

**PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI
LIMBAH KULIT AYAM BROILER DENGAN KAPASITAS
12.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Teknik Kimia



Disusun Oleh :

Nama : Ani Chalwa Isnani

Nama : Aulia Asy-Syarofi

NIM : 20521139

NIM : 20521147

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2024

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PRA RANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ani Chalwa Isnani

NIM : 20521139

Nama : Aulia Asy-Syarofi

NIM : 20521147

Yogyakarta, 10 Juli 2024

Menyatakan bahwa seluruh hasil pra rancangan pabrik ini adalah hasil karya sendiri. apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya saya sendiri, maka saya siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Ani Chalwa Isnani

20521139



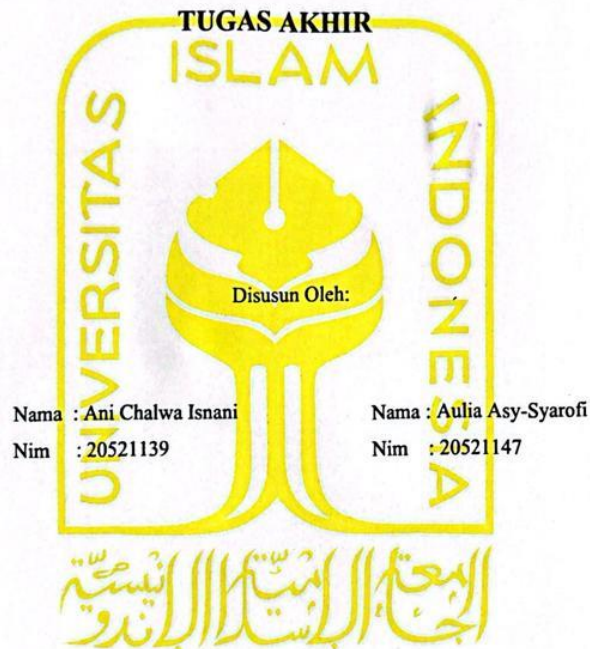
Aulia Asy-Syarofi

20521147

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

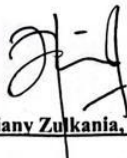
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI LIMBAH
KULIT AYAM BROILER
DENGAN KAPASITAS 12.000 TON/ TAHUN**



Yogyakarta, 10 Juli 2024

Pembimbing,


Dr. Arianv Zulkania, S.T., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI LIMBAH KULIT AYAM BROILER DENGAN KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN

TUGAS AKHIR

Telah dipertahankan di depan sidang pengujian sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia dari Program Studi Teknik Kimia di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 15 Agustus 2024

Oleh:

Nama : Aulia Asy-Syarofi

NIM : 20521147

Tim Penguji

Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.

Ketua

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

Anggota I

Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D.

Anggota 2

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia – Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



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

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabaraktuh

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Limbah Kulit Ayam Broiler Dengan Kapasitas 12.000 Ton/Tahun". Tugas akhir ini disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapat saat berkuliah dan merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Dalam menyusun laporan ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih secara khusus kepada:

1. Allah SWT atas kehendak dan ridho-Nya yang selalu mengiringi selama proses penyusunan tugas akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga yang tanpa henti memberikan doa, semangat dan dukungan secara moril maupun materil.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M. Eng. dan ibu Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M. Eng selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

5. Bapak Sholeh Ma'mun, S T., M T., Ph.D. dan Ibu Venitalitya Alethea Sari Agustia, S.T., M. Eng. selaku Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Ibu Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam proses penyusunan tugas akhir.
7. Seluruh *civitas* akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
8. Teman-teman kami yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kerja samanya.
9. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu dalam membantu penyusunan tugas akhir ini dengan tulus dan ikhlas.

Demikian tugas akhir ini disusun. Tentunya dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis juga tidak luput dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi banyak pihak.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabaraktuh

Yogyakarta, 8 Agustus 2024

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN

الرَّحِيمِ الرَّحْمَنِ اللَّهُ بِسْمِ

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

Papa dan mama saya yang sangat saya cintai, tidak henti-hentinya mengorbankan tenaga dan usaha, memberikan doa, semangat, dorongan, kasih sayang, serta kepercayaan dalam menempuh cita-cita saya. Terima kasih karena telah mendidik dan membesarkan saya dengan penuh kasih sayang, selalu membebaskan saya untuk memilih hal-hal yang disukai, memberikan kehangatan di dalam keluarga, dan tidak pernah menuntut banyak hal untuk diberikan. Semoga kelak saya dapat membalas jasa yang telah diberikan, *aamiin*.

Tidak lupa kepada (almh) umi, abi, mas iwan, mbak prima, tante iik, om husni, dan mas nanda sebagai orang tua kedua dan panutan saya, terima kasih telah memberikan banyak dukungan, kasih sayang, dan arahan. Semoga saya bisa menjadi seseorang yang kalian harapkan sehingga mengangkat derajat keluarga dan saudara. Serta tidak lupa kepada keluarga besar Syamsuri dan Nur Yasin, terima kasih atas semuanya. Semoga saya bisa membalas kebaikan yang telah diberikan kepada saya, *aamiin*.

Sahabat terbaik saya, Fitri Yupita dan Julian Rizal yang selalu ada untuk saya, tidak henti-hentinya mendukung dan mendampingi berproses saya. Guru terbaik SMA, Bu Mutim saya sangat berterima kasih, telah memberikan saya kesempatan untuk bergabung dengan tim olimpiade kimia. Meskipun belum bisa menghadirkan

juara, tetapi hal itu membuat saya percaya diri kembali. Semoga saya bisa membalas kebaikan yang telah di berikan kepada saya, *aamiin*.

Teman-teman terdekat saya Ani, Harini, Ulhaq, Annisa, Tata, mbak Nadila dan mbak Diah yang menemani saya selama perkuliahan ini. Terima kasih telah memberikan pengalaman-pengalaman baru, saran, nasehat dan banyak sekali meluangkan waktu selama 4 tahun ini.

Seluruh pembimbing (Pak Khamdan, Bu Ajeng, Bu Ifa, Bu Ariany, dan Bu Lilis), seluruh pengajar dari Prodi Teknik Kimia maupun pembimbing diluar prodi Teknik Kimia, yang selalu memberikan semangat, arahan, nasehat dan pelajaran yang mampu untuk diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

Teman-teman seperjuangan ASCENT'20, LabMa, IATMI, Aslab OTK 1 dan 2 dan teman-teman kampung. Terima kasih atas segala kenangan, cita-cita dan banyak perjuangannya. Dalam suka dan duka, kita selalu saling mendukung dan menginspirasi satu sama lain. Semoga kalian sukses selalu. *Aamiin*.

Aulia Asy-Syarofi

Teknik Kimia 2020

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas	3
1.2.1 Data Impor Biodiesel	3
1.2.2 Data Ekspor Biodiesel	4
1.2.3 Data Produksi Biodiesel.....	5
1.2.4 Data Konsumsi Biodiesel.....	7
1.2.5 Data Persen Pertumbuhan.....	8
1.2.6 Ketersediaan Bahan Baku.....	9
1.2.7 Data Pabrik Biodiesel Di Indonesia.....	11
1.2.8 Penentuan Kapasitas Komersil	13
1.3 Tinjauan Pustaka.....	14
1.3.1 Kulit Ayam	14
1.3.2 Trigliserida	16
1.3.3 Macam- Macam Proses.....	17
1.3.4 Reaksi Hidrolisis.....	21
1.3.5 Pemilihan Proses.....	22
1.3.5 Biodiesel	22

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	25
1.4.1 Tinjauan Termodinamika	25
1.4.2 Tinjauan Kinetika.....	29
BAB II PERANCANGAN PRODUK	31
2.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	31
2.2 Bahan Baku Tambahan.....	31
2.3. Spesifikasi Produk.....	32
2.4 Karakteristik Bahan.....	34
2.5 Pengendalian Kualitas	39
2.5.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku.....	39
2.5.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi.....	39
2.5.3 Pengendalian Bahan Proses	42
2.5.4 Pengendalian Kualitas Produk	42
2.5.5 Pengendalian Waktu.....	42
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 Tahap persiapan bahan baku	46
3.2.2 Tahap pembentukan bahan baku	46
3.2.3 Tahap pemurnian produk	47
3.3 Spesifikasi Alat.....	48
3.3.1 Alat Reaktor	48
3.3.2 Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung.....	48
3.3.3 Alat Penyimpanan Bahan Baku	52
3.3.4 Alat Transportasi Bahan.....	54
3.3.5 Alat Penukar Panas	59
3.4 Neraca Massa.....	62
3.4.1 Neraca Massa Total.....	62
3.4.2 Neraca Massa Alat	63
3.5 Neraca Panas	67

BAB IV LOKASI PABRIK	69
4.1 Lokasi Pabrik.....	69
4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	70
4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik.....	73
4.2 Layout Pabrik	75
4.4 Organisasi Perusahaan.....	83
4.4.1 Bentuk Perusahaan.....	83
4.4.2 Struktur Organisasi	85
4.4.3 Tugas dan Wewenang	87
4.4.4 Status Karyawan	95
4.4.5 Jumlah Karyawan dan Jam Kerja	96
4.4.6 Sistem Penggajian Karyawan	101
4.4.7 Fasilitas Karyawan.....	104
BAB V UTILITAS	107
5.1 Unit Pengolahan Air	108
5.1.1 Penghisapan	109
5.1.2 Pengendapan dan Filtrasi	109
5.1.3 Bak Air Bersih	109
5.1.4 Air Domestik.....	110
5.1.5 Air Service	111
5.1.6 Air Pendingin	111
5.1.7 Air untuk Boiler	113
5.1.8 Air Proses.....	115
5.1.9 Skema Pengolahan Air.....	115
5.2 Unit Pengadaan <i>Steam</i>	115
5.3 Unit Pengadaan Udara.....	116
5.4 Unit Pengadaan Listrik.....	117
5.4.1 Kebutuhan Listrik	117
5.4.2 Generator	122
5.5 Unit Pengadaan Bahan Bakar	122
5.6 Unit Pengolahan Limbah.....	124
5.6.1 Pengolahan Bahan Buangan Cair	124

5.6.2 Pengolahan Bahan Buangan Padatan.....	124
5.6.3 Pengolahan Limbah Gas	125
BAB VI EVALUASI EKONOMI	126
6.1 Penaksiran Harga Alat	128
6.2 Dasar Perhitungan	134
6.3 Asumsi Penentuan <i>Total Capital Investment</i> (TCI).....	134
6.4 Perhitungan Biaya	135
6.4.1 <i>Capital Investment</i>	135
6.4.2 <i>Manufacturing Cost</i>	136
6.4.3 General Expense (GE)	137
6.5 Analisa Kelayakan Pabrik.....	137
6.5.1 <i>Percent Return on Investment</i> (% ROI)	138
6.5.2 <i>Pay Out Time</i> (POT)	138
6.5.3 <i>Break Even Point</i> (BEP)	138
6.5.4 <i>Shut Down Point</i> (SDP)	139
6.5.5 <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	139
6.6 Hasil Perhitungan	140
6.7 Hasil Analisa Keuntungan	145
6.8 Hasil Kelayakan Ekonomi	146
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	148
7.1 Kesimpulan.....	148
7.2 Saran.....	149
DAFTAR PUSTAKA	150
LAMPIRAN.....	153
Lampiran 1 Perhitungan Reaktor.....	153
Lampiran 2 PEFD.....	165
Lampiran 3 Kartu Konsultasi Bimbingan.....	166

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor Biodiesel di Indonesia.....	3
Tabel 1. 2 Data Ekspor Biodiesel di Indonesia	4
Tabel 1. 3 Data Produksi Biodiesel di Indonesia	5
Tabel 1. 4 Data Konsumsi Biodiesel di Indonesia	7
Tabel 1. 5 Data Persen Pertumbuhan	8
Tabel 1. 6 Data Jumlah Kulit ayam broiler di Indonesia.....	10
Tabel 1. 7 Kapasitas Produksi Perusahaan.....	11
Tabel 1. 8 Perbandingan proses pembuatan biodiesel.....	20
Tabel 1. 9 Perbandingan Proses Transesterifikasi Biodiesel.....	20
Tabel 1. 10 Syarat mutu biodiesel SNI 7182-2015	23
Tabel 1. 11 Nilai ΔH°_f dan ΔG°_f	25
Tabel 1. 12 Reaksi Pada Suhu 298,15 K dan Nilai ΔH°_r	26
Tabel 1. 13 Reaksi Pada Suhu 298,15 K dan Nilai ΔG°_r	26
Tabel 2. 1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	32
Tabel 2. 2 Karakteristik Bahan Baku dan Produk	34
Tabel 3. 1 Spesifikasi alat reaktor	48
Tabel 3. 2 Spesifikasi alat <i>rotary dryer</i>	48
Tabel 3. 3 Spesifikasi alat menara distilasi	49
Tabel 3. 4 Spesifikasi alat <i>screw press</i>	50
Tabel 3. 5 Spesifikasi alat <i>centrifuge</i>	50
Tabel 3. 6 Spesifikasi alat <i>washer</i>	51
Tabel 3. 7 Spesifikasi alat <i>Decanter</i>	51
Tabel 3. 8 Spesifikasi alat silo.....	52
Tabel 3. 9 Spesifikasi alat tangki.....	53
Tabel 3. 10 Spesifikasi lanjutan tangki	53
Tabel 3. 11 Spesifikasi alat pompa	54
Tabel 3. 12 Spesifikasi lanjutan pompa.....	55
Tabel 3. 13 Spesifikasi lanjutan pompa.....	56
Tabel 3. 14 Spesifikasi lanjutan pompa.....	56
Tabel 3. 15 Spesifikasi alat blower	57
Tabel 3. 16 Spesifikasi alat konveyor	57
Tabel 3. 17 Spesifikasi lanjutan konveyor	58
Tabel 3. 18 Spesifikasi alat <i>bucket elevator</i>	58
Tabel 3. 19 Spesifikasi alat evaporator	59
Tabel 3. 20 Spesifikasi alat <i>heater</i>	60
Tabel 3. 21 Spesifikasi lanjutan <i>heater</i>	61
Tabel 3. 22 Spesifikasi lanjutan <i>heater</i>	61
Tabel 3. 23 Spesifikasi alat <i>cooler</i>	62
Tabel 3. 24 Neraca massa total.....	62

Tabel 3. 25 Neraca massa <i>washer</i>	63
Tabel 3. 26 Neraca massa <i>rotary dryer</i>	63
Tabel 3. 27 Neraca massa <i>screw press</i>	64
Tabel 3. 28 Neraca massa reaktor-01	64
Tabel 3. 29 Neraca massa <i>centrifuge</i>	64
Tabel 3. 30 Neraca massa <i>Decanter</i>	65
Tabel 3. 31 Neraca massa Evaporator	65
Tabel 3. 32 Neraca massa menara distilasi.....	66
Tabel 3. 33 Neraca panas <i>rotary dryer</i>	67
Tabel 3. 34 Neraca panas reaktor	67
Tabel 3. 35 Neraca panas <i>centrifuge</i>	67
Tabel 3. 36. Neraca panas <i>decanter</i>	67
Tabel 3. 37 Neraca panas evaporator	68
Tabel 3. 38 Neraca panas menara distilasi	68
Tabel 6. 1 Perkiraan harga alat proses.....	131
Tabel 6. 2 Perkiraan harga alat utilitas	133
Tabel 6. 3 <i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	140
Tabel 6. 4 <i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	141
Tabel 6. 5 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	141
Tabel 6. 6 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	142
Tabel 6. 7 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	142
Tabel 6. 8 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	142
Tabel 6. 9 <i>Manufacturing Cost (MC)</i>	143
Tabel 6. 10 <i>Working Capital</i>	143
Tabel 6. 11 <i>General Expense</i>	143
Tabel 6. 12 <i>Total Production Cost (TPC)</i>	144
Tabel 6. 13 <i>Fixed Cost (Fa)</i>	144
Tabel 6. 14 <i>Variable Cost (Va)</i>	144
Tabel 6. 15 <i>Regulated Cost (Ra)</i>	145
Tabel 7. 1 Analisa kelayakan pabrik.....	149

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor Biodiesel di Indonesia	3
Gambar 1. 2 Grafik Ekspor Biodiesel di Indonesia	5
Gambar 1. 3 Grafik Produksi Biodiesel di Indonesia	6
Gambar 1. 4 Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia	8
Gambar 1. 5 Grafik Persen Pertumbuhan	9
Gambar 1. 6 Jumlah Kulit Ayam Broiler.....	10
Gambar 1. 7 Reaksi Esterifikasi Trigliserida Dengan Metanol.....	18
Gambar 1. 8 Reaksi Transesterifikasi Trigliserida Dengan Alkohol.....	19
Gambar 1. 9 Reaksi Transesterifikasi Trigliserida Dengan Etanol	29
Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik.....	69
Gambar 4. 2 <i>Layout</i> pabrik skala 1:1000	77
Gambar 4. 3 <i>Layout</i> area proses	82
Gambar 4. 4 Gambar struktur organisasi	87
Gambar 5. 1 Skema Pengolahan Air Pabrik Biodiesel.....	115
Gambar 6. 1 Diagram hubungan antara tahun dan indeks harga	129
Gambar 6. 2 Grafik Analisa Kelayakan Pabrik.....	147

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Reaktor	153
Lampiran 2 PEFD	165
Lampiran 3 Kartu Konsultasi Bimbingan	166

ABSTRAK

Biodiesel merupakan salah satu bahan yang mempunyai potensi besar untuk digunakan sebagai pengganti bahan bakar solar. Biodiesel dapat terbuat dari campuran lemak yang berasal dari nabati maupun hewani. Salah satu bahan baku hewani yang potensial adalah kulit ayam broiler yang belum banyak dimanfaatkan. Telah di proyeksikan pada tahun 2030 terdapat kulit ayam sebanyak 51.896.321,68 ton. Kulit ayam dalam jumlah banyak tersebut dapat dilakukan peningkatan nilai jualnya jika diproses menjadi Biodiesel. Pabrik biodiesel akan didirikan dengan kapasitas 12.000 ton/tahun dengan tenaga kerja sebanyak 125 orang yang bekerja selama 330 hari/tahun. Dengan mempertimbangkan faktor ketersediaan bahan baku, transportasi, tenaga kerja, pemasaran, dan utilitas pabrik ini akan didirikan di daerah Kawasan Industri Terpadu (KIT), Kabupaten Batang, Provinsi Jawa Tengah. Pabrik ini tergolong sebagai pabrik dengan resiko rendah berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, serta regulasi pemerintah. Peralatan yang digunakan antara lain, *rotary drum washer*, *screw press*, *rotary dryer*, reaktor, *centrifuge*, evaporator, dan menara distilasi. Secara garis besar proses produksi terdiri dari pencucian, reaksi dan pemurnian. Biodiesel dihasilkan dari reaksi transesterifikasi antara lemak kulit ayam dan etanol pada suhu 70°C dengan katalis CaO. Biodiesel yang terbentuk dipisahkan dengan menara distilasi untuk menghasilkan biodiesel dengan kemurnian 98,5%. Dalam satu tahun operasi, pabrik ini membutuhkan 13.887.414.994 ton kulit ayam broiler, 3.830.758.254 ton etanol dan 755.061.120 ton CaO sebagai bahan baku prosesnya. Utilitas pabrik menyediakan air sebesar 4.032.792.312.279 ton/tahun, klorin sebesar 1.254.272 ton/tahun, asam sulfat sebesar 332.202 ton/tahun, natrium hidroksida sebesar 723.526 ton/tahun, hidrazin sebesar 48.823 ton/tahun, tawas sebesar 505.453 ton/tahun, bahan bakar berupa LNG sebesar 7.913.979.829 ton/tahun dan solar sebesar 111,703 ton/3 bulan. Hasil analisis ekonomi pabrik menunjukkan keuntungan yang diperoleh pabrik biodiesel dengan kapasitas 12.000 ton/tahun adalah Rp 110.953.500.754,01. Nilai *return of investment after tax* sebesar 14,61% dari investasi modal awal, *pay out time* yaitu 4,4 tahun, *break even point* di kapasitas 40,76% dari kapasitas penuh pabrik, *shut down point* di kapasitas 12,39% dari kapasitas penuh pabrik, dan *discounted cash flow* 14,02%. Hasil analisa ekonomi menunjukkan pabrik biodiesel dari limbah kulit ayam broiler dengan kapasitas 12.000 ton/tahun ini layak untuk dikaji lebih lanjut.

Kata kunci : Kulit Ayam, Biodiesel, Prarancangan pabrik, Transesterifikasi, Analisa Ekonomi

ABSTRACT

Biodiesel represents a promising alternative to diesel fuel. It can be produced from a blend of fats derived from both plant and animal sources. One such animal-based raw material is broiler chicken skin, which remains underutilized. Projections indicate that by 2030, there will be approximately 51,896,321.68 tons of chicken skin available. Processing this substantial quantity of chicken skin into biodiesel could enhance its market value. A biodiesel production facility with a capacity of 12,000 tons per year will be established, employing 125 workers who will operate the plant for 330 days per year. Considering factors such as raw material availability, transportation, labor, marketing, and utilities, the plant will be situated in the Integrated Industrial Zone (KIT) in Batang Regency, Central Java Province. The plant is categorized as low-risk based on process evaluation, operational conditions, the properties of raw materials and products, and government regulations. Equipment used in the plant will include a rotary drum washer, screw press, rotary dryer, reactor, centrifuge, evaporator, and distillation column. The production process involves washing, reaction, and purification stages. Biodiesel is produced through the transesterification of chicken skin fat with ethanol at 70°C using CaO as a catalyst. The resulting biodiesel is then purified using a distillation column to achieve a purity of 98.5%. Annually, the plant will require 13,887,414,994 tons of broiler chicken skin, 3,830,758,254 tons of ethanol, and 755,061,120 tons of CaO as raw materials. The plant's utilities will include water at 4,032,792,312.279 tons per year, chlorine at 1,254,272 tons per year, sulfuric acid at 332,202 tons per year, sodium hydroxide at 723,526 tons per year, hydrazine at 48,823 tons per year, alum at 505,453 tons per year, LNG fuel at 7,913,979,829 tons per year, and diesel at 111,703 tons every three months. The economic analysis of the plant indicates that a biodiesel facility with a capacity of 12,000 tons per year would yield a profit of Rp 110,953,500,754.01. The return on investment (ROI) after tax is 14.61% of the initial capital investment, with a payback period of 4.4 years. The break-even point occurs at 40.76% of the plant's full capacity, while the shut-down point is at 12.39% of full capacity. The discounted cash flow (DCF) is 14.02%. These economic indicators suggest that the biodiesel plant, utilizing broiler chicken skin with a capacity of 12,000 tons per year, is viable for further consideration.

Keywords: Chicken Skin, Biodiesel, Plant Design, Transesterification, Economic Analysis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biodiesel merupakan salah satu bahan yang mempunyai potensi besar untuk digunakan sebagai pengganti bahan bakar solar. Biodiesel dapat diproduksi secara berkala dan mudah diperoleh, sebab bahan bakunya berasal dari minyak nabati/hewani yang terbarukan. Selain itu, harganya relatif stabil dan produksinya mudah disesuaikan dengan kebutuhan. Dari sudut pandang lingkungan, biodiesel juga merupakan bahan dengan biodegradabilitas dan emisi polutan yang relatif rendah, karena kadar hidrokarbon yang tidak terbakar dan karbon monoksida (CO) yang dihasilkan lebih rendah. Biodiesel juga tidak mengandung sulfur sehingga dapat mengurangi kerusakan lingkungan akibat hujan asam (Suwarso 2008).

Biodiesel telah dianggap sebagai alternatif yang ramah lingkungan, namun biaya produksi biodiesel lebih tinggi dibandingkan bahan bakar fosil (EO Ajala, 2021). Hal ini menjadi salah satu kelemahan utama biodiesel, terutama di negara-negara berkembang (Kirubakaran, 2018). Biaya yang relatif lebih tinggi disebabkan oleh bahan baku terutama minyak nabati (75%) dan alkohol dengan 12,6% pada bahan katalis (Kirubakaran, 2018; MC Math, 2010). Upaya menekan biaya produksi bahan baku biodiesel mendorong lebih banyak penelitian pemanfaatan limbah (limbah minyak nabati dan lemak hewani) sebagai sumber bahan baku biodiesel (R Foroutan, 2021).

Biodiesel yang berasal dari minyak nabati telah banyak dikembangkan namun biodiesel yang berasal dari lemak hewani masih sedikit. Salah satu sumber lemak hewani yang dapat dijadikan bahan baku biodiesel adalah limbah kulit ayam broiler. Kulit ayam broiler belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat dan sering dibuang begitu saja sebagai limbah hewan. Pemanfaatan limbah kulit ayam broiler sebagai bahan baku biodiesel dapat mengatasi pencemaran lingkungan sehingga mempunyai nilai ekonomis. Menurut Ai'dah Husnala (2023), analisis kandungan gizi kulit ayam, kandungan lemak pada kulit ayam per 100 gram bekisar $\pm 44,20\%$. Jumlah produksi kulit ayam broiler di Indonesia dari tahun 2014 sampai 2022 dapat dilihat pada Gambar 1.5.

Biodiesel telah berhasil diproduksi dari lemak kulit ayam dengan menggunakan berbagai katalis. Pada penelitian (Marnoto, 2011), dengan perbandingan mol minyak : etanol sebesar 1:6, suhu operasi 70°C , berat katalis CaO 5% dari berat minyak dan waktu reaksi 90 menit. Pada kondisi tersebut konversi minyak yang bereaksi antara 91% hingga 94%. Kemudian penelitian selanjutnya (TE Odetoye, 2019), katalis abu buah kakao digunakan untuk memproduksi biodiesel dari lemak ayam. Konsentrasi katalis 3% berat dan waktu reaksi 2 jam menghasilkan 75,4% biodiesel dari lemak ayam. Penelitian lain pada tahun 2021, biodiesel diperoleh dari lemak ayam dengan menggunakan katalis cangkang telur mencapai 90,2%; katalis NaOH 78,1% (R Foroutan, 2021).

Pabrik Biodiesel dari limbah kulit ayam broiler ini didirikan dengan tujuan untuk meningkatkan nilai guna dan nilai ekonomi dari limbah kulit ayam broiler yang hingga saat ini belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat dan dibuang

sebagai limbah hewan. Serta meningkatkan produksi biodiesel di Indonesia, karena hingga saat ini produksi biodiesel dengan bahan baku lemak hewani belum dimanfaatkan secara baik. Selain itu biodiesel dapat menggantikan diesel sebagai bahan bakar yang lebih ramah lingkungan.

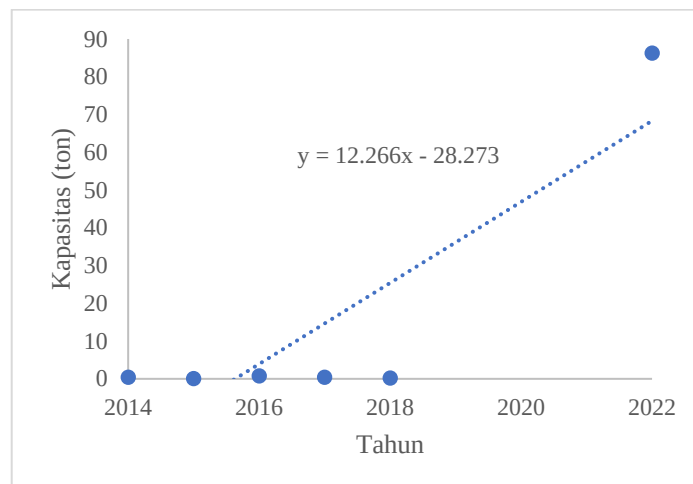
1.2 Penentuan Kapasitas

1.2.1 Data Impor Biodiesel

Tabel 1. 1 Data Impor Biodiesel di Indonesia

Tahun	kapasitas (Ton)
2014	0.37
2015	0.06
2016	0.72
2017	0.36
2018	0.21
2022	86.22

(sumber : comtrade, 2023)



Gambar 1. 1 Grafik Impor Biodiesel di Indonesia

Dari gambar 1.1 diperkirakan bahwa impor biodiesel pada tahun 2030 dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$y = 12,266x - 28,273$$

dimana nilai x merupakan tahun dan y merupakan jumlah impor biodiesel. Pabrik biodiesel direncanakan akan dibangun 2030, maka proyeksi impor biodiesel di Indonesia pada tahun 2030 adalah sebagai berikut :

$$y = 12,266x - 28,273$$

$$y = 12,266(2030) - 28,273$$

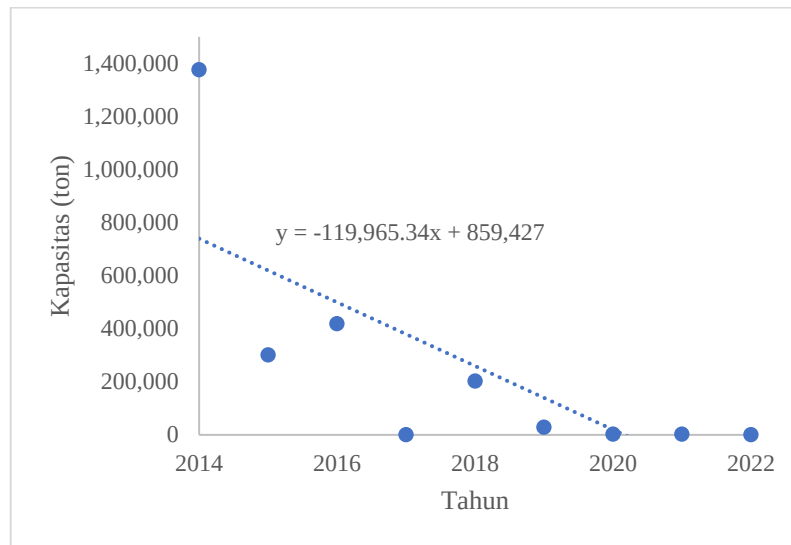
$$y = 24.871,707 \text{ ton.}$$

1.2.2 Data Ekspor Biodiesel

Tabel 1. 2 Data Ekspor Biodiesel di Indonesia

Tahun	kapasitas (ton)
2014	1.376.099,78
2015	301.244,90
2016	418.690,95
2017	982,43
2018	203.444,70
2019	28.924,20
2020	2.693,38
2021	3.019,37
2022	1.302,17

(sumber : comtrade, 2023)



Gambar 1. 2 Grafik Ekspor Biodiesel di Indonesia

Dari gambar 1.2 diperkirakan bahwa ekspor biodiesel pada tahun 2030 dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$y = -119.965,34x + 859.427$$

dimana nilai x merupakan tahun dan y merupakan jumlah ekspor biodiesel. Pabrik biodiesel direncanakan akan dibangun 2030, maka proyeksi ekspor biodiesel di Indonesia pada tahun 2030 adalah sebagai berikut :

$$y = -119.965,34x + 859.427$$

$$y = -119.965,34 (2030) + 859.427$$

$$y = -242.669.523 \text{ ton.}$$

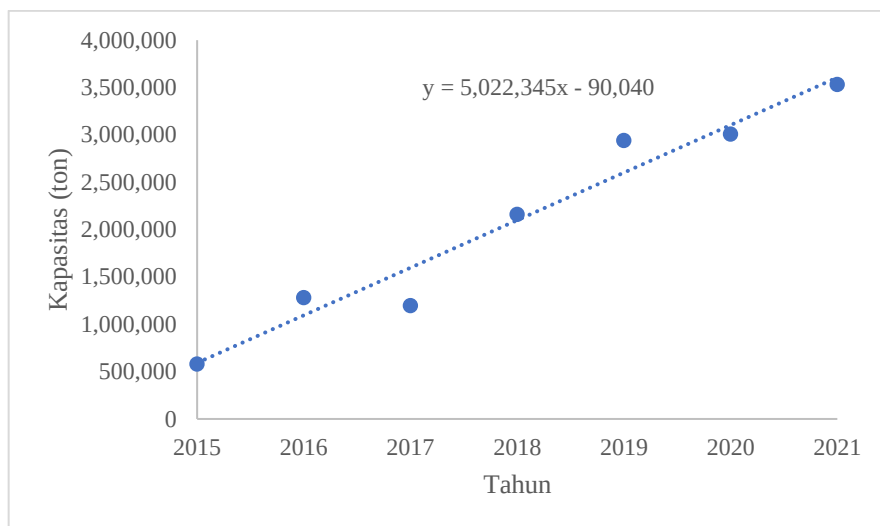
1.2.3 Data Produksi Biodiesel

Tabel 1. 3 Data Produksi Biodiesel di Indonesia

Tahun	Kapasitas (Ton)
2015	578.480,35
2016	1.279.725,65

Tabel lanjutan 1.3	
Tahun	Kapasitas (Ton)
2017	1.195.745,95
2018	2.158.742,95
2019	2.939.714,40
2020	3.007.827,20
2021	3.532.611,95

(Sumber : Aprobi, 2023)



Gambar 1. 3 Grafik Produksi Biodiesel di Indonesia

Dari gambar 1.3 diperkirakan bahwa produksi biodiesel pada tahun 2030 dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$y = 502.235x - 90.040$$

dimana nilai x merupakan tahun dan y merupakan jumlah produksi biodiesel.

Pabrik biodiesel direncanakan akan dibangun 2030, maka proyeksi produksi biodiesel

di Indonesia pada tahun 2030 adalah sebagai berikut :

$$y = 502.235x - 90.040$$

$$y = 502.235 (2030) - 90.040$$

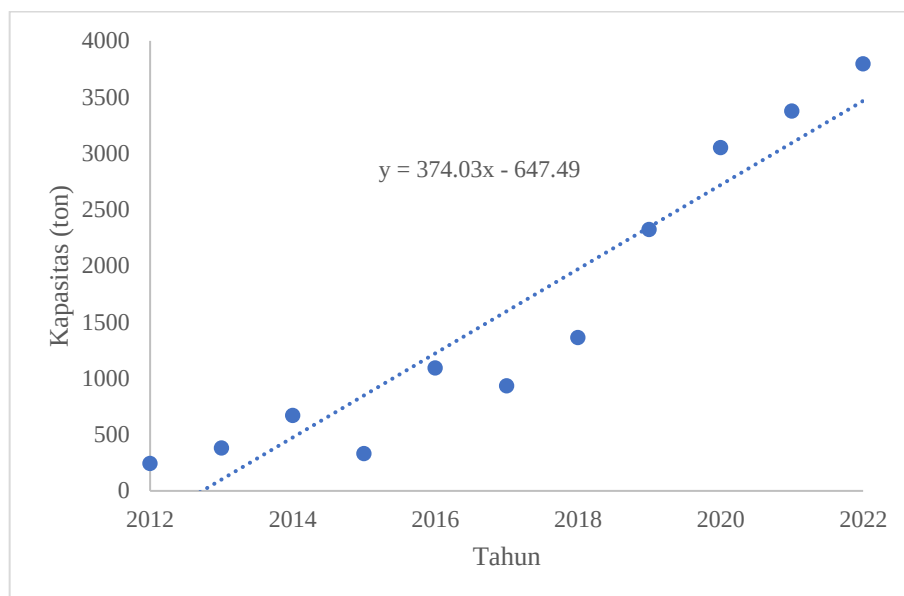
$$y = 1.019.627.090 \text{ ton.}$$

1.2.4 Data Konsumsi Biodiesel

Tabel 1. 4 Data Konsumsi Biodiesel di Indonesia

Tahun	Kapasitas (Ton)
2012	243,04
2013	380,69
2014	670,15
2015	332,58
2016	1.092,89
2017	934,19
2018	1.362,31
2019	2.323,66
2020	3.051,66
2021	3.376,35
2022	3.795,90

(sumber : Kementerian ESDM, 2023)



Gambar 1. 4 Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia

Dari gambar 1.4 diperkirakan bahwa produksi biodiesel pada tahun 2030 dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$y = 374,03x - 647,49$$

dimana nilai x merupakan tahun dan y merupakan jumlah produksi biodiesel.

Pabrik biodiesel direncanakan akan dibangun 2030, maka proyeksi produksi biodiesel di Indonesia pada tahun 2030 adalah sebagai berikut :

$$y = 374,03x - 647,49$$

$$y = 374,03(2030) - 647,49$$

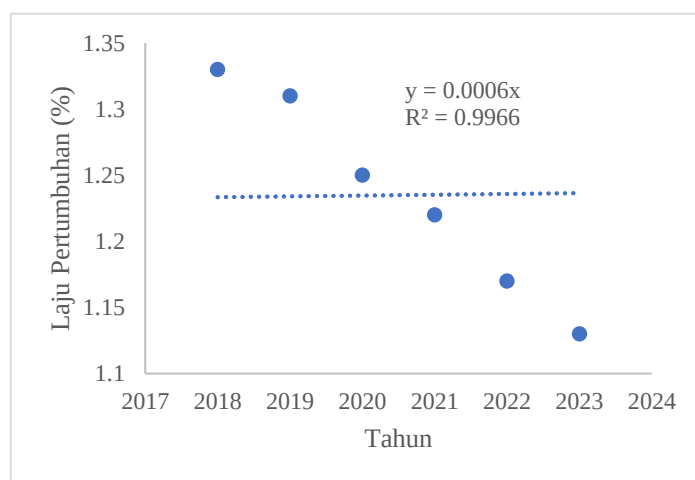
$$y = 758.633,41 \text{ ton.}$$

1.2.5 Data Persen Pertumbuhan

Tabel 1. 5 Data Persen Pertumbuhan

Tahun	Laju Pertumbuhan %
2018	1.33
2019	1.31
2020	1.25
2021	1.22

Tahun	Laju Pertumbuhan %
2022	1.17
2023	1.13



Gambar 1. 5 Grafik Persen Pertumbuhan

Dari gambar 1. diperkirakan bahwa persentase pertumbuhan pada tahun 2030 dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$y = 0,0006x$$

dimana nilai x merupakan tahun. Pabrik biodiesel direncanakan akan dibangun 2030, maka proyeksi pertumbuhan di Indonesia pada tahun 2030 adalah sebagai berikut :

$$y = 0,0006x$$

$$y = 0,0006 (2030)$$

$$y = 1,22$$

1.2.6 Ketersediaan Bahan Baku

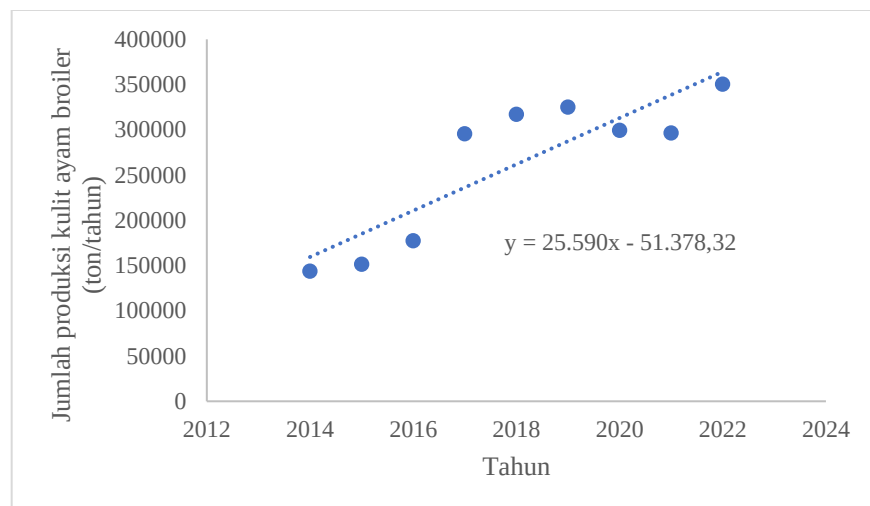
Ayam Broiler yang dipasarkan umumnya memiliki bobot 2-2,6 kg per ekor ayam dengan umur 5-6 minggu (PT Charoen Pokphand). Persentase kulit yang terkandung dalam ayam broiler rata-rata sebesar 22,29-23,75% (Ulupi, 2018), maka

kandungan kulit ayam dalam 1 ton ayam broiler adalah 0.0002302 ton. Sedangkan kandungan lemak pada 1 kg kulit ayam broiler hanya 44,20%.

Tabel 1. 6 Data Jumlah Kulit ayam broiler di Indonesia

Tahun	Kulit ayam broiler (ton)
2014	143.680,21
2015	151.488,49
2016	177.276,71
2017	295.463,44
2018	317.206,04
2019	325.163,50
2020	299.488,48
2021	296.379,41
2022	350.327,67

(sumber : Badan Pusat Statistik, 2023)



Gambar 1. 6 Jumlah Kulit Ayam Broiler

Dari gambar 1.5 diperkirakan bahwa produksi kulit ayam broiler pada tahun 2030 dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$y = 25.590x - 51.378,32$$

dimana nilai x merupakan tahun dan y merupakan jumlah produksi kulit ayam broiler. Pabrik biodiesel direncanakan akan dibangun 2030, maka proyeksi produksi kulit ayam broiler di Indonesia pada tahun 2030 adalah sebagai berikut :

$$y = 25.590x - 51.378,32$$

$$y = 25.590(2030) - 51.378,32$$

$$y = 51.896.321,68 \text{ ton.}$$

Lemak yang terkandung dalam kulit ayam broiler adalah sebesar 44,20%. Dari 51.896.321,68 ton kulit dapat menghasilkan lemak sebesar 22.938.174,28 ton. Yield biodiesel yang dapat dihasilkan dari reaksi transesterifikasi dengan katalis CaO sebesar 97,5%. Maka dihasilkan biodiesel sebesar 22.364.719,83 ton.

Biodiesel yang akan diproduksi adalah 0,052% dari berat bahan baku yang tersedia. Hal ini masih relevan dan tidak mengganggu kebutuhan kulit ayam sebagai pangan yang sangat digemari oleh masyarakat Indonesia.

1.2.7 Data Pabrik Biodiesel Di Indonesia

Penentuan kapasitas pabrik yang akan didirikan ini dipengaruhi oleh kapasitas pabrik sejenis yang sudah beroperasi. Berikut ini adalah perusahaan – perusahaan yang menghasilkan Biodiesel :

Tabel 1. 7 Kapasitas Produksi Perusahaan

Perusahaan	Kapasitas (Ton)
PT Musim Mas	452.414
PT Permata Hijau Palm Oleo	410.539
PT Aldaberta (2024)	610.759
PT Sari Dumai Oleo	407.172

Tabel lanjutan 1.7	
Perusahaan	Kapasitas (Ton)
PT Intibenua Perkasatama	435.449
PT Cilindra Perkasa	282.758
PT Pelita Agung Agrisari	226.207
PT Pelita Agung Agrisari	559.863
PT Sari Dumai Sejati	678.621
PT Wilmar Bioenergi Indo	1.577.793
PT Bayas Biofues	848.276
PT LDC Indo	475.035
PT Tunas Baru Lampung	395.862
PT Tunas Baru Lampung (2023)	492.000
PT Padang Raya Cakrawala (2023)	412.827
PT Musim Mas	882.178
PT Multimas Nabati Asahan	559.863
PT Sinarmas Bioenergy	448.114
PT Darmex Biofuels	282.758
PT Batara Elok Semesta Terpadu	767.972
PT Wilmar Nabati Indo	2.214.000
PT Eco Prima Energy	570.041
PT Energi Unggul Persada (2023)	895.779
PT Sukajadi Sawit Mekar	395.862
PT Kutai Refinery Nusantara	1,124.955
PT Energi Unggul Persada (2023)	933.104
PT Bumi Energi Nabati (2024)	398.775
PT Smart Tbk	447.889
PT Smart Tbk (2023)	592.614
PT Jhonlin Agro Raya	559.863

Tabel lanjutan 1.7	
Perusahaan	Kapasitas (Ton)
PT Multi Nabati Sulawesi	468.248
PT Bali Hijau Biodiesel	354
PT Sintong Abadi	34.440

(sumber : Aprobi, 2023)

1.2.8 Penentuan Kapasitas Komersil

Penentuan kapasitas pabrik dapat dihitung menggunakan rumus peluang.

$$Demand = \text{Konsumsi} + \text{Ekspor}$$

$$= 758.633,41$$

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

$$= 1.019.651.962$$

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

$$\text{Peluang} = -1.018.893.328$$

Peluang biodiesel pada tahun 2030 menunjukkan angka negatif karena dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsumsi biodiesel yang sangat sedikit serta tingginya angka produksi biodiesel di Indonesia. Oleh karena itu, biodiesel yang diproduksi ini akan diekspor ke berbagai negara maju seperti Inggris, Irlandia, dan Amerika. Hal ini dilakukan guna mengembalikan tren positif ekspor biodiesel Indonesia yang beberapa tahun kebelakang mengalami penurunan pada gambar 1.2.

Biodiesel yang akan diproduksi adalah 0,052% dari berat bahan baku yaitu 22.364.719,83 yang tersedia, maka kapasitas produksi pabrik biodiesel dari limbah

kulit ayam broiler sebesar 12.000 ton/tahun. Mengacu pada industri yang sudah beroperasi, maka pabrik biodiesel dari limbah kulit ayam broiler dengan kapasitas 12.000 ton/tahun sudah sesuai dengan kapasitas ekonomis yang sudah beroperasi dan diharapkan dengan kapasitas tersebut dapat memenuhi kebutuhan produk Biodiesel baik dalam negeri maupun luar negeri.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Kulit Ayam

Kulit unggas berfungsi melindungi permukaan tubuh secara mekanik terdapat kemungkinan memasukan zat-zatnya, mengatur temperatur tubuh, sebagai kelenjar sekresi yaitu keluarnya keringat, tempat berlangsungnya respirasi. Kulit mempunyai kelenjar minyak yang terdapat pada pangkal ekor (Koswara, 2009).

Menurut Wahyu (1997) lemak pada ayam menyebar dibawah kulit, hanya sedikit yang dibawah daging. Penimbunan lemak tubuh pada ayam dipengaruhi banyak faktor. Faktor tersebut yaitu strain ayam, jenis kelamin, umur, kualitas ransum, serta faktor lingkungan seperti kandang, musim, temperatur, serta kelembapan. Sejalan dengan Wahyu (1997), Supratman dan Abun (2009) juga menjelaskan bahwa pakan akan mempengaruhi akumulasi dan penyebaran total lemak kulit ke dalam bagian-bagian tubuh ternak.

Pembentukan lemak kulit terjadi adanya kandungan energi yang digunakan dalam tubuh berasal dari karbohidrat dan cadangan lemak.

Meliandasari (2013) juga mengatakan bahwa deposisi lemak ayam broiler umumnya disimpan dalam bentuk lemak di rongga perut dan dibawah kulit.

Menurut Mulyani (2003) sumber utama pada pakan broiler adalah karbohidrat dan lemak. Anggorodi (1992) dalam Sri Hartati juga menjelaskan bahwa kandungan lemak dalam tubuh ternak diperoleh dari kelebihan energi yang dikonsumsi. Sehingga semakin tinggi kandungan energi yang dikonsumsi maka akan semakin tinggi juga kandungan lemak dalam tubuh.

Dilihat dari karakteristik ayam broiler menurut Suprijatna (2008) yaitu bersifat tenang, bentuk tubuh besar, pertumbuhan ayam cepat, bulu merapat ke tubuh ternak, kulit ayam putih, dan produksi telur rendah. Dengan karakteristik broiler yang dapat bertumbuh dengan cepat maka ayam akan mengonsumsi pakan lebih banyak sehingga dapat mempengaruhi persentase lemak dalam tubuhnya. Azizah N.A., Mahfudz dan Sunarti (2017) juga menambahkan pertumbuhan ayam broiler yang cepat diikuti oleh pertumbuhan lemak, bobot badan yang tinggi berhubungan dengan penimbunan lemak tubuh yang tinggi pula. Jenis ayam kampung memiliki rerata kandungan lemak kulit terendah.

Menurut (Widiarti, 2014) ayam kampung tidak mempunyai ciri spesifik yang khas, dalam hal ini keragaman fenotipe maupun genotipe-nya. Iswanto (2002) juga menjelaskan bahwa kekurangan dari ayam kampung adalah pertumbuhan dan perkembangannya relatif lambat. Ditambahkan oleh Amlia, Pagala, dan Rahim (2016) bahwa lambatnya pertumbuhan

ayam kampung dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah faktor genetik. Seperti yang telah dijelaskan bahwa perkembangan ayam akan memengaruhi konsumsi pakan sehingga akan berpengaruh juga pada penimbunan lemak pada tubuh ayam.

Kandungan lemak kulit pada berbagai jenis ayam konsumsi berpengaruh nyata dengan hasil persentase terendah pada ayam kampung dengan rerata 7,67% dan hasil persentase tertinggi pada ayam broiler dengan rerata 10,60% (Rakhmawati, 2009). Sedangkan menurut Ai'dah Husnala (2023) kandungan lemak per 100 gram kulit ayam sebanyak 44,20%

1.3.2 Trigliserida

Lemak adalah salah satu kelompok senyawa organik yang terdapat dalam tumbuhan, hewan atau manusia dan yang sangat berguna bagi kehidupan manusia. Lemak tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik seperti ester, aseton, kloroform, dan benzena. Lemak merupakan sekumpulan senyawa non-heterogen yang meliputi asam lemak dan turunannya, lemak netral (trigliserida), fosfolipid serta sterol. Suatu zat yang kaya akan energi dan sebagai penyumbang energi terbesar dibanding dengan zat gizi makro lainnya (Poedjiadi, A., 2006).

Trigliserida atau yang sering disebut triasilgliserol adalah salah satu jenis lemak yang terdapat dalam darah dan berbagai organ tubuh (Soeharto I, 2001). Trigliserida dibentuk dari gliserol dan lemak yang ada dalam makanan yang dikonsumsi secara berlebihan. Kelebihan kalori diubah menjadi trigliserida yang disimpan dibawah kulit, sehingga asupan kalori yang lebih tinggi dari yang

dibutuhkan mampu meningkatkan pembentukan trigliserida (Dalimartha S, 2011). Trigliserida berfungsi sebagai transpor dan penyimpanan lemak, trigliserida juga digunakan sebagai sumber energi utama didalam tubuh salah satunya untuk menyediakan energi bagi proses metabolik (Wowor F.J, 2013).

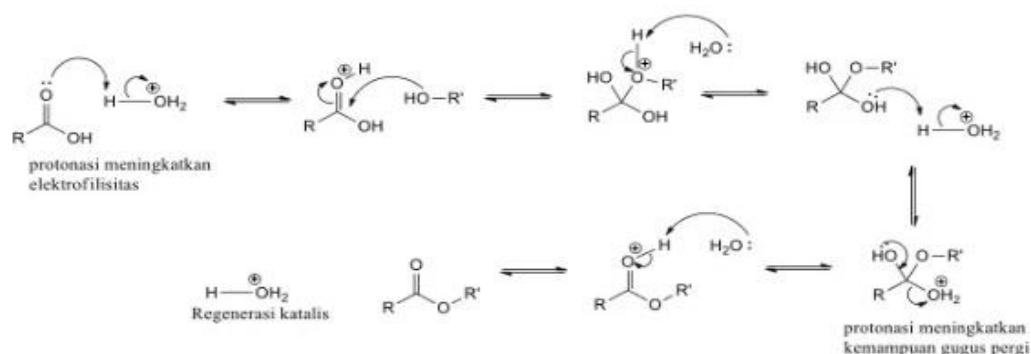
1.3.3 Macam- Macam Proses

Proses pembuatan biodiesel secara komersial dapat dilakukan dengan beberapa reaksi.

1. Proses Esterifikasi

Esterifikasi adalah reaksi asam lemak bebas dengan alkohol membentuk ester dan air. Esterifikasi biasanya dilakukan jika minyak yang diumpankan mengandung asam lemak bebas tinggi (>5%). Katalis yang biasa digunakan adalah zat berkarakter asam kuat misalnya, asam sulfat, asam sulfonat organik atau resin penukar kation asam kuat merupakan katalis yang biasa digunakan dalam praktek industri (Soerawidjaja, 2006).

Dalam mendorong reaksi bisa berlangsung ke konversi yang sempurna pada temperatur rendah (misalnya paling tinggi 120°C), reaktan metanol harus ditambahkan dalam jumlah yang sangat berlebih dan air produk yang ikut bereaksi harus disingkirkan dari fasa reaksi, yaitu fasa minyak. Melalui kombinasi-kombinasi yang tepat dari kondisi-kondisi reaksi dan metode penyingkiran air, konversi sempurna asam-asam lemak ke metil esternya dapat dituntaskan dalam waktu 1 sampai beberapa jam. Mekanisme reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester dengan menggunakan katalis asam dapat dilihat sebagai berikut.



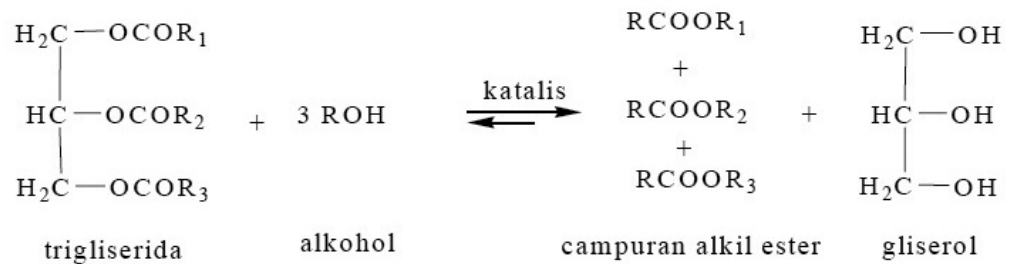
(Soerawidjaja, 2006)

Gambar 1. 7 Reaksi Esterifikasi Trigliserida Dengan Metanol

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi reaksi esterifikasi pada biodiesel diantaranya pengaruh katalis, perbandingan mol metanol dan asam lemak bebas, suhu, waktu, konversi, dan kandungan air yang terdapat pada minyak (Soerawidjaja, 2006).

2. Proses Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah suatu proses tahapan konversi dari minyak nabati (trigliserida) yang bereaksi dengan alkohol rantai pendek menghasilkan alkil ester dengan produk samping berupa gliserol. Reaksi transesterifikasi secara umum adalah:



(Marnoto, 2011)

Gambar 1. 8 Reaksi Transesterifikasi Trigliserida Dengan Alkohol

Komponen utama dari minyak nabati yaitu trigliserida yang jika di reaksi dengan alkohol, maka ketiga rantai asam lemak akan terbebas dari struktur gliserol dan bergabung dengan alkohol untuk menghasilkan asam lemak alkil ester.

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi bolak balik yang relatif lambat. Untuk mempercepat jalannya reaksi dan meningkatkan hasil, proses dilakukan dengan pengadukan yang baik, penambahan katalis dan pemberian reaktan berlebih agar reaksi bergeser ke kanan. Secara umum faktor-faktor yang memengaruhi reaksi transesterifikasi adalah pengadukan, suhu, katalis, perbandingan pereaksi dan waktu reaksi.

Tabel 1. 8 Perbandingan proses pembuatan biodiesel

No.	Parameter	Proses Esterifikasi	Proses Transesterifikasi
1	Suhu (C)	65	
2	Waktu reaksi (menit)	180	
3	Kecepatan pengadukan (rpm)	-	
4	Katalis	H ₂ SO ₄	CaO
5	Rasio minyak:alkohol	1 : 24 mol	-
6	Konversi	67,41%	
7.	Kelemahan	Hasil biodiesel yang dihasilkan rendah yaitu 67,41%, dengan waktu reaksi yang lama	
8.	Kelebihan	Jumlah katalis yang digunakan lebih sedikit	
9.	Sumber	Devi, T.R.P.S., Nurhayati, N. dan Linggawati, A., 2015.	

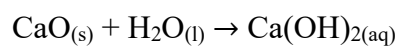
Tabel 1. 9 Perbandingan Proses Transesterifikasi Biodiesel

No.	Parameter	Proses Transesterifikasi 1	Proses Transesterifikasi 2
1	Suhu (C)	60	70
2	Waktu reaksi (menit)	60	90
3	Kecepatan pengadukan (rpm)	500	2000

No.	Parameter	Proses Transesterifikasi 1	Proses Transesterifikasi 2
4	Katalis	KOH	CaO
5	Rasio minyak:alkohol	4:1 volume	1:6 mol
6	Konversi	88%	91% - 97,5%
7	Kelemahan	Korosif, berbahaya (merusak kulit dan mata), mencemari lingkungan, serta menghasilkan reaksi samping saponifikasi dan emulsi	Harga lebih mahal
8	Kelebihan	Harga lebih murah	Ramah lingkungan, tidak korosif, mudah dipisahkan
9	Sumber	Azis, 2014	Marnoto, 2011

1.3.4 Reaksi Hidrolisis

Kalsium hidroksida adalah senyawa kimia dengan rumus kimia Ca(OH)_2 . Kalsium hidroksida dihasilkan melalui reaksi kalsium oksida (CaO) dengan air. Secara umum reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut



Reaksi antara CaO dengan H_2O terjadi di reaktor, CaO dengan berupa serbuk bereaksi kuat dengan air yang terkandung dalam kulit ayam dan etanol.

1.3.5 Pemilihan Proses

Melihat perbandingan reaksi pada tabel 1 maka reaksi yang dipilih adalah reaksi transesterifikasi dengan menggunakan katalis berupa CaO dengan pertimbangan sebagai berikut.

- a. Katalis CaO lebih efisien dan maksimal untuk menghasilkan biodiesel.
- b. Konversi yang dihasilkan lebih tinggi.
- c. Hasil samping produk yang dihasilkan lebih ramah lingkungan.

1.3.5 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif dari sumber terbarukan (*renewable*), dengan komposisi ester asam lemak dari minyak nabati antara lain: minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak jarak pagar, minyak biji kapuk, dan masih ada lebih dari 30 macam tumbuhan Indonesia yang potensial untuk dijadikan biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar mesin diesel yang berasal dari minyak yang bisa diperbarui yaitu minyak nabati atau hewani dan dapat bekerja pada mesin diesel konvensional, sekalipun tanpa perlu ada modifikasi ataupun dengan penambahan *converter kit* (Kussuryani, Y. and Anwar, C., 2009).

Biodiesel dapat dimanfaatkan sebagai pencampur minyak solar atau sebagai salah satu pengganti minyak solar/minyak diesel, baik untuk bahan bakar transportasi maupun industri. Penggunaan biodiesel juga akan menggantikan bau dari asap knalpot petrodiesel yang tidak menyebabkan iritasi pada mata. Biodiesel bebas timbel dan benzena karsinogenik, selain itu bersifat *biodegradable*. Uji yang dilakukan oleh Universitas Idaho menunjukkan bahwa pada larutan encer biodiesel

dapat terdegradasi 95 persen setelah 28 hari, di mana solar dalam waktu yang sama hanya 40 persen saja. Biodiesel pada lingkungan akuatik terdegradasi 85,5-88,5 persen, sama seperti gula (*dextrose*), sedang solar hanya 26,24 persen yang bisa terdegradasi (Kussuryani, 2009).

Biodiesel memiliki sifat fisik serupa dengan solar, namun dengan beberapa kelebihan, yaitu merupakan energi terbarukan dan ramah lingkungan. Hasil penelitian membuktikan, campuran antara biodiesel (30 persen) dan solar (70 persen) menghasilkan kinerja mesin yang tidak jauh berbeda dibandingkan menggunakan bahan bakar 100 persen solar. Saat ini, biodiesel telah digunakan sebagai pembangkit listrik pada pabrik kelapa sawit yang ada. Beberapa negara seperti Afrika dan Amerika Latin sudah menggunakan biodiesel secara besar-besaran, demikian pula di Amerika Serikat (AS) dan Australia. Di Jerman, biodiesel bahkan sudah dipakai langsung baik untuk kendaraan maupun mesin industri.

Tabel 1. 10 Syarat mutu biodiesel SNI 7182-2015

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1	Massa jenis pada 40°C	Kg/m ³	850 – 890
2	Viskositas <i>kinematic</i> pada 40°C	mm ² /s(cSt)	2,3 – 6,0
3	Angka setana	min	51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C, min	100
5	Titik kabut	°C, maks	18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 C)		nomor 1

No.	Parameter	Satuan	Nilai
7	Residu karbon -dalam percontohan asli; atau -dalam 10% ampas destilasi	%-massa, maks	0,05 0,3
8	Air dan sedimen	%-volume, maks	0,05
9	Temperature distilasi 90%	°C, maks	360
10	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02
11	Belerang	mg/kg, maks	50
12	Fosfor	mg/kg, maks	4
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02
15	Gliserol total	%-massa, maks	0,24
16	Kadar estil meter	%-massa, min	96,5
17	Angka iodium	%-massa (g-I ₂ /100 g), maks	115
18	Kestabilan oksidasi Periode induksi metode <i>rancimat</i> atau <i>Periodie petro oksidasi</i>	menit	480 36
19	Monogliserida	%-massa, maks	0,8

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Nilai ΔH°_f dan ΔG°_f masing-masing komponen pada suhu 298,15 K dan tekanan 1 atm dapat dilihat pada tabel 1.11.

Tabel 1. 11 Nilai ΔH°_f dan ΔG°_f

Komponen	Harga ΔH°_f (KJ/kmol)	Harga ΔG°_f (KJ/kmol)
trigliserida	-1509,06	-177,72
etanol	-288,30	-0,000016785
CaO	-635,09	-603,3
Ca(OH) ₂	-986,09	-897,5
Biodiesel	-1.483,33	-18,713,99
Gliserol	-676,60	-44,879,31
Air	-285,83	-0,000022859

Setelah mengetahui harga ΔH°_f dan ΔG°_f pada masing masing komponen. Kemudian menghitung nilai entalphy dan energi gibbs keseluruhan dengan rumus:

$$\Delta H^\circ_r (298) = \Delta H^\circ_f \text{produk} - \Delta H^\circ_f \text{reaktan}$$

$$\Delta G^\circ_r (298) = \Delta G^\circ_f \text{produk} - \Delta G^\circ_f \text{reaktan}$$

(Yaws, 1999)

Untuk nilai ΔH°_f dan ΔG°_f dikalikan dengan koefisien reaksi masing masing komponen. Berikut rumus akhirnya:

$$\Delta H^\circ_r (298) = (\text{Koefisien} \times \Delta H^\circ_f \text{produk}) - (\text{Koefisien} \times \Delta H^\circ_f \text{reaktan})$$

$$\Delta G^\circ_r (298) = (\text{Koefisien} \times \Delta G^\circ_f \text{produk}) - (\text{Koefisien} \times \Delta G^\circ_f \text{reaktan})$$

Berikut reaksi-reaksi yang terjadi dalam pembuatan biodiesel pada suhu 298,15 K dan nilai ΔH°_r dan ΔG°_r , tersaji pada tabel 1.12 dan tabel 1.13 berikut.

Tabel 1. 12 Reaksi Pada Suhu 298,15 K dan Nilai ΔH°_r

No	Reaksi	$\Delta H^\circ_{\text{Produk}}$	$\Delta H^\circ_{\text{Reaktan}}$	ΔH°_r
1	$R_3(\text{COO})_3\text{H}_5 + 3 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow 3\text{R COOC}_2\text{H}_5 + \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$	-5.126,59	-2.373,96	-2.752,63
2	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$	-986.09	-920.92	-65.17

Tabel 1. 13 Reaksi Pada Suhu 298,15 K dan Nilai ΔG°_r

No	Reaksi	$\Delta G^\circ_{\text{Produk}}$	$\Delta G^\circ_{\text{Reaktan}}$	ΔG°_r
1	$R_3(\text{COO})_3\text{H}_5 + 3 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow 3\text{R COOC}_2\text{H}_5 + \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$	-1.010,213	-177,723	-832,489
2	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$	-897,5	-603,300	-294,199

Reaksi utama pada pembuatan Biodiesel yaitu reaksi (1), sedangkan untuk reaksi (2) merupakan reaksi samping yang terjadi bersama reaksi (1). Reaksi (1) ΔH°_r bernilai negatif yaitu -2.752,63 KJ/mol maka dapat disimpulkan bahwa reaksi (1) bersifat eksotermis . Nilai energi bebas gibbs ΔG°_r reaksi (1) pada suhu 298,15 K bernilai negatif yaitu -832,489 KJ/mol sehingga reaksi ini spontan.

Reaksi samping pada pembuatan Biodiesel yaitu reaksi (2). Reaksi (2) ΔH°_r bernilai negatif yaitu -65.170 KJ/mol maka dapat disimpulkan bahwa reaksi (2) bersifat eksotermis . Nilai energi bebas gibbs ΔG°_r reaksi (2) pada suhu 298,15 K

bernilai negatif yaitu -294,199 KJ/mol sehingga reaksi ini spontan. Berdasarkan persamaan 14.14 dari Smith Van Ness (1997).

$$\Delta G^{\circ} = -R.T \ln K \quad \mathbf{1.0}$$

Dimana :

ΔG° : Energi bebas gibbs standar suatu reaksi pada suhu 298 K (KJ/mol)

R : Konstanta gas (R = 8,314 KJ/kmol-K)

T : Temperatur (K)

K : Konstanta kesetimbangan

Karena ΔG° bernilai negatif maka berdasarkan persamaan (1.1) nilai K lebih dari 1 sehingga reaksi bersifat spontan ke arah produk.

$$\Delta G^{\circ}_{r1} = -R.T \ln K \quad \mathbf{1.1}$$

$$\ln K_{298,15\text{ K}} = -\frac{\Delta G^{\circ}_{r1}}{RT} \quad \mathbf{1.2}$$

$$\ln K_{298,15\text{ K}} = \frac{-(-832,489)}{-(8.314)(298,15)}$$

$$\ln K_{298,15\text{ K}} = 0,3358$$

$$K_{298,15\text{ K}} = e^{0,3358}$$

$$K_{298,15\text{ K}} = 1,3991$$

$$\ln \frac{K_{343,15\text{ K}}}{K_{298,15\text{ K}}} = \frac{\Delta H^{\circ}_{r1}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad \mathbf{1.3}$$

$$K_{343,15\text{ K}} = e^{\ln K_{298,15} + \left(\frac{-2.752,63}{8,314} \left(\frac{1}{343,15} - \frac{1}{298,15} \right) \right)}$$

$$K_{343,15\text{ K}} = e^{1,5447}$$

$$K_{343,15\text{ K}} = 4,6868$$

Karena konstanta kesetimbangan $K_{343,15\text{ K}}$ reaksi 1 relatif besar, maka reaksi cenderung berlangsung ke kanan (*irreversible*). Sedangkan untuk $\Delta G^\circ_r 2$ bernilai negatif maka berdasarkan persamaan (1.1) nilai K lebih dari 1 sehingga reaksi bersifat spontan ke arah produk.

$$\Delta G^\circ_{r2} = -R.T \ln K \quad \mathbf{1.4}$$

$$\ln K_{298,15\text{ K}} = -\frac{\Delta G^\circ_{r2}}{RT} \quad \mathbf{1.5}$$

$$\ln K_{298,15\text{ K}} = \frac{-(-294,199)}{-(8.314)(298,15)}$$

$$\ln K_{298,15\text{ K}} = 0,0119$$

$$K_{298,15\text{ K}} = e^{0,0119}$$

$$K_{298,15\text{ K}} = 1,1260$$

$$\ln \frac{K_{343,15\text{ K}}}{K_{298,15\text{ K}}} = \frac{\Delta H^\circ_{r2}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad \mathbf{1.6}$$

$$K_{343,15\text{ K}} = e^{\ln K_{298,15} + \left(\frac{-65,170}{8,314} \left(\frac{1}{343,15} - \frac{1}{298,15} \right) \right)}$$

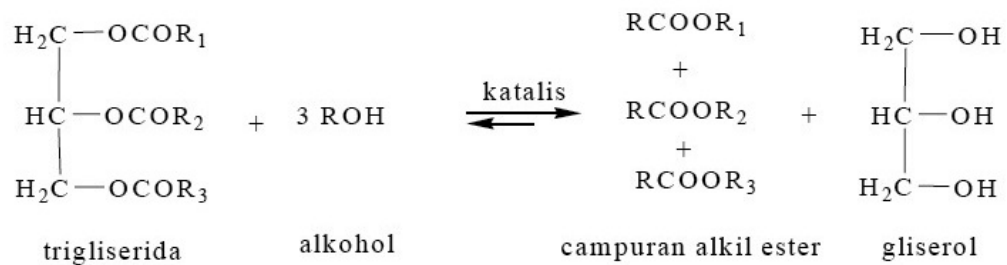
$$K_{343,15\text{ K}} = e^{1,1295}$$

$$K_{343,15\text{ K}} = 3,0939$$

Karena konstanta kesetimbangan $K_{343,15\text{ K}}$ reaksi 2 relatif besar, maka reaksi berlangsung searah (*irreversible*).

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Reaksi transesterifikasi minyak dengan etanol menggunakan katalis kapur tohor mengikuti persamaan reaksi sebagai berikut:



Gambar 1. 9 Reaksi Transesterifikasi Trigliserida Dengan Etanol

Persamaan kecepatan reaksi transesterifikasi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$-r_m = kC_M^m C_A^n \quad 1.7$$

Secara stoikiometri perbandingan mol minyak dan alkohol (1:3) jika alkohol berlebihan (>100%) maka persamaan kecepatan reaksi dapat ditulis sebagai berikut:

$$-r_M = k'C_M^m \quad 1.8$$

Reaksi dijalankan di dalam reaktor berpengaduk secara *batch*, dengan neraca massa komponen minyak di sekitar reaktor didapat persamaan sebagai berikut:

$$\frac{dC_M}{dt} = -r_M = k'C_M^m \quad 1.9$$

$$\ln\left(\frac{dC_M}{dt}\right) = \ln(-k') + m \ln C_M$$

$$C_M = C_{M,0} \cdot (1 - x) \rightarrow dC_M = -C_{M,0} dx$$

$$\frac{dx}{dt} = k' \cdot C_{M,0}^{m-1} (1 - x)^m \quad 1.10$$

Dimana:

CM = Konsentrasi minyak

T = Waktu reaksi

k' = Konstanta kecepatan reaksi

x = Konversi minyak

m = Order reaksi.

Apabila konstanta kecepatan reaksi mengikuti persamaan Archenius , dimana A adalah faktor tumbukan, E adalah energi aktivasi dan R adalah konstanta gas ideal, maka persamaan dapat ditulis sebagai berikut:

$$k' = A \cdot e^{\left(\frac{-E}{R.T}\right)}$$

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Bahan Baku

Ayam broiler yang baik adalah ayam broiler yang pertumbuhannya cepat, warna bulu putih, tidak terdapat bulu-bulu berwarna gelap, serta memiliki bentuk tubuh yang seragam. Ayam broiler yang dipasarkan umumnya pada bobot 2-2,6 kg per ekor ayam dengan umur 5-6 minggu (PT Charoen Pokphand).

Bagian dari ayam broiler yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel adalah bagian lemaknya. Lemak ayam broiler biasanya terdapat pada kulit dan daging, namun untuk pembuatan biodiesel digunakan lemak yang berada pada kulitnya. Persentase kulit yang terkandung dalam ayam broiler rata-rata adalah 22,29-23,75% (Ulupi, 2018).

2.2 Bahan Baku Tambahan

Selain kulit ayam boiler, dalam pembuatan biodiesel dibutuhkan bahan tambahan seperti spiritus dan CaO. (Marnoto and Efendi, 2011)

2.3. Spesifikasi Produk

Tabel 2. 1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Sifat Fisis	Bahan Baku		Bahan Pendukung	Produk	
	Lemak kulit ayam (trigliserida)	etanol	Kapur tohor	gliserol	biodiesel
Rumus molekul	$R_3-(COOC)_3H_5$	CH_3OH	CaO	$C_3H_8O_3$	$3RCOOC_2H_5$
Berat molekul, g/mol	936,55	32,04	56,08	92,094	296
Fase	Padat	Cair	Serbuk	Cair	Cair
<i>Specific gravity</i>	-	0,79		1,01-1,02 (25/25)	0,853 (60/60)
Titik didih, °C	-	64,7	2850	290	-
Titik nyala, °C	-	-	-	-	195
Densitas, g/cm ³	-	0,7918	3,34	1,26	0.87 g/ml

Sifat Fisis	Bahan Baku		Bahan Pendukung	Produk	
	Lemak kulit ayam (trigliserida)	etanol	Kapur tohor	gliserol	biodiesel
Viskositas, 40 °C	-	1,22 mPa.s	-	-	1,42
Kemurnian , %berat	-	99,85%	-	8,95% - 5,97%	91,05% - 94,03
Kelarutan	Tidak larut dalam air	Larut dalam air	larut dalam air	Larut dalam air	Tidak larut dalam air

2.4 Karakteristik Bahan

a. Karakteristik Bahan Baku dan Produk

Tabel 2. 2 Karakteristik Bahan Baku dan Produk

Bahan mentah		Bahaya							Informasi	Pengelolaan
		<i>E</i>	<i>F</i>	<i>T</i>	<i>C</i>	<i>I</i>	<i>O</i>	<i>R</i>		
Bahan baku	Limbah kulit ayam								Berbahaya bagi lingkungan karena tempat tumbuh kembang bakteri	
	Etanol		✓			✓			Iritasi pada mata	Jauhkan dari panas/percikan/api terbuka /permukaan yang panas. Dilarang merokok. Jaga wadah tertutup rapat. Ikat wadah dan peralatan penerima. Gunakan peralatan listrik/ ventilasi/ lampu yang tahan ledakan. Gunakan hanya alat

Bahan mentah	Bahaya							Informasi	Pengelolaan
	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>T</i>	<i>C</i>	<i>I</i>	<i>O</i>	<i>R</i>		
									yang tidak memicu percikan api.
Katalis	CaO			✓	✓	✓			Simpan dengan hidroksida, oksida, silikat dan karbonat. Simpan di tempat yang sejuk dan kering. Bahan sensitif lembab, simpan dim Kantong <i>Flinn Chem-Saf.</i> Simpan wadah tertutup rapat (P233). Gunakan hanya di tudung atau area yang

Bahan mentah		Bahaya							Informasi	Pengelolaan
		<i>E</i>	<i>F</i>	<i>T</i>	<i>C</i>	<i>I</i>	<i>O</i>	<i>R</i>		
										berventilasi baik (P271).
Produk	Biodiesel	✓	✓			✓			Wadah tertutup bisa meledak jika terkena panas ekstrem. <i>Flammable Liquid Category 4</i> Dapat menyebabkan iritasi ringan pada mata. Kontak dengan kulit dalam waktu lama dapat menyebabkan iritasi, kekeringan dan pecah-pecah pada kulit. Menghirup debu secara berlebihan dapat menyebabkan iritasi pada hidung, tenggorokan, dan iritasi saluran pernapasan bagian atas. Menelan dapat menyebabkan gangguan lambung, mual dan diare.	Simpan di tempat sejuk, jauh dari zat pengoksidasi dan bahan tidak kompatibel lainnya. Lindungi wadah dari kerusakan fisik.
	Gliserol	✓							Beresiko meledak dengan: <i>halogens</i> , Oksidator kuat, senyawa <i>peroxi</i> , <i>hydrogen peroxide</i> , <i>Nitril perchloric acid</i> , dengan,	

Bahan mentah	Bahaya							Informasi	Pengelolaan
	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>T</i>	<i>C</i>	<i>I</i>	<i>O</i>	<i>R</i>		
								Timbal oksida Asam nitrat, dengan, asam sulfat Bukan bahan atau campuran berbahaya menurut Peraturan (EC) No 1272/2008.	
Produk samping	Ca(OH) ₂	✓						Beresiko meledak dengan: melebur, dengan, Aluminium.	Simpan dengan asetat, halida, sulfat, sulfit, tiosulfat, dan fosfat. Simpan di tempat kering dan sejuk
	Air								
	FFA			✓				Toksik pada kehidupan perairan dengan efek jangka panjang.	Hindari pelepasan ke lingkungan. Kumpulkan tumpahan. Buang isi/ wadah ke tempat pembuangan

Bahan mentah	Bahaya							Informasi	Pengelolaan
	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>T</i>	<i>C</i>	<i>I</i>	<i>O</i>	<i>R</i>		
									limbah yang disetujui.
Kulit ayam kering								Tidak berbahaya bagi lingkungan karena tidak mengandung air dan minyak lagi.	

Keterangan:

E : Esplosive

F : Flammable

T : Toxic

C : Corrosive

I : Irritant

O : Oxidizing

R : Radioactive

b. Karakteristik Limbah

Produk samping yang dihasilkan berupa gliserol yang biasa dimanfaatkan dalam industri kosmetik dan farmasi. Menurut Peraturan (EC) No 1272/2008

gliserol tidak termasuk bahan atau campuran yang berbahaya. Produk utama yang dihasilkan berupa biodiesel tidak menghasilkan emisi karbon monoksida, sulfur, hidrokarbon, dan asap pada keluaran proses dan pada pembakaran biodiesel tidak menambah tingkat level CO₂ pada atmosfer (Qin Shu, dkk. 2006). Limbah yang dihasilkan seperti Ca(OH)₂, FFA dan ampas kulit ayam, itu akan disalurkan ke bagian pengelolaan limbah yang telah tersedia dalam lokasi pabrik.

2.5 Pengendalian Kualitas

Untuk mendirikan pabrik biodiesel, perlu dilakukan pengendalian kualitas. Pengendalian kualitas (*quality control*) pabrik biodiesel yang dimaksud antara lain, pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses produksi, pengendalian bahan baku, pengendalian kualitas produk dan pengendalian waktu.

2.5.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengujian terhadap kualitas bahan baku dilakukan untuk mengetahui seberapa baik kualitas bahan baku yang digunakan telah sesuai dengan spesifikasi. Maka dari itu, pengujian bahan baku penting untuk menghasilkan kualitas produk yang baik.

2.5.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Pengendalian kualitas pada proses produksi bertujuan untuk menjaga produk yang dihasilkan. Pengendalian ini sudah harus dilakukan dari mulai bahan baku sampai menjadi produk. Pengawasan bukan hanya dilakukan dilaboratorium tetapi juga di alat *control*. Pengawasan dan pengendalian terhadap jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang terdapat pada *control room* atau ruang pengawasan, pengawasan dilakukan secara *automatic control* dengan menggunakan indikator. Apabila sinyal atau tanda yang diberikan yaitu nyala

lampu, bunyi alarm dan sebagainya menyala, maka itu merupakan tanda terjadinya penyimpangan pada indicator yang telah di tetapkan dan di atur baik dari *flow rate* bahan baku atau produk, *level control*, dan *temperature control*.

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

a. *Level Control*

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

b. *Flow control*

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

c. *Temperature control*

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

d. *Level indicator*

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

e. *Pressure control*

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

f. *Weight controller*

Weight controller merupakan alat yang memiliki *set point* atau batasan nilai berat yang sudah ditetapkan berdasarkan batas maksimum kemampuan dari alat penampung. Alat ini bertugas menunjukkan nilai berat bahan dalam alat penampung, informasi terkait nilai yang ditujukan ini akan diteruskan ini akan diteruskan ke alat *Flow Controller* untuk ditinjau lebih lanjut.

g. *Ratio control*

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

proses produksi dilakukan. Pengawasan ini dilakukan demi kelancaran proses dengan baik.

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

2.5.3 Pengendalian Bahan Proses

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

2.5.4 Pengendalian Kualitas Produk

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

2.5.5 Pengendalian Waktu

Pengendalian waktu dilakukan untuk memaksimalkan waktu yang akan digunakan selama proses produksi berlangsung, sehingga didapatkan kualitas

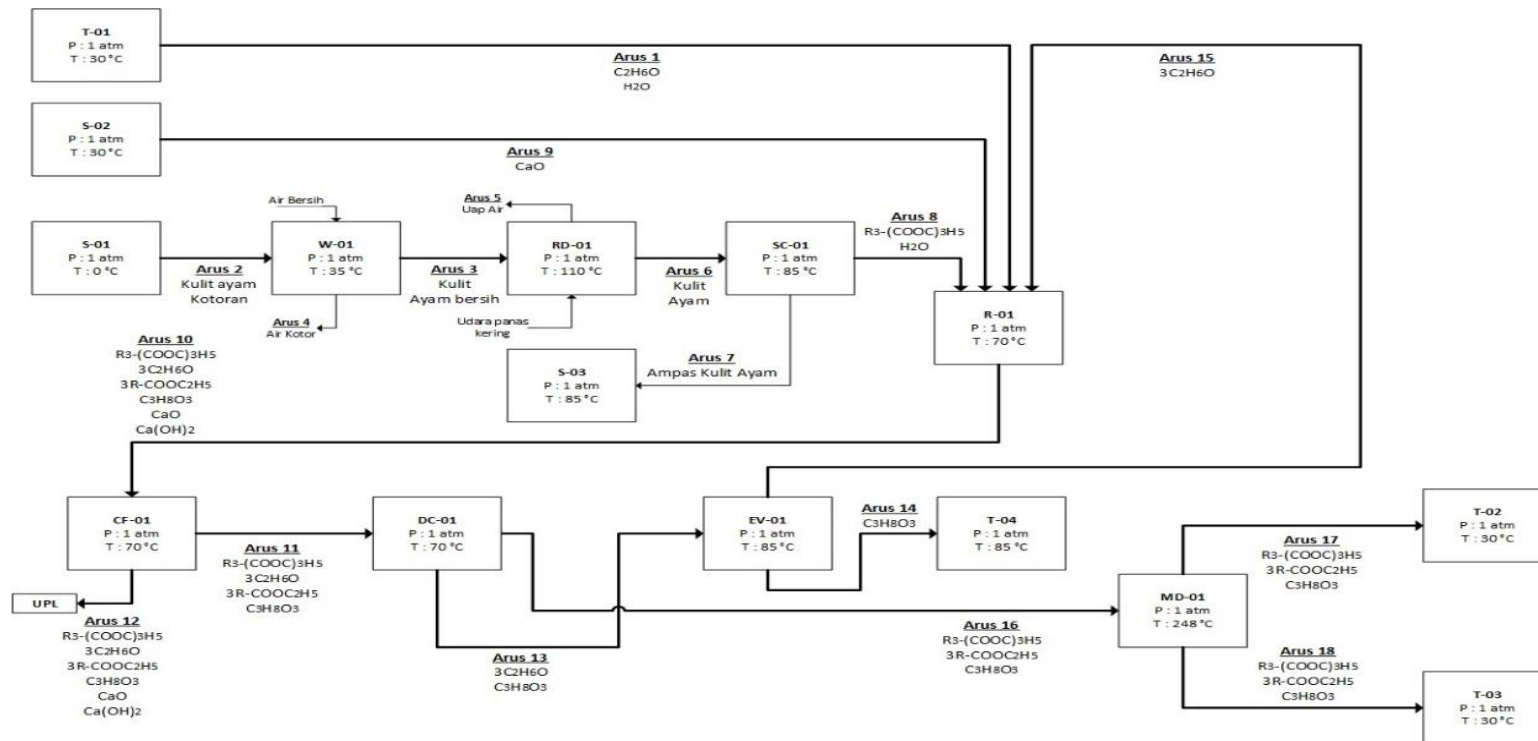
produk biodiesel sesuai yang diinginkan, sehingga setiap target massa produksi sesuai dengan waktu produksi yang diinginkan, seperti waktu produksi, perawatan dan optimalisasi waktu penyimpanan bahan baku atau produk di alat.

BAB III

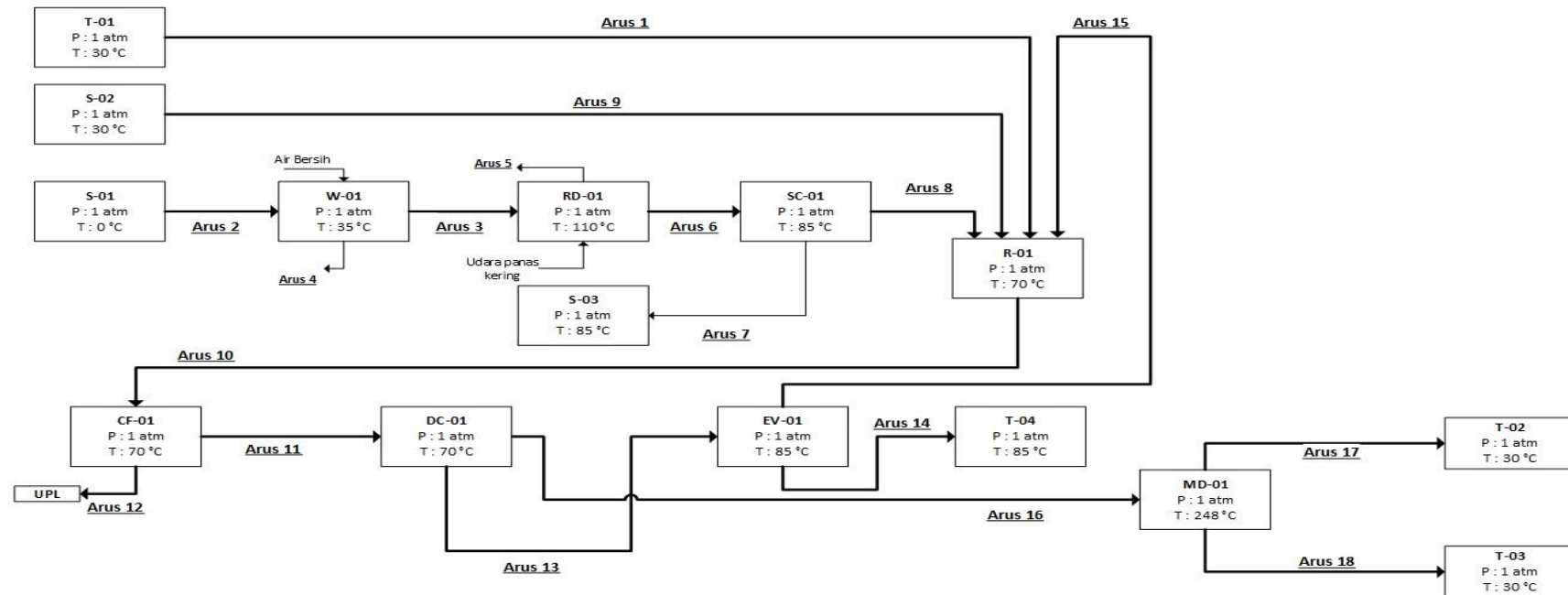
PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Komponen	No. Arus (Kg/jam)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Etanol	483.68									249.87	249.62	0.25	249.62	62.40	249.62			
Trigliserida							14.90	1490.44		104.33	103.83	0.50				103.83	0.83	103.00
Biodiesel										1464.27	1464.25	0.01				1464.25	1452.24	12.01
Gliserol										155.64	153.61	2.03	62.40			91.21	0.02	91.19
Kalsium Oksida									95.34	24.53		24.53						
Kalsium Hidroksida										93.55		93.54						
Air	19.35	11901.32	3613.12	8288.20	3606.36	6.76	3.38	3.38										
Kulit Ayam		3372.04	3372.04			3372.04												
Ampas							3372.04											
Kotoran		900.23		900.23														
TOTAL	503.03	16173.59	6985.16	9188.43	3606.36	3378.80	3390.32	1493.82	95.34	2092.18	1971.31	120.87	312.02	62.40	249.62	1659.29	1453.09	206.19

3.2 Uraian Proses

Proses pembuatan biodiesel (*Ethyl Ester*) dari limbah kulit ayam broiler dilakukan tahapan reaksi transesterifikasi. Pada prinsipnya, proses transesterifikasi adalah mengeluarkan gliserin dari minyak dan mereaksikan asam lemak bebasnya dengan alkohol menjadi alkohol ester (*Fatty Acid Methyl Ester*) atau biodiesel (Yoeswono, dkk, 2008). Penggunaan gliserol harus dipisahkan dengan katalis yang digunakan.

Secara keseluruhan proses pembuatan biodiesel dari limbah kulit ayam dan metanol dengan proses transesterifikasi dilaksanakan melalui tiga tahapan, yaitu

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan produk
3. Tahap pemurnian produk

3.2.1 Tahap persiapan bahan baku

Limbah kulit ayam broiler bermutu yaitu pada umur 5 minggu karena kandungan lemak pada kulit yang dihasilkan mencapai 44,20%. Pengolahan limbah kulit ayam broiler akan menghasilkan rendemen biodiesel 91,05 - 94,03%. Kapasitas pabrik yang didirikan yaitu 12.000 ton/ tahun.

3.2.2 Tahap pembentukan bahan baku

Kulit ayam broiler basah setelah itu dikeringkan menggunakan *conveyor drying* dengan suhu 75°C hingga kadar air dalam minyak kurang dari 1%. Jika kulit ayam broiler mengandung kadar air yang tinggi mengakibatkan reaksi samping yaitu hidrolisis antara trigliserida dengan air yang menghasilkan asam lemak bebas

yang dapat mengganggu reaksi pembentukan biodiesel. Selanjutnya kulit ayam broiler dan metanol direaksikan dengan suhu 70°C menggunakan katalis CaO 5-6% dari minyak dengan waktu reaksi 90 menit. Rasio minyak dengan etanol adalah 1 : 6 mengikuti reaksi orde satu.

Jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan kecepatan pengadukan 2000 rpm dan kondisi dijaga konstan. Konversi minyak yang bereaksi antara 0,9105 dan 0,9403. Kualitas biodiesel dari lemak ayam broiler adalah viskositas kinematik 40 °C = 1,42 mm/cst, *specific gravity* 60/60 °C = 0,853, *flash point* = 195 °C dan *pour point* = 5 °C, nilai tersebut telah memenuhi batas minimum dan maksimum bahan bakar mesin diesel.

3.2.3 Tahap pemurnian produk

Pemisahan etanol dengan air menggunakan evaporator karena yang dibutuhkan etanol murni tanpa pengotornya, untuk di *recycle*. Kemudian dibutuhkan juga alat menara distilasi pada pemurnian biodiesel, sebagian kecil minyak trigliserida dan gliserol bagian atas. Sedangkan, sebagian besar trigliserida dan gliserol (residu) bagian bawah.

Setelah melakukan reaksi trigliserida dan etanol dengan bantuan katalis CaO selama 90 menit pada reaktor alir tangki berpengaduk, produk yang dihasilkan yaitu biodiesel, trigliserida dan gliserol. Kemudian untuk pemisahan menggunakan menara distilasi, hasil bawah berupa gliserol, trigliserida dan sebagian kecil biodiesel dan hasil atas berupa produk utama biodiesel 98,5%.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Alat Reaktor

a. Reaktor 1

Tabel 3. 1 Spesifikasi alat reaktor

Spesifikasi alat reaktor	
Kode	R-01
Fungsi	Mereaksikan trigliserida dengan etanol menggunakan katalis CaO
Jenis/Tipe	RATB
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel 316</i>
Kondisi Operasi	
Suhu, °C	70
Tekanan, atm	1
Dimensi Reaktor	
Volume, m^3	39,661
Tinggi, m	4,545
Diameter <i>Shell</i> , m	3,459
Tinggi <i>Shell</i> , m	3,459
Tebal <i>Shell</i> , in	0,437
Head and Bottom	
Tipe	<i>Torispherical flanged & dished head</i>
Tebal, in	0,250
Tinggi, m	0,542
Pengaduk	
Tipe	Turbin 6 <i>blade</i>
Diameter, m	1,160
Tinggi Pengaduk, m	4,527
Kecepatan pengadukan, rpm	68
<i>Power</i> , hp	25

3.3.2 Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung

a. Rotary Dryer

Tabel 3. 2 Spesifikasi alat rotary dryer

Spesifikasi Umum Rotary Dryer	
Kode :	RD-01
Fungsi :	Menguapkan air dan FFA hingga kadar 1 % dan mengeringkan kulit ayam

Spesifikasi Umum <i>Rotary Dryer</i>	
Tipe/ Jenis :	<i>Single Shell Heat Rotary Dryer</i>
Bahan :	<i>Stainless Steel 316</i>
Kondisi Operasi	
Tekanan Operasi, atm	1
Suhu Padatan Masuk, °C	30
Suhu Padatan Keluar, °C	86
Suhu Udara Masuk, °C	110
Suhu Udara Keluar, °C	62
Konstruksi dan Material	
Diameter, m	1,820
Panjang, m	13,334
Volume, m^3	34,659
Power, Hp	4,802

b. Menara Distilasi

Tabel 3. 3 Spesifikasi alat menara distilasi

Spesifikasi Menara Distilasi		
Kode :	MD-01	
Fungsi :	Memurnikan biodiesel	
Jumlah :	1	
Tipe :	Plate to plate sieve tray	
Kondisi Operasi		
Suhu, °C	Umpan	247
	Destilat	246
	Bottom	263
Tekanan, atm	Umpan	1
	Destilat	1
	Bottom	1
Data Design		
Diameter, m		1
Tebal, in		0,188
Tinggi, m		31
Head		

Spesifikasi Menara Distilasi	
Tipe	<i>Torishperical flanged and dished head</i>
Tebal, in	0,188
Plate	
Tipe	<i>Sieve Tray</i>
Tebal, mm	3
Diameter <i>Hole</i> , mm	8

c. *Screw Press*

Tabel 3. 4 Spesifikasi alat *screw press*

Spesifikasi Umum <i>Screw Press</i>	
Kode :	SP-01
Fungsi :	Memisahkan minyak dari padatan kulit ayam
Tipe/ Jenis :	<i>Screw Press</i>
Kondisi Operasi	
Suhu, °C :	40
Tekanan, atm :	1
Konstruksi dan Material	
Diameter, ft	1,3334
Volume, ft ³	6,4668
Panjang, ft	18, 7711
Jumlah Putaran, rpm	0,1205
Power, HP	0,75

d. *Centrifuge*

Tabel 3. 5 Spesifikasi alat *centrifuge*

Spesifikasi Umum <i>Centrifuge</i>	
Kode :	C-01
Fungsi :	Memisahkan Kapur Tohor dari Biodiesel kotor dengan kekeringan <i>cake</i> 80%
Tipe/ Jenis :	<i>Nozzle Discharge</i>
Bahan :	<i>Stainless Steel</i>
Kondisi Operasi	
Suhu, °C :	70
Tekanan, atm :	1

Spesifikasi Umum <i>Centrifuge</i>	
Konstruksi dan Material	
Diameter <i>Bowl</i> , m	0,254
Panjang <i>Bowl</i> , m	0,762
Kecepatan Putar, rpm	10.000,483
<i>Power</i>	20

e. *Washer*

Tabel 3. 6 Spesifikasi alat *washer*

Spesifikasi Umum <i>Washer</i>	
Kode :	W-01
Fungsi :	Mencuci padatan kulit ayam untuk menghilangkan debu dan kotoran yang menempel
Tipe/ Jenis :	<i>Continous rotary drum washer</i>
Bahan :	<i>Stainless Steel</i>
Kondisi Operasi	
Suhu, °C :	30
Tekanan, atm :	1
Konstruksi dan Material	
Diameter, m	0,412
Panjang, m	0,824
Luas Penampang, m ²	1,066
Kecepatan Putar, rpm	0,001
<i>Power</i>	0,500

f. *Decanter*

Tabel 3. 7 Spesifikasi alat *Decanter*

Spesifikasi Umum <i>Decanter</i>	
Kode :	DC-01
Fungsi :	Memisahkan Gliserol, Etanol dari Biodiesel, Trigliserida berdasarkan perbedaan densitas dan polaritas
Tipe/ Jenis :	<i>Horizontal Cylinder Vessel</i>
Bahan :	<i>Stainless Steel</i>
Kondisi Operasi	
Suhu, °C :	70
Tekanan, atm :	1

Konstruksi dan Material	
Diameter, m	0,487
Panjang, m	1,461
Tebal <i>Shell</i> , m	0,005
Tebal <i>head</i> , m	0,135
Waktu tinggal	21,497
Umpan	0,042
Fase berat	0,073
Fase ringan	0,034
Tinggi Posisi Pipa	
Umpan	0,219
Fase berat	0,438
Fase ringan	0,427

3.3.3 Alat Penyimpanan Bahan Baku

a. Silo

Tabel 3. 8 Spesifikasi alat silo

Spesifikasi Umum <i>Silo</i>			
Kode	<i>SL-01</i>	<i>SL-02</i>	<i>SL-03</i>
Fungsi	Menyimpan bahan baku kulit ayam selama 2 hari	Menyimpan bahan baku padatan CaO	Menyimpan ampas kulit ayam selama 7 hari
Tipe/ Jenis	Silinder tegak dengan <i>cronical bottom and flat head</i>	Silinder tegak dengan <i>cronical bottom and flat head</i>	Silinder tegak dengan <i>cronical bottom and flat head</i>
Bahan	<i>Stainless steel SA 299 Grade 3 type 304</i>	<i>Stainless steel SA 299 Grade 3 type 304</i>	<i>Stainless steel SA 299 Grade 3 type 304</i>
Kondisi Operasi			
Tekanan Operasi, atm	1	1	1
Suhu, °C	0	30	30
Konstruksi dan Material			
Diameter, m	5,034	0,929	4,132
Tebal <i>shell</i> , m	0,006	0,004	0,005
Tebal <i>head</i> , m	0,008	0,006	0,009
Tinggi, m	12,065	1,919	9,832

b. Tangki

Tabel 3. 9 Spesifikasi alat tangki

Spesifikasi Umum Tangki		
Kode	<i>TP-01</i>	<i>TP-02</i>
Fungsi	Menyimpan bahan baku etanol	Menyimpan produk biodiesel
Tipe/ Jenis	<i>Vertical tank, flat bottom, torispherical roof</i>	<i>Vertical tank, flat bottom, torispherical roof</i>
Bahan	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Kondisi Operasi		
Tekanan Operasi, atm	1	1
Suhu, °C	30	30
Konstruksi dan Material		
Volume, m ³	234,056	456,563
Diameter, m	6,096	7,620
Tinggi, m	7,315	9,144
Jumlah course	5	5
Tebal shell, m	0,005	0,006
Head dan Bottom		
Jenis head	<i>Torispherical</i>	<i>Torispherical</i>
Tebal, m	0,006	0,011
Jenis bottom	<i>Flat bottom</i>	<i>Flat bottom</i>

Tabel 3. 10 Spesifikasi lanjutan tangki

Spesifikasi Lanjutan Tangki		
Kode	<i>TP-03</i>	<i>TP-04</i>
Fungsi	Menyimpan produk gliserol	Menyimpan produk gliserol
Tipe/ Jenis	<i>Vertical tank, flat bottom, torispherical roof</i>	<i>Vertical tank, flat bottom, torispherical roof</i>

Bahan	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Kondisi Operasi		
Tekanan Operasi, atm	1	1
Suhu, °C	30	30
Konstruksi dan Material		
Volume, m ³	98,951	20,551
Diameter, m	4,572	3,048
Tinggi, m	5,486	2,438
Jumlah <i>course</i>	4	1
Tebal <i>shell</i> , m	0,005	0,005
Head dan Bottom		
Jenis <i>head</i>	<i>Torispherical</i>	<i>Torispherical</i>
Tebal, m	0,005	0,005
Jenis <i>bottom</i>	<i>Flat bottom</i>	<i>Flat bottom</i>

3.3.4 Alat Transportasi Bahan

1. Pompa

Tabel 3. 11 Spesifikasi alat pompa

Spesifikasi Umum Pompa			
Kode	P-01	P-02	P-03
Fungsi	Mengalirkan etanol dari tangki-01 menuju reaktor	Mengalirkan trigliserida dari <i>screw press</i> menuju reaktor	Mengalirkan produk dari reaktor ke <i>centrifuge</i>
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan Kontruksi	<i>Carbon steel SA-283</i>	<i>Carbon steel SA-283</i>	<i>Carbon steel SA-283</i>
Kondisi Operasi			
Kapasitas, m ³ /jam	0,741	0,645	3,334

Spesifikasi Umum Pompa			
Rate Volumetrik, ft ³ /s	0,007	0,006	0,033
Kecepatan Aliran, ft/s	3,445	1,707	0,371
OD, in	0,840	1,050	4,5
ID, in	0,622	0,824	4,026
Efisiensi Pompa	0,15	0,15	0,15
Sch.no	40	40	40
Power Motor,hP	0,05	1	0,05

Tabel 3. 12 Spesifikasi lanjutan pompa

Spesifikasi Lanjutan Pompa			
Kode	P-04	P-05	P-06
Fungsi	Mengalirkan gliserol dari evaporator ke tangki	Mengalirkan produk dari <i>centrifuge</i> ke evaporator	Mengalirkan produk dari decanter ke MD
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan Kontruksi	<i>Carbon steel SA-283</i>	<i>Carbon steel SA-283</i>	<i>Carbon steel SA-283</i>
Kondisi Operasi			
Kapasitas, m ³ /jam	0,061	3,245	1,968
Rate Volumetrik, ft ³ /s	0,001	0,032	0,019
Kecepatan Aliran, ft/s	1,495	0,621	5,207
OD, in	0,405	3,5	1,05
ID, in	0,269	3,068	0,824
Efisiensi Pompa	0,15	0,15	0,15
Sch.no	40	40	40
Power Motor,hP	0,125	0,05	0,8

Tabel 3. 13 Spesifikasi lanjutan pompa

Spesifikasi Lanjutan Pompa		
Kode	P-07	P-08
Fungsi	Mengalirkan biodiesel dari MD menuju tangki penyimpanan	Mengalirkan gliserol dari MD ke tangki penyimpanan
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan Kontruksi	<i>Carbon steel SA-283</i>	<i>Carbon steel SA-283</i>
Kondisi Operasi		
Kapasitas, m ³ /jam	1,949	0,174
Rate Volumetrik, ft ³ /s	0,019	0,002
Kecepatan Aliran, ft/s	0,373	0,460
OD, in	2,38	1,05
ID, in	2,068	0,824
Efisiensi Pompa	0,15	0,15
Sch.no	40	40
Power Motor,hP	0,05	0,83

Tabel 3. 14 Spesifikasi lanjutan pompa

Spesifikasi Lanjutan Pompa	
Kode	P-09
Fungsi	Mengalirkan etanol dari evaporator menuju R-01
Jenis	Centrifugal pump
Bahan Kontruksi	<i>Carbon steel SA-283</i>
Kondisi Operasi	
Kapasitas, m ³ /jam	0,412
Rate Volumetrik, ft ³ /s	0,004
Kecepatan Aliran, ft/s	5,602
OD, in	0,54
ID, in	0,34

Spesifikasi Lanjutan Pompa	
Efisiensi Pompa	0,05
Sch.no	40
Power Motor,hP	0,05

2. Blower

Tabel 3. 15 Spesifikasi alat blower

Spesifikasi Umum Blower		
Kode	BL-01	BL-02
Fungsi	Mengalirkan udara panas <i>rotary dryer</i>	Mengalirkan uap etanol keluaran evaporator atas
Jenis	Blower sentrifugal	Blower sentrifugal
Jumlah	1	1
Kondisi Operasi		
Kapasitas Udara, ft ³ /menit	118,423	3,178
Tekanan, Psia	14,69	14,69
Power, hP	1,5	1,5

3. Konveyor

Tabel 3. 16 Spesifikasi alat konveyor

Spesifikasi Umum Konveyor			
Kode	BC-01	BC-02	BC-03
Fungsi	Mengangkut padatan kulit ayam dari <i>silo-01</i> ke <i>washer</i>	Mengangkut padatan kulit ayam dari <i>washer</i> ke <i>rotary dryer</i>	Mengangkut padatan kulit ayam dari <i>rotary dryer</i> ke <i>screw press</i>
Jenis	<i>Belt conveyor, continous, closed</i>	<i>Belt conveyor, continous, closed</i>	<i>Belt conveyor, continous, closed</i>
Kondisi Operasi			
Kapasitas, ton/jam	9,154	8,382	4,054
Kecepatan <i>belt</i> , fpm	28,609	26,194	12,6704

Spesifikasi Umum Konveyor			
Lebar <i>belt</i> , m	0,365	0,365	0,365
Panjang <i>belt</i> , m	3,192	3,192	3,192
Kemiringan	20	20	20
<i>Power</i> Motor, hP	0,5	0,5	0,5

Tabel 3. 17 Spesifikasi lanjutan konveyor

Spesifikasi Lanjutan Konveyor		
Kode	BC-04	BC-05
Fungsi	Mengangkut serbuk CaO dari <i>silo-02</i> menuju reaktor	Mengangkut ampas kulit ayam <i>screw press</i> ke silo-03
Jenis	<i>Belt conveyor, continous, closed</i>	<i>Belt conveyor, continous, closed</i>
Kondisi Operasi		
Kapasitas, ton/jam	0,114	2,262
Kecepatan <i>belt</i> , fpm	0,357	7,607
Lebar <i>belt</i> , m	0,365	0,365
Panjang <i>belt</i> , m	3,20	3,20
Kemiringan	20	20
<i>Power</i> Motor, hP	0,5	0,5

4. *Bucket Elevator*

Tabel 3. 18 Spesifikasi alat *bucket elevator*

Spesifikasi Lanjutan Konveyor	
Kode	BE-01
Fungsi	Mengangkut CaO menuju reaktor
Jenis	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Kondisi Operasi	
Kapasitas, ton/jam	0,095
Kecepatan <i>bucket</i> , fpm	0,373

Spesifikasi Lanjutan Konveyor	
Lebar <i>bucket</i> , m	0,108
Panjang <i>bucket</i> , m	1,829
Tinggi <i>bucket</i> ,m	15,239
Power Motor, hP	1,5

3.3.5 Alat Penukar Panas

a. Evaporator

Tabel 3. 19 Spesifikasi alat evaporator

Spesifikasi Umum Evaporator		
Kode	EV-01	
Fungsi	Menguapkan etanol	
Tipe/ Jenis	Short tube vertical	
Kondisi Operasi		
Suhu, °C	85	
Tekanan, atm	1	
Konstruksi dan Material		
	Anullus	Inner Pipe
ID, in	4,026	3,068
OD, in	4,5	3,5
Surface area, ft ² /ft	1,178	0,917
Flow area, in ²	3,14	7,88
Length	15	
Jumlah harpins, buah	1,02	
Volume Shell, ft ²	11,591	
Tebal Shell, in	0,1875	
Tinggi Shell, m	2,972	
Volume Head, in ³	1.9939,207	

Spesifikasi Umum Evaporator	
Tebal <i>Head</i> , in	0,1875
Tinggi <i>Head</i> , m	0,329
Rd	0,0193
Rd min	0,003
A, ft ²	6,002

b. *Heater*

Tabel 3. 20 Spesifikasi alat *heater*

Spesifikasi Umum <i>Heater</i>		
Kode	HE-01	HE-02
Fungsi	Memanaskan umpan dari tangki etanol (T-01) menuju reaktor	Memanaskan trigliserida dari <i>screw press</i> menuju reaktor
Jenis	<i>Double pipe heat exchanger</i>	<i>Double pipe heat exchanger</i>
Bahan	<i>Stainless steel SA 167 type 316</i>	<i>Stainless steel SA 167 type 316</i>
Kondisi Operasi		
Rd	0,016	0,028
Rd min	0,003	0,003
A, ft ²	7,107	6,381
<i>Cold Fluid</i>		
IPS, in	4	4
<i>Flow area</i> , in ²	3,14	3,14
OD, in	4,5	4,5
ID, in	4,026	4,026
<i>Surface area</i> , ft ² /ft	1,178	1,178
<i>Hot Fluid</i>		
IPS, in	3	3
<i>Flow area</i> , in ²	7,88	7,88
OD, in	3,5	3,5
ID, in	3,068	3,068
<i>Surface area</i> , ft ² /ft	0,917	0,917

Tabel 3. 21 Spesifikasi lanjutan *heater*

Spesifikasi Lanjutan <i>Heater</i>	
Kode	HE-03
Fungsi	Memanaskan umpan dari centrifuge ke evaporator
Jenis	<i>Shell and tube heat exchanger</i>
Bahan	<i>Stainless steel SA 167 type 316</i>
Kondisi Operasi	
Rd	0,016
Rd min	0,003
A, ft ²	32.360,156
<i>Hot Fluid</i>	
BWG, in	17
IDt, in	0,750
ODt, in	0,634
Nt, buah	1558
a'', m ²	0,059
Passes, in	1
<i>Cold Fluid</i>	
IDs, in	42
Pitch, in	0,937
Passes	1

Tabel 3. 22 Spesifikasi lanjutan *heater*

Spesifikasi Lanjutan <i>Heater</i>	
Kode	HE-04
Fungsi	Memanaskan aliran udara dari <i>blower</i> ke <i>rotary dryer</i>
Jenis	<i>Plate and frame heat exchanger</i>
Bahan	<i>Stainless steel SA 167 type 316</i>
Kondisi Operasi	
Ud, W/m ² .C	202,937
<i>Plate length, m</i>	1,5
<i>Plate width, m</i>	0,5
<i>Plate thickness, m</i>	0,0005
Jumlah <i>plate</i>	65

Spesifikasi Lanjutan Heater	
<i>One plate area, m²</i>	0,75

b. *Coller*

Tabel 3. 23 Spesifikasi alat cooler

Spesifikasi Lanjutan Cooler		
Kode	CL-01	CL-02
Fungsi	Mendinginkan umpan dari MD menuju tangki penyimpanan biodiesel	Mendinginkan umpan dari MD menuju tangki penyimpanan gliserol
Jenis	<i>Shell and tube heat exchanger</i>	<i>Shell and tube heat exchanger</i>
Bahan	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Kondisi Operasi		
Rd, m ² .s.K/Kj	271,153	686,11
Rd min, m ² .s.K/Kj	0,881	0,881
A, ft ²	23.875,042	9432,683
<i>Cold Fluid</i>		
BWG, in	14	14
IDt, in	0,584	0,584
ODt, in	0,750	0,750
Nt, buah	649	649
a", m ²	0,059	0,059
Passes, in	1	1
<i>Hot Fluid</i>		
IDs, in	28	28
Pitch, in	0,937	0,937
Passes	1	1

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 24 Neraca massa total

Nama Alat	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
<i>Washer-01</i>	16.173,59	16.173,59
<i>Rotary Dryer-01</i>	6.985,16	6.985,16

Nama Alat	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
<i>Screw Press</i> -01	3.378,80	3.378,80
Reaktor-01	2.092,2	2.092,2
Sentrifugasi-01	2.092,2	2.092,2
Decanter-01	1.971,31	1.971,31
Evaporator-01	312,02	312,02
MD-1	1.659,29	1.659,29
Total	34.664,53	34.664,53

3.4.2 Neraca Massa Alat

a. *Washer*-01

Tabel 3. 25 Neraca massa *washer*

Komponen	BM	<i>Input</i> (kg/jam)	<i>Output</i> (kg/jam)	
		Aliran 2	Aliran 3	Aliran 4
Kulit	2.976,85	3.372,04	3.372,04	0
Air	18	11.901,32	3.613,12	8.288,20
Debu	60,08	900,23	0	900,23
Total		16.173,59	16.173,59	

b. *Rotary Dryer*-01

Tabel 3. 26 Neraca massa *rotary dryer*

Komponen	BM	<i>Input</i> (kg/jam)	<i>Output</i> (kg/jam)	
		Aliran 3	Aliran 5	Aliran 6
Kulit	2.976,85	3.372,04	0	3.372,04
Air	18	3.613,12	3.606,36	6,76
Total		6.985,16	6.985,16	

c. *Screw press-01*

Tabel 3. 27 Neraca massa *screw press*

Komponen	BM	<i>Input</i> (kg/jam)	<i>Output</i> (kg/jam)	
		Aliran 6	Aliran 8	Aliran 7
Kulit	2.976,85	3.372,04	0	0
Ampas Kulit	2.976,85	0	0	1.866,69
Trigliserida	819,343	0	1.490,44	14,90
Air	18	6,76	3,38	3,38
Total		3.378,80	3.378,80	

d. *Reaktor-01*

Tabel 3. 28 Neraca massa reaktor-01

Komponen	BM	<i>Input</i> (kg/jam)				<i>Output</i> (kg/jam)
		Aliran 1	Aliran 9	Aliran 8	Aliran 13	Aliran 10
Trigliserida	819,343	0	0	1.490,44	0	104,33
Etanol	46,070	234,06	0	0	249,62	249,87
CaO	56,080	0	95,34	0	0	24,53
Ca(OH) ₂	74,093	0	0	0	0	93,55
Biodiesel	288,518	0	0	0	0	1.464,27
Gliserol	92	0	0	0	0	155,27
Air	18	19,35	0	3,38	0	0
Total		2.092,2				2.092,2

e. *Centrifuge-01*

Tabel 3. 29 Neraca massa *centrifuge*

Komponen	BM	<i>Input</i> (kg/jam)	<i>Output</i> (kg/jam)	
		Arus 10	Arus 11	Arus 12
Trigliserida	819,343	104,33	103,83	0,50
Etanol	46,070	249,87	249,62	0,25

Komponen	BM	<i>Input</i> (kg/jam)	<i>Output</i> (kg/jam)	
		Arus 10	Arus 11	Arus 12
CaO	56,080	93,55	0	29,58
Ca(OH) ₂	74,093	93,55	0	93,55
Biodiesel	288,518	1.464,27	1.464,25	0,01
Gliserol	92	155,64	153,61	2,03
Total		2.092,2	2.092,2	

f. *Decanter*

Tabel 3. 30 Neraca massa *Decanter*

Komponen	BM	<i>Input</i> (kg/jam)	<i>Output</i> (kg/jam)	
		Aliran 11	Aliran 13	Aliran 16
Trigliserida	819,34	103,83	0	103,83
Etanol	46,070	249,62	249,62	0
Biodiesel	288,518	1.464,25	0	1.464,25
Gliserol	92	153,61	62,40	91,21
Total		1.971,31	1.971,31	

g. *Evaporator-01*

Tabel 3. 31 Neraca massa *Evaporator*

Komponen	BM	<i>Input</i> (kg/jam)	<i>Output</i> (kg/jam)	
		Aliran 11	Aliran 15	Aliran 14
Etanol	46,070	249,62	249,62	0
Gliserol	92	62,40	0	62,40
Total		312,02	312,02	

h. Menara Distilasi-01

Tabel 3. 32 Neraca massa menara distilasi

Komponen	BM	Input (kg/jam)	Output	
		Aliran 16	Aliran 17	Aliran 18
Trigliserida	819,343	103,83	0,83	103,00
Biodiesel	288,518	1.464,25	1.452,24	12,01
Gliserol	92	91,21	0,02	91,19
Total		1.659,29	1.659,29	

3.5 Neraca Panas

1. Neraca Panas Rotary Dryer

Tabel 3. 33 Neraca panas *rotary dryer*

Komponen	Q_{input} (kJ/jam)	Q_{output} (kJ/jam)
Q Padatan	315.779	903.455
Q Udara	2.021.574	1.433.898
Total	2.337.353	2.337.353

2. Neraca Panas Reaktor

Tabel 3. 34 Neraca panas reaktor

Komponen	Q_{input} (kJ/jam)	Q_{output} (kJ/jam)
Q Umpan	63.374.923,01	0
Q Produk	0	56.296.187,86
Q Reaksi	-1.235.545,64	0
Q Terserap	0	5.843.189,51
Total	62.139.377,37	62.139.377,37

3. Neraca Panas *Centrifuge*

Tabel 3. 35 Neraca panas *centrifuge*

Komponen	Q_{input} (kJ/jam)	Q_{output} (kJ/jam)
Q Umpan	35.823.093,7	0
Q Produk Fase Berat	0	277.444,59
Q Produk Fase Ringan	0	35.545.649,11
Total	35.823.093,7	35.823.093,7

4. Neraca Panas *Decanter*

Tabel 3. 36. Neraca panas *decanter*

Komponen	Q_{input} (kJ/jam)	Q_{output} (kJ/jam)
Q Produk Fase Berat	46.783,35	34.986,27
Q Produk Fase Ringan	157.116,34	168.913,41
Total	203.900	203.900

5. Neraca Panas Evaporator

Tabel 3. 37 Neraca panas evaporator

Komponen	Q_{input} (kJ/jam)	Q_{output} (kJ/jam)
H in	34.980,44	0
H out 1	0	36.254,94
H out 2	0	10.806,32
H vap	0	6.660
Beban pemanas	24.175	0
ΔH_s masuk	2.244,61	0
ΔH_s keluar	0	14.332,10
Total	61.400	61.400

6. Neraca Panas Menara Distilasi

Tabel 3. 38 Neraca panas menara distilasi

Komponen	Q_{input} (kJ/jam)	Q_{output} (kJ/jam)
Q umpan	957.382,66	0
Q produk gas	0	798.776,61
Q produk cair	0	137.568,53
Q reboiler	731.903,87	0
Q condensor	0	752.941,39
Total	860,014,21	860,014,21

BAB IV

LOKASI PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik



Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik adalah hal yang penting karena dapat mempengaruhi posisi dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup dari perusahaan. Ada beberapa pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik, seperti faktor primer yang meliputi pendekatan dengan bahan baku, pendekatan dengan konsumen, dan mempunyai infrastruktur yang baik. Kemudian faktor sekunder, yaitu ketersediaan sumber air, mudah memperoleh tenaga kerja, iklim letak geografis yang baik, peraturan pemerintah yang mendukung, serta harga tanah dan bangun yang murah.

Pabrik biodiesel dari limbah kulit ayam broiler menggunakan katalis CaO dengan proses transesterifikasi kapasitas 12.000 ton/tahun direncanakan akan

didirikan di daerah Kawasan Industri Terpadu, Kabupaten Batang, Provinsi Jawa Tengah.

Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan untuk menentukan lokasi pabrik agar secara teknis dan ekonomis pabrik yang didirikan akan menguntungkan. Faktor tersebut antara lain: sumber bahan baku, pemasaran, penyediaan tenaga listrik, penyediaan air, jenis transportasi, kebutuhan tenaga kerja, tinggi rendahnya pajak, keadaan masyarakat, karakteristik lokasi, serta juga harus mempertimbangkan kebijaksanaan pemerintah. Adapun keuntungan dipilihnya lokasi di Batang adalah adanya faktor-faktor berikut:

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor Primer adalah faktor yang mempengaruhi tujuan utama dalam mendirikan pabrik secara langsung. Adapun faktor primer yang secara langsung mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik yaitu,

1. Penyedia Bahan Baku

Suatu pabrik sebaiknya dibangun didaerah yang dekat dengan lokasi sumber bahan baku untuk memudahkan pengadaan dan transportasi dari bahan baku. Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan.

- a. Jarak bahan baku dengan pabrik
- b. Kapasitas dari bahan baku yang ada di sumber
- c. Penanganan dari bahan baku
- d. Kemungkinan memperoleh bahan baku dari sumber yang lain.

Bahan baku yang digunakan dalam pabrik biodiesel ini adalah limbah kulit ayam broiler, etanol dan katalis CaO. Bahan utama yang digunakan dapat diperoleh PT Charoen Pokphand Indonesia Tbk, Jakarta Utara, PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk, Jakarta, dan PT Malindo Feedmill Tbk, Sukabumi. Katalis CaO dapat diperoleh di PT Bhumiadya Indonesia, Bandung, Jawa Barat. Untuk Etanol dapat diperoleh dari PT Energi Agro Nusantara, Mojokerto, Jawa Timur dan PT Indo Acidatama Tbk, Karanganyar, Jawa Tengah.

2. Pemasaran

Biodiesel merupakan bahan yang dapat dipasarkan langsung ke masyarakat, yaitu berupa biodiesel murni atau campuran minyak solar dengan perbandingan tertentu. Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai pemasaran :

- a. Daerah pemasaran produk
- b. Jumlah pesaing (*competitor*) yang ada dan pengaruhnya
- c. Kemampuan dari daya serap pasar
- d. Jarak pemasaran dari lokasi pabrik
- e. Sistem pemasaran yang digunakan

Pemasaran yang kita lakukan adalah untuk peningkatan nilai ekspor Indonesia dengan tujuan benua Eropa. Kemudian jarak pabrik dengan moda transportasi yang telah tersedia adalah:

- a. Pelabuhan tanjung mas (85 km) dan pelabuhan patimban (250 km)
- b. Bandara ahmad yani (80 km) dan bandara kertajati (160 km)
- c. Stasiun Pekalongan (25 km)

3. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik. Sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan adalah tenaga kerja dengan pendidikan kejuruan atau menengah, dan beberapa memiliki gelar sarjana. Mempertimbangkan lokasi pabrik yang berada di kawasan industri, maka dapat dipastikan tenaga kerja yang dibutuhkan dapat terpenuhi. Selain itu, faktor disiplin dan pengalaman kerja juga menjadi prioritas dalam rekrutmen tenaga kerja guna mendapatkan tenaga kerja yang berkualitas. Hal-hal yang harus diperhatikan sebagai berikut.

- a. Kemungkinan memperoleh tenaga kerja yang diinginkan.
- b. Pendidikan atau keahlian tenaga kerja yang tersedia.
- c. Penghasilan tenaga kerja di sekitar lokasi pabrik.
- d. Adanya ikatan perburuhan atau peraturan perburuhan.
- e. Terdapatnya lokasi atau lembaga training tenaga kerja.

4. Utilitas

Utilitas yang dibutuhkan adalah air, bahan bakar dan listrik. Karena daerah tersebut di area perbukitan yang memiliki air bersih konsisten, kemudian dari Kawasan Industri Terpadu Batang telah menunjuk PT KII sebagai pensuplai air bersih dengan kapasitas 300 L/detik. Sarana yang lain seperti tenaga listrik yang disuplai oleh PLN berkapasitas 120 MVA serta sarana bahan bakar yang relatif mudah didapatkan.

5. Letak Geografis

Penentuan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting untuk menentukan kelancaran perusahaan selama beroperasi. Lokasi pabrik terletak di area perbukitan, suplai air bersih yang konsisten, bebas dari kemungkinan banjir, biaya tenaga kerja yang kompetitif untuk provinsi. Luas tanah yang tersedia 287 He. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka luas tanah yang tersedia memenuhi persyaratan untuk membangun pabrik.

6. Transportasi

Transportasi merupakan salah satu faktor terpenting dalam pemilihan lokasi. Distribusi bahan baku dan pemasaran produk dapat ditempuh melalui jalur darat, laut maupun udara. Akses ke kawasan industri ini terhubung dengan jalan tol Batang-Semarang. Selain itu kawasan industri Batang juga dekat dengan Pelabuhan Tanjung Emas Semarang yang melayani berbagai rute domestik dan internasional, serta Bandara Internasional Ahmad Yani yang berjarak hanya 1 jam dari kawasan industri.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder ini adalah faktor yang berperan dalam proses industri secara tidak langsung, tetapi faktor ini sangat mempengaruhi dalam kelancaran dalam produksi dari pabrik itu sendiri. Faktor sekunder meliputi sebagai berikut,

1. Perluasan Area Unit

Pemilihan lokasi pabrik berada di kawasan industri berkelanjutan Batang, dengan rencana pengembangan sebesar 500 hektar. Sehingga memungkinkan adanya perluasan area pabrik yang tidak mengganggu pemukiman penduduk

2. Perizinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus kawasan industri, sehingga memudahkan dalam perizinan mendirikan pabrik. Pengaturan tata letak pabrik merupakan bagian dalam proses mendirikan pabrik. Hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain,

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

3. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Prasarana yang terdapat dalam Kawasan Industri berkelanjutan Batang ini adalah akses tol yang mudah, dekat dengan moda transportasi, keamanan dan pemadam kebakaran 24/7, jalur telepon dan fiber optik yang disediakan oleh PT Telkom. Selain itu, fasilitas sosial seperti pendidikan, ibadah, hiburan, perbankan dan perumahan juga mudah di akses.

4.2 Layout Pabrik

Tata letak pabrik merupakan rencana dari pengaturan yang sangat efektif dari fasilitas – fasilitas fisik dan tenaga kerja untuk menghasilkan produk. Dalam penentuan tata letak pabrik harus diperhatikan penempatan alat – alat produksi sehingga keamanan, keselamatan dan kenyamanan bagi karyawan dapat terpenuhi. Selain peralatan yang tercantum dalam *flow sheet* proses, beberapa bangunan fisik lainnya seperti kantor, gudang, laboratorium, bengkel dan lain sebagainya harus terletak pada bagian yang seefisien mungkin, terutama ditinjau dari segi lalu lintas barang, kontrol, keamanan, dan ekonomi.

Hal lain yang harus diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik adalah penempatan alat – alat produksi sedemikian rupa sehingga dalam proses produksi dapat memberikan kenyamanan. Tata letak pabrik meliputi perencanaan kebutuhan ruangan untuk semua aktivitas pabrik meliputi kantor, gudang, kamar dan semua fasilitas lain yang berhubungan dengan proses dalam menghasilkan produk. Tata letak suatu pabrik memiliki peranan penting dalam menentukan biaya konstruksi, biaya produksi, efisiensi dan keselamatan kerja.

Ditinjau dari segi hubungan yang satu dengan yang lain tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga penggunaan area pabrik dapat efisien dan proses produksi serta distribusi dapat dijamin kelancarannya. Oleh karena itu tata letak pabrik harus disusun secara cermat untuk menghindari kesulitan dikemudian hari. Berikut adalah faktor – faktor yang harus diperhatikan dalam tata letak pabrik:

- a. Pabrik yang didirikan merupakan tambahan pabrik yang sebelumnya sudah berdiri atau merupakan pabrik baru sama sekali.

- b. Persediaan tanah untuk perluasan pabrik di masa yang akan datang.
- c. Jaminan kelancaran distribusi bahan baku, produk, dan utilitas (air, *steam*, listrik, bahan bakar).
- d. Cuaca atau iklim lingkungan.
- e. Masalah yang menyangkut *safety* seperti kemungkinan terjadi kebakaran, kecelakaan, dan sebagainya.
- f. *Plant site* harus mengikuti peraturan daerah setempat.
- g. *Waste disposal*.
- h. Penggunaan ruang kerja yang efisien.

Plant layout merupakan perletakan peralatan dan bangunan secara keseluruhan meliputi area proses, area penyimpanan, serta area *material handling* sehingga pabrik dapat beroperasi secara efektif dan efisien. Berikut adalah hal – hal yang perlu diperhatikan dalam pengaturan peralatan dalam pabrik :

- a. Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Perlu juga diperhatikan penempatan pipa, dimana untuk pipa di atas tanah perlu dipasang pada ketinggian tiga meter atau lebih, sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas kerja.
- b. Letak ruangan yang cukup antara peralatan untuk memudahkan pengoperasian, pemeriksaan, perawatan, serta dapat menjamin kerja dari peralatan sesuai dengan fungsinya dan adanya kesinambungan antar alat.

- c. Keamanan terhadap kemungkinan adanya bahaya kebakaran, ledakan, asap, atau gas beracun harus benar-benar diperhatikan di dalam menentukan tata letak pabrik. Untuk itu harus dilakukan penempatan alat-alat pengamanan seperti hidran, penampung air yang cukup, dan penahan ledakan.

Berikut adalah perincian luas tanah bangunan pabrik biodiesel dari limbah kulit ayam broiler dengan kapasitas 12000 ton/tahun :



Gambar 4. 2 Layout pabrik skala 1:1000

Keterangan :

- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| 1. Kantor teknik dan produksi | 18. Lahan Kosong |
| 2. Pos keamanan/satpam | 19. Utilitas |
| 3. Klinik | 20. Bengkel |
| 4. Masjid | 21. Kantor keamanan |
| 5. Kantin | |
| 6. Laboratorium | |
| 7. Kantor utama | |
| 8. Mess | |
| 9. Gudang Alat | |
| 10. Perpustakaan dan arsip | |
| 11. Unit pemadam kebakaran | |
| 12. Taman | |
| 13. Parkir | |
| 14. Area Proses | |
| 15. <i>Control room</i> | |
| 16. Parkir Truk | |
| 17. Parkir Petinggi | |

Tabel 4. 1 Perincian luas tanah bangunan pabrik

No	Lokasi	Panjang	Lebar	Luas
		m	M	m ²
1.	Area kantor teknik dan produksi	25	15	375
2.	Area pos keamanan/satpam	2	3	6
3.	Area klinik	35	20	700
4.	Area masjid	25	25	625
5.	Area kantin	35	15	525
6.	Area laboratorium	35	25	875
7.	Area kantor utama	35	35	1225
8.	Area mess	20	40	800
9.	Area gudang	35	10	350
10.	Area perpustakaan dan arsip	35	30	1050
11.	Area unit pemadam kebakaran	20	10	200
12.	Area taman	15	10	150
		2	170	
		2	40	
13.	Area parkir	25	35	875
14.	Area proses	120	80	9600
15.	Area <i>control room</i>	25	35	875
16.	Area parkir truk	25	10	250

No	Lokasi	Panjang	Lebar	Luas
		m	M	m ²
17.	Area parkir petinggi	35	5	175
18.	Area lahan kosong	120	75	9000
19.	Area utilitas	50	150	7500
20.	Area bengkel	35	10	350
21.	Area Keamanan	35	20	700
Luas Bangunan				36206
Luas Tanah				50000
Total		757	688	86206

1. Layout Proses

Berikut adalah hal - hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan *process layout* :

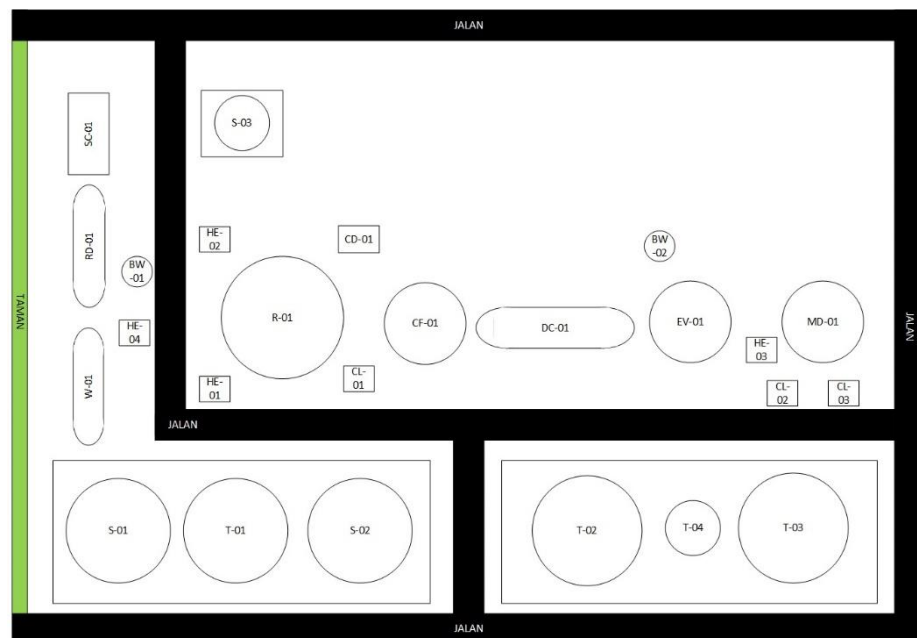
- a. Aliran bahan baku dan produksi yang tepat akan menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Perlu juga diperhatikan penempatan pipa, dimana untuk pipa di atas tanah perlu dipasang pada ketinggian tiga meter atau lebih, sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas kerja.
- b. Harus terdapat aliran udara dan ventilasi di sekitar area proses agar tidak terjadi stagnasi udara pada tempat – tempat yang dapat terjadi akumulasi bahan – bahan kimia yang berbahaya. Lokasi yang harus diperhatikan adalah sekitar aliran proses yang menggunakan etanol yaitu disekitar

tangki penyimpanan, reaktor 1, dan evaporator 1. Kelancaran arah udara di dalam dan disekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk menghindari stagnansi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya, sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja.

- c. Penerangan yang memadai diseluruh area pabrik terutama area proses yang mengandung bahan berbahaya.
- d. Ruang gerak pekerja harus diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruhmalat proses dengan mudah dan cepat sehingga penangan khusus Ketika terdapat kerusakan peralatan dapat segera diatasi.
- e. Jarak antar alat proses diatur sedemikian rupa sehingga alat proses yang memiliki tekanan atau suhu tinggi terletak berjauhan dengan alat lainnya agar ketika terjadi ledakan atau kebakaran tidak cepat merambat pada alat proses lainnya.
- f. Jarak antar alat proses. Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan pada alat-alat proses lainnya.
- g. *Maintenance* berguna untuk menjaga sarana atau fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktivitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi bahan baku yang diharapkan. Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan

alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada.

- h. Aliran udara Kelancaran aliran udara di dalam dan disekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk menghindari stagnansi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya, sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja. Disamping itu juga perlu diperhatikan arah hembusan angin.



Gambar 4. 3 *Layout* area proses

Keterangan:

- T : Tangki
RD : *Rotary Dryer*
SC : *Screw Press*
HE : *Heater*
R : Reaktor
CF : *Cetrifuge*

EV	: Evaporator
MD	: Menara Distilasi
W	: <i>Washer</i>
S	: Silo
CL	: <i>Cooler</i>
CD	: <i>Condenser</i>
BW	: Blower
DC	: Decanter

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan pada pra-rancangan pabrik biodiesel ini adalah perseroan terbatas (PT). PT merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham, tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan dari perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam perseroan terbatas, pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham. Pabrik yang akan didirikan, direncanakan mempunyai :

Bentuk Perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)

Lapangan Usaha : Industri Biodiesel

Lokasi Perusahaan : Kawasan Industri Batang

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan ini didasarkan beberapa faktor yaitu:

1. Mudah mendapatkan modal dengan cara menjual saham di pasar modal atau perjanjian tertutup dan meminta pinjaman dari pihak yang berkepentingan seperti badan usaha atau perseorangan.
2. Tanggung jawab pemegang saham bersifat terbatas, artinya kelancaran produksi hanya akan ditangani oleh direksi beserta karyawan sehingga gangguan dari luar dapat dibatasi.
3. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya, dan karyawan perusahaan.
4. Mudah mendapat kredit bank dengan jaminan perusahaan.
5. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan komisaris.
6. Efisiensi dari manajemen, para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang cukup cakap dan berpengalaman.
7. Lapangan usaha lebih luas, suatu PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.
8. Merupakan bidang usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi
9. Mudah bergerak di pasar modal.

4.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan salah satu faktor penting yang dapat menunjang kelangsungan dan kemajuan perusahaan, karena berhubungan dengan komunikasi yang terjadi dalam perusahaan demi tercapainya kerjasama yang baik antar karyawan. Struktur organisasi terdiri dari 3 macam yaitu:

1. *Line System*. Sistem ini digunakan pada perusahaan kecil dimana pemilik perusahaan sebagai pemegang komando tertinggi dan memberi perintah secara langsung kepada bawahannya.
2. *Line and Staff System*. Sistem ini digunakan pada sebagian besar perusahaan. Garis wewenang lebih sederhana, praktis dan tegas. Seorang karyawan hanya akan bertanggung jawab pada seorang atasan saja.
3. *Functional System*. Sistem ini menempatkan setiap karyawan pada bidangnya masing-masing sesuai keahlian. Wewenang karyawan terbatas pada bidang keahliannya. Biasanya struktur ini digunakan pada perusahaan besar dan kompleks.

Untuk mendapatkan sistem organisasi yang baik maka perlu diperhatikan azas-azas, antara lain: pendelegasian wewenang, perumusan tujuan perusahaan dengan jelas, pembagian tugas kerja yang jelas, kesatuan perintah dan tanggung jawab, sistem kontrol atas kerja yang telah dilaksanakan, dan organisasi perusahaan yang fleksibel, dengan berpedoman terhadap azas-azas tersebut, maka dipilih organisasi kerja berdasarkan sistem *line* and *staff*. Pada sistem ini, garis wewenang lebih sederhana, praktis dan tegas. Untuk kelancaran produksi, perlu dibentuk staf ahli

yang terdiri dari orang yang ahli di bidangnya. Bantuan pikiran dan nasehat akan diberikan oleh staf ahli kepada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan. terdapat 2 kelompok orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi kerja berdasarkan sistem garis dan staf ini, yaitu:

1. Sebagai garis atau lini, yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi untuk mencapai tujuan.
2. Sebagai staf, yaitu orang-orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya, dalam hal ini berfungsi untuk memberi saran kepada unit operasional.

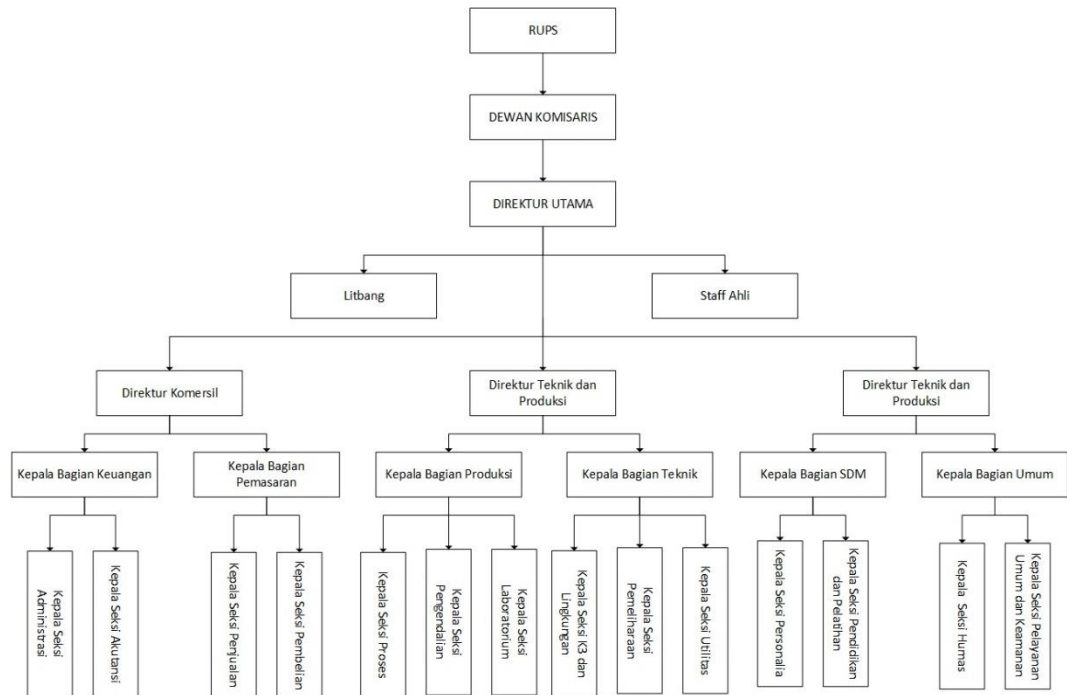
Adapun struktur organisasi dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut.

1. Pemegang saham
2. Dewan komisaris
3. Direktur utama
4. Direktur
5. Kepala bagian
6. Kepala seksi
7. Karyawan dan operator

Dari struktur organisasi diatas memiliki tanggung jawab, dan wewenang dari struktur organisasi diatas memiliki tanggung jawab, dan wewenang dari dari masing-masing jenjang kepemimpinan yang yang berbeda-beda. Tanggung jawab,

serta wewenang tertinggi terletak pada puncak pimpinan yaitu dewan komisaris.

Sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada pemegang saham.



Gambar 4. 4 Gambar struktur organisasi

4.4.3 Tugas dan Wewenang

4.4.3.1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk Perseroan Terbatas (PT) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut, para pemegang saham berwenang:

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
2. Meminta pertanggungjawaban Dewan Komisaris

3. Mengangkat dan memberhentikan Direktur
4. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

4.4.3.2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemilik saham yang ditunjuk oleh seluruh anggota pemegang saham melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Anggota Dewan Komisaris biasanya merupakan seseorang atau badan hukum yang memiliki saham mayoritas atau memiliki pengalaman dalam perusahaan. Anggota Dewan memiliki tanggung jawab kepada Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) terhadap seluruh kegiatan yang dilakukan oleh perusahaan. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber - sumber dana dan pengarahannya
2. Menunjuk dan membentuk jajaran direktur yang akan mengoperasikan perusahaan. perusahaan.
3. Mengawasi dan mengontrol kinerja jajaran direksi.
4. Mengorganisasikan pelaksanaan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).

4.4.3.3. Dewan Direksi

Direktur utama adalah pimpinan tertinggi dalam suatu perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya atas maju atau mundurnya suatu perusahaan. Direktur utama memiliki tanggung jawab terhadap dewan komisaris atas segala

kebijakan ataupun tindakan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur utama membawahi dewan direksi yang terdiri atas direktur keuangan, direktur sdm, dan direktur produksi . Tugas direktur umum antara lain :

1. Melaksanakan kebijakan perusahaan dan mempertanggung jawabkan pekerjaannya secara berkala atau pada masa akhir pekerjaannya pada pemegang saham.
2. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membuat kelangsungan hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen.
3. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
4. Mengkoordinir kerja sama antara bagian produksi (direktur produksi) dan bagian keuangan dan umum (direktur keuangan, SDM, dan Produksi).

Beberapa direktorat yang dibawahhi oleh direktur utama memiliki tugas dan wewenang sebagai berikut:

A. Direktur Komersial

Tugas dari direktur komersial antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada direktur utama dalam bidang keuangan perusahaan dan pemasaran produk.
2. Mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

B. Direktur Teknik Dan Produksi

Tugas direktur teknik dan produksi antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada direktur utama dalam bidang teknik dan kelangsungan proses produksi.
2. Mengkoordinir, mengatur, serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepalakepala bagian yang menjadi bawahannya.

C. Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum

Tugas direktur SDM dan umum antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada direktur utama dalam bidang personalia, relasi perusahaan, dan pelayanan umum.
2. Mengkoordinir, mengatur, serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala bagian yang menjadi bawahannya.

4.4.3.4. Staff Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga - tenaga ahli yang bertugas membantu direktur dalam menjalankan tugasnya, baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang keahlian masing - masing. Tugas dan wewenang staf ahli meliputi :

1. Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan.
2. Memberi masukan - masukan dalam perencanaan dan pengembangan perusahaan.

3. Memberi saran - saran dalam bidang hukum.

4.4.3.5. Penelitian dan Pengembangan (Litbang)

Litbang terdiri dari tenaga-tenaga ahli sebagai pembantu direksi dan bertanggung jawab kepada direksi dalam hal pengembangan dan rekayasa produk. Tugas dan wewenangnya meliputi :

1. Memperbaiki mutu produksi.
2. Memperbaiki dan melakukan inovasi terhadap proses produksi.
3. Meningkatkan efisiensi perusahaan di berbagai bidang.

4.4.3.6. Kepala Bagian

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staf direktur. Kepala bagian bertanggung jawab kepada direktur utama. Kepala bagian terdiri dari:

A. Kepala Bagian Keuangan

Kepala bagian keuangan bertanggung jawab kepada direktur komersial dalam bidang keuangan perusahaan. Kabag Keuangan membawahi dua Kepala Seksi (Kasi), yaitu Kepala Seksi Akuntansi dan Kepala Seksi Administrasi. Tugas Kasi Akuntansi adalah:

1. Mencatat utang piutang perusahaan.

2. Mengatur administrasi kantor dan pembukuan.

3. Mengaudit masalah perpajakan.

Tugas Kasi administrasi antara lain:

1. Menghitung penggunaan uang perusahaan, mengamankan uang, dan membuat ramalan tentang keuangan masa depan.

2. Mengadakan perhitungan tentang gaji dan insentif karyawan.

B. Kepala Bagian Pemasaran

Kepala bagian pemasaran bertanggung jawab kepada direktur komersial dalam bidang pemasaran produk dan pembelian alat dan bahan yang diperlukan untuk proses produksi. Kabag Pemasaran membawahi dua Kepala Seksi (Kasi), yaitu Kepala Seksi Penjualan dan Kepala Seksi Pembelian. Tugas Kasi penjualan, antara lain:

1. Merencanakan strategi penjualan hasil produksi.

2. Mengatur distribusi hasil produksi.

Tugas Kasi Pembelian, antara lain:

1. Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan dalam kaitannya dengan proses produksi.

2. Mengetahui pasar dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

C. Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi serta mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya. Kepala bagian produksi membawahi kepala seksi proses, kepala seksi pengendalian, dan kepala seksi laboratorium.

Tugas kasi proses adalah mengawasi jalannya proses produksi dan bertanggung jawab terhadap kelancaran proses. Tugas kasi pengendalian adalah mengendalikan laju produksi pabrik sesuai dengan kebutuhan pasar dan bertanggung jawab terhadap kuantitas hasil produksi, serta jumlah pemakaian bahan baku dan bahan penunjang lainnya. Tugas seksi laboratorium, antara lain:

1. Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu.
2. Mengawasi dan menganalisa mutu produksi.
3. Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan buangan pabrik.
4. Membuat laporan berkala kepada Kepala Bagian Produksi.

D. Kepala Bagian Teknik

Bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang peralatan dan utilitas. Kabag Teknik membawahi Kepala Seksi Pemeliharaan, Kepala Seksi Utilitas, dan Kepala Seksi K3 & Lingkungan. Tugas Kasi Pemeliharaan, antara lain:

1. Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik.
2. Memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.

Tugas Kasi Utilitas, antara lain,

1. melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, air, steam, udara tekan dan tenaga listrik.

Tugas Kasi K3 & Lingkungan antara lain:

1. Mengatur, menyediakan, dan mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan keselamatan kerja.
2. Melindungi pabrik dari risiko kecelakaan kerja.

E. Kepala Bagian Sumber Daya Manusia

Bertanggung jawab kepada direktur SDM & Umum dalam bidang personalia dan pendidikan. Kabag SDM membawahi Kepala Seksi personalia dan Kepala Seksi Pendidikan & Pelatihan. Tugas Kasi Personalia antara lain:

1. Menciptakan suasana kerja yang baik antara pekerja, pekerjaan, dan lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.
2. Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang tenang dan dinamis.
3. Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan. Tugas Kasi Pendidikan & Pelatihan adalah mendidik dan melatih karyawan baru (*on the job training*) ataupun mahasiswa kerja praktek tentang perusahaan.

F. Kepala Bagian Umum

Bertanggung jawab kepada direktur SDM & umum dalam bidang hubungan masyarakat, dan pelayanan umum. Kabag Umum membawahi Kepala Seksi Humas dan Kepala Seksi Pelayanan Umum.

Kasi Humas bertugas mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan, serta menjalin relasi atau kerja sama dengan instansi lain. Kasi Pelayanan Umum dan keamanan bertugas menjaga keamanan dan kebersihan pabrik, serta memberikan pelayanan umum kepada pegawai.

4.4.4 Status Karyawan

Pada pabrik ini sistem upah karyawan berbeda - beda tergantung pada status, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Menurut status karyawan dapat dibagi menjadi tiga golongan sebagai berikut:

1. Karyawan Tetap. Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian, dan masa kerjanya.
2. Karyawan Harian. Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi tanpa SK direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.
3. Karyawan Borongan. Yaitu karyawan yang digunakan oleh pabrik bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

4.4.5 Jumlah Karyawan dan Jam Kerja

Jumlah karyawan harus ditentukan secara tepat sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselesaikan dengan baik dan efisien.

4.4.5.1. Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan menurut jabatannya pada pabrik biodiesel ini dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Jumlah Karyawan Pabrik Biodiesel

No	Jabatan	Jumlah
1	Dewan komisaris	1
2	Direktur Utama	1
3	Direktur Operasi dan Produksi	1
4	Direktur Adminitrasi dan Umum	1
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1
6	Ka. Bag. Perencanaan dan pemeliharaan	1
7	Ka. Bag. Teknologi	1
8	Ka. Bag. Adminitrasi Keuangan	1
9	Ka. Bag. PSDM	1
10	Ka. Bag. Umum	1
11	Ka. Bag. IT	1
12	Ka. Sek. Proses	1
13	Ka. Sek. Utilitas	1
14	Ka. Sek. Bengkel dan Pemeliharaan	1
15	Ka. Sek. Operasi dan Pemeliharaan	1
16	Ka. Sek. Adminitrasi Pemasaraan	1
17	Ka. Sek. Adminitrasi Penjualan	1
18	Ka. Sek. Pengolahan Energi	1
19	Ka. Sek. Pengendalian Kualitas	1
20	Ka. Sek. Keamanan	1

No	Jabatan	Jumlah
21	Ka. Sek. Pelayanan Umum	1
22	Ka. Sek. Akutansi Biaya	1
23	Ka. Sek. Pelapor Keuangan dan Manajemen	1
24	Ka. Sek. Keuangan	1
25	Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamatan kerja	1
26	Karyawan pemasaran	5
27	Karyawan K3	6
28	Karyawan Kas/Anggaran	4
29	Karyawan Proses dan Utilitas	49
30	Karyawan Pemeliharaan	5
31	Karyawan Ekspor	5
32	Perawat	4
33	Satpam	8
34	Supir	5
35	Cleaning Service	10
Total		126

4.4.5.2. Jam Kerja

Pabrik ini direncanakan beroperasi 330 hari dalam satu tahun dan proses produksi berlangsung 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perawatan, perbaikan, dan *shutdown*. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan digolongkan dalam dua golongan yaitu karyawan *shift* dan *non shift*.

A. Karyawan *Non Shift*

Karyawan *non shift* adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan harian adalah dewan direksi, staf ahli, sekretaris, kepala bagian/, kepala seksi serta karyawan yang berada di kantor.

Karyawan harian dalam satu minggu akan bekerja selama 5 hari dengan pembagian kerja seperti pada Tabel 4.3 berikut

Tabel 4. 3 Jam Kerja Karyawan

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin - Kamis	08.00 – 17.00	12.00 – 13.00
Jumat	08.00 – 18.00	11.00 – 13.00

B. Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang secara langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian - bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan *shift* ini adalah operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gedung dan bagian-bagian yang harus selalu siaga untuk menjaga keselamatan serta keamanan pabrik. Penentuan jumlah karyawan *shift* dapat dilakukan dengan melihat jenis proses ataupun jumlah unit proses yang ada. Penentuan rincian jumlah karyawan *shift* dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan 4.5.

Tabel 4. 4 Tenaga Kerja untuk Berbagai Peralatan

No	Alat	Jumlah Alat	Jumlah Operator per Unit	Total Operator per Unit
1	Tangki	4	0,1	0,4
2	Silo	3	0,1	0,3
3	<i>Washer</i>	1	0,1	0,1
4	<i>Rotary dryer</i>	1	0,25	0,25
5	<i>Screw press</i>	1	0,25	0,25
6	Reaktor	1	0,25	0,25
7	<i>Centrifuge</i>	1	0,25	0,25
8	Decanter	1	0,25	0,25
9	Evaporator	1	0,25	0,25

No	Alat	Jumlah Alat	Jumlah Operator per Unit	Total Operator per Unit
10	Menara distilasi	1	0,5	0,5
11	<i>Cooler</i>	3	0,25	0,75
12	<i>Heater</i>	4	0,25	1
13	Kondensor	2	0,25	0,5
Total beban				5,05
Total peralatan proses per <i>shift</i>				6

(Peters and Timmerhaus Tabel 21 P-198)

Tabel 4. 5 Tenaga kerja utilitas

No	Alat	Jumlah Alat	Jumlah Operator per Unit	Total Operator per Unit
1	Bak <i>Water Treathment</i>	3	0,1	0,3
2	<i>Compressor</i>	1	0,2	0,2
3	Tangki	8	0,1	0,8
4	Tangki Pengadukan Cepat	1	0,2	0,2
5	<i>Clarifier</i>	1	0,5	0,5
6	Filter	2	0,5	1
7	<i>Cooling Tower</i>	1	0,5	0,5
8	<i>Mixed Bed</i>	2	0,2	0,4
9	<i>Boiler</i>	2	0,5	1
10	Tangki Bahan Bakar	2	0,1	0,2
Total beban				5,1
Total peralatan proses per <i>shift</i>				6

(Perry 9th Tabel 9-16)

Jumlah operator untuk peralatan proses = 6 x 4 *shift*

$$= 24$$

Jumlah operator untuk Utilitas = 6 x 4 *shift*

$$= 24$$

Para karyawan *shift* akan bekerja secara bergantian dan dibagi 1 hari diatur dalam 3 shift diantaranya sebagai berikut.

Tabel 4. 6 Pembagian *shift* kerja karyawan

Kelompok kerja	Jam kerja	Jam istirahat
<i>Shift 1</i>	07.00 – 15.00	11.00 – 12.00
<i>Shift 2</i>	15.00 – 23.00	19.00 – 20.00
<i>Shift 3</i>	23.00 – 07.00	03.00 – 04.00

Untuk karyawan *shift* ini dibagi menjadi 4 regu (A/B/C/D) dimana tiga regu bekerja dan satu regu istirahat serta dikenakan secara bergantian. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan pemerintah, regu yang bertugas tetap harus masuk.

Tabel 4. 7 Pembagian *shift* kerja karyawan

Shift	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Pagi	A	A	B	B	C	C	D
Siang	D	D	A	A	B	B	C
Malam	C	C	D	D	A	A	B
Libur	B	B	C	C	D	D	A

Tabel 4. 8 Lanjutan pembagian *shift* kerja karyawan

Shift	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Pagi	B	B	C	C	D	D	A
Siang	A	A	B	B	C	C	D
Malam	D	D	A	A	B	B	C
Libur	C	C	D	D	A	A	B

Tabel 4. 9 Lanjutan pembagian *shift* kerja karyawan

Shift	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Pagi	C	C	D	D	A	A	B
Siang	B	B	C	C	D	D	A
Malam	A	A	B	B	C	C	D
Libur	D	D	A	A	B	B	C

Tabel 4. 10 Lanjutan pembagian *shift* kerja karyawan

Shift	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Pagi	D	D	A	A	B	B	C
Siang	C	C	D	D	A	A	B
Malam	B	B	C	C	D	D	A
Libur	A	A	B	B	C	C	D

Kelancaran produksi dari suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh faktor kedisiplinan para karyawannya dan akan secara langsung mempengaruhi kelangsungan dan kemajuan perusahaan. Untuk itu kepada seluruh karyawan perusahaan dikenakan absensi. Disamping itu masalah absensi digunakan oleh pimpinan perusahaan sebagai salah satu dasar dalam mengembangkan karier para karyawan di dalam perusahaan.

4.4.6 Sistem Penggajian Karyawan

Sistem pembagian besarnya gaji pada perusahaan ini didasarkan atas ketentuan jabatan atau golongan, tingkat pendidikan, pengalaman kerja, dan lingkungan yang berkaitan dengan risiko kerja. Pembagian gaji terbagi menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Gaji Bulanan

Gaji bulanan merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan dan dibayarkan pada tanggal 2 setiap bulannya.

2. Gaji Harian

Gaji harian merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian dan karyawan Borongan.

3. Gaji Lembur

Gaji lembur merupakan gaji tambahan yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok. Rincian gaji setiap karyawan pada setiap jabatan dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Besaran Gaji Karyawan Berdasarkan Jabatannya

Golongan	Jabatan	Gaji per bulan
I	Direktur utama	Rp. 50.000.000
II	Direktur	Rp. 30.000.000
III	Staff Ahli	Rp. 12.000.000
IV	Litbang	Rp. 12.000.000
V	Kepala Bagian	Rp. 12.000.000
VI	Kepala Seksi	Rp. 8.000.000
VII	Karyawan Proses, Pengendallian, Laboratorium, Utilitas dan Pemeliharaan	Rp. 5.000.000
VII	Karyawan Pembelian, Penjualan, Administrasi, Humas, Akuntansi, Diklat, Personalia, K3&L dan Sekretaris	Rp. 4.000.000
IX	Karyawan Keamanan	Rp. 2.500.000
X	Karyawan Lain-lain	Rp. 1.000.000 s.d 6.000.000

Total gaji bulanan yang dikeluarkan perusahaan per bulannya dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Gaji bulanan karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji
1	Dewan komisaris	1	Rp55.000.000,00	Rp55.000.000,00
2	Direktur Utama	1	Rp45.000.000,00	Rp45.000.000,00
3	Direktur Operasi dan Produksi	1	Rp35.000.000,00	Rp35.000.000,00
4	Direktur Adminitrasi dan Umum	1	Rp35.000.000,00	Rp35.000.000,00

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	Rp20.000.000,00	Rp20.000.000,00
6	Ka. Bag. Perencanaan dan pemeliharaan	1	Rp20.000.000,00	Rp20.000.000,00
7	Ka. Bag. Teknologi	1	Rp20.000.000,00	Rp20.000.000,00
8	Ka. Bag. Adminitrasi Keuangan	1	Rp20.000.000,00	Rp20.000.000,00
9	Ka. Bag. PSDM	1	Rp20.000.000,00	Rp20.000.000,00
10	Ka. Bag. Umum	1	Rp20.000.000,00	Rp20.000.000,00
11	Ka. Bag. IT	1	Rp20.000.000,00	Rp20.000.000,00
12	Ka. Sek. Proses	1	Rp15.000.000,00	Rp15.000.000,00
13	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp15.000.000,00	Rp15.000.000,00
14	Ka. Sek. Bengkel dan Pemeliharaan	1	Rp15.000.000,00	Rp15.000.000,00
15	Ka. Sek. Operasi dan Pemeliharaan	1	Rp15.000.000,00	Rp15.000.000,00
16	Ka. Sek. Adminitrasi Pemasaraan	1	Rp15.000.000,00	Rp15.000.000,00
17	Ka. Sek. Adminitrasi Penjualan	1	Rp15.000.000,00	Rp15.000.000,00
18	Ka. Sek. Pengolahan Energi	1	Rp15.000.000,00	Rp15.000.000,00
19	Ka. Sek. Pengendalian Kualitas	1	Rp15.000.000,00	Rp15.000.000,00
20	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp15.000.000,00	Rp15.000.000,00
21	Ka. Sek. Pelayanan Umum	1	Rp15.000.000,00	Rp15.000.000,00
22	Ka. Sek. Akutansi Biaya	1	Rp15.000.000,00	Rp15.000.000,00
23	Ka. Sek. Pelapor Keuangan dan Manajemen	1	Rp15.000.000,00	Rp15.000.000,00
24	Ka. Sek. Keuangan	1	Rp15.000.000,00	Rp15.000.000,00
25	Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamatan kerja	1	Rp15.000.000,00	Rp15.000.000,00
26	Karyawan pemasaran	5	Rp10.000.000,00	Rp50.000.000,00
27	Karyawan K3	6	Rp10.000.000,00	Rp60.000.000,00
28	Karyawan Kas/Anggaran	4	Rp10.000.000,00	Rp40.000.000,00
29	Karyawan Proses dan Utilitas	49	Rp10.000.000,00	Rp360.000.000,00

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji
30	Karyawan Pemeliharaan	5	Rp10.000.000,00	Rp50.000.000,00
	Karyawan Ekspor	5	Rp10.000.000,00	Rp50.000.000,00
31	Perawat	4	Rp5.000.000,00	Rp20.000.000,00
32	Satpam	8	Rp3.000.000,00	Rp24.000.000,00
33	Supir	5	Rp3.000.000,00	Rp15.000.000,00
34	<i>Cleaning Service</i>	10	Rp2.500.000,00	Rp25.000.000,00
Total		126	Rp593.500.000,00	Rp1.344.000.000,00

4.4.7 Fasilitas Karyawan

Fasilitas yang tersedia bagi karyawan bertujuan untuk menjaga produktivitas karyawan dalam suatu perusahaan. Adanya fasilitas ini akan meningkatkan jasmani dan rohani karyawan agar tetap baik, sehingga karyawan tidak merasa jenuh ataupun bosan dalam melaksanakan kerja sehari harinya dan kegiatan yang ada dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Sehubungan dengan hal tersebut adapun fasilitas fasilitas yang bermanfaat dalam lingkup perusahaan dalam menunjang kepentingan para karyawan diantaranya:

1. Poliklinik

Poliklinik didirikan untuk meningkatkan faktor kesehatan karyawan merupakan hal yang sangat berpengaruh terhadap efisiensi faktor produksi perusahaan. Oleh karenanya, perusahaan menyediakan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh dokter dan perawat.

2. Pakaian Kerja

Untuk kesenjangan antar karyawan, perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahunnya, selain itu juga disediakan juga alat *safety* untuk menunjang keselamatan karyawan ketika menjalankan alat proses di pabrik.

3. Makanan dan Minuman

Perusahaan menyediakan makanan dan minuman 1 kali sehari yang rencananya akan dikelola oleh perusahaan *catering* yang ditunjuk perusahaan.

4. Tunjangan Hari Raya

Tunjangan hari raya diberikan setiap tahunnya, yaitu menjelang hari raya idul fitri dan besarnya tunjangan tersebut sebesar satu bulan gaji.

5. Jamsostek

Jamsostek merupakan asuransi pertanggungjawaban perusahaan kepada karyawan apabila terjadi kecelakaan kerja.

6. Tempat Ibadah

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

7. Transportasi

Transportasi bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan memperingan beban pengeluaran karyawan, perusahaan memberikan uang transportasi tiap hari yang penyerahannya bersamaan dengan penerimaan gaji tiap bulannya.

8. Cuti

Untuk dapat meningkatkan produktivitas dan memperingan beban pengeluaran karyawan, perusahaan memberikan cuti kepada karyawan dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Cuti tahunan diberikan kepada karyawan selama 12 hari selama 1 tahun.
- b. Cuti massal setiap tahun diberikan kepada karyawan bertepatan dengan Hari Raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.
- c. Cuti hamil Wanita yang akan melahirkan berhak cuti selama 3 bulan dan selama cuti tersebut gaji tetap dibayar dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dan kedua minimal 2 tahun.

9. Perumahan dan Kebutuhan Rumah Tangga

Kebutuhan rumah yang disediakan oleh pabrik meliputi rumah dan kebutuhan air rumah tersebut. Perumahan disediakan untuk dewan direksi, kepala bagian, litbang, dan sekretaris. Jumlah perumahan yang disediakan untuk pejabat pabrik adalah sebanyak 20 rumah tipe 60.

BAB V

UTILITAS

Unit pendukung proses atau sering disebut unit utilitas merupakan bagian yang penting untuk menunjang berlangsungnya proses dalam suatu pabrik. Unit pendukung proses meliputi : unit pengadaan air, unit pengadaan *steam*, unit pengadaan udara tekan, unit pengadaan listrik, unit pengadaan bahan bakar. Unit pendukung proses yang terdapat dalam pabrik biodiesel adalah:

1. Unit pengadaan air

Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air untuk memenuhi kebutuhan air sebagai berikut:

- a. Air pendingin
- b. Air umpan *boiler*
- c. Air *domestic*
- d. Air proses
- e. Air servis

2. Unit pengadaan steam

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan steam sebagai media pemanas di *vaporizer*, *heater* dan *reboiler*.

3. Unit pengadaan udara tekan

Unit ini bertugas untuk menyediakan udara tekan untuk kebutuhan instrumentasi *pneumatic*, untuk penyediaan udara tekan di bengkel dan untuk kebutuhan umum yang lain.

4. Unit pengadaan listrik

Unit ini bertugas menyediakan listrik sebagai tenaga penggerak untuk peralatan proses, keperluan pengolahan air, peralatan-peralatan elektronik atau listrik pendingin udara, maupun untuk penerangan. Listrik di sediakan oleh PT PLN (Persero) dan dari generator sebagai cadangan bila listrik dari PT PLN mengalami gangguan.

5. Unit pengadaan bahan bakar

Unit ini bertugas menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan *boiler* dan generator.

5.1 Unit Pengolahan Air

Air yang digunakan berasal dari sungai sekitar kawasan BIP (*Batang Industrial Park*). Air ini tidak dapat langsung digunakan dan memerlukan beberapa pengolahan untuk dapat dipakai sebagaimana mestinya. Tujuan pengolahan air ini adalah untuk menghasilkan air yang dapat digunakan baik untuk menunjang proses produksi maupun kebutuhan kebutuhan lainnya di seluruh area pabrik. Beberapa tahapan dalam pengolahan air adalah sebagai berikut:

5.1.1 Penghisapan

Air dari sungai dipompa menuju bak pengendapan awal. Pada sisi hisap pompa perlu dipasang saringan (F-01) agar kotoran tidak terikut ke bak pengendapan awal.

5.1.2 Pengendapan dan Filtrasi

Air dari bak pengendap (B-01) yang masih mengandung padatan tersuspensi selanjutnya memasuki tangki pengadukan cepat (B-02) untuk dicampur dengan larutan kapur dan Alumunium Sulfat (tawas) agar terjadi proses koagulasi. Koagulasi merupakan proses penggumpalan partikel koloid akibat penambahan bahan koagulan atau zat kimia sehingga partikel-partikel tersebut bersifat netral dan membentuk endapan karena gravitasi. Air yang telah dicampur flokulan kemudian dialirkan ke dalam clarifier (B-03) untuk mengendapkan gumpalan partikel-partikel halus. Endapan kemudian dikeluarkan sebagai blowdown, melalui bagian bawah *clarifier*. Air kemudian dialirkan ke bak pengendap II (B-04) dengan tujuan memberi kesempatan untuk proses flokulasi ke 2. Setelah itu air hasil dari pengendapan ke 2 akan menuju saringan pasir (*sand filter*) untuk menghilangkan partikel-partikel halus yang masih lolos di *clarifier*.

5.1.3 Bak Air Bersih

Air yang sudah melalui tahap filtrasi bisa disebut sebagai air bersih dan ditampung dalam bak penampung air bersih. Air tersebut kemudian didistribusikan untuk 5 keperluan utama yaitu :

1. air domestik
2. kebutuhan servis

3. air pendingin

4. air *boiler*

5. air proses

5.1.4 Air Domestik

Kebutuhan air domestik merupakan air yang digunakan sehari-hari untuk karyawan dan kebutuhan di mess. Berdasarkan standar WHO, kebutuhan air per orang berkisar antara 50 hingga 100 liter per hari (WHO, 2020). Untuk keamanan, maka digunakan kebutuhan air untuk satu orang sebesar 100 liter per hari. Kebutuhan air domestik pabrik adalah sebagai berikut.

A. Air Kantor

- karyawan on *shift* = 126 orang

- kebutuhan air per karyawan = 100 L/hari x

- Massa jenis air = 1.028 kg/L :

- total kebutuhan air kantor = 12.261,70 kg/hari

B. Air Rumah Tangga

- Jumlah Rumah = 20 rumah

- Kapasitas tiap rumah = 3 orang

- kebutuhan air per orang = 100 kg/hari x

- Total Kebutuhan Rumah = 120.000 kg/hari

C. Kebutuhan Domestik = 132.261,70 kg/hari

- *Over Design* (20%) = 158.714,04 kg/hari

E. Kebutuhan per jam = 5.511 kg/Jam

5.1.5 Air Service

Kebutuhan air untuk *service water* adalah kebutuhan air untuk pemakaian pelayanan umum seperti bengkel, laboratorium, pemadam kebakaran dan lain sebagainya. Kebutuhan air servis sebagai berikut :

- bengkel = 100 kg/hari

- poliklinik = 200 kg/hari

- laboratorium = 400 kg/hari

- pemadam kebakaran = 1.000 kg/hari

- kantin, musholla, dan kebun = 4.000 kg/hari

- Total = 5.700 kg/hari

5.1.6 Air Pendingin

Air pendingin yang digunakan diambil dari air pihak internal yaitu PT KII yang telah diproses sehingga menjadi air bersih. Alasan digunakannya air PT KII sebagai media pendingin adalah karena faktor- faktor sebagai berikut :

a) Air dapat diperoleh dalam jumlah yang besar dengan biaya murah

b) Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya.

c) Dapat menyerap sejumlah panas per satuan volume yang tinggi.

d) Tidak terdekomposisi.

Air untuk pendingin dialirkan dari bak air bersih (BU-02) menuju proses pendinginan. Setelah melalui proses pendinginan, air kemudian dialirkan ke *cooling tower* dan digunakan untuk proses pendinginan kembali. Air yang dibutuhkan untuk pendingin pada pabrik biodiesel dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin Pabrik Tiap Jam

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah (kg/jam)
1	<i>Cooler 1</i>	CL-01	1.747,540
2	<i>Cooler 2</i>	CL-02	690.428
3	<i>Condenser 1</i>	CD-01	155,004
4	<i>Condenser MD</i>	CD (MD)	1.737,907
5	Reaktor-01	R-01	139.789,223
Subtotal			144.120,096
<i>Overdesign (20%)</i>			172.944,115

Air untuk pendingin digunakan secara tertutup, air bekas pendingin dengan suhu maksimum 50° C dipulihkan dengan cara di kontakkan dengan udara lingkungan kedalam Menara pendingin. Dalam menara pendingin, terjadi transfer panas dari air ke udara dan transfer massa dari air ke udara akibatnya suhu air keluar menara pendingin kembali 30 °C dan massa air berkurang akibat penguapan. Air makeup pendingin yang berkurang diasumsikan sebesar 12,5 % dari massa air pendingin yang diperlukan sehingga diperoleh air makeup tiap jam adalah sebagai berikut.

$$172.944,115 \times 12,5\% = 21.618,014\text{kg/jam}$$

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air PT KII sebagai pendingin adalah:

- a) Partikel-partikel besar/makroba (makhluk hidup dan konstituen lain).
- b) Partikel-partikel kecil/mikroba laut (ganggang dan mikroorganisme) yang dapat menyebabkan fouling pada alat *heat exchanger*.
- c) Sedimen-Sedimen yang ikut dalam air.

5.1.7 Air untuk Boiler

Air yang digunakan untuk steam sebelumnya di tampung di bak air bersih (B-05), kemudian masuk ke tangki *kation exchanger* (T-04) dan *anion exchanger* (T-05). Pada *kation exchanger* (T-4) dan *anion exchanger* (T-05) terjadi proses pelunakan air dan dealkalinasi. Proses pelunakan air terjadi pada *kation exchanger*. Di dalam *kation exchanger*, mineral mineral sadah seperti Ca^{2+} , Na^{2+} , dan mineral lainnya akan dibebaskan dari air. Mineral ini akan tertangkap oleh resin hidrogen zeolit. Saat resin tidak mampu lagi untuk menangkap mineral, maka akan dilakukan proses regenerasi resin. Regenerasi resin *kation exchanger* dilakukan dengan penambahan asam kuat H_2SO_4 . Air keluaran dari *kation exchanger* yang sudah bebas mineral dan akan dialirkan kedalam *anion exchanger* untuk dilakukan proses dealkalinasi. Proses ini bertujuan untuk menangkap ion-ion negatif karena berpotensi membentuk gas CO_2 jika air di uapkan. Hal tersebut akan menurunkan air keluaran dari *anion exchanger* ini sudah bisa digunakan sebagai air untuk *boiler*. Air *boiler* selanjutnya ke dialirkan ke tangki *boiler* untuk dilakukan proses daerasi

dan ditampung sebelum dialirkan ke *boiler*. Adanya daerasi berfungsi untuk menghilangkan gas terlarut dalam air seperti oksigen. Tangki *boiler* di tambahkan dengan *hydrazine* untuk mengikat kandungan gas seperti O₂ pada air *boiler*. Air kemudian diumpankan menuju *boiler* untuk diubah fasenya menjadi uap jenuh (*saturated steam*). Total kebutuhan air umpan boiler dapat dilihat pada Tabel 5.2 Dibawah ini.

Tabel 5. 2 Kebutuhan Saturated Steam Pabrik Tiap Jam

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah (kg/jam)
1	<i>Heater 1</i>	HE-01	16,390
2	<i>Heater 2</i>	He-02	8,383
3	<i>Heater 3</i>	HE-03	257,661
4	<i>Heater 4</i>	HE-04	1.756,975
5	Evaporator 1	EV-01	5,356
6	<i>Reboiler</i>	RB-01	30,235
Subtotal			2.075,000
<i>Overdesign (20%)</i>			2.489,999

Air yang telah menjadi kondensat kemudian dialirkan kembali menuju tangki air *boiler*. Adanya *recycle* tersebut mengurangi kebutuhan air yang di supply menuju *boiler*, sehingga jumlah air yang dialirkan ke tangki *boiler* saat *boiler* beroperasi adalah sebesar air yang di *blowdown*. *Blowdown* merupakan pembuangan air dari boiler untuk menghindari adanya peningkatan konsentrasi

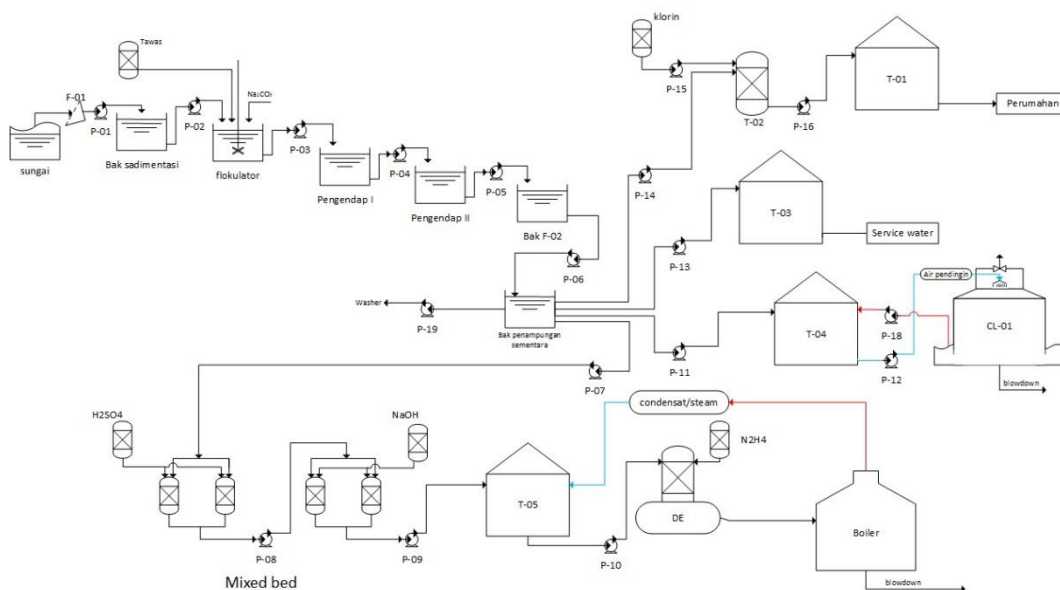
pengotor dalam air *boiler*. Air yang di buang dalam *blowdown boiler* adalah sebesar 15% dari total air di *boiler* atau sekitar 373,450 kg/jam air.

5.1.8 Air Proses

Kebutuhan air untuk air proses adalah kebutuhan air untuk pemakaian pada proses. Alat yang membutuhkan yaitu di alat *washer-01* dengan kebutuhan air bersih 8.544,54 Kg/jam.

5.1.9 Skema Pengolahan Air

Total air yang dibutuhkan pabrik tiap jamnya adalah sebesar 189.727,06 kg/jam Skema pengolahan air pada pabrik biodiesel dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. 1 Skema Pengolahan Air Pabrik Biodiesel

5.2 Unit Pengadaan Steam

Steam yang diproduksi pada pabrik ini dihasilkan dari boiler ini merupakan saturated steam dengan suhu 120°C pada tekanan 1 atm dan 300°C pada tekanan 10 atm. Jumlah steam yang dibutuhkan pabrik adalah sebesar 2.075,000 kg/jam.

Untuk menjaga kemungkinan kebocoran steam pada saat distribusi, jumlah steam dilebihkan sebanyak 20% sehingga jumlah *steam* yang dibutuhkan adalah 2.489,999 kg/jam. Untuk menyediakan *steam*, dibutuhkan boiler dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 5. 3 Kebutuhan air *steam*

Steam dengan suhu 120°C			Steam dengan suhu 300°C		
Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)	Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
<i>Heater 1</i>	HE-01	16,390	<i>Reboiler</i>	RB-01	30,235
<i>Heater 2</i>	HE-02	8,383	<i>Heater 3</i>	HE-03	257,661
<i>Heater 4</i>	HE-04	1,756.975			
Evaporator 1	EV-01	5,356			
Total		1.787,104	Total		289,90

5.3 Unit Pengadaan Udara

Tekan Udara tekan yang digunakan untuk menjalankan sistem instrumentasi di seluruh area proses dan utilitas, dihasilkan dari kompresor dan didistribusikan melalui pipa-pipa. Untuk memenuhi kebutuhan digunakan satu buah kompresor. Kebutuhan udara tekan untuk perancangan pabrik biodiesel ini diperkirakan sebesar 108,332 m³ /jam, tekanan 5 atm dan suhu 30°C. Alat untuk menyediakan udara tekan berupa kompresor yang dilengkapi dengan *dryer* yang berisi silika untuk menyerap air. Spesifikasi *compressor* yang digunakan adalah sebagai berikut.

Spesifikasi Kompresor

Kode	: K-01
Fungsi	: Memenuhi kebutuhan udara tekan
Jenis	: <i>Single Stage Reciprocating Compressor</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 108,332 m ³ /jam
Tekanan Suction	: 1 atm
Tekanan discharge	: 5 atm
Efisiensi	: 85%
Daya Kompresor	: 25 Hp

5.4 Unit Pengadaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik di pabrik biodiesel ini dipenuhi oleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Namun, pabrik ini juga dilengkapi dengan pembangkit listrik tenaga mandiri yaitu sebuah generator. Untuk menentukan biaya penggunaan listrik pabrik serta untuk menentukan kapasitas generator yang dibutuhkan, maka dilakukan perhitungan dan perkiraan penggunaan listrik pabrik.

5.4.1 Kebutuhan Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik ini antara lain terdiri dari :

1. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
2. Listrik untuk penerangan

3. Listrik untuk ac

4. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi

5. Listrik untuk alat-alat elektronik

Besarnya kebutuhan listrik masing - masing keperluan di atas dapat diperkirakan sebagai berikut :

A. Listrik Proses dan Utilitas

Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dan keperluan utilitas dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan 5.5 berikut:

Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik Proses Pabrik Biodiesel

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Reaktor-1	R-01	25	18.643
<i>Centrifuge</i>	CF-01	20	14.914
<i>Rotary Dryer</i>	RD-01	7,5	5.593
Pompa 01	P-01	0,05	37
Pompa 02	P-02	1	746
Pompa 03	P-03	0,05	37
Pompa 04	P-04	0,125	93
Pompa 05	P-05	0,05	37
Pompa 06	P-06	0,75	559
Pompa 07	P-07	0,05	37
Pompa 08	P-08	0,08	62

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa 09	P-09	0,05	37
<i>Conveyor 01</i>	BC-01	0,5	373
<i>Conveyor 02</i>	BC-02	0,5	373
<i>Conveyor 03</i>	BC-03	0,5	373
<i>Conveyor 04</i>	BC-04	0,5	373
<i>Conveyor 05</i>	BC-05	0,5	373
<i>Bucket Elevator</i>	BE-01	1,5	1.119
<i>Screw Press</i>	SC-01	0,75	559
<i>Washing Rotary</i>	W-01	0.5	373
Evaporator	EV-01	0	0
Menara Distilasi	MD-01	0	0
Blower 01	BW-01	1,5	1.119
Blower 02	BW-02	1,5	1.119
Total		62	46.202

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Utilitas Pabrik Biodiesel

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Flokultor (Bak Pengendap 2)	BU-02	2	1.491
<i>Blower Cooling Tower</i>	B-01	20	14.914
Kompresor	K-01	25	18.643
Blower Udara	B-02	20	14.914

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa 1	PU-01	25	18.643
Pompa 2	PU-02	7,5	5.593
Pompa 3	PU-03	7,5	5.593
Pompa 4	PU-04	5	3.729
Pompa 5	PU-05	5	3.729
Pompa 6	PU-06	5	3.729
Pompa 7	PU-07	0,083	62
Pompa 8	PU-08	0,083	62
Pompa 9	PU-09	0,083	62
Pompa 10	PU-10	0,083	62
Pompa 11	PU-11	7,5	5.593
Pompa 12	PU-12	7,5	5.593
Pompa 13	PU-13	0,05	37
Pompa 14	PU-14	0,167	124
Pompa 15	PU-15	0,05	37
Pompa 16	PU-16	0,167	124
Pompa 17	PU-17	0,05	37
Pompa 18	PU-18	7,5	5.593
Pompa 19	PU-19	0,75	559
Total		128,567	95.852

B. Listrik Penunjang Pabrik

Kebutuhan penunjang pabrik meliputi sistem pending udara pabrik (*air conditioner*), penerangan pabrik, laboratorium dan instrumentasi pabrik, serta untuk kebutuhan bengkel. Perkiraan kebutuhan listrik yang diperlukan untuk menunjang pabrik dapat dilihat pada Tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Penunjang Pabrik

No	Keperluan	Kebutuhan (KWh)
1	Listrik Ac	14,206
2	Listrik Penerangan	14,206
3	Laboratorium dan Bengkel	14,206
4	Instrumentasi/alat kontrol	28,411
5	Perumahan	26
Total		239,081

C. Kebutuhan Listrik Total

Total kebutuhan listrik pabrik dapat dilihat pada Tabel 5.7 di bawah ini.

Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik Pabrik Biodiesel Keseluruhan

No	Keperluan	Kebutuhan (KWh)
1	Kebutuhan Plant	
	a. Proses	46,202
	b. Utilitas	95,852
2	a. Listrik Ac	14,206

No	Keperluan	Kebutuhan (KWh)
	b. Listrik Penerangan	14,206
3	Laboratorium dan Bengkel	14,206
4	Instrumentasi/alat kontrol	28,411
5	Perumahan	26
Total		239,081

5.4.2 Generator

Generator disediakan untuk menjaga pasokan tenaga listrik pabrik agar dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. Adapun generator yang digunakan adalah generator diesel dengan arus bolak balik. Generator jenis ini dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

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

Generator yang digunakan sebagai cadangan sumber listrik mempunyai efisiensi 80%, sehingga generator yang disiapkan harus mempunyai *output* sebesar 298,851 KWh atau di atasnya. Oleh karena itu dipilih generator standar dengan kapasitas sebesar 300 KWh. Saat generator akan digunakan, bahan bakar dalam diesel dipompa ke generator menggunakan P-17.

5.5 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar mempunyai tugas untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar *boiler* dan generator. Jenis bahan bakar yang digunakan adalah *Liquid*

Natural Gas (LNG) untuk *boiler* dan *IDO* (*Industrial Diesel Oil*) untuk generator. IDO diperoleh dari Pertamina dan distributornya. Pemilihan LNG dan IDO sebagai bahan bakar didasarkan pada alasan.

1. Mudah didapat
2. Lebih ekonomis
3. Mudah dalam penyimpanan
4. Lebih Efisien dan banyak digunakan di industri

Bahan bakar LNG yang digunakan untuk kebutuhan boiler memiliki spesifikasi dan jumlah pemakaian sebagai berikut.

- *Heating Value* : 21.500 Btu/lb (wikipedia)
- Efisiensi bahan bakar : 80%
- Kebutuhan LNG : 377,368 KWh

Bahan bakar diesel yang digunakan untuk generator memiliki spesifikasi dan jumlah pemakaian sebagai berikut.

- *Heating value* : 19.676 Btu/lb
- Efisiensi bahan bakar : 80%
- Kapasitas generator : 298,851 KWh
- Kebutuhan Solar : 28,5 L/jam = 303,126 KWh

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Pengolahan limbah yang dihasilkan dari pabrik biodiesel dapat diklasifikasikan menjadi :

5.6.1 Pengolahan Bahan Buangan Cair

Pengolahan limbah ini didasarkan pada jenis buangannya:

Limbah Cair yang dimaksud meliputi :

- Buangan sanitasi
- Buangan air proses
- Limbah minyak pompa

Karena pabrik biodiesel ini akan dibangun di Kawasan Industri Batang, maka seluruh limbah cair yang dihasilkan dari kawasan pabrik akan di salurkan ke pihak internal yaitu PT KII untuk di kelola.

5.6.2 Pengolahan Bahan Buangan Padatan

Limbah padat yang dihasilkan berasal dari limbah domestik dan kebutuhan pendukung proses. Limbah domestik berupa sampah-sampah dari keperluan sehari-hari seperti kertas dan plastik, sampah tersebut ditampung di dalam bak penampungan dan selanjutnya dikirim ke tempat pembuangan akhir (TPA). Limbah yang berasal dari ipal dan kebutuhan pendukung proses diurug didalam tanah yang dindingnya dilapisi dengan *clay* (tanah liat) agar bila limbah yang dipendam termasuk berbahaya tidak menyebar ke lingkungan sekitarnya.

5.6.3 Pengolahan Limbah Gas

Limbah gas yang berasal dari alat-alat produksi berupa Etilen, CO₂ dan O₂ yang dibuang ke udara melalui stack yang mempunyai tinggi minimal 1 kali tinggi bangunan.

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Pada perancangan pabrik biodiesel ini dilakukan evaluasi atau penilaian investasi dengan maksud untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang menguntungkan atau tidak. Komponen terpenting dari perancangan ini adalah estimasi harga alat - alat, karena harga ini dipakai sebagai dasar untuk estimasi analisa ekonomi. Analisa ekonomi dipakai untuk mendapatkan perkiraan/estimasi tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan dan layak didirikan atau tidak layak jika didirikan. Dalam evaluasi ekonomi ini faktor faktor yang ditinjau adalah:

1. *Return On Investment* (ROI)

Return on investment merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasikan.

2. *Pay Out Time* (POT)

Pay out time adalah jumlah tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan profit sebelum dikurangi.

3. *Discounted Cash Flow* (DCF)

Discounted cash flow merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali selama umur ekonomi. *Rated of return based on discounted cash flow* adalah laju bunga maksimal dimana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

4. *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point adalah terjadi titik impas dimana tingkat penjualan atau pendapatan yang diperoleh dan modal yang digunakan untuk menghasilkan laba berada dalam posisi yang sama.

5. *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point adalah suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan keuntungan).

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

1. Penentuan Modal Industri (*Fixed Capital Investment*)

a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)

2. Penentuan Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)

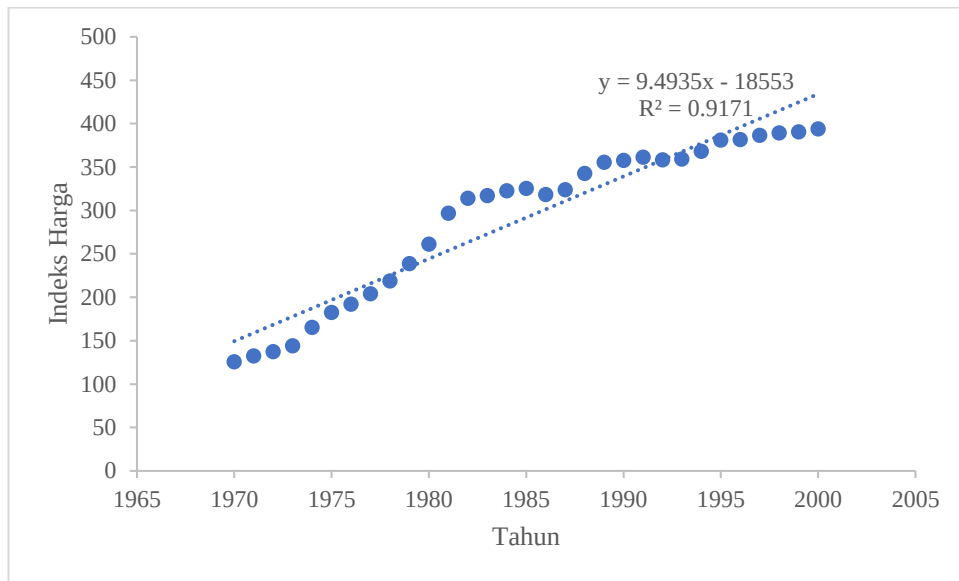
- a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
- b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

3. Pendapatan Modal Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal dibawah ini.

- a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya Variabel (*Variable Cost*)
- c. Biaya Pengembangan (*Regulated Cost*)

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan proses tiap alat akan berubah tergantung dengan situasi dan kondisi ekonomi. Untuk menentukan harga peralatan tahunan yang tepat diperlukan suatu metode untuk memperkirakan harga peralatan pada tahun tertentu, dan indeks harga peralatan pabrik pada tahun tersebut harus diketahui terlebih dahulu. Dalam analisis keuangan, tahun analisis mempertimbangkan perangkat dan harga lainnya. Harga indeks tahun 2030 diambil berdasarkan data indeks tahun 1963 hingga tahun 2000 (chemengonline.com/pci) menggunakan metode persamaan regresi linier. Diagram hubungan antara tahun dan indeks harga ditunjukkan pada Gambar 6.1 dibawah ini.



Gambar 6. 1 Diagram hubungan antara tahun dan indeks harga

Dengan asumsi kenaikan indeks linear, maka dapat diturunkan persamaan *least square* sehingga didapatkan persamaan berikut.

$$y = 9,4935x - 18553 \quad \mathbf{6.1}$$

Keterangan:

y = indeks harga

x = tahun pembelian

Dari persamaan (6.1) didapat indeks harga pada tahun 2030 adalah 718,312. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga. harga tersebut diestimasi sesuai dengan rencana waktu tahun pabrik didirikan dengan menggunakan persamaan (Peters & Timmerhaus, 2003) :

$$\frac{Ey}{Ex} = \frac{Ny}{Nx} \quad 6.2$$

Keterangan:

Ex = Harga pembelian pada tahun referensi

Ey = Harga pembelian pada tahun 2014

Nx = Indeks harga pada tahun referensi

Ny = Indeks harga pada tahun 2014

(Peters & Timmerhaus, 2003)

Apabila terdapat suatu alat dengan kapasitas tertentu yang tidak ada spesifikasinya dalam referensi, maka harga alat dapat diperkirakan dengan membandingkannya dengan harga alat sejenis seperti pada persamaan (6.3) ini.

$$Eb = Ea \times \left(\frac{Cb}{Ca}\right)^2 \quad 6.3$$

Keterangan:

Eb : Harga alat b

Ea : Harga alat a

Cb : Kapasitas alat b

Ca : Kapasitas alat a

(Peters & Timmerhaus, 2003)

Harga eksponen tergantung dari jenis alat yang digunakan. Daftar harga alat proses dan alat utilitas dapat dilihat pada Tabel 6.1 dan Tabel 6.2.

Tabel 6. 1 Perkiraan harga alat proses

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Harga \$ (2030)
Silo	S-01	1	\$240.908,06
	S-02	1	\$240.908,06
	S-03	1	\$240.908,06
Tangki	T-01	1	\$42.475,90
	T-02	1	\$42.475,90
	T-03	1	\$42.475,90
	T-04	1	\$42.475,90
<i>Washer</i>	W-01	1	\$7.374,32
<i>Rotary dryer</i>	RD-01	1	\$541.789,56
<i>Screw Press</i>	SC-01	1	\$41.616,34
Reaktor	R-01	1	\$421.842,70
<i>Centrifuge</i>	CF-01	1	\$720.822,29
Decanter	DC-01	1	\$290.738,00
Evaporator	EV-01	1	\$303.544,16
Menara destilasi	MD-01	1	\$71.004,48
<i>Belt Conveyor</i>	BC-01	1	\$27.767,82
	BC-02	1	\$27.767,82
	BC-03	1	\$34.361,10
	BC-04	1	\$27.767,82
	BC-05	1	\$27.767,82

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Harga \$ (2030)
<i>Bucket Elevator</i>	BE-01	1	\$24.032,48
<i>Heater</i>	HE-01	1	\$5.832,51
	HE-02	1	\$5.832,51
	HE-03	1	\$21.047,76
	HE-04	1	\$21.047,76
<i>Cooler</i>	CL-01	1	\$5.832,51
	CL-02	1	\$21.047,76
	CL-03	1	\$21.047,76
Pompa	P-01	1	\$5.071,75
	P-02	1	\$5.071,75
	P-03	1	\$5.071,75
	P-04	1	\$5.071,75
	P-05	1	\$5.071,75
	P-06	1	\$5.071,75
	P-07	1	\$5.071,75
	P-08	1	\$5.071,75
	P-09	1	\$5.071,75
Blower	BW-01	1	\$126,79
	BW-02	1	\$126,79
Total		38	\$3.367.504,33

Tabel 6. 2 Perkiraan harga alat utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Harga \$ (2030)
Bak Pengendap	BP	1	\$5.955.500,94
Bak Pencampur Cepat	FO	1	\$6.339,69
<i>Clarifier</i>	CL-01	1	\$29.162,56
Saringan Pasir	SF-01	1	\$109.042,60
Baik Air Bersih	BAB	1	\$768.369,93
Bak Air Minum	BAM	1	\$3.803,81
<i>Cooling Tower</i>	CT	1	\$1.714.251,07
Pompa	PU-01	19	\$322.323,91
Kompresor Udara	KU	1	\$5.790,57
Tangki Silika	Ts	1	\$5,275,82
Penukar Kation	TK-01	1	\$5.275,82
Penukar Anion	TA-01	1	\$5.965,64
Tangki Umpan <i>Boiler</i>	BFW	1	\$5.908,59
Tangki Kondensat	T-cond	1	\$88.377,76
Total		32	\$9.025.388,71

Dari hasil penaksiran harga alat tersebut, maka diketahui bahwa total harga alat adalah senilai \$ 12.392.893,04 USD atau sekitar Rp 202.004.156.503,81.

6.2 Dasar Perhitungan

Dasar perhitungan yang digunakan dalam analisa ekonomi pabrik biodiesel ini adalah :

1. Kapasitas produksi : 12.000 ton/tahun

2. Satu tahun operasi : 330 hari

3. Pabrik didirikan : 2030

4. Harga bahan baku

- kulit ayam broiler : Rp. 15.000 / kg

- etanol : Rp. 20.000 /kg

- CaO : Rp. 5.500 /kg

5. Harga produk

- Biodiesel : Rp. 37.214 / kg

- Gliserol : Rp. 58.447 /kg

- Ca(OH)₂ : Rp. 36.000 /kg

6.3 Asumsi Penentuan *Total Capital Investment* (TCI)

Asumsi dan ketentuan yang digunakan dalam analisa ekonomi :

1. Pembangunan fisik pabrik akan dilaksanakan pada tahun 2030 dan pabrik dapat beroperasi secara komersial pada awal tahun 2031.

2. Proses yang dijalankan adalah proses kontinyu.

3. Kapasitas produksi adalah 12.000 ton/tahun.
4. Jumlah hari kerja adalah 330 hari per tahun.
5. Shut down pabrik dilaksanakan selama 35 hari dalam satu tahun untuk perbaikan alat-alat pabrik.
6. Modal kerja yang diperhitungkan selama 1 bulan.
7. Umur alat-alat pabrik diperkirakan 10 tahun.
8. Situasi pasar, biaya dan lain-lain diperkirakan stabil selama pabrik beroperasi.
9. Upah buruh asing U\$ 20 per *man hour*.
10. Upah buruh lokal Rp. 3.305,14 per *man hour*.
11. Semua produk biodiesel, gliserol dan Ca(OH)_2 habis terjual.
12. Nilai Kurs (Indonesian Rupiah *Exchange Rates* (3 Juli 2024) 1 USD = Rp. 16.365,00. Harga tanah 1.600.000/m² ((<https://www.dotproperty.id>)).

6.4 Perhitungan Biaya

6.4.1 Capital Investment

a. Fixed Capital Investment (FCI)

Fixed capital investment merupakan biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas suatu pabrik (Peters dan Timmerhaus, 2004). Selanjutnya, melakukan perhitungan rencana maka pabrik biodiesel ini memerlukan rencana *physical plant cost, direct plant cost, fixed capital instrument*.

b. *Working Capital Investment (WCI)*

Working capital investment atau investasi modal kerja adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk mengoperasikan pabrik selama jangka waktu tertentu. Beberapa sumber modal yang bisa diperoleh saat mendirikan pabrik, baik pinjaman bank, uang pribadi, maupun investor.

c. *Total Capital Investment (TCL)*

Total capital investment merupakan jumlah dari *fixed capital investment* dan *working capital investment*.

6.4.2 Manufacturing Cost

Manufacturing cost adalah biaya tahunan yang diperlukan untuk menghasilkan suatu produk, *manufacturing cost* adalah total dari *direct manufacturing cost*, *indirect manufacturing cost* serta *fixed cost* yang selalu berkaitan dengan produksi suatu produk. *Manufacturing cost* meliputi:

a. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct manufacturing cost merupakan biaya pengeluaran yang masih berkaitan langsung dalam pembuatan produk yang berhubungan dengan memproduksi suatu produk dalam pabrik.

b. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Indirect manufacturing cost atau biaya tidak langsung merupakan biaya yang secara tidak langsung berhubungan dengan produksi pabrik.

c. *Fixed Manufacturing Cost* (FMC)

Fixed Manufacturing Cost merupakan biaya pengeluaran yang bernilai tetap yang berhubungan dengan *fixed capital investment*. Biaya ini tidak bergantung pada waktu dan tingkat produksi dan akan selalu dikeluarkan baik saat pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi.

6.4.3 General Expense (GE)

General Expenses atau pengeluaran umum merupakan biaya pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan dan tidak termasuk *manufacturing cost*. *General Expenses* meliputi :

- a. Administrasi Biaya yang termasuk dalam administrasi seperti : *management salaries, legal fees and auditing*, dan biaya peralatan kantor. Besarnya biaya administrasi diperkirakan 2-3% hasil penjualan atau 3-6% dari *manufacturing cost*.
- b. Sales Pengeluaran yang dilakukan mengenai penjualan produk, misalnya biaya distribusi dan iklan. Besarnya biaya sales diperkirakan 3-12% harga jual atau 5-22% dari *manufacturing cost*. Untuk produk standar kebutuhan *sales expense* kecil dan untuk produk baru yang perlu diperkenalkan *sales expense* besar.
- c. Riset Penelitian diperlukan untuk menjaga mutu dan inovasi ke depan. Untuk industri kimia, dana riset sebesar 2,8% dari hasil penjualan.

6.5 Analisa Kelayakan Pabrik

Analisa kelayakan adalah analisa yang dilakukan untuk mengetahui laba yang didapatkan agar mendapatkan keuntungan maksimum. Analisa ini juga digunakan

untuk melihat besar atau kecilnya laba yang dihasilkan pabrik. Tujuan Analisa ini adalah untuk mengetahui apakah pabrik yang didirikan potensial atau tidak potensial dari sisi ekonomi.

6.5.1 Percent Return on Investment (% ROI)

Return On Investment (ROI) merupakan kecepatan tahunan dimana keuntungan-keuntungan akan mengembalikan investasi (modal). Dalam bentuk dasar ROI dapat didefinisikan sebagai rasio (perbandingan) yang dinyatakan dalam presentase dari keuntungan tahunan dengan investasi modal. Pabrik dengan risiko tinggi mempunyai minimum ROI *before tax* diatas 44% (Aries, 1955). Perhitungan untuk menentukan ROI dapat dilihat pada persamaan 6.6 dibawah ini (Aries, 1955):

$$ROI = \frac{\text{labar}}{FCI} \times 100\% \quad 6.4$$

6.5.2 Pay Out Time (POT)

Pay out time adalah waktu (tahun) yang diperlukan untuk mengembalikan *Fixed Capital Investment* berdasarkan profit yang diperoleh. Pada industri risiko tinggi, syarat POT sebelum pajak untuk pabrik adalah dibawah dari 2 tahun (Aries, 1955). Persamaan untuk menghitung POT adalah sebagai berikut (Aries, 1955).

$$POT = \frac{FCI}{(\text{labar} + \text{depresiasi})} \quad 6.5$$

6.5.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) merupakan titik impas. BEP menunjukkan besarnya kapasitas produksi yang dapat menutupi biaya keseluruhan dan mencapai titik pabrik tidak mendapatkan keuntungan namun tidak menderita kerugian. Nilai BEP

yang dapat diterima berada di antara 40% hingga 60%. untuk menghitung BEP digunakan persamaan 6.8 berikut.

$$BEP = \frac{Fa + 0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \quad 6.6$$

Keterangan:

Fa = *Annual fixed expense at max production*

Ra = *Annual regulated expense at max production*

Sa = *Annual sales value at max production*

Va = *Annual variable expense at max production*

(Aries & Newton. 1955)

6.5.4 Shut Down Point (SDP)

Shut down point (SDP) merupakan kondisi dimana pabrik mengalami kerugian sebesar *Fixed cost* yang menyebabkan pabrik harus tutup. Hal ini dapat terjadi jika *variable cost* yang terlalu tinggi, sehingga biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*. Nilai SDP dapat ditentukan menggunakan persamaan 6.7 dibawah ini ((Aries, 1955).

$$SDP = \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \quad 6.7$$

6.5.5 Discounted Cash Flow (DCF)

Discounted Cash Flow (DCF) adalah besar perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya. DFCR Didasarkan atas investasi yang yang diperoleh

ketika seluruh modal yang ada digunakan semuanya untuk proses produksi. DCF dari suatu pabrik dinilai menguntungkan jika melebihi satu setengah kali bunga pinjaman bank. DCF (i) dapat dihitung dengan metode *present value analysis* (Peters & Timmerhaus. 2003). *Present Value Analysis* dihitung dengan persamaan berikut:

$$(FC+WC)(1+i)^n = C \sum_{n=0}^{N+1} (1+i)^n + Wc + Sv \quad 6.8$$

Keterangan:

FC : *Fixed Capital*

WC : *Working Capital*

SV : *Salvage Value*

C : *cash flow : Profit after tax + depreciation + finance*

Umur Pabrik = 10 tahun

i : nilai DCFR

6.6 Hasil Perhitungan

Tabel 6. 3 *Physical Plant Cost (PPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp201.235.797.135,51	\$12.392.893,04
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp50.308.949.283,88	\$3.098.223,26
3	<i>Instalasi cost</i>	Rp26.600.902.560,35	\$1.638.188,36

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
4	Pemipaan	Rp44.352.469.683,82	\$2.731.399,78
5	Instrumentasi	Rp49.133.772.226,67	\$3.025.851,23
6	Insulasi	Rp6.734.724.675,85	\$414.750,87
7	Listrik	Rp20.123.579.713,55	\$1.239.289,30
8	Bangunan	Rp108.168.000.000,00	\$6.661.411,50
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp57.929.600.000,00	\$3.567.532,95
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		Rp564.587.795.279,64	\$34.769.540,29

Tabel 6. 4 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp112.917.559.055,93	\$6.953.908,06
<i>Total (DPC + PPC)</i>		Rp112.917.559.055,93	\$6.953.908,06

Tabel 6. 5 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	Rp112.917.559.055,93	\$6.953.908,06
2	Kontraktor	Rp27.100.214.173,42	\$1.668.937,93
3	Biaya tak terduga	Rp67.750.535.433,56	\$4.172.344,84
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		Rp207.768.308.662,91	\$12.795.190,83

Tabel 6. 6 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp150.205.076.209,25	\$9.250.220,24
2	<i>Labor</i>	Rp1.344.000.000,00	\$82.768,81
3	<i>Supervision</i>	Rp134.400.000,00	\$8.276,88
4	<i>Maintenance</i>	Rp15.447.122.078,85	\$951.294,62
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp2.317.068.311,83	\$142.694,19
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp5.839.484.565,27	\$359.618,46
7	<i>Utilities</i>	Rp7.919.030.954,29	\$487.685,12
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		Rp183.206.182.119,48	\$11.282.558,33

Tabel 6. 7 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp201.600.000,00	\$12.415,32
2	<i>Laboratory</i>	Rp134.400.000,00	\$8.276,88
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp672.000.000,00	\$41.384,41
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp23.357.938.261,06	\$1.438.473,84
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		Rp24.365.938.261,06	\$1,500.550,45

Tabel 6. 8 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp61.788.488.315,40	\$3.805,178,49
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp7.723.561.039,43	\$475.647,31
3	<i>Insurance</i>	Rp7.723.561.039,43	\$475.647,31
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		Rp77.235.610.394,25	\$4.756.473,11

Tabel 6. 9 *Manufacturing Cost (MC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp183.206.182.119,48	\$11.282.558,33
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp24.365.938.261,06	\$1.500.550,45
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp77.235.610.394,25	\$4.756.473,11
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		Rp284.807.730.774,79	\$17.539.581,89

Tabel 6. 10 *Working Capital*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp40.965.020.784,34	\$2.522.787,34
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp38.837.417.832,93	\$2.391.761,17
3	<i>Product Inventory</i>	Rp25.891.611.888,62	\$1.594.507,44
4	<i>Extended Credit</i>	Rp159.258.669.961,78	\$9.807.776,20
5	<i>Available Cash</i>	Rp77.674.835.665,85	\$4.783.522,33
<i>Working Capital (WC)</i>		Rp342.627.556.133,52	\$21.100.354,49

Tabel 6. 11 *General Expense*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp5.696.154.615,50	\$350.791,64
2	<i>Sales expense</i>	Rp17.088.463.846,49	\$1.052.374,91
3	<i>Research</i>	Rp34.176.927.692,98	\$2.104.749,83
4	<i>Finance</i>	Rp22.299.673.201,52	\$1.373.301,71

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
	<i>General Expense (GE)</i>	Rp79.261.219.356,48	\$4.881.218,09

Tabel 6. 12 *Total Production Cost (TPC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp284.807.730.774,79	\$17.539.581,89
2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp79.261.219.356,48	\$4.881.218,09
	<i>Total Production Cost (TPC)</i>	Rp364.068.950.131,27	\$22.420.799,98

Tabel 6. 13 *Fixed Cost (Fa)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp61.788.488.315,40	\$3.805,178,49
2	<i>Property taxes</i>	Rp7.723.561.039,43	\$475.647,31
3	<i>Insurance</i>	Rp7.723.561.039,43	\$475.647,31
	<i>Fixed Cost (Fa)</i>	Rp77.235.610.394,25	\$4.756.473,11

Tabel 6. 14 *Variable Cost (Va)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	Rp150.205.076.209,25	\$9.250,220,24
2	<i>Packaging & shipping</i>	Rp23.357.938.261,06	\$1.438,473,84
3	<i>Utilities</i>	Rp7.919.030.954,29	\$487.685,12
4	<i>Royalties and Patents</i>	Rp5.839.484.565,27	\$359.618,46
	<i>Variable Cost (Va)</i>	Rp187.321.529.989,86	\$11.535.997,66

Tabel 6. 15 *Regulated Cost (Ra)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	Rp1.344.000.000,00	\$82.768,81
2	<i>Plant overhead</i>	Rp672.000.000,00	\$41.384,41
3	<i>Payroll overhead</i>	Rp201.600.000,00	\$12.415,32
4	<i>Supervision</i>	Rp134.400.000,00	\$8.276,88
5	<i>Laboratory</i>	Rp134.400.000,00	\$8.276,88
6	<i>Administration</i>	Rp5.696.154.615,50	\$350.791,64
7	<i>Finance</i>	Rp22.299.673.201,52	\$1.373.301,71
8	<i>Sales expense</i>	Rp17.088.463.846,49	\$1.052.374,91
9	<i>Research</i>	Rp34.176.927.692,98	\$2.104.749,83
10	<i>Maintenance</i>	Rp15.447.122.078,85	\$951.294,62
11	<i>Plant supplies</i>	Rp2.317.068.311,83	\$142.694,19
<i>Regulated Cost (Ra)</i>		Rp99.511.809.747,16	\$6.128.329,21

6.7 Hasil Analisa Keuntungan

Annulus sales (Sa) = Rp 583.948.456.526,23

Total production cost = Rp 364.068.950.131,00

Keuntungan sebelum pajak = Rp 219.879.506.395,25

Pajak pendapatan = 30 %

= Rp 65.963.851.918,58

Keuntungan setelah pajak = Rp 153.915.654.476,68

6.8 Hasil Kelayakan Ekonomi

a. *Return On Investment* (ROI)

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

$$\text{ROI sebelum pajak} = 28,47\%$$

$$\text{ROI setelah pajak} = 19,93\%$$

b. *Pay Out Time* (POT)

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

$$\text{POT sebelum pajak} = 2,7 \text{ tahun}$$

$$\text{POT setelah pajak} = 3,6 \text{ tahun}$$

c. *Break Event Point* (BEP)

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

$$BEP = 32,75 \%$$

d. *Shut Down Point* (SDP)

$$SDP = (FC + WC)(1 + i)^n$$

$$SDP = 12,39\%$$

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

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

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp 772.356.103.942,54

Working Capital = Rp 342.627.556.134,00

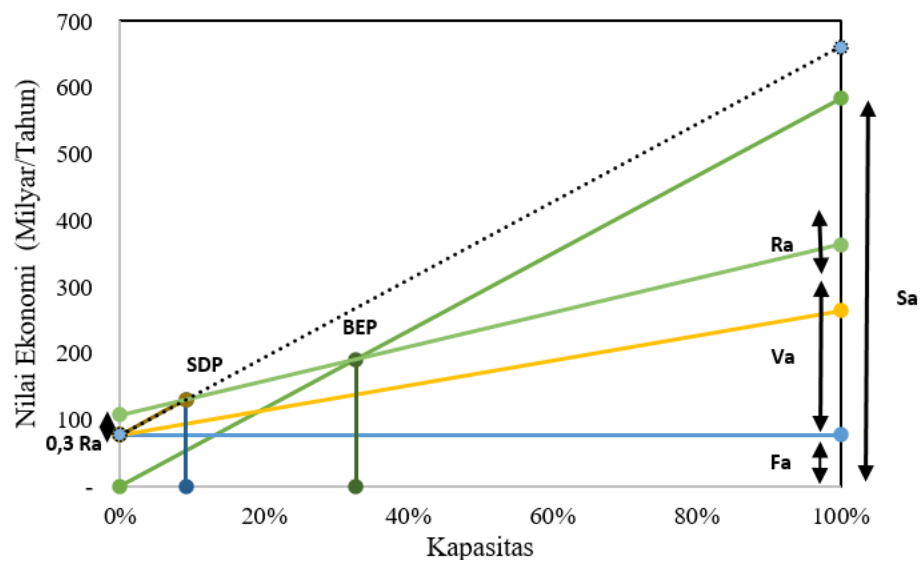
Salvage Value (SV) = Rp 61.788.488.315,40

Cash Flow (CF) = Rp 238.003.815.993,60

Sehingga diperoleh trial & error dapat dihitung nilai DCFR. Diperoleh nilai DCFR adalah:

DCFR = 20,02%

Berdasarkan hasil perhitungan Analisa ekonomi diperoleh grafik analisa ekonomi sebagai berikut:



Gambar 6. 2 Grafik Analisa Kelayakan Pabrik

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari perancangan pabrik biodiesel ini adalah sebagai berikut.

1. Pabrik biodiesel ini didirikan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan ekspor biodiesel Indonesia ke luar negeri. Adanya pabrik ini juga dapat mendorong perekonomian negara, menciptakan lapangan kerja dan memacu berdirinya industri *biofuel* seperti biodiesel ini
2. Pabrik biodiesel dari limbah kulit ayam broiler, etanol dan CaO dengan kapasitas 12.000 ton/tahun ini tergolong sebagai pabrik dengan risiko rendah berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat sifat bahan baku dan produk, serta regulasi pemerintah.
3. Pabrik ini menggunakan proses transesterifikasi dengan bahan baku lemak kulit ayam broiler dan etanol dengan reaksi yang berjalan dengan bantuan katalis CaO. Reaksi ini terjadi pada fase cair. Bahan baku dari pabrik biodiesel berupa kulit ayam broiler ini diperoleh dari peternakan lokal di daerah Jawa Tengah, Jawa Timur dan Jawa Barat. Bahan baku etanol diperoleh dari PT. Indo Acidatama Tbk, Karanganyar dan PT. Energi Agro Nusantara, Mojokerto. Katalis berupa CaO diperoleh dari PT. Bhumiadya Indonesia dan PT. Damwoo Indo yang keduanya terletak di Bandung.

4. Pabrik biodiesel ini akan didirikan pada tahun 2030 di Kawasan Industri Terpadu (KIT), Batang. Lokasi ini dipilih dengan mempertimbangkan lokasi pabrik, kemudahan pemasaran, kemudahan sarana utilitas dan sumber air, akses transportasi dan Pelabuhan, ketersediaan tenaga kerja yang terampil, serta kemudahan regulasi pemerintah.

5. Hasil analisa kelayakan dapat dilihat pada Tabel 7.1 dibawah ini.

Tabel 7. 1 Analisa kelayakan pabrik

Kriteria	Terhitung	Persyaratan	Keterangan
ROI sebelum pajak	28,47%	ROI <i>before taxes</i> minimum low 11 %, high 44%	Layak
ROI setelah pajak	19,93%		
POT sebelum pajak	2.7	POT <i>before taxes</i> maksimum, low 5 th, high 2th	Layak
POT setelah pajak	3.5		
BEP	32.75%	Berkisar 40 - 60%	Layak
SDP	9.13%		Layak
DCFR	20.73%	>4,5 bunga bank = minimum = 6,75 %	Layak

7.2 Saran

1. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut terkait penggunaan reaktor alir tangki berpengaduk dalam proses reaksi pembentukan biodiesel.
2. perlu dilakukannya penelitian lanjutan terkait cara memisahkan biodiesel dengan gliserol menggunakan Menara distilasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amlia, Pagala, dan Rahim (2016). Studi Karakteristik Sifat Kualitatif Dan Kuantitatif Ayam Kampung Di Kecamatan Lasalimu Kabupaten Buton Jitro Vol 3 No.1 Januari 2016
- Anggorodi 1992. Ilmu Makanan Ternak Umum. Gramedia
- Aziz, I. (2014) 'Pemanfaatan Limbah Kulit Ayam Broiler sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel', Jurnal Kimia VALENSI, 4(2), pp. 90–97. doi:10.15408/jkv.v0i0.3606.
- Brownell, L.E. and Young, E.H., 1959. Process equipment design: vessel design. John Wiley & Sons.
- Coulson, J.M., 2000. Coulson & Richardson Chemical Engineering, Volume 1. disp, 10, p.32.
- Dalimartha, S. 2011. 36 Resep Tumbuhan Obat Untuk Menurunkan Kolesterol. Edisi Revisi. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Devi, T.R.P.S., Nurhayati, N. and Linggawati, A., 2015. *Produksi Biodiesel Dari CPO Dengan Proses Esterifikasi Dengan Katalis H₂SO₄ dan Transesterifikasi Dengan Katalis CaO Dari Cangkang Kerang Darah* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Dimawarnita, F. (2021) 'Optimasi Produksi Biodiesel Berbasis Minyak Nabati Menggunakan Aspen Hysys' Jurnal Teknologi Industri Pertanian 31 (1) : 98-109
- Doble, M., 2007. Perry's chemical engineers' handbook. McGraw-Hill, New York, US.
- E. O. Ajala. 2021. Sugarcane bagasse: a biomass sufficiently applied for improving global energy, environment and economic sustainability. Jurnal of Bioresour Bioprocess. 8:87.
- Gultom, S.M., R.D. H. Supratman dan Abun. 2014. Pengaruh imbalanced energi dan protein ransum terhadap bobot karkas dan bobot lemak abdominal ayam broiler umur 3-5 minggu. Jurnal Fakultas peternakan, Universitas Padjajaran, Bandung.
- Holman, J.P., 1981. Heat Transfer, 5th ed., McGraw-Hill Book Company, New York
- Jazuli, M. (2020) 'Biodiesel Sebagai Sumber Energi Terbarukan: Proses Dan Teknologi Terkini' Jurnal Teknologi Separasi 6 (2), 445-450

- Kern, D.Q., 1983. Process Heat Transfer, McGraw-Hill Book Company, New York
- Kirubakaran, M. (2018). Eggshell as heterogeneous catalyst for synthesis of biodiesel from high free fatty acid chicken fat and its working characteristics on a CI engine. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(4), 4490-4503.
- Koswara, S. 2009. Seri Teknologi Pangan Populer (Teori Praktek). Teknologi Pengolahan Roti. e-BookPangan.com.
- Kussuryani, Y., & Anwar, C. 2009. Bahan Bakar Nabati Biodiesel dan Jaminan Mutu Biodiesel. *Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi*, 43(3), 247– 255
- Marnoto, T. and Efendi, A. (2011) ‘Biodisel dari Lemak Hewani (Ayam Broiler) dengan Katalis Kapur Tohor’, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia ‘Kejuangan’*, pp. 1–5.
- Mc Cabe, W.L., Smith, J.C. and Harriott, P., 2018. Unit operation of chemical engineering. McGraw-Hill.
- Meliandasari. 2013. Pengaruh Penggunaan Tepung Rumput Laut (*Gracilaria Verrucosa*) Dalam Ransum Terhadap Perlemakan Ayam Broiler Umur 42 Hari. *Animal Agriculture Journal*, Vol. 2. No. 1, 2013, halaman 121
- Mulyani. 2003. Buku Ajar Dasar Teknologi Ternak. Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro.
- N. A. Azizah, L. D. Mahfudz dan D. Sunarti. 2017. Kadar Lemak dan Protein Karkas Ayam Broiler Akibat Penggunaan Tepung Limbah Wortel (*Daucus carota* L.) dalam Ransum. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia* Vol. 12 No. 4 Oktober-Desember 2017
- Odetoye, T. E., & Amusan, G. S. (2019). Cocoa Pod Ash as Bio-Based Catalyst for Biodiesel Production from Waste Chicken Fat. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 21(4).
- Peter, M.S. and Timmerhaus, K.D., 2003, Plant Design and Economic for Chemical Engineers, 5th ed., McGraw-Hill Book Company, New York
- Poedjiadi, A., 2006 dasar biokimia. Jakarta : universitas Indonesia (ui press), edisi revisi.
- Putra, R. (2012) ‘Pembuatan Biodiesel Secara Batch Dengan Memanfaatkan Gelombang Mikro’, *Jurnal Teknik ITS* Vol. 1, No. 1.
- Qing S., Bolun .Y, Hong .Y, Song .Q, and Gangli .Z. 2007. Synthesis of Biodiesel from Soybean Oil and Methanol Catalyzed by Zeolite Beta Modified with La³⁺. *Catalysis Communications* 8 page 2159–2165.

- Rakhmawati, R. and Sulistyoningasih, M., 2019. Kandungan lemak kulit pada berbagai jenis ayam konsumsi. *Florea: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 6(2), pp.97-100.
- R. Foroutan. 2021. Biodiesel production from edible oils using algal biochar/CaO/K₂CO₃ as a heterogeneous and recyclable catalyst. *Environmental Science, Chemistry, Renewable Energy*
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., Abbott, M.M. and Swihart, M.T., 1949. Introduction to chemical engineering thermodynamics. Singapore: McGraw-Hill.
- Soeharto I. 2001. Kolesterol dan Lemak Jahat, Kolesterol dan Lemak Baik dan Proses Terjadinya Serangan Jantung dan Stroke. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Soerawidjaja, T. H., (2006), Minyak - Lemak dan Produk - Produk Kimia Lain dari Kelapa, Handout kuliah Proses Industri Kimia, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Bandung, Bandung
- Suprijatna, E., U. Atmomarsono dan R. Kartasudjana. 2008. Ilmu Dasar Ternak Unggas. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Suwarsono, WP., Gani, I.Y, dan Kusyanto, 2008, Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Ketapang yang Berasal dari Pohon Ketapang Yang Tumbuh di Kapus UI Depok, Valensi, vol.1, no.2, 44-52.
- Ulupi, 2018. Karakteristik Karkas dan Non Karkas Ayam Broiler Jantan dan Betina pada Umur Pemotongan 30 Hari. [Vol. 6 No. 1 \(2018\): Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan](#)
- Wahyu, J. (1997). Ilmu Nutrisi Unggas Cetakan Ke-4. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Walas, S.M., 1990. Chemical Process Equipment: Design and Selection, Butterworth Publishers, Stoneham, MA, USA
- Yaws, C.L., 1999. Chemical Properties Handbook, McGraw Hill, New York.
- Comtradeplus.un.org. 2023. Data Ekspor dan Impor Biodiesel Di Indonesia. Diakses pada oktober 2023, dari <https://comtradeplus.un.org/>
- Aprobi.or.id. 2023. Pabrik Biodiesel Di Indonesia. Diakses pada oktober 2023, dari <https://www.aprobi.or.id/>
- ESDM.go.id. 2023. Data Produksi Dan Konsumsi Biodiesel Di Indonesia. Diakses pada oktober 2023, dari <https://www.esdm.go.id/>
- Bps.go.id. 2023. Data Produksi Dan Konsumsi Biodiesel Di Indonesia. Diakses pada oktober 2023, dari <https://www.bps.go.id/id>
- Cp.co.id. 2023. Kulit Ayam. Diakses pada oktober 2023, dari <https://cp.co.id/en/>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Reaktor

Algoritma Perhitungan :

1. Kondisi Reaktor

a. Kondisi Operasi

Suhu : 70 °C

Tekanan : 1 atm

Waktu Tinggal : 90 menit

Konversi : 93 %

Komponen	BM	Massa		ρ Campuran (Kg/m ³)	Fraksi Massa (xi)
		Kg/jam	Kmol/jam		
Trigliserida	819,34	1.490,442	1,819	871,497	0,713
Etanol	46,07	483,682	10,499	743,230	0,231
CaO	56,08	95,336	1,700	3340	0,046
Ca(OH) ₂	74,09	0	0	2240	0
Biodiesel	288,52	0	0	838,128	0
Gliserol	92,00	0	0	1229,459	0
Air	18,00	21,104	1,172	985,367	0,010
Total		2.090,564	15,190	10.247,682	1,000

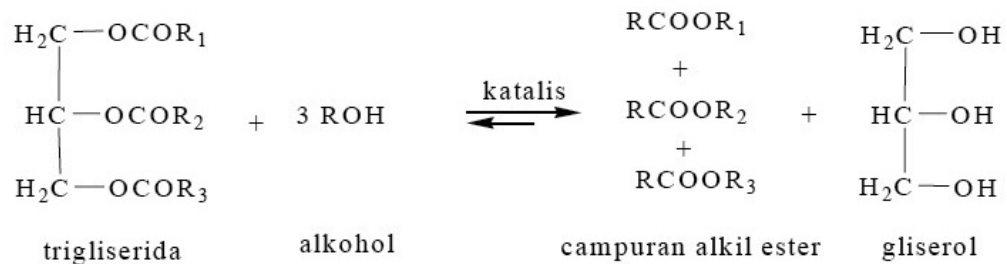
b. Menghitung Konsentrasi Umpan

$$C_{AO} = \frac{Mol\ A}{\Sigma FV} = 0,101\text{ Kmol/m}^3$$

$$C_{BO} = \frac{Mol\ B}{\Sigma FV} = 0,581\text{ Kmol/m}^3$$

c. Menentukan Konstanta Kecepatan Reaksi

Reaksi dapat dituliskan sebagai berikut :



Reaksi termasuk dalam orde 1, maka persamaannya adalah :

$$k = A \exp (-E/RT)$$

$$k = 0,016 \text{ s}^{-1}$$

2. Menentukan Jenis Reaktor

Jenis : Reaktor alir tangki berpengaduk

Fungsi : mereaksikan kulit ayam (trigliserida) dengan etanol 96% menggunakan katalis CaO

Dengan mempertimbangkan :

- reaksi berlangsung dengan cepat.
- hasil konversi maksimal karena dapat digunakan reaktor dalam jumlah lebih dari satu.

Bahan konstruksi : *Stainless Steel Type 316*.

3. Menghitung Jumlah Reaktor Optimum

Menentukan jumlah reaktor adalah dengan menggunakan optimasi jumlah reaktor.

Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

Kecepatan Reaksi : $-r_M = k' C_M^m$

Konstanta kecepatan reaksi : $k = A \exp (-E/RT) = 0,016 \text{ s}^{-1}$

Orde reaksi = 1

Berdasarkan rumus volume optimasi diatas, maka diperoleh masil optimum sebagai berikut :

n-	Volume reaktor (gallon)	Volume reaktor total (gallon)	Cost/unit (\$)	Total cost (\$)
1	8.586,493	8.586,493	187.400	187.400
2	4.293,247	8.586,493	129.800	259.600
3	2.862,164	8.586,493	104.700	314.100

Berdasarkan hasil optimasi yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan menggunakan 1 reaktor akan lebih ekonomis.

4. Menentukan Dimensi Reaktor

Berdasarkan hasil optimasi, volume desain reaktor sebesar $32,503 \text{ m}^3$. Adapun rasio H : D yang digunakan adalah 1:1. Dengan diketahuinya besar volume reaktor maka dapat dihitung pula besarnya nilai D dan H dengan menggunakan persamaan berikut.

Volume reaktor : $1.147,858 \text{ ft}^3$

Volume reaktor : $V_{shell} + 2.V_{head}$

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

$$V_{shell} : \frac{\pi}{4}.D^2.H$$

$V_{shell} : 32,503 \text{ m}^3$

D : 3,459 m

H : 3,459 m

5. Menentukan Tinggi Cairan

Volume shell : 32,503 m³

Volume head : 3,579 m³

Volume bottom : 3,579 m³

Volume cairan : 28,924 m³

Tinggi cairan : 3,037 m

6. Menentukan Tekanan Desain

Tekanan operasi : 4,295 atm

Tekanan hidrostatik : 3,295 atm

Dengan,

ρ campuran : 1.067,892 kg/m³

gravitasi : 9,8 m/s²

h shell : 3,459 m

P desain : 1,2 atm

7. Menentukan Tebal Shell

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

Keterangan :

Ts : tebal dinding *shell* (in) = 0.438

P : tekanan *design* = 75,751 psi

R : jari-jari reaktor = 68,101 in

E : efisiensi pengelasan = 80%

f: tekanan maksimal yang diizinkan = 18.750 psia

C : korosi yang diizinkan = 0,125 in

Maka nilai t_s yang didapatkan sebesar 0,134 in. Dan digunakan tebal shell standar 7/16 in.

ID *Shell* = 137,125 in

OD *Shell* = ID *Shell* + 2 t_s OD *Shell* = 137,078 in

OD Standar = 138 in (Tabel 5.7, Brownel & Young, 1959)

8. Menentukan Tebal Head

Bentuk head : *Flanged & Standart Dished Head*

Pertimbangan yang dilakukan dalam pemilihan jenis head meliputi :

a) *Flanged & Standart Dished Head*

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

b) *Torispherical Flanged & Dished Head*

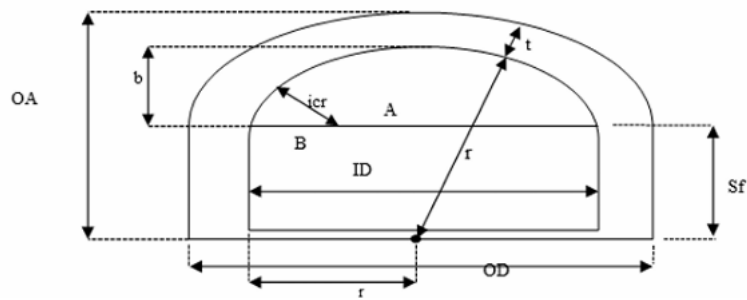
Digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar ataupun dapat digunakan untuk Tekanan *atmosferic* dan harganya cukup ekonomis.

c) *Eliptical Dished Head*

Digunakan untuk tekanan operasi tinggi dan harganya cukup mahal.

d) *Hemispherical Head*

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



(Page 87, Brownell & Young, 1959)

Keterangan gambar :

ID : diameter dalam *head* = 137,125 in

OD : diameter luar *head* = 138 in

t : tebal *head* = 0,238 in

r : jari-jari dalam *head* = 132 in

icr : *inside cornes radius* = 8,375 in

b : *deep of dish* = 8,102 in

sf : *straight of flanged* = 1,5 in

OA : tinggi head = 9,768 in

Tebal *Head* dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$th = \frac{P.r.w}{2.f.E-0,2.P} + C \text{ (persamaan 7.77, Brownell \& Young, 1959)}$$

Dari hasil perhitungan di dapatkan t *head* sebesar 0,238 in. Maka dipilih tebal *head* standar 0,25 in dan sf 1,5 in.

9. Perancangan Pengaduk Reaktor

Jenis pengaduk : *Flat bladed Turbin Impeller* (Holland, F.A dan F.S., Chapman Liquid Mixing and Processing in Stirred Tanks, Reinhold New York, 1966). Jenis

pengadukan ini sesuai digunakan pada larutan dengan viskositas < 3000 Cp, sedangkan viskositas campuran yang berjalan adalah sebesar 0,59 Cp.

$$\frac{Dt}{Di} = 3$$

$$Dt = 3,483 \text{ m}$$

$$Di = \frac{Dt}{3}$$

$$Di = 1,161 \text{ m}$$

$$Di = 3,809 \text{ ft}$$

Tinggi pengaduk (ZI) :

$$P = \frac{ZI}{Di}$$

$$ZI = 1,3 \times Di$$

$$ZI = 4,528 \text{ m}$$

$$ZI = 14,856 \text{ ft}$$

Jarak pengaduk dari dasar tangki (Zi) :

$$\frac{Z1}{Di} = 3,9$$

$$Zi = Di \times 3,9$$

$$Zi = 1,509 \text{ m}$$

$$Zi = 4,952 \text{ ft}$$

Lebar *baffle* (Wb) :

$$Wb = 0,17 \cdot Di$$

$$Wb = 0,197 \text{ m}$$

$$Wb = 0,648 \text{ ft}$$

Lebar pengaduk (L):

$$L = 0,25 \cdot D_i$$

$$L = 0,290 \text{ m}$$

$$L = 0,952 \text{ ft}$$

Menghitung jumlah *impeller*.

$$sg = \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$sg = 1,084$$

$$WELH = h_{\text{cairan}} \times sg$$

$$WELH = 3,291 \text{ m}$$

$$WELH = 129,595 \text{ in}$$

$$\Sigma \text{ impeller} = \frac{WELH}{D}$$

$$\Sigma \text{ impeller} = 0,945$$

Maka jumlah pengaduk yang dibutuhkan adalah 1.

10. Menentukan Kecepatan Putaran Pengaduk

$$P = \frac{N^3 D_1^2 \rho N_p}{550 \cdot g_c}$$

$$P = 17,173 \text{ Hp}$$

Keterangan:

D_i : Diameter pengaduk = 45,708 ft

N : Kecepatan putaran pengaduk = 1,133 rps

ρ : Densitas campuran = 66,668 lb/ft³

$$N_p = 1,5$$

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

$$N = \frac{600}{(\pi \cdot Da \text{ (ft)})} \sqrt{\frac{WELH}{2 \cdot Di \text{ (m)}}} \quad (\text{Rase, 1977})$$

$$N = 0,995 \text{ rps}$$

Kecepatan standar motor = 68 rpm = 1,133 rps (buku walas) dengan jenis motor yang dipakai adalah *fixed speed belt (singel reduction gear with V belt)*. Dengan keuntungannya adalah harganya yang murah dan mudag mengganti bagian bagian yang rusak.

11. Menghitung Power

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

$$Re = 395.516.061,476$$

Dengan menggunakan Fig 10.6 (Wallas), hal. 292 maka diperoleh $N_p = 1,5$.

$$Pa = N_p \cdot \rho \cdot Ni^3 \cdot Da^5$$

Diketahui :

$$\rho \text{ campuran} = 66,668 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kecepatan putar pengaduk (Ni)} = 1,133 \text{ rps}$$

$$\text{Diameter pengaduk (Da)} = 45,708 \text{ ft}$$

$$Pa = 20,204 \text{ hP}$$

Maka daya efisiensi motor adalah 85% (Rase and Barroe, 1957) sehingga diperoleh power pengaduk sebesar 25 hP.

12. Perancangan jacket pendingin

Dari perhitungan neraca panas yang dilakukan didapatkan beberapa data, antara lain:

a) Kondisi operasi berjalan secara eksotermis (mengeluarkan panas) sehingga membutuhkan media pendingin berupa air agar reaksi dapat berjalan pada suhu reaksi (isothermal).

b) Jumlah panas yang diserap berdasarkan perhitungan neraca panas sebesar 5.843.189,514 kJ/jam.

$$T_{in} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{out} = 70,11\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 0,11\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{ref} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Sifat fisis air pada T rata-rata (K),

Kapasitas panas (h_{vap}) = 75,444 J/mol.K (Table B.1., perry,ed.8.Hal.2)

Viskositas air (μ_{steam}) = 0,815 Cp

Densitas (ρ_{steam}) = 1,028 g/ml

Menghitung kebutuhan pemanas

$$m_{steam} = \frac{Q_{pp}}{H_{vap}}$$

$$m_{steam} = 139.789,223\text{ kg/jam}$$

menghitung kecepatan volumetrik $steam$

$$Q_v = \frac{m_{steam}}{\rho_{steam}}$$

$$Q_v = 140,209\text{ m}^3/\text{jam}$$

Menghitung nilai ΔT LMTD

	Fluida panas (F)	Fluida dingin (F)	ΔT ($\emptyset$)
1	158	86	72
2	158,197	104	54,197

Untuk mencari nilai DT LTMD dapat menggunakan persamaan berikut:

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

$$\Delta T \text{ LMTD} = -113,749 \text{ F}$$

Menghitung luas transfer panas

$$A = \frac{Q_{pp}}{U_d \cdot \Delta T \text{ LMTD}}$$

$$A = -856,156 \text{ ft}^2$$

$$A = -79,539 \text{ m}^2$$

Menghitung luas selubung reaktor

A = luas selimut reaktor + luas penampang bawah reaktor

$$A = 513,262 \text{ ft}^2$$

$$A = 47,684 \text{ m}^2$$

$$\text{OD} = 138 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 142 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi head total (OA)} = 29,894 \text{ in}$$

$$\text{Luas permukaan transfer panas jaket (A total)} = 53,856 \text{ m}^2$$

Menghitung koefisien transfer panas antara reaktor dan jaket

$$jH = \frac{h_i \cdot D}{k} \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{-\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14}$$

$$h_i = 25.244.395.126,578 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{F}}$$

Menentukan Hio

$$H_{io} = h_i \frac{ID}{OD}$$

$$H_{io \text{ pipa}} = 24.207.256.515,608 \text{ btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

Menghitung Ho

$$H_o = 0.87 \left(\frac{k}{D} \right) \left(\frac{L p^2 N \cdot \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{c p \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,4}$$

$$H_o = 496.162.410,517 \text{ btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

Menghitung Uc dan Ud

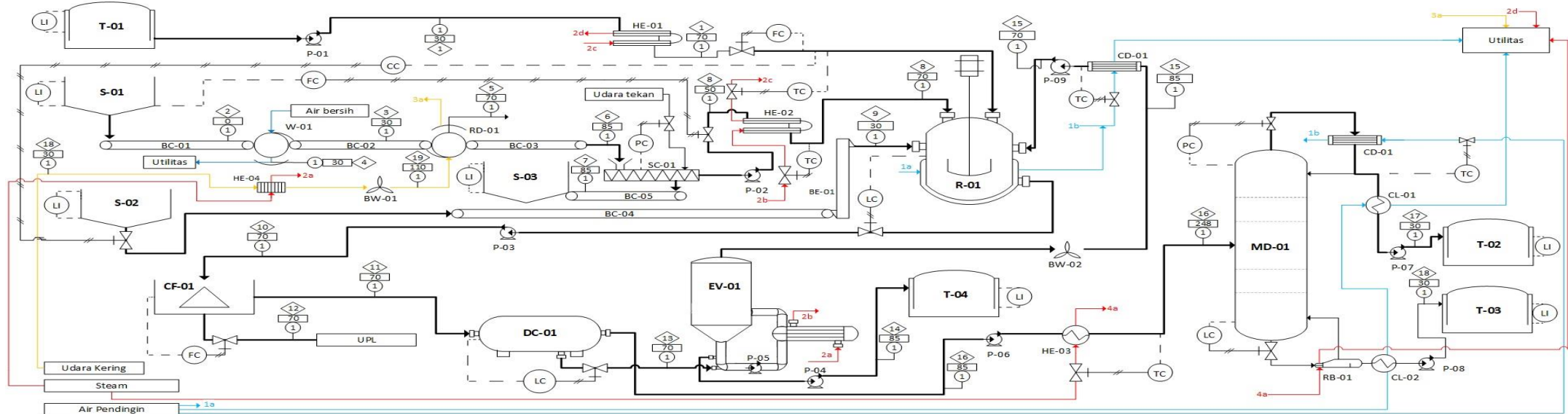
$$U_c = 486.197.104,162 \text{ btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

$$U_d = 1.000 \text{ btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

Maka didapatkan nilai luas kontak perpindahan panas (A_t) sebesar 459,174 ft² atau sama dengan 53,856 m².

Lampiran 2 PEFD

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA-RANCANG PABRIK BIODIESEL DARI LIMBAH KULIT AYAM BROILER KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN



Komponen	No. Arus (Kg/jam)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Etanol	483.68									249.87	249.62	0.25	249.62	62.40	249.62			
Trigliserida							14.90	1490.44		104.33	103.83	0.50				103.83	0.83	103.00
Biodiesel										1464.27	1464.25	0.01				1464.25	1452.24	12.01
Gliserol										155.64	153.61	2.03	62.40			91.21	0.02	91.19
Kalsium Oksida									95.34	24.53		24.53						
Kalsium Hidroksida										93.55		93.54						
Air	19.35	11901.32	3613.12	8288.20	3606.36	6.76	3.38	3.38										
Kulit Ayam		3372.04	3372.04			3372.04												
Ampas							3372.04											
Kotoran		900.23		900.23														
TOTAL	503.03	16173.59	6985.16	9188.43	3606.36	3378.80	3390.32	1493.82	95.34	2092.18	1971.31	120.87	312.02	62.40	249.62	1659.29	1453.09	206.19

KETERANGAN SIMBOL	
	Level Indicator
	Pressure Control
	Level Control
	Concentration Control
	Temperature Control
	Nomor Arus
	Suhu, C
	Tekanan
	Sinyal Listrik
	Sinyal Pneumatik
	Pipa
	Gate Valve
	Double Pipe
	Shell and Tube
	Plate and frame
	Condenser
	Reboiler
	Pompa
	Steam
	Air Pendingin
	Air Bersih
	Uap Kering

KETERANGAN ALAT	
BC	Belt Conveyor
BE	Bucket Elevator
BW	Blower
CD	Condenser
CF	Centrifuge
CL	Cooler
DC	Decanter
EV	Evaporator
HE	Heater
MD	Menara Distilasi
P	Pump
R	Reaktor
RB	Reboiler
RD	Rotary Dryer
S	Silo
T	Tangki
W	Washer



PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRA-RANCANG PABRIK BIODIESEL DARI
LIMBAH KULIT AYAM BROILER
KAPASITAS : 12.000 TON/TAHUN

DISUSUN OLEH
ANI CHALWA ISNANI (20521139)
AULIA ASY-SYAROFI (20521147)

DOSEN PEMBIMBING :
Dr. ARIANY ZULKANIA, S.T., M.Eng.

Lampiran 3 Kartu Konsultasi Bimbingan

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

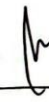
1. Nama Mahasiswa : Ani Chalwa Isnani
NIM : 20521139
2. Nama Mahasiswa : Aulia Asy-Syarofi
NIM : 20521147

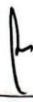
Judul Prarancangan : Pra Rancangan Pabrik Niodiesel Dari Limbah Kulit
Ayam Broiler Dengan Kapasitas 12.000 Ton/Tahun

Mulai Masa Bimbingan : 21 September 2023

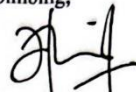
Batas Akhir Bimbingan :

No.	Tanggal	Materi bimbingan	Paraf dosen
1	21 september 2023	Perkenalan dan diskusi judul	
2	29 september 2023	Konsultasi peluang kapasitas	
3	12 oktober 2023	Penetapan dan persetujuan kapasitas produksi	
4	12 oktober 2023	Penetapan dan persetujuan uraian proses	
5	19 oktober 2023	Penetapan dan persetujuan spesifikasi bahan	
6	19 oktober 2023	Penetapan dan persetujuan diagram alir	
7	3 November 2023	Konsultasi NM	
8	11 November 2023	Konsultasi NM	

9	17 November 2023	Konsultasi NM	
10	27 November 2023	Konsultasi NM	
11	4 Desember 2023	Konsultasi NM	
12	20 Desember 2023	Konsultasi NM	
13	26 Januari 2024	Konsultasi NM	
14	2 Februari 2024	Konsultasi NM	
15	9 Februari 2024	Konsultasi NM dan Reaktor	
17	23 Februari 2024	Persetujuan NM dan perhitungan Reaktor	
18	1 Maret 2024	Perhitungan Alat Besar	
19	5 Maret 2024	Perhitungan Alat Besar	
20	13 Maret 2024	Perhitungan Alat Besar	

21	28 Maret 2024	Perhitungan Alat Besar	
22	24 April 2024	Perhitungan Alat Besar	
23	3 Mei 2024	Perhitungan Alat Besar	
24	22 Mei 2024	Perhitungan Alat Besar	
26	31 Mei 2024	Perhitungan Alat Besar	
27	7 Juni 2024	Perhitungan Alat Besar	
28	14 Juni 2024	Perhitungan Alat Besar	
27	21 Juni 2024	PEFD, Alat Kecil, Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Alat Transportasi Bahan	
29	4 Juli 2024	Lokasi Pabrik, Utilitas, Evaluasi Ekonomi	
30	8 Juli 2024	Utilitas, Evaluasi Ekonomi, Naskah	

Disetujui draft penulisan :
Yogyakarta, 10 Juli 2024
Pembimbing,



Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng
NIP. 05521050