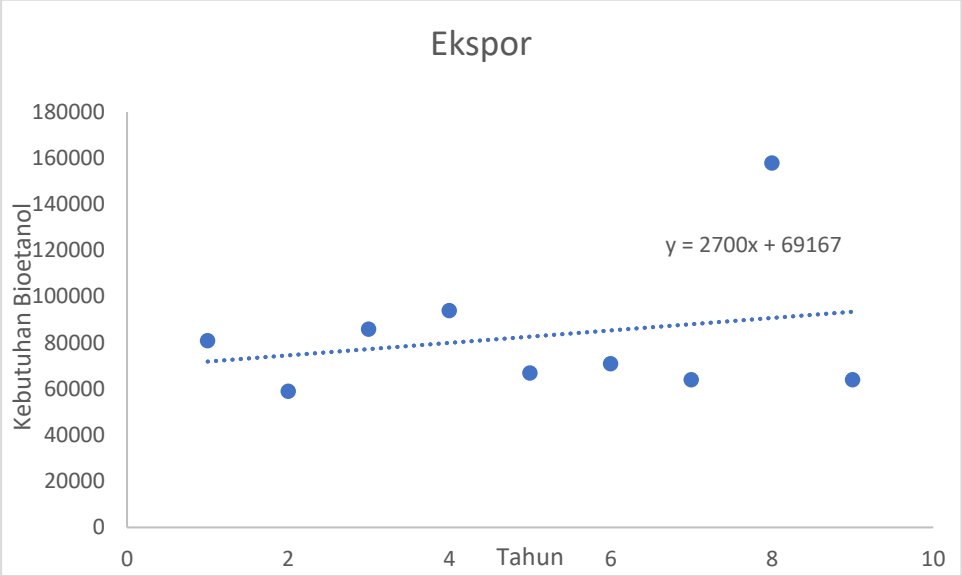
Melihat dari tingginya jumlah impor bioetanol di Indonesia dan sedikitnya jumlah produksi yang ada di dalam negeri, maka Indonesia berpeluang untuk bersaing dalam perdagangan bioetanol secara global. Hal tersebut dapat dilihat dari

kecilnya nilai ekspor bioetanol di Indonesia berdasarkan data menurut Haniati dkk., (2021) yang tertera pada Tabel 1.4 di bawah ini.

Tabel 1. 4 Data ekspor bioetanol di Indonesia

Tahun	**Ekspor (kl)**
1	81.000
2	59.000
3	86.000
4	94.000
5	67.000
6	71.000
7	64.000
8	158.000
9	64.000

Berdasarkan data diatas dapat dibuat grafik seperti dibawah ini.



Gambar 1. 4 Ekspor bioetanol

Dari grafik di atas dilakukan regresi dan didapatkan persamaan yang digunakan dalam perhitungan pertumbuhan rata-rata pertahun yang akan digunakan untuk memprediksi peluang ekspor bioetanol di Indonesia tahun 2028.

Persamaan regresi data ekspor :

$y = 2700x + 69167$

$y = 2700\ (19) + 69167$

$y = 120.467$

Didapatkan peluang ekspor bioetanol di Indonesia sebesar 120.467 kiloliter/tahun.

Berdsarkan hasil perhitungan regresi yang telah dilakukan diatas, kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai peluang. Perhitungan peluang dicari menggunakan rumus berikut :

$$Peluang = Demand - Supply$$

$$= (Ekspor + Konsumsi) - (Import + Produksi)$$

$$= (120.467 + 144.389) - (4.969{,}48 + \ 195.000\ )$$

$$= 64.886{,}52\ kiloliter$$

Nilai Densitas Etanol : 0,789 Kg/l.

$$= 64.886{,}52\ kiloliter\ x\ 0{,}789\ kg/liter$$

$$= 51.195{,}46\ ton$$

Peluang kapasitas pabrik bioetanol pada tahun 2028 setelah dilakukan perhitungan berdasarkan data *supply* dan *demand* per tahun di Indonesia adalah sebesar 51.195,46 ton.

1.2.5 Ketersediaan Bahan Baku

Data ketersediaan kopi di beberapa daerah Indonesia menurut data BPS pada tahun 2022 dapat dilihat pada Tabel 1.5 berikut :

Tabel 1. 5 Daftar hasil panen kopi di Indonesia

No.	Daerah	Produksi (ton)	Kulit Kopi (ton)
1.	Sumatera Selatan	212.400	167.584
2.	Lampung	124.500	98.230
3.	Sumatera Utara	87.000	68.643
4.	Aceh	60.100	47.419
5.	Bengkulu	60.100	47.419
6.	Jawa Timur	45.800	36.136

7.	Sulawesi Selatan	29.400	23.197
8.	Jawa Tengah	26.900	21.224
9.	Nusa Tenggara Timur	26.600	20.987
10.	Jambi	19.500	15.385
Total		**692.300**	**546.224**

Sumber : BPS

Total jumlah ketersediaan bahan baku kopi di Indonesia pada tahun 2022 sebanyak 692.300 ton. Jumlah kulit kopi yang dihasilkan yaitu sebesar 546.224 ton. Dengan data tersebut, maka bahan baku untuk membuat bioetanol dari limbah kulit kopi di Indonesia terpenuhi.

Dari informasi diatas, melihat analisis potensi ketersediaan bahan baku di Indonesia dan berbagai persaingan yang akan tumbuh pada tahun 2028 maka diputuskan akan dibuat pabrik bioetanol dengan kapasitas 60% dari persentase pertumbuhan peluang per tahun, mempertimbangkan potensi produksi kulit kopi di Sumatera dan konversi kulit kopi menjadi bioethanol itu sendiri. Maka atas pertimbangan tersebut kapasitas produksi bioetanol sebesar 30.000 ton/tahun, dan pabrik ini akan didirikan di Sumatera Selatan. Bahan baku kulit kopi diperoleh dari PT. Universal Kopi Sumatera, Palembang, Sumatera Selatan. Dimana kapasitas produksi dari PT. Universal Kopi Sumatera sebesar 8000 ton/bulan atau 96.000 ton/tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Bahan Baku dan Produk

1.3.1.1 Kulit Kopi

Kopi adalah salah satu komoditas yang paling diminati di seluruh dunia. Namun, proses produksinya menghasilkan banyak limbah padat. Sekitar 50-60% berat buah kopi menjadi limbah selama produksi, dengan kulit kopi sebagai limbah terbanyak (Kasirajan, 2017).

Kulit kopi memiliki kandungan potensial seperti karbohidrat, serat kasar, dan lignoselulosa. Komponen lignoselulosa pada kulit kopi, yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin, sangat berpotensi untuk diolah menjadi produk komersial seperti enzim, gula pereduksi, furfural, etanol, protein, dan produk lainnya (Wardhana dkk, 2019).

Kulit kopi mengandung 8-11% protein, 0,5-3% lipid, 3-7% mineral, 58-85% total karbohidrat, 43% selulosa, 7% hemiselulosa, 9% lignin, 1% kafein, dan 5% tanin (Goueva dkk, 2009). Konversi kulit kopi menjadi etanol adalah 18-25%. Karena kandungan selulosanya yang cukup tinggi, limbah kulit kopi berpotensi menjadi bahan baku untuk produksi bioetanol. Berikut ini penyusun utama dari kulit kopi :

1) Selulosa

Selulosa adalah homopolisakarida yang terdiri dari unit-unit anhidroglukopiranosa yang terhubung melalui ikatan glikosida-β-(1,4), membentuk rantai molekul glukan linier. Secara empiris, selulosa dapat dinyatakan sebagai $(C_6H_{10}O_5)n$, dengan n sebagai derajat polimerisasi yang

menunjukkan jumlah unit glukosa yang terhubung. Derajat polimerisasi selulosa pada tumbuhan berkisar antara 305 hingga 15.300 (Widjaja, 2009).

Selulosa berperan sebagai penguat batang tumbuhan, lignin melindungi selulosa dari aksi kimiawi dan biologis, sementara hemiselulosa mengikat selulosa dengan lignin (Lee, 1992). Selulosa merupakan polimer glukosa linier yang bersifat hidrofilik, dihubungkan oleh ikatan glikosida. Jumlah unit glukosa dalam satu molekul selulosa dapat bervariasi antara 15 hingga lebih dari 10.000. Polimer selulosa terdiri dari bagian kristalin dan amorf. Bagian amorf lebih mudah dihidrolisis, sementara bagian kristalin sulit dihidrolisis baik secara kimiawi maupun enzimatik (Dahot dan Noomrio, 1996).

2) Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah kumpulan polimer dengan rantai yang relatif lebih pendek dan bercabang, terdiri dari monomer xylosa, arabinosa, glukosa, manosa, dan galaktosa, dan memiliki struktur amorf (Bailey dan Ollis, 1986). Hemiselulosa berfungsi mendukung dinding-dinding sel dan bertindak sebagai perekat. Dengan derajat polimerisasi hanya 200, hemiselulosa akan terdegradasi lebih cepat daripada selulosa (Widjaja, 2009). Komponen utama hemiselulosa pada dinding sel tumbuhan adalah xilan, yang terikat pada selulosa, pektin, lignin, dan polisakarida lainnya untuk membentuk dinding sel. Jumlah xilan di alam sangat besar, merupakan komponen terbesar kedua setelah selulosa (Subramariyan dan Prime, 2002).

3) Lignin

Selain selulosa dan hemiselulosa, terdapat komponen lain yaitu lignin, yang berperan melindungi hemiselulosa dan selulosa dari aksi kimiawi (Lee, 1992). Meskipun demikian, jerami padi yang dilindungi oleh lignin masih dapat dihidrolisis menjadi glukosa oleh mikroorganisme selulotik seperti *Trichoderma reesei* (Muthuvelayudham dan Viruthagiri, 2006) dan Aspergillus niger (Aderemi dkk., 2008). Hidrolisis biologis selulosa dapat dilakukan menggunakan enzim selulase (Vrije dkk., 2002; Raghavendra dkk., 2007) atau mikroorganisme penghasil selulase (Aderemi dkk., 2008). Efektivitas hidrolisis selulosa dipengaruhi oleh jenis sumber substrat (seperti serbuk gergaji, jerami padi, sabut sawit) dan ukuran partikel. Jerami padi lebih sulit dihidrolisis dibandingkan dengan serbuk gergaji atau sabut sawit (Dewi, 2002).

1.3.1.2 Bioetanol

Bioetanol adalah etanol (C_2H_5OH) yang dibuat dari biomassa yang mengandung karbohidrat (pati). Bioetanol sering ditulis dengan rumus E-OH (Ethyl-OH) dengan molekul C_2H_5OH, atau rumus empiris C_2H_6O, serta rumus bangun CH_3-CH_2-OH yang merupakan bagian dari kelompok metil (CH_3) yang terhubung dengan kelompok hidroksil (-OH). Bioetanol berbeda dari etanol yang dihasilkan dari pengolahan minyak bumi melalui hidrasi etilena dengan katalis asam. Bioetanol diperoleh melalui proses fermentasi dengan bantuan mikroorganisme. Bahan baku untuk pembuatan bioetanol berasal dari biomassa yang mengandung monosakarida, disakarida, dan polisakarida (Suharto, 2017).

1.3.2 Proses Pembuatan Bioetanol

Secara sederhana, reaksi proses pembuatan bioetanol adalah sebagai berikut:

$$(C_6H_{10}O_5)n + n\ H_2O \longrightarrow n\ C_6H_{12}O_6$$

Selulosa — Glukosa

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2$$

Glukosa — Etanol

1.3.2.1 Pre-Treatment

Proses *pre-treatment* memiliki peranan yang penting bagi bahan lignoselulosa yang akan diolah menjadi bioetanol. Lignoselulosa tersusun dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Dimana lignin berfungsi sebagai dinding primer pada tanaman sehingga melindungi selulosa dan hemiselulosa sehingga hal tersebut menyebabkan selulosa dan hemiselulosa tidak dapat terhidrolisis dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan proses perusakan struktur lignin (delignifikasi) agar selulosa dan hemiselulosa dapat dihidrolisis dan diubah menjadi glukosa (Mardina dkk, 2013).

Delignifikasi adalah proses awal penghilangan lignin pada material belignoselulosa. Proses ini berpengaruh pada biokonversi biomasa menjadi etanol karena delignifikasi berpengaruh pada proses hidrolisis dan fermentasi (Agustini & Efiyanti, 2015).

Efisiensi pada *pre-treatment* harus diperhatikan agar mendapatkan yield bioetanol yang paling tinggi. Tujuan utama dalam proses *pre-treatment* adalah untuk memperbesar luas permukaan biomassa, melarutkan lignin, dan mengurangi

ukuran partikel sehingga mempermudah proses hidrolisis menjadi monomer-monomer gula. *Pre-treatment* dapat dilakukan menggunakan beberapa metode yaitu metode fisika, kimia, biologis, atau kombinasi dari beberapa metode *pre-treatment* (Rezania dkk, 2020).

1.3.2.1.1 *Pre-treatment* secara Fisika

Pre-treatment secara fisika dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel bahan seperti menggiling atau memarutnya. Pada tahap *pre-treatment,* kulit kopi melalui tahapan pengeringan dan pengecilan ukuran. Menurut Febriana (2020) kandungan air yang terdapat pada kulit kopi akan mempercepat proses pembusukan dan cepat ditumbuhi oleh mikroba sehingga kulit kopi cepat rusak dan akan mempengaruhi produk yang akan dihasilkan nanti.

Pengecilan ukuran pada kulit kopi dilakukan untuk mempermudah proses hidrolisis. Pengecilan ukuran ini juga dilakukan untuk merusak struktur lignin atau struktur biomassa yang menyusun kulit kopi, sehingga luas permukaan kulit kopi semakin besar dan mempermudah masuknya bahan kimia yang digunakan.

1.3.2.1.2 *Pre-treatment* secara Biologis

Pre-treatment secara biologis dilakukan dengan bantuan mikoorganisme pendegradasi bahan. Metode ini kurang efektif karena efisiensinya rendah dan membutuhkan waktu yang lama. Membutuhkan mikroorganisme yang membutuhkan *treatment* tertentu sesuai kondisi serta jika terjadi permsalahan pada mikroorganisme sulit untuk perlakuan selanjutnya.

1.3.2.1.3 *Pre-treatment* secara Kimia

Pre-treatment secara kimia dilakukan dengan asam, basa, pelarut ionik, atau pelarut organik. *Pre-treatment* secara kimia yang umum digunakan ialah dengan larutan basa, dimana larutan yang biasa dipakai yaitu natrium hidroksida (NaOH), kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$), dan ammonia (NH_3). Kelebihan dari *pre-treatment* basa yaitu adanya pengurangan lignin tanpa adanya pengurangan kadar gula sehingga dapat memaksimalkan pada proses hidrolisis. Akan tetapi, *pre-treatment* basa membutuhkan waktu reaksi yang sedikit lebih lama daripada *pre-treatment* yang lainnya (Rezania dkk, 2020).

Menurut Enari dkk (1983) delignifikasi menggunakan larutan basa NaOH maupun NaOCl dapat merusak struktur lignin dengan baik sehingga dapat membebaskan selulosa yang terdapat pada jaringan. Selulosa hasil proses delignifikasi tersebut optimal dihidrolisis dengan asam dan menghasilkan glukosa dengan jumlah banyak.

Pre-treatment asam biasanya menggunakan larutan asam fosfat, asam asetat, dan asam sulfat. Larutan asam dapat memecah ikatan lignin sehingga menghasilkan gula monomer (Rezania dkk., 2020).

Berikut perbandingan antara *pre-treatment* untuk delignifikasi berbahan selulosa menurut Agustini et al., (2013) dapat dilihat pada Tabel 1.6.

Tabel 1. 6 Perbandingan proses delignifikasi

Pembanding	Biologis	Kimia	Fisis
Bahan yang digunakan	Enzim	Larutan asam atau basa	-
Kondisi operasi	Inkubasi selama 2 minggu	Suhu ruang	Temperatur 160-260 ^{o}C dan Tekanan 6,8 – 47,7 atm
Lignin	Berkurang 17,6%	Berkurang 35,1%	Berkurang 21,1 %
Selulosa	Bertambah 16,3 %	Berkurang 22,3%	Bertambah 23,9%
Hemiselulosa	Berkurang 10,9 %	Berkurang 23,2%	Berkurang 10,1%

Berdasarkan Tabel 1.6 untuk proses delignifikasi yang dilakukan adalah *pre-treatment* fisis dikarenakan lignin akan berkurang beserta nilai dari selulosa juga akan bertambah juga.

1.3.2.2 Proses Hidrolisis

Pemilihan proses pada tahap hidrolisis terbagi menjadi dua, yaitu :

1) Hidrolisis asam
2) Hidrolisis enzim

Hidrolisis adalah istilah yang berasal dari bahasa Yunani, terdiri dari kata "hydor" yang berarti air dan "lysis" yang berarti pemecahan. Ini merujuk pada proses kimia di mana molekul-molekul diuraikan melalui interaksi dengan air,

menghasilkan molekul-molekul yang lebih kecil. Reaksi ini dapat dijelaskan melalui persamaan kimia berikut:

$$AB + H_2O \rightarrow AOH + BH$$

Proses hidrolisis terjadi ketika struktur kristal selulosa mengalami kerusakan, menghasilkan serangkaian oligosakarida dan monosakarida seperti selobiose, selotriose, dan selotetraose (Feller 1986). Di samping itu, hemiselulosa juga terurai menjadi senyawa gula sederhana seperti glukosa, manosa, xilosa, dan arabinosa (Mosier et al. 2005). Hidrolisis yang sempurna dari selulosa akan menghasilkan glukosa, sementara hemiselulosa akan menghasilkan beberapa monomer gula pentose (C5) dan heksosa (C6).

Pemecahan polisakarida gula kompleks menjadi gula sederhana (monomer dan dimer) dapat dilakukan melalui proses hidrolisis, yang dapat ditempuh dengan dua pilihan yaitu menggunakan enzim atau asam.

1.3.2.2.1 Hidrolisis Asam

Hidrolisis asam ialah proses pemutusan ikatan antar glukosa dengan menggunakan air dan asam sebagai katalis. Dalam proses hidrolisis asam dibutuhkan panas.

Beberapa jenis asam yang sering digunakan untuk melakukan hidrolisis asam termasuk asam sulfat (H_2SO_4), asam perklorat, dan HCl. Asam sulfat adalah yang paling umum digunakan dan telah banyak diteliti dalam konteks hidrolisis asam. Proses hidrolisis asam dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu hidrolisis asam pekat dan hidrolisis asam encer (Taherzadeh dan Karimi, 2007).

Kecepatan hidrolisis oleh asam pada konsentrasi tinggi tidak dipengaruhi oleh struktur kristal selulosa, sehingga dapat menghasilkan lebih dari 90% glukosa. Namun, metode hidrolisis asam encer memiliki kekurangan, yaitu degradasi gula yang terjadi selama reaksi hidrolisis dan pembentukan produk samping yang tidak diinginkan. Hal ini tidak hanya berdampak pada hasil gula yang diperoleh, tetapi juga dapat menghambat pembentukan etanol pada tahap fermentasi selanjutnya (Taherzadeh dan Karimi, 2007). Sementara hidrolisis dengan menggunakan asam pekat dapat mempercepat proses hidrolisis, namun bisa mengurangi hasil hidrolisis karena gula glukosa lebih mudah diuraikan.

Menurut Taherzadeh dan Karimi pada tahun 2007, berbagai faktor memengaruhi proses hidrolisis, termasuk ukuran partikel, rasio asam terhadap substrat, jenis dan konsentrasi asam, suhu, dan waktu hidrolisis. Jika konsentrasi asam yang digunakan ditingkatkan, maka jumlah glukosa yang dihasilkan akan menurun karena glukosa yang terbentuk akan mengalami degradasi lebih lanjut.

Dalam studi penggunaan katalis asam antara HCl dan H_2SO_4 pada konsentrasi 10% dapat menurunkan konversi reaksi karena terjadi degradasi glukosa yang terbentuk menjadi struktur yang lain, sehingga penggunaan katalis lebih optimal pada konsentrasi 20% (v/v). Sementara itu, pada konsentrasi yang lebih tinggi, yaitu 30%, terjadi pembakaran selulosa sehingga jumlah selulosa yang diubah menjadi glukosa berkurang, yang akhirnya mengurangi jumlah glukosa yang dihasilkan. Katalis HCl menghasilkan glukosa lebih tinggi dibandingkan H_2SO_4. Hal ini disebabkan oleh sifat H_2SO_4 yang membakar selulosa, sedangkan HCl tidak, sehingga glukosa yang dihasilkan lebih banyak.

Ketika asam encer digunakan untuk hidrolisis, itu memberikan hasil yang lebih baik daripada asam pekat pada proses yang dikenal sebagai hidrolisis (Sukeksi, S), dan penerapan asam pekat pada proses hidrolisis selulosa dilakukan pada temperatur 100ºC dan membutuhkan waktu reaksi antara 2-6 jam. Konsentrasi asam yang digunakan adalah 10–30%. Keuntungan dari penggunaan asam pekat ini adalah konversi gula yang dihasilkan tinggi, yaitu bisa mencapai konversi 90% (Badger, 2002).

Perawatan awal hidrolisis pada suhu yang lebih rendah karena salah satu kelemahan hidrolisis asam adalah membutuhkan banyak energi. Bahan baku digiling dan dibungkus selama proses perawatan. Selain proses pengukusan, tujuan penggilingan bahan baku adalah untuk menghilangkan struktur krtistalin pada selulosa, yang membuat hidrolisis lebih mudah. Hasil menunjukkan bahwa penghancuran dan pengukusan awal tidak cukup untuk mengurangi kebutuhan energi untuk hidrolisis asam ,*treatment* tambahan diperlukan untuk memungkinkan hidrolisis dilakukan pada suhu yang rendah (Fuadi et al,2017).

1.3.2.2.2 Hidrolisis Enzim

Hidrolisis enzim juga bisa menjadi solusi untuk memecah selulosa menjadi glukosa, yang bisa digunakan untuk memecah rantai selulosa menjadi monomer-monomer glukosa, diantaranya enzim amylase. Amylase adalah nama bagi semua enzim yang memutuskan ikatan glikosidik beta-1,4 di dalam selulosa dan turunan selulosa lainnya. Selulase termasuk enzim hidrolase karena penguraian selulosa dilakukan secara hidrolisis. Pada penggunaan enzim amylase biasa digunakan yaitu 5%. Perbandingan hasil hidrolisi asam dan enzim sebagai berikut :

Tabel 1. 7 Hidrolisis asam pada suhu 90 ºC

Waktu, jam	Glukosa yang dihasilkan, mg
1,0	0,028
1,5	0,038
2,0	0,054
2,5	0,074
3,0	0,084
3,5	0,091
4,0	0,097

Tabel 1. 8 Hidrolisis enzim selulase 5%

Waktu, jam	Glukosa yang dihasilkan, mg
4	0,028
20	0,038
24	0,054
28	0,074
44	0,084
48	0,091
52	0,097
66	113,55

Penelitian (Fuadi & Harismah, 2017) membandingkan hidrolisis asam dan enzim. Penelitian memuat hidrolisis asam dilakukan dengan H_2SO_4 100 mL dipanaskan dengan suhu 90℃. Kandungan glukosa yang dihasilkan hidrolisis asam dipaparkan di Tabel 2.3. Penggunaan hidrolisis enzim dilakukan dengan menambahkan air hingga 200 mL dengan menyesuaikan pH 4. Lalu ditambahkan

enzim selulase sebanyak 0,3 gram dan dipanaskan pada suhu 40°C. Pada hasil tersebut didapatkan hidrolisis enzim dapat menghasilkan glukosa yang lebih besar dibandingkan dengan hidrolisis menggunakan asam, tetapi untuk kekurangannya membutuhkan waktu yang lebih banyak dibandingkan hidrolisis asam. Selain itu juga banyak pertimbangan untuk melakukan hidrolisis enzim dikarenakan ada bentuk *pre-treatment* yang harus dilakukan untuk mengaktifkan enzim tersebut. Pada industri besar menggunakan hidrolisis asam pekat berupa H_2SO_4 atau HCl dimana menggunakan temperature 90ºC dan berhasil untuk mengkonversi bahan berselulosa menjadi glukosa dengan konversi 90%.

1.3.2.2.3 Perbandingan Pemilihan Proses Hidrolisis

Tabel 1. 9 Perbandingan pemilihan proses hidrolisis

Metode	Kelebihan	Kekurangan
Hidrolisis Asam	Bahan baku murah dan gampang didapatkan	Konversi lebih kecil dengan enzimatik
	Waktu reaksi lebih cepat	Bahan bersifat korosif
	Asam tidak perlu ditreatment	Memerlukan energi besar untuk temperatur reaksi
	Tidak perlu menambahkan bahan pendukung reaksi	
Hidrolisis Enzim	Konversi lebih besar	Waktu reaksi memerlukan banyak waktu
	Reaksi tidak memerlukan temperatur tinggi	Bahan enzim memerlukan pre treatment sebelum reaksi dilakukan
		Bahan nutrisi enzim untuk ditambahkan reaksi

		Penanganan yang sulit dan jenis mikroorganisme yang beragam
		Bahan enzim yang relative lebih mahal dibandingakan dengan asam

Dari berbagai proses hidrolisis pembuatan etanol, maka dipilih proses menggunakan metode hidrolisis asam dengan pertimbangan sebagai berikut :

1) Bahan baku murah dan mudah didapatkan
2) Proses reaksi cukup mudah karena bahan dan proses tidak memerlukan pre-treatment terlebih dahulu.
3) Proses rekasi yang terbilang cepat dan terpercaya dalam proses industri hidrolisis.

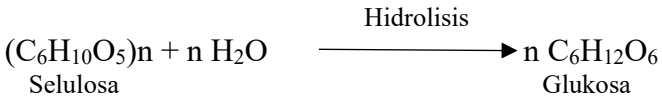
1.3.2.3 Fermentasi

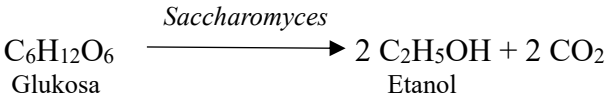
Pemilihan proses pada tahap fermentasi terbagi menjadi dua yaitu :

1) Fermentasi menggunaakan mikoorganisme *Saccharomyces cerevisiae*
2) Fermentasi menggunakan mikroorganisme *Zymomonas mobilis*

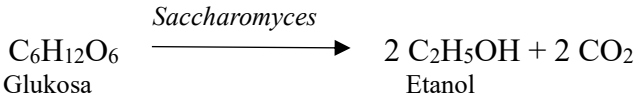
Pembuatan bioetanol juga memperhatikan kandungan bahan nabati yang dipakai sebagai bahan baku pembuatan bioethanol itu sendiri. Proses pembuatan bioethanol memerlukan glukosa dan dipecah menjadi ethanol. Sebelum itu bahan nabati memiliki karakteristik penyusun awalnya yaitu :

a) Bahan berpati, contohnya umbi-umbian yang harus dilakukan yaitu hidrolisis dengan menggunakan enzim agar terbentuknya glukosa.

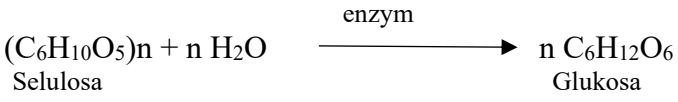


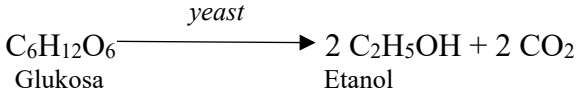


b) Bahan glukosa, bahan mengandung gula bisa langsung fermentasi glukosa itu sendiri. Bahan yang mengandung glukosa itu sendiri seperti nira yang biasa dimanfaatkan molasenya.



c) Bahan berselulosa, contohnya kulit kopi, limbah tandan kosong kelapa sawit, batang jagung dan limbah pertanian lainnya. Bahan yang berselulosa ini harus dirubah dulu menjadi glukosa dimana perlunya proses hidrolisa sebelum fermentasi untuk membentuk etanol.





Fermentasi merupakan proses lanjutan setelah hidrolisis. Menurut Khurniawati dkk (2019), fermentasi merupakan proses oksidasi anaerobik dari karbohidrat menjadi alkohol dan karbondioksida.

Fermentasi etanol ialah suatu proses biologis dengan mikroorganisme untuk mengonversi bahan organik menjadi komponen yang lebih sederhana. Dalam proses fermentasi, mikroorganisme menghasilkan enzim untuk menghidrolisis substrat menjadi komponen sederhana, yaitu gula, yang selanjutnya diubah menjadi etanol. Fermentasi dianggap sebagai tahap yang sangat kritis dalam bioetanol (Muslihah, 2012).

Dalam menghasilkan etanol, proses fermentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Adapun faktor yang mempengaruhi tersebut adalah:

1) Suhu pertumbuhan dan perkembangbiakan khamir (bakteri dalam proses fermentasi) memiliki suhu optimum 28-30℃. Proses yang terjadi pada fermentasi umumnya reaksi eksoterm, di mana suhu akan meningkat selama proses fermentasi dilakukan. Sehingga perlu dilakukan penyesuaian agar suhu masih tetap pada rentang suhu optimum 28-30℃.
2) Keasaman / pH dalam fermentasi, khamir memerlukan kondisi asam yaitu antara pH 4,8-5,0. Kondisi pH selama proses fermentasi cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena fermentasi menghasilkan asam asetat, asam piruvat, asam laktat dan CO_2. Pengaturan pH juga dapat dilakukan yakni dengan penambahan basa apabila kondisi terlalu asam ataupun penambahan asam apabila kondisi terlalu basa. Sehingga dapat dipertahankan pH optimum 4,8-5,0.

3) Nutrisi Khamir yang terdapat pada proses fermentasi merupakan mikroorganisme. Sehingga khamir tersebut juga memerlukan nutrisi untuk tumbuh dan berkembang. Unsur nutrisi yang diperlukan yakni beberapa unsur dasar seperti Karbon (C), Nitrogen (N), dan Fosfor (P). Unsur karbon bisa didapatkan dari gula. Sedangkan unsur nitrogen dan fosfor bisa diperoleh dari pupuk jenis NPK.
4) Gula pereduksi gula hasil pereduksi atau hidrolisat yang didapatkan dari proses sebelumnya, yakni proses hidrolisis, menjadi faktor yang menentukan kadar etanol dalam proses fermentasi. Sehingga apabila proses hidrolisis menghasilkan banyak glukosa, maka kadar etanol yang dihasilkan juga akan semakin tinggi.
5) Konsentrasi starter larutan starter pada proses fermentasi adalah larutan yang dibuat untuk memicu terjadinya reaksi fermentasi. Kadar starter optimal adalah 1/10 bagian dari substrat.
6) Waktu fermentasi Secara umum waktu yang diperlukan untuk fermentasi adalah antara 36-50 jam. Waktu optimum yang dibutuhkan untuk fermentasi adalah ±7 hari. Setelah 7 hari biasanya bakteri akan mulai mati diakibatkan tingginya kadar etanol dalam proses fermentasi (Sari & Ernawati, 2017).

1.3.2.3.1 Fermentasi Menggunakan Mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiaea*

Mikroorganisme yang umum digunakan dalam fermentasi alkohol adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Klasifikasi *S. cerevisiae* menurut Sharma (1989) sebagai berikut :

Tabel 1. 10 Klasifikasi Saccharomyces Cerevisae

Kingdom	:	Fungi
Filum	:	Ascomycota
Kelas	:	Hemiascomycetes
Ordo	:	Endomycetales
Famili	:	Saccharomycetaceae
Genus	:	Saccharomyces
Spesies	:	S. cerevisiae

Saccharomyces cerevisiae mampu mereduksi glukosa menjadi etanol karena memiliki enzim invertase dan zymase, dimana enzim tersebut dapat digunakan untuk merubah gula monosakarida maupun disakarida. Enzim invertase memecah gula disakarida menjadi monosakarida kemudian monosakarida diubah menjadi etanol dan CO_2 oleh enzim zymase.

Saccharomyces cerevisiae hidup dalam suhu kisaran 25-30^oC dan pada pH kisaran 4-5, serta tidak dapat tumbuh dengan baik pada alkali, kecuali jika memang sudah beradaptasi dengan baik. *Saccharomyces cerevisiae* hidup secara anaerobik. *Saccharomyces cerevisiae* dapat menghasilkan alkohol dalam jumlah yang besar (Elvri & Putra, 2006).

Menurut Azizah dkk. (2012), khamir *Saccharomyces cerevisiae* memiliki beberapa kelebihan daripada khamir yang lain, diantaranya adalah:

1) Mudah melakukan kontrol pertumbuhan karena tingginya tingkat adaptasi

2) Toleransi terhadap kadar alkohol tinggi sehingga tidak cepat mati.

3) Mudah didapatkan karena tingkat produksi sel yang tinggi

4) Mampu menghasilkan alkohol cukup tinggi, yaitu 18-20% (v/v).

1.3.2.3.2 Fermentasi menggunakan mikroorganisme *Zymomonas mobili*

Mikroorganisme lain yang umum digunakan dalam proses fermentasi ialah *Zymomonas mobilis*. *Zymomonas mobilis* merupakan mikroba gram negatif bersifat anaerobik fakultatif, memiliki jalur *Entner Doudoroff Pathway* dalam menghasilkan etanol. Mikroorganisme ini memiliki sifat yang dapat mengasilkan etanol secara produktif. Klasifikasi *Zymomonas mobilis* menurut Cazetta (2007) sebagai berikut:

Tabel 1. 11 Klasifikasi Zymomonas mobilis

Kingdom	:	Bakteri
Filum	:	Alpha probacteria
Kelas	:	Sphingomonadales
Ordo	:	Endomycetales
Famili	:	Sphingomonadaceae
Genus	:	Zymomonas

Zymomonas mobilis toleran pada jumlah substrat yang tinggi hingga persentase 30% glukosa. *Zymomonas mobilis* ideal pada suhu 25-30^{o}C dan toleransi pada suhu 40^{o}C (Hanidah, 2016). Mikroorganisme ini dapat mefermentasi 3-4 kali lebih cepat daripada ragi dan dapat menghasilkan etanol hingga mencapai 92-94%, sedangkan ragi hanya kisaran 88-90%.

Kelebihan *Zymomonas mobilis* menurut Triphetchul dkk (1992) adalah:

1) Konversi yang lebih cepat

2) Toleran pada suhu tinggi

3) Toleran pada pH rendah

4) Toleran pada etanol dengan konsentrasi yang tinggi.

1.3.2.3.3 Perbandingan Hasil Fermentasi Menggunakan Khamir *Saccharomyces cereviae* dengan *Zymomonas mobilis*

Berdasarkan data hasil penelitian yang berjudul "Perbandingan Metode Produksi Bioetanol dari Kulit Kopi" oleh (Septiani et al., 2017) dapat disimpulkan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* dapat menghasilkan kadar bioetanol yang lebih tinggi dengan waktu fermentasi yang lebih singkat dibandingkan dengan *Zymomonas mobilis*. Kadar bioetanol yang dihasilkan yaitu rata-rata 60% dan *Zymomonas mobilis* menghasilkan kadar yang lebih rendah. Waktu fermentasi *Saccharomyces cerevisiae* hanya memerlukan 2 hari, sedangkan *Zymomonas mobilis* memerlukan 7 hari. Perbedaan ini karena kemampuan *Saccharomyces cerevisiae* yang dapat dengan cepat beradaptasi pada lingkungan baru dan pertumbuhannya yang stabil. Seperti pada penelitian Retabunun (2017) penambahan 150 gram mikroorganisme dapat meningkatkan kadar bioetanol 65%. Hal tersebut menunjukkan peningkatan jumlah mikroorganisme secara linear juga meningkatkan kadar bioetanol.

1.3.3 Distilasi

Distilasi ialah suatu proses yang digunakan untuk memisahkan suatu campuran yang memiliki perbedaan volatilitas pada tekanan dan suhu tertentu. Tujuan adanya tahap distilasi pada pembuatan bioetanol ini yaitu untuk

memisahkan campuran antara air dan etanol. Titik didih etanol murni ialah 78^{o}C dan titik didih air ialah 100^{o}C, kemudian campuran air dan etanol tadi dipanaskan pada suhu antara 78-100^{o}C. Sehingga etanol nanti akan menguap terlebih dahulu daripada air karena titik didihnya lebih rendah daripada air. Etanol akan menguap melalui kondensor kemudian akan dihasilkan etanol dengan konsentrasi 95% (Batutah, 2017).

Teknik destilasi yang dapat digunakan antara lain yaitu destilasi sederhana, destilasi fraksi, dan destilasi vakum. Pada teknik pemisahan destilasi sederhana, etanol diupkan dan disalurkan pada kolom destilasi dan kondensor, dan nanti akan kembali ke fase semula. Destilasi ini dilakukan pada suhu 78,2^{o}C sehingga yang menguap hanya etanol saja. Destilasi ini mampu menghasilkan etanol dengan kadar 95,6% (Deviation, 2021).

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditunjukkan untuk mengetahui sifat reaksi proses baik secara eksotermis maupun endotermis.

Tabel 1. 12 Nilai Entalpi Pembentukan (Aspen Plus V14)

Formula	Nama Senyawa	ΔHf (kJ/kmol)
$C_6H_{10}O_5$	Selulosa	3,588 x 10^7
$C_6H_{12}O_6$	Glukosa	3,143 x 10^7
H_2O	Air	6,002 x 10^6

C_2H_5OH	Etanol	$4{,}931 \times 10^6$
CO_2	Karbon Dioksida	$9{,}190 \times 10^6$

- Reaksi Hidrolisis

  Reaksi yang terjadi :

$$C_6H_{10}O_5 + H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6$$

$$\Delta Hf = [\ \Delta Hf\ C_6H_{12}O_6 - (\Delta Hf\ C_6H_{10}O_5 + \Delta Hf\ H_2O)\ ]$$

$$= [\ 3{,}143 \times 10^7 - (\ 3{,}5881 \times 10^7 + 0{,}6002 \times 10^7\ )\ ] \text{ kJ/kmol}$$

$$= -1{,}0453 \times 10^7 \text{ kJ/kmol}$$

  Karena nilai entalpi pembentukannya bernilai negatif sehingga diketahui jika reaksi bersifat eksotermis.

- Reaksi Fermentasi

  Reaksi yang terjadi :

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2$$

$$\Delta Hf = [\ (\Delta Hf\ C_2H_5OH + \Delta Hf\ CO_2) - \Delta Hf\ C_6H_{12}O_6\ ]$$

$$= [\ (2 \times 4{,}931 \times 10^6 + 2 \times 9{,}190 \times 10^6) - 3{,}143 \times 10^7\ ] \text{ kJ/kmol}$$

$$= -3{,}188 \times 10^6 \text{ kJ/kmol}$$

  Karena nilai entalpi pembentukannya bernilai negatif sehingga diketahui jika reaksi bersifat eksotermis. Tetapi pada perhitungan diatas

merupakan reaksi secara umum, jika reaksi fermentasi secara biologis menurut Karnalin dkk, 2008 menyatakan dalam jurnal bahwa reaksi fermentasi dengan menggunakan reaksi batch dengan *Saccharomyces cerevisae* sebagai yeast mendapatkan hasil eksotermis dengan reaksi pembentukan bioetanol didapatkan nilai 32-54 kJ/mol. Pada prarancangan pabrik ini menggunakan entalpi reaksi menggunakan hasil referensi tersebut karena menggunakan *Saccharomyces cerevisae*

1.4.2 Tinjauan Kinetika

- Reaksi hidrolisis

Tinjauan kinetika dari reaksi hidrolisis selulosa yang berasal dari reaksi selulosa dan air ini menggunakan katalis asam klorida (HCl) pekat yaitu 37%. Reaksi hidrolisis dengan bantuan katalisator berupa asam klorida (HCl) ditulis dengan persamaan berikut :

$$C_6H_{10}O_5 + H_2O \xrightarrow{HCl} C_6H_{12}O_6$$

$$A + B \xrightarrow{HCl} C$$

Persamaan dari kecepatan reaksi dinyatakan sebagai berikut :

$$-r_A = \frac{-dC_A}{dt} = kC_AC_B$$

Dimana

$-r_A$ = laju reaksi A

k = laju kecepatan reaksi

C_A = konsentrasi zat A (Selulosa)

C_B = konsentrasi zat B (H_2O)

Jika nilai C_B jauh lebih besar dari C_A maka nilai C_B dianggap konstan dan persamaan menjadi

$$-r_A = \frac{-dC_A}{dt} = k'C_A$$

Hasil integrasi dari waktu t = 0 hingga t = t dengan $C_A = C_{A0}$ hingga $C_A = C_A$ ialah sebagai berikut:

$$-ln\frac{C_A}{C_{A0}} = k't$$

$$-ln\frac{C_{A0}(1-X_A)}{C_{A0}} = k't$$

$$-ln(1-X_A) = k't$$

Dimana

X_A = konversi zat A

C_{A0} = konsentrasi zat A mula- mula

Dibuat grafik hubungan $-\ln(C_A/C_{A0})$ dengan t dan k merupakan slope. Jika grafik $-\ln(C_A/C_{A0})$ dengan t tidak membentuk garis lurus maka menggukanan orde reaksi lain yaitu orde 2 yaitu :

$$-r_A = \frac{-dC_A}{dt} = k\,{C_A}^2 = k\,{C_{A0}}^2(1-X_A)^2$$

Dengan $C_A = C_{A0}\,(1\text{-}X_A)$ menjadi persamaan menjadi :

$$-\frac{C_A d(1-X_A)}{dt} = k\,(C_{A0}(1-X_A))^2$$

Selanjutnya dilakukan integrasi menghasilkan persamaan :

$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = \frac{1}{C_{A0}}\frac{X_A}{1-X_A}\,kt$$

Dibuat grafik hubungan $1/C_A$ dengan t dan k merupakan slope. Jika grafik $1/C_A$ dengan t tidak membentuk garis lurus maka menggukanan orde reaksi lain yaitu orde reaksi yang lain. Pada umumnya nilai konstanta kecepatan reaksi dipengaruhi oleh faktor frekuensi, energi aktivasi dan suhu reaksi dimana dinyatakan dengan persamaan Arhenius sebgai berikut :

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

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

$$\ln k = \ln A - \frac{Ea}{RT}$$

$$\ln k = \ln A - \left(\frac{Ea}{R}\right)\frac{1}{T}$$

Dimana,

k = konstanta kecepatan reaksi

A = faktor frekuensi

Ea = energi aktivasi

R = konstanta hukum gas ideal

Berdasarkan referensi jurnal penelitian hidrolisis glukosa ini mengambil penelitian dari Meyda dkk, 2008 mendapatkan nilai dengan ln A sebesar 0,0031 dan Ea/R sebesar -0,00008 dengan basis suhu ^oC. Didapatkan faktor frekunesi atau konstanta tumbukan (A) 1,0031048 dan energi aktivasi sebesar (Ea) 0,00066512 J/mol. Sehingga konstanta laju reaksi sebagai berikut :

$$k = 1{,}0031408\, e^{-\frac{0{,}0008}{T}}$$

$$k = 1{,}0031408\, e^{-\frac{0{,}0008}{100}}$$

$$k = 1{,}0031408$$

Berdasarkan referensi dengan menggunakan nilai suhu 100 ^{o}C mendapatkan nilai tertinggi dapat mendapatkan konversi tertingginya, dari referensi mengenai selulosa dari kulit kopi menjadi glukosa belum mendapatkan persentase detail, maka dilakukan pendekatan konversi reaksi pada reaktor 97%.

BAB II PERANCANGAN PRODUK

Untuk mencapai kesesuaian produk dengan standar yang ditetapkan, proses pembuatan bioetanol dapat dirancang menggunakan beberapa variabel seperti spesifikasi produk, spesifikasi bahan dan pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Produk

a. Etanol

Rumus Molekul	:	C_2H_5OH
Berat Molekul	:	46,04 gram/gmol
Titik Didik, Td	:	78,3 °C
Titik Beku, Tb	:	-114 ºC
Tekanan Uap (20°C)	:	59 kPa
Densitas (20°C)	:	0,81 g/cm^3
Impuritis	:	Air
Konduktivitas panas, K	:	0,17 W/mK
Viskositas Kinematik (20°C)	:	1,52 mm²/s
Viskositas Dinamik (20°C)	:	1,2 mPa.s
pH (10 g/l)	:	7
Viskositas	:	1,36 cP

(Smartlab, 2016)

b. Karbon Dioksida

Rumus Molekul	:	CO_2
Berat Molekul	:	44,01 gram/gmol
Wujud (25°)	:	Gas tidak berwarna
Titik Didih, Td	:	-78,5°C
Titik Beku, Tb	:	-56,6°C
Cp (25°C)	:	0,25 kal/gr °C

ΔHf (25°C)	:	- 94,05 kkal/mol
ΔGf (25°C)	:	-56,9 kkal/mol
P Kritis (31°C)	:	73,8 atm
Densitas (15°C)	:	1,87 kg/m^3
Viskositas (-78°C)	:	0,07 cp

(*MSDS KARBON DIOKSIDA.Pdf*, n.d.)

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

a. Kulit Kopi

Komposisi Serat Kulit Kopi		Kandungan
Selulosa	:	49 %
Hemiselulosa	:	24,5%
Lignin	:	7,63%

(Diniyah et al.,2012)

b. Air

Rumus Molekul	:	H_2O
Berat Molekul	:	18 gram/gmol
Densitas	:	1,00 gr/cm3
Titik Didih, Td	:	100°C
Viskositas	:	0,95 cP
Cp (25°C)	:	1 kal/gr°C
Δ Hf (25°C)	:	- 68,32 kkal/mol
Δ Gf (25 °C)	:	- 56,9 kkal/mol

(LabChem, 2020)

c. Asam Klorida

Rumus Molekul	:	HCl
Berat Molekul	:	36,46 gram/gmol
Densitas	:	1,49 kg/m^3
Titik Didih, Td	:	110°C
Viskositas	:	1,9 mPa
Cp (25°C)	:	- 56,9 kkal/mol

Viskositas : 0,95 cP

(*MSDS HCL.Pdf*, n.d.)

d. Saccharomyces Cerevisae

Jenis	:	Jamur bersel tunggal
Suhu Optimal	:	28-30°C
Bentuk	:	Cair
pH	:	4 - 5,5

(Hidayat dkk., 2006)

e. Amonium Sulfat

Rumus Molekul	:	$(NH_4)_2SO_4$
Berat Molekul	:	132,15 gr/mol
Densitas	:	1,77 gr/cm^3
Cp (25^{o}C)	:	1 kal/gr^{o}C
Δ Hf (25°C)	:	- 68,32 kkal/mol

(Travis, 2018)

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas ialah suatu tindakan terencana yang dilakukan untuk mencapai, mempertahankan, dan atau meningkatkan kualitas produk dan jasa agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dengan biaya yang rendah, sehingga dapat memenuhi kepuasan konsumen. (Yurin & Yuki, 2017:28)

Untuk mencapai kualitas produk sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan mempertahankan kualitas produk maka perlu dilakukan:

1) Menjaga kualitas produk dari segi:
    a) Performa fisik, meliputi: tebal kulit biji, ukuran biji, dll.
    b) Kadar selulosa yang diperoleh setelah *pre-treatment.*

c) Menjaga kebersihan produk baik saat proses maupun pasca proses.

2) Melakukan pengendalian mutu sesuai dengan standardisasi sesuai dengan ISO 9001 maupun ISO 14001 pada proses maupun lingkungan. Hal-hal tersebut dapat dilakukan dengan cara:

   a) Uji produk dilakukan secara berkala sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

   b) Uji laboratorium produk untuk kebutuhan internal pabrik.

3) Memastikan semua alat beroperasi sesuai dengan fungsinya sehingga mendapatkan produk hasil sesuai yang diinginkan.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku dilakukan untuk mengetahui bagaimana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah telah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan dalam proses produksi atau belum. Oleh karenanya dilakukan pengujian terhadap bahan baku bioetanol dan bahan pendukung yang digunakan dalam proses produksi. Tujuan dari pengedalian kualitas bahan baku agar produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan dapat mengurangi proses yang harus dilakukan untuk meningkatkan kualitas bahan baku (upstream) dimana proses tersebut dapat menambah beban biaya operasional produksi.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas proses produksi yaitu meliputi susunan alat yang dipasang pada alat proses dimana berfungsi sebagai sistem kontrol yang berjalan secara otomatis dengan menggunakan suatu indikator. Dengan adanya sistem alat

ukur dan instrumentasi maka proses pengontrolan alat-alat dapat dikontrol dengan baik, dan pengendalian atau pengawasan jalannya operasi produksi dapat dijalankan melalui alat pengendali yang berpusat pada *control room*. Penyimpangan pada alat proses dapat diketahui melalui sinyal dan tanda-tanda yang ditetapkan seperti berupa nyala lampu, bunyi alarm, dll. Instrumentasi memiliki tiga fungsi utama, yaitu sebagai alat pengukur, alat analisa, dan alat kendali. Instrumen merupakan faktor yang menentukan mutu dari suatu hasil produksi. Pengendalian proses produksi meliputi aliran dan alat sistem kontrol.

2.3.2.1 Aliran Sistem Kontrol

1) Aliran *Electric* (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*.
2) Aliran *Pneumatic* (aliran udara tekan) digunakan untuk valve dari *controller* ke *actuator.*
3) Aliran Mekanik (aliran gerakan/perpindahan level) digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

2.3.2.2 Alat Sistem Kontrol

1) Sensor, digunakan untuk mengidentifikasi variabel-variabel proses. Alat yang digunakan untuk sensor aliran fluida, tekanan, dan level yaitu manometer, sedangkan untuk sensor suhu digunakan *thermocouple*.
2) Controller meliputi *Level Control* (LC), *Temperature Control* (TC), *Pressure Control* (PC), dan *Flow Control* (FC), *pH Control*.
    a) *Level Control* (LC)

        Alat ini berfungsi sebagai pengendali volume atau ketinggian cairan dalam suatu tangki atau alat lain, sehingga tidak melebihi batas

maksimum atau minimum yang telah ditetapkan. LC dihubungkan dengan control valve pada aliran keluar.

b) *Flow Control* (FC)

Alat ini digunakan untuk mengendalikan debit aliran masuk atau keluar pada proses produksi. Banyaknya debit aliran yang masuk atau keluar disesuaikan dengan prosedur produksi yang telah ditetapkan. Apabila debit aliran tidak sesuai dengan prosedur produksi yang telah ditetapkan maka dapat diketahui dengan tanda-tanda yang telah ditetapkan.

c) *Temperature Control* (TC)

Alat ini digunakan untuk mengendalikan suhu pada proses operasi suatu alat sesuai dengan suhu operasi yang ditetapkan. Ketidaksesuaian suhu dalam proses produksi dapat menyebabkan gagalnya proses produksi.

d) *Pressure Control* (TC)

Alat ini diguakan untuk mengatur tekanan operasi agar sesuai dengan tekanan operasi yang telah ditetepkan. PC sangat dibutuhkan pada sistem yang menggunakan aliran *steam* atau gas.

e) pH Control

Alat ini digunakan untuk mengatur pH yang ada dalam proses produksi.

3) *Actuator*, digunakan untuk memanipulasi agar variabel *actuator* sama dengan variabel *controller*. Alat yang digunakan *automatic control valve* atau *manual hand valve.*

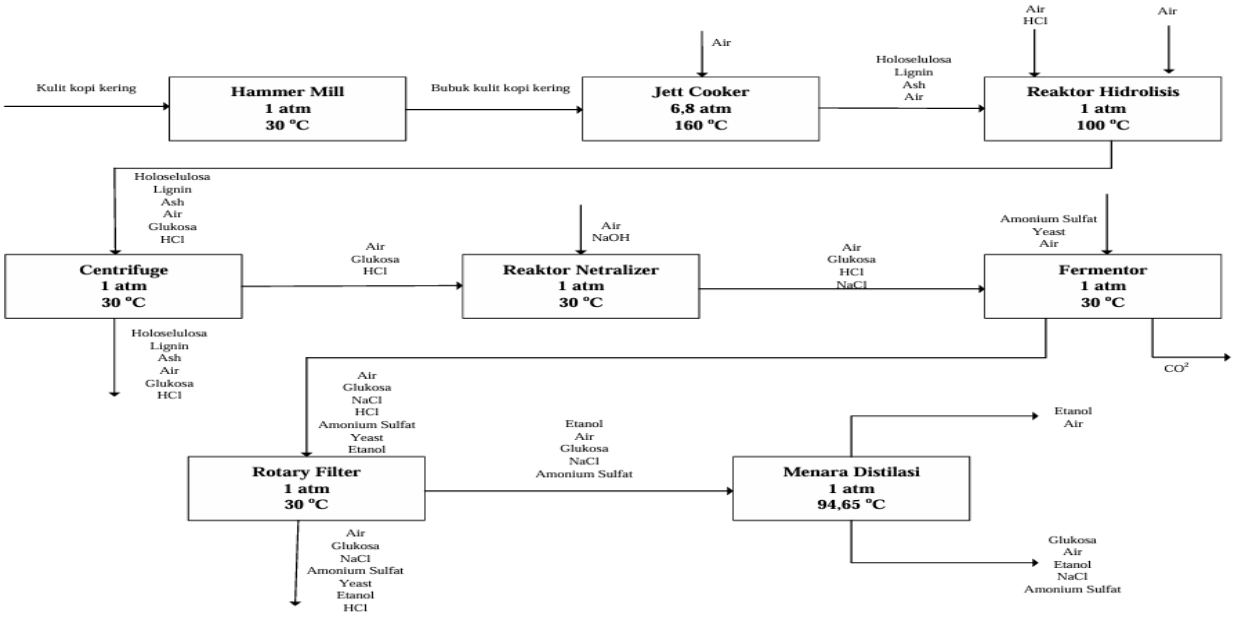
2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk dilakukan agar produk yang dihasilkan memiliki kualitas sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Kualitas produk dipengaruhi dari proses-proses sebelumnya. Agar mendapatkan kualitas produk yang baik maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan dan pengendalian yang baik pada proses melalui sistem kontrol agar sesuai dengan *set point* yang telah ditetapkan.

BAB III PERANCANGAN PROSES

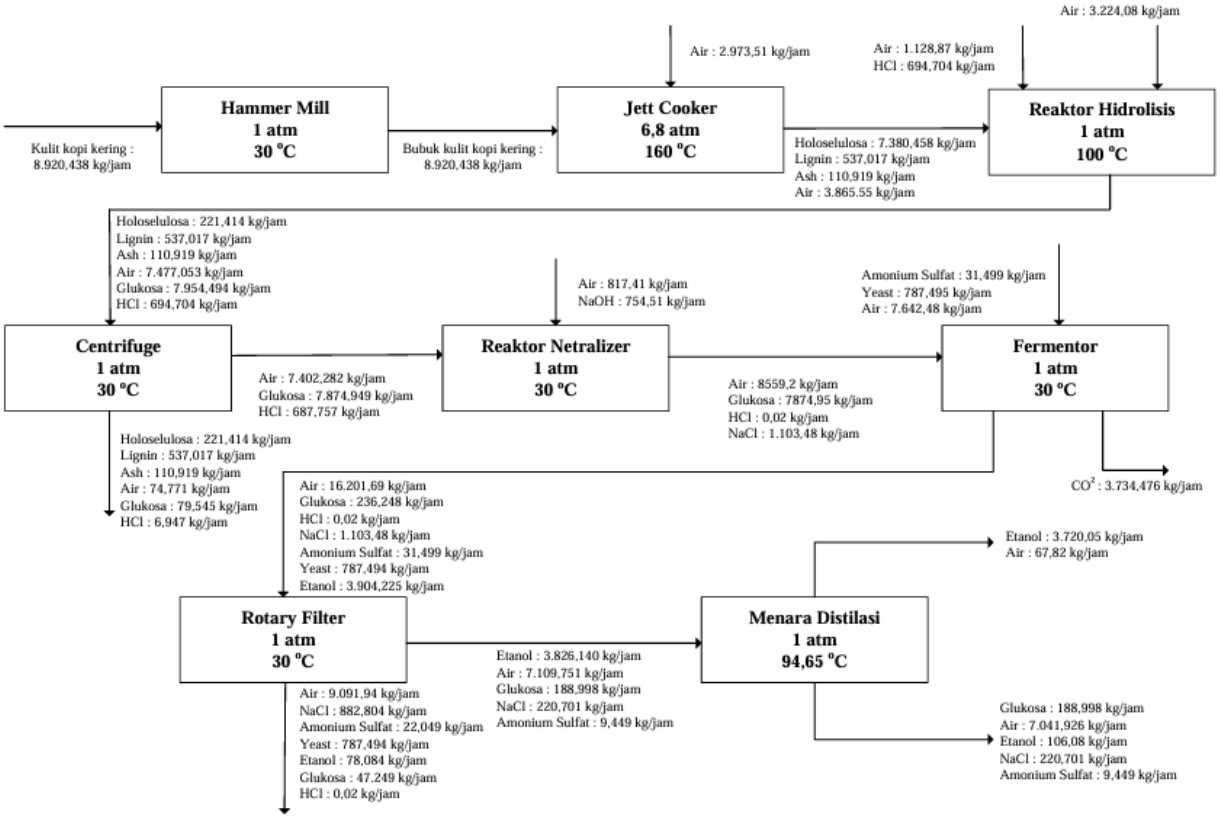
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Proses pembuatan bioetanol terdiri dari tiga tahap yaitu *pre-treatment*, hidrolisis, fermentasi, dan distilasi. Berikut ini pemilihan dari setiap proses tahapan *pre-treatment*, hidrolisis, fermentasi, dan destilasi.

3.2.1 Persiapan Bahan Baku

Prarancangan pabrik bioetanol dari kulit kopi ini di produksi dengan kapasitas 30.00 ton/tahun didapatkan dengan kondisi kering dari PT. Universal Kopi Sumatera, dimana kulit kopi ini masih utuh dari buah kopi. Oleh karena itu diperlukan *size reduction*, untuk mempermudah *pre-treatment* selanjutnya yaitu hidrolisis. Penggunaan alat *size reduction* menggunakan *hammer mill* karena ini memiliki sifat yang cocok dari kulit kopi tersebut yang berserat.

Selanjutnya dilakukan proses delignifikasi, proses ini untuk mengurangi lignin yang terkandung pada kulit kopi ini serta meningkatkan proses hidrolisis pada proses selanjutnya. Proses delignifikasi dilakukan secara fisika memperhatikan dari keuntungan yang didapatkannya dan waktu yang tergolong cepat. Proses delignifikasi dilakukan dengan menggunakan alat yaitu *Jett Cooker* yaitu tempat kulit kopi ini akan diberikan perlakuan yaitu dengan diberikan steam oleh *nozzle*, dimana nantinya kondisi pada *Jett Cooker* akan berada di tekanan 6,8 atmosfer dan suhu pada 160 ^{o}C.

3.2.2 Proses Hidrolisis

Proses hidrolisis ini dilakukan secara kimiawi dengan membantu katalis berupa larutan HCl pekat sebesar 20%wt dengan direaksikan secara langsung

kepada bubuk kulit kopi yang setelah proses delignifikasi. Proses hidrolisis akan memecah selulosa menjadi glukosa, serta larutan HCl juga akan membantu dalam mempercepat reaksi dan hasil yang didapatkan dengan konversi 97%. Reaksi ini dilakukan pada kondisi suhu 100ºC dengan tekanan 1 atmosfer. Setelah keluaran hidrolisis ini akan dilakukan pemisahan fasa cair dan padat, dimana masih adanya padatan dari sisa kulit kopi berupa *cake* dan filtrat yang didapatkan yaitu glukosa, air, asam klorida, dan sisa selulosa akan masuk ke fermentor dimana untuk proses fermentasi bioetanol dari hasil hidrolisis yaitu glukosa.

3.2.3 Proses Fermentasi

Produk hasil hidrolisis memiliki kondisi keluaran suhu pada 100ºC, maka dilakukan pendinginan menggunakan cooler untuk menurunkan suhunya menjadi 30 ºC, hal ini proses fermentasi memerlukan kondisi yang sesuai dengan *khamir* yaitu *Saccharomyces cerevisae*. Dilakukan *pre-treatment* terhadap *Saccharomyces cerevisae* sebelum dimasukkan ke dalam reactor. Tujuan dilakukan *pre-treatment* ini adalah untuk mengetahui apakah khamir tersebut masih aktif atau tidak, sehingga dapat mengetahui efektifitas dari *khamir* yang digunakan. Maka dapat mengurangi banyaknya limbah kulit kopi yang tidak terfermentasi dengan baik. Pre-treatment kulit kopi dilakukan pada Mixer-01 dengan kondisi operasi suhu 40ºC dan tekanan 1 atm, selama 8 jam.

Pemanfaatan larutan HCl ini pada proses hidrolisis bermanfaat sebagai kondisi pH fermentasi ini yaitu 4,4 dimana kondisi fermentasi ini membutuhkan waktu 78 jam untuk mereduksi glukosa menjadi bioetanol. Produk samping dari reaksi fermentasi ini didapatkan karbon dioksida (CO_2) dimana, nantinya akan

dibuang secara langsung. Proses fermentasi ini mendapatkan konversi 97% kmol. Menggunakan *khamir* ini membutuhkan nutrisi berupa urea yang nantikan sebagai bahan nutrisi dari *khamir* ini dapat produksi dari bioetanol itu sendiri. Reaksi fermentasi ini bersifat batch dan kondisi pabrik diharuskan kontinyu. Oleh karena itu, dirancang 12 fermentor untuk mendapatkan kondisi kontinyu memperhatikan waktu pengisian, fermentasi, pengosongan dan pembersihan didapatkan total waktu untuk satu reaktor berproduksi selama 96 jam untuk per *batch*.

Keluaran hasil fermentasi masih memiliki pH asam hal ini akan sulit pada proses pemurnian produk, maka dilakukan proses netralizer untuk mengubah asam yang terkandung pada larutan menjadi garam. Penambahan larutan NaOH untuk mereaksikan larutan HCl menjadi NaCl dan air. Reaksi ini dilakukan pada kondisi 30^{o}C dan 1 atmosfer. Keluaran setelah netralizer ini akan dilakukan pemisahan padat-cair untuk memisahkan padatan pada reaksi sebelumnya seperti garam pada netralizer, yeast dan urea pada reaksi fermentasi dengan menggunakan alat *rotary drum vacuum filter* untuk memisahkan perbedaan fasa tersebut. Filtrat keluaran *rotary drum vacuum filter* akan dilanjutkan pada proses pemurnian produk

3.2.4 Proses Pemurnian Produk

Filtrat keluaran alat pemisah sebelumnya yaitu bioetanol, air dan sisa selulosa pada proses sebelumnya. Produk utama yaitu bioetanol ingin dipisahkan dari komponen lain yaitu air dan selulosa. Filtrat akan masuk pada *heat exchanger* di *bubble point* senyawa yaitu 91,73 ^{o}C untuk mengubah menjadi fasa gas. Kondisi pada refluks digeser pada garis kondisi operasi 1 atm yaitu untuk reboiler menjadi 1,1 atm dan kondensor pada 0,9 atm dimana air etanol bersifat azeotrop. Oleh

karena itu pergesaran garis operasi ini bertujuan untuk mendapatkan konversi etanol yang tinggi pada keluaran atas. Hasil dari keluaran atas atau produk didapatkan yaitu bioetanol dengan kemurnian 97% dengan suhu 77,42 ^{o}C. Setelah mendapatkan bioetanol dengan kemurnian 97% diperlukan untuk mendinginkan suhu bioetanol tersebut dengan menggunakan *cooler,* hal ini agar bioetanol bisa disimpan pada *storage tank*. Sedangkan untuk keluaran bawah akan dimasukkan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL).

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

a. Reaktor (R-01)

Tabel 3. 1 Spesifiasi Alat Reaktor Hidrolisis

Spesifikasi Umum Reaktor		
Kode	:	R-01
Fungsi	:	Hidrolisis selulosa menjadi glukosa
Jenis/Tipe	:	*Continue Stirred Tank Reactor* (CSTR)
Mode Operasi	:	Kontinyu
Jumlah Unit	:	1
Harga, Rp	:	Rp31.226.196.868
Kondisi Operasi		
Suhu, ^{o}C	:	100
Tekanan,atm	:	1
Kondisi Proses	:	*Non-Adiabatic, Isothermal*

Konstruksi dan Material Bahan Konstruksi	:	*Stainless Steel* (SA) *167 Grade 11 type 316*
Volume, m^3	:	3,26
Jenis Head	:	*Torispherical Flanged & Dished Head*
Dimensi Reaktor		
Shell		
Diameter, m	:	1,5
Tinggi, m	:	1,5
Tebal, in	:	0,19
Volume, m^3	:	3,26
Head		
Tinggi, m	:	0,30
Tebal, in	:	0,19
Volume, m^3	:	0,3
Pengaduk		
Jenis Impeller	:	Turbin 6 *blade disk* standar
Diameter Impeller, m	:	0,36
Ketinggian Impeller dari Dasar, m	:	0,46
Tinggi Pengaduk, m	:	1,39
Lebar *Impeller*, m	:	0,09
Jumlah *Baffle*, buah	:	4
Lebar *Baffle,* m	:	0,06
Tebal *Baffle,* m	:	0,07
Jumlah *Impeller,* buah	:	1
Kecepatan Pengadukan, rpm	:	72
Power Pengadukan, Hp	:	0,13
Spesifikasi pendingin		
Jenis Pendingin	:	Jaket
Tebal Jaket, m	:	0,005

Jenis *coolant*	:	Air
Kebutuhan *coolant*, kg/jam	:	8.779
$U_{D,}$ W/m^{2}K	:	37,84
Luas Area Transfer Panas, m^2	:	5,34

b. Reaktor (R-02)

Tabel 3. 2 Spesifiasi Alat Reaktor Hidrolisis (lanjutan)

Spesifikasi Umum Reaktor		
Kode	:	R-02
Fungsi	:	Hidrolisis selulosa menjadi glukosa
Jenis/Tipe	:	*Continue Stirred Tank Reactor* (CSTR)
Mode Operasi	:	Kontinyu
Jumlah Unit	:	1
Harga, Rp	:	Rp31.226.196.868
Kondisi Operasi		
Suhu, ^oC	:	100
Tekanan,atm	:	1
Kondisi Proses	:	*Non-Adiabatic, Isothermal*
Konstruksi dan Material Bahan Konstruksi	:	*Stainless Steel* (SA) *167 Grade 11 type 316*
Volume, m^3	:	3,26
Jenis Head	:	*Torispherical Flanged & Dished Head*
Dimensi Reaktor		
Shell		
Diameter, m	:	1,5
Tinggi, m	:	1,5

Tebal, in	:	0,19
Volume, m^3	:	3,26
Head		
Tinggi, m	:	0,30
Tebal, in	:	0,19
Volume, m^3	:	0,3
Pengaduk		
Jenis Impeller	:	Turbin 6 *blade disk* standar
Diameter Impeller, m	:	0,36
Ketinggian Impeller dari Dasar, m	:	0,46
Tinggi Pengaduk, m	:	1,39
Lebar *Impeller*, m	:	0,09
Jumlah *Baffle*, buah	:	4
Lebar *Baffle,* m	:	0,06
Tebal *Baffle,* m	:	0,07
Jumlah *Impeller,* buah	:	1
Kecepatan Pengadukan, rpm	:	72
Power Pengadukan, Hp	:	0,13
Spesifikasi pendingin		
Jenis Pendingin	:	Jaket
Tebal Jaket, m	:	0,005
Jenis *coolant*	:	Air
Kebutuhan *coolant*, kg/jam	:	8.779
$U_{D,}$ W/m^2K	:	37,84
Luas Area Transfer Panas, m^2	:	5,34

c. Reaktor (R-03)

Tabel 3. 3 Spesifiasi Alat Reaktor Netralizer

Spesifikasi Umum Reaktor		
Kode	:	R-03
Fungsi	:	Menetralkan larutan HCl dengan larutan NaOH agar pembentukan NaCl
Jenis/Tipe	:	*Conitunue Stirred Tank Reactor* (CSTR)
Mode Operasi	:	Kontinyu
Jumlah Unit	:	1
Harga, Rp	:	Rp5.079.423.537
Kondisi Operasi		
Suhu, ^oC	:	30
Tekanan,atm	:	1
Kondisi Proses	:	*Non-Adiabatic, Isothermal*
Konstruksi dan Material Bahan Konstruksi	:	*Stainless Steel (SA) 167 Grade 11 type 316*
Volume, m^3	:	7,9
Jenis Head	:	*Torispherical Flanged &* *Dished Head*
Dimensi Reaktor		
Shell		
Diameter, m	:	2,27
Tinggi, m	:	2,27
Tebal, in	:	0,25
Volume, m^3	:	6,6

Head		
Tinggi, m	:	0,45
Tebal, in	:	0,31
Volume, m^3	:	0,23
Pengaduk		
Jenis Impeller	:	Turbin 6 *Blade Flat* Standar dengan *Disk*
Diameter Impeller, m	:	0,76
Ketinggian Impeller dari Dasar, m	:	0,76
Panjang *Impeller*, m	:	0,19
Lebar *Impeller*, m	:	0,13
Jumlah *Baffle*, buah	:	4
Lebar *Baffle,* m	:	0,13
Tebal *Baffle,* m	:	0,15
Jumlah *Impeller,* buah	:	1
Kecepatan Pengadukan, rpm	:	100
Power Pengadukan, Hp	:	10
Spesifikasi pendingin		
Jenis Pendingin	:	Jaket
Tebal Jaket, in	:	0,5
Jenis C*oolant*	:	Air
Kebutuhan C*oolant*, kg/jam	:	2.224
$U_{D,}$ W/m^2K	:	425,87
Luas Area Transfer Panas, m^2	:	2,6

d. Reaktor (R-04)

Tabel 3. 4 Spesifiasi Alat Reaktor Fermentasi

Spesifikasi Umum Reaktor

Kode	:	R-04
Fungsi	:	Fermentasi glukosa menjadi bioetanol
Jenis/Tipe	:	Fermentor
Mode Operasi	:	*Semi-Batch*
Jumlah unit	:	12
Harga, Rp	:	Rp567.483.523.325
Kondisi Operasi		
Suhu, ^oC	:	30
Tekanan,atm	:	1
Kondisi Proses	:	*Non-Adiabatic, Isothermal*
Konstruksi dan Material Bahan Konstruksi	:	*Stainless Steel (SA) 167 Grade 11 type 316*
Volume, m^3	:	230,76
Jenis Head	:	*Torispherical Flanged & Dished Head*
Dimensi Reaktor		
Shell		
Diameter, m	:	6,1
Tinggi, m	:	6,1
Tebal, in	:	0,44
Volume, m^3	:	230,77
Head		
Tinggi, m	:	1,42
Tebal, in	:	0,5
Volume, m^3	:	2,72
Pengaduk		
Jenis Impeller	:	Turbin 6 Blade Flat Standar
Diameter Impeller, m	:	2
Ketinggian Impeller dari Dasar, m	:	2

Tinggi Pengaduk, m	:	6,07
Lebar *Impeller*, m	:	0,51
Jumlah *Baffle*, buah	:	4
Lebar *Baffle,* m	:	0,34
Tebal *Baffle,* m	:	0,41
Jumlah *Impeller,* buah	:	1
Kecepatan Pengadukan, rpm	:	35
Power Pengadukan, Hp	:	5
Spesifikasi pendingin		
Jenis Pendingin	:	koil
Diameter koil ,in	:	12,75
Panjang koil, m	:	56,67
Jumlah lilitan	:	7
Jenis C*oolant*	:	Air
Kebutuhan C*oolant*, kg/jam	:	547.477

e. Mixer

Tabel 3.5 Spesifiasi Alat Mixer

Spesifikasi Umum Mixer		
Kode	:	M-01
Fungsi	:	*Pre-treatment yeast Saccharomyces Cerevisae*
Jenis/Tipe	:	*Tangki berpengaduk, silinder tegak torispherical head dengan jaket pemanas*
Mode Operasi	:	Kontinyu
Jumlah Unit	:	1
Harga, Rp	:	Rp197.556.695
Kondisi Operasi		

Suhu, ^oC	:	40
Tekanan,atm	:	1
Kondisi Proses	:	*Non-Adiabatic, Isothermal*
Konstruksi dan Material Bahan Konstruksi	:	*Stainless Steel (SA) 167 Grade 11 type 316*
Volume, m^3	:	2,1
Jenis Head	:	*Torispherical Flanged* & *Dished Head*
Dimensi Reaktor		
Shell		
Diameter, m	:	1,1
Tinggi, m	:	2,2
Tebal, in	:	0,25
Volume, m^3	:	0,85
Head		
Tinggi, m	:	0,24
Tebal, in	:	0,18
Volume, m^3	:	0,09
Pengaduk		
Jenis Impeller	:	Turbin 6 *Blade Flat* Standar dengan *Disk*
Diameter Impeller, m	:	0,36
Ketinggian Impeller dari Dasar, m	:	0,76
Panjang *Impeller*, m	:	0,1
Lebar *Impeller*, m	:	0,13
Jumlah *Baffle*, buah	:	4
Lebar *Baffle,* m	:	0,07
Tebal *Baffle,* m	:	0,09
Jumlah *Impeller,* buah	:	1
Kecepatan Pengadukan, rpm	:	2,7

Power Pengadukan, Hp	:	0,05
Spesifikasi Alat Pemanas		
Jenis	:	Jaket
Tebal Jaket, in	:	0,3
Jenis Pemanas	:	*Steam*
Kebutuhan *Steam*, kg/jam	:	2000

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah

a. Centrifuge

Tabel 3.6 Spesifikasi Alat Centrifuge

Identifikasi		
Nama	:	*Centrifuge*
Kode	:	CF-01
Fungsi	:	Memisahkan filtrat setelah proses netralisasi HCl dari neutralizer menuju ke fermentor
Jenis/Tipe	:	*Continuous Decanter Centrifuge*
Jumlah Unit	:	1
Material Bahan Konstruksi	:	*Stainless Steel (SA) 167 Grade 11 type 316*
Harga, Rp	:	Rp4.528.325.331
Kondisi Operasi		
Tekanan, atm	:	1
Suhu, ^oC	:	30
Data Desain		
Kapasitas, kg/jam	:	1.035
Diameter Bowl, m	:	0,25
Panjang Bowl, m	:	0,5

Kecepatan Putar, rpm	:	10.000
Power, Hp	:	20

b. Rotary Filter

Tabel 3. 3 Spesifikasi Alat Rotary Filter

Identifikasi		
Nama	:	*Rotary Filter*
Kode	:	RF-01
Fungsi	:	Memisahkan padatan dari hasil fermentasi sebelum masuk ke Menara Distilasi.
Jenis/Tipe	:	*Rotary Continuous Filter*
Jumlah Unit	:	1
Material Bahan Konstruksi	:	*Stainless Steel (SA) 167 Grade 11 type 316*
Harga, Rp	:	Rp6.043.845.397
Kondisi Operasi		
Tekanan, atm	:	1
Suhu, ^{o}C	:	30
Data Desain		
Luas Permukaan, m^2	:	775,05
Panjang, m	:	1,33
Diameter, m	:	2,67
Kecepatan Putar, rpm	:	0,2
Power, Hp	:	5

c. Menara Distilasi

Tabel 3. 4 Spesifikasi Alat Menara Distilasi

Menara Distilasi

Kode	:	MD-01
Fungsi	:	Memurnikan bioetanol dari keluaran *Rotary Filter*
Tipe	:	*Tray Distillation columns*
Jumlah unit	:	1
Material	:	*Stainless Steel (SA) 167 Grade 11 type 316*
Harga, Rp	:	Rp6.548.343.387
Kondisi Operasi		
Umpan		
Suhu, ^{o}C	:	94,65
Tekanan, atm	:	1
Distilat		
Suhu, ^{o}C	:	78,97
Tekanan, atm	:	1
Bottom		
Suhu, oC	:	99,67
Tekanan, atm	:	1
Spesifikasi Alat		
Shell		
Diameter Dalam, m	:	2,627
Tebal, m	:	0,005
Tinggi, m	:	12,43
Head		
Jenis	:	*Ellipsoidal*
Tebal, m	:	0,017
Material	:	*Stainless Steel (SA) 167 Grade 11 type 316*
Tipe Menara *Tray*		
Jenis T*ray*	:	*Sieve*

Feed Plate	:	14
Jumlah *Plate Actual*	:	35
Holes Pitch	:	18
Diameter *Hole*, m	:	0,05
Tray Spacing , m	:	0,30
Jumlah Lubang, buah	:	83
Jumlah	:	1

3.3.3 Spesifikasi Alat Pre-Treatment

a. Hammer Mill

Tabel 3. 5 Spesifikasi Alat Hammer Mill

Identifikasi		
Nama	:	*Hammer Mill*
Kode	:	HM-01
Fungsi	:	Menghancurkan kulit kopi menjadi bagian yang lebih kecil agar optimal dalam proses delignifikasi
Jenis/Tipe	:	*Micro-pulverizer mills*
Jumlah Unit	:	1
Material Bahan Konstruksi	:	*Carbon Steel SA-135 Grade B*
Harga, Rp	:	Rp5.480.590.613
Kondisi Operasi		
Tekanan, atm	:	1
Suhu, ^{o}C	:	30
Data Desain		
Kapasitas, kg/jam	:	8.920
Rotor Diameter, m	:	0,46
Kecepatan Putar Maksimal, rpm	:	4.600
Power, Hp	:	7,5

b. Jet Cooker

Tabel 3. 6 Spesifikasi Alat Jet Cooker

Identifikasi		
Nama	:	*Jet Cooker*
Kode	:	JC-01
Fungsi	:	Proses terjadinya delignifikasi pada bubuk kulit kopi
Jenis/Tipe	:	Silinder tegak dengan alas dan tutup berbentuk torispherical
Jumlah Unit	:	1
Material Bahan Konstruksi	:	*Stainless Steel (SA) 167 Grade 11 type 316*
Harga, Rp	:	Rp1.096.118.123
Kondisi Operasi		
Tekanan, atm	:	6,8
Suhu, ^oC	:	160
Data Desain		
Diameter *Shell*, m	:	1,43
Tinggi *Shell*, m	:	2,85
Volume *Shell*, m^3	:	2,27
Volume *Head*, m^3	:	0,65
Volume Total, m^3	:	2,92
Tinggi Tangki total, m	:	4,02
Tebal Isolator, m	:	0,02
Bahan Isolasi	:	Asbestos
Jenis Pengaduk	:	Turbin daun lurus terbuka
Putaran Pengaduk, rpm	:	140
Power, Hp	:	10

Steam Dibutuhkan, kg/jam	:	2.974
Ukuran Nozzle, m	:	0,10
Panjang Total Steam Ejector, m	:	1,07
Panjang Diffuser Body, m	:	0,89
Panjang Booster Body, m	:	0,18
Lebar *Suction Chamber*, m	:	0,15
Diameter Lubang Inlet, m	:	0,10
Diameter Lubang *Discharge*, m	:	0,10

3.3.4 Spesifikasi Alat Pendukung

a. Accumulator

Tabel 3. 7 Spesifikasi Alat Accumulator

Identifikasi		
Nama	:	*Accumulator*
Kode	:	ACC-01
Fungsi	:	Penampung aliran keluaran kondensor pada MD-01 agar kontinuitas dan kestabilan aliran keluar tetap terjaga
Jenis/Tipe	:	*Horizontal Cylinder Tanks*
Jumlah unit	:	1
Material bahan konstruksi	:	*Stainless Steel (SA) 167 Grade 11 type 316*
Harga, Rp	:	Rp5.540.318.891
Kondisi Operasi		
Tekanan, atm	:	0,9
Suhu, ^{o}C	:	76,04
Data Desain		
Volume Tangki, m^3	:	0,43

Diameter Tangki, m	:	0,51
Panjang Tangki, m	:	3,04
Tebal *Shell*, m	:	0,005
Tebal *Head*, m	:	0,005
Tinggi *Head*, m	:	0,14
Jenis *Head*	:	*Standar flanged dished head*

3.3.5 Spesifikasi Alat Penyimpanan

a. Silo Penyimpanan Bahan Baku

Tabel 3. 8 Spesifikasi Silo Penyimpanan Bahan Baku

Silo	**SL-01**	**SL-02**	**SL-03**
Fungsi	Menyimpan kulit kopi kering	Menyimpan yeast *Saccharomyces Ceresiviae*	Menyimpan Amonium Sulfat sebagai nutrisi yeast dalam proses fermentasi
Tipe	Silinder tegak dengan dasar berbentuk conical	Silinder tegak dengan dasar berbentuk conical	Silinder tegak dengan dasar berbentuk conical
Bahan Konstruksi	*Stainless Steel* (SA) 167 *Grade 11 type 316*	*Stainless Steel* (SA) *167 Grade 11 type 316*	*Stainless Steel* (SA) *167 Grade 11 type 316*
Data Desain			
Tekanan, atm	1	1	1
Suhu, ^{o}C	30	30	30
Diameter, m	6,8	4,5	1,5
Tinggi silo, m	17	11,2	3,7
Tebal dinding, m	0,03	0,006	0,005

Volume, m^3	495	142,6	5,14
Waktu penyimpanan, hari	3	7	14
Harga, Rp	Rp13.250.670.096	Rp5.972.932.025	Rp603.776.711

b. Tangki Penyimpanan

Tabel 3. 9 spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Tangki	**T-01**	**T-02**	**T-03**
Fungsi peruntukan alat	Menyimpan Larutan HCl	Menyimpan Larutan NaOH	Menyimpan produk etanol hasil keluaran dari MD dan telah pada suhu ruang
Lama Penyimpanan, hari	7	7	7
Fasa	Cair	Cair	Cair
Jumlah tangki	1	1	1
Jenis tangki	Tangki silinder tegak dengan dasar dan atap berbentuk torispherical	Tangki silinder tegak dengan dasar dan atap berbentuk torispherical	Tangki silinder tegak dengan dasar datar (flat bottom) dan bagian atas berbentuk conical
Harga, Rp	Rp21.600.213.133	Rp26.541.862.119	Rp28.892.133.879
Kondisi operasi	Suhu: 30^{o}C	Suhu: 30^{o}C	Suhu: 30^{o}C
	Tekanan: 1 atm	Tekanan: 1 atm	Tekanan: 1 atm
Spesifikasi	Bahan konstruksi: *Stainless Steel* (SA)	Bahan konstruksi: *Stainless Steel* (SA)	Bahan konstruksi: *Stainless Steel* (SA)

	167 *Grade 11 type 316*	167 *Grade 11 type 316*	167 *Grade 11 type 316*
	Volume tangki: 327,5 m^3	Volume tangki: 240 m^3	Volume tangki: 1.000 m^3
	Diameter: 9 m	Diameter: 10,6 m	Diameter: 15,2 m
	Tinggi total tangki: 15,8 m	Tinggi total tangki: 14,5 m	Tinggi total tangki: 22,4 m
	Course plate: 2	*Course plate*: 2	*Course plate*: 3
Head dan *Bottom*	Jenis *head*: *Torispherical*	Jenis *head*: *Torispherical*	Jenis head: *Torispherical*
	Tebal *head*: 0,25 in	Tebal *head*: 0,31 in	Tebal *head*: 0,31 in
	Jenis bottom:Flate	*Jenis bottom: Flate*	*Jenis bottom: Flate*
	Tebal *bottom*: 1 in	Tebal *bottom*: 1,25 in	Tebal *bottom*: 1,62 in

3.3.6 Spesifikasi Alat Transportasi

a. Spesifikasi Alat Transportasi Padatan

Tabel 3. 10 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan

Parameter	SC-01	SC-02	SC-03
Fungsi	Mengangkut kulit kopi yang telah dihaluskan dari *hammer mill* menuju *jet cooker*	Mengangkut amonium sulfat dari Silo-3 (SL-03) ke Fermentor (R-02)	Mengangkut *Saccharomyces Cereviciae* (*yeast*) ke Fermentor
Jenis	*Plain Spouut of Chutes*		
Bahan Konstruksi	*Carbon steel*		
Kapasitas (kg/jam)	8.920,438	31,5	787,495

Kondisi Operasi			
Suhu, ºC	30	30	30
Tekanan, atm	1	1	1
Dimensi			
Panjang, m	4,57	9,14	4,57
Diameter Flight, m	0,23	0,23	0,23
Kecepatan, rpm	40	40	40
Power Motor, Hp	0,05	0,05	0,05
Harga. Rp	Rp972.526.246	Rp1.762.703.820	Rp1.580.355.149

Tabel 3. 11 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan (Lanjutan)

Identifikasi		
Nama	:	*Bucket Elevator*
Kode	:	BE-01
Fungsi	:	Mengangkut kopi kering ke Silo-01 (SL-01)
Jenis/Tipe	:	*Centrifugal Discharge Bucket*
Jumlah unit	:	1
Material bahan konstruksi	:	*Carbon steel*
Harga, Rp	:	Rp800.308.056
Kondisi Operasi		
Tekanan, atm	:	1
Suhu, ºC	:	30
Data Desain		
Panjang, m	:	0,15
Lebar, m		0,10
Tinggi, m	:	28,2
Kecepatan, m/menit	:	47,40

Power Motor, Hp	:	5
Jumlah *Bucket*	:	68
Ukuran *Bucket, in*	:	6 x 4 x 4,25
Bucket *Spacing, in*	:	12

Tabel 3. 12 Spesifikasi Alat Transportasi Padatan (Lanjutan)

Identifikasi		
Nama	:	*Belt Conveyor*
Kode	:	BC-01
Fungsi	:	Memindahkan kulit kopi kering dari Silo-01 (SL-01) menuju *Hammer mill* (HM-01)
Jenis/Tipe	:	*Belt Conveyor Continous Closed*
Jumlah unit	:	1
Material bahan konstruksi	:	*Carbon steel*
Harga, Rp	:	Rp447.767.292
Data Desain		
Panjang Belt, m	:	10
Lebar Belt, m	:	0,6
Efisiensi Motor, %	:	80
Material Belt	:	Karet
Kapasitas Maksimal, ton/jam	:	98
Tipe Plate Support Conveyor	:	*Flat belt on continuous*
Kecepatan Belt Normal, m/min	:	91
Kecepatan Belt Maksimal, m/min	:	122
Power Motor, Hp	:	0,5

b. Alat Transportasi Gas

1. Expansion Valve

Tabel 3. 13 Spesifikasi Alat transportasi Cair

Identifikasi		
Nama	:	*Expansion Valve*
Kode	:	EV-01
Fungsi	:	Menurunkan tekanan dari hasil keluaran JC-01 sebelum dialirkan ke CO-01
Fasa	:	*Cair*
Jumlah Unit	:	1
Jenis	:	*Globe Valve*
Harga, Rp	:	Rp151.957.226
Data Desain		
Suhu, ^oC	:	160
Tekanan Masuk, atm	:	6,8
Tekanan Keluar, atm	:	1
Kapasitas, kg/jam	:	8920
Spesifikasi		
Bahan Konstruksi	:	*Stainless Steel 316*
ID, in	:	4,02
OD, in	:	4,5
IPS	:	4
Flow Area, m^2	:	12,7
Panjang Ekuivalen, m	:	33,5

2. Pompa

Tabel 3. 14 Spesifikasi Alat Transportasi Cair

Spesifikasi	**P-01**	**P-02**	**P-03**
Fungsi	Memompakan hasil slurry jet cooker ke cooler dan reaktor hidrolisis (R-01)	Memompakan Larutuan HCl dan Air ke reaktor hidrolisis (R-01)	Memompokan slurry dari R-01 ke R-02
Kapasitas (gpm)	33,910	45,692	62,805
Ukuran Pipa			
ID, in	2,46	2,46	3,068
OD, in	2,88	2,88	3,5
IPS, in	2,5	2,5	3
A, in^2	4,79	4,79	7,38
No,Sch	40	40	40
Daya Pompa			
Efisiensi Pompa	48%	80%	80%
Daya Motor (HP)	0,75	0,75	1,00
Jenis Pompa	*Centrifugal* pump		

Tabel 3. 15 Spesifikasi Alat Transportasi Cair (lanjutan)

Spesifikasi	**P-04**	**P-05**	**P-06**
Fungsi	Memompakan keluaran hidrolisis (R-02) ke cooler dan centrifuge (CF-01)	Memompakan keluaran centrifuge (CF-01) ke fermentor (R-03)	Memompakan keluaran fermentor (R-03) menuju netralizer (R-04)
Kapasitas, gpm	62,805	84,339	74,816
Ukuran Pipa			
ID, in	3,068	4,026	3,068
OD, in	3,5	4,5	3,5
IPS, in	3	4	3
A, in^2	7,38	12,7	7,38
No,Sch	40	40	40
Daya Pompa			
Efisiensi Pompa	80%	80%	80%
Daya Motor, HP	1	0,75	1
Jenis Pompa	*Centrifugal* pump		

Tabel 3. 16 Spesifikasi Alat Transportasi Cair (lanjutan)

Spesifikasi	**P-07**	**P-08**	**P-09**
Fungsi	Memompakan larutan NaOH beserta air dari (T-02) menuju netralizer (R-04)	Memompakan keluaran netralizer (R-04) menuju rotary filter (RF-01)	Memompakan keluaran filtrat (RF-01) menuju heater (HE-01) dan menara distilasi (MD-01)
Kapasitas, gpm	9,604	78,605	43,86
Ukuran Pipa			
ID, in	1,38	4,026	3,07
OD, in	1,66	4,5	2,88
IPS, in	1,25	4	2,5
A, in^2	1,5	12,7	7,38
No,Sch	40	40	40
Daya Pompa			
Efisiensi Pompa	80%	80%	80%
Daya Motor, HP	0,25	1	0,5
Jenis Pompa	*Centrifugal* pump		

Tabel 3. 17 Spesifikasi Alat Transportasi Cair (lanjutan)

Spesifikasi	**P-10**	**P-11**	**P-12**	**P-13**
Fungsi	Memompakan keluaran bawah menara distilasi (MD-01) ke reboiler (RB-01)	Memompakan refluks reboiler (RB-01) menuju menara distilasi (MD-01)	Memompakan keluaran filtrat (RF-01) menuju heater (HE-01) dan menara distilasi (MD-01)	Memompakan produk hasil atas menara distilasi (MD-01) ke storage tank (ST-01)
Kapasitas, gpm	51,097	31,118	95,848	25,746
Ukuran Pipa				
ID, in	3,068	2,067	4,026	2,067
OD, in	3,5	2,88	4,5	2,38
IPS, in	3	2,5	4	2
A, in^2	7,38	4,79	12,7	3,25
No,Sch	40	40	40	40
Daya Pompa				
Efisiensi Pompa	80%	80%	80%	80%
Daya Motor (HP)	0,75	0,5	1	0,333
Jenis Pompa	*Centrifugal pump*			

3.3.7 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. *Cooler* 1

Tabel 3. 18 Spesifikasi Alat *Cooler*

Nama Alat : *Cooler*	
Kode Alat : C- 1	
Fungsi : Menurunkan suhu keluaran Jet-Cooker menuju Reaktor Hidrolisis	
Jenis HE : *Shell and Tube*	
Jenis Bahan : Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316	
Jumlah *Pass* : 1	
Harga : Rp5.540.318.891	
Kondisi Operasi	
Fluida Dingin	
Media Pendingin : Water	
Tekanan, Pt : 1 atm	
Suhu Masuk, t1 : 25 ^oC	
Suhu Keluar, t2 : 45 ^oC	
Massa Pendingin : 36713 kg/jam	
Fluida Panas	
Suhu Masuk, T1 : 160 ^oC	
Suhu Keluar, T2 : 100 ^oC	
Spesifikasi Alat	
Panjang : 6 m	
Rd : 0,002	
A : 25 m^2	
Shell	***Tube***

Baffle : 1 ft	OD : 1,25 in
ID : 13,25 in	ID : 1,15 in
Pressure Drop: 0,24 atm	Nt : 38
	Pressure Drop: 0,2 atm

b. *Cooler* 2

Tabel 3. 19 Spesifikasi Alat *Cooler* (lanjutan)

Nama Alat : *Cooler*
Kode Alat : C- 2
Fungsi : Menurunkan suhu slurry dari Rotary Filter menuju Fermentor.
Jenis HE : *Shell and Tube*
Jenis Bahan : *Stainless Steel* SA 167 *Grade* 11 *type* 316
Jumlah *Pass* : 6
Harga : Rp5.540.318.891
Kondisi Operasi
Fluida Dingin
Media Pendingin : Water
Tekanan, Pt : 1 atm
Suhu Masuk, t1 : 25 ^{o}C
Suhu Keluar, t2 : 60 ^{o}C
Massa Pendingin : 36713 kg/jam
Fluida Panas
Suhu Masuk, T1 : 100 ^{o}C
Suhu Keluar, T2 : 30 ^{o}C
Spesifikasi Alat

Panjang : 6 m Rd : 0,002 A : 193 m^2	
Shell	***Tube***
Baffle : 3 ft ID : 39 in *Pressure Drop*: 0,24 atm	OD : 1,5 in ID : 1,4 in Nt : 284 *Pressure Drop*: 0,2 atm

c. *Cooler* 3

Tabel 3. 20 Spesifikasi Alat *Cooler* (lanjutan)

Nama Alat : *Cooler* Kode Alat :CL-03 Fungsi : Mendinginkan Hasil Atas keluaran *Condenser* Jenis HE : *Double Pipe Heat Exchanger* Jenis Bahan : *Stailess Steel* (SA) 167 *Grade* 11 *type* 316 Jumlah *Hairpin* : 7 Jumlah Alat : 1 unit Harga : Rp1.357.484.551
Kondisi Operasi
Fluida Dingin
Media Pendingin : *Water* Tekanan, Pt : 1 atm Suhu Masuk, t1 : 25 ^oC Suhu Keluar, t2 : 50 ^oC Massa Pendingin : 45737 kg/jam
Fluida Panas

Suhu Masuk, T1 : 81,36 ºC Suhu Keluar, T2 : 30 ºC	
Spesifikasi Alat	
Panjang : 6 m Rd : 0,0011 A : 11,5 m^2	
Annulus (Cold Fluid)	***Inner Pipe (Hot Fluid)***
IPS : 0,102 m OD : 0,114 m ID : 0,102 m *Surface Area* : 0,322 m *Pressure Drop*: 0,007 atm	IPS : 0,076 m OD : 0,089 m ID : 0,078 m *Surface Area* : 0,245 m *Pressure Drop*: 0,02 atm

d. ***Heater* 1**

Tabel 3. 21 Spesifikasi Alat *Heater*

Nama Alat : *Heater* Kode Alat : HE-01 Fungsi : Memanaskan keluaran RD-01 menuju MD-01 Jenis HE : *Double Pipe* Jenis Bahan : *Stainless Steel* (SA) 167 *Grade* 11 *type* 316 Jumlah Hairpin : 7 Jumlah Alat : 1 unit Harga : Rp917.821.644	
Kondisi Operasi	
Fluida Panas	
Media Pemanas : *Steam* Suhu Masuk, T1 : 184 ºC	

Suhu Keluar, T2 :184 ºC Massa Pemanas : 782 kg/jam	
Fluida Dingin	
Tekanan, Pt : 1 atm Suhu Masuk, t1 : 30 ºC Suhu Keluar, t2 : 94,6 ºC	
Spesifikasi Alat	
Panjang : 6,1 m Rd : 0,008 A : 11,9 m^2	
Annulus (Cold Fluid)	***Inner Pipe (Hot Fluid)***
IPS : 0,102 m OD : 0,114m ID : 0,102 m *Surface Area* : 1,055 ft^2/ft *Pressure Drop*: 2 psi Ud : 100 Btu/hr.ft^2.F Uc : 252,3 Btu/hr.ft^2.F	IPS : 0,076 m OD : 0,089m ID : 0,078 m *Surface Area* : 0,917 ft2/ft *Pressure Drop*: 1 psi

e. Reboiler

Tabel 3. 22 Spesifikasi Alat *Reboiler*

Nama Alat : *Reboiler* Kode Alat : RB-01 Fungsi : Menguapkan sebagian hasil bawah MD-01 Jenis HE : *Shell and Tube* Jenis Bahan : *Stainless Steel* SA 167 *Grade* 11 *type* 316 Jumlah Alat : 1 unit Jumlah Pass : 2

Harga : Rp5.540.318.891	
Kondisi Operasi	
Fluida Panas	
Media Pemanas : *Steam* Suhu Masuk, T1 : 184 ^oC Suhu Keluar, T2 :184 ^oC Massa Pemanas : 208,40 kg/jam	
Fluida Dingin	
Tekanan, Pt : 1 atm Suhu Masuk, t1 : 94,65 ^oC Suhu Keluar, t2 : 99,67 ^oC	
Spesifikasi Alat	
Panjang : 6 m Rd : 0,01 A : 8,26 m^2	
Shell	***Tube***
Baffle : 1 ft ID : 10 in *Pressure Drop*: 0,08 atm	OD : 1,25 in ID : 0,92 in Nt : 20 *Pressure Drop*: 0,1 atm

f. Condenser

Tabel 3. 23 Spesifikasi Alat CD-01

Nama Alat : *Condenser* Kode Alat : CD-1

Fungsi : Mengondensasikan hasil atas dari Menara Distilasi	
Jenis HE : *Shell and Tube*	
Jenis Bahan : *Stainless Steel* SA 167 *Grade* 11 *type* 316	
Jumlah *Pass* : 6	
Harga : Rp5.540.318.891	
Kondisi Operasi	
Fluida Dingin	
Media Pendingin : *Water*	
Tekanan, Pt : 1 atm	
Suhu Masuk, t1 : 25 ^oC	
Suhu Keluar, t2 : 60 ^oC	
Massa Pendingin : 6656 kg/jam	
Fluida Panas	
Suhu Masuk, T1 : 94,65 ^oC	
Suhu Keluar, T2 : 78,97 ^oC	
Spesifikasi Alat	
Panjang : 6 m	
Rd : 0,002	
A : 32,5 m^2	
Shell	***Tube***
Baffle : 2 ft	OD : 1,5 in
ID : 27 in	ID : 1,4 in
Pressure Drop: 1,0 psi	Nt : 51
	Pressure Drop: 2,1 psi

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Total

Komponen	Input								Output				
	Arus 1	Arus 3	Arus 6	Arus 7	Arus 11	Arus 13	Arus 14	Arus 16	Arus 10	Arus 17	Arus 19	Arus 21	Arus 22
Kulit kopi kering	8920,44												
Air		2973,51	1182,87	3224,08	817,41		7642,48		74,77		9091,94	7041,93	67,82
Asam Klorida			694,70						6,95				
Amonium Sulfat								31,50			22,05	9,45	
Yeast						787,49					787,49		
Natrium Hidroksida													
Holoselulosa									221,41				
Lignin									537,02				
Ash									110,92				
Glukosa									79,54		47,25	188,99	
Karbon Dioksida										3734,48			
Natrium Klorida					754,51						882,80	220,70	
Etanol											78,08	106,08	3720,05
Total	**27029,00**								**27029,00**				

3.4.2 Neraca Massa Alat

a. Neraca Massa *Hammer Mill* (HM-01)

Komponen	Input	Output
	Arus 1	**Arus 2**
Selulosa	4371,01	4371,01
Hemiselulosa	2185,51	2185,51
Lignin	680,63	680,63
Air	892,04	892,04
Ash	791,24	791,24
Total	**8920,44**	**8920,44**

b. Neraca Massa *Jet Cooker* (JC-01)

Komponen	Input		Output
	Arus 2	**Arus 3**	**Arus 4**
Selulosa	4371,01	0,00	5415,69
Hemiselulosa	2185,51	0,00	1964,77
Lignin	680,63	0,00	537,02
Air	892,04	2973,51	3865,55
Ash	791,24	0,00	110,92
Total	**11893,9**		**11893,9**

c. Neraca Massa Reaktor Hidrolisis 1 (R-01)

Komponen	Input			Output
	Arus 5	**Arus 6**	**Arus 7**	**Arus 8**
Holoselulosa	7380,46	0,00	0,00	1402,28
Lignin	537,02	0,00	0,00	537,02

Air	3865,55	1182,87	3224,08	7608,26
Ash	110,92	0,00	0,00	110,92
Asam Klorida	0,00	694,70	0,00	694,70
Glukosa	0,00	0,00	0,00	6642,41
Sub Total	11893,9	1877,57	3224,08	16995,60
Total	**16995,60**			**16995,60**

d. Neraca Massa Reaktor Hidrolisis 2 (R-02)

Komponen	**Input**	**Output**
	Arus 8	**Arus 8**
Holoselulosa	1402,28	221,41
Lignin	537,02	537,02
Air	7608,26	7477,05
Ash	110,92	110,92
Asam Klorida	694,70	694,70
Glukosa	6642,41	7954,49
Sub Total	16995,60	16995,60
Total	**16995,60**	**16995,60**

e. Neraca Massa *Centrifuge* (CF-01)

Komponen	**Input**	**Output**	
	Arus 8	**Arus 10**	**Arus 9**
Holoselulosa	221,41	221,41	0,00
Lignin	537,02	537,02	0,00
Air	7477,05	74,77	7402,28
Ash	110,92	110,92	0,00
Asam Klorida	694,70	6,95	687,75

Glukosa	7954,49	79,54	7874,95
Sub Total	16995,60	1035,61	15964,99
Total	**16995,60**	**16995,60**	

f. Neraca Massa Neutralizer (R-03)

Komponen	**Input 1**	**Input 2**	**Output**
	Arus 9	**Arus 11**	**Arus 12**
Air	7402,28	817,41	8559,20
Glukosa	7874,95	0,00	7874,95
Asam Klorida	687,76	0,00	0,02
Natrium Hidroksida	0,00	754,51	0,00
Natrium Klorida	0,00	0,00	1103,48
Sub Total	15964,99	1571,90	17537,64
Total	**17537,64**		**17537,64**

g. Neraca Massa Mixer (M-01)

Komponen	**Input**		**Output**
	Arus 13	**Arus 14**	**Arus 15**
Air	0,00	7642,48	7642,48
Yeast	787,49	0,00	787,49
Sub Total	789,49	7642,48	8429,97
Total	**8429,97**		**8429,97**

h. Neraca Massa Fermentor (R-04)

Komponen	**Input**			**Output**	
	Arus 12	**Arus 15**	**Arus 16**	**Arus 18**	**Arus 17**
Air	8559,20	7642,48	0,00	16201,69	0,00
Glukosa	7874,95	0,00	0,00	236,25	0,00

Asam Klorida	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00
Yeast	0,00	787,49	0,00	787,49	0,00
Amonium Sulfat	0,00	0,00	31,50	31,50	0,00
Etanol	0,00	0,00	0,00	3904,22	0,00
Karbon Dioksida	0,00	0,00	0,00	0,00	3734,48
Natrium Klorida	1103,48			1103,48	
Sub Total	17537,65	8429,98	31,50	22264,65	3734,48
Total	**25999,13**			**25999,13**	

i. Neraca Massa *Rotary Filter* (RF-01)

Komponen	**Input**	**Output**	
	Arus 18	**Arus 19**	**Arus 20**
Air	16201,69	9091,94	7109,75
Glukosa	236,25	47,25	189,00
Natrium Klorida	1103,48	882,80	220,70
Yeast	787,49	787,49	0,00
Amonium Sulfat	31,50	22,05	9,45
Etanol	3904,22	78,08	3826,14
Asam Klorida	0,02	0,02	0,00
Sub Total	22264,65	10909,62	11355,03
Total	**22264,65**	**22264,65**	

j. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	**Input**	**Output**	
	Arus 20	**Arus 22**	**Arus 21**

Air	7109,75	67,82	7041,93
Glukosa	189,00	0,00	188,99
NaCl	220,70	0,00	220,70
Amonium Sulfat	9,45	0,00	9,45
Etanol	3826,14	3720,05	106,08
Sub Total	11355,04	3787,88	7567,16
Total	**11355,04**	**11355,04**	

3.5 Neraca Panas

a. Neraca Panas *Jett Cooker* (JC-01)

Q	**Qin (kJ) x 10^3**	**Qout (kJ) x 10^3**
Qin	118,811	
Qout		4.051,589
Qs-in	1.380,956	
Qs-out		5.313,926
Total	**1.499,767**	**9.365,515**

b. Neraca Panas *Cooler*-01 (C-01)

Q	**Qin(kJ) x 10^3**	**Qout (kJ) x 10^3**
Qin	4.051,612	
Qout		2.280,087
Qw-in	442,881	
Qw-out		2.214,406
Total	**4.494,494**	**4.494,494**

c. Neraca Panas Hidrolisis 1 (R-01)

Q	**Qin (kJ) x 10^3**	**Qout (kJ) x 10^3**

Qin	2.055,369	
Qout		2.973,741
Qw-in	1.341,305	
Qw-out		2.682,611
Qr	2.209,581	
Total	**5.606,256**	**5.606,256**

d. Neraca Panas Hidrolisis 2 (R-02)

Q	**Qin (kJ) x 10^3**	**Qout (kJ) x 10^3**
Qin	2.055,369	
Qout		2.973,741
Qw-in	1.341,305	
Qw-out		2.682,611
Qr	2.209,581	
Total	**5.606,256**	**5.606,256**

e. Neraca Panas *Cooler* 02 (C-02)

Q	**Qin(kJ) x 10^3**	**Qout (kJ) x 10^3**
Qin	3.855,511	
Qout		15,579
Qw-in	677,635	
Qw-out		4.517,567
Total	**4.533,146**	**4.533,146**

f. Neraca Panas *Rotary Filter* (RF-01)

Q	**Qin (kJ)**	**Qout (kJ)**

	x 10^3	**x 10^3**
Qin	264,750	
Qout		7,069
Qinfermentor		257,681
Qtotal	**264,750**	**264,750**

g. Neraca Panas Fermentor (R-03)

Q	**Qin (kJ) x 10^3**	**Qout (kJ) x 10^3**
Qin	259,093	
Qout		246,542
Qw-in	6.893,657	
Qw-out		11.489,428
Qr	4.583,220	
Total	**11.735,971**	**11.735,971**

h. Neraca Panas Netralizer (R-04)

Q	**Qin (kJ) x 10^3**	**Qout (kJ) x 10^3**
Qin	381,641	
Qout		458,605
Qr		2,548
Q Pendinginan	79,512	
Total	**461,153**	**461,153**

i. Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01)

Panas Masuk (kJ) x 10^3			**Panas Keluar (kJ) x 10^3**	
Qf	2.769,338		Qd	316,392
Qrb		459,906	Qb	1.430,949
			Qcd	562,091
Total	**2.309,432**			**2.309,432**

j. Neraca Panas *Cooler* 3 (C-03)

Q	**Qin (kJ) x 10^3**	**Qout (kJ) x 10^3**
Qin	4.563,251	
Qout		34,074
Qw-in	271,750	
Qw-out		4.800,926
Total	4.835,001	4.835,001

BAB IV PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Salah satu hal yang sangat penting dalam pendirian pabrik adalah pemilihan lokasi berdirinya pabrik. Pemilihan lokasi pabrik yang strategis akan memberikan dampak yang sangat baik khususnya pada nilai ekonomi dari pabrik itu sendiri. Pabrik Etanol dengan kapasitas produksi 30.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Jl. Pinisi, Lawang Kidul, Kec. Ilir Tim. II, Kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan.

Adapun beberapa faktor yang dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik sebagai berikut:

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer merupakan faktor yang secara langsung memberikan dampak pada tujuan utama pendirian suatu pabrik. Dan merupakan faktor yang wajib dipenuhi karena jika tidak, maka operasional tidak akan dapat berjalan seperti yang diharapkan. Tujuan utama ini meliputi proses produksi dan distribusi, adapun faktor-faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik adalah:

1. Ketersediaan Bahan Baku

   Lokasi pabrik akan lebih baik jika dekat dengan penyediaan bahan baku untuk menghemat biaya transportasi. Bahan baku pembuatan etanol untuk rancangan pabrik ini berasal dari beberapa daerah di Sumatera yang

dapat menghasilkan bahan baku kulit kopi. Pengangkutan bahan baku ini dilakukan menggunakan truk-truk bak tertutup yang berukuran besar.

Bahan baku utama yaitu kulit kopi akan di-*supply* dari PT. Universal Kopi Sumatera, Palembang, Sumatera Selatan. Bahan baku HCl dan Natrium Hidroksida akan di-*supply* dari PT. Asahimas. Kemudian, khamir Saccharomyces cerevisiae di-*supply* dari PT. Saf Indonusa, Jakarta Utara, dan Amonium Sulfat dari PT. Pupuk Sriwijaya, Palembang, Sumatera Selatan.

2. Pemasaran

Dalam hal pendistribusian produk tentu akan berjalan lebih mudah dan efisien apabila pabrik berada dekat dengan wilayah-wilayah pemasaran. Jalur dan jenis transportasi yang digunakan dalam proses produksi dan pendistribusian produk harus dipilih yang paling baik, tidak memakan waktu yang lama, serta aman dalam proses pengiriman. Lokasi pabrik Bioetanol ini telah dipilih untuk mempermudah proses produksi dan pemasaran dengan didukung sistem transportasi yang baik yaitu jalan yang cukup lebar dan tidak mengganggu daerah permukiman warga.

3. Utilitas

Proses produksi suatu pabrik perlu didukung dengan adanya komponen pendukung seperti air, listrik dan bahan bakar. Dengan tersedianya komponen pendukung tersebut yang melimpah dapat membuat proses produksi pabrik semakin mudah.

4. Tenaga Kerja

Lokasi pabrik harus memperhatikan kondisi lingkungan masyarakat sosial dan budaya sekitarnya. Dengan adanya tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan memperlancar proses produksi.

5. Transportasi

   Pemilihan lokasi pabrik yang sudah memiliki fasilitas transportasi yang baik menjadi faktor yang penting. Tersedianya jalan raya yang memadai, dekat dengan pusat transportasi hal ini penting dalam pemilihan lokasi suatu pabrik. Lokasi pabrik Bioetanol ini dibangun dekat dengan jalan raya utama dan adanya pelabuhan untuk jalur air.

6. Letak Geografis

   Letak geografis untuk mendapatkan kelancaran pabrik dalam menjalankan produksinya maka pabrik perlu didirikan di daerah kawasan industri strategis. Kebijakan pemerintah dalam pembangunan kawasan industri strategis juga perlu dipertimbangkan guna mempermudah perizinan pendirian pabrik di lokasi tersebut.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder merupakan faktor yang sebaiknya disediakan dan apabila tidak pun maka operasional masih bisa berjalan meskipun dengan biaya ekstra.Sebelum memutuskan suatu lokasi yang akan dipilih, perlu untuk mempertimbangkan dan memprediksi apa saja yang akan terjadi di masa depan yang berhubungan dengan perusahaanseperti perencanaan ekspansi, diversifikasi produk, perubahaan market/pasar, perubahaan sumber pasokan, peraturan pemerintah dan lain sebagainya faktor sekunder tidak secara langsung

memberikan dampak pada proses industri itu sendiri. Namun memberikan dampak yang cukup signifikan dalam keberlangsungan proses produksi suatu pabrik.

Faktor sekunder yang dipertimbangkan dalam penentuan lokasi pabrik adalah sebagai berikut:

1. Perluasan Area unit

   Pemilihan lokasi pabrik yang berada di Kawasan industri strategis dengan lahan yang cukup luas memungkinkan adanya perluasan area pabrik yang tidak mengganggu pemukiman penduduk sekitar.

2. Perizinan

   Pendirian pabrik di lokasi Kawasan industri strategis memudahkan proses perizinan pendirian pabrik. Mengenai peraturan pemerintah tidak mengalami kesulitan karena Kota Palembang dan sekitarnya termasuk daerah sentra industri dan daerah pengembangan industri dimasa yang akan datang.

3. Sarana dan prasarana

   Fasilitas-fasilitas sosial yang dinilai dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup perlu dipertimbangkan, seperti pendirian

Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik Bioetanol

pusat Pendidikan dan pelatihan, tempat ibadah, pos keamanan, sarana hiburan dan tempat untuk beristirahat. Fasilitas-fasilitas tersebut tentunya perlu didukung dengan sistem transportasi yang baik dan efisien.

Gambar 4. 2 Lokasi Pabrik Bioetanol (lanjutan)

4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)

Tata letak pabrik merupakan suatu mekanisme yang melibatkan pengetahuan tentang kebutuhan dan juga pemanfaatan ruang untuk fasilitas dan proses produksi yang disusun secara efisien demi tercapainya siklus produksi yang baik dan efisien. Pengaturan tata letak pabrik yang baik sangat penting dalam perencanaan pembangunan pabrik karena akan memberikan berbagai manfaat dalam keberlangsungan pabrik, hal-hal yang menjadi pertimbangan dalam perencanaan tata letak pabrik adalah:

1. Keamanan tata letak pabrik.

   Faktor keamanan menjadi pertimbangan utama dalam proses perencanaan tata letak pabrik. Penempatan posisi alat pada layout pabrik perlu mengikuti standar-standar keamanan seperti memberikan jarak yang cukup untuk alat proses yang memiliki suhu tinggi dan hal tersebut

ditetapkan oleh perusahaan maupun asosiasi keamaan (ANSI, API, ASME, NFPA).

2. Efisiensi tata letak pabrik.

Efisiensi tata letak pabrik memiliki peran penting dalam berjalannya proses produksi suatu pabrik, dimana penetapan tata letak 60 pabrik yang efisien dapat memberikan keuntungan dari segi ekonomi terkhususnya meminimalisir biaya transport dari satu unit ke unit lainnya seperti halnya menempatkan alat alat proses sesuai dengan alurnya.

3. Lalu lintas transportasi yang dinilai baik dan efisien.

Lalu lintas transportasi yang baik dapat membuat proses produksi berjalan dengan efisien dan meningkatkan faktor keamanan transportasi di dalam pabrik itu sendiri. Selain itu batas kecepatan yang diizinkan di dalam pabrik juga menjadi faktor yang perlu dipertimbangkan. Selain alat proses produksi utama fasilitas-fasilitas umum lain seperti kantor, Gudang, laboratorium dan lain sebagainya perlu disusun dengan mempertimbangkan efisiensi transportasi dan keamanannya.

Secara umum tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa area utama, yaitu:

1) Area perkantoran, laboratorium dan fasilitas pendukung, yang terdiri dari:
   a) Area perkantoran sebagai pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik.
   b) Laboratorium sebagai pusat pengembangan proses produksi dan tempat pengontrolan kualitas bahan baku dan produk.

c) Fasilitas-fasilitas sosial lain bagi masyarakat seperti: tempat ibadah, tempat istirahat dan pusat Kesehatan karyawan.

2) Area proses produksi dan perluasan

Area proses produksi dan perluasan adalah area dimana pusat produksi suatu pabrik berjalan dengan mempertimbangkan keselamatan dan keamanan dalam perencanaannya.

3) Area penyimpanan dan perbaikan

Area penyimpanan dan perbaikan merupakan area yang disediakan guna sebagai tempat penyimpanan dan perbaikan alat-alat atau bahan yang digunakan pabrik seperti pergudangan, bengkel dan garasi.

4) Daerah utilitas dan pemadam kebakaran.

Area utilitas adalah area yang dikhususkan untuk penyediaan air, kebutuhan uap, air pendingin, dan tenaga listrik. Ketersediaan komponen tersebut digunakan untuk menunjang berjalannya proses produksi di dalam pabrik. Area pemadam kebakaran berfungsi sebagai pengamanan pertama apabila terjadi kebakaran ataupun ledakan pada lokasi pabrik.

Berdasarkan faktor-faktor pertimbangan diatas dapat disimpulkan tujuan dari perencanaan tata letak pabrik adalah:

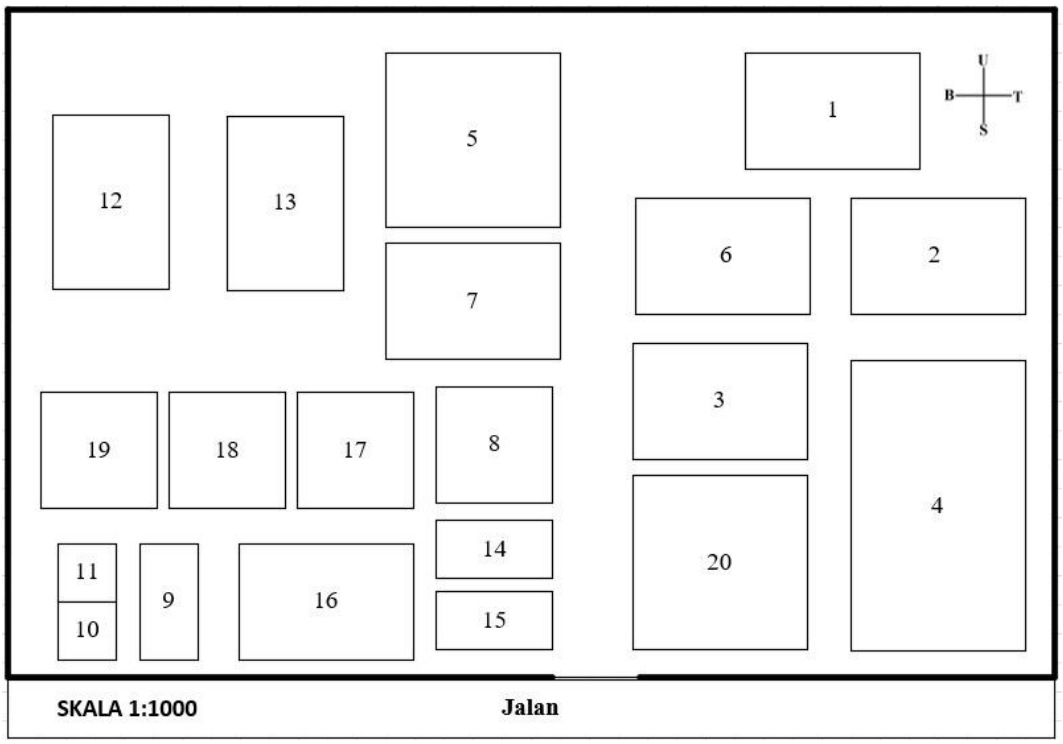
a. Menjamin keselamatan dan keamanan tenaga kerja.

b. Memastikan proses produksi berjalan dengan baik dan efisien.

c. Mengadakan pengaturan alat-alat pabrik yang fleksibel.

d. Memaksimalkan penggunaan area pabrik.

Perencanaan tata letak (*plant layout*) pabrik bioetanol dari limbah kulit kopi dengan kapasitas 30.000 ton/tahun dapat dilihat dalam gambar berikut.



SKALA 1:1000

Gambar 4. 3 Layout Tata Letak Pabrik

Berikut merupakan perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

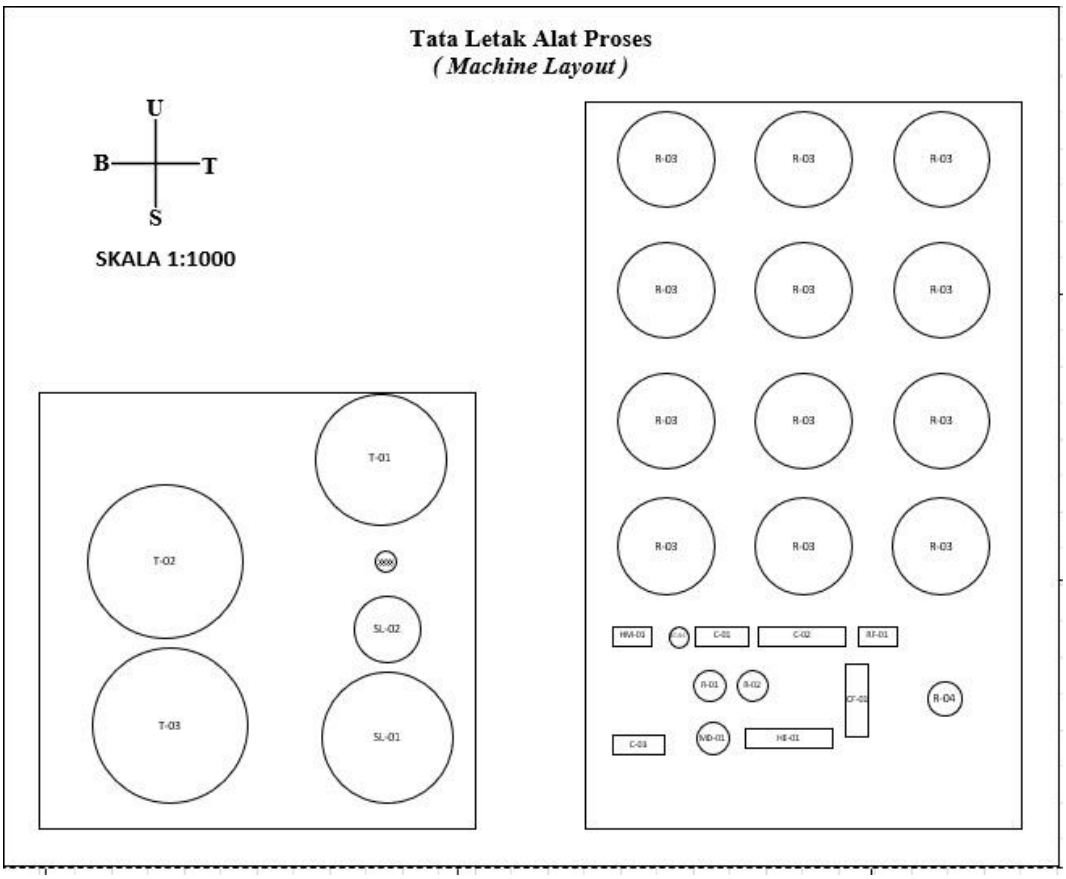
Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

No.	**Lokasi**	**Panjang**	**Lebar**	**Luas**
		m	**m**	**m^2**
1.	Area Utilitas	20	30	600
2.	Unit Pengolahan Limbah	20	30	600
3.	Generator	20	30	600
4.	Area Proses	30	50	1500
5.	Area Perluasan	30	30	900
6.	Control Room	20	30	600
7.	Unit Pemadam Kebakaran	20	30	600
8.	Laboratorium	20	20	400
9.	Poliklinik	20	10	200
10.	Perpustakaan	10	10	100
11.	Taman	10	10	100
12.	Gudang Peralatan	20	30	600
13.	Bengkel	20	30	600
14.	Area Parkir	20	10	200
15.	Pos Penjagaan	20	10	200

No.	Lokasi	Panjang	Lebar	Luas
		m	m	m^2
16.	Kantor	20	30	600
17.	Kantin	20	20	400
18.	Musholla	20	20	400
19.	Area Mess	20	20	400
20.	Area Penyimpanan	30	30	900
Luas Bangunan				**10500**
Luas Tanah				**12420**

4.3 Tata Letak Alat Proses (*Process plant & equipment*)

Perencanaan tata letak alat proses (process plant & equipment layout) pabrik Etanol dari Kulit kopi dengan kapasitas 30.000 ton/tahun dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 4. 4 Tata Letak Proses

Terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan tata letak alat proses, seperti:

1. Siklus aliran bahan baku hingga produk

Siklus aliran produksi yang efisien dapat secara ekonomi dapat memberikan keuntungan lebih besar juga mampu meningkatkan kelancaran dan keamanan dalam proses produksi.

2. Aliran Udara

Demi menghindari adanya stagnasi maka perlu memperhatikan aliran udara pada area tertentu yang dapat menyebabkan akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan tenaga kerja ataupun proses produksi dalam pabrik.

3. Penerangan

Pada Kawasan pabrik perlu diperhatikan pada bagian penerangan pabrik untuk menghindari adanya kecelakaan akibat minimnya pencahayaan pada area tertentu sehingga dapat membahayakan keselamatan tenaga kerja dan proses produksi.

4. Lalu lintas dan transportasi

Diperlukan adanya sistem lalu lintas dan transportasi yang baik di dalam sebuah pabrik. Hal ini dilakukan untuk mempermudah akses keselamatan apabila terjadi keadaan darurat. Sistem transportasi yang baik juga dapat meningkatkan keselamatan dan keamanan tenaga kerja dan keberlangsungan proses produksi.

5. Jarak pada alat proses

Alat proses yang mempunyai kondisi operasi seperti suhu dan tekanan tinggi harus diberikan jarak dari alat proses lainnya, sehingga

apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat proses lainnya.

6. Perawatan (Maintenance)

Perawatan (maintenance) merupakan hal yang sangat penting guna menjaga sarana atau fasilitas peralatan pabrik. Hal ini dilakukan dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktifitas menjadi tinggi sehingga dapat tercapai target produksi dengan spesifikasi produk yang diharapkan. Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk mencegah kerusakan alat dan menjaga kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang tersedia. Penjadwalan dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian.

Alat-alat proses dalam pabrik berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan atau masalah. Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang telah ditentukan. Hal ini dapat dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada tiap-tiap alat. Perawatan mesin tiap-tiap alat meliputi:

1) Overhaul 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta leveling alat rutin secara keseluruhan dimana prosesnya meliputi pemeriksaan dengan cara pembongkaran alat, mengganti bagian-bagian alat yang sudah tidak layak digunakan, kemudian kondisi alat dikembalikan seperti kondisi semula.

2) Repairing

Merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan dengan cara memperbaiki bagian-bagian alat yang rusak. Hal ini biasanya dilakukan setelah proses pemeriksaan. Faktor-faktor yang mempengaruhi maintenance:

a. Umur alat

Semakin tua umur alat dan kurangnya perhatian dalam penggunaan alat semakin banyak pula perawatan yang harus dilakukan sehingga menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

b. Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas seperti komposisi yang tercampur bahan lain atau pun kadar kotoran yang terlalu banyak akan meyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

c. Tenaga manusia

Pemanfaatan tenaga kerja terdidik, terlatih dan berpengalaman akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula. Tenaga kerja yang baik dapat membuat fungsi alat semakin terjaga.

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik Etanol ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT), yang dirancang dengan kapasitas 30.000 ton/tahun dengan status perusahaan terbuka. Perseroan Terbatas merupakan perusahaan yang modalnya didapatkan dari penjualan saham dimana tiap sekutu mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih dan pemegang saham bertanggung jawab untuk menyetorkan secara penuh apa yang tersebut di dalam tiap saham. Dewan komisaris berhak mengadakan pemeriksaan sendiri atau dibantu akuntan pabrik apabila perusahaan tidak berjalan sebagaimana mestinya. Direksi dan komisaris dipilih kembali oleh rapat umum pemilik saham setelah masa jabatan habis. Kekuasaan tertinggi dalam perseroan terbatas adalah rapat umum para pemilik saham yang biasanya dilakukan satu tahun sekali.

4.4.2 Struktur Perusahaan

Struktur perusahaan yang baik dapat menciptakan garis koordinasi dan garis instruksi yang jelas sehingga dapat menghindari adanya tumpang tindih tanggung jawab. Pada pabrik ini dipilih model sistem organisasi perusahaan berbentuk “line and staff organization” dimana seorang karyawan hanya bertanggung jawab kepada atasannya saja dan garis instruksi bergerak dari dewan direksi menuju kepala bagian/kepala department, dan diteruskan ke karyawan-karyawan dibawahnya yang dilengkapi dengan staff ahli dan bertanggung jawab dalam memberikan masukan kepada direktur.

Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa asas yang dapat dijadikan pedoman antara lain :

a. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
b. Pendelegasian wewenang
c. Pembagian tugas kerja yang jelas
d. Kesatuan perintah dan tanggung jawab
e. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
f. Organisasi perusahaan yang fleksibel.

Dengan berpedoman terhadap azas-azas tersebut, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu: sistem line dan staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

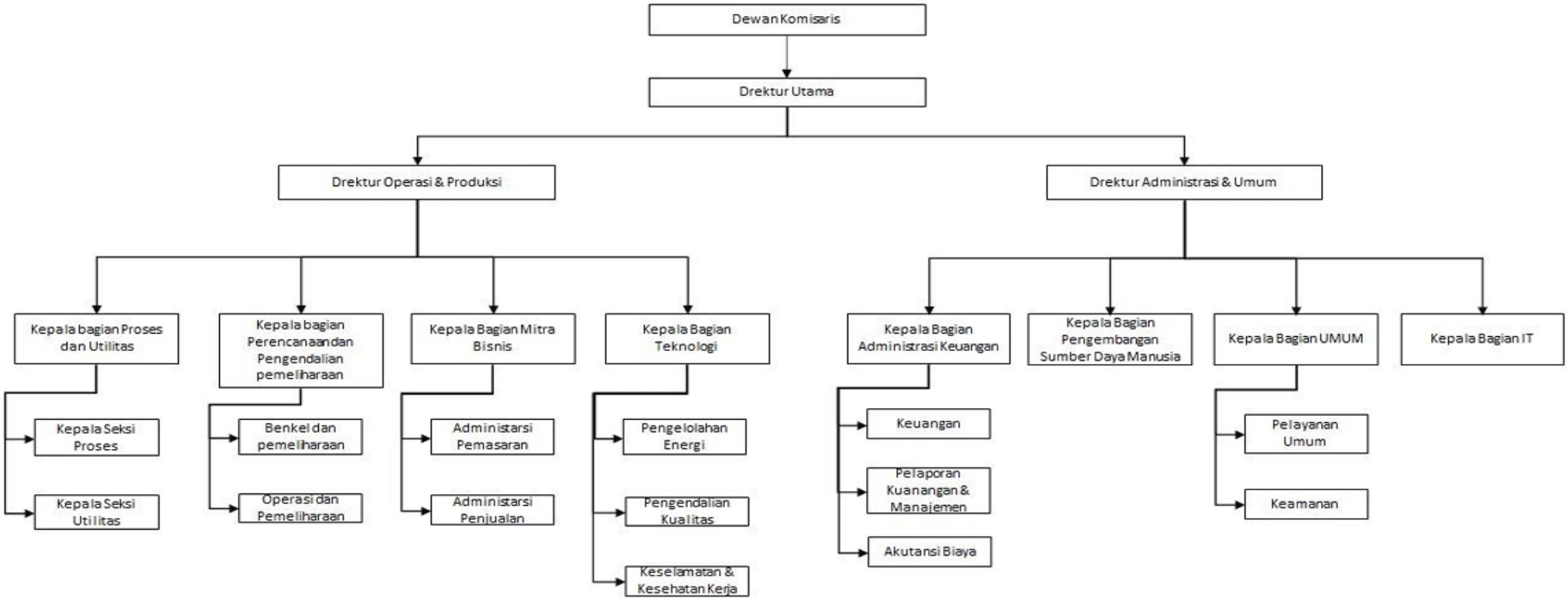
Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini, yaitu:

1. Sebagai garis atau line yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Manajer Produksi serta Manajer Keuangan dan Umum. Dimana Manajer Produksi membawahi bidang produksi, utilitas dan pemeliharaan. Sedangkan Manajer Keuangan dan Umum membidangi yang lainnya. Manajer membawahi beberapa Kepala Bagian yang akan bertanggung jawab membawahi atas bagian dalam perusahaan, sebagai bagian daripada pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing Kepala Bagian akan membawahi beberapa seksi dan masing-masing akan membawahi dan mengawasi beberapa karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli dibidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan.

Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang.
2. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
4. Penyusunan program pengembangan manajemen.
5. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.



Gambar 4. 5 Struktur Organisasi Pabrik Bioetanol

4.4.3 Tugas dan Wewenang

a. Pemegang Saham

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai 75 bentuk perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham.

Pada rapat umum tersebut para pemegang saham :

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
2. Mengangkat dan memberhentikan direktur.
3. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

b. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijasanaan umum, target
2. Mengawasi tugas-tugas direktur utama.
3. Membantu direktur utama dalam hal-hal penting.

c. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal maju mundurnya perusahaan. Direktur utama bertanggung jawab pada dewan komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur utama direktur produksi dan teknik, serta direktur administrasi, keuangan dan umum. Tugas Direktur Utama antara lain:

Tugas kebijakan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya pada pemegang saham di akhir masa jabatannya.

1. Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen.
2. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
3. Mengkoordinir kerjasama dengan direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum.

d. Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian ini

bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri dari :

1. Kepala Bagian Proses dan Utilitas mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses serta penyediaan bahan baku dan utilitas.
2. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.
3. Kepala Bagian Penelitian Pengembangan dan Pengendalian Mutu mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.
4. Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.
5. Kepala Bagian Administrasi bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha dan personalia.
6. Kepala Bagian Humas dan Keamanan Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.
7. Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

e. 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 bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing- masing sesuai dengan seksinya.

1. Kepala Seksi Proses

   Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi. Bertanggung jawab terhadap penyediaan bahan baku dan menjaga kemurnian bahan baku, serta megontrol produk yang dihasilkan.

2. Kepala Seksi Utilitas

   Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

3. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

   Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.

4. Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi

   Bertanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentasi.

5. Kepala Seksi Bagian Penelitian dan Pengembangan

   Mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.

6. Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.

7. Kepala Seksi Keuangan

   Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

8. Kepala Seksi Pemasaran

   Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

9. Kepala Seksi Tata Usaha

   Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan serta usaha kantor

10. Kepala Seksi Personalia

    Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

11. Kepala Seksi Humas

    Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.

12. Kepala Seksi Keamanan

    Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

13. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

    Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

14. Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah

Bertanggung jawab terhadap limbah pabrik agar sesuai dengan baku mutu limbah.

4.4.4 Pengaturan Jam Kerja

Sistem kepegawaian pada pabrik bioetanol ini terdapat dua bagian, yaitu jadwal kerja kantor (non-shift) dan jadwal kerja pabrik (shift).sedangkan gaji karyawan berdasarkan pada jabatan, tingkat pendidikan, pengalaman kerja, dan resiko kerja.

1. Pembagian Jam Kerja Karyawan

a. Jam kerja karyawan non-shift

1) Senin – Kamis

Jam Kerja : 07.00 - 12.00 dan 13.00 - 16.00

Istirahat : 12.00 - 13.00

2) Jumat

Jam Kerja : 07.00 - 11.30 dan 13.30 - 17.00

Istirahat : 11.30 - 13.30

3) Sabtu dan Minggu libur

b. Jam kerja karyawan shift

Jadwal kerja karyawan shift dibagi menjadi :

- *Shift* Pagi : 07.00 – 15.00
- *Shift* Sore : 15.00 – 23.00
- *Shift* Malam : 23.00 – 07.00

Karyawan *shift* ini dibagi menjadi 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan satu regu istirahat yang dilakukan secara bergantian. Setiap regu mendapatkan giliran 3 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. Jadwal kerja masing-masing regu disajikan dalam Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Jadwal Kerja

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

Hari/Regu	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
2	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
3	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L

4	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S

Keterangan :

P = *Shift* Pagi

S = *Shift* Siang

M = *Shift* Malam

L = Libur

4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Jumlah tenaga kerja disesuaikan dengan kebutuhan agar pekerjaan dapat diselesaikan secara efektif. Berikut Tabel 4.3 merupakan rincian jumlah tenaga kerja dan sistem penggajiannya.

Tabel 4. 3 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan	Total Gaji
1	Direktur Utama	1	Rp40.000.000	Rp40.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp35.000.000	Rp35.000.000
3	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp35.000.000	Rp35.000.000
4	Staf Ahli	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
5	Ka. Bag. Produksi	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
6	Ka. Bag. Teknik	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan	Total Gaji
7	Ka. Bag. Pemasaran dan Keuangan	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
8	Ka. Bag. Litbang	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
9	Ka. Bag. Humas dan Keamanan	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
10	Ka. Bag. K3	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
11	Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
		1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
12	Ka. Bag. Administrasi dan Umum	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000
13	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
14	Ka. Sek. Proses	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
15	Ka. Sek. Bahan Baku dan Produk	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
16	Ka. Sek. Pemeliharaan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
17	Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan	Total Gaji
18	Ka. Sek. Laboratorium	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
19	Ka. Sek. Keuangan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
20	Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
21	Ka. Sek. Personalia	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
22	Ka. Sek. Humas	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
23	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
24	Ka. Sek. K3	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
25	Karyawan Personalia	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
26	Karyawan Humas	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
27	Karyawan Litbang	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
28	Karyawan Pembelian	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
29	Karyawan Pemasaran	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000
30	Karyawan Administrasi	3	Rp8.000.000	Rp24.000.000
31	Karyawan Kas/Anggaran	3	Rp8.000.000	Rp24.000.000
32	Karyawan Proses	15	Rp8.000.000	Rp120.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan	Total Gaji
33	Karyawan Pengendalian	6	Rp8.000.000	Rp48.000.000
34	Karyawan Laboratorium	6	Rp8.000.000	Rp48.000.000
35	Karyawan Pemeliharaan	6	Rp8.000.000	Rp48.000.000
36	Karyawan Utilitas	12	Rp8.000.000	Rp96.000.000
37	Karyawan K3	6	Rp8.000.000	Rp48.000.000
38	Operator proses	23	Rp5.000.000	Rp115.000.000
39	Operator Utilitas	12	Rp5.000.000	Rp60.000.000
40	Sekretaris	6	Rp7.000.000	Rp42.000.000
41	Dokter	2	Rp8.000.000	Rp16.000.000
42	Perawat	4	Rp5.000.000	Rp20.000.000
43	Satpam	6	Rp3.900.000	Rp23.400.000
44	Supir	8	Rp3.700.000	Rp29.600.000
45	Cleaning Service	7	Rp3.700.000	Rp25.900.000
Total		170	Rp615.300.000	Rp1.417.900.000

Gaji karyawan dibayarkan pada tanggal 25 setiap bulannya. Apabila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji akan dilakukan sehari sebelumnya.

4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan

Sebagai sarana kesejahteraan, seluruh karyawan pabrik selain menerima gaji setiap bulan, juga diberikan jaminan sosial berupa fasilitas-fasilitas dan tunjangan yang dapat memberikan kesejahteraan kepada karyawan. Tunjangan tersebut berupa:

- Tunjangan hari raya keagamaan
- Tunjangan jabatan
- Tunjangan istri dan anak
- Tunjangan rumah sakit dan kematian
- Jamsostek
- Uang makan

a. Poliklinik

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

b. Pakaian kerja

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

c. Makan dan minum

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

d. Koperasi

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

e. Tunjangan Hari Raya (THR)

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

f. Jamsostek

Jamsostek merupakan asuransi pertanggungan jiwa dan asuransi kecelakaan. Bertujuan untuk memberikan rasa aman kepada para karyawan ketika sedang menjalankan tugasnya.

g. Tempat ibadah

Perusahaan membangun tempat ibadah agar karyawan dapat menjalankan kewajiban rohaninya dan melaksanakan aktivitas keagamaan lainnya.

h. Transportasi

Untuk meningkatkan produktifitas dan memperingan beban pengeluaran karyawan, perusahaan memberikan uang transportasi tiap hari yang penyerahannya bersama dengan penerimaan gaji tiap bulan.

i. Hak cuti

1) Cuti tahunan

Diberikan pada karyawan selama 12 hari kerja dalam setaun.

2) Cuti massal

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

3) Cuti hamil

Setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari Wanita yang akan melahirkan berhak cuti selama 3 bulan dan selama cuti tersebut gaji tetap dibayar dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dan anak kedua minimal 2 tahun

Adapun jenjang kepemimpinan dalam pabrik adalah sebagai berikut :

- Dewan komisaris/pemegang saham
- Direksi produksi
- Direktur umum
- Kepala bagian
- Kepala seksi
- Pegawai/operator

BAB V UTILITAS

Utilitas adalah sekumpulan unit-unit atau bagian dari sebuah pabrik kimia yang berfungsi untuk menyediakan kebutuhan penunjang proses produksi. Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik bioetanol ini adalah dengan penyedian utilitas. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Unit pendukung proses (unit utilitas) yang tersedia dalam perancangan pabrik bioetanol, terdiri dari:

1) Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (Water Treatment System)
2) Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System)
3) Unit Pembangkit Listrik (Power Plant System)
4) Unit Penyedia Udara Instrumen (InstrumentAir System)
5) Unit Penyediaan Bahan Bakar

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik Bioetanol ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai. Adapun penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut;

a. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya yang lebih besar.

b. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi jika dibandingkan dengan air sumur, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.

c. Letak sungai berada di dekat pabrik

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk :

1. Air pendingin

Seperti yang kita tahu bahwa air digunakan sebagai media pendingin karena memiliki faktor - faktor berikut:

a) Air dapat diperoleh dengan muudah dalam jumlah besar.
b) Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
c) Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
d) Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
e) Tidak terdekomposisi.

2. Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler yaitu sebagai berikut:

a) Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air masih mengandung larutan-larutan asam, gas-gas teriarut seperti O_2, CO_2, H_2S dan NH_3.

b) Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scaleformIing*)

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi dalam air, yang biasanya berasal dari garam-garam karbonat dan silica.

c) Zat yang menyebabkan *foaming*.

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan foaming pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar, Efek pembusaan terutama terjadi pada kondisi alkalitas tinggi.

3. Air sanitasi

Air sanitasi adalah air yang digunakan sebagai sarana keperluan sanitasi. Air ini antara lain digunakan untuk keperluan perumahan, perkantoran laboratorium, dan masjid. Kualitas yang harus dipenuhi air sanitasi yaitu:

a) Syarat fisika, meliputi:

- Suhu : Dibawah suhu udara
- Warna : Jernih
- Rasa : Tidak berasa
- Bau : Tidak berbau

b) Syarat kimia, meliputi:

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang teriarut dalam air.

- Tidak mengandung bakteri terutama panthogen yang dapat merubah fisik air
- Tidak mengadung bahan beracun.

5.2 Unit Pengolahan Air

Tahapan-tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut:

1. Penyaringan Awal / *Screen* (FU)

   Sebelum memasuki proses pengolahan, air dari sungai harus melewati proses pembersihan awal dimana air sungai dilewatkan melalui *Screen* (penyaringan awal) yang berfungsi untuk menahan kotoran kotoran yang berukuran besar seperti kayu, ranting, daun, sampah dan sebagainya. Kemudian air yang lolos screening dialirkan menuju bak pengendap.

2. Bak pengendap (B-01)

   Air sungai yang telah melalui filter dialirkan ke bak pengendap awal. Proses ini dilakukan untuk mengendapkan lumpur dan kotoran yang mudah mengendap karena ukurannya yang masih cukup besar tetapi dapat lolos dari penyaring awal (*screen*). Setelah itu air dialirkan menuju bak pengendap yang dilengkapi dengan pengaduk.

3. Bak penggumpal (B-02)

   Air setelah melalui bak pengendap awal kemudian dialirkan ke bak penggumpal 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 alum ($Al_2(SO_4)_3$) dan Na_2CO_3.

4. *Clarifier* (BU-01)

   Setelah melewati bak penggumpal air dialirkan ke *Clarifier* dengan tujuan untuk memisahkan atau mengendapkan gumpalan-gumpalan dari bak penggumpal. Air baku yang telah dialirkan kedalam *Clarifier* yang alirannya telah diatur ini akan diaduk dengan agitator. Air keluar clarifier dari bagian pinggir secara overflow sedangkan sludge (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan dilakukan blow down secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan.

5. Bak Penyaring atau sand filter (FU-02)

   Air yang keluar dari clarifier kemudian dialirkan ke bak saringan pasir, proses ini memiliki tujuan untuk menyaring partikel-partikel halus yang masih lolos atau yang masih terdapat dalam air dan belum terendapkan. Penyaringan dan pengendapan yang dilakukan secara bertahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa air benar benar bersih dari pengotor sehingga air 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.

6. *Reverse Osmosis* (RO-01)

   Air yang sudah melalui beberapa pengolahan sebelumnya kemudian dialirkan ke dalam alat reverse osmosis untuk proses desalinasi. Proses desalinasi merupakan proses untuk menghilangkan kadar garam yang ada

di dalam air. Proses ini digunakan karena air sungai sekitar pabrik bersifat payau karena dekat dengan laut.

7. Bak Penampung Sementara (BU-03)

   Air yang sudah melalui tahapan proses penyaringan dan penggumpalan kemudian dialirkan kedalam tangki penampung sementara. proses selanjutnya bergantung pada fungsi air tersebut karena setelah dari bak penampung sementara spesifikasi untuk air proses, air umpan boiler dan air pendingin berbeda dengan air yang digunakan untuk kegiatan selain proses produksi.

8. Tangki Karbon Aktif (TU-03)

   Air yang telah melalui bak penampung sementara (BU-03) dialirkan kedalam Tangki Karbon Aktif (TU-01). Dalam Tangki Karbon Aktif ini Air ditambahkan senyawa klor atau kaporit untuk membunuh kuman dan mikroorganisme seperti amuba, ganggang dan lain-lain yang terkandung dalam air sehingga air aman untuk dikonsumsi. Klor adalah zat kimia yang sering dipakai karena harganya murah dan masih mempunyai daya desinfeksi sampai beberapa jam setelah pembubuhannya. Klorin dalam air membentuk asam hipoklorit, reaksinya adalah sebagai berikut :

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow H+ Cl^- + HOCl \qquad (5.1)$$

   Asam hipoklorid pecah sesuai reaksi berikut :

$$HOCl + H_2O \rightarrow OCl^- + H^+ \qquad (5.2)$$

Kemudian air dialirkan ke Tangki Air Bersih (BU-05) untuk keperluan air minum dan perkantoran.

9. Tangki air bersih (BU-05)

Tangki air bersih ini berfungsi untuk menampung air bersih yang telah melalui berbagai macam proses. Dimana air bersih ini dapat digunakan untuk keperluan air minum dan perkantoran.

10. Demineralisasi

Untuk umpan ketel (boiler) dibutuhkan air murni yang memenuhi persyaratan bebas dari garam-garam murni yang teriarut. Proses demineralisasi dimaksudkan untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung pada filtered water sehingga konduktivitasnya dibawah 0,3 Ohm dan kandungan silica lebih kecil dari 0,02 ppm, Adapun tahap-tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut:

a. Cation Exchanger

Cation exchanger ini berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang dikandung di dalam air diganti dengan ion H^+ sehingga air yang akan keluar dari cation exchanger adalah air yang mengandung anion dan ion H^+. Sehingga air yang keluar dari kation tower adalah air yang mengandung anion dan ion H^+.

Reaksi:

$$CaCO_3 \rightarrow Ca^{2}+ + CO_3^- \quad (5.3)$$

$$MgCl_2 + R\text{-}SO_3 \rightarrow MgRSO_3 + CI^- + H^+ \quad (5.4)$$

Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan asam sulfat.

Reaksi:

$$Mg + RSO_3 + H_2SO_4 \rightarrow R2SO_3H + MgSO_4 \quad (5.5)$$

b. *Anion Exchanger*

Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang teriarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion- anion seperti CO_3^{2-}, Cl^- dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut,

Reaksi:

$$CO_3^- \rightarrow CO_3 \quad (5.6)$$

$$Cl^- + RNOH \rightarrow RN\,Cl^- + OH^- \quad (5.7)$$

Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

Reaksi:

$$RN\,Cl^- + NaOH \rightarrow RNOH + NaCl \quad (5.8)$$

c. Deaerasi

Dearasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen (O_2). Air yang telah mengalami demineralisasi (polish water) dipompakan ke dalam deaerator dan diinjeksikan Hidrazin (N_2H_4) untuk

mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (scale) pada tube boiler.

Reaksi:

$$N_2H_4 + O_2 \rightarrow 2H_2O + N_2 \quad (5.9)$$

Air yang keluar dari deaerator ini dialirkan dengan pompa sebagai air umpan boiler (boiler feed water).

d. Sistem Pendingin dan Menara Pendingin (Cooling Tower)

Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif dan tidak menimbulkan kerak. Maka perlu adanya penambahan komponen lain seperti:

1. Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak.
2. Klorin, untuk membunuh mikroorganisme.
3. Zat dispersan, untuk mencegah terjadinya penggumpalan (pengendapan fosfat).

Air yang telah digunakan pada cooler, temperatumya akan naik akibat perpindahan panas. Oleh karena itu untuk digunakan kembali perlu didinginkan pada cooling tower. Air yang didinginkan pada cooling tower adalah air yang telah menjalankan tugasnya pada unit unit pendingin di pabrik.

5.2.1 Kebutuhan Air

5.2.1.1 Air Pendingin

Air pendingin digunakan untuk peralatan yang membutuhkan penurunan suhu. Kebutuhan air pendingin pada pabrik Bioetanol ini telampir pada Tabel 5.1 sebagai berikut :

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin

Alat	Kode alat	Jumlah (Kg/Jam)
Reaktor-01	R-01	94.359,051
Reaktor-02	R-02	94.359,051
Reaktor-03	R-03	547.477,7540
Reaktor-04	R-04	2.224,7516
Cooler-01	CL-01	3.638,2525
Cooler-02	CL-02	13.274,8894
Condensor-1	CD-01	353,5452
Cooler-03	CL-03	605,3897
Total		756.292,6851

Perancangan dibuat over design sebesar 20%, maka kebutuhan air pendingin menjadi 907.551,22 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pendingin mengalami blowdown pada unit cooling tower sehingga diperlukan adanya air make-up. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan kebutuhan air make-up yaitu sebesar 32.913,86 kg/jam.

5.2.1.2 Air Steam

Air steam dalam pabrik digunakan untuk media pemanas. Air steam yang dapat digunakan untuk boiler harus memenuhi persyaratan. Apabila air boiler tidak memenuhi persyaratan dapat mengakibatkan kerusakan pada alat sehingga dilakukan pencegahan agar tidak terjadi *scalling, fouling* dan *foaming*. Kebutuhan *steam* untuk peralatan pada pabrik bioetanol ini telampir pada Tabel 5.2 sebagai berikut:

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Steam

Alat	Kode	Kebutuhan Steam (Kg/jam)
Jet Cooker-01	JC-01	982,34
Heat Exchanger-01	HE-01	685,16
Boiler-01	RB-01	51,17
Jumlah		1.718,68

Perancangan dibuat over design sebesar 20%, maka kebutuhan air untuk steam menjadi 2.062,41 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pembangkit steam terjadi *blowdown* dan penguapan sehingga diperluka air *make-up*, dikarenakan terjadinya blowdown pada reboiler sebesar 15% dan penguapan sebesar 5%, sehingga jumlah air make-up yang dibutuhkan dengan over design 20% setelah dilakukan perhitungan yaitu sebesar 309,36 kg/jam.

5.2.1.3 Air Domestik

Diperkirakan kebutuhan air tiap orang adalah 100L/hari atau sama dengan

- Jumlah karyawan : 170 orang
- Kebutuhan air tiap karyawan : 200 kg/hari

Maka, kebutuhan untuk semua karyawan adalah 692,3991 kg/jam. Perkiraan kebutuhan air tiap orangnya 200 kg/hari. Maka, kebutuhan air untuk mess adalah 600 kg/jam. Total kebutuhan air rumah tangga dan kantor adalah 1.308,33 kg/jam.

5.2.1.4 Air Service

Perkiraan kebutuhan untuk layanan umum (service) seperti bengkel, laboratorium, pemadam kebakaran, dan lain-lain adalah sebesar 500 kg/jam. Kebutuhan ait total keseluruhan pada tabel 5.3 yaitu :

Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Service

Kebutuhan	Jumlah
bengkel	1.000 kg/hari
poliklinik	1.000 kg/hari
laboraturium	1.000 kg/hari
pemadam kebakaran	200 kg/hari
kantin, musholla, dan kebun	3.000 kg/hari
Total	6.200 kg/hari
	258,33 kg/jam

5.2.1.5 Air Proses

Air proses diperlukan untuk melakukan proses pelaksanaan produksi pada alat proses untuk bisa bekerja, diperlukan untuk air proses sebesar 194.744,35 kg/jam dan ditunjukan pada tabel 5.4 sebagai berikut :

Tabel 5. 4 Kebutuhan Air Proses

Nama Alat	Kebutuhan Air kg/jam
Reaktor	7.380,46
Filter	187.363,89
Total	194.744,35

5.3 Unit Penyedia Steam

Unit ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan steam pada produksi dengan cara menyediakan steam untuk boiler. Sebelum air dari water treatment plant digunakan sebagai umpan boiler, mula-mula diatur terlebih dahulu kadar silika, oksigen dan bahan terlarut lainnya dengan cara menambahkan bahan kimia ke dalam boiler feed water tank.

5.4 Unit Penyediaan Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik bioetanol ini dipenuhi oleh PLN, selain itu listrik cadangan dihasilkan dari generator pabrik apabila ada gangguan pasokan listrik dari PLN setempat. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung

kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik karena :

- Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.
- Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai kebutuhan.

Energi listrik yang dihasilkan generator berasal dari putaran poros engkol yang digerakkan oleh panas yang dihasilkan dari bahan bakar solar. Spesifikasi generator yang digunakan dalam pabrik ini yaitu :

- Kapasitas : 2.000 kW
- Jenis : AC Generator
- Jumlah : 1

Berikut merupakan rincian untuk kebutuhan listrik pabrik bioetanol diantaranya sebagai berikut :

1. Kebutuhan listrik alat proses

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Alat Proses

No.	Nama Alat	Kode Alat	Hp	Watt
1	Bucket Elevator	BE-01	5	3.728,50
2	Belt Conveyor	BC-01	0,5	372,85
3	Hammer Mill	HM-01	7,5	5.592,75
4	Screw Conveyor-01	SC-01	0,05	37,29
5	Screw Conveyor-02	SC-02	0,05	37,29
6	Screw Conveyor-03	SC-03	0,05	37,29

No.	Nama Alat	Kode Alat	Hp	Watt
7	Pompa -01	P-01A/B	0,75	559,28
8	Pompa -02	P-02A/B	0,75	745,70
9	Pompa -03	P-03A/B	1	559,28
10	Pompa -04	P-04A/B	1	559,28
11	Pompa -05	P-05A/B	0,75	745,70
12	Pompa -06	P-06A/B	1	186,43
13	Pompa -07	P-07A/B	0,25	745,70
14	Pompa -08	P-08A/B	1	372,85
15	Pompa -09	P-09A/B	0,5	372,85
16	Pompa -10	P-10A/B	0,75	559,28
17	Pompa - 11	P-11A/B	0,5	372,85
18	Pompa- 12	P-12A/B	1	745,70
19	Pompa - 13	P-13A/B	0,333	248,32
20	Jet Cooker	JC-01	10	7.457,00
21	Reaktor Hidrolisis	R-01	0,13	96,941
22	Reaktor Hidrolisis	R-02	0,13	96,941
23	Centrifuge	CF-01	20	14.914,00
24	Reaktor Fermentasi	R-03	5	3.728,50
25	Reaktor Netralizer	R-04	10	7.457,00

No.	Nama Alat	Kode Alat	Hp	Watt
26	Rotary Filter	RF-01	5	3.728,50
Total			79,733	59.456,90

2. Kebutuan listrik utilitas

Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Utilitas

No.	Nama Alat	Kode Alat	Hp	Watt
1	Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	BU-01	40,000	29.828,000
2	Blower Cooling Tower	BL-01	30,000	22.371,000
3	Kompresor Udara	KU-01	8,000	5.965,600
4	Pompa-01	PU-01A/B	75,000	55.927,500
5	Pompa-02	PU-02A/B	75,000	55.927,500
6	Pompa-03	PU-03A/B	100,000	74.570,000
7	Pompa-04	PU-04A/B	0,050	37,285
8	Pompa-05	PU-05A/B	0,050	37,285
9	Pompa-06	PU-06A/B	100,000	74.570,000
10	Pompa-07	PU-07A/B	100,000	74.570,000
11	Pompa-08	PU-08A/B	100,000	74.570,000
12	Pompa-09	PU-09A/B	100,000	74.570,000
13	Pompa-10	PU-10A/B	100,000	74.570,000
14	Pompa-11	PU-11A/B	100,000	74.570,000
15	Pompa-12	PU-12A/B	0,083	62,142

No.	Nama Alat	Kode Alat	Hp	Watt
16	Pompa-13	PU-13A/B	0,050	37,285
17	Pompa-14	PU-14A/B	0,250	186,425
18	Pompa-15	PU-15A/B	75,000	55.927,500
19	Pompa-16	PU-16A/B	75,000	55.927,500
20	Pompa-17	PU-17A/B	0,500	372,850
21	Pompa-18	PU-18A/B	0,500	372,850
22	Pompa-19	PU-19A/B	0,500	372,850
23	Pompa-20	PU-20A/B	0,500	372,850
24	Pompa-21	PU-21A/B	0,050	37,285
25	Pompa-22	PU-22A/B	0,500	372,850
Total			1.081,033	806.126,557

3. Kebutuhan listrik untuk penerangan

Power yang dibutuhkan untuk alat penerangan diperkirakan dari total kebutuhan listrik yaitu 150 kW memperhatikan ada mess dan ruangan kebutuhan lainnya di pabrik.

4. Kebutuhan listrik untuk alat kantor

Power yang dibutuhkan untuk kantor seperti (AC, computer, dan lain-lain) diperkirakan yaitu 20 kW.

5. Kebutuhan listrik untuk bengkel, laboratorium, dll

Power yang dibutuhkan untuk bengkel, laboratorium, dan lain-lain diperkirakan dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor yaitu 100 KW.

6. Kebutuhan listrik instrumentasi

Power yang dibutuhkan untuk instrumentasi diperkirakan 30 kW. Maka total seluruh kebutuhan listrik tertera pada tabel

Tabel 5. 7 Tabel Total Kebutuhan Listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (Kw)
1	Proses	59,46
2	Utilitas	806,13
3	Listrik Penerangan	20
4	Listrik Alat Kantor	150
5	Laboratorium dan Bengkel	100
6	Instrumentasi	30
Total		1165,58

Kebutuhan listrik disuplai dari PLN, namun sebagai cadangan terdapat sebuah generator mandiri sebagai cadangan jika terjadi pemadaman listrik oleh PLN secara mendadak.

5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang dipergunakan pada boiler penghasil steam. Bahan bakar yang digunakan adalah solar sebesar 188,04 L/jam. Yang dibuatkan alat penampung untuk lima hari yaitu sebanyak 22,564 m^3/jam.

5.6 Unit Penyediaan Udara

Udara Udara tekan digunakan sebagai penggerak alat-alat kontrol dan bekerja secara pneumatic. Jumlah udara tekan yang dibutuhkan diperkirakan 76,634 m^3/jam pada tekanan 6,26 atm. Alat pengadaan udara tekan menggunakan compressor yang dilengkapi dengan dryer yang berisi silica gel untuk menyerap kandungan air. Total kebutuhan udara instrumen diperkirakan sebesar 76,634 m^3/jam untuk 41 alat kontrol.

5.7 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari pabrik bioetanol dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu :

1. Bahan buangan cair

   Buangan cairan dapat berupa:

   a. Buangan air domestik.
   b. Air buangan yang mengandung zat organik
   c. *Back washfilter,* air berminyak dari pompa
   d. Blow down cooling water

Air buangan domestik berasal dari toilet di sekitar pabrik dan perkantoran. Air tersebut dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi dan injeksi gas klorin.

2. Bahan buangan padat berupa lumpur dari proses pengolahan air.

Untuk menghindari pencemaran dari bahan buangan padat maka dilakukan penanganan terhadap bahan buangan tersebut dengan cara membuat unit pembuangan limbah yang aman bagi lingkungan sekitar.

5.8 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5. 8 Spesifikasi Alat Tranportasi Cairan Utilitas

Spesifikasi	Pompa					
Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05	PU-06
Fungsi	Memompakan air sungai ke screening (FU-01)	Memompakan hasil screening ke bak pengendap (B-01)	Memompakan keluaran Bak pengendap (B-01) ke Bak pengendap (B-02)	Memompakan $Al_2(SO_4)_3$ dari tangki penyimpanan $Al_2(SO_4)_3$ (TU-01) ke bak pengendap (B-02)	Memompakan Na_2CO_3 dari tangka penyimpanan Na_2CO_3 (TU-02) ke bak pengendap (B-02)	Mengalirkan air dari bak pengendap (B-02) ke Clarifier (BU-01)
Kondisi Operasi						
Viskositas (cP)	0,8196	0,8196	0,8196	0,3680	0,3230	0,3230
Kapasitas (gpm)	7.132,164	7.132,164	7.132,164	0,301	0,209	7.132,164

Suhu fluida (°C)	30	30	30	30	30	30
Jenis pompa	*Single stage centrifugal pump*					
Efisiensi pompa	80%	80%	90%	80%	80%	91%
Daya pompa (HP)	75	75	100	0,05	0.05	100
Jumlah	1	1	1	1	1	1
Material Constuction	*Commersial steel*					

Tabel 5. 9 Spesifikasi Alat Tranportasi Cairan Utilitas (lanjutan)

Spesifikasi	Pompa					
Kode	PU-07	PU-08	PU-09	PU-10	PU-11	PU-12
Fungsi	Mengalirkan air dari Clarifier (BU-01) ke Bak pengendap (BU-02)	Mengalirkan air dari bak pengendap BU-02 ke *sand* filter (FU-02)	Mengalirkan air dari *sand* filter (FU-02) ke *Reverse*	Mengalirkan air dari *Reverse Osmosis* (RO-01) ke bak penampungan	Mengalirkan air dari bak penampungan sementara (BU-03) ke	Mengalirkan air dari bak penampungan *service water* (BU-04)

			Osmosis (RO-01)	sementara (BU-03)	kebutuhan air masing-masing	ke kebutuhan *service water*
Kondisi Operasi						
Viskositas (cP)	0,8196	0,8196	0,8196	0,8196	0,8196	0,8196
Kapasitas (gpm)	7.132,164	6.436,778	6.436,778	6.114,939	6.114,939	1,334
Suhu fluida (°C)	30	30	30	30	30	30
Jenis pompa	*Single stage centrifugal pump*					
Efisiensi pompa	92%	91%	90%	90%	90%	80%
Daya pompa (HP)	100	100	100	100	100	0,0833
Jumlah	1	1	1	1	1	1
Material Constuction	*Commersial steel*					

Tabel 5. 10 Spesifikasi Alat Tranportasi Cairan Utilitas (lanjutan)

Spesifikasi	Pompa					
Kode	PU-13	PU-14	PU-15	PU-16	PU-17	PU-18
Fungsi	Mengalirkan Kaporit dari tangki (TU-03) ke tanki penyimpanan *domestic water* (BU-05)	Mengalirkan air dari tangka penyimpanan *domestic water* (BU-05) ke kebutuhan *domestic water*	Mengalirkan air dari penyimpanan air pendingin (BU-06) ke sistem pendinginan	Mengalirkan air *recycle* cooling tower (CT-01) ke tangki penyimpanan air dingin (BU-06)	Mengalirkan air pengolahan hasil treatment H_2SO_4 untuk pengolahan steam	Mengalirkan air pengolahan hasil treatment NaOH untuk pengolahan steam
Kondisi Operasi						
Viskositas (cP)	0,302	0,8196	0,8196	0,8196	0,8196	0,8196
Kapasitas (gpm)	0,566	6,758	4.687,747	4.687,747	10,653	10,653
Suhu fluida (^oC)	30	30	30	30	30	30

Jenis pompa	*Single stage centrifugal pump*					
Efisiensi pompa	80%	80%	90%	90%	80%	80%
Daya pompa (HP)	0,05	0,25	75	75	0,5	0,5
Jumlah	1	1	1	1	1	1
Material Constuction	*Commersial steel*					

Tabel 5. 11 Spesifikasi Alat Tranportasi Cairan Utilitas (lanjutan)

Spesifikasi	Pompa			
Kode	PU-19	PU-20	PU-21	PU-22
Fungsi	Mengalirkan air demin dati tangka penyimpanan air demin (BU-07) menuju kebutuhan air ke air proses	Mengalirkan air demin dari tanki penyimpanan air demin (BU-07) menuju air ke dearetor (DE-01)	Mengalirkan N_2H_2 (BU-07) menuju ke dearetor (DE-01)	Mengalirkan air dari deaerator (DE-01) ke boiler (BO-01)

Kondisi Operasi				
Viskositas (cP)	0,8196	0,8196	0,8383	0,8196
Kapasitas (gpm)	10,653	10,653	0,000326	10,475
Suhu fluida (°C)	30	30	30	30
Jenis pompa	*Single stage centrifugal pump*			
Efisiensi pompa	80%	80%	80%	80%
Daya pompa (HP)	0,5	0,5	0,05	0,5
Jumlah	1	1	1	1
Material Constuction	*Commersial steel*			

\

Tabel 5. 12 Bak dan Tangki Utilitas

Kode alat	B-01	B-02	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi.	Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan, untuk menggumpalkan kotoran.	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi).	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi ke 2)	Menampung sementara *raw water* setelah disaring di *sand filter*	Menampung kebutuhan *service water*
Jenis	Bak persegi	Bak silinder tegak	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi	Bak silinder tegak

Bahan	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang dan dilapisi porselen	Beton bertulang dan dilapisi porselen	Beton bertulang
Kapasitas (m^3)	1.658	1.657	1.658	1.658	1.421	178,56
Spesifikasi						
Panjang (m)	27,09	-	27,09	27,09	14,16	-
Lebar (m)	27,09	-	27,09	27,09	14,16	-
Tinggi (m)	13,55	12,83	13,55	13,55	7,08	6,1
Diameter (m)	-	12,83	-	-	-	6,1
Jumlah	1	1	1	1	1	1

Tabel 5. 13 Bak dan Tangki Utilitas (lanjutan)

Kode alat	BU-05	BU-06	BU-07	TU-01	TU-02	TU-03
Fungsi	Menampung kebutuhan air *domestic water*	Menampung kebutuhan air pengingin menuju sistem pendinginan.	Menampung air bebas mineral sebagaia air proses dan air umpan boiler	Menyiapkan dan menyimpan tawas padatan alum 50 % untuk 1 minggu	Menyiapkan dan menyimpan larutan tawas 5% untuk 1 minggu	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu
Jenis	Tangki silinder tegak	Bak persegi panjang	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Bahan	Beton bertulang dilapisi porselen	Beton bertulang	*Carbon steel*	*Carbon steel*	*Carbon steel*	Beton bertulang
Kapasitas (m^3)	37,68	26.137,48	59,39	100,29	0,0850	0,0856
Spesifikasi						
Panjang (m)	-	37,39	-	-	-	-
Lebar (m)	-	37,39	-	-	-	-

Tinggi (m)	3,63	18,69	4,23	7,99	0,76	0,4778
Diameter (m)	3,63	-	4,23	3,99	0.38	0,4778
Jumlah	1	1	1	1	1	1

Tabel 5. 14 Bak dan Tangki Utilitas (lanjutan)

Bak utilitas	TU-04	TU-05	TU-06
Fungsi	Menampung/menyimpan larutan H_2SO_4 yang akan digunakan untuk meregenasi kation *exchanger*	Menyimpan kebutuhan NaOH untuk regeneasi anion *exchanger*	Menyimpan larutan N_2H_2
Jenis	Tangki silinder	Tangki silinder	Tangki silinder
Bahan	*Carbon steel*	*Carbon steel*	*Carbon steel*
Kapasitas (m^3)	0,567	5,077	2,516
Spesifikasi			
Panjang (m)	-	-	-

Lebar (m)	-	-	-
Tinggi (m)	0,8972	1,863	1,474
Diameter (m)	0,8972	1,863	1,474
Jumlah	1	1	1

Tabel 5. 15 Spesifikasi Filter Utilitas

Spesifikasi	*Screener* (FU-01)	*Sand Filter* (FU-02)
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar, misalnya : daun, ranting dan sampah- sampah lainnya.	Menyaring partikel- partikel halus yang ada dalam air sungai. (Bak berbentuk balok)
Jenis	Alumunium	pasir saring 28 mesh *sphere*
Spesifikasi		
Kapasitas (Kg/jam)	1.380.792	1.246.164

Tabel 5. 16 Spesifikasi *Cooling Tower* Utilitas

Alat	*Cooling Tower* (CT-01)
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Jenis	Cooling Tower Induced Draft
Kapasitas (Kg/jam)	907.551
Spesifikasi	

Panjang (m)	10,34
Lebar (m)	10,34
Tinggi (m)	10,34
Jumlah	1

Tabel 5. 17 Spesifikasi *Blower Cooling Tower* Utilitas

Alat	*Blower Cooling Tower* (BL-01)
Fungsi	Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan.
Jumlah udara (ft^3/jam)	27.502.514
Daya motor (HP)	30

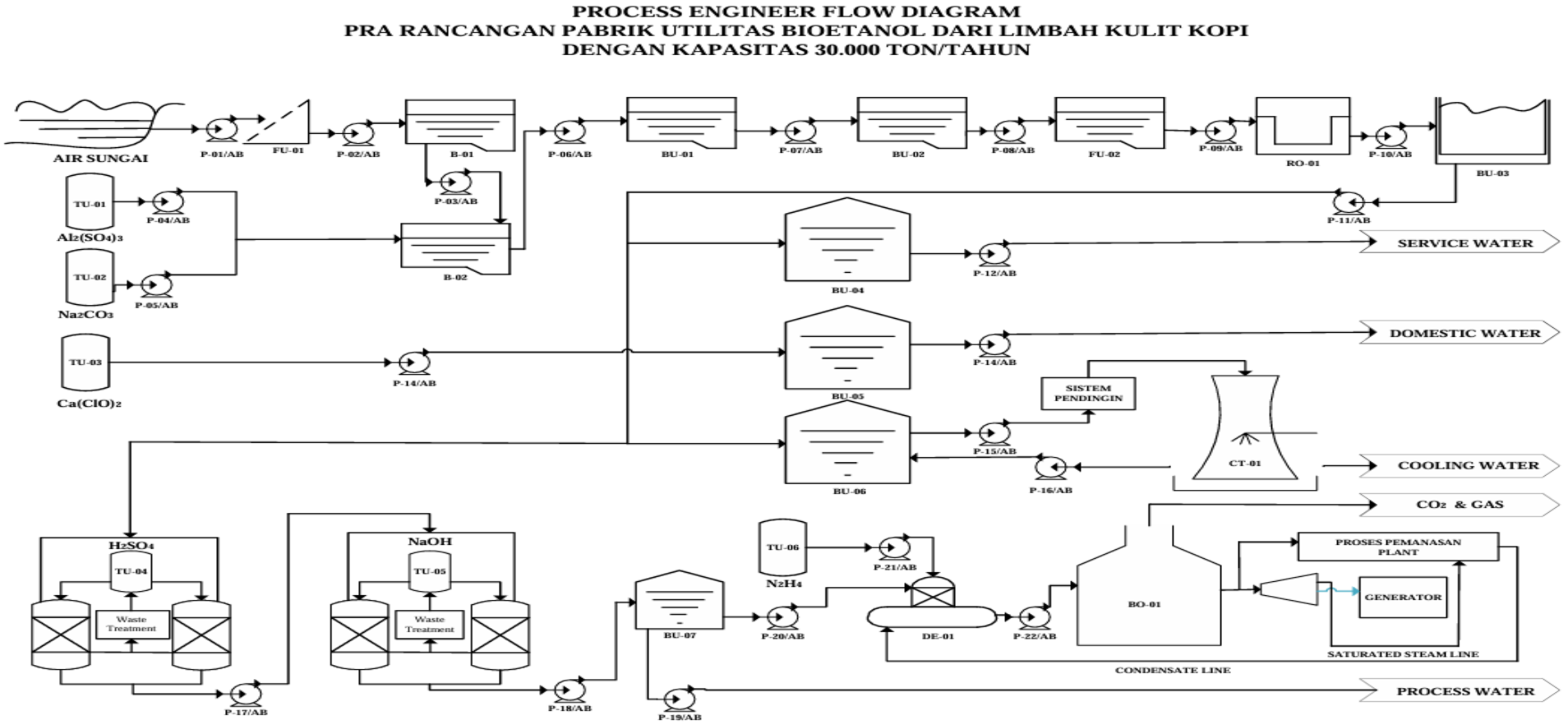
Tabel 5. 18 Spesifikasi Deaerator Utilitas

Alat	Deaerator (DE-01)

Fungsi	Menghilangkan gas CO_2 dan O_2 yang terikat dalam feed water yang menyebabkan kerak pada boiler
Jenis	Tangki silinder tegak
Spesifikasi	
Kapasitas (m^3)	2,0624
Tinggi (m)	1,4663
Diameter (m)	1,4663

Tabel 5. 19 Spesifikasi Boiler Utilitas

Alat	Boiler (BO-01)
Fungsi	Mengubah air untuk menjadi steam untuk proses
Jenis steam	*Saturated steam*
Jumlah steam (kg/jam)	2.028



Gambar 5. 1 Proses Pengolahan Air

BAB VI EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi dilakukan dalam perancangan pabrik dengan tujuan untuk mengetahui apakah pabrik layak didirikan dan menguntungkan atau malah merugikan. Hal ini dilakukan untuk meninjau beberapa aspek penting dalam perancangan pabrik yaitu kebutuhan modal investasi, besar keuntungan yang diperoleh, lama modal investasi dapat dikembalikan, dan total produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Faktor-faktor yang mempengaruhi evaluasi ekonomi diantaranya sebagai berikut:

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

Sebelum dilakukan analisa terhadap faktor-faktor diatas, dalam perancangan pabrik bioetanol ini dilakukan perhitungan dan perkiraan terhadap beberapa hal berikut.

1. Modal (*Capital Investment*)
    a. Investasi modal tetap (*Fixed Capital Cost*).
    b. Investasi modal kerja (*Working Capital Investment*).
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
    a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*).
    b. Biaya produksi tidak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*).

c. Biaya tetap produksi (*Fixed Manufacturing Cost*).

3. Pengeluaran Umum (*General Cost*)

4. Analisis Kelayakan Ekonomi

   a. *Percent return on investment* (ROI).

   b. *Pay out time* (POT).

   c. *Break event point* (BEP).

   d. *Shut down point* (SDP).

   e. *Discounted cash flow* (DCF).

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga alat proses dipengaruhi oleh situasi ekonomi yang tengah berlangsung sehingga dapat berubah tergantung pada kondisi ekonomi saat itu. Dengan demikian, perlu diperkirakaan harga alat proses pada tahun didirikannya pabrik bioetanol yang direncanakan akan didirikan pada tahun 2028 dengan indeks harga alat. Indeks harga pada tahun perencanaan yaitu tahun 2024 ditentukan dengan regresi linear terhadap indeks harga tahun sebelumnya, data indeks harga tersebut didapat dari *Chemical Engineering Plant Cost* (CEPCI) seperti yang ditunjukan pada Tabel 6.1 berikut:

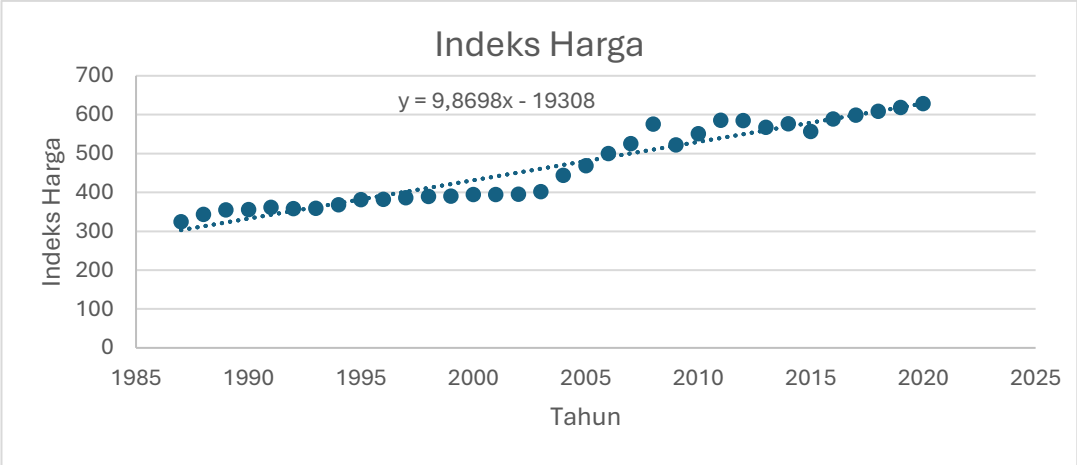
Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat

No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1987	324
2	1988	343
3	1989	355
4	1990	356
5	1991	361,3
6	1992	358,2
7	1993	359,2
8	1994	368,1
9	1995	381,1
10	1996	381,7
11	1997	386,5
12	1998	389,5
13	1999	390,6
14	2000	394,1
15	2001	394,3
16	2002	395,6
17	2003	402
18	2004	444,2
19	2005	468,2
20	2006	499,6
21	2007	525,4
22	2008	575,4
23	2009	521,9
24	2010	550,8
25	2011	585,7
26	2012	584,6
27	2013	567,3
28	2014	576,1
29	2015	556,8
30	2016	589,048
31	2017	598,926
32	2018	608,804
33	2019	618,682
34	2020	628,56

Berdasarkan Tabel 6.1 diatas, maka diperoleh persamaan regresi linear sebagai berikut:

$$y = 9{,}8698x - 19308 \qquad (6.1)$$

Rencana pendirian pabrik bioetanol dengan kapasitas 30.000 ton/tahun pada tahun 2028. Persamaan di atas disubstitusikan nilai x menjadi 2028, maka akan diperoleh harga indeks alat sebesar 707,584. Berikut ini merupakan grafik hubungan antara tahun dan indeks harga yang ditunjukkan pada Gambar 6.1.



Gambar 6. 1 Grafik Indeks Harga vs Tahun

Harga alat dan lainnya dihitung pada tahun evaluasi yaitu tahun 2028. Persamaan yang digunakan untuk menghitung harga alat pada tahun evaluasi yaitu:

$$Ex = Ey.\frac{Nx}{Ny} \qquad (6.2)$$ (Aries & Newton, 1955)

Keterangan :

Ex : Harga pembelian pada tahun x

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi y

Nx : Indeks harga pada tahun x

Ny : Indeks harga pada tahun referensi y

6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas pabrik	= 30.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Umur pabrik	= 10 tahun
Tahun pendirian pabrik	= 2028
Kurs mata uang	= 1US$ = Rp. 16.496 (Juni 2023)
Harga bahan baku (kulit kopi)	= Rp4.766,-/kg
	= Rp372.441.045.506,-/tahun
Harga bahan baku (asam klorida)	= Rp104.363,-/liter
	= Rp1.063.642.280.161,-/tahun
Harga bahan baku (*saccharomyces cerevisiae*)	= Rp37.339,-/kg
	= Rp257.581.689.794,-/tahun
Harga bahan baku (amonium sulfat)	= Rp716.597,-/kg
	= Rp824.849.940.323,-/tahun
Harga bahan baku (natrium hidroksida)	= Rp134.024,-/liter
	= Rp1.483.577.845.631,-/tahun
Harga produk	= Rp280.000,-/liter
	= Rp8.400.000.000.000,-/tahun

6.3 Perhitungan Biaya

6.3.1 *Capital Investment*

Capital investment adalah jumlah pengeluaran yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan pengoperasian pabrik. *Capital investment* terdiri dari:

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed capital investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas yang ada di pabrik.

b. *Working Capital investment*

Working capital investment adalah biaya yang diperlukan untuk pengoperasian suatu pabrik selama waktu tertentu.

6.3.2 *Manufacturing Cost*

Manufacturing cost adalah biaya yang diperlukan untuk kegiatan produksi suatu pabrik. *Manufacturing cost* terdiri dari *direct, indirect, dan fixed manufacturing cost* yang berkaitan denan proses pembuatan produknya. Menurut Aries dan Newton (1955) *manufacturing cost* meliputi:

a. *Direct Cost*

Direct cost adalah biaya pengeluaran yang berhubungan langsung dengan pembuatan produk seperti *raw material, labor cost, supervisory expend, maintenance cost, plat supplies cost, royalties and patents, dan cost of utilities.*

b. *Indirect Cost*

Indirect cost adalah biaya pengeluaran sebagai akibat dan bukan langsunug karena operasi suatu pabrik.

c. Fixed Cost

Fixed cost adalah biaya pengeluaran yang bersifat tetap, yang tidak dipengaruhi oleh tingkat produksi dan waktu atau pengeluaran ketika pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi.

6.3.3 *General Expense*

General Expense adalah biaya pengeluaran umum yang berkaitan dengan fungsi perusahaan dan tidak termasuk *manufacturing cost*.

6.4 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan perancangan pabrik dilakukan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh. Studi kelayakan ekonomi pabrik bioetanol dapat ditinjau dari parameter-parameter ekonomi berikut:

6.4.1 *Return On Investment* (ROI)

Return On Investment merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh pada setiap tahunnya berdasarkan kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan. Persamaan untuk menghitung persen *return of investment* yaitu sebagai berikut:

$$\%ROI = \frac{Profit}{Fixed\ Capital\ Investment} \times 100\% \qquad (6.3)$$

Keuntungan atau profit dihitung berdasarkan besar *annual sales* (*Sa*) dan total *manufacturing cost*. *Finance* dihitung sebagai komponen yang berisikan pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. Pabrik dengan risiko rendah mempunyai minimum ROI *before tax* sebesar 11% sedangkan pada pabrik dengan

risiko tinggi mempunyai minimum ROI *before tax* sebesar 44% (Aries Newton, 1955).

6.4.2 *Pay Out Time* (POT)

Pay out time adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui pada tahun keberapa modal investasi akan Kembali. Persamaan yang digunakan untuk menghitung POT adalah:

$$\%POT = \frac{Fixed\ Capital\ Investment}{Profit + Depresiasi} \times 100\% \quad (6.4)$$

Pada pabrik dengan risiko rendah mempunyai nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pabrik yang risiko tinggi mempunyai nilai POT maksimal 2 tahun.

6.4.3 *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point adalah titik balik dimana pabrik tidak mengalami keuntungan maupun kerugian. Pada kondisi ini kapasitas produksi pada saat penjualan sama dengan *total cost.* Suatu pabrik akan mengalami kerugian apabila beroperasi dibawah nilai BEP, dan akan mengalami keuntungan apabila beroperasi diatas nilai BEP. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai kisaran 40-60% (Aries Newton, 1955). Persamaan yang digunakan untuk menghitung BEP adalah sebagai berikut:

$$\text{BEP} = \frac{(Fa + 0{,}3\ Ra)}{(Sa - Va - 0{,}7\ Ra)} \times 100\% \quad (6.5)$$

Keterangan:

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

6.4.4 *Shut Down Point* (SDP)

Shut down point merupakan titik dimana suatu kegiatan produksi dihentikan. Penghentian terjadi karena faktor seperti keputusan manajemen karena kegiatan produksi yang tidak ekonomis, atau akibat dari *variabel cost* yang terlalu tinggi. Dalam setahun, persen kapasitas minimum pabrik bisa mencapai kapasitas produk yang diinginkan. Namun, apabila pabrik tersebut dalam setahun tidak bisa mencapai kapasitas minimum yang diinginkan, maka operasi pabrik harus dihentikan. Hal tersebut dikarenakan biaya yang akan dikeluarkan untuk melanjutkan proses produksi akan lebih mahal dibandingkan dengan biaya yang digunakan untuk membayar *fixed cost* dan menutup pabrik. Persamaan yang digunakan untuk menghitung SDP adalah sebagai berikut:

$$\text{SDP} = \frac{0{,}3Ra}{(Sa - Va - 0{,}7\,Ra)} \times 100\% \quad (6.6)$$

6.4.5 *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR)

Discount cash flow rate of return adalah perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya. Didasarkan atas investasi yang tidak kembali setiap akhir tahun selama umur pabrik. Persamaan yang digunakan untuk menghitung DCFR adalah sebagai berikut:

$$(FC + WC)(1+i)^n = CF\{(1+i)^{n-1} + (1+i)^{n-2} + \ldots + (1+i)^{n-n} + (1+i) + 1\} + SV + WC \quad (6.7)$$

Keterangan:

FC = *Fixed Capital*

WC = *Working Capital*

SV = *Salvage Value*

C = *Cash Flow* (keuntungan setelah pajak + depresiasi +finance)

n = Umur Pabrik

i = Nilai DCFR

6.5 Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik bioetanol memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah pabrik layak untuk didirikan atau tidak.

Tabel 6. 2 *Physical Plant Cost* (PPC)

No	Jenis	Biaya
1.	*Purchased Equipment Cost* (PEC)	Rp1.528.798.952.566
2.	*Delivered Equipment Cost* (DEC)	Rp382.199.738.142
3.	*Instalation Cost* (Biaya Pemasangan)	Rp248.976.082.293
4.	*Piping Cost* (Biaya Pemipaan)	Rp766.788.279.963
5.	*Instrumentation* (Biaya Instrumentasi)	Rp382.063.285.649
6.	*Insulation Cost* (Biaya Isolasi)	Rp6.433.927.438
7.	*Electrical Cost* (Biaya Listrik)	Rp152.879.895.257
8.	*Building Cost* (Biaya Bangunan)	Rp52.500.000.000,00
9.	*Land & Yard Improvement* (Tanah & Perluasan Lahan)	Rp4.722.199,04
Total		**Rp3.520.644.883.506**

Tabel 6. 3 *Direct Plant Cost* (DPC)

No	Jenis	Biaya
1.	*Engineering and Construction*	Rp305.759.790.513
2.	*Direct Plant Cost*	Rp3.904.297.583.240
Total		**Rp4.210.057.373.754**

Tabel 6. 4 *Fixed Capital Investment*

No	Jenis	Biaya
1.	*Direct Plant Cost*	Rp3.904.297.583.240

2.	*Contractor Fee*	Rp156.171.903.330
3.	*Contigency*	Rp976.074.395.810
Total		**Rp5.036.543.882.380**

Tabel 6. 5 *Direct Manufacturing Cost*

No	Jenis	Biaya
1.	*Raw Material* (bahan baku) *and Utility*	Rp4.002.092.801.415
2.	Tenaga Kerja (labor cost)	Rp17.014.800.000
3.	*Supervisory*	Rp1.701.480.000
4.	*Maintenance*	Rp302.192.632.943
5.	*Plant Supplies*	Rp45.328.894.941
6.	*Royalties and Patents*	Rp252.000.000.000
7.	*Utilities*	Rp33.409.656.228
Total		**Rp4.653.740.265.528**

Tabel 6. 6 *Indirect Manufacturing Cost*

No	Jenis	Biaya
1.	*Payroll Overhead*	Rp2.552.220.000
2.	*Laboratory*	Rp1.701.480.000
3.	*Plant Overhead*	Rp8.507.400.000
4.	*Packaging & Shipping*	Rp420.000.000.000
Total		**Rp432.761.100.000**

Tabel 6. 7 *Fixed Manufacturing Cost*

No	Jenis	Biaya
1.	*Depretiation*	Rp402.923.510.590
2.	*Property taxes*	Rp50.365.438.824
3.	*Insurance*	Rp50.365.438.824
Total		**Rp503.654.388.238**

Tabel 6. 8 *Manufacturing Cos*t

No	Jenis	Biaya
1.	*Direct manufacturing cost*	Rp4.653.740.265.528

2.	*Indirect manufacturing cost*	Rp432.761.100.000
3.	*Fixed manufacturing cost*	Rp503.654.388.238
Total		**Rp5.590.155.753.766**

Tabel 6. 9 *Working Capital*

No	Jenis	Biaya
1.	*Raw material inventory*	Rp84.892.877.606
2.	*Inproses inventory*	Rp57.507.712.540
3.	*Product inventory*	Rp504.148.673.982
4.	*Extended credit*	Rp254.545.454.545
5.	*Available cash*	Rp504.148.673.982
Total		**Rp1.405.243.392.655**

Tabel 6. 10 *General Expenses*

No	Jenis	Biaya
1.	*Administration*	Rp162.664.672.613
2.	*Sales expenses*	Rp1.220.039.791.036
3.	*Research*	Rp189.775.451.382
4.	*Finance*	Rp130.026.826.147
Total		**Rp1.702.506.741.178**

Tabel 6. 11 *Total Production Cost*

No	Jenis	Biaya
1.	*Manufacturing cost*	Rp5.590.155.753.766
2.	*General expenses*	Rp1.702.506.741.178
Total		**Rp7.292.662.494.944**

Tabel 6. 12 *Fixed Cost*

No	Jenis	Biaya
1.	*Depretiation*	Rp402.923.510.590
2.	*Property taxes*	Rp50.365.438.824
3.	*Insurance*	Rp50.365.438.824
Total		**Rp503.654.388.238**

Tabel 6. 13 *Variabel Cost*

No	Jenis	Biaya
1.	*Raw material*	Rp4.002.092.801.415
2.	*Packaging & shipping*	Rp420.000.000.000
3.	*Utility*	Rp33.409.656.228
4.	*Royalty and Patent*	Rp252.000.000.000
Total		**Rp4.707.502.457.644**

Tabel 6. 14 *Regulated Cost*

No	Jenis	Biaya
1.	Gaji karyawan	Rp17.014.800.000
2.	*Payroll overheated*	Rp2.552.220.000
3.	*Supervision*	Rp1.701.480.000
4.	*Plant overhead*	Rp8.507.400.000
5.	*Laboratory*	Rp1.701.480.000
6.	*General expenses*	Rp1.702.506.741.178
7.	*Maintenance*	Rp302.192.632.943
8.	*Plant supplies*	Rp45.328.894.941
Total		**Rp2.081.505.649.062**

6.6 Hasil Analisa Keuntungan

Total penjualan = Rp8.400.000.000.000

Total biaya produksi = Rp7.292.662.494.944

Keuntungan sebelum pajak = Rp1.107.337.505.056

Pajak pendapatan = Rp332.201.251.516

Keuntungan setelah pajak = Rp775.136.253.539

6.7 Hasil Kelayakan Ekonomi

6.7.1 *Return on Investment* (ROI)

$$\%ROI = \frac{Profit}{Fixed\ Capital\ Investment} \times 100\% \quad (6.3)$$

ROI sebelum pajak = 22%

ROI setelah pajak = 15%

Berdasarkan kondisi operasi, bahan baku dan produk . Pabrik Pra

6.7.2 *Pay On Time* (POT)

$$\%POT = \frac{Fixed\ Capital\ Investment}{Profit + Depresiasi} \times 100\% \quad (6.4)$$

POT sebelum pajak = 3,3 tahun

POT setelah pajak = 4,2 tahun

6.7.3 *Break Even Point* (BEP)

$$\text{BEP} = \frac{(Fa + 0{,}3\ Ra)}{(Sa - Va - 0{,}7\ Ra)} \times 100\% \quad (6.5)$$

BEP = 50%

6.7.4 *Shut Down Point* (SDP)

$$\text{SDP} = \frac{0{,}3Ra}{(Sa - Va - 0{,}7\ Ra)} \times 100\% \quad (6.6)$$

SDP = 28%

6.7.5 *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR)

$$(FC + WC)(1+i)^n = CF\{(1+i)^{n-1} + (1+i)^{n-2} + \ldots + (1+i)^{n-n} + (1+i) + 1\} + SV + WC \quad (6.7)$$

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment (FCI) = Rp5.036.543.882.380

Working Capital = Rp1.405.243.392.655

Salvage Value (SV) = Rp402.923.510.590

Cash Flow (C) = Rp1.297.573.874.178

DCFR = 30 %

6.8 Analisa Risiko Pabrik

Analisa risiko pabri dilakukan untuk menentukan besar kecil risiko sebuah pabrik (high risk atau low risk) dengan mempertimbangkan beberapa kemungkinan

yang terjadi kemudian mencari solusi atas setiap risiko tersebut. Berdasarkan analisa risiko pabrik yang dilakukan, diketahui bahwa pabrik biodiesel termasuk kategori risiko high risk dengan mempertimbangkan:

a. Kondisi operasi

Perancangan pabrik bioetanol dengan suhu berkisar antara 30ºC hingga 100ºC dengan tekanan 1 atm. Sehingga perancangan pabrik terhitung cukup beresiko kondisi operasinya yang relatif rendah.

b. Identifikasi hazard

Seperti pada tabel berikut yang berisi identifikasi hazard untuk mengetahui faktor risiko dari berbagai bahan yang digunakan pada pra rancangan pabrik ini.

Bahan	Hazard						Ket	Pengolahan
	Eksplosif	Toxic	Korosif	Iritasi	Oxidizing	Radioaktif		
Bahan Baku								
Kulit Kopi							Bahan ini dianggap tidak berbahaya	Simpan di tempat tertutup dan kering dan jauh dari sumber api.
Bahan Pembantu								
Asam klorida		x	x	x			Bahan ini korosif jika bersentuhan dengan bahan logam serta berbahaya untuk fisik manusia	Tidak diperkenenkan disimpan dalam wadah yang mengandung logam, pastikan wadah tertutup rapat.
Natrium Hidroksida			x	x			Sangat korosif, dapat menyebabkan iritasi pada	Tidak diperkenenkan disimpan dalam wadah

							kulit jika bersentuhan secara langsung.	yang mengandung logam, dan tempat tertutup rapat.
Produk								
Etanol				x			Konsentrasi tinggi dapat menyebabkan iritasi pada kulit, mata dan saluran pernapasan	Tempat penyimpanan yang tertutup.

c. Bahan Baku

Berdasarkan data yang didapatkan dari tabel diatas kulit kopi sebagai bahan baku utama dianggap tidak berbahaya, dengan tindakan pencegaham yang tepat, seperti menjauhkan dari sumber api, dan menyimpan di tempat yang sejuk.

d. Bahan Pembantu

Berdasarkan data yang ada pada tabel diatas mengenai identifikasi *hazard*, didapatkan data untuk natrium hidroksida dan asam klorida sebagai bahan pembantu yang memiliki risiko yang menengah. Tindakan pencegahan yang dapat dilakukan adalah penyimpanan yang baik dan efisien terutama di tempat yang tidak mengandung logam sehingga risiko dapat dikurangi.

e. Produk

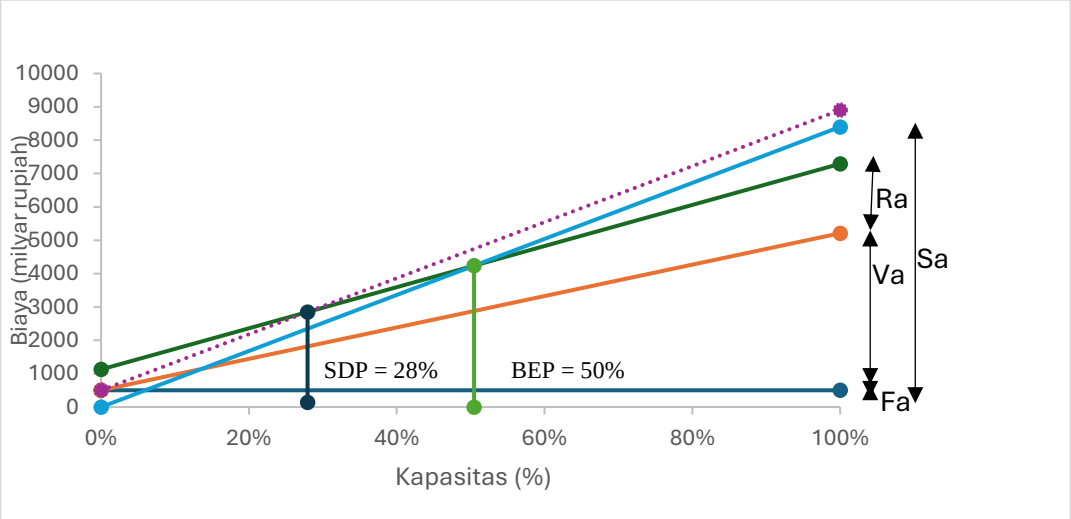
Bioetanol sebagai produk utama dan air sebagai produk samping memiliki risiko rendah. Namun, perlu diperhatikan bahwa bioetanol harus terhindar dari lingkungan luar agar terhindar kontak dengan manusia.

Tabel 6. 15 Kesimpulan Evaluasi Ekonomi

Kriteria	Terhitung	Syarat	Keterangan
ROI	Sebelum pajak : 22% Setelah pajak : 15%	ROI sebelum pajak pabrik *low risk* : min 11%	Sesuai

POT	Sebelum pajak : 3,33 Setelah pajak : 4,28	POT sebelum pajak *low risk*: max 5 tahun	Sesuai
BEP	50%	Berkisar: 40-60%	Sesuai
SDP	28%	Tidak ada ketentuan	Sesuai
DCFR	30%	Lebih dari dua kali bunga bank saat ini 9,4%	Sesuai

Hasil dari perhitungan kelayakan ekonomi pada pendirian pabrik bioetanol dari kulit buah kopi dengan kapasitas 30.000 ton/tahun dapat dilihat melalui grafik Break Even Point pada Gamba 6.2 berikut:



Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi

BAB VII PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil prarancangan pabrik bioetanol dari limbah kulit kopi dengan kapasitas 30.000 ton/tahun, maka diperoleh beberapa Kesimpulan sebagai berikut:

1. Pendirian pabrik bioetanol dari kulit kopi bertujuan untuk memenuhi kebutuhan etanol di Indonesia dan mengurangi kegiatan impor dan membangun pertumbuhan ekonomi dalam negeri. Serta mengurangi limbah kulit kopi hasil produk samping produksi biji kopi untuk konsumsi.
2. Bioetanol diproduksi dari bahan baku kulit kopi dengan melalui proses hidrolisis serta fermentasi pada suhu 30ºC dengan menggunakan bantuan katalis *yeast Saccharomyces Cerevisiae.*
3. Pabrik akan didirikan di Jl. Pinisi , Lawang Kidul, Kec. Ilir Tim. II, Kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan dengan pertimbangan beberapa aspek yaitu ketersediaan bahan baku, pemasaran, utilitas, transporatasi, tenaga kerja, dan letak geografis.
4. Berdasarkan evaluasi ekonomi pendirian pabrik bioetanol dari limbah kulit kopi didapatkan hasil sebagai berikut:
    - Keuntungan sebelum pajak : Rp1.107.337.505.056
    - Keuntungan sesudah pajak : Rp775.136.253.539
    - *Return of Investment* sebelum pajak : 22%
    - *Return of Investment* sesudah pajak : 15%
    - *Pay Out Time* sebelum pajak : 3,33 tahun

- *Pay Out Time* sesudah pajak : 4,28 tahun
- *Break Even Point* : 50%
- *Shut Down Point* : 28%
- *Discounted Cash Flow Rate of Return* : 30%

5. Prarancangan pabrik bioetanol dari limbah kulit kopi dengan kapasitas 30.000 ton/tahun ini tergolong sebagai pabrik dengan risiko rendah berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, serta asal bahan baku.
6. Berdasarkan peninjauan bahan baku, kondisi operasi proses, peluang penjualan produk dan hasil evaluasi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik bioetanol dari limbah kulit kopi dengan kapasitas 30.000 ton/jam ini layak untuk didirikan.

7.2 Saran

1. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut terkait proses hidrolisis kulit kopi dalam proses hidrolisa selulosa menjadi glukosa secara lebih spesifik serta menggunakan katalis berupa asam klorida untuk mendapatkan data yang aktual hasil dari glukosa.
2. Perlu dilakukan penenlitian lebih lanjut mengenai penggunaan fermentasi dalam proses glukosa menjadi etanol untuk mengetahui konversi secara aktual serta optimal .
3. Perlu pengoptimalan pemilihan alat proses dan bahan baku agar keuntungan yang diperoleh lebih optimal.

4. Perlu dilakukannya *project plant* untuk merealisasikan perancangan pabrik bioetanol dari kulit kopi dengan fermentasi menggunakan *yeast Saccharomyces cerevisae* serta proses hidrolisisnya menggunakan asam klorida sebagai katalis dalam mereduh

DAFTAR PUSTAKA

. S., & Syabriana, M. (2018). Produksi Bioetanol Dari Limbah Kulit Kopi Menggunakan Enzim Zymomonas Mobilis Dan Saccharomyces Cereviseae. *Jurnal Serambi Engineering*, *3*(1), 271–278. https://doi.org/10.32672/jse.v3i1.356

Agustini, L., & Efiyanti, L. (2015). *PENGARUH PERLAKUAN DELIGNIFIKASI TERHADAP HIDROLISIS BERLIGNOSELULOSA (The Effects of Delignification Treatments on Cellulose Hydrolysis and Ethanol Production from Lignocellulosic Wastes)*. *33*(1), 69–80.

Agustus, V. N., Limbah, P., Kopi, K., Arabica, A., Dijadikan, C., Retanubun, G., & Mufarida, N. A. (2017). *J-Proteksion Utilization of Arabica Coffee Skin Waste to Bioetanol ABSTRAK Pembuatan bioetanol limbah kulit kopi arabika , melalui tahapan pengeringan kulit kopi dan penghalusan kulit kopi , Hidrolisis , fermentasi , penyaringan , dan destilasi . Pengerin*. *2*(1), 15–20.

Aiman, S. (2014). Perkembangan Teknologi Dan Tantangan Dalam Riset Bioetanol Di Indonesia. In *Jurnal Kimia Terapan Indonesia* (Vol. 16, Issue 2, pp. 108–117). https://doi.org/10.14203/jkti.v16i2.16

Anindyawati. T. (2009). Prospek Enzim Dan Limbah Lignoselulosa Untuk Produksi Bioetanol. In *Jurnal Selulosa* (Vol. 44, Issue 1, pp. 49–56).

Aniriani, G. W., Sulistiono, E., & Apriliani, N. F. (2018). Optimasi Jenis Asam Kuat dalam Proses Hidrolisis Selulosa Jerami dalam Upaya untuk Mendapatkan Bioetanol. *Seminar Nasional Unisla 2018*, 251–256.

Anwar, A. R. (2013). *Bio-Degradasi Selulosa Hasil Bio-Pretreatment Jerami Padi Secara Fermentasi Padat Menggunakan Isolat Actinomycetes AcP-1 dan AcP-7 (Biodegradation Of Cellulose In Solid State Fermentation Pre-Treated Rice Straw By Actinomycetes AcP-1 and AcP-7 Isolate)*. 5–24.

Bioethanol, P., Tandan, D., & Kelapa, K. (2018). *Sawit Dengan Proses Hidrolisis Enzim Dan*.

Brown, G.G. (1978). Unit Operations. John Wiley and Sons Inc. New York Brownell,

Cabe, M., Warren, L., & Smith, J. C. (1985). Unit Operation of Chemical Engineering.

Cahyaningtiyas, A., & Sindhuwati, C. (2023). Pengaruh Penambahan Konsentrasi Saccharomyces Cerevisiae Pada Pembuatan Etanol Dari Air Tebu Dengan Proses Fermentasi. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, *7*(2), 89–94. https://doi.org/10.33795/distilat.v7i2.207

Coulson, J.M and Richardson, J.F. (1983). Chemical Engineering, 1st edition,Volume 6.Pergason Press.Oxford

Fadilah Azzahra, R. (2021). Review Artikel PRODUKSI BIOETANOL BERBAHAN DASAR LIMBAH KULIT KOPI SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF PRODUCTION OF BIOETHANOL FROM COFFEE SKIN WASTE AS ALTERNATIVE FUEL. *Jurnal Kinetika*, *12*(02), 58–63. https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index58

Fuadi, A. M., & Harismah, K. (2017). Perbandingan Efektifitas Pembuatan Glukosa dari Kerta Bekas Secara Hidrolisis Asam dan Enzim. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, *1*(1), 6–11.

Haniati, M., Fajrin, A. N. A., Tetrisyanda, R., & Kuswandi, K. (2021). Pra Desain Pabrik Bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik ITS*, *10*(2). https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2.67157

Haryanto, A. (2017). *Energi Terbarukan Front Page Upload repository 2021*.

Juwita, A. I., Mustafa, A., & Tamrin, R. (2017). STUDI PEMANFAATAN KULIT KOPI ARABIKA (Coffee arabica L.) SEBAGAI MIKRO ORGANISME LOKAL (MOL). *Agrointek*, *11*(1), 1. https://doi.org/10.21107/agrointek.v11i1.2937

Kern, D.Q.(1950). Process Heat Transfer. Mc. Graw-Hill International Book Company Inc. New York.

L.E and Young. E.H. (1979). Process Equipment Design. John Wiley and Sons Inc. New York.

Nurdyastuti, I. (2010). Teknologi Proses Produksi Bio-Ethanol. *Teknologi Proses Produksi Bio-Etanol*, 75–83.

Perry, R.H., and Green, D.W., (1986), Perry's Chemical Engineer's Handbook, 6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Peters, M., Timmerhause, K., and West, R. (2003). Plant Design and Economics For Chemical Engineers. Mc Graw Hill Companies Inc.

Rochani, A., Yuniningsih, S., & Ma'sum, Z. (2015). Pengaruh Konsentrasi Gula Larutan Molases Terhadap Kadar Etanol pada Proses Fermentasi. *Jurnal Reka Buana*, *1*(1), 43–48.

Rochani, A., Yuniningsih, S., & Ma'sum, Z. (2015). Pengaruh Konsentrasi Gula Larutan Molases Terhadap Kadar Etanol pada Proses Fermentasi. *Jurnal Reka Buana*, *1*(1), 43–48.

Said, N. N. A., & Purnama, H. (2020). Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kulit Kopi Arabika dan Robusta dengan Variasi Waktu Fermentasi. *Proceeding of*

Setyono, A. E., & Kiono, B. F. T. (2021). Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 –

2050. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, *2*(3), 154–162. https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11157

Smith, J.M., Van Ness, H.C., & Abbot, M.M., (1987), Introduction to Chemical Enigineering Thermodynamics, 5 th ed, Mc Graw Hill Book Company Inc., New York

Syabriana, M. (2018). Produksi Bioetanol Dari Limbah Kulit Kopi Menggunakan Enzim Zymomonas Mobilis Dan Saccharomyces Cereviseae. *Jurnal Serambi Engineering*, *3*(1), 271–278. https://doi.org/10.32672/jse.v3i1.356

The URECOL, *11*, 220–228. http://repository.urecol.org/index.php/proceeding/article/view/921.

Ulrich, G. D., & Vasudevan, P. T. (2004). Chemical Engineering Process Design and Economics A Practical Guide, 2nd ed. http://elsevier.com

Yaws, C.L. (1999). Chemical Properties Handbook. Mc Graw Hill Handbooks. New York.

LAMPIRAN A

A. PERHITUNGAN REAKTOR HIDROLISIS

a. Penentuan Jumlah Reaktor

Penentuan jumlah reaktor pada proses pra rancangan pabrik bioetanol ini memperhatikan harga reaktor dengan konversi reaksi selulosa menjadi glukosa yang merupakan sumber utama dari pembuatan bioetanol tersebut.

Fungsi	:	Tempat terjadinya reaksi hidrolisis antara selulosa dengan air menjadi glukosa
Fasa	:	Cair-cair
Waktu Tinggal	:	0,5 jam
Jenis	:	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Bahan	:	*Stainless Steel* (SA) 167 *Grade* 11 *type* 316
Jumlah	:	2 buah
Tekanan	:	1 atm
Temperatur	:	100^{o}C

Tabel A. 1 Komposisi Tangki Reaktor

Komponen	Massa (kg/jam)
Holoselulosa	7380,4583
Air	8272,5021
Lignin	537,0166
Ash	110,9194
Larutan HCl	649,7041
Total	17464,3388

Densitas campuran : 1.161,78 kg/m^3

Laju alir volumetrik : 15,03 m^3/jam

: 15.032,42 liter/jam

Reaksi yang terjadi:

$$\text{Holoselulosa} + \text{Air} \xrightarrow{\text{asam klorida}} \text{Glukosa}$$

Konversi reaktor (X) = 97%

k = 1,0031/menit

= 60,1862/jam

- Konsentrasi umpan mula-mula
  - Konsentrasi holoselulosa

    $$C_{ao} = \frac{n_a}{F_v}$$

    Na (holoselulosa) = 45,55 mol/jam

    C_{ao} = 3,03 M

  - Konsentrasi air

    $$C_{bo} = \frac{n_b}{F_v}$$

    Nb (air) = 459,5834 mol/jam

    C_{bo} = 30,5728 M

- Konsentrasi umpan

  $Ca = C_{ao}\ x$ (1-X)

  $Cb = C_{bo} – (C_{ao}$ x X)

  Ca = 0,0909 M

  Cb = 27,6331 M

- Waktu tinggal di reaktor

  $$\tau = \frac{X}{k.(1-X)}$$

  $$\tau = \frac{0{,}97}{60{,}1862\,\frac{1}{jam}\,.(1-0{,}97)}$$

  τ = 0,53 jam

  = 32,2333 menit

- Volume reaktor

  Fv = 15,03 m^3/jam

  $V = Fv\,.\tau$

  V = 8,0757 m^3

  = 8.075 liter

- Optimasi reaktor

Tabel A. 2 Optimasi reaktor

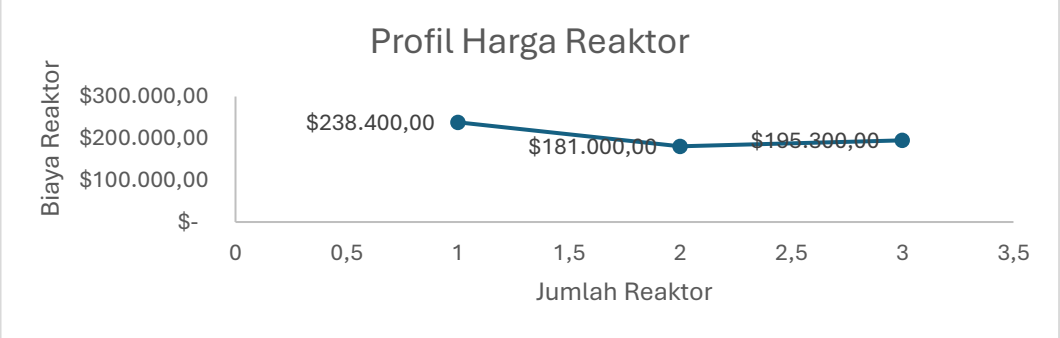
n	V_1 (m^3)	V_2 (m^3)	V_3 (m^3)
1	8,07		
2	1,30	1,30	
3	0,69	0,69	0,69

n	X_o	X_1	X_2	X_3
1	0	0,97		
2	0	0,81	0,97	
3	0	0,65	0,89	0,97

n	τ_1 (menit)	τ_2 (menit)	τ_3 (menit)
1	32, 23		
2	5,19	5,19	
3	2,78	2,78	2,78

n	Volume (m^3)	Harga ($)	Harga Total ($)
1	8,07	$238.400,00	$238.400,00
2	2,67	$90.500,00	$181.000,00
3	1,99	$65.100,00	$195.300,00

- Untuk mengetahui jumlah reaktor maka dilakukan optimasi sebagai berikut:
  - Dengan menggunakan data harga reaktor yang diambil dari http://www.matche.com/equipcost/Reactor.html
    untuk mempertimbangkn jumlah reaktor dengan harga minimal
  - Dipilih *Stainless Steel tipe 316* sebagai bahan pembuat reaktor
  - Harga reaktor (http://www.matche.com/equipcost/Reactor.html)



Gambar A. 1 Optimasi jumlah reaktor vs biaya reactor

Ditinjau dengan memperhatikan biaya reaktor, maka reaktor yang dipakai yaitu 2 buah dengan volume masing-masing reaktor adalah 1,33 m^3 dan dibuat dengan *over design* memperhatikan keamanan 20% maka volume yang digunakan adalah 1,59 m^3.

b. Bentuk dan Bahan Reaktor

Bentuk : Silinder tegak dengan tutup berbentuk *torispherical flange and dish head*

Bahan : *Stainless Steel* SA 167 *Grade* 11 *type* 316

c. Menentukan Diameter dan Tinggi Tangki

Perbandingan diameter dan tangki menggunakan 1:1

H:D (Brownell and Young,1959 halaman 43 tabel 3.3)

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

D = 1,5 m

H = 1,5 m

Dengan Volume = 2,66 m^3 = 703,79 gallon

Berdasarkan buku Pressure Vessel: The ASME *Code Simplified* oleh J.Philip Ellenberger Table A.1, volume *shell* standar yaitu sebesar 719,7 gallon dengan ukuran *inner diameter* (ID) 42 in.

d. Menentukan Tekanan *Design*

Tekanan design dihitung menggunakan *Overdesign* 20%

P design = 1,2 × P operasi

P operasi = P hidrostatis + P reaksi

P reaksi = 1,2 atm

P_{reaksi} = 17,64 psi

- Menghitung tekanan hidrostatis

  P hidrostatis = ρ Campuran × g × h

  ρ : Densitas campuran = 1161,7783 kg/m^3

  g : Gravitasi = 9,18 m^2/s

  h : Tinggi cairan = 2,89 m

  $P_{hidrostatis}$ = 30841,28 Pa

  = 4,47 psi

- Menghitung tekanan operasi

  $P_{operasi}$ = $P_{hidostatis}$ + P_{reaksi}

  = 4,47 psi + 17,64 psi

  = 22,11 psi

  = 1,5 atm

- Menghitung tekanan design

  P_{design} = 1,2 ×P operasi

  P_{design} = 1,2 x 1,5 psi

  = 26,52 psi

  = 1,8 atm

e. Menentukan Tebal *Shell*

$$t_s = \frac{P_d r_i}{fE - 0{,}6P_d} + C$$

(Peter, table 4,hal 537)

Dimana :

P : Tekanan design = 26,52 psi

ri: Jari-jari bagian dalam tangki = ½ ID = 21 in

f : max allowable stress = 18.750 psi

(Brownell & Young, app. D, item 4, hal 342)

Jenis penyambungan : *double welded joint*

(Brownell & Young, tabel 13.2, hal 254)

E : *welded joint efficiency* = 0,8

C: *Corrosion Allowance* = 0,0125 in/tahun

(Tabel 6, Peters, hal 542)

Umur Alat = 10 tahun

C = 0,1250 in

(Brownell & Young, tabel 3.1, hal.37)

Sehingga,

$$ts = \frac{37{,}8124\ psi\ x\ 85{,}6254\ in}{18.750\ psi\ x\ 0{,}8 - 0{,}6\ x\ 37{,}8124\ psi} + 0{,}1250\ i\ = 0{,}126\ in$$

Berdasarkan Tabel 5.7 Brownell, tebal tangki standar adalah 0,1875 in.

f. Menentukan Diameter Reaktor

- Diameter luar shell (OD)

OD = ID + 2ts

= 59,164 in + (2 x 0,18875 in)

= 59,54 in

Berdasarkan Tabel 5.7 Brownell, diameter tangki (OD) standar adalah 60 in atau 1,52 m.

- Diameter dalam shell (ID) adalah

ID = OD -2ts

= 59,99 in

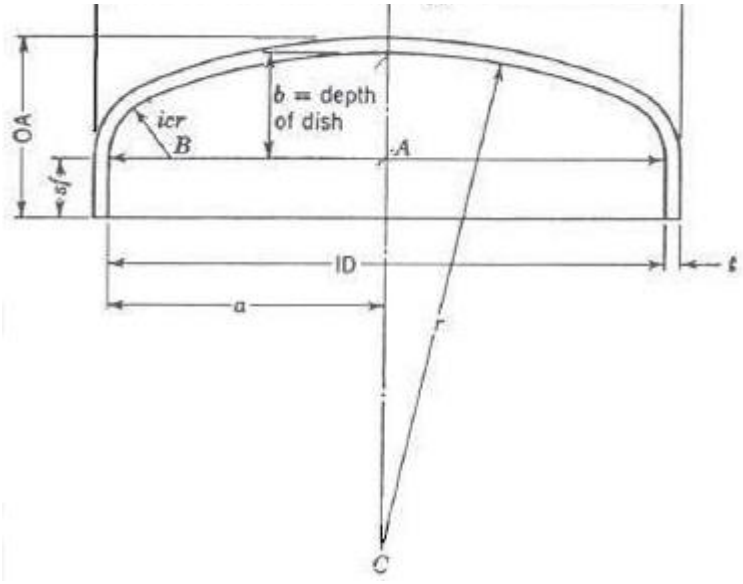
= 1,52 m

g. Menentukan Tinggi Tangki Termasuk Head (th)

Bentuk : *Torispherical head (flange and dishead head)*

Bahan : *Stainless steel* SA 167 *Grade* 11 *type* 316

Gambar A. 2 Hubungan dimensional untuk *flange and dishead head*



- Tebal head (th)

Berdasarkan tabel 5.7, Brownell & Young, hal 90, didapat:

Icr = 0,56 in

r = 60 in

W = $1/4 \times (3+(r_c/r_i)^{1/2})$

Dimana :

W = *stress intensification factor for torispherical head*

r_c = *radius of crown* = r = 60 in

r_i = *inside corner radius* = icr = 0,56 in

$$W = 3 + \frac{((\frac{60}{0,56})^{0,5})}{4}$$

W = 1,77 in

$$th = \frac{p\ x\ rc\ x\ w}{2\ x\ f\ x\ E - 0,2\ x\ P} + C$$

th = 0,130 in

Diambil th standar = 0,1875 (Brownell &Young, Tabel 5.6, hal 88).

Berdasarkan tabel 5.6, Brownell & Young, hal 88, untuk th 0,1875 in : Standart straight flange (Sf) = 1,5- 3,5 in (dipilih Sf = 1,5 in) ,th = 0,1875 in icr = 0,56 in Untuk menghitung tinggi head digunakan penjelasan pada fig. 5.8, Brownell&Young, hal 87.

- Menentukan *dept of dish (inside)*

$$b = rc - \sqrt{(rc - irc)^2 - \left(\frac{ID}{2} - icr\right)^2}$$

rc : *Radius of Dish* = 60 in

icr : *Inside corner radius* = 3,63 in

ID : Diameter dalam head = 59,99 in

b = 10,17 in

- Menghitung tinggi head

Menentukan *Overall dimension* (OA)

OA = th + b + sf

th : tebal head = 0,130 in

b :*Dept of dish (inside)* = 10,17 in

sf : *Straight flange* = 1,5

OA = 11,80 in

= 0,30 m

Maka tinggi total tangki

Tinggi tangki total = tinggi head + tinggi bottom + tinggi shell

= 0,30 m + 0,30 m + 1,5 m

= 2,10 m

h. Menghitung Volume Total Reaktor

$$V_h = 0{,}000049\ x\ ID^3 + \frac{\pi}{4}\left(\frac{ID}{12}\right)^2 \frac{sf}{12}$$

Vh = 18280,65 in^3

= 0,30 m^3

Volume Reaktor = Volume Shell + 2(Volume Head)

= 3,26 m^3

i. Menentukan Tinggi Cairan di Shell

$$h\ shell = \frac{V\ cairan\ di\ shell}{At}$$

Dimana , At adalah luas permukaan reaktor

$$At = \frac{\pi}{4}\ ID^2$$

ID = 10,17 in

= 0,25 m

Atotal = 4,55 m^3

Vshell = 2,66 m^3

h cairan = 1,29 m

V cairan di shell = V shell – V bottom

= 2,23 m^3

a. Menentukan Luas Muka Reaktor

$$A_{total} = A_{shell} + 2x\, A_{Head}$$

$$A_{total} = (\pi . ID . H) + 2\left(\frac{\pi}{4} . De^2\right)$$

Dimana De merupakan diameter ekuivalen

$$De = OD + \frac{OD}{42} + 2sf + \frac{2}{3}cir$$

ID = 10,17 in

H = 1,5 in

OD = 60 in

Sf = 1,5 in

Icr = 3,63 in

De = 66,84 in

Maka A total = 7063,21 in

= 4,56 in

j. Merancang *Impeller*

Viskositas campuran dalam reaktor = 2,41 Cp

- Pada buku Walas 1998 Hal.288 nilai h/DT untuk Viskositas < 25 Cp maka :

Tinggi larutan dalam *Shell* = 1,29 m

Diameter ASME (Dt) = 1,06 m

H/Dt = 1,2

Jadi jumlah pengaduk = 1 buah

Dari Tabel 3.4.1. (Geonkoplis Hal 144) diperoleh data :

Dt/Di	=	3
Zl/Di	=	2.7 - 3.9 , dipilih 3,9
Zi/Di	=	0.75 - 1.3 , dipilih 1,3
wb/Di	=	0,17
L/Di	=	0,25

Maka , didapatkan nilai :

Diameter Turbin (Di)	: Dt/3	= 0,35 m
Panjang Turbin dari Dasar (Zi)	: Di*1,3	= 0,46 m
Lebar Pengaduk (L)	:Di*0,25	= 0,089 m
Lebar Baffle (wb)	: Di*0,17	= 0,06 m
Tinggi Pengaduk (Zl)	: Di*3,9	= 1,38 m
Tinggi Cairan (H)	: 1,1 x Dt	= 1,173 m

Diameter Pennyangga Impeller (Dd) = 0,23 m

Volume Total = Luas Penampang Mixer x Tinggi airan dengan Pengaduk

Volume Total = 4,25 m^3

- Menentukan jenis *impeller*

Berdasarkan buku McCabe and Smith 5ed,1993 Hal 243 didaptkan pemilihan impeller sebagai berikut :

Jenis *impeller* = turbin dengan 6 *flat blades*

Jumlah *baffle* = 4 buah terpisah 90 ^{o}

Jumlah blade = 6 buah

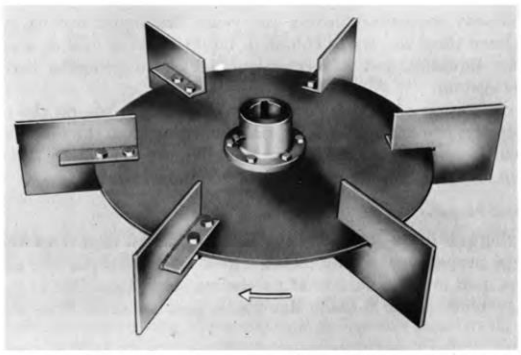
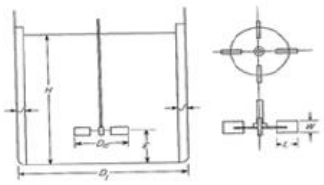


Figure 1-2. 6 blade flat blade turbine with removable blades. (*Courtesy Mixing Equipment Co.*)

Gambar A. 3 *Turbine with six flat blades*

- Menghitung dimensi pengaduk



Keterangan:

Dt = Diameter mixer
Da = Diameter Propeller
W = Tinggi Propeller
L = Lebar Propeller
J = Lebar Baffle
E = Jarak Propeller dengan dasar mixer
H = Tinggi cairan setelah ditambah mixer

Lebar *baffle* (wb): Di x 0,17 = 0,06 m

Lebar Pengaduk (L) : Di x 0,25 = 0,09 m

Offset 1 (jarak *baffle* dari tangki) :Di x 0,5 = 0,18 m

Offset 2 (jarak *baffle* dari permukaan cairan) :1/6 x Di = 0,05 m

Tebal baffle (Wb) : 1/5 x Di = 0,07 m

k. Menentukan Kecepatan Pengaduk

$$N = \frac{600}{\pi Di}\sqrt{\frac{WEELH}{2Di}}$$

Dimana WELH = H cairan x Sg

Sg = 1,16

H cairan = 1,3 m

WELH = 1,51 m

Maka, N = 72,22 rpm

= 1,2 rps

l. Menghitung Power Pengaduk

- Menghitung bilangan reynold

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

Dimana :

ρ : Densitas campuran = 1.161,77 kg/m^3

= 1,1617 g/cm^3

μ : Viskositas campuran = 0,02419 g/cm.s

Ni : Kecepatan putar pengaduk = 1,2 rps

Di : Diameter impeller = 0,35 m

= 66,0401 cm

Re = 73.091

Berdasarkan Brown fig 477, hal 507. Didapatkan nilai *Power Number* (Np) = 8

- Menentukan power aktual

$$Pa = \frac{Np \ x \ \rho \ x \ Ni^3 x \ Di^5}{\mu}$$

Dimana :

gc = 9,8 m/s^2

Menurut fig.4.2 Ulrich, 1984 didapatkan efisiensi 88% didapatkan Pa adalah 94.033.392 $g.cm^2/s^3$ atau 94,03 Watt atau 0,125 Hp. Dengan standar NEMA di buku Rase & Barrow 1957, hal 358 didapatkan power dengan nilai 0,125 Hp.

m. Perancangan Pendinginan Reaktor

Fungsi : menyerap panas yang dilepaskan rekasi

Media : air

Hot fluid (ºC)		Cold Fluid (ºC)	Diff (ºC)
100	Higher Temp	60	40
100	Lower Temp	25	75

LMTD = 37,9001 ºC

- Menghitung luas transfer panas

  Untuk fluida *heavy organic* dan fluida dingin berupa air, UD = 5-75 Btu.ft2.F.jam (tabel 8 Kern).

  Diambil harga UD = 75 $Btu/ft^2.F.jam$

Q pendingin = 456.437 kJ/jam

= 432702 Btu/jam

$$A = \frac{Q}{UD\ x\ \Delta T\ LMTD}$$

$$= \frac{1.224.066{,}377\ Btu}{75\ Btu/ft^2.F.jam\ x\ 100{,}221\ F}$$

= 57,57 ft^2

= 5,34 m^2

= 8289,54 in^2

- Menghitung luas selubung

Luas selubung reaktor = luas selimut reaktor + luas penampang bawah reaktor

A $= \pi.D.H + \frac{\pi}{4}.D^2$

$=(3{,}14\ x\ 7{,}5\ ft\ x\ 6{,}5\ ft) + (\frac{3{,}14}{4}\ x\ (7{,}5\ ft)^2)$

= 74,57 ft^2

= 6,92 m^2

Dikarenakan luas selubung reaktor lebih besar dibandingkan dengan luas transfer panas, maka perancangan pendingin reaktor ini menggunkan jaket pendingin.

- Perancangan jaket pendingin

Digunakan media pendingin air di suhu 25^{o}C dengan tekanan 1 atm, dengan nilai densitas 988,036 kg/m^3 dan Cp 4,1799 kJ/kg.K (Perry, hal 352)

Suhu air masuk = 25 ^{o}C = 298,15 K = 77 ^{o}F

Suhu air keluar = 60 ^{o}C = 333,15 K =140 ^{o}F

ΔT = 35 ^{o}C = 35 K = 63 ^{o}F

T rata-rata = 42,5^{o}C = 315,65 K = 108,5 ^{o}F

Jumlah air dibutuhkan = 8.779,5556 kg/jam

Kecepatan volumetrik = 8,8858 m^3/jam

Tinggi jaket menggunakan tinggi cairan = 1,3 m

= 5,2 ft

= 51,07 in

Diameter dalam jaket (Di) = diameter dalam + (2 x tebal dinding)

= 89,98 in + (2 x 0,3125 in)

= 60,36 in

Jarak jaket = 2 in

Diameter luar jaket (Do) = Di + (2 x jarak jaket)

= 89,98 in + (2 x 2 in)

= 64,36 in

(Referensi Book Chemical Reactor Design, John. Wiley & Sons, 1987)

- Menghitung tebal jaket

Digunakan persamaan;

$$t_s = \frac{P.ri}{f.E - 0.6P} + C \qquad (Eq.13\text{-}12\ ,\ P.25 Brownell\&Young)$$

Pd :tekanan design = 19,84 psi

E : efisiensi sambungan las = 0,8

f :allowable stress maksimum, = 18.750 psi

r = 0,5 x Di :jari jari dalam = 30,18 in

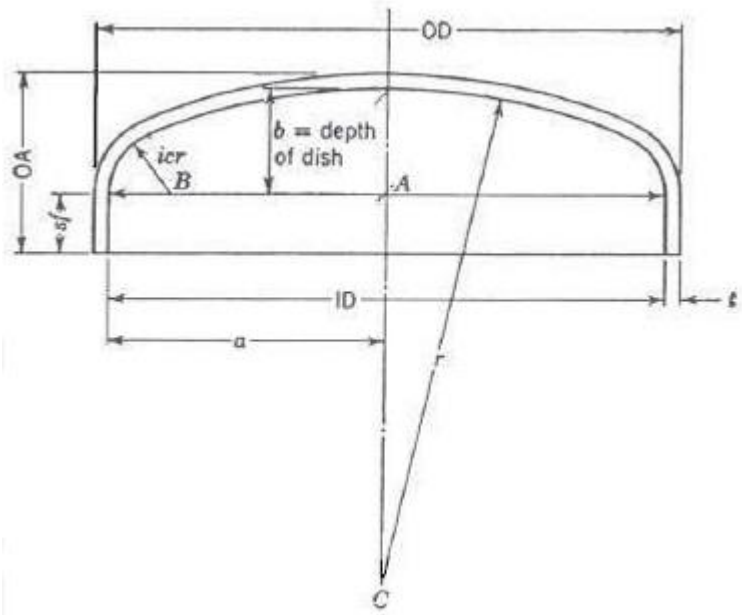
C : korosi yang diijinkan = 0,125 in

Maka ts = 0,145 in

ts jaket standar = 0,1875 in

(Brownell, Tabel 5.6)

- Menghitung tinggi jaket



Berdasarkan tabel 5.6, Brownell & Young, hal 88, untuk th 0,5 in : Standart straight flange (Sf) = 1,5- 3,5 in (dipilih Sf = 1,5 in) ,th = 0,1875 in ,icr = 5,5 , r = 90 in Untuk menghitung tinggi head jaket digunakan penjelasan pada fig. 5.8, Brownell&Young, hal 87.

a = ID/2 = 59,99 in/2 = 29,99 in

AB = ID/2 – icr = 29,99 in – 3,63 in = 26,37 in

BC = r – irc = 60 in – 3,63 in = 56,38 in

$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2}$ = 49,83 in

b = r – AC =90 in – 74,7 in = 10,17 in

OA = ts + b + sf = 0,1875 in + 15,30 in + 1,5 in = 11,86 in

= 0,3m

Tinggi jaket total = tinggi head + tinggi dinding jaket

= 0,3 m + 1,29m

= 1,59 m

B. PERHITUNGAN REAKTOR FERMENTOR

a. Penentuan Jumlah Reaktor

Penentuan jumlah reaktor pada proses pra rancangan pabrik bioethanol ini menggunakan Gant Chart, dikarenakan reaktor berjenis Semi Batch

Waktu pembersihan : 8 jam

Waktu pengisian : 8 jam

Waktu fermentasi : 72 jam

Waktu pengosongan : 8 jam

Waktu Total : 96 jam

Berdasarkan pertimbangan waktu proses agar bisa kontinyu dan ekonomi dapat disimpulkan bahwa reaktor berjumlah 12 buah

b. Perancangan Dimensi Reaktor Semi Batch

Fungsi : Sebagai tempat fermentasi glukosa menjadi etanol

Fasa : Padat – Cair

Jenis : Semi Batch Stirred-tank Fermentor

Bahan kontruksi : *Stainless Steel SA-283 Grade C*

Jumlah : 12 unit

Waktu fermentasi : 72 jam

Waktu total : 96 jam

Laju alir massa (W) : 24.886,7343 kg/jam

Suhu operasi : 30 ºC

Tekanan operasi : 1atm = 14,7 psi

Konversi : 97 %

c. Menentukan Kapasitas Reaktor

Komposisi Tangki Reaktor

Komponen	Massa (kg/jam)
Holoselulosa	0
Air	16201,69
Glukosa	7874,949
HCl	0,017654
Yeast	787,4949
Amonium Sulfat	31,4998
Etanol	3904,225
Natrium Klorida	1103,48
Karbon Dioksida	3734,476
TOTAL	33637,83

Laju Alir Volumetrik (Qf)

$$Qf = \frac{laju\ alir\ massa}{densitas\ campuran}$$

$$Qf = \frac{33.637{,}826\ kg/jam}{1.027{,}649\ kg/m^3}$$

$$Qf = 32{,}7327 m^3/jam$$

d. Menentukan Volume Reaktor, Vr

V = *Qf* x waktu pengisian

V =$32{,}7327 m^3$/jam x 8 jam

= 261,862 m^3

Security factor = 20 %

Maka, volume reactor (Vr) = 314,2344 m^3

e. Menentukan Bentuk dan Ukuran Reaktor

Bentuk : Tangki silinder tegak berdasar dan beratap torispherical

Bahan : *Stainless steel*

f. Menentukan diameter dalam dan tinggi reaktor

- Diameter Tangki

H = D (Brownell & Young pers. 3.11, hal 43)

$$Vr = \frac{\pi}{4} ID^2 H + (2x0{,}0000491 ID^3)$$

Asumsi H = D

$$Vr = \frac{\pi}{4} ID^3 + (0{,}0000981 ID^3)$$

$$Vr = 0{,}7851\ ID^3$$

$$ID = \sqrt[3]{\frac{Vr}{0{,}7851}}$$

ID = 7,369 m = 290,1421 in

- Tinggi reaktor

H = D = 7,369 m = 290,1421 in

g. Tekanan design

$P_{operasi}$ = 1 atm ; g = 9,8 m/det^2

$P_{hidrostatik}$ = H x ρ x g

= 6,6489 m x 1.002,5308 kg/m^3 x 9,8 m/det^2

= 65.324,3 N/m^2 = 0,6447 atm

Safety factor

P_{design} = 1,1 x ($P_{operasi}$ x $P_{hidrosatik}$)

= 1,1 x (1 + 0,7345) atm

= 1,9080 atm

= 28,0476 psi

h. Tebal dinding reaktor

$$t = \frac{p\ x\ ri}{f\ x\ E - 0{,}6\ x\ p} + C$$ (Peter, table 4,hal 537)

Dimana :

P : Tekanan design = 28,0476 psi

ri: Jari-jari bagian dalam tangki = ½ ID = 145,8628 in

f : *max allowable stress* = 12.750 psi

(Brownell & Young, app. D, item 4, hal 342)

Jenis penyambungan : double welded joint

(Brownell & Young, tabel 13.2, hal 254)

E : *welded joint efficiency* = 0,8

C: *Corrosion Allowance* = 0,0125 in/tahun

(Tabel 6, Peters, hal 542)

Umur Alat = 10 tahun

C = 0,1250 in

(Brownell & Young, tabel 3.1, hal.37)

Sehingga =

$$t = \frac{28{,}0476\ psi\ x\ 145{,}8628\ in}{12.750\ psi\ x\ 0{,}8 - 0{,}6\ x\ 28{,}0476\ psi} + 0{,}1250\ in = 0{,}519\ in$$

Dipilih tebal tangki standar = 5/8 in = 0,625 in

i. Menentukan diameter reaktor sesungguhnya

Diameter luar *shell* (D_0) adalah =

D_0 = D_i + 2t

= 261,7682 in + (2 x 0,438 in)

= 262,6432 in

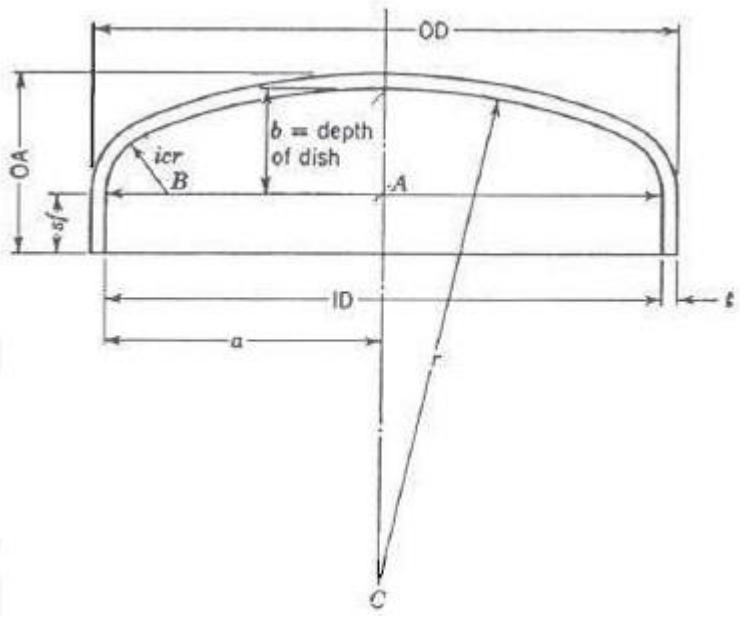
Diambil OD standar = 240 in = 6,0960 m

ID = OD -2t = 239 1/8 in = 6,0738 m

j. Menentukan tinggi tangi termasuk head (TH)

Bentuk : *Torispherical head (flange and dishead head)*

Bahan : *Stainless steel*



Gambar A. 4 Hubungan dimensional untuk *flange and dishead head*

k. Volume Head

Berdasarkan pers. 5-11, Brownell & Young, hal 88

Volume Head = 0,00049 x ID^3

= 8.789,152 in^3

= 0,144 m^3

Volume flange= $\frac{\pi}{4}\ x\ ID^2 x\ sf$

= 2,5717 m^3

Volume total = 2,7158 m^3

l. Tebal Head

Berdasarkan tabel 5.7, Brownell & Young, hal 90, didapat:

Icr = 14 7/16 = 0,3367 m

r = 180 in = 4,572 m

W = 1/4 x $(3+(r_c/r_i)^{1/2})$ =

Dimana :

W = *stress intensification factor for torispherical head*

r_c = *radius of crown* = r = 90 in

r_i = *inside corner radius* = icr = 14 7/16 in = 0,3367

$$W = 3 + \frac{((\frac{180}{14\ 7/16})^{0,5})}{4}$$

W = 1,6327 in

$$th = \frac{p\ x\ rc\ x\ w}{2\ x\ f\ x\ E - 0{,}2\ x\ P} + C$$

$$th = \frac{26{,}5948\ psi\ \ x\ 180\ in\ x\ 1{,}6327\ in}{2\ x\ 12.750\ psi\ x\ 0{,}8 - 0{,}2\ x 26{,}5948\ psi} + 0{,}1250$$

th = 0,5002 in = 0,0126 m

Diambil th standar = 0,5 in = 0,0127 m (Brownell &Young, Tabel 5.6, hal 88)

m. Tinggi head

Berdasarkan tabel 5.6, Brownell & Young, hal 88, untuk th 0,5 in : Standart straight flange (Sf) = 1,5- 3,5 in (dipilih Sf = 3,5 in) ,th = 0,5 in icr = 14 7/16 in r = 180 in Untuk menghitung tinggi head digunakan penjelasan pada fig. 5.8, Brownell&Young, hal 87.

a = ID/2 = 239 1/8 in: 2 = 119,5625 in = 3,0369 m

AB = ID/2 – icr = 119,5625 in – 14 7/16 in = 105,1250 in = 2,670 m

BC = rc – irc = 180 in – 14 7/16 in = 165,5625 in = 4,2053 m

$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2}$ = 127,9049 in = 3,2488 m

b = r – AC =180 in – 127,9049 in = 52,0951 in = 1,3232 m

ID = OD – 2.th = 239 in = 6,0706 m

OA = th + b + sf = 0,5 in + 52,0951 in + 3,5 in = 56,0951 in = 1,4248 m

Tinggi tangki termasuk tinggi head dan bottom

Ht = H +2OA = 6,0738m + 2 x 1,428 m = 8,9456 m = 352,1908 in

n. Perancangan Pengaduk

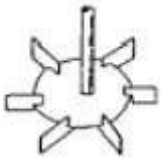
Bahan : *Stainless steel SA-204 Grade A*

Jenis : Turbin with 6 flat blades (Gb. 9.2, hal 229, Mc. Cabe dan Fig 6.3, hal 147, Treybal)

Alasan pemilihan :

- Efektif untuk jangkauan viskositas yang cukup luas.

- Baik untuk tangki kecil maupun besar karena diameternya lebih kecil dari impeller lain
- Layak secara ekonomis dalam power.
- Tidak merusak partikel yang memiliki viskositas yang cukup besar.



Gambar A. 5 *Vertical blade turbine*

- Penentuan diameter pengaduk

Untuk *turbine with 6 flat blade*, **ID/Di = 3** (Brown hal 507)

Dimana :

ID = Diameter dalam tangki = 239,1250 in

Di = Diameter pengaduk = 79,7083 in = 6,6424 ft = 2,0245 m

- Penentuan lebar baffle

Jumlah baffle = 4 buah (Brown, hal 507)

W/D impeller = 0,17 (Brown, hal 507)

Maka lebar baffle = W = 0,17.D impeller

= 0,17 x 79,7083 in

= 13,5504 in = 0,3442 m

- Penentuan offset top dan bottom

Offset top = Di/6 = 13,2847 in

Offset bottom = Di/2 = 39,8542 in

- Penentuan tinggi cairan dalam tangki (ZL) Zl/Di = 2,7-3,9 (brown hal 507)

  Maka diambil nilai ZL/Di = 3

  Tinggi cairan dalam tangki adalah= Zl = 3 x Di = 239,125 in = 6,0738 m

- Penentuan jarak pengaduk dari dasar tangki Zi/Di = 0,75 s.d 1,3 (Brown, hal 507)

  Maka diambil nilai Zi/Di = 1

  Maka tinggi tepi blade dari dasar tangki = Zi = 1,0 x Di = 79,7083 in

- Penentuan jumlah pengaduk dan putaran pengaduk (N)

$$N = \frac{600}{\pi \; x \; Di \; (ft)} \sqrt{\frac{WELH}{2 \; x \; Di \; (in)}}$$

Dimana :

WELH = Zl x sg

$$Specific\ Gravity, sg = \frac{\rho \; campuran}{\rho \; referensi} = \frac{1002{,}5308}{1000} = 1003$$

WELH = 239,1250 in x 1003

= 239,730 in

Maka, jumlah pengaduk = WELH/ID = 1 Standard = 1 buah

N = 35,277 rpm = 0,588 rps

Dipilih Fixed-speed belt (single reduction gear with V belts)

- Penentuan power pengaduk

Viskositas campuran = 1,0899 cp = 0,00109 kg/m.det = 0,0007 lb/ft.s Nilai

Reynold Number, Re

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

$$Re = \frac{1002{,}5308 \frac{kg}{m^3} x 0{,}588\ rps\ x\ 2{,}0246\ m^2}{0{,}00109 \frac{kg}{m} . det}$$

= 2.216.818,146

Setelah di plot ke grafik 477 Brown, didapat Po = 0,5 Hp

$$Power = \frac{\rho N^3 Di^5 Po}{550\ gc}$$

Dimana :

ρ = 62,5878 lb/ft^3

N = 0,588 rps

Di = 6,6424 ft

Po = 0,5 Hp

Gc = 9,8 m/s^2 = 32,1522 ft/s^2

$$maka\ power = \frac{62{,}5878\ x\ 0{,}588^3 x 6{,}6424^5 x\ 0{,}5\ Hp}{550\ x\ 32{,}1522 \frac{ft}{s2}}$$

= 4,6507 Hp

Efisiensi pengaduk = 0,9

$$Maka\ power = \frac{4{,}6507\ Hp}{0{,}9}$$

= 5,0075

Standar power NEMA = 5 Hp

o. Perancangan Pendingin

Fungsi : menyerap panas yang dilepaskan reaksi

Media : air

- Pengecekan luas transfer panas

Hot Fluid		Cold Fluid	Diff
30,0000	Higher Temp	29,0000	1,0000
30,0000	Lower Temp	27,0000	3,0000
			-2,0000

LMTD = 1,8205 ^oC

= 3,2769 ^oF

- Menghitung luas transfer panas

Untuk fluida heavy organic dan fluida dingin berupa air, UD = 5-75

Btu.ft2.F.jam (tabel 8 Kern)

Diambil harga UD = 75 Btu/ft^2.F.jam

Q = 4.595.771,5906 kJ

= 4.355.950,9932 Btu

$$A = \frac{Q}{Ud\ x\ \Delta TLMTD}$$

$$\frac{4.355.950{,}9932\ Btu}{75\frac{Btu}{ft2}.F.jam\ x3{,}2769\ F}$$

= 620,6771 ft^2

- Menghitung luas selubung

$A = \pi$DH

= 3,14 x 6,0738 m x 6,0960 m

= 116,2613 m^2

- Menghitung luas penampang bawah reaktor

$A = \left(\frac{\pi}{4}\right) xD^2$

= (3,14/4) x (6,0738 m)^2

= 28,9593 m^2

Total luas yang tersedia = 116,2616 m^2 + 28,9593 m^2

= 145,2206 m^2

Karena luas tersedia lebih kecil dibandingkan kebutuhan, maka jaket untuk pendinginan tidak bisa dipakai. Oleh karena itu untuk pendinginan menggunakan coil.

p. Menghitung koil Pendinginan

- Menentukan kecepatan volumetrik air

Jumlah air pendinginan = 547.477,754 kg/jam

= 1.207.188,4 lb/jam

= 519.008,9108 Btu /jam

Sifat fisis air pada suhu 28 ^oC

Cp	= 3,3850 kJ/kg.k	= 0,00081 Btu/lb.F
ρ	= 997 kg/m^3	= 62,2128 lb/ft^3
μ	= 0,8545 Cp	= 2,0678 lb/ft.jam
k	= 0,7776 W/m.K	= 0,4495 Btu/ft.jam.F

Kecepatan volumetrik

$$Qv = \frac{m\ air}{\rho\ air}$$

$$Qv = \frac{547.477{,}754\ kg/jam}{997\ \frac{kg}{m3}}$$

Maka Qv = 549,1251 m^3/jam = 19.392,3539 ft^3/jam

- Menghitung diameter minimum koil

untuk aliran dalam koil/tube , batasan kecepatan antara 1,5-2,5 m/s. (coulson pg.527)

Kecepatan pendingin = 2,5 m/s

Debit air pendingi = 549,1251 m^3/jam

v = 2,5 m/s = 9.000 m/jam

Luas penampang A = Debit air/v

= 0,061 m^2

= 0,6567 ft^2

= 94,571 in^2

A = (π.ID^2)/4

ID = 0,2788 m

= 16 in

Dipilih diameter standar (Kern, tabel 11 hal.844)

Nps = 12 in

schedule number = 30

OD = 12,7500 in

ID = 12,0900 in

Luas penampang(A') = 115 in^2

Luas perpan/panjang(a") = 3,3380 ft^2/ft

- Menentukan hi

ρair pendingin = 997 kg/m^3 = 62,2128 lb/ft^3

μ = 0,854472855 Cp = 2,067824309 lb/ft.jam

k = 0,777648 W/m K = 0,449480544 Btu/h.ft.F

Cp = 3,385058667 kJ/kg C

Gt = kecepatan aliran massa / Luas penampang

= 1511609,882 lb/ft^2 jam

v = Gt/ρ

= 24297,40957 ft/jam

= 2,057261668 m/s

= 6,749280437 ft/s

Bilangan Reynold Fluida dalam pipa adalah:

NRe = Di Gt / μ

= 736.497,269

f = 0,00009 (kern.fig.26 hal 836)

jh = 550 (kern.fig.28 hal 838)

Menentukan hi

$$hi = \frac{jH.D}{k}\left(\frac{cp.\mu}{k}\right)^{-1/3}\left(\frac{\mu}{\mu w}\right)^{-0.14}$$

hi = 42,1078 btu/ft^2 F.jam

- Koefisien transfer panas dari pipa ke luar pipa adalah :

$$hio = hi\,\frac{ID}{OD}$$

hio = 39,9281 btu/ft^2 F.jam

untuk koil, harga hio dikoreksi dengan faktor koreksi sebagai berikut :

diketahui diamEter spiral atau heliks koil = 0,7-0,8 Dt (Rase,1997)

$$hio_{koil} = hio_{pipa}\left(1+3.5\frac{D_{koil}}{D_{spiral\ koil}}\right)$$

D spiral koil = 66,1212 ft

= 20,1537 m

hio_{coil} = 42,0575

- Menentukan ho

ho = 0.00265 x Nre (kern, fig.20.5b hal 722) = 1951,717763

Uc $= \frac{hio\ x\ hio}{ho+hio}$

Uc = 41,1703

Nilai Rd yang diizinkan = 0,001-0,003 (Kern, fig 12 hal 846)

Rd = 0,001

Ud $= \frac{1}{\left(\frac{1}{Uc}\right)+Rd}$

Ud = 39,5423

ΔT LMTD = 3,2769 ^oF

A $= \frac{Q}{Ud\ x\ \Delta T\ LMTD}$

A = 372,0679 ft^2

- Menentukan panjang koil

L = A/a"

= 111,4643 ft

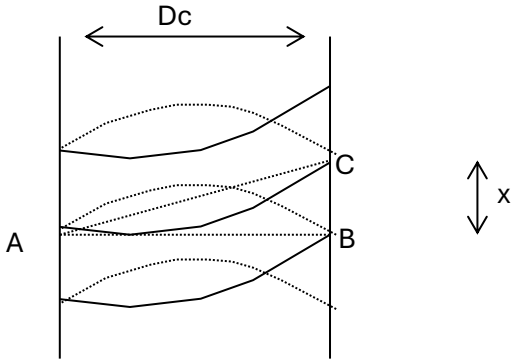
= 33,9743 m

- Menentukan jumlah lengkungan koil

Dc = 0.8 x (ID tangki reaktor)

= 191 in

= 15 11/12 ft



Dimana x = 0,3 D

$$AC = \sqrt{(AB)^2 + (BC)^2}$$

$$AC = \sqrt{(ID)^2 + x^2}$$

AB = ID

AC = x

x = 3,825 in

= 0,31875 ft

- Menentukan banyak lilitan

Panjang 1 putaran

K lilitan = 1/2 putaran miring + 1/2 putaran datar

K lilitan = ½π(Dc) + ½π(AC)

K lilitan = ½π(Dc) + ½π((ID2+x2)½)

K lilitan = 26,7255 ft

= 340,4349 in

= 8,6470 m

$$N_{lilitan} = \frac{L_{pipa\ koil}}{K_{lilitan}}$$

Jumlah lilitan = 3,929

= 4

- Menentukan tinggi tumpukan dan tinggi cairan setelah ada koil

Tinggi tumpukan koil = (Nlilitan-1)x + Nlilitan.OD

= 5,20625 ft

= 1,5868 m

= 62,475 in

Tinggi cairan dalam shell akan naik karena adanya volume dari koil

V.cairan dalam shell = 311,4668 m^3

V koil = 2,0729 m^3

A shell = 28,868 m^2

- Jarak dari dasar tangki ke bagian bawah koil (hk)

hk $= \frac{(Tinggi\ cairan\ setelah\ ada\ koil - tumpukan\ koil)}{2}$

tinggi dasar tangi hingga ke koil

b + sf = 4,637 m

Maka koil tercelup semua pada shell

= 1,4082 m

Jadwal Alat Reaktor Fermentasi

REAKTOR / WAKTU	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

Jumlah reaktor = 12 buah

Waktu pembersihan	=	8	jam
Waktu pengisisan	=	8	jam
Waktu reaksi	=	72	jam
Waktu pengosongan	=	8	jam
Total waktu	=	96	jam

KETERANGAN
PENGISISAN
REAKSI
PENGOSONGAN
PEMBERSIHAN

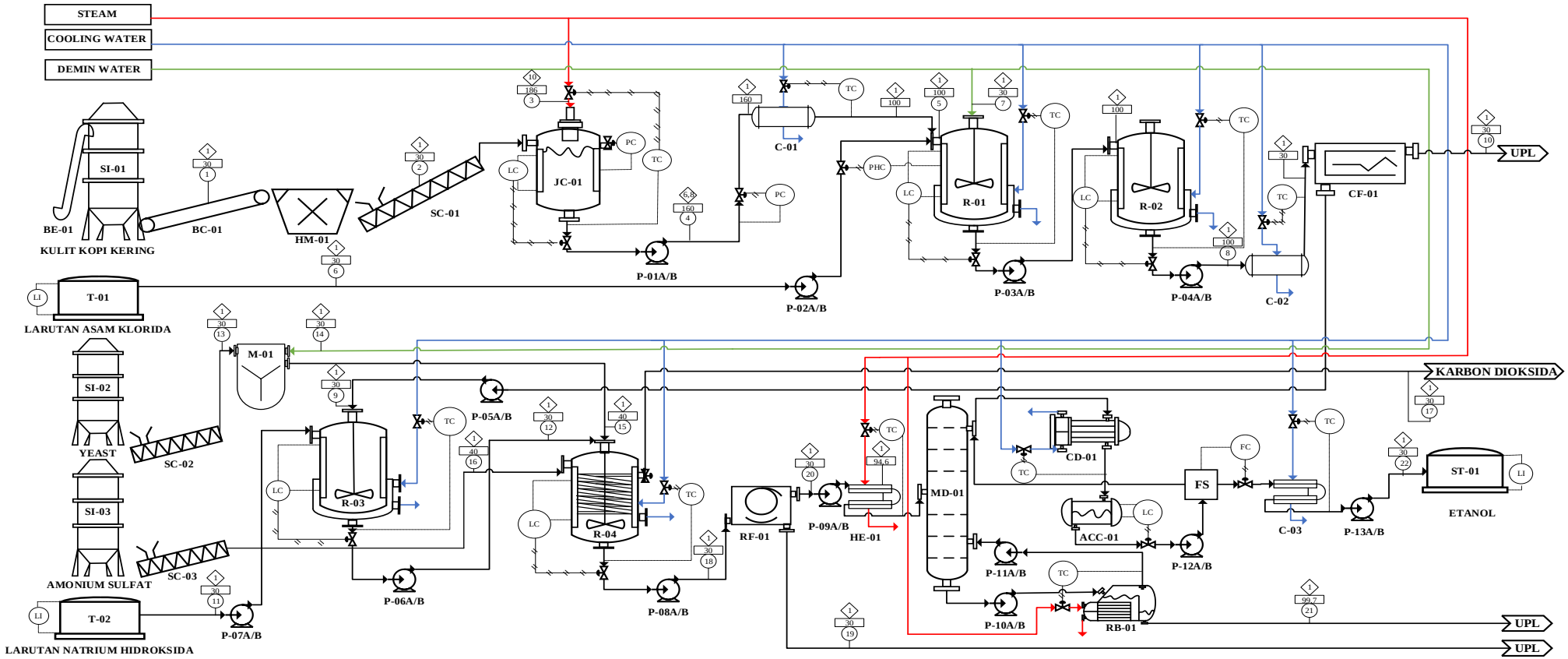
LAMPIRAN B

Process Engineering Flow Diagaram (PEFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KOPI

KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN



KOMPONEN	ARUS (KG/JAM)																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
KULIT KOPI	8.920	8.920																				
AIR			2.974	3.866	3.866	1.183	3.224	7.477	7.402	75	817	8.559		7.642	7.642			16.202	9.092	7.110	7.042	68
ASAM KLORIDA						695		695	688	7								0,02				
AMONIUM SULFAT																31		32	22	9	9	
YEAST													787		787			787	787			
NATRIUM HIDROKSIDA											755											
HOLOSELULOSA				7.380	7.380			221		221												
LIGNIN				537	537			537		537												
ASH				111	111			111		111												
GLUKOSA									7.875	80		7.875						236	47	189	189	
KARBON DIOKSIDA															-		3.734					
NATRIUM KLORIDA												1.103						1.103	883	221	221	
ETANOL																		3.904	78	3.826	106	3.720
TOTAL	8.920	8.920	2.974	11.894	11.894	1.878	3.224	9.041	15.965	1.031	1.572	17.538	787	7.642	8.430	31	3.734	22.265	10.910	11.355	7.567	3.788

SIMBOL	KETERANGAN	SIMBOL	KETERANGAN
SL-01	Silo Kulit Kopi	BC	Bucker Conveyor
SL-02	Silo Amonium Sulf	RF	Rotary Filter
SL-03	Silo Yeast	FT	Feed Tank
T-01	Tangki HCl	HE	Heat Exchager
T-02	Tangki NaOH	MD	Menara Distilasi
BE	Bucket Elevator	CD	Condensor
HM	Hammer Mill	M	Mixer
H	Hopper	RB	Reboiler
JC	Jet Cooker	ST	Storage Tank
C	Cooler	FS	Flow Spliter
R-01	Reaktor Hidrolisis	UPL	Unit Pengolahan Limbah
R-02	Reaktor Fermerto	TC	Temperatur Control
R-03	Reaktor Netralize	PC	Pressure Control
P	Pompa	PHC	PH Control
CF	Centrifuge	FC	Flow Control
SC	Screw Conveyor		

SIMBOL	KETERANGAN
	Demineral Water
	Steam
	Cooling Water
	Electrical
	Pneumatic
	Tekanan (atm)
	Temperatur (C)
	No Arus
	Controller Valve

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK BIOETANOL DENGAN BAHAN BAKU LIMBAH KULIT KOPI
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

DISUSUN OLEH :
1. Jhody Asharie Rizqi (20521167)
2. Yanti Anggraini (20521178)

DOSEN PEMBIMBING :
Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.

LAMPIRAN C

C-1

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

1. Nama Mahasiswa : Jhody Asharie Rizqi
   NIM : 20521167
2. Nama Mahasiswa : Yanti Anggraini
   NIM : 20521178

Judul Prarancangan : Prarancangan Pabrik Bioetanol dari Limbah Kulit Kopi dengan Kapasitas 30.000 Ton/Tahun

Mulai Masa Bimbingan : 14 September 2024

Batas Akhir Bimbingan : 4 Juli 2024

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	26-09-2024	Konsultasi kapasitas pabrik	
2	21-11-2024	Konsultasi spesifikasi bahan	
3	21-11-2024	Konsultasi spesifikasi produk	
4	20-12-2024	Konsultasi diagram alir	
5	05-03-2024	Konsultasi neraca massa	
6	24-05-2024	Konsultasi reaktor	
7	24-05-2024	Konsultasi alat pemisah dan penyimpanan	
8	24-05-2024	Konsultasi PEFD	
9	31-05-2024	Konsultasi alat penyimpanan	
10	31-05-2024	Konsultasi alat tranpotasi	
11	11-06-2024	Konsultasi alat penukar panas	
12	13-06-2024	Konsultasi neraca panas	

C-2

13	13-06-2024	Konsultasi lokasi dan struktur organisasi	
14	23-06-2024	Konsultasi Utilitas	
15	02-07-2024	Konsultasi evaluasi ekonomi	
16	02-07-2024	Penentapan naskah	

Disetujui Draft Penulisan

Yogyakarta, 03 Juli 2024

Pembimbing,

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