

No : TA/TK/2022/

**PRA RANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF DARI CANGKANG
KELAPA SAWIT (*PALM KERNEL SHEEL*) TERAKTIVASI KOH
DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Diajukan Oleh:

Nama : Andika Rizky Mahendra

Nama : Windu Heru Suprpto

Nim : 17521142

Nim : 17521149

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2021

LEMBAR PENGESAHAN KEASLIAN HASIL

PRA RANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF DARI CANGKANG KELAPA SAWIT (*PALM KEERNEL SHELL*) TERAKTIVASI KOH DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Andika Rizky Mahendra

NIM : 17521142

Nama : Windu Heru Suprpto

NIM : 17521149

Yogyakarta, 27 Januari 2022

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

Demikian surat pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana semestinya.

Tanda tangan



Andika Rizky Mahendra

NIM. 17521142

Tanda tangan



Windu Heru Suprpto

NIM. 17521149

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF DARI CANGKANG
KELAPA SAWIT (*PALM KERNEL SHEEL*) TERAKTIVASI KOH
DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Andika Rizky Mahendra

Nama : Windu Heru Suprpto

Nim : 17521142

Nim : 17521149

الجامعة الإسلامية
الاستدرا الإندونيسي

Yogyakarta, 27 Januari 2021

Pembimbing I



Ir. Dr. Faisal RM, M.T., Ph.D

Pembimbing II



Lucky Wahyu Nuzulia
Setyaningsih, ST., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF DARI CANGKANG KELAPA SAWIT (*PALM KERNEL SHEEL*) TERAKTIVASI KOH DENGAN KAPASITAS 10.000TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Andika Rizky Mahendra Nama : Windu Heru Suprpto

Nim : 17521142

Nim : 17521149

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 02 Februari 2021

Tim penguji

Ir. Dr.Faisal RM, M.T., Ph.D

Ketua Penguji

Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng.

Penguji I

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

Penguji II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Suharno Rusdi, Ph.D

NIP. 84521010

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan iman, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit (*Palm Kernel Shell*) Teraktivasi KOH Dengan Kapasitas 10.000Ton/Tahun”

Adapun tujuan dari penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia. Tugas Akhir Perancangan Pabrik ini merupakan serangkaian tugas yang harus dilaksanakan oleh setiap mahasiswa sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam Penyusunan laporan penelitian ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Allah SWT, atas rahmat karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini.
2. Kedua orang tua serta seluruh keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan baik itu dalam bentuk finansial, motivasi serta dukungan dalam penyelesaian laporan penelitian ini.
3. Bapak Dr. H. Suharno Rusdi, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. Dr.Faisal RM, M.T., Ph.D selaku Dosen pembimbing I Tugas Akhir Prodi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia Yogyakarta yang telah memberikan pengarahan, masukan dan bimbingan dalam

penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.

5. Ibu Lucky Wahyu Nuzulia Setyaningsih, ST., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing II yang selalu sabar dalam membimbing dan memberi semangat dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman sesama Program Studi Teknik Kimia UII 2017 yang telah memberikan dukungan spiritual maupun moril.
7. Dan seluruh pihak yang terkait yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah membantu kami selama melakukan dalam penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat beberapa kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dari semua pihak yang ingin memberikan saran untuk mewujudkan perkembangan yang positif bagi kami. Demikian laporan Tugas Akhir ini disusun, semoga dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membaca. Akhir kata kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr.,Wb.

Yogyakarta, 22 Januari 2021



Andika Rizky Mahendra



Windu Heru Suprpto

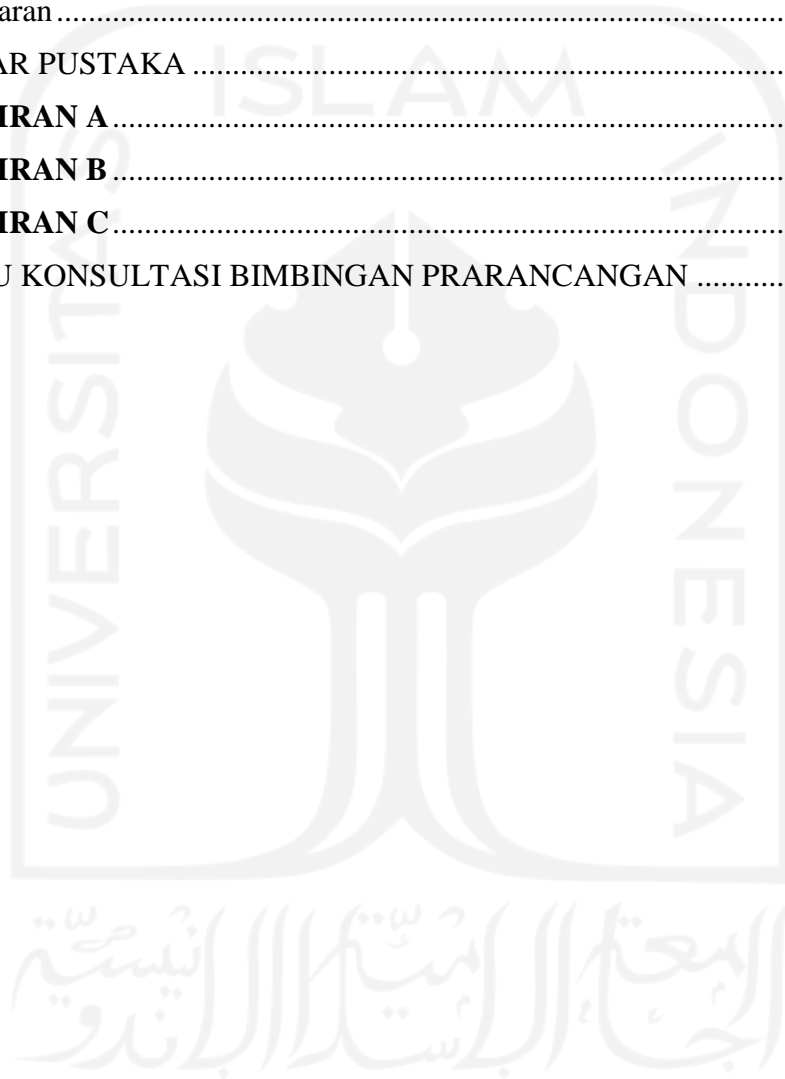
DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
LEMBAR PERSEMBAHAN	xv
ABSTRAK	xix
ABSTRACT.....	xx
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.3 Tinjauan Pustaka	7
1.3.1 Kelapa Sawit.....	7
1.3.2 Cangkang Kelapa Sawit.....	8
1.3.3 Karbon Aktif.....	9
1.3.4 Proses Pyrolysis	12
1.3.5 Aktivasi Karbon.....	13
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika.....	15
1.4.1 Dasar Reaksi	15
1.4.2 Tinjauan Termodinamika.....	17
1.4.3 Tinjauan Kinetika	20
BAB II.....	22
2.1 Spesifikasi Produk.....	22
2.2 Spesifikasi Bahan Baku.....	23
2.3 Pengendalian Kualitas	25
2.3.1 <i>Quality Control Raw Material</i>	25
2.3.2 <i>Quality Control Process</i>	26
2.3.3 <i>Quality Control Product</i>	27
BAB III	29
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	29
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif.....	29
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif.....	30

3.1.3 Process Engineering Flow Diagram (PEFD).....	31
3.2 Uraian Proses.....	32
3.3 Spesifikasi Alat.....	34
3.4 Neraca Massa	52
3.4.1 Neraca Massa Total	52
3.4.2 Neraca Massa di <i>Rotary Pyrolizer-01</i>	52
3.4.3 Neraca Massa di <i>Condensor-01</i>	53
3.4.4 Neraca Massa di <i>Mixer-01</i>	54
3.4.5 Neraca Massa di <i>Rotary Kiln-01</i>	54
3.4.6 Neraca Massa di <i>Grate Cooler-01</i>	55
3.4.7 Neraca Massa di <i>Horizontal Belt Filter-01</i>	55
3.4.8 Neraca Massa di <i>Rotary Dryer-01</i>	56
3.4.9 Neraca Massa di <i>Ball Mill-01</i>	56
3.4.10 Neraca Massa di <i>Screener-01</i>	56
3.5 Neraca Panas	57
3.5.1 Neraca Panas di <i>Rotary Pyrolizer-01</i>	57
3.5.2 Neraca Panas gas campuran keluaran <i>Rotary Pyrolizer - Rotary kiln</i> ..	58
3.5.3 Neraca Neraca Panas di <i>Condensor-01</i>	59
3.5.4 Neraca Neraca Panas di <i>Cooler-01</i>	60
3.5.5 Neraca Neraca Panas di <i>Mixer-01</i>	60
3.5.6 Neraca Panas di <i>Rotary Kiln-01</i>	60
3.5.7 Neraca Panas di <i>Grate Cooler-01</i>	61
3.5.8 Neraca Panas di <i>Horizontal Belt Filter-01</i>	62
3.5.9 Neraca Panas di <i>Heater-01</i>	62
3.5.10 Neraca Panas di <i>Rotary Dryer-01</i>	63
3.5.11 Neraca Panas di <i>Cooling Screw Conveyer-01</i>	63
3.5.12 Neraca Panas di <i>Ball Mill-01</i>	63
3.5.13 Neraca Panas di <i>Screener-01</i>	63
BAB IV	64
4.1 Lokasi Pabrik.....	64
4.1.1 Faktor primer penentuan lokasi pabrik	64
4.1.2 Faktor sekunder penentuan pabrik.....	66

4.2 Tata Letak Pabrik	67
4.3 Tata Letak Mesin.....	71
4.4 Organisasi Perusahaan.....	74
4.4.1 Bentuk perusahaan.....	74
4.4.2 Struktur Organisasi.....	75
4.4.3 Tugas dan Wewenang.....	78
4.4.4 Pembagian Jam Karyawan.....	82
4.4.5 Status Karyawan	84
4.4.6 Sistem Gaji Karyawan	85
4.4.7 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji.....	86
4.4.8 Ketenagakerjaan.....	87
4.5 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	90
4.5.1 Air kebutuhan umum	91
4.6 Unit Pembangkit Listrik	94
4.7 Unit penyedia Udara Tekan.....	97
4.8 Unit Penyedia Bahan Bakar	97
4.9 Unit Pengolahan Limbah.....	97
4.9.1 Limbah Cair	98
4.9.2 Limbah Gas.....	98
4.9.3 Limbah padat	99
4.10 Spesifikasi Utilitas.....	99
4.10.1 Perancangan Alat Pengolahan air	102
4.10.2 Pengolahan Air Sanitasi (<i>Domestic Water</i>)	106
4.10.3 Pengolahan service water.....	108
4.10.4 Pengolahan air pendingin.....	109
4.10.5 Pengolahan air proses	111
BAB V.....	120
5.1 Harga alat	121
5.1.1 Dasar Perhitungan.....	122
5.2 Perkiraan harga alat	123
5.3 Perhitungan biaya	126
5.3.1 <i>Capital Investment</i>	126

5.3.2 <i>Manufacturing Cost</i>	129
5.3.3 <i>General Expenses</i>	131
5.3.4 Analisa Kelayakan	132
5.3.5 Risiko Pabrik.....	140
5.4 Kesimpulan.....	142
5.5 Saran.....	143
DAFTAR PUSTAKA	144
LAMPIRAN A	151
LAMPIRAN B	172
LAMPIRAN C	173
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN	174



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor Karbon Aktif di Indonesia (2014-2020)	2
Tabel 1. 2 Data Persen Pertumbuhan Rata-Rata Impor di Indonesia.....	3
Tabel 1. 3 Data Luas Tanaman Kelapa Sawit di Pulau Sumatera.....	5
Tabel 1. 4 Data Kapasitas Produksi CPO di Pulau Sumatera	5
Tabel 1. 5 Data Produsen Karbon Aktif di Indonesia	6
Tabel 1. 6 Data Produsen Karbon Aktif di Dunia.....	7
Tabel 1. 7 Komponen Penyusun Tandan Kosong Kelapa Sawit	9
Tabel 1. 8 Komponen Penyusun Cangkang Kelapa Sawit.....	10
Tabel 1. 9 Analisa proksimat dan ultimate cangkang kelapa sawit dan TKKS	10
Tabel 1. 10 Kegunaan karbon aktif	11
Tabel 1. 11 kondisi operasi dan variasi proses pyrolysis	13
Tabel 1. 12 Komposisi produk pada berbagai kondisi pirolisis	13
Tabel 1. 13 Perbandingan Proses Aktivasi.....	14
Tabel 2. 1 Sifat fisis Karbon Aktif (Sifat fisika)	22
Tabel 2. 2 Sifat fisis Cangkang Kelapa Sawit.....	23
Tabel 2. 3 Sifat fisis Kalium Hidroksida (KOH)	23
Tabel 2. 4 Sifat fisis Air (H ₂ O)	24
Tabel 3. 1 Spesifikasi Stockpile Palm Kernel Sheel	34
Tabel 3. 2 Spesifikasi Rotary Pyrolizer.....	35
Tabel 3. 3 Spesifikasi Condensor.....	36
Tabel 3. 4 Spesifikasi Mixer	37
Tabel 3. 5 Spesifikasi Rotary Kiln	38
Tabel 3. 6 Spesifikasi Cooling Screw Conveyer.....	44
Tabel 3. 7 Spesifikasi Bucket Elevator	45
Tabel 3. 8 Spesifikasi Belt Conveyer.....	45
Tabel 3. 9 Spesifikasi Tangki Side Product	46
Tabel 3. 10 Spesifikasi Cyclone.....	46
Tabel 3. 11 Spesifikasi Hopper	47
Tabel 3. 12 Spesifikasi Screw Conveyer Proses	48
Tabel 3. 13 spesifikasi pompa proses.....	49
Tabel 3. 14 Spesifikasi Blower Rotary Pyrolizer.....	50
Tabel 3. 15 Spesifikasi Blower Rotary Kiln	50
Tabel 3. 16 Spesifikasi Blower Grate Cooler.....	51
Tabel 3. 17 Spesifikasi Blower Rotary Dryer	51
Tabel 3. 18 Neraca Massa Total.....	52
Tabel 3. 19 Neraca Massa di Rotary Pyrolizer-01	52
Tabel 3. 20 Neraca Massa di Condensor-01	53
Tabel 3. 21 Neraca Massa di Mixer-01	54
Tabel 3. 22 Neraca Massa di Rotary Kiln-01.....	54
Tabel 3. 23 Neraca Massa di Grate Cooler-01	55
Tabel 3. 24 Neraca Massa di Horizontal Belt Filter.....	55

Tabel 3. 25 Neraca Massa di Rotary Dryer-01	56
Tabel 3. 26 Neraca Massa di Ball Mill-01	56
Tabel 3. 27 Neraca Massa di Screener-01.....	56
Tabel 3. 28 Neraca Panas <i>di</i> Rotary Pyrolizer-01	57
Tabel 3. 29 Neraca Panas gas campuran keluaran Rotary Pyrolizer - Rotary kiln	58
Tabel 3. 30 Neraca Panas di Condensor.....	59
Tabel 3. 31 Neraca Panas di Cooler-01.....	60
Tabel 3. 32 Neraca Panas di Mixer-01.....	60
Tabel 3. 33 Neraca Panas di Rotary Kiln-01.....	60
Tabel 3. 34 NP Grate Cooler-01 udara sekunder menuju Rotary Kiln	61
Tabel 3. 35 Neraca Panas Grate Cooler-01 udara tersier menuju RP	61
Tabel 3. 36 Neraca Panas Grate Cooler-01 udara buang	62
Tabel 3. 37 Neraca Panas di Horizontal Belt Filter-01	62
Tabel 3. 38 Neraca Panas di Heater-01	62
Tabel 3. 39 Neraca Panas di Rotary Dryer-01	63
Tabel 3. 40 Neraca Panas di Cooling Screw Conveyer-01	63
Tabel 3. 41 Neraca Panas di Ball Mill-01	63
Tabel 3. 42 Neraca Panas di Screener-01.....	63
Tabel 4. 1 Luas tanah lokasi pabrik	70
Tabel 4. 2 Jadwal Pembagian Kelompok Shift	84
Tabel 4. 3 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji	86
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik	91
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin.....	93
Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Demin	94
Tabel 5. 4 Total kebutuhan Air	94
Tabel 5. 5 Daya Alat Proses dan Alat Transportasi Proses.....	95
Tabel 5. 6 Daya Alat Utilitas.....	96
Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik Keseluruhan	97
Tabel 5. 8 Spesifikasi Stockpile Batu Bara.....	99
Tabel 5. 9 Spesifikasi Screw Conveyer (Batu Bara).....	100
Tabel 5. 10 Spesifikasi Hopper (Bin batu bara).....	101
Tabel 5. 11 Spesifikasi Screening / Saringan.....	102
Tabel 5. 12 Spesifikasi Reservoir / Sedimentasi).....	102
Tabel 5. 13 Spesifikasi Rangkaian Reverse Osmosis	103
Tabel 5. 14 Spesifikasi Bak koagulasi dan flokulasi.....	103
Tabel 5. 15 Spesifikasi Tangki Larutan Alum	104
Tabel 5. 16 Spesifikasi Bak pengendap I.....	104
Tabel 5. 17 Spesifikasi Bak pengendap II.....	105
Tabel 5. 18 Spesifikasi Sand Filter (FU-02)	105
Tabel 5. 19 Spesifikasi Bak Penampung Sementara (BU-04)	106
Tabel 5. 20 Spesifikasi Tangki Klorinasi (TU-02)	106
Tabel 5. 21 Spesifikasi Tangki Kaporit (TU-03)	107
Tabel 5. 22 Spesifikasi Tangki Air Bersih (TU-04).....	107

Tabel 5. 23 Spesifikasi Tangki Service Water (TU-05).....	108
Tabel 5. 24 Spesifikasi Tangki Air Bertekanan (TU-06).....	108
Tabel 5. 25 Spesifikasi Bak air pendingin (BU-05).....	109
Tabel 5. 26 Spesifikasi Cooling Tower (CT-01).....	110
Tabel 5. 27 Spesifikasi Blower Cooling Tower (BL-01).....	110
Tabel 5. 28 Spesifikasi Mixed Bed (TU-07).....	111
Tabel 5. 29 Spesifikasi Tangki Na ₂ SO ₄ (TU-08).....	112
Tabel 5. 30 Spesifikasi Tangki Air Demin (TU-09)	112
Tabel 5. 31 Spesifikasi Tangki N ₂ H ₄ (TU-10).....	113
Tabel 5. 32 Spesifikasi Deaerator (De-01).....	113
Tabel 5. 33 Spesifikasi Tangki Dowtherm A (TDA-01)	114
Tabel 5. 34 Spesifikasi Pompa Utilitas	115
Tabel 5. 35 Spesifikasi Pompa Utilitas	116
Tabel 5. 36 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)	117
Tabel 5. 37 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)	118
Tabel 5. 38 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)	119
Tabel 6. 1 indeks harga pada tahun 1991 hingga 2019	121
Tabel 6. 2 Perkiraan Harga Alat Proses	123
Tabel 6. 3 Perkiraan Harga Alat Utilitas.....	124
Tabel 6. 4 Physical Plan Cost (PPC)	127
Tabel 6. 5 Direct Plant Coost (DPC).....	127
Tabel 6. 6 Fixed Capital Investment (FCI)	127
Tabel 6. 7 Working Capital Invesment	128
Tabel 6. 8 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	129
Tabel 6. 9 Indirect manufacturing Cost.....	130
Tabel 6. 10 Fixed Manufacturing Cost.....	130
Tabel 6. 11 Total Manufacturing Cost	130
Tabel 6. 12 General Expense	132
Tabel 6. 13 Total Production Cost	132
Tabel 6. 14 Annual Fixed Cost (Fa).....	135
Tabel 6. 15 Annual Regulated Cost (Ra)	135
Tabel 6. 16 Annnual Variabel Value (Va).....	136
Tabel 6. 17 Annnual Sales Value (Sa)	136

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Kualitatif.....	29
Gambar 3. 2 Diagram Kuantitatif.....	30
Gambar 3. 3 Process Engineering Flow Diagram.....	31
Gambar 4. 1 Peta Lokasi Kabupaten Siak, Provinsi Riau.....	64
<i>Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik</i>	71
Gambar 4. 3 Tata Letak Mesin.....	73
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan	77
Gambar 6. 1 Grafik indeks harga alat	122
Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi	139

LEMBAR PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada :

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas rahmatnya, karunianya kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Saya sangat bersyukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kesempatan untuk bisa menuntut ilmu dan menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Atas kekuatan yang diberikan-Nya dan ridhonya, saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Terimakasih kepada kedua orang tua saya bapak sriyono dan ibu Sri rejeki serta adik-adik dan tak lupa juga buat kakek, nenek, mbah buyut saya yang telah memberikan doa, dorongan, motivasi dan kasih sayang yang sangat luar biasa. Terimakasih telah berjuang dan berkorban demi masa depan anak yang lebih baik agar bisa membahagiakan suatu hari nanti, lembar persembahan ini tidak akan pernah cukup untuk menggambarkan rasa terimakasih saya kepada ibu bapak.

Untuk almh Dwi Nur Hayati (adik kandung ibu) yang dulu ketika masih berjuang kesembuhan suami di RS SARDJITO yang selalu terus memberikan dukungan, support, doa dan waktu agar saya bisa melanjutkan ke jenjang kuliah. Dan alhamdulillah hari ini tuhan menjawab Doa yang terbaik, saya bisa lulus sebagai sarjana teknik kimia di universitas islam Indonesia. Semoga almh ditempatkan di sisi yang terbaik. Amiin

Untuk patner saya Windu Heru Suprpto sebagai patner perancangan pabrik saya ini dan sebagai patner segala lini yang selama ini telah bersabar dan terus berjuang dalam penyelesaian penyusunan pra rancangan pabrik ini.

Terimakasih atas waktu, ilmu, semangat, dedikasi, kekompakan dan dukungan selama ini. Semoga apa yang menjadi mimpi-mimpi kita bisa terwujud dikemudian hari. Aamiin

Terima kasih kepada Bapak Ir. Dr.Faisal RM, M.T., Ph.D selaku Dosen pembimbing I dan Ibu Lucky Wahyu Nuzulia Setyaningsih, ST., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan arahnya selama ini sehingga dapat menyelesaikannya tugas akhir dengan baik

Terima kasih juga untuk teman-teman teknik kimia, sahabat yang selalu membantu dikala kesulitan dalam mengerjakan. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses kedepannya dan dipertemukan diwaktu dan tempat yang terbaik.

Dan tak lupa saya juga mengucapkan terimakasih kepada teman-teman kos ijo terutama bapak wagimun selaku bapak kosan yang telah memberikan kesempatan untuk tempat tinggal dalam menyelesaikan jenjang kuliah yang selalu mengerti keadaan ekonomi

Andika Rizky Mahendra

Teknik Kimia UII 2017



Alhamdulillahirobbil'alamin

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang telah memberikan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya kepada saya, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad *Shalallahu Alaihi Wassalam* hingga akhir hayat kita

Alhamdulillahirobbil'alamin

Pada kesempatan kali ini, dalam secarik kertas ini, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua saya yakni Bapak Mursito Heru Suprpto dan Ibu Suwi Wiwik yang telah memberikan saya kesempatan untuk menempuh ilmu pendidikan di Program Studi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia. Terima kasih karna selalu mendoakan saya, memberikan dukungan baik secara materil maupun non materil hingga meluangkan waktunya untuk menemani saya selama di Jogja untuk menempuh ilmu. Apabila ada kata lain yang dapat saya ucapkan selain berterima kasih mungkin itulah kalimat yang akan saya ucapkan. Karna saya percaya bahwasannya "Ridho Allah adalah Ridho Orang Tua". Setelah kurang lebih 4 tahun 6 bulan, akhirnya Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* telah mengabulkan doa Bapak dan Ibu, *alhamdulillah, insyaAllah* atas izin Allah saya bisa mendapatkan gelar yang selama ini Ibu dan Bapak harapkan dar saya. Semoga dengan gelar ini, saya bisa membuat Ibu dan Bapak lebih bahagia dari yang sebelum-sebelumnya. Semoga ibu dan Bapak sehat selalu. Semoga sakit yang di derita bapak dan ibu bisa segera terangkat atas izin Allah, *amin*.

Untuk *support system* saya Yusrina Nur Adzhani, terima kasih selalu membantu saya dalam segala hal. Terima kasih selalu mendoakan saya hal—hal baik dan selalu memberika pandangan yang positif untuk menghadapi semuanya sehingga dalam perjalanannya saya dapat mengerjakan segala sesuatunya lebih

tenang. Semoga kedepannya, segala cita-cita yang kita inginkan dan segala hal yang kita harapkan dapat di *ijabah* oleh Allah *Subhanahu Wa Ta'ala, aamiin*.

Untuk partner tugas akhkir saya Andika Rizky Mahendra, terima kasih sudah mau menjadi partner dalam mengerjakan tugas akhir ini. Semoga segala ilmu yang di dapatkan dari seluruh perjalan selama mengerjakan tugas akhir ini dapat di jadikan sebagai pembelajaran di kemudian hari dan semoga bermanfaat untuk kedepannya. Semoga segala hal yang di cita-citakan, segala hal yang di impi-impikan dapat di *ijabah* oleh Allah *Subhanahu Wa Ta'ala, aamiin*.

Terima kasih kepada Bapak Ir. Dr.Faisal RM, M.T., Ph.D selaku Dosen pembimbing I dan Ibu Lucky Wahyu Nuzulia Setyaningsih, ST., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan arahnya selama ini sehingga dapat menyelesaikannya tugas akhir dengan baik dan lancar.

Terima kasih juga untuk teman-teman teknik kimia, sahabat yang selalu membantu dikala kesulitan dalam mengerjakan. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses kedepannya dan dipertemukan diwaktu dan tempat yang terbaik. *Aamiin*.

Dan tak lupa saya juga mengucapkan terimakasih kepada teman-teman kos ijo terutama bapak Wagimun selaku bapak kosan yang telah memberikan tempat tinggal untuk menyelesaikan jenjang kuliah dan selalu mengerti keadaan ekonomi. Maaf kalau dalam pembayarannya unguin telat berbulan-bulan, semoga Tuhan membalas segala kebaikan Bapak Wagimun.

Windu Heru Suprpto

ABSTRAK

Karbon aktif adalah material yang biasa digunakan pada proses adsorpsi dan purifikasi. Karbon aktif adalah arang yang sudah diaktifkan baik menggunakan aktivasi kimia maupun fisika sehingga pori-porinya terbuka dan permukannya bertambah luas sekitar $500 \text{ m}^2/\text{g} - 2500 \text{ m}^2/\text{g}$. Alasan pabrik karbon aktif dirancang dengan kapasitas 10.000 ton/tahun adalah untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan meningkatkan devisa negara melalui kegiatan ekspor. Pabrik karbon aktif dirancang dengan kapasitas 10.000 ton/tahun dengan waktu operasi 330 hari/tahun selama 24 jam/hari. Bahan baku yang digunakan adalah cangkang kelapa sawit sebanyak 7.256,828 kg/jam yang diperoleh dari PT SBM, PT AMJ, PT SEI dan KOH sebanyak 1814,21 kg/jam yang diperoleh dari Weifang Haizhiyuan Chemistry and Industry Co. Ltd. Pabrik karbon aktif direncanakan didirikan di daerah kawasan industri Siak, Riau diatas lahan seluas 14.977 m^2 . Proses produksi dilakukan pada reaktor jenis Rotary Drum dengan suhu operasi 926.67°C dan tekanan 1 atm. Dalam menunjang proses produksi dibutuhkan air untuk proses sebesar 2.358,7058 kg/jam dan 191,496 kW listrik yang disediakan oleh PLN, serta generator sebagai cadangan listrik. Sebuah parameter kelayakan pendirian pabrik menggunakan analisis ekonomi dengan modal total investasi yang terdiri dari Penanaman Modal Tetap sebesar Rp. 152.793.935.402,28 dan Modal Kerja Rp 52.931.759.956 dan penjualan tahunan Rp 240,000,000,000.00 sehingga didapat keuntungan sebelum pajak Rp 68.447.424.631 dan keuntungan setelah pajak Rp 54.757.939.704,67 Analisa kelayakan dilihat dari nilai *Return On Investment (ROI)* sebelum pajak 44,80%, *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak 1,825 tahun, *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)* 38,41%, *Break Event Point (BEP)* 40,18%, dan *Shut Down Point (SDP)* 22,82%. Dari parameter kelayakan di atas, dapat disimpulkan bahwa pabrik karbon aktif ini layak untuk didirikan.

Kata kunci : Cangkang kelapa sawit, Karbon Aktif, KOH

ABSTRACT

Activated carbon is a material commonly used in adsorption and purification processes. Activated carbon is charcoal that has both chemical and physical activation so that the pores are opened and the surface area is increased by about $500 \text{ m}^2/\text{g} - 2500 \text{ m}^2/\text{g}$. The reason the activated carbon plant is designed with a capacity of 10,000 tons/year is to meet domestic needs and increase the country's foreign exchange through export activities. The activated carbon plant is designed with a capacity of 10,000 tons/year with an operating time of 330 days/year for 24 hours/day. The raw materials used are palm shells as much as 7,256.828 kg/hour obtained from PT SBM, PT AMJ, PT SEI and KOH as much as 1814.21 kg/hour obtained from Weifang Haizhiyuan Chemistry and Industry Co. Ltd. The activated carbon factory is planned to be established in the Siak industrial area, Riau on an area of 14.977 m². The production process is carried out in a Pipe Flow Reactor (RAP) with an operating temperature of 926.67°C and a pressure of 1 atm. In supporting the production process, 2,358,7058 kg/hour of water is needed for the process and 191,496 kW of electricity provided by PLN, as well as a generator as a backup electricity. A parameter of the feasibility of establishing a factory using economic analysis with a total investment capital consisting of Fixed Capital Investment of Rp. 152.793.935.402,28 and working capital Rp 52.931.759.956 and annual sales Rp 240,000,000,000.00 so that the profit before tax is Rp 68.447.424.631 and profit after tax is Rp 54.757.939.704,67 The feasibility analysis is seen from the Return On Investment (ROI) before tax 44.80%, Pay Out Time (POT) before tax 1.825 years, Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) 38,41%, Break Event Point (BEP) 40.18%, and Shut Down Point (SDP) 22.82%. From the feasibility parameters above, it can be concluded that this activated carbon plant is feasible to establish.

Key words : palm kernel shell, Activated Carbon, KOH

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki perkebunan kelapa sawit terluas di dunia. Pada tahun 2020, luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia sendiri mencapai 14.858.300 Ha yang tersebar hampir di seluruh bagian Indonesia seperti di pulau Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi hingga Papua. Selain itu, Indonesia juga merupakan salah satu negara dengan produksi *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar di dunia. Yang mana pada tahun 2020, Indonesia memproduksi sebanyak 48.297.070 ton CPO (Dirjen. Perkebunan. 2020). Dengan banyaknya jumlah CPO yang di produksi di Indonesia, tentunya tidak jauh dengan limbah dari kelapa sawit itu sendiri salah satunya adalah limbah padat cangkang sawit.

Cangkang sawit merupakan salah satu limbah dari pengolahan tandan buah segar kelapa sawit menjadi CPO yang jumlahnya dapat dikatakan cukup melimpah dengan ketersediaan yang berkelanjutan. Melimpahnya cangkang sawit nasional ini juga belum dapat di manfaatkan secara optimal. Hal ini terbukti dengan diekspornya 3,9 juta ton cangkang kelapa sawit ke beberapa negara pada tahun 2021 (BPS. 2022). Selain itu, selama ini penanganan limbah tersebut dilakukan dengan membakarnya secara terbuka dan hasilnya hanya di peroleh produk berupa abu yang manfaatnya relatif sangat terbatas dan prosesnya menimbulkan dampak negatif yang lebih besar pada lingkungan hidup karena mencemari udara. (Utomo dan Widjaja, 2004). Salah satu penanganan limbah padat cangkang sawit agar memiliki nilai jual yang lebih adalah dengan cara memprosesnya menjadi karbon aktif.

Karbon aktif adalah karbon padat yang mempunyai luas permukaan yang cukup tinggi berkisar antara 500 sampai dengan 2.500 m²/g dalam bentuk pasir atau butiran sehingga memiliki daya serap atau adsorpsi yang sangat tinggi terhadap bahan yang berbentuk uap atau larutan. Di Indonesia sendiri, industri karbon aktif mengalami perkembangan yang cukup pesat. Berdasarkan data

statistik, kebutuhan impor karbon aktif mengalami peningkatan di setiap tahunnya. Tercatat pada tahun 2014-2020 kebutuhan impor arang aktif rata-rata mencapai 10.823,72 ton/tahun dengan persen pertumbuhan rata-rata 4,96% pertahunnya. (Data BPS, 2021). Sebanyak 70% penggunaan karbon aktif di Indonesia biasanya digunakan sebagai pemurnian dalam sektor farmasi, minyak kelapa, industri gula, kimia maupun untuk proses penjernihan air. (Pari, 1995).

Dikarenakan manfaat dari karbon aktif itu sendiri yang sangat banyak sehingga menyebabkan kebutuhan konsumen yang bertambah. Dan keberadaan cangkang sawit yang saat ini juga masih memiliki nilai jual yang masih rendah karena belum dimanfaatkan secara baik. Maka pendirian pabrik dengan bahan baku cangkang sawit diharapkan dapat menaikkan nilai jual cangkang sawit itu sendiri. Serta diharapkan dapat memenuhi kebutuhan karbon aktif dalam negeri dan mampu menekan angka impor di Indonesia dalam bidang industri kimia.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam penentuan kapasitas produksi suatu pabrik, ada beberapa faktor yang perlu di pertimbangkan, yaitu:

1. Proyeksi kebutuhan karbon aktif di Indonesia

Perkembangan impor karbon aktif di Indonesia selama periode 2014-2020 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. 1 Data Impor Karbon Aktif di Indonesia (2014-2020)

Tahun	Kebutuhan Impor (ton/tahun)
2014	8842,25
2015	9366,42
2016	9176,33
2017	13181,21
2018	11860,85
2019	12480,95
2020	10858,01

Sumber dari Badan Pusat Statistik tahun 2021

Tabel 1. 2 Data Persen Pertumbuhan Rata-Rata Impor di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)	%P
	Impor	Impor
2014	8842,25	-
2015	9366,42	5,9%
2016	9176,33	-2,0%
2017	13181,21	43,6%
2018	11860,85	-10,0%
2019	12480,95	5,2%
2020	10858,01	-13,0%
Total %P		29,7%
I		4,96%

Sumber dari Badan Pusat Statistik tahun 2021

Berdasarkan tabel di atas, kebutuhan impor karbon aktif Indonesia pada tahun 2025 dapat diperkirakan dengan menggunakan metode pertumbuhan rata-rata pertahun. Persamaan yang digunakan untuk menghitung perkiraan impor di tahun 2025 didapatkan sebagai berikut:

$$y = M.2020 * (1 + i)^{(x - 2020)}$$

Dimana :

y = Jumlah perkiraan kebutuhan karbon aktif (ton/tahun)

M = Jumlah Impor di tahun 2020

i = Persen pertumbuhan rata-rata

x = Tahun ke-n

Metode yang digunakan adalah metode pertumbuhan rata-rata pertahun karena nilai R^2 hasil interpolasi linear $< 0,9$ Dengan persamaan dan data di atas, maka kebutuhan impor pada tahun 2025

Prediksi impor di tahun 2025

$$M. \text{ impor} = M.2020 \times (1+i)^{(2025-2020)}$$

$$= 13.830,40 \text{ ton/tahun}$$

Prediksi ekspor di tahun 2025

$$M. \text{ ekspor} = M.2020 \times (1+i)^{(2025-2020)}$$

$$= 36.056,26 \text{ ton/tahun}$$

Peluang kapasitas di tahun 2025

$$= \text{demand} - \text{supply}$$

$$= \text{ekspor} - \text{impor}$$

$$= 36.056,26 - 13.830,40$$

$$= 22.225,86 \text{ ton/tahun}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka di tentukan kapasitas pabrik yang akan di dirikan adalah sebesar 10.000 ton/tahun dengan kapasitas 50% dari hasil perhitungan peluang ditahun 2025 yaitu sebesar 11.112,93 ton/tahun. Dengan pembangunan pabrik berlangsung pada awal tahun 2025 diharapkan mampu mengurangi angka impor karbon aktif di Indonesia.

2. Ketersediaan bahan baku

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis/ Elaeis oleifera*) merupakan tanaman pokok yang jumlahnya melimpah di Indonesia. Pada tahun 2020, luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai 14.858.300 Ha dengan produksi *Cruede Palm Oil* (CPO) sebanyak 48.297.070 ton (Dirjen. Perkebunan. 2020). Penyebaran industri kelapa sawit sendiri di Indonesia sangatlah luas, beberapa di antaranya berada di pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi hingga Papua. Saat ini, lahan kelapa sawit terluas di Indonesia berada di Pulau Sumatera. Berikut adalah data luas sebaran tanaman kelpa sawit dan produksi kelapa sawit di pulau Sumatera.

Tabel 1. 3 Data Luas Tanaman Kelapa Sawit di Pulau Sumatera

Provinsi	Kelapa Sawit (ribu Ha)		
	2018	2019	2020
ACEH	494,20	487,50	488,00
SUMATERA UTARA	1 551,60	1 373,30	1 325,10
SUMATERA BARAT	379,60	379,70	393,30
RIAU	2 706,90	2 741,50	2 853,80
JAMBI	1 032,10	1 034,80	1 074,60
SUMATERA SELATAN	1 137,60	1 191,40	1 198,00
BENGGKULU	311,80	310,70	325,30
LAMPUNG	201,60	193,00	196,30
KEP. BANGKA BELITUNG	224,50	225,20	239,80
KEP. RIAU	7,90	7,40	7,40

Tabel 1. 4 Data Kapasitas Produksi CPO di Pulau Sumatera

Provinsi	Produksi CPO (ribu Ton)		
	2018	2019	2020
ACEH	1.037,402	1.133,347	1.134,606
SUMATERA UTARA	5.737,271	5.647,313	5.776,781
SUMATERA BARAT	1.248,269	1.253,394	1.312,253
RIAU	8.496,029	9.513,208	9.984,315
JAMBI	2.691,270	2.884,406	3.022,565
SUMATERA SELATAN	3.793,622	4.049,156	4.267,023
BENGGKULU	1.047,729	1.032,056	1.063,404
LAMPUNG	487,203	414,206	384,948
KEP. BANGKA BELITUNG	900,318	815,667	843,047
KEP. RIAU	28,853	22,788	20,020

Dari data tersebut, dapat diketahui bahwasanya provinsi dengan tanaman kelapa sawit terluas dan produksi kelapa sawit (dalam hal ini CPO) terbesar di Indonesia, terdapat di Provinsi Riau dengan luas

2.853.800 Ha serta 9.984.315 Ton CPO pada tahun 2020. Dengan luas tanaman dan produksi sebesar itu, Jika cangkang sawit yang di hasilkan minimal sebesar 27,2%, maka jumlah cangkang sawit yang dihasilkan dari provinsi Riau sebesar 2.715.733,68 Ton/tahun. Perhitungan tersebut hanya mengacu pada 1 provinsi saja. Dengan jumlah yang cukup besar, cangkang sawit dinilai mampu memenuhi kebutuhan bahan baku pembuatan karbon aktif di Indonesia.

3. Kapasitas pabrik karbon aktif yang sudah berdiri di Indonesia
Ketersediaan pabrik karbon aktif di Indonesia yang sudah berdiri dapat dilihat pada tabel :

Tabel 1. 5 Data Produsen Karbon Aktif di Indonesia

Produsen Karbon Aktif di Indonesia		
Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Indo Karbon Primajaya	Serang, Banten	3.000
PT. Intan Prima Karbon	Gresik, Jawa Timur	12.000
PT. Perkebunan Nusantara (PTPN) IV	Medan, Sumatra Utara	6.600
PT. Eratechbudhi Sadhana Yukti	Subang, Jawa Barat	1.200
PT. Haycarb Palu Mitra	Palu, Sulawesi Tengah	4.000
PT. Mapalus Makwaunua <i>Charcoal Industry</i>	Bitung, Tangerang, Banten	9.000
PT. Daiti Carbon Nusantara	Pontianak, Kalimantan Barat	3.000

4. Kapasitas pabrik karbon aktif yang sudah berdiri di dunia
Ketersediaan pabrik karbon aktif di Dunia yang sudah berdiri dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. 6 Data Produsen Karbon Aktif di Dunia

Produsen Karbon Aktif di Dunia		
Nama Perusahaan	Negara	Kapasitas (Ton/Tahun)
Shanxi Xinhua Chemical	China	12.000
Cabot Norit	USA	60.000
Ganzhou Eastern	China	7.200
Zhengzhou Leabon	China	3.600
Wenxian Kexing Chem	China	9.600
Kalpaka Chemical	India	10.000
Active Char Chemical	India	16.000
Japan Enviro Chemical	Jepang	48.500

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan salah satu perkebunan yang bermanfaat sebagai penghasil berbagai macam minyak yaitu minyak sebagai bahan bakar, minyak industri, maupun minyak untuk masak. Kelapa sawit mempunyai 2 jenis spesies yaitu *elaeis oleifera* dan *elaeis guineensis* yang biasa digunakan untuk pertanian agar mendapatkan keluaran minyak kelapa sawit. Pohon kelapa sawit berasal dari Amerika Selatan dan Amerika Tengah diantaranya Gambia dan Angola. Pada akhir abad ke 19 tanaman kelapa sawit menjadi sangat populer setelah terjadinya revolusi *industry* yang menyebabkan *demand* atau permintaan minyak kelapa sawit sangat tinggi. (Dinas Perkebunan Indonesia, 2007)

Kelapa sawit merupakan komoditas pokok di Indonesia dan perkebunan unggulan. Salah satu produk utama dari tanaman kelapa sawit adalah minyak inti sawit (KPO) dan minyak sawit (CPO) (Fauzi et al., 2012). Dalam proses produksi minyak kelapa sawit menghasilkan limbah padat, cair, dan gas yaitu limbah padat seperti tandan kosong,

limbah cair yaitu POME (*Palm Oil Mills Effluent*). Limbah gas dihasilkan dari gas buangan pada saat produksi minyak sawit (Susanto et al., 2017). Dalam pengolahan 1 ton tandan buah segar kelapa sawit, akan menghasilkan *Crude Palm Oil* (Minyak Kelapa Sawit) sebanyak 22%, kernel sebanyak 5% serta limbah berupa tandan kosong kelapa sawit sebanyak 22% atau 220kg, limbah cangkang (*shell*) sebanyak 6% atau 60kg, lumpur sawit 4% atau 40kg, serabut 13% atau 130kg serta limbah cair sebanyak 28% (Susilawati & Supijatno., 2015).

Kelapa sawit menghasilkan minyak sawit yang diperoleh dari buah sawit, yang juga bisa digunakan sebagai bahan bakar alternatif biodiesel, bahan bakar pengganti minyak tanah, olahan cangkangnya sebagai pakan ternak, pupuk kompos, dan bahan baku industri lainnya seperti industri kosmetik, industri sabun, industri makanan, batang dan pelepahnya sebagai pembuat *particle board*, kandungan minyak nabati yang berprospek tinggi bisa digunakan sebagai obat, fungsi dan manfaat dari kelapa sawit lainnya yaitu untuk memenuhi kebutuhan bahan baku suatu pabrik untuk produksi minyak sayur, selain itu peran kelapa sawit bisa untuk tempat tinggal keberadaan hewan-hewan kecil dan mengatasi pemanasan global. (Masykur, 2013)

1.3.2 Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang kelapa sawit adalah bagian paling keras pada komponen yang terdapat pada kelapa sawit. (Febriansyah et al., 2013). Pada pengolahan kelapa sawit, bagian ini disebut juga dengan jenis limbah padat. Cangkang kelapa sawit juga merupakan bahan bakar padat kelas tinggi yang dapat diperbarui untuk pembakaran, baik bersama-sama dengan uap batubara atau dibakar dibiomassa pembangkit tenaga listrik. Biasanya dalam proses pembakarannya dicampur dengan tingkatan lain dari biomassa, seperti potongan kayu. Limbah padat ini mempunyai potensi untuk dikembangkan menjadi produk yang bermanfaat dan bernilai ekonomis lebih, karena mengandung bahan organik dengan kadar yang cukup tinggi. Komposisi kimia tandan kosong kelapa sawit

terdiri atas hemiselulosa (23,24%), selulosa (33,25%), lignin (25,83%), kadar air (6,95%), dan zat ekstraktif (4,19%), (Dewanti, 2018) sedangkan kandungan pada bagian cangkangnya terdiri atas hemiselulosa (24%), selulosa (40%), lignin (21%), abu (15%). (Nasution dan Rambe, 2013)

1.3.3 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah arang yang sudah diaktifkan menggunakan aktivasi kimia sehingga pori-porinya terbuka dan permukaannya bertambah luas sekitar $300 \text{ m}^2/\text{g} - 2000 \text{ m}^2/\text{g}$. permukaan arang aktif yang semakin luas akan menyebabkan daya serap terhadap gas atau cairan semakin tinggi (Kirk-Othmer, 1964). Arang merupakan suatu bahan padat yang berpori hasil dari pembakaran bahan yang mengandung karbon (Sudrajat & Soleh, 1994) kemampuan dari karbon aktif bisa mempunyai daya serap 25-1000%.

Bahan baku yang digunakan untuk membuat karbon aktif tidak hanya berasal dari limbah cangkang kelapa sawit, ada beberapa jenis bahan baku yang dipakai untuk membuat Karbon aktif yaitu bahan-bahan yang mempunyai kandungan karbon antara lain kulit biji kopi, sekam padi, batu bara, kayu, tulang binatang, dan lain-lain. Beberapa diantaranya arang aktif juga dibuat dari bahan baku polimer seperti rayon, poliakrilonitril, dan resol fenol (Hoyashi *et al.*, 1984). Berikut tabel komponen Penyusun Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Komponen Penyusun Cangkang Kelapa Sawit

Tabel 1. 7 Komponen Penyusun Tandan Kosong Kelapa Sawit

Komposisi	Kadar (%)
Kadar Air	8,56
Lignin	25,83
Holospelulosa	56,49
Selulosa	33,25
Hemiselulosa	23,24
Zat ekstraktif	4,19

Sumber (Dewanti, 2018)

Tabel 1. 8 Komponen Penyusun Cangkang Kelapa Sawit

Komposisi	Kadar (%)
Selulosa	40
Hemiselulosa	24
Lignin	21
Abu	15

Sumber: (Nasution dan Rambe, 2013)

Tabel 1. 9 Analisa proksimat dan ultimate cangkang kelapa sawit dan TKKS

Analisa Proksimat (%berat)	Cangkang kelapa sawit	Tandan kosong kelapa sawit
<i>Volatile matter</i>	72,34	82,58
<i>Fixed Carbon</i>	20,61	8,97
<i>Kadar air</i>	3,87	5,18
Abu	7,06	3,45
Nilai kalor (MJ/kg)	19,15	17,02
Analisa Ultimat (%berat)		
C	68,45	46,62
H	9,52	6,45
O	20,99	45,66
N	0,20	1,21
S	0,74	0,035

Sumber Raju, *et al.* 2016, Mohammed *et al* (2012)

Kandungan didalam cangkang kelapa sawit mempunyai kandungan lignoselulosa yang tersusun oleh campuran polimer karbohidrat. Kandungan lignoselulosa didalam cangkang kelapa sawit mempunyai kadar karbon yang tinggi (Nasution dan Rambe, 2013). Sedangkan berdasarkan karakteristiknya, cangkang kelapa sawit juga memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi (Padil et al.2010). Kandungan karbon yang tinggi inilah sebagai dasar pemilihan cangkang kelapa sawit sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Selain itu pemilihan cangkang kelapa sawit untuk pembuatan karbon aktif karena memiliki luas permukaan yang besar yaitu sekitar 300-2000 m²/g (kurniati, 2016) kandungan bahan organik dalam cangkang sawit seperti lignin, selulosa,

hemiselulosa sehingga memperoleh luas permukaan yang besar (Khor, 2009) Karbon aktif memiliki berbagai macam fungsi, secara umum penggunaan karbon aktif di Indonesia dapat di lihat pada tabel di bawah ini (LIPI 1999).

Tabel 1. 10 Kegunaan karbon aktif

Pemakaian Untuk Gas	Kegunaan
Pengolahan LNG	Desulfurisasi dan penyaringan berbagai bahan mentah dan reaksi gas
Pemurnian gas	Desulfurisasi, menghilangkan gas beracun, bau busuk, asap
Katalisator	Reaksi katalisator atau pengangkut vinil klorida dan asetat
Lain – lain	Menghilangkan bau dalam kamar pendingin dan mobil
Pemakaian Untuk zat cair	
Industri obat dan makanan	Menyaring dan menghilangkan warna, bau, rasa yang tidak enak pada makanan
Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah, zat perantara
Minuman ringan, minuman keras	Menghilangkan warna, bau pada arak minuman keras dan minuman ringan
Pembersih air buangan	Mengatur dan membersihkan air buangan dan pencemar, warna, bau, logam berat
Pelarut yang digunakan kembali	Sisa metanol, penarikan kembali berbagai pelarut, etil asetat, dan lain-lain
Penjernih air	Menghilangkan bau, warna, zat pencemar air, penukar resin dalam alat
Penambakan udang	Menghilangkan warna dan bau, pemurnian
Lain- lain	
Pengolahan emas	pemurnian
Pengolahan pulp	Menghilangkan bau dan pemurnian
Penyaringan minyak makan dan glukosa	Menghilangkan warna, bau dan rasa tidak enak
Pengolahan pupuk	pemurnian

Sumber : LIPI 1999

Selain itu, karbon aktif juga memiliki berbagai macam bentuk. Diantaranya ada yang berbentuk seperti pasir atau serbuk dengan ukuran lebih kecil dari 0,18 mm biasanya digunakan pada pengaplikasian fasa cair dan gas pada industri farmasi, bahan tambahan makanan, pemurnian glukosa dan pengolahan zat pewarna kadar tinggi.. Dalam bentuk *granular* dengan ukuran anatara 0,2 – 5 mm biasanya digunakan juga pada pengaplikasian fasa cair dan gas pada pemurnian emas, pengolahan air, pemurnian pelarut dan penghilang bau busuk. Dan yang terakhir dalam bentuk *pellet* berukuran 0,8-5mm biasanya digunakan pada pengaplikasian fase gas pada industri pemurnian udara, *control* emisi, tromol otomotif dan penghilang bau kotoran. Hal ini dikarenakan karbon aktif yang berbentuk *pellet* mempunyai tekanan rendah, kekuatan mekanik tinggi dan kadar abu rendah. (Rahman, et al, 2012).

1.3.4 Proses Pyrolysis

Proses *pyrolysis* adalah tahapan proses pemanasan tanpa udara dan penambahan tanpa zat kimia lainnya. Pada pembentukan karbon karbonisasi yang dipakai yaitu pembakaran tidak sempurna, pembakaran dengan persediaan oksigen terbatas atau tanpa oksigen yang akan menghasilkan arang karbon ataupun CO (Fessenden, 1982). Biomassa akan terurai menjadi *volatile matter* dan *charcoal* atau arang karbon. Arang yang dihasilkan kemudian diaktivasi untuk mendapatkan karbon dengan luas permukaan yang lebih besar sehingga mempunyai daya serap yang lebih besar. Kondisi operasi tipikal untuk proses *pyrolysis* bisa dilihat pada table berikut ini (Waluyo et al., 2018).

Tabel 1. 11 kondisi operasi dan variasi proses pyrolysis

No	Kondisi	<i>Slow</i>	<i>intermediete</i>	<i>Fast</i>
1.	<i>Reactor temperature</i>	300 -500 °C	~400 -500 °C	~500 °C
2.	<i>Heating rate</i>	Up to 1 °C	1 – 1000 °C/s	>1000 °C/s
3.	<i>Hot vapaour residence</i>	>30s	~10-30s	~1s
4.	<i>Solid residence</i>	<i>hours- days</i>	1-30 min	~1s

Sumber : Waluyo et al, 2018

Untuk komposisi produk yang di hasilkan pada berbagai kondisi pirolisis dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. 12 Komposisi produk pada berbagai kondisi pirolisis

No	Kondisi	<i>Slow</i>	<i>intermediete</i>	<i>Fast</i>	Gasifikasi
1.	Asap Cair	30%	50%	75%	5%
2.	Padatan (<i>Char</i>)	35%	25%	12%	10%
3.	Gas (<i>Syngas</i>)	35%	25%	13%	85%

Sumber : Sohi, S. et al, 2009

1.3.5 Aktivasi Karbon

Proses Aktivasi merupakan proses pembuatan karbon aktif dengan tujuan untuk membuka pori, mengembangkan volume pori maupun memperbesar diameter pori yang sudah terbentuk pada saat karbonisasi. Dari proses aktivasi karbon aktif bisa memiliki daya serap yang semakin signifikan, kandungan zat yang masih menutupi pori-pori akan berubah sifat pada saat proses aktivasi, baik aktivasi kimia maupun fisika sehingga mempunyai daya serap yang bisa berpengaruh (Budiono, dkk. 2009)

Proses aktivasi arang dapat dilakukan dengan cara perlakuan aktivasi fisika maupun kimia.

a. Aktivasi Fisika

Pada proses aktivasi kimia bahan baku dari karbon aktif bisa diaktivasi menggunakan steam pada suhu sekitar 500-800°C atau dari gas CO₂. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi sifat dari karbon aktif atau karakteristik yang suda dihasilkan melalui dari

proses aktivasi secara fisika yaitu laju aliran gas, suhu proses aktivasi, bahan dasar, proses karbonisasi sebelumnya, laju aliran kalor, lama aktivasi, alat yang dipakai, aktivasi yang digunakan. (Marsh and Francisco. 2006)

b. Aktivasi Kimia

Pada proses aktivasi terjadi pemutusan rantai karbon dengan memakai bahan kimia. Pengaktifan arang dilakukan dengan menggunakan bahan kimia sebagai aktivasi. Activator merupakan bahan yang digunakan sebagai reagen untuk pengaktif pada adsorben arang aktif sehingga mempunyai daya serap yang baik. Sifat zat aktifator bisa mengikat air sehingga pada saat terjadi karbonisasi, air yang terikat pada pori karbon bisa terlepas, tahap selanjutnya activator bisa masuk kedalam pori dan membuka permukaan arang aktif yang masih belum terbuka atau masih tertutup. Aktivasi dapat dilakukan dengan larutan kimia yang bersifat asam maupun basa. Bahan kimia atau *Activating agent* yang biasa digunakan diantaranya yaitu phospat (H_3PO_4), H_2SO_4 kalium hidroksida (KOH), NaOH, $NaCl_2$ maupun klorida ($ZnCl_2$). (Dabrowski. 2005)

Tabel 1. 13 Perbandingan Proses Aktivasi

Aspek ditinjau	Aktivasi kimia	Aktivasi fisika
<i>Yield</i> produk	> 40%	< 15%
Waktu aktivasi	3 - 5 jam	Beberapa jam – 1 hari
Suhu aktivasi	– 1000 °C	900 – 1000 °C
Kualitas produk	Luas permukaan tinggi, distribusi pori besar	Luas permukaan rendah, distribusi pori sempit
Peralatan	Lebih banyak alat yang digunakan karena melalui proses pencucian, filtrasi, dan pengeringan	Lebih sedikit alat yang digunakan

Berdasarkan data perbandingan proses aktivasi di atas, dipilih proses *chemical activation* dengan alasan sebagai berikut :

- a. Waktu aktivasi kimia yang lebih cepat yaitu sekitar 3-5 jam dibandingkan dengan aktivasi fisika
- b. *Yield* yang dihasilkan pada proses aktivasi kimia lebih banyak yaitu >40%
- c. Produk karbon aktif hasil aktivasi kimia yang dihasilkan memiliki luas permukaan yang tinggi serta distribusi pori yang lebih besar.
- d. Kualitas produk dari aktivasi kimia memiliki luas permukaan tinggi dan distribusi pori yang besar

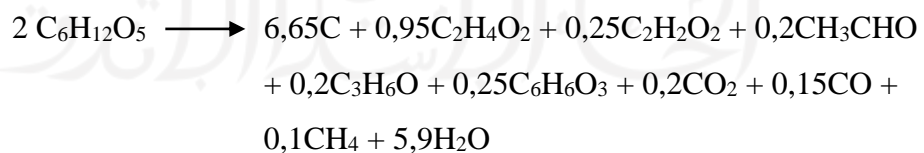
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Dasar Reaksi

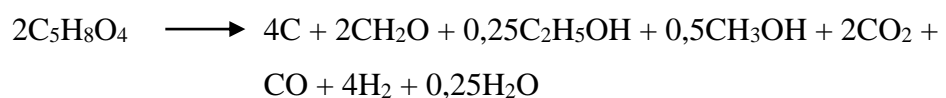
Dalam pembuatan karbon aktif berbahan dasar biomassa (Cangkang Kelapa Sawit) terbagi menjadi dua langkah proses, langkah yang pertama adalah proses *pyrolysis*, proses ini merupakan proses dimana komponen yang ada di dalam biomassa seperti selulosa hemiselulosa dan lignin akan terurai atau terdekomposisi secara *thermal* tanpa adanya bantuan oksigen. Reaksi penguraian biomassa tersebut terjadi melalui mekanisme sebagai berikut :



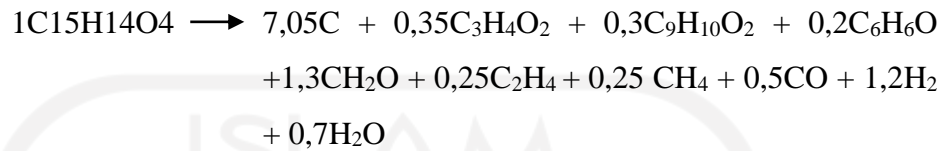
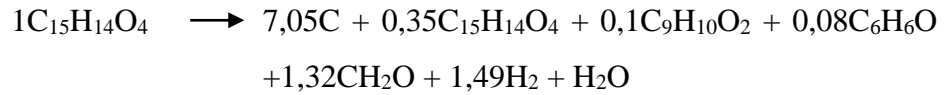
Penguraian Selulosa :



Penguraian Hemicelulosa :

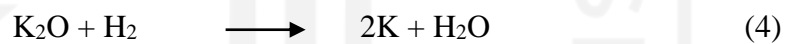
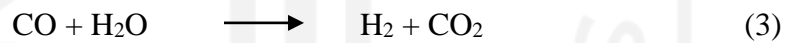
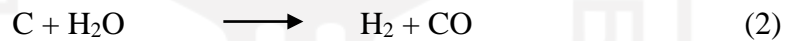


Penguraian Lignin :



Proses dekomposisi ini berlangsung selama 1 jam, pada suhu 400 °C (Ranzi. E., dkk. 2018)

Reaksi yang berikutnya adalah reaksi aktivasi arang dengan larutan KOH. Reaksi aktivasi terjadi antara arang (karbon), air dengan *activating agent*, dalam proses ini yaitu larutan KOH 60%. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut (Zou & Han, 2000) :



Reaksi-reaksi tersebut dapat disederhanakan menjadi berikut :



Reaksi terjadi di *rotary kiln* dilakukan pada suhu 926,67 °C selama waktu 4 jam dengan *Yield* produk sebesar 80% (U.S Patent. 1995).

1.4.2 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara Termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (endotermis/ eksotermis) dan arah reaksi (*reversible/ irreversible*) yang terjadi pada proses. Pada proses *pyrolysis*, reaksi yang terjadi merupakan reaksi dekomposisi yang bersifat endotermis dan arah reaksinya searah (*irreversible*) didapatkan dari jurnal (Slopiecka, K., Bartocci, P., & Fantozzi, F. 2012). Untuk penentuan panas reaksi dapat dihitung secara manual berdasarkan panas pembentukan standar (ΔH°_f) pada $P=1$ atm dan $T=673^{\circ}\text{K}$.

$$\Delta H^{\circ}_f 673 \text{ H}_{2(g)} = -216,93 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f 673 \text{ H}_2\text{O}_{(g)} = -228,64 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f 673 \text{ C}_{(s)} = 724,48 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f 673 \text{ CO}_{(g)} = -110,37 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f 673 \text{ CO}_2_{(g)} = -393,95 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f 673 \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}_2_{(g)} = -346,59 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f 673 \text{ C}_2\text{H}_4_{(g)} = 42,92 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f 673 \text{ C}_2\text{H}_4\text{O}_2_{(g)} = -444,56 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f 673 \text{ C}_2\text{H}_2\text{O}_2_{(g)} = -212 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f 673 \text{ CH}_3\text{CHO}_{(g)} = -176,68 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f 673 \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}_{(g)} = -232,55 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f 673 \text{ C}_6\text{H}_6\text{O}_3_{(g)} = 144,9 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f 673 \text{ CH}_4_{(g)} = -84,81 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f 673 \text{ C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2_{(g)} = -311,95 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f 673 \text{ C}_6\text{H}_6\text{O}_{(g)} = -108,43 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f 673 \text{ CH}_2\text{O}_{(g)} = -121,69 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{ 673 C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(g)} = -249,41 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{ 673 CH}_3\text{OH}_{(g)} = -212,31 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{ 673 C}_6\text{H}_{10}\text{O}_{5(s)} = -641,35 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{ 673 C}_5\text{H}_8\text{O}_{4(s)} = -565,90 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{ 673 C}_{15}\text{H}_{14}\text{O}_{4(s)} = -317,4 \text{ kJ/mol}$$

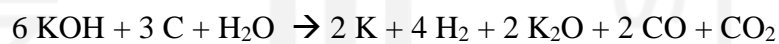
$$\Delta H_{\text{reaksi 673 k}} = \Sigma \Delta H_{\text{produk}} - \Sigma \Delta h_{\text{reaktan}}$$

$$= 103.188.487,7 \text{ kJ} - (-17.409.365,6 \text{ kJ})$$

$$= 120.597.853,3 \text{ kJ}$$

Harga $\Delta H_{\text{reaksi 673 K}}$ bernilai positif sehingga reaksi pirolisis bersifat endotermis.

Pada reaksi aktivasi karbon, penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH°_f) pada $P=1 \text{ atm}$ dan $T=298,15^{\circ}\text{K}$. Reaksi yang terjadi pada proses aktivasi karbon aktif adalah sebagai berikut



Data $\Delta H^{\circ}_f \text{ 298}$ untuk tiap mol masing-masing komponen :

$$\Delta H^{\circ}_f \text{ 298 KOH}_{(aq)} = -425,8 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{ 298 C}_{(s)} = 0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{ 298 H}_2\text{O}_{(l)} = -285,82 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{ 298 K}_{(g)} = 0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{ 298 H}_2_{(g)} = 0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{ 298 K}_2\text{O}_{(s)} = -363,17 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{ 298 CO}_{(g)} = -110,53 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{ 298 CO}_2_{(g)} = -393,5 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned}
\Delta H_{\text{reaksi } 298 \text{ K}} &= \sum \Delta H_{\text{produk}} - \sum \Delta H_{\text{reaktan}} \\
&= (2\Delta H_f^\circ \text{ K}_{(g)} + 4\Delta H_f^\circ \text{ H}_2(g) + 2\Delta H_f^\circ \text{ K}_2\text{O}_{(s)} + \\
&\quad 2\Delta H_f^\circ \text{ CO}_{(g)} + \Delta H_f^\circ \text{ CO}_2(g)) - (6\Delta H_f^\circ \text{ KOH}_{(aq)} + \\
&\quad 3\Delta H_f^\circ \text{ C}_{(s)} + \Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O}_{(l)}) \\
&= [(2 \times 0) + (4 \times 0) + (2 \times (-363,17)) + (2 \times (-110,53)) + (-393,5)] - [(6 \times (-425,8)) + (3 \times 0) + (-285,82)] \\
&\quad \text{kJ/mol} \\
&= 37177187,41 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Harga $\Delta H_{\text{reaksi } 298 \text{ K}}$ bernilai positif sehingga reaksi aktivasi karbon pada proses ini bersifat endotermis.

Data $\Delta G_f^\circ 298$ untuk tiap mol masing-masing komponen :

$$\Delta G_f^\circ 298 \text{ KOH}_{(aq)} = -380,2 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_f^\circ 298 \text{ C}_{(s)} = 0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_f^\circ 298 \text{ H}_2\text{O}_{(l)} = -237,14 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_f^\circ 298 \text{ K}_{(g)} = 0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_f^\circ 298 \text{ H}_2(g) = 0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_f^\circ 298 \text{ K}_2\text{O}_{(s)} = -322,1 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_f^\circ 298 \text{ CO}_{(g)} = -137,16 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_f^\circ 298 \text{ CO}_2(g) = -394,39 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned}
\Delta G_{\text{reaksi } 298 \text{ K}} &= \sum \Delta G_{\text{produk}} - \sum \Delta G_{\text{reaktan}} \\
&= (2\Delta G_f^\circ \text{ K}_{(g)} + 4\Delta G_f^\circ \text{ H}_2(g) + 2\Delta G_f^\circ \text{ K}_2\text{O}_{(s)} + \\
&\quad 2\Delta G_f^\circ \text{ CO}_{(g)} + \Delta G_f^\circ \text{ CO}_2(g)) - (6\Delta G_f^\circ \text{ KOH}_{(aq)} + \\
&\quad 3\Delta G_f^\circ \text{ C}_{(s)} + \Delta G_f^\circ \text{ H}_2\text{O}_{(l)}) \\
&= [(2 \times 0) + (4 \times 0) + (2 \times (-322,1)) + (2 \times (-137,16)) + (-394,39)] - [(6 \times (-380,2)) + (3 \times 0) + (-237,14)] \\
&\quad \text{kJ/mol} \\
&= 30467994,52 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^{\circ}_{f\ 298} &= -R.T.\ln K \\ 30467994,52 &= -8314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \cdot 298 \text{ K} \cdot \ln K \\ \ln K &= \frac{130467994,52}{-8,314 \cdot 298} \\ \ln K &= -12,2913 \\ K &= 4,59 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

Menghitung harga konstanta keseimbangan pada suhu 926,67⁰C (1199,82⁰K)

$$\begin{aligned} \ln K_{1199,82\text{K}} - \ln K_{298\text{K}} &= \frac{\Delta G^{\circ}_{f298}}{R} \cdot \left[\frac{1}{T_{298\text{K}}} - \frac{1}{T} \right] \\ \ln K_{1199,82\text{K}} &= \frac{\Delta G^{\circ}_{f298}}{R} \cdot \left[\frac{1}{T_{298\text{K}}} - \frac{1}{T} \right] + \ln K_{298\text{K}} \\ \ln K_{1192,82\text{K}} &= 3664,6614 \times 0,00252 + (-12,291) \\ \ln K_{1192,82\text{K}} &= -3,054342616 \\ K_{1192,82\text{K}} &= 0,04715 \end{aligned}$$

Nilai $K < 1$ sehingga reaksi bersifat *reversible*. (Perry et al., 2008)

1.4.3 Tinjauan Kinetika

Data kinetika yang diperoleh untuk reaksi *pyrolysis* adalah waktu tinggal yang didapat dari kisaran *heating rate* proses *slow pyrolysis*, yang secara umum sebesar 0,1 – 1 K/s. Dari kisaran tersebut diambil *heating rate* rata – rata sebesar 0,55 K/s. Dengan produk karbon yang diperoleh sebesar kandungan *fixed carbon* yang berada dalam cangkang kelapa sawit tersebut. Dari hasil tersebut didapatkan hasil produk *biochar* 35%, *volatile matter* 35%, dan 30% *biooil*. Arang atau *biochar* yang dihasilkan pada kondisi tersebut memiliki kandungan *fixed carbon* 58,1%, abu 8,07%, *volatile matter* 31,25%, dan *moisture content* 2,58% (Nasution & Limbong, 2019).

Reaksi pada proses data kinetika yang diperoleh untuk reaksi aktivasi mengikuti persamaan dibawah ini (Zou & Han, 2000):

$$-r_a = k.C_a \dots\dots\dots (1)$$

$$k = A.exp (-E_a/RT) \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

k = konstanta laju reaksi (1/min)

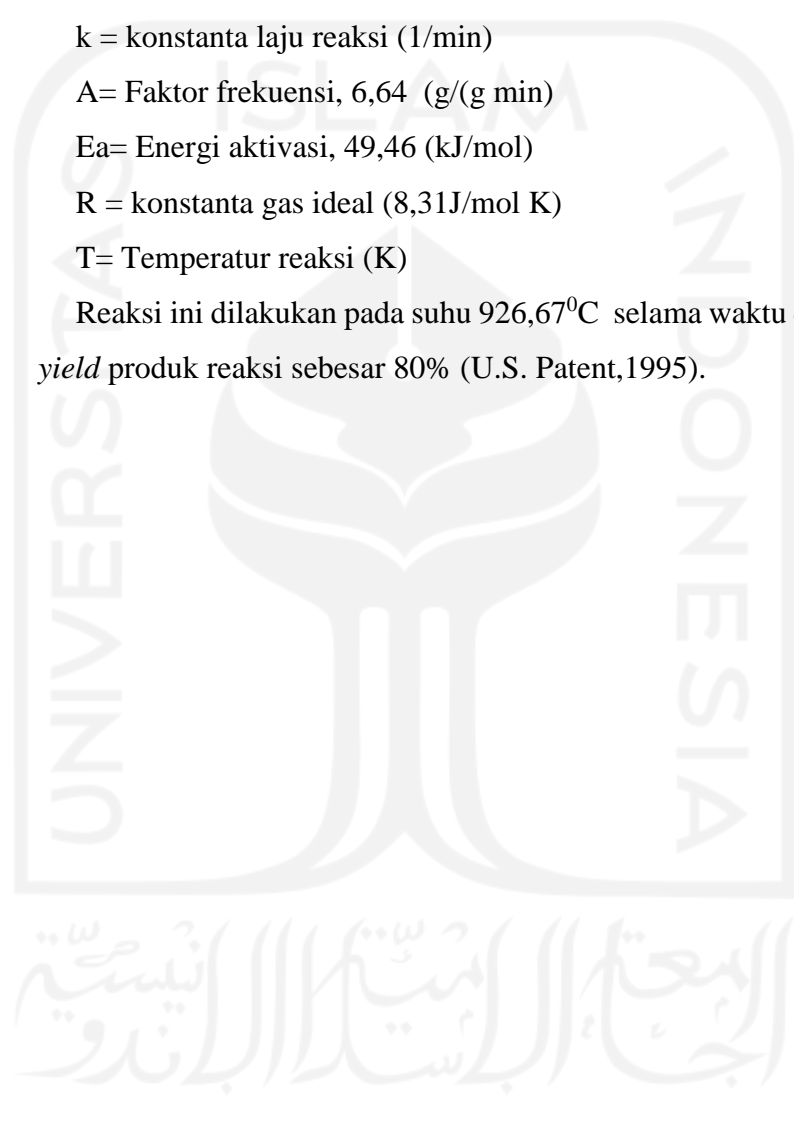
A= Faktor frekuensi, 6,64 (g/(g min))

E_a= Energi aktivasi, 49,46 (kJ/mol)

R = konstanta gas ideal (8,31J/mol K)

T= Temperatur reaksi (K)

Reaksi ini dilakukan pada suhu 926,67⁰C selama waktu 4 jam dengan *yield* produk reaksi sebesar 80% (U.S. Patent,1995).



BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

a. Karbon Aktif

Tabel 2. 1 Sifat fisis Karbon Aktif (Sifat fisika)

Sifat fisis Karbon Aktif Sifat fisika (Kirk-Othmer, 2005):	
Bentuk	Granul atau <i>Powder</i>
Warna	Hitam
Berat Jenis	0,2 – 0,6 gram/cm ³
Ukuran Partikel	20-40 mesh
Luas Permukaan	500 – 2500 m ² /g
<i>Ash Content</i>	1 – 20%
Standar Kualitas Karbon Aktif (SNI 06-3730-1995)	
Kadar Air	Maksimal 15%
Kadar Abu	Maksimal 10%
Kadar Karbon	Minimal 65%
Daya Serap I ₂	750 mg/g
Daya Serap MB	120 mg/g

Sifat kimia (Mody Lempang, 2014)

- Mengandung sejumlah kecil oksigen dan
- hidrogen yang terikat secara kimia dalam bentuk gugus fungsi
- gugus fungsi misalnya gugus karbonil, fenol, karboksil, lakton, dan beberapa gugus eter

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

a. Cangkang Kelapa Sawit (Waluyo, dkk. 2018 & G. Chang et al, 2016)

Tabel 2. 2 Sifat fisis Cangkang Kelapa Sawit

Sifat fisis Cangkang Kelapa Sawit	
Rumus Molekul	$C_{34}H_{54}O_{11}N$
Bentuk	Padat
Warna	Coklat
<i>Heating Value</i>	19820 kJ/Kg
Analisa Proksimat (%berat)	
<i>Volatile</i>	75,21
<i>Fixed Carbon</i>	22,74
Abu	2,05
Analisa Ultimat (%berat)	
Karbon	50,73
Hidrogen	5,97
Oksigen	40,83
Nitrogen	0,36
Sulfur	0,06
Organic Components	
<i>Cellulose</i>	20,8 - 27,7%
<i>Hemicellulose</i>	21,6 - 22,3%
<i>Lignin</i>	44,0 - 50,7%

Sifat kimia (Aditya, S N *et al*, 2019)

- Dapat terdekomposisi
- Mudah terbakar pada kondisi kering

b. Kalium Hidroksida (KOH)

Tabel 2. 3 Sifat fisis Kalium Hidroksida (KOH)

Sifat fisis Kalium Hidroksida (KOH) (Perry, 2008)	
Rumus Molekul	KOH
Berat Molekul	56 gram/mol
Bentuk	Padat pada kondisi ruang
Warna	Putih
<i>Specific gravity</i>	2,044 pada suhu 18,2 °C

Tabel lanjutan sifat fisis Kalium Hidroksida (KOH)

pH	13,5 (Basa Kuat)
Data Kelarutan	97 kg/ 100 kg H ₂ O (H ₂ O = 0°C) 178 kg/ 100 kg H ₂ O (H ₂ O = 100°C)
Titik Leleh	380 °C
Titik Didih	1320 °C

Sifat kimia (Marlina, E. (2016)

- Golongan basa kuat
- Hidroskopis, menyerap karbondioksida
- Senyawa yang korosif

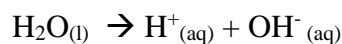
c. Air (H₂O)

Tabel 2. 4 Sifat fisis Air (H₂O)

Sifat fisis Air (H ₂ O) (Perry et al., 2008)	
Rumus Molekul	H ₂ O
Berat Molekul	18 gram/mol
Bentuk	Cair pada keadaan STP
Warna	Tidak Berwarna
<i>Specific gravity</i>	2,044 pada suhu 18,2 °C
pH	7 (Netral)
Titik Beku	0 °C
Titik Didih	100 °C

Sifat kimia (Perry et al., 2008):

- Dapat menguraikan garam menjadi asam basa
- Bersifat elektrolit lemah dan mampu menghantarkan listrik karena terionisasi



2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas bahan baku pada pabrik karbon aktif ini terdiri dari *Quality Control Raw Material*, *Quality Control Process*, dan *Quality Control Product*. Untuk mendapatkan dan menghasilkan produk agar sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, diharapkan produksi yang dijalankan memerlukan pengendalian dan pengawasan produk agar proses berjalan sesuai metode yang sudah ditentukan. Dengan pemeriksaan secara berkala bisa mengetahui bahan baku yang bagus atau sudah rusak. Pengendalian ini diharapkan proses produksi karbon aktif menghasilkan produk dengan kualitas yang baik dengan standar dan kapasitas produksi yang sudah ditetapkan, pengendali produksi diharapkan berjalan sesuai jadwal yang tersedia, Pengendalian yang rutin dilakukan untuk menjaga agar kualitas dari bahan baku dan produk yang tetap terjaga. Dengan pemeriksaan secara rutin juga bisa diketahui apakah proses berjalan normal atau menyimpang. Jika diketahui analisa produk tidak sesuai dengan yang diharapkan maka dengan mudah dapat diketahui atau diatasi. maka dari itu harus adanya pengendalian produksi yaitu

2.3.1 *Quality Control Raw Material*

Pada tahap ini pengendalian kualitas *Raw Material* bertujuan untuk mengetahui sejauh mana dari kualitas yang dihasilkan nantinya digunakan untuk membuat produk yang diinginkan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Maka dari itu sebelum produksi berlangsung perlu dilakukan pengecekan terkait pengujian kualitas bahan Baku yang berupa cangkang kelapa sawit dengan harapan bahan Baku yang telah digunakan dalam pembuatan karbon aktif sesuai standar spesifikasi yang ditentukan oleh pabrik. Pengendalian kualitas pada input dalam sistem produksi merupakan pengendalian kualitas terhadap bahan Baku yang Akan digunakan dalam proses produksi. Penggunaan bahan Baku merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi proses produksi, dan Akan berpengaruh terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Sehingga sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan proses

pengujian kualitas bahan Baku yang diperoleh. Evaluasi yang Akan digunakan yaitu sesuai standar yang telah ditetapkan.

Analisa bahan Baku cangkang kelapa sawit meliputi analisa proksimat dan analisa ultimat pada bahan Baku cangkang kelapa sawit. Analisa proksimat meliputi analisa Kadar air, Kadar abu, kadar volatile matter dan kadar. Untuk menganalisa ultimat meliputi analisa kandungan unsur C, H, O, N dan S pada sampel Cangkang Kelapa Sawit

2.3.2 Quality Control Process

Pengendali proses merupakan suatu sistem pengendali parameter dari beberapa macam proses. Suatu proses yang berjalan banyak parameter yang harus dikendalikan diantaranya ada tekanan (*pressure*), suhu (*temperature*), aliran (*flow*). Pengendalian proses produksi pabrik karbon aktif terdiri dari pengendalian terhadap *flow rate* dari aliran yang masuk maupun keluar dari alat proses dan pengendalian terhadap alat-alat dari kondisi operasi yang memanfaatkan *system control*. Pengawasan dan pengendalian jalannya operasi bisa dilakukan menggunakan alat yang berada di *control room*. Cara kerja yang dilakukan dengan Cara *automatic control* dengan bantuan sinyal dari indicator yang diteruskan ke alat *control*. Beberapa alat *control* yang digunakan yaitu :

a.) *Flow Rate Controller*

Salah satu Alat yang termasuk untuk mengatur besarnya suatu aliran di dalam pipa, dari aliran masuk maupun aliran yang keluar proses dengan cara menyesuaikan bukaan *valve* agar sesuai dengan *set point* yang sudah ditentukan.

b.) *Level Controller*

Suatu alat yang di tempatkan pada bagian dinding tangki yang berguna untuk pengendali volume cairan pada tangki. Apabila kondisi belum sesuai yang ditetapkan, bisa mengakibatkan tanda lampu menyala sebagai isyarat dan bunyi *alarm*. Hasil nilai yang ditunjukkan akan dilanjutkan ke alat *Flow Rate Controller* untuk dilakukan tidak lanjut

c.) *Weight Controller*

Pada alat ini mempunyai ketetapan yang sudah ditentukan atau memiliki *set point* yang berdasarkan batas maksimum dari kemampuan alat penampungan. Fungsi dari alat ini untuk menunjukkan nilai berat bahan dalam suatu alat penampungan. Hasil nilai yang ditunjukkan akan dilanjutkan ke alat *Flow Rate Controller* untuk dilakukan tidak lanjut

d.) *Temperature Controller*

Alat *Temperature Controller* memiliki batasan suhu yang bisa diatur atau mempunyai *set point*. Apabila nilai suhu actual di dalam alat yang sedang diukur *set point*-nya kurang atau kelebihan maka Hasil nilai yang ditunjukkan akan dilanjutkan ke alat *Flow Rate Controller* untuk dilakukan tidak lanjut pada aliran *steam*

2.3.3 Quality Control Product

Tujuan dari Pengendalian Kualitas Produk untuk menghasilkan karbon aktif yang sesuai dengan standar spesifikasi yang diharapkan. Untuk mendapatkan standar mutu diperlukannya pengendalian setiap variabel dan pengawasan melalui *system control* agar tetap sesuai dengan *set point* yang ditentukan sebelumnya sehingga mendapatkan produk unggulan yang baik sesuai permintaan pasar. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan yang sesuai standar pabrik maka perlu dilakukannya cek di laboratorium. Analisa produk karbon aktif meliputi analisa Kadar air, analisa Kadar abu dan analisa daya serap karbon aktif terhadap larutan iodine dalam produk karbon aktif.

Fungsi instrumentasi adalah sebagai pengontrol, petunjuk, pencatat, dan pemberi tanda bahaya. Peralatan instrumen bekerja secara mekanik atau dengan tenaga listrik dan pengontrolannya dilakukan secara manual ataupun otomatis. Penggunaan instrumen pada suatu peralatan proses memiliki beberapa pertimbangan ekonomi dan sistem peralatan. Pada pemakaian alat – alat tersebut dipasang diatas papan didekat peralatan proses dan dikontrol secara manual atau disatukan dalam satu ruangan

kontrol yang dikontrol secara otomatis.

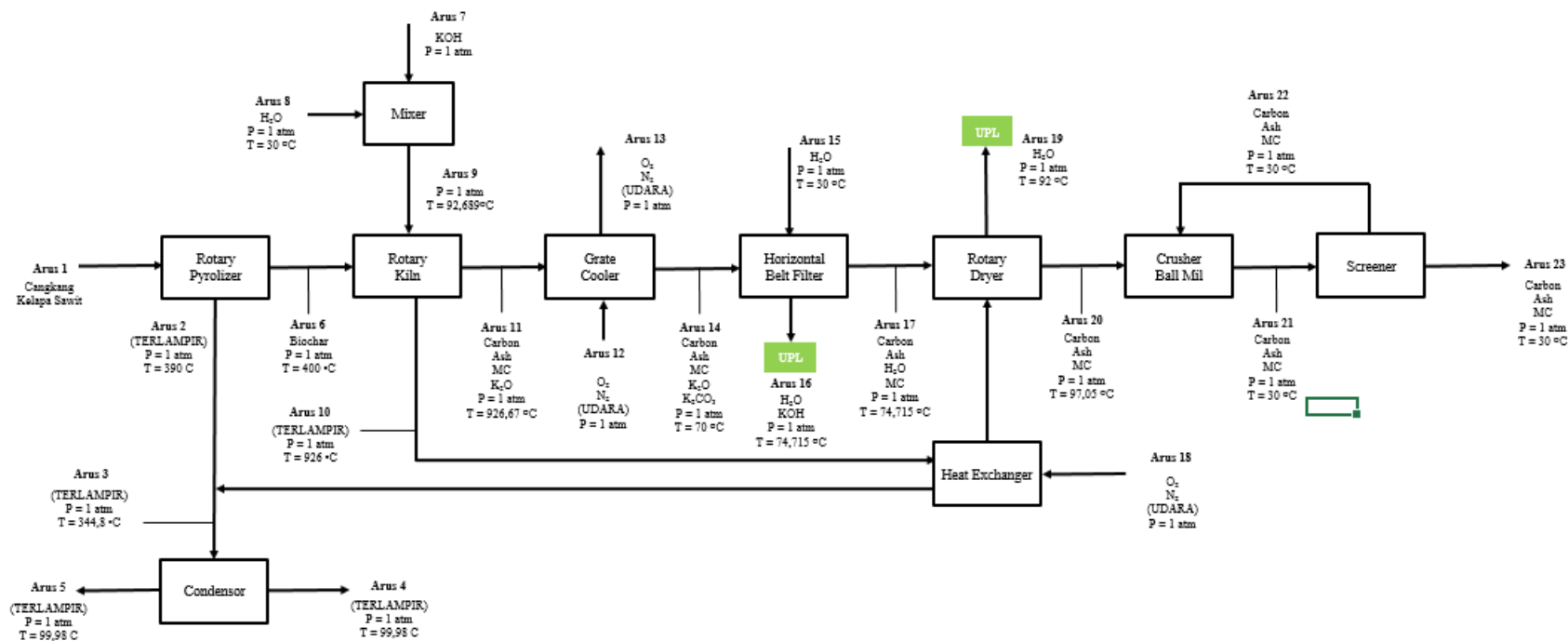
Pada dasarnya sistem pengendalian terdiri dari (Considine,1985):

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

BAB III PERANCANGAN PROSES

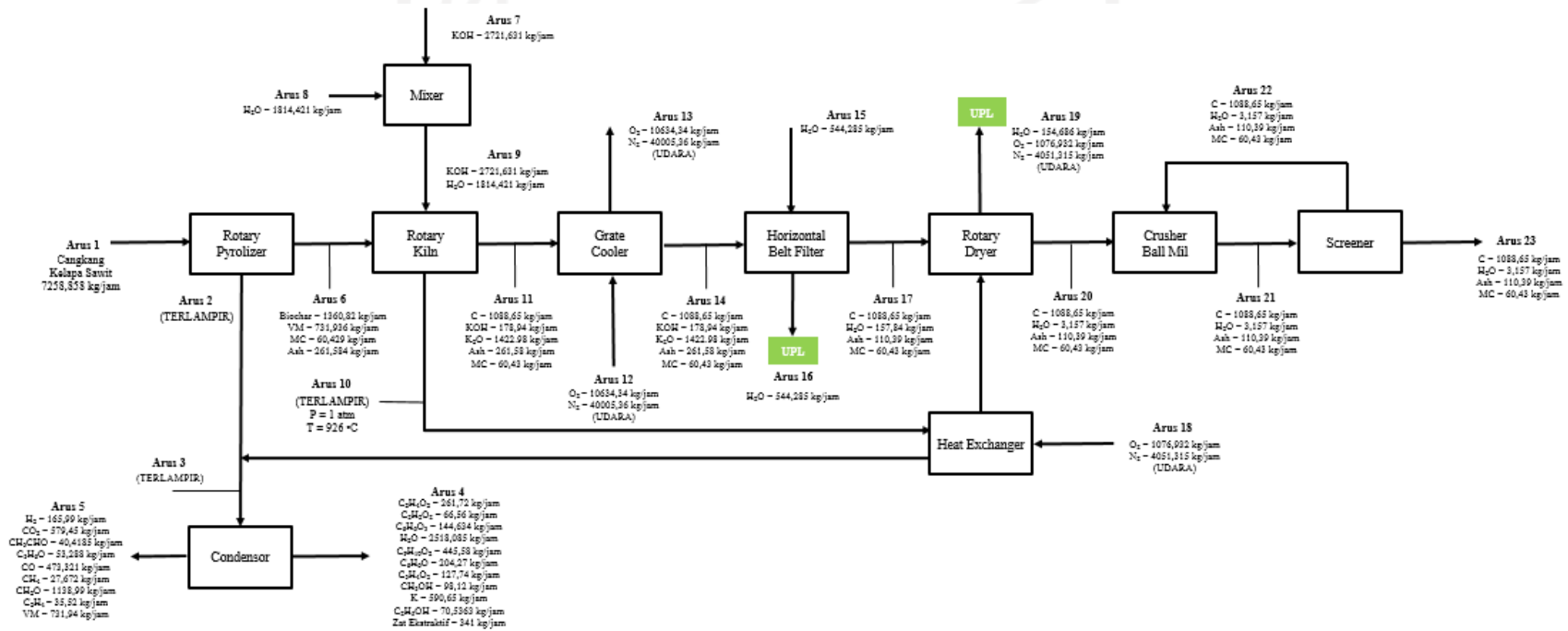
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Kualitatif

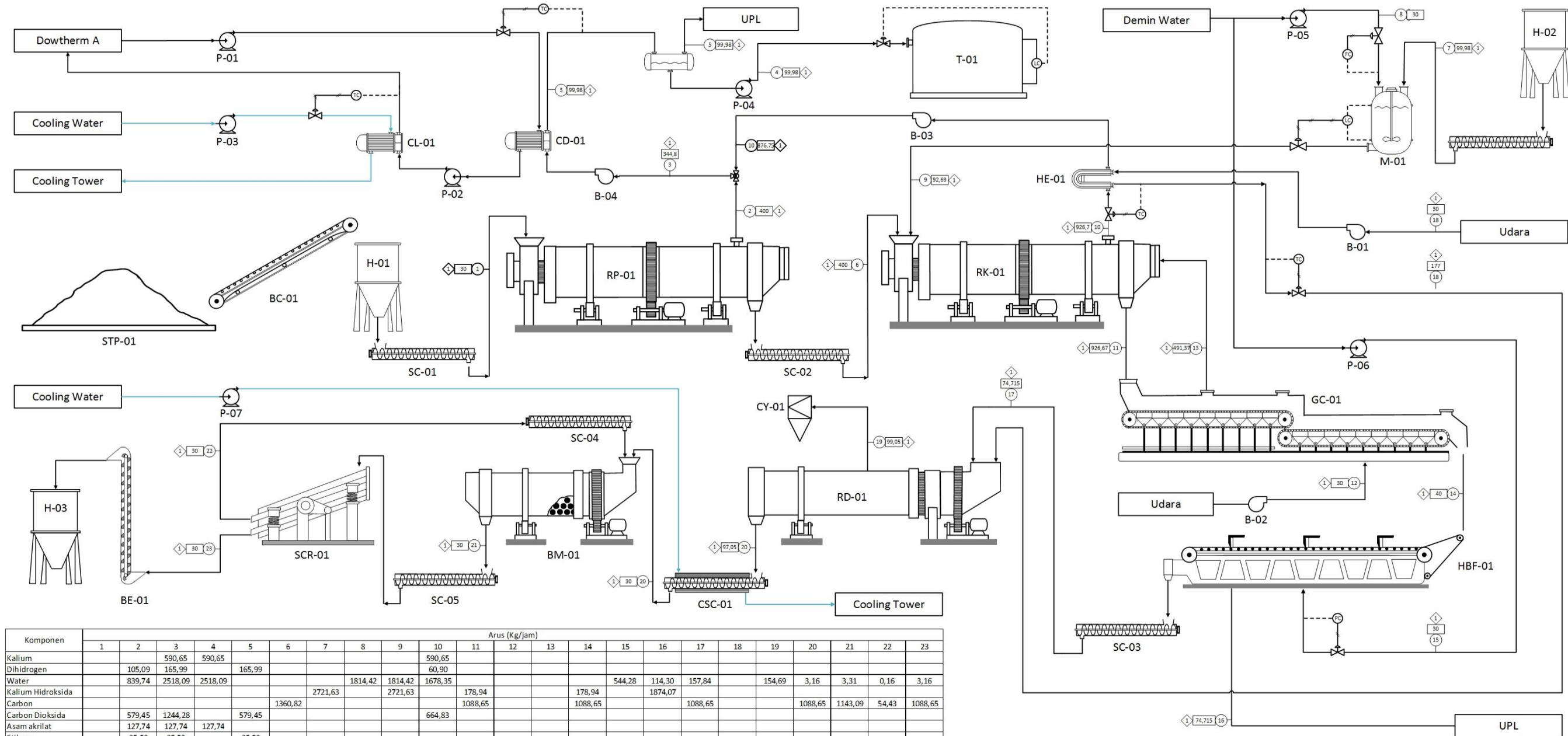
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Kuantitatif

3.1.3 Process Engineering Flow Diagram (PEFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF DARI CANGKANG KELAPA SAWIT (PALM KERNEL SHELL) TERAKTIVASI KOH DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 10.000 TON/TAHUN



Komponen	Arus (Kg/jam)																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Kalium			590,65	590,65						590,65													
Dihidrogen		105,09	165,99		165,99					60,90													
Water	839,74	2518,09	2518,09				1814,42	1814,42	1678,35					544,28	114,30	157,84		154,69	3,16	3,31	0,16	3,16	
Kalium Hidroksida							2721,63	2721,63		178,94				178,94	1874,07								
Carbon						1360,82				1088,65				1088,65					1088,65	1143,09	54,43	1088,65	
Carbon Dioksida		579,45	1244,28		579,45				664,83														
Asam akrilat		127,74	127,74	127,74																			
Etilena		35,52	35,52		35,52																		
Carbon Monoksida		261,75	473,32		261,75					211,57													
Kalium oksida										1422,99			1422,99										
selulosa	1487,65																						
lignin	3737,266																						
hemiselulosa	1618,273																						
asam asetat		261,72	261,72	261,72																			
glikosal		66,56	66,56	66,56																			
asetaldehid		40,42	40,42		40,42																		
dimetil keton		53,29	53,29		53,29																		
benzenitriol		144,63	144,63	144,63																			
metana		27,67	27,67		27,67																		
benzil asetat		445,48	445,48	445,48																			
periol		204,27	204,27	204,27																			
formaldehid		1139,00	1139,00		1139,00																		
etanol		70,54	70,54		70,54																		
metanol		98,12	98,12	204,27																			
Oksigen											10634,34	10634,34					1076,93	1076,93					
Nitrogen											40005,36	40005,36					4051,31	4051,31					
Ash	72,57					261,58				261,58				261,58	151,20	110,39				110,39	115,91	5,52	110,39
Zat Ekstraktif	341,07	341,07	341,07	341,07																			
Volatile Matter			731,94		731,94	731,94			731,94														
Moisture Content					60,43					60,43				60,43			60,43			60,43	63,45	3,02	60,43

Keterangan Alat	
H	Hopper
STP	Stockpile
SC	Screw Conveyor
BC	Belt Conveyor
BE	Bucket Elevator
RK	Rotary Kiln
RP	Rotary Pyrolyzer
RD	Rotary Drum
BM	Ball Mill
SCR	Screener
CL	Cooler
CSC	Cooling Screw Conveyor
CD	Condensor
HE	Heat Exchanger
HBF	Horizontal Belt Filter
GC	Grate Cooler
P	Pompa
B	Blower
CY	Cyclone

Keterangan Instrumen	
LC	Level Controller
PC	Pressure Controller
FC	Flow Controller
TC	Temperature Controller

Keterangan Instrumen	
◇	Tekanan (atm)
□	Suhu (Celcius)
○	Nomor Arus
⊗	Control Valve
⊕	Mixing Valve
—	Sinyal Pneumatik
⋯	Sensor Listrik

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF DARI CANGKANG
KELAPA SAWIT (PALM KERNEL SHELL) TERAKTIVASI KOH
DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

DISUSUN OLEH :

1. Andika Rizky Mahendra (17521142)
2. Windu Heru Suprpto (17521149)

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. Dr. Faisal RM, M. T., Ph. D.
2. Lucky Wahyu Nuzulia Setyaningsih S.T., M. Eng.

Gambar 3.3 Process Engineering Flow Diagram

3.2 Uraian Proses

3.2.1 Tahap *Pre-Treatment*

Pada tahap pertama yaitu *pre-treatment* atau persiapan bahan baku berupa cangkang kelapa sawit. Cangkang kelapa sawit atau *Palm Kernel Shell* dari truck ditampung dan disimpan dalam *stock pile* dengan tekanan 1 = atmosfer dan suhu 30 °C, diasumsikan *Stockpile* mampu menampung cangkang sawit selama 7 hari. Cangkang sawit yang sudah berada di *stockpile* akan diumpankan secara bertahap menggunakan *belt conveyer-01* untuk dipindahkan ke *Hopper Rotary Pyrolizer* yang berfungsi untuk Menampung cangkang sawit sebelum masuk proses. Cangkang Sawit yang sudah berada di *Hopper* akan dipindahkan dengan menggunakan *screw conveyer-01* ke dalam alat *Rotary Pyrolizer* untuk dilakukan pembakaran.

3.2.2 Tahap Pirolisis

Tahapan selanjutnya yaitu tahap Pirolisis. Pada tahapan ini, cangkang sawit mengalami peretakan dan pemisahan (penguraian) molekul besar menjadi molekul kecil akibat pengaruh temperatur tinggi. Proses ini berlangsung pada tekanan 1 atm dan temperatur 400 °C. Proses pirolisis yang digunakan pada tahapan ini yaitu *slow* pirolisis dengan hasil proses 35% *char*/arang, 35% gas dan 30% *bio-oil* dengan waktu 240 menit atau 4 jam. Alat yang digunakan pada proses ini adalah *Rotarry pyrolizer* jenis *Rotary Drum* dengan pembakaran *indirect*.

Cangkang kelapa sawit dari *Hopper-01* diumpankan menggunakan *screw conveyer-01* ke dalam *Rotary Pyrolyzer*. Cangkang kelapa sawit yang sudah berada di dalam *Rotary Pyrolyzer* akan terurai menjadi gas dan charcoal atau arang karbon. Arang yang sudah terbentuk kemudian di keluarkan melalui keluaran dari alat *Rotarry pyrolizer* yang kemudian dilanjutkan dengan proses aktivasi didalam alat *Rotary Kiln*. Sedangkan gas keluaran dari *Rotary Pyrolyzer* akan di kondensasikan menjadi *Bio-oil* bersamaan dengan gas keluaran dari alat *Rotary Kiln*

3. 2. 3 Tahap Aktivasi

Tahapan selanjutnya yaitu tahapan aktivasi. *Biochar* atau arang keluaran dari alat *Rotary Pyrolyzer* selanjutnya akan di aktivasi didalam alat *Rotary Kiln* jenis *Rotary Drum* dengan pembakaran *direct*. Tahapan ini bertujuan untuk mengaktivasi arang yang telah terbentuk menjadi arang yang mempunyai luas permukaan yang lebih besar dengan memiliki daya serap yang lebih tinggi. Pada proses ini, arang keluaran *Rotary Pyrolyzer* akan direaksikan dengan larutan *activator* jenis KOH dengan konsentrasi larutan 60%. Sebelumnya cairan aktivator didapatkan dengan melarutkan padatan KOH 90% dan H₂O pada alat *Mixer-01*. Proses aktivasi ini berlangsung selama 240 menit atau 4 jam pada kondisi tekanan 1 atmosfer dan suhu 926,670 °C. Keluaran dari alat ini yaitu berupa Arang yang sudah teraktivasi dan gas sisa reaksi. Arang yang sudah teraktivasi akan diumpankan kedalam *Grate Cooler* untuk dilakukan proses pendinginan sebelum masuk ke proses pencucian karena suhu keluaran dari *Rotary Kiln* yang sangat tinggi. Sedangkan gas dari sisa reaksi akan di manfaatkan panasnya sebagai penukar panas pada alat *Heat Exchanger* jenis *Double Pipe* yang kemudian di umpankan bersama dengan gas keluaran *Rotary Pyrolyzer* menuju alat *Condensor* untuk di kondensasikan.

3. 2. 4 Tahap Pemurnian

Tahapan selanjutnya adalah tahapan pemurnian. Produk keluaran dari Alat *Grate Cooler* berupa karbon aktif yang masih bercampur dengan zat-zat impuritas dengan suhu sekitar 40°C diumpankan ke dalam unit *Horizontal Belt Filter (HBF)* untuk membersihkan karbon aktif dari *impurities* berupa K₂O dan Abu dengan air. Karbon keluaran *HBF*, berupa campuran karbon aktif murni dan air yang ikut terserap dalam karbon sebanyak 15,4%. Setelah itu, karbon aktif dikeringkan dengan *rotary dryer* (RD) untuk mengurangi kadar air pada suhu udara masuk 177 °C dan tekanan 1 atm dengan kadar air akhir sebesar 5,04%. Karbon keluaran *rotary dryer* (RD), akan dihaluskan pada unit *ball mill* dan dilanjutkan pada pemisahan berdasarkan ukuran menggunakan *vibrating screener*. Selanjutnya produk yang sesuai spesifikasi akan ditransportasikan menuju *Hopper-03* menggunakan *bucket elevator*.

3.3 Spesifikasi Alat

Tabel 3. 1 Spesifikasi *Stockpile Palm Kernel Sheel*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Stockpile</i>
Kode	STP - 02
Fungsi	Tempat untuk menampung Cangkang Sawit dari truck
Tipe/jenis	Lapangan Terbuka <i>Coned Pile</i>
Jumlah	1
Dimensi	
Volume	: 717,145 m ³
Tinggi	: 7 m
Diameter	: 20 m
Jari-jari	: 10 m
Panjang sisi cone	: 12,2 m
Luas permukaan	: 698 m ²
Kemiringan	: 35 ^o
Kapasitas Tampung	: 1.245.165 kg

Tabel 3. 2 Spesifikasi *Rotary Pyrolizer*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Rotary Pyrolizer</i>
Kode	RP
Fungsi	Tempat pembakaran tanpa oksigen
Jumlah	: 1
Jenis	: <i>Rotary Drum</i>
Jumlah	: 1
Kondisi operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 400 °C
Konstruksi dan Material	
Volume	: 23,31 m ³
Diameter	: 1,704 m
Panjang	: 10,225 m
Luas Penampang	: 2,280 m ²
Tekanan	: 120,043 Kpa
Tebal	: 0,0127 m
Kecepatan putar	: 2,244 rpm
Slope kemiringan	: 0,14889 cm/m
Jumlah <i>flight</i>	: 3
Tinggi <i>flight</i>	: 0,2130 m
Daya motor, HP	: 60 HP
Harga	: Rp 8.280.878.429
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 tipe 316</i>

Tabel 3. 3 Spesifikasi Condensor

Spesifikasi umum	
Nama alat	Condenser
Kode	CD-01
Fungsi	Mengkondensasi dan mendinginkan gas keluaran <i>Rotary Pyrolizer</i> dan <i>Rotary Kiln</i>
Jumlah	: 1
Jenis	: <i>Shell and Tube</i>
Kondisi operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 344,8044047 °C
Konstruksi dan Material	
Shell	
ID Shell	: 25
Flow area	: 0,8681 ft ²
Fouling Factor	: 0,0198
Pressure Drop	: 0,00165 psi
Laju alir massa	: 22.299,5250 lb/jam.ft ²
Tube	
Jumlah tube	: 94 buah
panjang	: 16 ft
ID tube	: 1,28 in
OD tube	: 1,5 in
Flow area	: 0,2924 ft ²
Pressure Drop	: 0,5423 psi
Laju alir massa	: 411.038,9161 lb/jam.ft ²
Material	
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Harga	: Rp 678.599.031

Tabel 3. 4 Spesifikasi Mixer

Spesifikasi umum	
Nama alat	Mixer
Kode	M-01
Fungsi	Melarutkan KOH dengan H ₂ O
Jumlah	1
Jenis	Tangki Silinder Berpengaduk
Kondisi operasi	
Tekanan	: 1 atm
suhu, °C	: 92,689 °C
Konstruksi dan Material	
Volume	: 65,884 ft ³
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 240 Grade C</i>
Diameter dalam	: 4,377 ft
Diameter luar	: 4,381 ft
Tebal dinding	: 0,25 in
Tebal <i>head</i>	: 0,25 in
Tinggi <i>head</i>	: 0,918 ft
Tinggi total	: 6,213 ft
Dimensi pengaduk	
Pengaduk	: Turbin dengan 6 <i>blade</i> dan 4 <i>baffle</i>
Jarak pengaduk	: 1,094 ft
Diameter pengaduk	: 1,094 ft
Panjang <i>blade</i>	: 0,276 ft
Lebar <i>blade</i>	: 0,438 ft
Tinggi <i>blade</i>	: 0,219 ft
Daya motor, HP	: 7,5 HP
Kecepatan putar, rpm	: 302.5866 rpm
Harga	: Rp 1.247.641.111

Tabel 3. 5 Spesifikasi *Rotary Kiln*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Rotary Kiln</i>
Kode	RK-01
Fungsi	Mengaktivasi Arang Cangkang Kelapa Sawit
Tipe/jenis	<i>Continous Rotary Drum</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	
Tekanan	: 1 atm
suhu	: 926,67 °C
Waktu aktivasi	: 4 jam
Kontruksi dan Material Reaktor	
Luas penampang	: 38,4648 ft ²
Tekanan desain	: 120,21 kPa
Tekanan desain aktual	: 132.27 kPa
Panjang <i>kiln</i>	: 70 ft
Diameter	: 7ft
Tebal dinding	: 0,5 in
Kecepatan putar	: 2 rpm
Slope kemiringan	: 0,0044 ft/ft
Jumlah <i>Flight</i>	: 3 buah
Tinggi <i>Flight</i>	: 0,75 ft
Daya motor, Hp	: 40 HP
Bahan Reaktor	: <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 tipe 316</i>
Konstruksi dan Material Isolator	
Diameter Isolator	: 7,69 ft
Bahan Isolator	: <i>Mineral Fiber Block</i>
Harga	: Rp 9.147.140.534

Tabel 3. 6 Spesifikasi *Heater-01*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Heater</i>
Kode	HE-01
Fungsi	Sebagai alat penukar panas antara gas keluaran <i>Rotary Kiln-01</i> dengan Udara kering sebelum di umpankan ke <i>Rotary Dryer-01</i>
Jumlah	: 1
Jenis	: <i>Double Pipe</i>
Kondisi operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 876,7452 °C
Konstruksi dan Material	
Annulus	
IPS	: 4
ID <i>Annulus</i>	: 4,026 in
OD <i>Annulus</i>	: 4,5 in
Sc. No.	: 40
<i>Flow area</i>	: 0,002203 ft ²
<i>Pressure Drop</i>	: 0,8665 psi
Laju alir massa	: 320.853,1194 lb/jam.ft ²
Inner Pipe	
Jumlah	: 1 buah
panjang	: 12 ft
IPS	: 3
ID <i>inner pipe</i>	: 3,07 in
OD <i>inner pipe</i>	: 3,5 in
Sc. No.	: 40
<i>Flow area</i>	: 0,0513 ft ²
<i>Pressure Drop</i>	: 0,0108 psi
Laju alir massa	: 2.342.219,805 lb/jam.ft ²
Material	
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Harga	: Rp 27.798.033

Tabel 3. 7 Spesifikasi *Grate Cooler*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Grate Cooler</i>
Kode	GC – 01
Fungsi	Mendinginkan Keluaran <i>Rotary Kiln</i> menggunakan udara
Tipe/jenis	<i>Reciprocating Grate Cooler</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	
Tekanan,atm	: 1
suhu,°C	: 926,670
Grate 1	
Lebar	: 10 ft
panjang	: 35 ft
Grate 2	
Lebar	: 12 ft
Panjang	: 42 ft
Lebar total	: 22 ft
Panjang total	: 77 ft
Penggerak motor	: <i>Drive atay hydraulic drive</i>
kecepatan	: 23 <i>stroke</i> /menit
Ketinggian <i>feed</i>	: 200-400 mm
Kontruksi dan Material	
Volume udara	: 1.531.650,0676 ft ³ /jam
Series <i>Grate Cooler</i>	: 10355S/1241
Daya motor, HP	: 25 Hp
Harga	: Rp 4.573.570.267

Tabel 3. 8 Spesifikasi *Horizontal Belt Filter*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Horizontal Belt Filter</i>
Kode	<i>HBF</i>
Fungsi	Mencuci impuritas yang terkandung dalam <i>Activated Carbon</i>
Tipe	<i>Hot Bonded Belt</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	
Tekanan	: 1 atm
suhu	: 74,7146 °C
Kontruksi dan Material	
Lebar belt	: 13,123 ft
Kecepatan belt	: 100 ft/min
Luas penampang	: 86.2712 m ²
Panjang belt	: 70,76 ft
Waktu pencucian	: 0,71 menit
Power motor	: 3 HP
Konstruksi Spray	
Jumlah <i>Nozzle</i>	: 11 pcs
Spray angle	: 60°
Jarak <i>nozzle</i>	: 2,165 ft
Jarak pipa	: 2,46 ft
Diameter pipa	: 1 inch
Luas area pipa	: 0,0107 ft ²
Kecepatan air	: 0,9842 ft/s
Jarak <i>nozzle</i> dengan padatan	: 2,84 ft
Luas 1 <i>nozzle</i>	: 0.000323 ft ²
Diameter <i>nozzle</i>	: 0.0187 ft
Tekanan air <i>nozzle</i>	: 0,5 mpa
Harga	: Rp 734.120.428

Tabel 3. 9 Spesifikasi *Rotary Dryer*

Spesifikasi umum	
Nama	<i>Rotary Dryer (RD-01)</i>
Kode	RD - 01
Jenis	Drum Berputar, <i>counter current rotary dryer</i>
Fungsi	menghilangkan kadar air yang ada dikarbon aktif
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 97,05 °C
Konstruksi dan material	
Media pengering	: Udara panas
Diameter	: 3,446 ft
Panjang	: 13,785 ft
Volume	: 128,54 ft ³
Kemiringan	: 4 cm /m
Kecepatan putaran	: 6 rpm
Waktu tinggal	: 20,91 menit
Jenis <i>flight</i>	: <i>Radial Flight</i> tanpa <i>lips</i> <i>Flight</i> dengan 45° <i>lips</i> <i>Flight</i> dengan 90° <i>lips</i>
Tinggi <i>flight</i>	: 0,431 ft
Panjang <i>flight</i>	: 4,594 ft / <i>flight</i>
Jumlah <i>flight</i>	: 6 buah
Tebal <i>shell rotary</i> ,in	: 0, 2083 ft
Power	: 10 HP
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 285 Grade C</i>
Harga	: Rp 2.658.800.060

Tabel 3. 10 Spesifikasi *Ball Mill*

Spesifikasi umum	
Nama	<i>Ball Mill</i>
Kode	BM - 01
Jenis	<i>Ball Mill Chrusher</i>
Fungsi	Mengcilkan Produk Keluaran Rotary Dryer dengan spesifikasi 20 x 40 mesh
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30,00 °C
Dimensi Ball Mil Perhitungan	
Volume Mill	: 97,54 ft ³
Panjang	: 6,82 ft
Jari-jari	: 2,132 ft
Diameter,ft	: 4,265 ft
Tebal dinding	: 1,25 in
Diameter <i>Ball</i>	: 0,073923 ft
Dimensi Ball Mil Ukuran standar	
Panjang	: 8 ft
Diameter, ft	: 4 ft
Volume	: 100,47 ft ³
Power	: 15 HP
Kecepatan putar	: 28, 07 rpm
kapasitas	: 31,81 ton/hari
Bahan kontruksi	: <i>Carbon Steel SA 113 Grade C</i>
Harga	: Rp 1.505.999.296

Tabel 3. 11 Spesifikasi *Screener*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Screener</i>
Kode	SCR-01
Fungsi	Mengayak produk sesuai dengan spesifikasi 20 x 40 mesh
Tipe/jenis	<i>Vibrating screen 2 Deck</i> (20 mesh <i>deck</i> atas dan 40 mesh <i>deck</i> bawah)
Jumlah	1
Kondisi operasi	
Tekanan,atm	: 1 atm
suhu,°C	: 30,00
Dimensi	
Panjang	: 9,66 ft
Lebar	: 3,28 ft
Kemiringan <i>Screener</i>	: 20 ^o
Harga	: Rp 340.117.105

Tabel 3. 6 Spesifikasi *Cooling Screw Conveyer*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Cooling Screw Conveyer</i>
Kode	CSC-01
Fungsi	Memindahkan keluaran Rotary Dryer
Jenis	<i>Screw Conveyer</i> Tertutup
Bahan Kontruksi	<i>Carbon Steel SA 28 Grade C</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	
Tekanan	: 1 atm
suhu	: 30 °C
Dimensi	
Panjang	: 15 ft
Diameter	: 9 in
Screw	
Kecepatan,	: 40 rpm
Power motor	: 2 HP
Jaket Pendingin	
Diameter Dalam Jaket	: 16,488 in
Panjang Jaket	: 13,5 ft
Tebal Jaket	: 0,25 in
Harga	: Rp 58.729.634

Tabel 3. 7 Spesifikasi *Bucket Elevator*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Bucket Elevator</i>
Kode	BE-01
Fungsi	Memindahkan stock karbon aktif dari Screener ke Hopper penyimpanan produk
Jenis	<i>Continous Bucket Elevator</i>
Jumlah	1
Kondisi operasi	
Tekanan	: 1 atm
suhu	: 105,070 °C
Dimensi	
kapasitas	: 1,5152 ton/jam
Ukuran bucket	: 6 x 4 x 10 in
Tinggi	: 25 ft
Shaft Diameter	: 1,9375 in (head) : 1,6875 in (tail)
Pulley Diameter	: 20 in (head) : 14 in (tail)
Kecepatan Putar	: 43 rpm
Power motor	: 1 HP
Harga	: Rp 166.788.196

Tabel 3. 8 Spesifikasi *Belt Conveyer*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Belt Conveyer – 01</i>
Kode	BC-01
Fungsi	Memindahkan stock PKS ke Hopper RP
Jenis	<i>Through Belt Conveyer 45°</i> Terbuka
Jumlah	1
Kondisi operasi	
Tekanan,atm	: 1
suhu,°C	: 30
Dimensi	
Lebar,in	: 14 in
Tinggi,m	: 5.035 m
Panjang	: 10.000 m
Kemiringan,	: 30°
Kecepatan,	: 27,213
Power motor	: 0,7500 HP

Kapasitas alat	: 32 ton/jam
Harga	: Rp 269.804.434

Tabel 3. 9 Spesifikasi Tangki *Side Product*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Tangki Side Product</i>
Kode	<i>(TSP-01)</i>
Fungsi	Menampung <i>Side Product</i> keluaran <i>Condensor</i>
Jumlah	: 1
Waktu tinggal	: 7 Hari
Bentuk	: Tangki silinder tegak
Over design	: 20%
Dimensi tangki	
Volume	: 663,4531 m ³
Diameter	: 9,4547 m
Tinggi	: 9,4547 m
Kapasitas	: 3,2909 m ³ /jam

Tabel 3. 10 Spesifikasi Cyclone

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Cyclone</i>
Kode	CY-01
Fungsi	Memisahkan udara buang <i>Rotary Dryer</i> dengan partikel abu yang ikut terbuang
Jenis	<i>Cyclone Separator</i>
Bahan	<i>High Alloy Steel, SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1
Aliran masuk	5.282,9328 kg/jam
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 99,25 °C
Dimensi	
Tinggi Cyclone	: 0,783 m
Tebal tutup atas	: 0,125 in
Tebal tutup bawah	: 0,125 in
Tebal shell standar	: 3/16 in
Harga	: \$ 1.329

Tabel 3. 11 Spesifikasi *Hopper*

Spesifikasi umum			
Nama alat	<i>Hopper</i> (Cangkang)	<i>Hopper</i> (KOH)	<i>Hopper</i> (karbon aktif)
Kode	H-01	H-02	H-03
Fungsi	Menampung Cangkang Sawit untuk masuk proses	Menampung KOH Sebelum masuk mixer	Menampung produk karbon aktif selama 7 hari
Jenis	Tangki silinder dengan <i>Conical Bottom</i>	Tangki silinder dengan <i>Conical Bottom</i>	Tangki silinder dengan <i>Conical Bottom</i>
Bahan Kontruksi	SA – 283 grade C	SA – 240 grade C	SA – 283 grade C
Jumlah	1	1	1
Kondisi operasi			
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
Suhu	30 °C	30 °C	30 °C
Dimensi			
Volume	180,88 ft ³	71,16 ft ³	6659,64 ft ³
Diameter	5,984 ft	4,385935 ft	19,781 ft
Tinggi H1	1,0361 ft	0,767 ft	0,635 ft
Tinggi H2	1,7276 ft	1,2662 ft	5,711 ft
Tinggi total	6,675 ft	4,885 ft	24,586 ft
Tebal <i>shell</i>	0,25 in	0,25 in	0,25 in
Tebal <i>head</i>	0,25 in	0,25 in	0,25 in
Harga	Rp 191.315.871	Rp 179.869.623	Rp 779.980.091

Tabel 3. 12 Spesifikasi *Screw Conveyer Proses*

Spesifikasi umum				
Nama alat	<i>Screw Conveyer</i>	<i>Screw Conveyer</i>	<i>Screw Conveyer</i>	<i>Screw Conveyer</i>
Kode	SC-01	SC-02	SC-03	SC-04
Fungsi	Memindahkan Cangkang Kelapa Sawit dari <i>Hopper</i> ke <i>Rotary Pyrolyzer</i>	Memindahkan stock KOH dari <i>Hopper</i> ke tangki <i>mixer</i>	Memindahkan stock karbon aktif dari <i>Ballmill</i> Ke <i>Screener</i>	Memindahkan karbon aktif dari <i>Screener</i> ke <i>Ballmill</i>
Jenis	<i>Screw Conveyer</i> Tertutup	<i>Screw Conveyer</i> Tertutup	<i>Screw Conveyer</i> Tertutup	<i>Screw Conveyer</i> Tertutup
Bahan Kontruksi	<i>Carbon Steel SA 28 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 28 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 28 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 28 Grade C</i>
Jumlah	1	1	1	
Kondisi operasi				
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm
suhu	30,000 °C	105,070 °C	30 °C	30 °C
Dimensi				
Panjang	15 ft	15 ft	15 ft	15 ft
Diameter	10 in	9 in	9 in	9 in
Screw				
Kecepatan	55 rpm	40 rpm	40 rpm	40 rpm
Power motor	0.5 HP	1 HP	2 HP	2 HP
Harga	Rp 68.677.492	Rp 62.136.779	Rp 62.136.779	Rp 62.136.779

Tabel 3. 13 spesifikasi pompa proses

Parameter	P-01	P-02	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki air proses (T-01) menuju ke <i>Mixer</i> (M-01)	Mengalirkan KOH dari <i>Mixer</i> ke <i>Rotary Kiln</i>	Mengalirkan air dari Tangki air Proses (T-01) menuju ke <i>Horizontal Belt Filter</i> (HBF-01)	Mengalirkan bio-oil dari <i>Accumulator</i> ke Tangki <i>Side Product</i>
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan konstruksi	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
Jumlah	1	1	1	1
Dimensi Pipa :				
IPS	1,50 in	1,50 in	1,50 in	2 in
Sch. No.	40	40	40	40
OD	1,900 in	1,900 in	1,900 in	2,380 in
ID	1,610 in	1,610 in	1,610 in	2,067 in
Head pompa				
<i>Friction head</i>	1,3320 ft.lbf/lbm	8.,3252 ft.lbf/lbm	1,0208 ft.lbf/lbm	1,1337 ft.lbf/lbm
<i>Pressure head</i>	0	0	0	0
<i>Potential head</i>	26,2467 ft	32,8084 ft	29,5276 ft	19,6850 ft
<i>Velocity head</i>	27,6127 ft.lbf/lbm	41,3459 ft.lbf/lbm	30,6366 ft.lbf/lbm	20,8559 ft.lbf/lbm
Efisiensi motor	80 %	80 %	80 %	80 %
Motor standar	1 Hp	1,5 Hp	0,5 Hp	1,5 Hp
Harga	Rp 52.325.708	Rp 68.677.492	Rp 52.325.708	Rp 52.325.708

Tabel 3. 14 Spesifikasi Blower *Rotary Pyrolizer*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Blower</i>
Kode	BL-01
Fungsi	Menghisap gas untuk diumpankan ke dalam Condensor
Jenis	<i>Backward curve blade centrifugal blower</i>
Kondisi operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 876,7452 °C
Jumlah	: 1 buah
Dimensi	
Laju gas	: 4988,2209 ft ³ /min
Daya motor	: 1.5 HP
Harga	: Rp 377.104.840

Tabel 3. 15 Spesifikasi Blower *Rotary Kiln*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Blower</i>
Kode	BL-02
Fungsi	Menghisap gas RK untuk diumpankan ke mixing valve
Jenis	<i>Backward curve blade centrifugal blower</i>
Kondisi operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 876,7452 °C
Jumlah	: 1 buah
Dimensi	
Laju gas	: 8337,8187 ft ³ /min
Daya motor	: 2 HP
Harga	: Rp 377.104.840

Tabel 3. 16 Spesifikasi Blower *Grate Cooler*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Blower</i>
Kode	BL-03
Fungsi	Menghisap udara kering untuk di uumpankan ke <i>Grate Cooler-01</i>
Jenis	<i>Backward curve blade centrifugal blower</i>
Kondisi operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30 °C
Jumlah	: 1 buah
Dimensi	
Laju gas	: 25.517,8925 ft ³ /min
Daya motor	: 1 HP
Harga	: Rp 377.104.840

Tabel 3. 17 Spesifikasi Blower *Rotary Dryer*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Blower</i>
Kode	BL-04
Fungsi	Menghisap udara kering untuk di uumpankan ke <i>Heater-01</i> dan <i>Roatry Dryer-01</i>
Jenis	<i>Backward curve blade centrifugal blower</i>
Kondisi operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 177 °C
Jumlah	: 1 buah
Dimensi	
Laju gas	: 2.584,1792 ft ³ /min
Daya motor	: 1 HP
Harga	: Rp 377.104.840

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 18 Neraca Massa Total

Input			Output		
Arus 1	7256,8	kg/jam	Arus 2	1262,6	kg/jam
Arus 7	2721,6	kg/jam	Arus 4	4868,9	kg/jam
Arus 8	1814,4	kg/jam	Arus 5	3911,4	kg/jam
Arus 12	50639,7	kg/jam	Arus 13	50639,7	kg/jam
Arus 15	544,3	kg/jam	Arus 16	2139,6	kg/jam
Arus 18	5128,2	kg/jam	Arus 19	5282,9	kg/jam
TOTAL	68105,1	kg/jam	TOTAL	68105,1	kg/jam

3.4.2 Neraca Massa di *Rotary Pyrolizer-01*

Tabel 3. 19 Neraca Massa di *Rotary Pyrolizer-01*

Komponen	Input (kg/jam)		output (kg/jam)	
	Arus 1	Arus 2	Arus 2	Arus 6
Selulosa	1.487,65			
Lignin	3.737,26			
Hemiselulosa	1,618,27			
Ash	72,56			72,56
Zat Ekstraktif	341,07	341,07		
C (Biochar)				2.342,19
C ₂ H ₄ O ₂		261,71		
C ₂ H ₂ O ₂		66,56		
CH ₃ CHO		40,41		
C ₃ H ₆ O		53,28		
C ₆ H ₆ O ₃		144,63		
CO ₂		579,45		
CO		261,75		
CH ₄		27,67		
H ₂ O		839,73		
C ₉ H ₁₀ O ₂		445,48		
C ₆ H ₆ O		204,27		
CH ₂ O		1138,99		
C ₃ H ₄ O ₂		127,73		
C ₂ H ₄		35,51		
CH ₃ OH		98,11		
H ₂		105,09		
C ₂ H ₅ OH		70,53		
Jumlah	7.256,82	4.842,06		2.414,76
	7.256,82		7.256,82	

3.4.3 Neraca Massa di *Condensor-01*

Tabel 3. 20 Neraca Massa di *Condensor-01*

Komponen	input (kg/jam)		output (kg/jam)	
	Arus 2	Arus 10	Arus 4	Arus 5
Zat				
Ekstraktif	341,07		341	
C ₂ H ₄ O ₂	261,71		261,71	
C ₂ H ₂ O ₂	66,56		66,56	
CH ₃ CHO	40,41			40,41
C ₃ H ₆ O	53,28			53,28
C ₆ H ₆ O ₃	144,63		144,63	
CO ₂	579,45	664,82		1.244,27
CO	261,75	211,56		473,32
CH ₄	27,67			27,67
H ₂ O	839,73	1.678,34	2.518,08	
C ₉ H ₁₀ O ₂	445,48		445,48	
C ₆ H ₆ O	204,27		204,27	
CH ₂ O	1.138,99			1.138,99
C ₃ H ₄ O ₂	127,73		127,73	
C ₂ H ₄	35,51			35,51
CH ₃ OH	98,11		98,11	
K		590,64	590,64	
H ₂	105,09	60,90		165,99
C ₂ H ₅ OH	70,53		70,53	
Volatile Matter		731,93		731,93
Jumlah	4.842,06	3.938,22	4.868,86	3.911,42
	8.780,29		8780,29	

3.4.4 Neraca Massa di *Mixer-01*

Tabel 3. 21 Neraca Massa di *Mixer-01*

Senyawa	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 7	Arus 8	Arus 9
KOH	2.721,63		2.721,63
H ₂ O		1.814,42	1.814,42
Jumlah	2.721,63	1.814,42	4.536,05
	4.536,05		4.536,05

3.4.5 Neraca Massa di *Rotary Kiln-01*

Tabel 3. 22 Neraca Massa di *Rotary Kiln-01*

Senyawa	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 6	Arus 9	Arus 10	Arus 11
KOH		2.721,63		178,94
C	1.360,2			1.088,65
H ₂ O		1.814,42	1.678,35	
K ₂ O				1.422,98
K			590,64	
H ₂			60,90	
CO ₂			664,82	
CO			211,56	
Volatile Matter	731,93		731,93	
Moisture Content	60,42			60,42
Ash	261,58			261,58
Jumlah	2.414,76	4.536,05	3.938,22	3.012,58
	6.950,81		6.950,81	

3.4.6 Neraca Massa di *Grate Cooler-01*

Tabel 3. 23 Neraca Massa di *Grate Cooler-01*

Senyawa	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 11	Arus 12	Arus 13	Arus 14
C	1.088,65			1.088,65
Ash	261,58			261,58
Moisture Content	60,43			60,43
K ₂ O	1.422,98			1.422,99
KOH	178,94			178,94
N ₂		40.005,36	40.005,36	
O ₂		10.634,34	10.634,34	
Jumlah	3012,59	50.639,70	50.639,70	3.012,59
		53.652,29	53652,29	

3.4.7 Neraca Massa di *Horizontal Belt Filter-01*

Tabel 3. 24 Neraca Massa di *Horizontal Belt Filter*

Senyawa	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 14	Arus 15	Arus 16	Arus 17
KOH		178,94	1.874,07	
C	1.088,65			1.088,65
H ₂ O		544,29	114,30	157,84
K ₂ O	1.422,99			
Moisture Content	60,43			60,43
Ash	261,58		151,19	110,39
Jumlah	2.833,65	723,23	2.139,56	1.417,31
		3.556,88	3.556,88	

3.4.8 Neraca Massa di *Rotary Dryer-01*

Tabel 3. 25 Neraca Massa di *Rotary Dryer-01*

Senyawa	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 17	Arus 18	Arus 19	Arus 20
C	1.088,65			1.088,65
Ash	110,39			110,39
Moisture Content	60,43			60,43
H ₂ O	157,84		154,69	3,16
Oksigen		1.076,93	1.076,93	
Nitrogen		4.051,32	4.051,32	
Jumlah	1.417,31	5.128,25	5.282,93	1.262,63
		6545,56		6.545,56

3.4.9 Neraca Massa di *Ball Mill-01*

Tabel 3. 26 Neraca Massa di *Ball Mill-01*

Senyawa	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 20	Arus 22	Arus 21
C	1.088,65	54,43	1.143,09
Ash	110,39	5,52	115,91
Moisture Content	60,43	3,02	63,45
H ₂ O	3,16	0,16	3,32
Jumlah	1.262,63	63,13	1.325,76
		1.325,76	1.325,76

3.4.10 Neraca Massa di *Screener-01*

Tabel 3. 27 Neraca Massa di *Screener-01*

Senyawa	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 21	Arus 22	Arus 22	Arus 23
C	1.143,09	54,43		1.088,65
Ash	115,91	5,52		110,39
Moisture Content	63,45	3,02		60,43
H ₂ O	3,32	0,16		3,16
Jumlah	1.325,76	63,13		1.262,63
	1.325,76			1.325,76

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas di *Rotary Pyrolizer-01*

Tabel 3. 28 Neraca Panas *di Rotary Pyrolizer-01*

Senyawa	Input (kJoule/jam)		Output (kJoule/jam)	
	Q Arus 1	Q Pemanas	Q Arus 2	Q Arus 5
H ₂			575.594,00	
H ₂ O			734.729,45	
C				1.216.001,39
CO ₂			238.078,65	
CO			110.433,75	
C ₃ H ₄ O ₂			87.035,84	
C ₂ H ₄			36.031,18	
C ₂ H ₄ O ₂			185.725,42	
CH ₃ CHO			31469,40	
C ₃ H ₆ O			45.056,216	
C ₆ H ₆ O ₃			103.233,47	
CH ₄			36.462,58	
C ₉ H ₁₀ O ₂			346.182,68	
C ₆ H ₆ O			157.883,89	
CH ₂ O			724.676,48	
C ₂ H ₅ OH			60.989,70	
CH ₃ OH			82.218,55	
C ₆ H ₁₀ O ₅	1.881,76			
C ₅ H ₈ O ₄	2.190,01			
C ₁₅ H ₁₄ O ₄	5.043,14			
Pemanas		4.762.687,73		
Jumlah	9.114,91	4.762.687,73	3.555.801,24	1.216.001,39
	4.771.802,64		4.771.802,64	

3.5.2 Neraca Panas gas campuran keluaran Rotary Pyrolizer - Rotary kiln

Tabel 3. 29 Neraca Panas gas campuran keluaran Rotary Pyrolizer - Rotary kiln

Rumus Kimia	Input (kJoule/jam)		Output (kJoule/jam)
	Q Arus 2	Q Arus 10	Q Arus 3
H ₂	575.594,0	792.327,5	774103,2
H ₂ O	734.729,5	3.424.195,8	5049231,1
CO ₂	238.078,7	717.888,7	425134,8
CO	110.433,8	228.497,4	391544,6
C ₃ H ₄ O ₂	87.035,8		159374,8
C ₂ H ₄	36.031,2		28910,2
C ₂ H ₄ O ₂	185.725,4		342085,0
CH ₃ CHO	31.469,4		25427,0
C ₃ H ₆ O	45.056,2		36269,2
C ₆ H ₆ O ₃	103.233,5		99064,7
CH ₄	36.462,6		29308,9
C ₉ H ₁₀ O ₂	346.182,7		382662,0
C ₆ H ₆ O	157.883,9		211483,8
CH ₂ O	724.676,5		589570,6
C ₂ H ₅ OH	60.989,7		119959,4
CH ₃ OH	82.218,5		179709,8
K		270.977,9	145849,6
Jumlah	3.555.801,2	5.433.887,3	8.989.688,6
	8.989.688,6		8.989.688,6



3.5.3 Neraca Neraca Panas di *Condensor-01*

Tabel 3. 30 Neraca Panas di *Condensor*

Rumus Kimia	Input (kJoule/jam)		Output (kJoule/jam)	
	Q Arus 3	Q Arus 4	Q Arus 5	Q Pendingin
H ₂	774.103,2		179.377,8	
H ₂ O	5.049.231,1	791.815,4		
CO ₂	425.134,8		86.303,1	
CO	391.544,6		87.102,7	
C ₃ H ₄ O ₂	159.374,8	9.429,5		
C ₂ H ₄	28.910,2		4.749,2	
C ₂ H ₄ O ₂	342.085,0	45.703,6		
CH ₃ CHO	25.427,0		4.349,3	
C ₃ H ₆ O	36.269,2		35.593,7	
C ₆ H ₆ O ₃	99.064,7	19.867,2		
CH ₄	29.308,9		5.116,4	
C ₉ H ₁₀ O ₂	382.662,0	60.465,7		
C ₆ H ₆ O	211.483,8	35.850,9		
CH ₂ O	589.570,6		109.199,7	
C ₂ H ₅ OH	119.959,4	13.699,8		
CH ₃ OH	179.709,8	20.335,2		
K	145.849,6		5.986,8	
Pendingin				7.474.742,44
Jumlah	8989688,6	997167,3	517.778,8	7.474.742,44
	8.989.688,6		8.989.688,6	

3.5.4 Neraca Neraca Panas di Cooler-01

Tabel 3. 31 Neraca Panas di Cooler-01

Senyawa	Input (kJoule/jam)		Output (kJoule/jam)	
	Q Arus 2		Q Arus 3	Q Pendingin
Dowtherm A	7.911.130,2		436.387,8	
Pendingin (H ₂ O)				7.474.742,4
Jumlah	7.911.130,2		436.387,8	7.474.742,4
	7.911.130,2		7.911.130,2	

3.5.5 Neraca Neraca Panas di Mixer-01

Tabel 3. 32 Neraca Panas di Mixer-01

Senyawa	Input (kJoule/jam)			Output (kJoule/jam)
	Q Arus 6	Q Arus 7	Q Pelarutan	Q Arus 8
KOH	15.456,9			246.070,4
H ₂ O		37.993,1		513.862,1
Pelarutan			706482,4	
Jumlah	15.456,9	37.993,1	706.482,4	759.932,4
		759.932,4		759.932,4

3.5.6 Neraca Panas di Rotary Kiln-01

Tabel 3. 33 Neraca Panas di Rotary Kiln-01

Senyawa	Input (kJoule/jam)			Output (kJoule/jam)	
	Q Arus 5	Q Arus 8	Q Pemanasan	Q Arus 10	Q Arus 11
C	1.216.001,4				1.792.050,6
KOH		246.070,4			236.929,7
K ₂ O					10.203.074,6
K				286.531,8	
H ₂				845.286,0	
H ₂ O		513.862,1		6.002.906,5	
CO				244.443,4	
CO ₂				767.434,7	
Pemanas			18.402.723,5		
Jumlah	1.216.001,4	759.932,4	18.402.723,5	8.146.602,4	12.232.054,9
		20.378.657,28		20378657,28	

3.5.7 Neraca Panas di *Gate Cooler-01*

Tabel 3. 34 NP *Gate Cooler-01* udara sekunder menuju *Rotary Kiln*

Senyawa	Input (kJoule/jam)		Output (kJoule/jam)	
	Q Arus 11	Q Udara In	Q Arus 13	Q Udara Out
C	1.792.050,6		764.008,1	
KOH	236.929,7		123.769,0	
K ₂ O	17.485.749,3		7.841.564,6	
O ₂		23.048,4		2.436.549,9
N ₂		85.919,9		845.786,5
Jumlah	19.514.729,7	108.968,3	8729341,6	10.894.356,4
	19.623.697,9		19.623.697,9	

Tabel 3. 35 Neraca Panas *Gate Cooler-01* udara tersier menuju RP

Senyawa	Input (kJoule/jam)		Output (kJoule/jam)	
	Q Arus 11	Q Udara In	Q Arus 13	Q Udara Out
C	153.479,3		119.940,5	
KOH	38.610,9		3.848,6	
K ₂ O	2.160.893,8		205.761,2	
O ₂		25.131,1		481.818,5
N ₂		93.683,6		1.768.429,8
Jumlah	2.352.984,0	118.814,7	221.550,3	2.250.248,3
	2.471.798,67		2.471.798,67	

Tabel 3. 36 Neraca Panas *Grate Cooler-01* udara buang

Senyawa	Input (kJoule/jam)		Output (kJoule/jam)	
	Q Arus 11	Q Udara In	Q Arus 13	Q Udara Out
C	229.336,96		161.078,79	
KOH	50.882,91		38.610,86	
K ₂ O	2.896.615,96		2.160.893,83	
O ₂		5.965,01		182.223,33
N ₂		22.236,37		662.230,39
Jumlah	19.514.729,66	108.968,34	2.360.583,49	844.453,72
	3.205.037,21		3.205.037,21	

3.5.8 Neraca Panas di *Horizontal Belt Filter-01*

Tabel 3. 37 Neraca Panas di *Horizontal Belt Filter-01*

Senyawa	Input (kJoule/jam)		Output (kJoule/jam)	
	Q Arus 14	Q Arus 15	Q Arus 16	Q Arus 17
C	11.940,5			43.657,230
KOH	3.848,6		134.511,5	
K ₂ O	205.761,2			
H ₂ O		11.480,1	23.041,9	31.819,731
Jumlah	221.550,3	11.480,1	157.553,4	75.477,0
	233.030,384		233.030,384	

3.5.9 Neraca Panas di *Heater-01*

Tabel 3. 38 Neraca Panas di *Heater-01*

Senyawa	Input (kJoule/jam)		Output (kJoule/jam)	
	Q Arus RK	Q Udara	Q Udara	Q Arus RK
K	286.531,8			270.977,9
H ₂	845.286,0			792.327,5
H ₂ O	6.002.906,5			5.359.782,0
CO	244.443,4			228.497,4
CO ₂	767.434,7			717.888,7
O ₂		4.963,2	156.665,6	
N ₂		21.025,7	646.452,2	
Jumlah	8.146.602,3	25.988,9	803.117,8	7.369.473,5
	8.172.591,275		8.172.591,275	

3.5.10 Neraca Panas di *Rotary Dryer-01*

Tabel 3. 39 Neraca Panas di *Rotary Dryer-01*

Senyawa	Input (kJoule/jam)		Output (kJoule/jam)	
	Q Arus 17	Q pengeringan	Q Arus 18	Q Arus 19
C	43.657,2			66.972,3
H ₂ O	31.819,7		47.988,9	952,9
Q pengering		40.437,130		
Jumlah	75.477,0	40.437,1	47.988,9	67.925,2
	115.914,092		115.914,092	

3.5.11 Neraca Panas di *Cooling Screw Conveyer-01*

Tabel 3. 40 Neraca Panas di *Cooling Screw Conveyer-01*

Senyawa	Input (kJoule/jam)		Output (kJoule/jam)	
	Q Arus 17		Q Arus 18	Q Pendinginan
C	66.972,3		3.859,2	
H ₂ O	952,9		66,1	
Q Pendingin				63.999,9
Jumlah	67.925,2		3.925,316	63.999,9
	67.925,2		67925,2	

3.5.12 Neraca Panas di *Ball Mill-01*

Tabel 3. 41 Neraca Panas di *Ball Mill-01*

Senyawa	Input (kJoule/jam)		Output (kJoule/jam)
	Q Arus 20	Q Arus 22	Q Arus 21
C	3.859,2	193,0	4.052,2
H ₂ O	66,1	3,3	69,4
Jumlah	3.925,3	196,3	4.121,6
	4121,6		4.121,6

3.5.13 Neraca Panas di *Screener-01*

Tabel 3. 42 Neraca Panas di *Screener-01*

Senyawa	Input (kJoule/jam)		Output (kJoule/jam)	
	Q Arus 21		Q Arus 22	Q Arus 23
C	4.052,2		193,0	3.859,2
H ₂ O	69,4		3,3	66,1
Jumlah	4.121,6		196,3	3.925,3
	4.121,6		4.121,6	

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Permilihan lokasi pabrik menjadi salah satu hal yang penting untuk dipertimbangkan. Pemilihan lokasi suatu pabrik biasanya mengacu pada bahan Baku atau pada pemasaran produk. Pabrik karbon aktif dari cangkang kelapa sawit ini direncanakan yang Akan di dirikan berlokasi di kabupaten Siak, Provinsi Riau. Pemilihan lokasi tersebut Berdasarkan dekatnya lokasi dengan bahan baku cangkang kelapa sawit serta sumber air yang sangat berlimpah.



Gambar 4. 1 Peta Lokasi Kabupaten Siak, Provinsi Riau

4.1.1 Faktor primer penentuan lokasi pabrik

Beberapa faktor-faktor primer yang mempengaruhi dalam pemilihan lokasi pabrik karbon aktif antara lain :

1. Ketersediaan Bahan baku

Daerah provinsi Riau merupakan penghasil kelapa sawit terbesar di Indonesia. Besarnya produksi kelapa sawit yang tinggi tentu menghasilkan limbah yang sangat banyak, melimpahnya jumlah bahan baku menjadi salah satu pertimbangan didirikannya pabrik di kabupaten Siak, lokasi bahan baku yang dekat dengan pabrik akan bisa meminimalisir biaya transportasi. Bahan baku dari pabrik karbon aktif

yang digunakan adalah cangkang sawit yang didapatkan dari pemasok yang ada di salah satu daerah yaitu di Tanjung Buton, Riau. Provinsi Riau merupakan wilayah dengan kebun kelapa sawit terbesar di negara Indonesia sehingga ketersediaan bahan bakunya bisa terjamin. Di daerah provinsi Riau juga mempunyai kelompok asosiasi penjual cangkang sawit dengan berbagai macam kapasitas. Di daerah Tanjung Buton provinsi Riau memiliki tiga industri terverifikasi yang dapat menjadi pemasok bahan baku cangkang sawit. Salah satu Industri tersebut yaitu PT.SBM dengan kapasitas 15.000 MT/bulan, PT AMJ dengan kapasitas cangkang sawit 30.000 MT/bulan dan PT. SEI dengan kapasitas cangkang sawit 20.000-30.000 MT/bulan. Selain itu , terdapat juga di daerah Rokan Hulu, Riau dengan kapasitas 1000 MT/bulan (cangkangsawit.id). Dengan jalan yang mudah di akses dan jarak yang relatif dekat membuat bahan baku cangkang sawit yang dipesan dari pemasok dapat diperoleh dengan harga yang murah.

2. Pemasaran

Untuk menekan biaya transportasi serta memudahkan dalam penjualan hasil produk, factor pemasaran perlu diperhatikan dalam pemilihan lokasi pabrik yang akan didirikan. Produk karbon aktif merupakan produk akhir, dalam perencanaan pendirian pabrik karbon aktif diusahakan dekat dengan pabrik yang membutuhkan produk ini. Produk ini banyak digunakan oleh industri kimia yang tersebar luas dipulau sumatera, batam, Kalimantan dan dekat dengan pelabuhan untuk memudahkan ketika ekspor ke luar negeri dan dapat mengurangi biaya transportasi produk dari pabrik ke kapal pengangkut.

3. Utilitas dan Energi

Pemenuhan dalam kebutuhan air diperoleh dari sungai siak yang sungai ini akan memberikan kemudahan untuk memenuhi kebutuhan air pabrik maupun air proses, pendirian pabrik Utilitas yang dibutuhkan meliputi keperluan air, tenaga listrik, dan bahan bakar. Kebutuhan listrik bisa didapatkan dari PLN dan generator sebagai cadangan.

Kebutuhan air dapat diperoleh dari sungai siak yang berdekatan dengan pabrik. Sedangkan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar untuk proses dan generator dapat diperoleh dari PT Pertamina dan PT. Bukit asam .

4. Tenaga kerja

Tingkat pengangguran di provinsi riau mencapai hingga 9.91% pada agustus 2021 angka tersebut dilansir dari Badan Pusat Statistik. Melihat banyaknya jumlah tenaga kerja pada usia produktif yang masih belum tersalurkan, dibangunnya pabrik ini akan banyak menyerap tenaga kerja terutama di regional Riau sendiri. oleh karena itu untuk tenaga kerja dapat diperoleh dengan mudah dari masyarakat sekitar kawasan berdirinya pabrik atau bisa mengambil dari luar daerah.

5. Transportasi dan telekomunikasi

Pembangunan jalan di daerah kabupaten siak setiap tahun meningkat guna memberikan kelancaran arus barang agar mudah dalam pendistribusian logistik barang. Transportasi dan telekomunikasi merupakan salah satu factor yang perlu diperhitungkan dalam pemilihan lokasi pabrik, karena dengan adanya transportasi yang baik. Akan membantu kelancaran kerja pabrik dalam distribusi dan komunikasi. Dalam hal ini transportasi cenderung mudah Karena lokasi pelabuhan dan jalan lintas memadai sehingga menekan biaya transportasi.

4.1.2 Faktor sekunder penentuan pabrik

Beberapa faktor-faktor sekunder yang mempengaruhi dalam pemilihan lokasi pabrik karbon aktif antara lain :

1. Perluasan Pabrik

Pendirian sebuah pabrik hendaknya mempertimbangkan rencana perluasan area pabrik untuk beberapa tahun kedepan. Hal ini dilakukan guna mengantisipasi meningkatnya permintaan akan produk yang dihasilkan. Sehingga pemilihan lokasi pendirian pabrik harus berada di daerah yang mempunyai cukup lahan. Dalam hal ini, daerah riau masih

mempunyai lahan kosong yang luas yang terletak di pinggiran sungai, sehingga memenuhi kriteria tersebut.

2. Perizinan

Saat ini provinsi riau telah bertransformasi menjadi kota dagang dan industri di Pulau sumatra. Hal ini tentu saja dapat memudahkan perizinan dalam mendirikan sebuah industri.

3. Lingkungan Masyarakat Sekitar

Masyarakat sekitar provinsi riau cukup terbuka dengan perkembangan Kota riau sebagai kota industri. Hal ini dikarenakan pendirian sebuah industri akan membuka lapangan pekerjaan yang luas bagi masyarakat dan meningkatkan perekonomian masyarakat secara keseluruhan

4. Sarana Pendukung

Provinsi riau memiliki sarana dan fasilitas umum yang sangat memadai. Fasilitas-fasilitas yang dimaksud adalah seperti sarana kesehatan, pendidikan, rumah ibadah, perbankan, perumahan dan sebagainya

4.2 Tata Letak Pabrik

Penempatan tata letak peralatan pabrik dan fasilitasnya menjadi bagian penting dalam perancangan pabrik agar alat mesin berdiri sesuai urutan proses. Tata letak pabrik merupakan pengaturan optimal dari seperangkat fasilitas-fasilitas dalam pabrik. Tata letak yang tepat sangat penting untuk mendapatkan efisiensi, keselamatan, dan kelancaran kerja para pekerja serta keberlangsungan proses.

Tata letak pabrik atau plant layout merupakan tempat kedudukan dari keseluruhan bagian yang ada di dalam pabrik. Tata letak pabrik meliputi tempat perkantoran atau administrasi, tempat peralatan proses, tempat penyimpanan bahan Baku dan produk, tempat unit pendukung proses, Fasilitas karyawan serta tempat lainnya yang mendukung keberlangsungan proses produksi pabrik. Tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa agar secara ekonomi kegiatan operasional produksi dapat berjalan secara efisien dan

optimal, misalnya lalu lintas barang dan akses karyawan. Selain itu, faktor keamanan juga menjadi hal yang sangat penting. Penempatan alat-alat produksi harus ditata sedemikian rupa agar keamanan dan kenyamanan karyawan selama bekerja dapat terjamin. Perancangan tata letak pabrik yang baik memiliki keuntungan yaitu (Peters dan Timmerhaus, 2004) :

1. Mengurangi biaya produksi.
2. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses.
3. Meningkatkan keselamatan kerja.
4. Mengurangi jarak transportasi bahan Baku dan produksi, sehingga dapat mengurangi material handling.
5. Memberikan ruang gerak untuk mempermudah dalam perbaikan peralatan dan mesin ketika terjadi kerusakan.

Secara garis besar, tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa bagian seperti:

a. Perkantoran/Administrasi

Daerah perkantoran merupakan pusat kegiatan administrasi dalam pabrik itu sendiri. Daerah ini biasanya berada di bagian depan area pabrik.

b. Proses

Daerah proses merupakan tempat berlangsungnya kegiatan operasional produksi. Daerah ini meliputi tempat penyimpanan bahan baku dan produk, penempatan alat-alat proses dan ruang pengendalian (*controll room*). Daerah ini berada di tempat yang terpisah dengan daerah lainnya untuk tujuan keamanan

c. Instalasi dan Utilitas

Daerah instalasi dan utilitas merupakan tempat yang menyediakan kebutuhan-kebutuhan penunjang proses, seperti kebutuhan air, steam pemanas, Air pendingin, listrik dan bahan bakar.

d. Fasilitas Umum

Daerah ini merupakan pusat fasilitas umum yang dapat digunakan oleh karyawan meliputi perumahan/mess, poliklinik, tempat ibadah, kantin, Taman dan Lainnya.

e. Keamanan

Daerah keamanan merupakan tempat untuk menyimpan alat-alat keamanan dalam rangka mengantisipasi dan meminimalisir dampak yang ditimbulkan apabila terjadi ledakan, asap, kebakaran, kebocoran gas beracun dan hal lainnya. Oleh karena itu, perlu disediakan alat pemadam kebakaran di beberapa titik yang berbahaya dan dapat memicu kebakaran.

f. Pengolahan Limbah

Pendirian suatu pabrik juga harus memperhatikan aspek kelestarian lingkungan. Untuk itu perlu adanya daerah khusus yang digunakan sebagai tempat pengolahan limbah agar tidak merusak lingkungan sekitar. Limbah produksi akan mengalami pengolahan dan pengujian lebih lanjut untuk memastikan batas komponen berbahaya yang terkandung sehingga aman jika dibuang ke lingkungan.

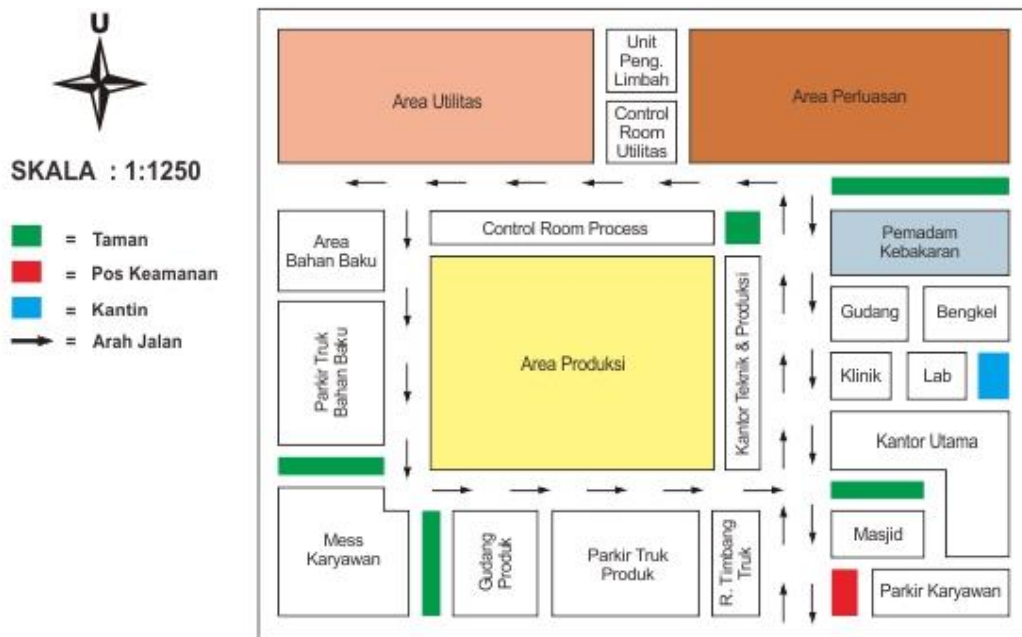
Posisi dari setiap bangunan pabrik harus benar-benar disesuaikan dengan proses yang berjalan, dan juga mempertimbangkan faktor-faktor, sebagai berikut ini :

- a. Penambahan perluasan lokasi atau pengembangan dari lokasi baru yang akan dikembangkan dimasa yang akan datang.
- b. Urutan proses produksi dari setiap
- c. Perbaikan alat dan pemeliharaan agar kondisi alat tetap terjaga
- d. Distribusi yang ekonomis pada pengadaan air, tenaga listrik, steam proses, dan bahan baku
- e. Kondisi bangunan yang meliputi luas bangunan dan kontuksi yang memadai atau memenuhi syarat yang ditentukan
- f. Keselamatan dalam bekerja dengan memperhatikan keamanan untuk menghindari terjadinya kebakaran atau kecelakaan kerja.
- g. Pembuangan limbah cair, gas, maupun padat
- h. Mempertimbangkan kemungkinan ketika terjadi perubahan tata letak mesin sehingga biaya tidak terlalu tinggi
- i. Fasilitas seperti tempat parkir, kantin, mushola diatur dengan baik sehingga tidak jauh dari tempat bekerja dan lebih tertata

Perincian luas tanah yang digunakan sebagai tempat berdirinya pabrik diuraikan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 4. 1 Luas tanah lokasi pabrik

No.	lokasi	panjang, m	lebar, m	luas, m ²
		m	m	m ²
1	Area Proses	70	50	3500
2	Area Utilitas	34	20	680
3	Bengkel	18	22	396
4	Gudang Peralatan	18	22	396
5	Kantin	16	12	192
6	Kantor Teknik dan Produksi	20	14	280
7	Kantor Utama	32	27	864
8	Laboratorium	12	16	192
9	Parkir Tamu	22	11	242
10	Parkir Truk	32	20	640
11	Poliklinik	12	10	120
12	Pos Keamanan	8	4	32
13	Control Room	28	10	280
14	Control Utilitas	10	10	100
15	Ruang Timbang Truk	15	10	150
16	Area Mess	16	36	576
17	Masjid	14	12	168
18	Unit Pemadam Kebakaran	16	14	224
19	Unit Pengolahan Limbah	15	15	225
20	Taman	30	20	600
21	Jalan	280	14	3920
22	Daerah Perluasan	60	20	1200
Luas Tanah				14977
Luas Bangunan				8986
Total				23963



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik

4.3 Tata Letak Mesin

Tata letak dalam perancangan peralatan mesin atau proses pada suatu pabrik ada beberapa factor yang harus diperhatikan agar perancangan proses yang akan disusun sesuai dengan alur yang benar, yaitu

- a. Aliran *raw material* dan produk

Penempatan tata letak peralatan proses yang akan dirancang agar sesuai dengan alur proses sesuai ketentuan yang benar, agar juga bisa mendapatkan keuntungan pada pabrik, seperti aspek-aspek analisis ekonomi, serta bisa membantu kelancaran dan keamanan dalam produksi.

- b. Aliran udara

Aliran udara seperti gas buangan disekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini untuk menghindari terjadinya penumpukan pada area kerja yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja, selain itu perlunya memperhatikan arah hembusan angin agar gas buangan dari alat proses tidak mengarah ke pemukiman warga sekitar.

c. Pencahayaan

Pabrik ini Akan berjalan atau berproduksi dalam waktu 24 jam per hari, penerangan pada area proses dalam pabrik juga harus memadai terkhusus area yang berbahaya agar tidak terjadi kejadian yang tidak diinginkan seperti kecelakaan dalam pabrik

d. Lalu lintas kendaraan dan manusia

Lalu lintas sangat penting dalam proses berjalannya produksi, perlu di perhatikan agar semua pekerja bisa mencapai alat proses dengan cepat dan efisien sehingga mudah apabila terjadi gangguan agar bisa segera diatasi, serta jalur evakuasi apabila terjadi kebakaran atau bencana alam bisa sampai ke tempat titik aman kumpul jalur evakuasi agar bisa menjaga keselamatan bersama.

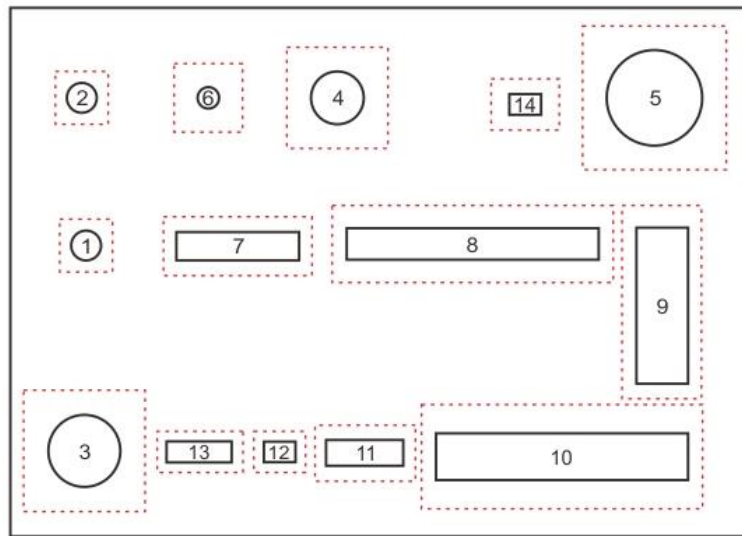
e. Pertimbangan ekonomi

Pertimbangan ekonomi untuk menempatkan alat-alat proses pada pabrik. Hal ini bertujuan untuk menekan cost biaya operasi dan perencanaan agar bisa menjamin keamanan serta kelancaran produksi sehingga bisa menggantungkan dari sisi ekonomi.

f. Jarak antar alat proses

Penentuan jarak dari setiap alat di dalam pabrik mempunyai pertimbangan tersendiri, ada yang ditempatkan berjauhan ada juga yang salit berdekatan. Alat proses yang memiliki tekanan suhu dan operasi yang tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses yang lainnya agar tidak membahayakan alat proses lainnya apabila terjadi kebakaran atau ledakan pada alat proses tersebut.


SKALA : 1:700
 - - - - - = Batas Alat



Gambar 4. 3 Tata Letak Mesin

H-01	: <i>Storage PKS</i>	RK-01	: <i>Rotarry Kiln</i>
H-02	: <i>Storage KOH</i>	HBF-01	: <i>Horizontal Belt Filter</i>
H-03	: <i>Storage Produk</i>	RD-01	: <i>Rotarry Dryer</i>
T-01	: <i>Tangki Air Proses</i>	BM-01	: <i>Ball Mill</i>
T-02	: <i>Tangki Side Product</i>	SCR-01	: <i>Screener</i>
M-01	: <i>Mixer</i>	GC-01	: <i>Grate Cooler</i>
RP-01	: <i>Rotary Pyrolyzer</i>	CD-01	: <i>Condensor</i>

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan untuk pabrik karbon aktif dari cangkang kelapa sawit ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang modal awalnya diperoleh dari penjualan saham, dimana tiap pemegang saham turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah Surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan, yang berarti juga ikut memiliki perusahaan. Direncanakan mempunyai klasifikasi sebagai berikut:

Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)

Kapasitas produksi : 10.000 ton/tahun

Lapangan Usaha : Industri Karbon Aktif

Lokasi Perusahaan : Jl Jenderal Sudirman, Sabak Auh, Siak, Riau

Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan bentuk perusahaan ini adalah sebagai berikut.

1. Mudah Mendapatkan Modal

Dalam perseroan terbatas, modal diperoleh melalui penjualan saham di pasar modal. Modal terbagi dalam saham-saham, sehingga hal ini menjadi mungkin apabila ada orang yang ingin ikut serta menanamkan modal dalam jumlah kecil namun tidak menghalangi pemasukan modal dalam jumlah besar. Sehingga akan memudahkan pergerakan di pasar modal dan pengumpulan modal dengan penjualan saham menjadi efektif.

2. Wewenang dan Tanggungjawab Pemegang Saham Terbatas

Dalam perseroan terbatas, pemegang saham hanya bertanggungjawab menyetor penuh jumlah modal yang disebutkan dalam tiap-tiap saham tanpa ikut andil dalam mengelola perusahaan. Hal ini membuat kelancaran produksi relatif lebih stabil karena pengelolaan perusahaan hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan

3. Pemilik dan Pengurus Perusahaan Terpisah Satu Sama Lain

Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham, sementara pengurus perusahaan adalah direksi beserta jajarannya yang diawasi oleh Dewan Komisaris.

4. Kelangsungan Hidup Perusahaan Lebih Terjamin

Jika terjadi pergantian pemegang saham dari jabatannya, tidak akan berpengaruh terhadap direksi, staf, maupun karyawan yang bekerja di dalamnya. Hal ini dikarenakan para pemilik saham tidak ikut andil secara langsung dalam mengelola perusahaan

5. Lapangan usaha lebih luas

Suatu Perseroan Terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usaha (Widjaja, 2003).

6. Efisiensi dari manajemen

Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang cukup cakap dan berpengalaman.

4.4.2 Struktur Organisasi

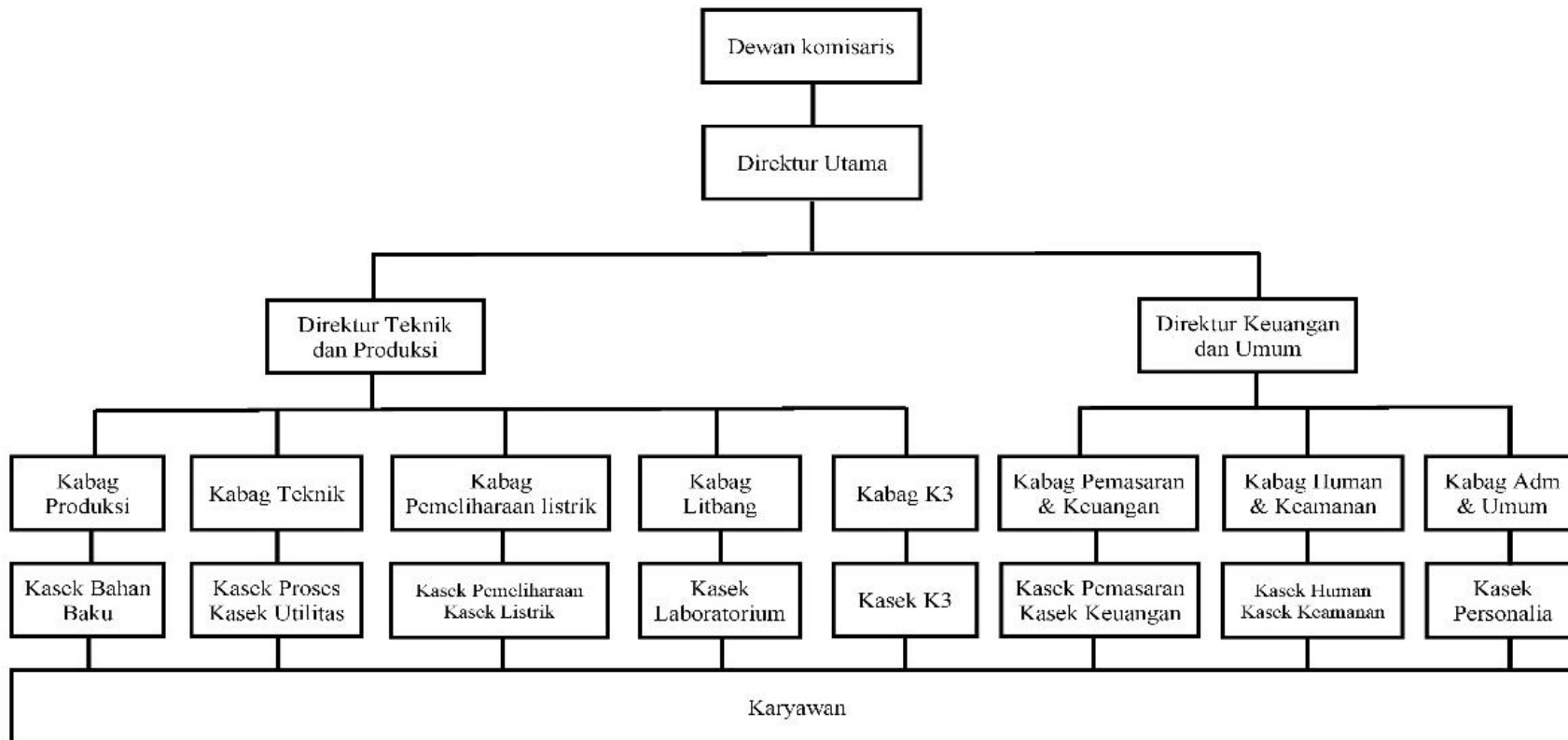
Struktur organisasi yang jelas dan sistematis di dalam suatu perusahaan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kelangsungan dan kemajuan perusahaan karena berhubungan langsung dengan komunikasi dan kerjasama yang baik antar karyawan sehingga kegiatan operasional perusahaan dapat berjalan dengan baik. Setiap perusahaan bisa saja memiliki struktur organisasi yang berbedaberbeda, tergantung pada kebutuhannya masing-masing.

Pada pabrik karbon aktif ini struktur organisasi yang dipilih adalah dengan sistem line and staff. Kelebihan sistem ini adalah garis 78 kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Demikian pula dalam hal pembagian tugas kerja, seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, dimana seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada

atasan saja. Dalam menjalankan organisasi, terdapat dua kelompok yang berpengaruh pada sistem ini, yaitu :

1. Sebagai garis atau line merupakan orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi untuk mencapai tujuan
2. Sebagai staff merupakan orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya, berfungsi memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Dalam menjalankan tugas dan wewangnya, para pemegang saham yang merupakan pemilik perusahaan diwakili oleh Dewan Komisaris, sementara dalam hal tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh Direktur Utama yang dibantu oleh beberapa Direktur di bawahnya. Baik Dewan Komisaris maupun Direktur Utama dipilih oleh para pemegang saham dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang merupakan kekuasaan tertinggi dalam perusahaan.



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan

4.4.3 Tugas dan Wewenang

4.4.3.1 Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan orang yang memberikan modal untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Sehingga, para pemilik saham juga merupakan pemilik perusahaan. Tugas dan wewenang pemegang saham adalah sebagai berikut.

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direktur.
- b. Mengesahkan hasil-hasil usaha dan neraca perhitungan untung rugi tahunan perusahaan.
- c. Mengadakan Rapat Umum Pemegang Saham minimal satu kali dalam setahun.

4.4.3.2 Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemegang saham dan bertanggungjawab penuh kepada pemegang saham. Tugas dan wewenang Dewan Komisaris adalah sebagai berikut.

- a. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber dana dan pengarahan pemasaran.
- b. Mengawasi tugas-tugas direksi.
- c. Membantu direksi dalam tugas-tugas penting.

4.4.3.3 Direktur utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggungjawab penuh terhadap jalannya perusahaan kepada Dewan Komisaris. Tugas dan wewenang Direktur Utama adalah sebagai berikut.

- a. Mengatur dan melaksanakan kebijakan perusahaan.
- b. Bertanggungjawab kepada dewan komisaris dan pemegang saham atas pekerjaannya pada akhir jabatannya.

- c. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan kontinuitas hubungan baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen serta karyawan.
- d. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian atas persetujuan para pemegang saham.
- e. Mengkoordinir kerjasama antara direktorat, bagian dan seksi di bawahnya.

Direktur Utama membawahi beberapa direktorat, antara lain :

1. Direktorat Teknik dan Produksi

Direktorat Teknik dan Produksi memiliki tugas dan wewenang dalam merumuskan kebijakan teknik operasi serta mengawasi kesinambungan operasional pabrik. Direktorat Teknik dan Produksi membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Proses dan Utilitas, Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi, serta Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu.

2. Direktorat Keuangan dan Pemasaran

Direktorat Keuangan dan Pemasaran memiliki tugas dan wewenang dalam menyusun dan mengalokasikan anggaran dan pendapatan perusahaan serta melaksanakan kebijakan pemasaran. Direktorat Keuangan dan Pemasaran membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Keuangan dan Bagian Pemasaran.

3. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum

Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum memiliki tugas dan wewenang dalam hal yang berhubungan dengan administrasi, personalia, humas, keamanan, dan keselamatan kerja. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan, Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia, serta Bagian Umum dan Keamanan.

4.4.3.4 Kepala bagian

Setiap dari kepala bagian memiliki tugas dan wewenang dalam mengatur, mengkoordinir dan mengawal pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan dan bertanggungjawab kepada direktorat yang menaunginya. Bagian-bagian tersebut terdiri dari :

- a. Bagian Proses dan Utilitas
Bertanggung jawab terhadap kegiatan pabrik dalam bidang proses, penyediaan bahan baku dan utilitas
- b. Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi
Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan, perawatan dan penyediaan fasilitas penunjang kegiatan produksi.
- c. Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu
Bertanggungjawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu
- d. Bagian Keuangan
Bertanggungjawab terhadap kegiatan pengelolaan keuangan, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan
- e. Bagian Pemasaran
Bertanggungjawab terhadap kegiatan distribusi dan pemasaran produk.
- f. Bagian Kesehatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan
Bertanggung jawab terhadap kesehatan dan keselamatan kerja karyawan serta pelestarian lingkungan.
- g. Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia
Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan administrasi, kesekretariatan dan pengembangan sumber daya manusia.
- h. Bagian Umum dan Keamanan
Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan masyarakat umum serta menjaga keamanan perusahaan.

4.4.3.5 Kepala seksi

Setiap seksi memiliki tugas dan wewenang dalam melaksanakan pekerjaan dalam lingkungan seksinya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh Kepala Bagian masing- masing. Setiap seksi bertanggung jawab kepada bagian yang menaunginya. Seksi-seksi tersebut terdiri dari:

a. Seksi Proses

Bertanggungjawab dalam melaksanakan dan memastikan kelancaran kegiatan produksi di pabrik.

b. Seksi Utilitas

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

c. Seksi Pemeliharaan

Bertanggung jawab dalam melakukan perawatan, pemeliharaan dan penggantian alat- alat serta fasilitas pendukung proses produksi.

d. Seksi Listrik dan Instrumentasi

Bertanggungjawab dalam memastikan ketersediaan energi listrik dan instrumentasi yang dibutuhkan agar proses produksi dapat berjalan dengan baik.

e. Seksi Penelitian dan Pengembangan

Bertanggung jawab dalam melaksanakan penelitian dan pengembangan perusahaan.

f. Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Bertanggungjawab dalam melaksanakan pengendalian mutu bahan baku, bahan pembantu dan produk.

g. Seksi K3

Bertanggungjawab dalam memastikan kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

h. Seksi Unit Pengolahan Limbah

Bertanggungjawab dalam melaksanakan pengolahan limbah hasil produksi.

i. Seksi Tata Usaha

Bertanggung jawab dalam mengurus kebijakan teknis dibidang administrasi, kesekretariatan, perencanaan dan pelaporan, perlengkapan serta asset perusahaan.

j. Seksi Personalia

Bertanggungjawab dalam melaksanakan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian dan pengembangan sumber daya manusia.

k. Seksi Hubungan Masyarakat

Bertanggungjawab menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan dengan pemerintah, masyarakat dan industri-industri lain.

l. Seksi Keamanan

Bertanggungjawab dalam menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

4.4.4 Pembagian Jam Karyawan

Pabrik karbon aktif ini direncanakan beroperasi 330 hari dalam 1 tahun dan 24 jam per hari. Sisa hari digunakan untuk perbaikan, perawatan dan shutdown. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan dibagi dalam 2 golongan, yaitu karyawan shift dan non shift.

4.4.4.1 Karyawan Non Shift

Karyawan non shift adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan harian adalah direktur, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta bawahan yang berada di kantor. Karyawan harian dalam 1 minggu akan bekerja selama 5 hari dengan pembagian kerja sebagai berikut :

a. Hari Senin – Kamis

Jam kerja : pkl 08.00 – 16.00

Jam Istirahat : pkl 12.00 – 13.00

b. Hari Jumat

Jam kerja : pkl 08.00 – 17.00

Jam Istirahat : pkl 11.30 – 13.00

4.4.4.2 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 antara lain : operator produksi, sebagian dari bagian teknik dan bagian-bagian keamanan.

Para karyawan *shift* akan bekerja bergantian sehari semalam, dengan pengaturan sebagai berikut :

- a. *Shift* pagi : jam 07.00 - 15.00
- b. *Shift* sore : jam 15.00 - 23.00
- c. *Shift* malam : jam 23.00 - 07.00


Untuk karyawan *shift* ini dibagi dalam 4 regu (A / B / C / D) dimana 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat, dan dikenakan secara bergantian. Tiap regu akan mendapat giliran 2 hari kerja pada setiap *shift* secara berturut-turut kemudian 2 hari libur dan masuk lagi untuk *shift* berikutnya.

Kelancaran produksi dari suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh faktor kedisiplinan karyawannya. Untuk itu kepada seluruh karyawan diberlakukan absensi dan masalah absensi ini digunakan pimpinan perusahaan sebagai dasar dalam mengembangkan karier para karyawan dalam perusahaan (Zamani, 1998).

Tabel 4. 2 Jadwal Pembagian Kelompok *Shift*

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III	
B	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I
C	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II
D			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III

Regu	Hari														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A		I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III
B	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III		
C	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I
D	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II

Keterangan : 1,2,3 dst : Hari ke-
 A, B, C, D : Regu Kerja *Shift*
 : Libur

4.4.5 Status Karyawan

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

1. Karyawan Tetap

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

Karyawan harian yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi tanpa SK direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3. Karyawan Borongan

Karyawan borongan merupakan karyawan yang bekerja di pabrik atau perusahaan jika diperlukan saja. Karyawan ini menerima gaji borongan untuk suatu pekerjaan yang telah disetujui.

4.4.6 Sistem Gaji Karyawan

Sistem pembagian gaji pada perusahaan karbon aktif ini terbagi menjadi tiga jenis, yaitu sebagai berikut:

a. Gaji Bulanan

Gaji bulanan merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan dan dibayarkan pada tanggal 1 setiap bulannya.

b. Gaji Harian

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

c. Gaji Lembur

Gaji lembur merupakan gaji tambahan yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

4.4.7 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji

Penggolongan jabatan, jumlah karyawan, gaji dapat dilihat pada tabel 5.2

Tabel 4. 3 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji

No	Jabatan	Jumlah	Pendidikan	Gaji/Bulan
1	Direktur Utama	1	S1	Rp 40.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	S1	Rp 30.000.000
3	Direktur Keuangan dan Umum	1	S1	Rp 30.000.000
4	Staff Ahli	1	S1	Rp 25.000.000
5	Ka. Bag. Produksi	1	S1	Rp 20.000.000
6	Ka. Bag. Teknik	1	S1	Rp 20.000.000
7	Ka. Bag. Pemasaran dan Keuangan	1	S1	Rp 20.000.000
8	Ka. Bag. Administrasi dan Umum	1	S1	Rp 20.000.000
9	Ka. Bag. Litbang	1	S1	Rp 20.000.000
10	Ka. Bag. Humas dan Keamanan	1	S1	Rp 20.000.000
11	Ka. Bag. K3	1	S1	Rp 20.000.000
12	Ka. Bag. Pem. Listrik & Instrumen	1	S1	Rp 20.000.000
13	Ka. Sek. Utilitas	1	S1	Rp 15.000.000
14	Ka. Sek. Proses	1	S1	Rp 15.000.000
15	Ka. Sek. Bahan Baku dan Produk	1	S1	Rp 15.000.000
16	Ka. Sek. Pemeliharaan	1	S1	Rp 15.000.000
17	Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1	S1	Rp 15.000.000
18	Ka. Sek. Laboratorium	1	S1	Rp 15.000.000
19	Ka. Sek. Keuangan	1	S1	Rp 15.000.000
20	Ka. Sek. Pemasaran	1	S1	Rp 15.000.000
21	Ka. Sek. Personalia	1	S1	Rp 15.000.000
22	Ka. Sek. Humas	1	S1	Rp 15.000.000
23	Ka. Sek. Keamanan	1	S1	Rp 15.000.000
24	Ka. Sek. K3	1	S1	Rp 15.000.000
25	Karyawan Personalia	4	S1/D3	Rp 10.000.000
26	Karyawan Humas	4	S1/D3	Rp 10.000.000
27	Karyawan Litbang	4	S1/D3	Rp 10.000.000
28	Karyawan Pembelian	4	S1/D3	Rp 10.000.000
29	Karyawan Pemasaran	4	S1/D3	Rp 10.000.000
30	Karyawan Administrasi	4	S1/D3	Rp 10.000.000
31	Karyawan Kas/Anggaran	4	S1/D3	Rp 10.000.000
32	Karyawan Proses	45	S1/D3	Rp 10.000.000
33	Karyawan Pengendalian	6	S1/D3	Rp 10.000.000
34	Karyawan Laboratorium	4	S1/D3	Rp 10.000.000
35	Karyawan Pemeliharaan	4	S1/D3	Rp 10.000.000
36	Karyawan Utilitas	42	S1/D3	Rp 10.000.000
37	Karyawan K3	6	S1/D3	Rp 10.000.000
38	Sekretaris	8	S1	Rp 8.000.000
39	Dokter	2	S1	Rp 10.000.000
40	Perawat	2	D3	Rp 5.000.000
41	Satpam	8	SMA/K	Rp 4.000.000
42	Supir	2	SMA/K	Rp 4.000.000
43	Cleaning Service	2	SMA/K	Rp 3.500.000
Total		183		Rp1,956,000,000

4.4.8 Ketenagakerjaan

Setiap karyawan mempunyai hak dalam hal ketenagakerjaan seperti yang tertuang dalam peraturan perundang-undangan. Hak-hak tersebut antara lain

1. Tunjangan

Tunjangan karyawan terdiri dari :

- a) Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
- b) Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan
- c) Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.
- d) Tunjangan hari raya (THR), diberikan sebesar nilai satu bulan gaji kepada karyawan setiap tahunnya saat menjelang hari raya Idul Fitri.

2. Hari Libur Nasional

Untuk karyawan harian (*non-shift*), hari libur nasional dihitung sebagai hari libur kerja. Sedangkan bagi karyawan *shift*, hari libur nasional dihitung sebagai kerja lembur (*overtime*).

3. Hak Cuti

Hak cuti karyawan terdiri dari :

- a) Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun. Apabila hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang di tahun tersebut.
- b) Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter, termasuk kepada karyawan wanita yang melahirkan.

4. Fasilitas Karyawan

Dalam rangka meningkatkan produktifitas karyawan, perusahaan menyediakan berbagai fasilitas yang dapat digunakan oleh karyawan untuk menjaga kondisi jasmani dan rohani 92 karyawan, sehingga

mereka tidak merasa jenuh dalam menjalankan pekerjaan sehari-hari dan kegiatan dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Fasilitas yang disediakan perusahaan meliputi:

a) Poliklinik

Poliklinik disediakan bertujuan untuk menjaga kesehatan karyawan yang merupakan salah satu hal yang berpengaruh dalam efisiensi produksi pabrik. Poliklinik yang disediakan ditangani oleh dokter dan perawat.

b) Pakaian Kerja

Perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahunnya kepada semua karyawan untuk menghindari kesenjangan antar karyawan. Selain itu, perusahaan menyediakan masker dan berbagai alat pelindung diri (APD) lain sebagai alat pengaman kerja.

c) Makan dan Minum

Makan dan minum disediakan sebanyak satu kali dalam sehari oleh perusahaan yakni pada jam makan siang. Makanan dan minuman direncanakan akan dikelola oleh perusahaan catering yang ditunjuk perusahaan.

d) Tempat Ibadah

Tempat ibadah yang disediakan perusahaan berupa masjid, agar karyawan tetap dapat melaksanakan kewajiban rohani dan aktivitas keagamaan lainnya.

e) Transportasi

Untuk meringankan beban pengeluaran karyawan, perusahaan menyediakan alat transportasi bagi karyawan yang tidak menggunakan transportasi pribadi berupa *shuttle bus*. Bus akan beroperasi di beberapa titik tempat tinggal karyawan untuk mengantar dan menjemput karyawan saat akan berangkat dan pulang bekerja

5. Jaminan Ketenagakerjaan

Perusahaan menyediakan asuransi pertanggungjawaban jiwa dan asuransi kecelakaan kerja bagi karyawan yang dikelola oleh Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial Tenaga Kerja (JAMSOSTEK)

Ruang lingkup program jaminan sosial tenaga kerja meliputi :

a. Jaminan Kecelakaan Kerja

1. Biaya pengangkutan.
2. Biaya pemeriksaan, pengobatan dan/atau perawatan.
3. Biaya rehabilitasi.
4. Santunan berupa uang yang meliputi : santunan sementara tidak mampu bekerja, santunan cacat sebagian atau selama-lamanya, santunan cacat total untuk selama-lamanya baik fisik maupun mental dan santunan kematian.

b. Jaminan Kematian

1. Biaya pemakaman.
2. Santunan berupa uang.

c. Jaminan Hari Tua

Jaminan hari tua dibayarkan secara sekaligus atau berkala, atau sebagian dan berkala kepada tenaga kerja karena :

1. Telah mencapai usia 55 (lima puluh lima tahun), atau
2. Cacat total tetap setelah ditetapkan oleh dokter.

Dalam hal tenaga kerja meninggal dunia, Jaminan Hari Tua dibayarkan kepada janda atau duda atau anak yatim piatu.

d. Jaminan Pemeliharaan Kesehatan

1. Rawat jalan tingkat pertama.
2. Rawat jalan tingkat lanjutan.
3. Rawat inap.
4. Pemeriksaan kehamilan dan pertolongan persalinan.
5. Penunjang diagnostik.
6. Pelayanan khusus.
7. Pelayanan gawat darurat.

UTILITAS

Unit utilitas merupakan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang adalah sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Beberapa utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik karbon aktif ini, meliputi:

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
3. Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)
4. Unit Penyediaan Bahan Bakar
5. Unit Pengolahan Limbah

4.5 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Unit Penyediaan dan Pengolahan Air bertugas menyediakan dan mengolah air bersih yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di pabrik. Dalam perancangan pabrik karbon aktif ini, sumber air yang digunakan adalah sumber air yang berasal dari sungai siak di Riau. Berikut beberapa pertimbangan dalam menggunakan air sungai sebagai sumber air

- Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan relatif murah. Namun berdasarkan lokasi sungai yang berdekatan dengan air laut, maka proses pengolahannya mendekati proses air laut karena kondisi airnya yang payau.
- Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur
- Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari
- Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik yang akan didirikan

Berikut ini merupakan kebutuhan air yang diperlukan untuk aktivitas pabrik karbon aktif yang akan didirikan di provinsi Riau :

4.5.1 Air kebutuhan umum

4.5.1.1 Air Domestik (*Domestic Water*)

Domestic water merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan seperti air minum, toilet, perumahan dan sebagainya. Air domestik yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti:

- Air jernih
- Tidak berbau
- Tidak berasa
- Tidak mengandung zat organik dan anorganik
- Tidak beracun

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik

Penggunaan	Jumlah kg/jam
Karyawan kantor	780,0540 jam
Mess	326 kg/jam
Jumlah	1.105.8861 kg/jam

4.5.1.2 Air Layanan Umum (*Service Water*)

Service water merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan layanan umum seperti bengkel, poliklinik, laboratorium, kantin, masjid dan lain-lain. Kriteria service water yang digunakan sama seperti domestic water. Dan Kebutuhan air hydrant pada kebutuhan Air ini digunakan untuk pemadam kebakaran apabila terjadi timbulnya api atau kebakaran suatu tempat di dalam pabrik, kebutuhan air *hydrant* bersifat kondisional yang bisa sewaktu-waktu dibutuhkan ketika kebutuhan mendesak yang harus dipadamkan apabila terjadi kebakaran. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu :

a) Syarat fisika, meliputi

- Suhu : dibawah suhu udara
- Warna : jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau

b) Syarat kimia, meliputi

- Tidak mengandung zat *organic* dan anorganik yang terlarut dalam air.
- Tidak mengandung bahan beracun
- Tidak mengandung bakteri terutama panthogen yang dapat merubah fisik air.

Total Perkiraan kebutuhan air untuk pemakaian layanan umum (*service water*) seperti bengkel, laboratorium, pemadam kebakaran dll sebesar 700.00kg/jam

4.5.1.3 Air Pendingin

Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai media pendingin pada proses produksi. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan digunakannya air pendingin sebagai media pendingin, antara lain:

- Air dapat diperoleh dengan mudah dan dalam jumlah besar.
- Mudah dilakukan pengaturan dan pengolahan.
- Memiliki daya serap terhadap panas per satuan volume cukup tinggi.
- Tidak terdekomposisi.

Namun, terdapat beberapa syarat kandungan zat yang tidak diperbolehkan ada dalam air pendingin, seperti:

- Besi, karena dapat menyebabkan korosi.
- Silika, karena dapat menyebabkan kerak.
- Oksigen terlarut, karena dapat menyebabkan korosi.

- Minyak, karena dapat menyebabkan gangguan pada film *corrosion inhibitor*, penurunan *heat exchanger coefficient* dan menimbulkan endapan karena minyak dapat menjadi makanan bagi mikroba

Kebutuhan Air pendingin pada pabrik karbon aktif ini Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, maka kebutuhan air pendingin menjadi sebesar 5,073.5933 kg/jam

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin

No.	Nama Alat	Jumlah (kg/jam)
1	<i>Cooling Screw Conveyor 01</i>	1.533,5994
2	<i>Cooler 01</i>	5.262,750
	Total	6.796,3494

4.5.1.4 Air Proses

Air proses merupakan air yang digunakan untuk bisa memenuhi kebutuhan air pada area proses produksi. Air proses yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti:

- Air jernih
- Tidak berbau dan berasa
- Tidak mengandung zat organik dan anorganik

Kebutuhan Air proses pada pabrik karbon aktif ini digunakan di alat *Mixer 01* (M-01) sebesar 1,814.4210 kg/jam dan alat *Horizontal Belt Filter 01* (HBF-01) sebesar 544,2849 kg/jam, bisa dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Demin

No.	Nama Alat	Jumlah (kg/jam)
1	<i>Mixer 01</i>	1.814,4210
2	<i>Horizontal Belt Filter 01</i>	544,2849
	Total	2.358,7058

4.5.1.5 Total kebutuhan Air

Tabel 5. 4 Total kebutuhan Air

No.	Keperluan	Jumlah (kg/jam)
1	<i>Domestik Water</i>	1.105,8861
2	<i>Service Water</i>	700,00
3	<i>Cooling Water</i>	6.796,3494
4	<i>Demin Water</i>	2.358,7058
	Total	10.960,9413

4.6 Unit Pembangkit Listrik

Pada Unit pembangkit listrik ini bertugas menyediakan listrik sebagai tenaga penggerak untuk peralatan proses, keperluan pengolahan air, peralatan-peralatan elektronik atau listrik AC, maupun untuk penerangan. Kebutuhan listrik di pabrik karbon aktif ini dihasilkan dari PLN, selain dari PLN listrik cadangan didapatkan dari generator pabrik apabila listrik dari PLN mengalami kendala. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung secara kontinyu dan tidak ada gangguan listrik yang padam

1. Listrik untuk laboratorium dan bengkel
2. Listrik untuk AC dan penerangan
3. Listrik untuk utilitas dan keperluan proses
4. Listrik untuk instrumensi

Adapun keunggulan dari tenaga listrik PLN yaitu biayanya yang terjangkau atau murah, sedangkan kekurangan dari tenaga listrik PLN yaitu kontinyu dari penyediaan listrik tenaganya tidak tetap dan kurang terjamin, begitu juga sebaliknya apabila pabrik karbon aktif menggunakan Genset kontinyu dari

penyediaan listrik akan tetap terjaga, akan tetapi kekurangan dari Genset sendiri harus lebih memperhatikan terkait perawatan maupun biaya bahan bakarnya.

Tabel 5. 5 Daya Alat Proses dan Alat Transportasi Proses

Alat Proses	Jumlah	HP	Total HP
RP-01	1	60,00	60,00
M-01	1	7,50	7,50
RK-01	1	40,00	40,00
GC-01	1	25,00	25,00
HBF-01	1	3,00	3,00
RD-01	1	15,00	15,00
BM-01	1	15,00	15,00
SCR-01	1	3,00	3,00
PP-01	1	1,00	1,00
PP-02	1	1,50	1,50
PP-03	1	0,50	0,50
PP-04	1	1,50	1,50
Alat Transport Proses	Jumlah	HP	Total HP
SC-01	1	0,5	0,50
SC-02	1	1,0	1,00
SC-03	1	2,0	2,00
SC-04	1	2,0	2,00
CSC-01	1	2,0	2,00
BC-01	1	0,75	0,75
BE-01	1	1,00	1,00
B-01	1	1,00	1,00
B-02	1	1,00	1,00
B-03	1	1,00	1,00
B-04	1	1,00	1,00
			186,25

Tabel 5. 6 Daya Alat Utilitas

Alat	Jumlah	HP	Total HP
PU-01	1	1,50	1,50
PU-02	1	1,50	1,50
PU-03	1	2,00	2,00
PU-04	1	1,50	1,50
PU-05	1	1,50	1,50
PU-06	1	2,00	2,00
PU-07	1	2,00	2,00
PU-08	1	1,50	1,50
PU-09	1	1,50	1,50
PU-10	1	0,75	0,75
PU-11	1	0,75	0,75
PU-12	1	0,33	0,33
PU-13	1	0,33	0,33
PU-14	1	0,33	0,33
PU-15	1	0,50	0,50
PU-16	1	0,50	0,50
PU-17	1	1,50	1,50
PU-18	1	1,50	1,50
PU-19	1	1,50	1,50
PU-DA	1	0,75	0,75
SCBB-01	1	2,00	2,00
SCBB-02	1	2,00	2,00
			27,75

- Kebutuhan listrik total = kebutuhan listrik untuk utilitas + kebutuhan listrik untuk proses
- Kebutuhan listrik total = 27,75 + 186,25
- Kebutuhan listrik total = 214 HP
Diperkirakan kebutuhan listrik untuk alat yang tidak terdiskripsikan sebesar $\pm 20\%$ dari total kebutuhan
- Kebutuhan listrik tidak terdeskripsikan = 42.80 HP
- Maka total kebutuhan listrik adalah = 256,8 HP
- Daya yang dibutuhkan = 191,5 kW

Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik Keseluruhan

Kebutuhan	kW
1. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas	191,5
2. Listrik untuk keperluan penerangan	3,809
3. Listrik untuk AC	20,00
4. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi	10,00
Total	225.304

4.7 Unit penyedia Udara Tekan

Pada unit penyedia udara tekan mempunyai fungsi untuk menyediakan kebutuhan udara yang dibutuhkan semua dari alat controller memenuhi kebutuhan udara tekan untuk alat-alat yang bekerja dengan prinsip pneumatic terutama alat-alat kontrol. Pada dasarnya, proses yang terjadi pada unit ini adalah mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit instrumen udara. Kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 37,3824 m³/jam dengan tekanan 5,428 atm.

4.8 Unit Penyedia Bahan Bakar

Pada unit penyedia bahan bakar digunakan untuk bahan bakar pada generator dan alat *Rotary kiln*, bahan bakar untuk generator menggunakan HSDO dan bahan bakar pada alat *Rotary Kiln* adalah batu bara. Bahan bakar tersebut bisa didapatkan di perusahaan yang bergerak dibidang penambangan yaitu PT Pertamina untuk bahan bakar HSDO (*High Speed Diesel Oil*) dan PT Bukit Asam untuk batubara, pertimbangan pemilihan bahan bakar HSDO dan batu bara yaitu

- Ekonomis
- Mudah untuk didapatkan

4.9 Unit Pengolahan Limbah

Limbah merupakan bahan sisa buangan dari suatu proses produksi industry pabrik yang sudah tidak terpakai lagi. Pengolahan limbah pabrik karbon aktif terbagi menjadi tiga jenis yaitu limbah cair, limbah gas dan limbah padat. Limbah dari proses produksi pabrik harus dikondisikan agar tidak terjadi pencemaran lingkungan seperti kematian ikan, merusak tanaman, keracunan pada hewan maupun gangguan kesehatan manusia. Limbah ini diolah di Unit

Pengolahan Limbah yang menghasilkan sebagai berikut

4.9.1 Limbah Cair

Limbah cair adalah suatu limbah yang sudah terbuang oleh proses produksi dan tidak digunakan lagi yang berupa cairan terutama suatu senyawa organik yang tidak bisa diuraikan mikroorganisme di Alam dan dihasilkan dari arus keluaran unit *horizontal bed filter* yang berupa larutan *slurry*. *Slurry* tersebut ada berupa campuran H₂O, *Ash* terlarut dan kalium hidroksida (KOH). Limbah ini kemudian diolah dengan cara diendapkan selama waktu 1 x 24 jam dengan penambahan Asam Klorida Selanjutnya H₂O yang telah netral dibuang kembali ke sungai, limbah lainnya berasal dari :

- Limbah Air berminyak dari pompa

Limbah ini berasal dari buangan proses pelumas pada alat pompa, dalam pemisahan limbah ini yaitu berdasarkan berat jenis, minyak yang dibagian atas dialirkan menuju ke tungku pembakaran. Dan air yang dibagian bawah dialirkan ke tempat akhir penambungan yang selanjutnya dibuang kembali

- Limbah sanitasi

Limbah sanitasi merupakan air hasil buangan dari air limbah domestik yang dipakai sebagai keperluan pabrik maupun perkantoran seperti air masak, pencucian, kamar mandi dan lain-lain. Untuk penanganan Limbah ini dilakukan didalam unit stabilisasi yang menggunakan lumpur aktif dan diinjeksi klorin.

4.9.2 Limbah Gas

Limbah gas merupakan limbah yang berbentuk gas, Adanya limbah gas mengakibatkan pencemaran udara dan polusi udara maka dari itu limbah ini harus dapat dikendalikan. Salah satu limbah dari pabrik ini adalah berasal dari gas keluaran dari unit *Rotary pyrolizer* dan unit *Rotary Kiln* berupa gas hasil penguraian biomassa dan gas hasil aktivasi karbon. Gas ini mempunyai komponen hidrokarbon yang dialirkan menuju *condensor* untuk di ubah sebagian menjadi *bio-oil*. Kemudian sisi lain dari gas pemanas dialirkan

menuju *flare* untuk di bakar. Gas yang dihasilkan dari *Roratory kiln* berupa gas hasil pembakaran yaitu CO₂ dan H₂O. serta N₂ yang berasal dari udara masuk kiln yang tidak ikut bereaksi dalam pembakaran. Gas – gas tersebut keluar bersamaan dengan gas hasil reaksi aktivasi karbon aktif, yaitu gas H₂, K, dan H₂O. Campuran gas tersebut selanjutnya digunakan sebagai pemanas udara untuk unit *Rotary Dryer* sebelum diumpankan ke *Condensor*.

4.9.3 Limbah padat

Limbah padat merupakan limbah yang mempunyai bentuk fisik yang tidak mudah terurai, hasil limbah dari pabrik ini yaitu berupa *Ash* hasil pembakaran di *Rotary pyrolizer*. Limbah padat hasil buangan akan dikumpulkan terlebih dahulu yang kemudian akan diolah menjadi pupuk organik dan limbah padat lainnya berasal dari utilitas yaitu lumpur sisa dari sedimentasi, lumpur tersebut dibiarkan hingga mengeras sendiri di *landfield*

4.10 Spesifikasi Utilitas

Tabel 5. 8 Spesifikasi *Stockpile* Batu Bara

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Stockpile</i>
Kode	STP - 01
Fungsi	Tempat untuk menampung batubara dari truck
Tipe/jenis	Lapangan Terbuka <i>Coned Pile</i>
Jumlah	1
Dimensi	
Volume	: 77.597 m ³
Tinggi	: 3 m
Diameter	: 10 m
Jari-jari	: 5 m
Panjang sisi cone	: 5.83 m
Luas permukaan	: 170 m ²
Kemiringan	: 31 ^o
Kapasitas Tampung	: 141058 kg

Tabel 5. 9 Spesifikasi *Screw Conveyer* (Batu Bara)

Spesifikasi umum		
Nama alat	<i>Screw Conveyer</i> Batu Bara	<i>Screw Conveyer</i> Batu Bara
Kode	SB-01	SB-02
Fungsi	Memindahkan Batu Bara ke ruang pembakaran	Memindahkan Batu Bara ke ruang pembakaran
Jenis	<i>Screw Conveyer</i> Tertutup	<i>Screw Conveyer</i> Tertutup
Bahan Kontruksi	<i>Carbon Steel</i> SA 28 Grade C	<i>Carbon Steel</i> SA 28 Grade C
Jumlah	1	1
Harga	Rp 62.136.779	Rp 62.136.779
Kondisi operasi		
Tekanan	1 atm	1 atm
suhu	30,000 °C	105,070 °C
Dimensi		
Panjang	15 ft	15 ft
Diameter	9 in	9 in
Screw		
Kecepatan	40 rpm	40 rpm
Power motor	2 HP	2 HP

Tabel 5. 10 Spesifikasi Hopper (Bin batu bara)

Spesifikasi umum		
Nama alat	Hopper (Batu bara)	Hopper (Batu bara)
Kode	H-01	H-02
Fungsi	Menampung Batubara untuk pembakaran	Menampung Batubara untuk pembakaran
Jenis	<i>Rotary Pyrolizer</i> Tangki silinder dengan Conical Bottom	<i>Rotary Kiln</i> Tangki silinder dengan Conical Bottom
Bahan Kontruksi	SA – 283 grade C	SA – 283 grade C
Jumlah	1	1
Harga	Rp. 96.475.525	Rp. 96.475.525
Kondisi operasi		
Tekanan	: 1 atm	: 1 atm
Suhu	: 30 °C	: 30 °C
Dimensi		
Diameter	: 0.431 m	: 1.540 m
Tinggi H1	: 0.124 m	: 0.124 m
Tinggi H2	: 1.444 m	: 1.444 m
Tebal	: 0,25 in	: 0,25 in
Volume,	: 3.145 m ³	: 10.181 m ³
Head		
Tinggi total,m	: 1.860 m	: 2.754 m
Tebal,in	: 0,25 in	: 0,25 in

4.10.1 Perancangan Alat Pengolahan air

Tabel 5. 11 Spesifikasi *Screening* / Saringan

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Screening / Saringan</i>
Kode	<i>(FU-01)</i>
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar, misalnya: daun, ranting, dan sampah-sampah lainnya.
Bahan	Alumunium
Jumlah	1
Harga	Rp 306.383.375
Dimensi	
Diameter lubang saringan	: 1 cm
Panjang saringan	: 10 ft
Lebar saringan	: 8 ft
Jumlah air yang diolah	: 8.481,3675 kg/jam

Tabel 5. 12 Spesifikasi *Reservoir / Sedimentasi*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Reservoir/Sedimentasi</i>
Kode	<i>(RU-01)</i>
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi
Jumlah	: 1
Waktu tunggal	: 6 jam
Bentuk	: seperti balok
Bahan	: beton bertulang
Volume	: 62,8867 m ³
Waktu tinggal	: 6 jam
Over design	: 20 %
Dimensi Bak	
Tinggi	: 2,5051 m
Panjang	: 5,0103 m
Lebar	: 5,0103 m
Kapasitas bak pengendapan	: 10,4811 m ³ /jam
Harga	: Rp 64.802.120

Tabel 5. 13 Spesifikasi Rangkaian *Reverse Osmosis*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Reverse Osmosis</i>
Kode	<i>(RO-01)</i>
Fungsi	Proses desalinasi air laut dengan membran sebagai media penyaringnya
Jumlah	: 1
Bahan	: Stainless Steel SA 167
Volume	: 14,9959 m ³
Jumlah Housing	: 8
Jumlah Membran	: 3
Harga	: Rp 38.491.200

Tabel 5. 14 Spesifikasi *Bak koagulasi dan flokulasi*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Bak koagulasi dan flokulasi</i>
Kode	<i>(BU-01)</i>
Fungsi	Mengendapkan kotoran yang berupa koloid dalam air dengan menambahkan koagulan, untuk menggumpalkan kotoran.
Volume bak	: 14,9959 m ³
Waktu pengendapan	: 1 jam
Jumlah	: 1
Dimensi bak	
Diameter bak	: 2,6732 m
Tinggi	: 2,6732 m
Bentuk bak	: Silinder tegak
Jenis pengaduk	
Jenis pengaduk	: <i>marine propeller 3 blade</i>
Diameter impeller	: 2.9235 ft
Jarak impeller	: 2.1926 ft
Jarak cairan dalam tangki	: 7.8934 ft
Jumlah <i>baffle</i>	: 4 buah
Lebar <i>baffle</i>	: 0.2923 ft
Jumlah impeller	: 1.0000
Power Motor	: 2.000 HP
Harga	: Rp 64.802.120

Tabel 5. 15 Spesifikasi *Tangki Larutan Alum*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Tangki Larutan Alum (tawas)</i>
Kode	<i>(TU-01)</i>
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5%
Jumlah	: 1
Keb 5% larutan alum	: 0.4589 kg
Waktu penyimpanan	: 8 minggu
Konsentrasi alum dalam air	: 425 ppm
Bentuk	: Silinder tegak
Over design	: 20 %
Volume alum	: 0.5383 m ³
Diameter	: 0.6999 m
Tinggi	: 1.3998 m
Harga	: Rp 51.132.028

Tabel 5. 16 Spesifikasi Bak pengendap I

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Bak pengendap I</i>
Kode	<i>(BU-02)</i>
Fungsi	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)
Jumlah	: 1
Waktu tunggal	: 6 jam
Bentuk	: bak persegi
Bahan	: beton bertulang
Volume	: 90,0521 m ³
Over design	: 20 %
Dimensi Bak	
Tinggi	: 2,8237 m
Panjang	: 5,6473 m
Lebar	: 5,6473 m
Kapasitas bak pengendapan	: 15,0087 m ³ /jam
Harga	: Rp 64.802.120

Tabel 5. 17 Spesifikasi Bak pengendap II

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Bak pengendap II</i>
Kode	<i>(BU-03)</i>
Fungsi	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi ke 2)
Jumlah	: 1
Waktu tunggal	: 6 jam
Bentuk	: bak persegi
Bahan	: beton bertulang
Volume	: 77.4164 m ³
Over design	: 20 %
Dimensi Bak	
Tinggi	: 2,7758 m
Panjang	: 5,5516 m
Lebar	: 5,5516 m
Kapasitas bak pengendapan	: 14,2582m ³ /jam
Harga	: Rp 64.802.120

Tabel 5. 18 Spesifikasi *Sand Filter (FU-02)*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Sand Filter (FU-02)</i>
Kode	<i>(FU-02)</i>
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai.
Jumlah	: 1
Kecepatan penyaringan	: 3 gpm/ft ²
Diameter partikel material	: 0,0394 in
Tinggi lapisan pasiran	: 1,4928 m
Luas permukaan	: 1,5732 m ²
Dimensi Bak penyaringan	
Volume	: 2,8182 m ³
Tinggi	: 0,8898 m
Panjang	: 1,7797 m
Lebar	: 1,7797 m
Harga	: Rp 49.055.352

Tabel 5. 19 Spesifikasi Bak Penampung Sementara (BU-04)

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Bak Penampung Sementara</i>
Kode	<i>(BU-04)</i>
Fungsi	Menampung sementara raw water setelah disaring di sand filter
Jumlah	: 1
Waktu tunggal	: 1 jam
Bentuk	: bak persegi
Bahan	: beton bertulang dan dilapisi porselin
Volume	: 12,8571 m ³
Over design	: 20 %
Dimensi Bak	
Tinggi	: 1,4758 m
Panjang	: 2,9516 m
Lebar	: 2,9516 m
Kapasitas bak penampungan	: 10,7143 m ³ /jam
Harga	: Rp 42.138.547

4.10.2 Pengolahan Air Sanitasi (*Domestic Water*)

Tabel 5. 20 Spesifikasi *Tangki Klorinasi (TU-02)*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Tangki Klorinasi (TU-02)</i>
Kode	<i>(TU-02)</i>
Fungsi	mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga
Jumlah	: 1
Waktu tinggal	: 1 jam
Bentuk	: tangki silinder berpengaduk
Over design	: 20%
Dimensi tangki klorinasi	
Volume	: 1,2972 m ³
Diameter	: 1,1823 m
Tinggi	: 1,1823 m
Kapasitas	: 1.0810 m ³ /jam
Harga	: Rp 488.918.338

Tabel 5. 21 Spesifikasi *Tangki Kaporit (TU-03)*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Tangki Kaporit (TU-03)</i>
Kode	<i>(TU-03)</i>
Fungsi	Menampung kebutuhan kaporit sebelum dimasukkan kedalam tangki Klorinasi (TU-01)
Jumlah	: 1
Waktu tunggal	: 4 minggu
Bentuk	: tangki silinder tegak, di letakkan lebih tinggi dari <i>tangki klorinasi (TU-02)</i> dan di lengkapi dengan valve
Kebutuhan kaporit	: 0.0078 kg/jam
Kebutuhan kaporit (30hr)	: 5.5958 kg
Over design	: 20%
Dimensi tangki klorinasi	
Volume	: 0.0029 m ³
Diameter	: 0.1538 m
Tinggi	: 0.1538 m
Harga	: Rp 50.690.530

Tabel 5. 22 Spesifikasi *Tangki Air Bersih (TU-04)*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Tangki Air Bersih (TU-04)</i>
Kode	<i>(TU-04)</i>
Fungsi	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga
Jumlah	: 1
Waktu tunggal	: 24 jam
Bentuk	: tangki silinder tegak
Over design	: 20%
Dimensi tangki	
Volume	: 31.1328 m ³
Diameter	: 3.4102 m
Tinggi	: 3.4102m
Kapasitas	: 1.0810 m ³ /jam
Harga	: Rp 727.654.383

4.10.3 Pengolahan service water

Tabel 5. 23 Spesifikasi *Tangki Service Water (TU-05)*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Tangki Service Water (TU-05)</i>
Kode	<i>(TU-05)</i>
Fungsi	Menampung air untuk keperluan layanan umum
Jumlah	: 1
Waktu tunggal	: 24 jam
Bentuk	: tangki silinder tegak
Over design	: 20%
Dimensi tangki	
Volume	: 19.7063 m ³
Diameter	: 2.9281 m
Tinggi	: 2.9281 m
Kapasitas	: 0.6842 m ³ /jam
Harga	: Rp 528.162.620

Tabel 5. 24 Spesifikasi *Tangki Air Bertekanan (TU-06)*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Tangki Air Bertekanan</i>
Kode	<i>(TU-06)</i>
Fungsi	Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum
Jumlah	: 1
Waktu tunggal	: 24 jam
Bentuk	: tangki silinder tegak
Over design	: 20%
Dimensi tangki	
Volume	: 19.7063 m ³
Diameter	: 2.9281 m
Tinggi	: 2.9281 m
Kapasitas	: 0.6842 m ³ /jam
Harga	: Rp 528.162.620

4.10.4 Pengolahan air pendingin

Tabel 5. 25 Spesifikasi Bak air pendingin (BU-05)

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Bak air pendingin</i>
Kode	<i>(BU-05)</i>
Fungsi	Menampung kebutuhan air pendingin
Jumlah	: 1
Waktu tunggal	: 1 jam
Bentuk	: Bak persegi panjang
Over design	: 20%
Dimensi bak	
Volume	: 7,9721 m ³
Tinggi	: 1.2585 m
Panjang	: 2,5169 m
Lebar	: 2.5169 m
Kapasitas	: 6,6434 m ³ /jam
Harga	: Rp 269.608.213

Tabel 5. 26 Spesifikasi *Cooling Tower (CT-01)*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Cooling Tower</i>
Kode	<i>(CT-01)</i>
Fungsi	Mendinginkan kembali air pendingin
Jumlah	: 1
Luas tower	: 1.0438 m ²
mass velocity liquid	: 1.333,6041 lb/jam.ft ²
Kebutuhan udara	: 158.428,6074 ft ³ /jam
Dimensi cooling tower	
Tinggi	: 1.6866 m
Panjang	: 2.4992 m
Lebar	: 2.4992 m
Difusi unit	
H1	: 44.1000 Btu/lb udara
H2	: 67.5000 Btu/lb udara
Tinggi difusi	
tinggi unit difusi	: 0.8130 m
Jumlah spray	: 10 buah
Kecepatan 110olumetric udara	: 1.025.8493 lb/jam.ft ²
Harga	: Rp 269.608.213

Tabel 5. 27 Spesifikasi *Blower Cooling Tower (BL-01)*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Blower Cooling Tower</i>
Kode	<i>(BL-01)</i>
Fungsi	menghisap udara sekeliling untuk pendinginan air
Jumlah	: 1
Kebutuhan udara	: 158.428,6074 ft ³ /jam
Suhu	: 30 °C
Tekanan	: 16.5372 psi
Power motor	: 0.5000 Hp
Harga	: Rp 377.104.840

4.10.5 Pengolahan air proses

Tabel 5. 28 Spesifikasi *Mixed Bed (TU-07)*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Mixed Bed (TU-07)</i>
Kode	<i>(TU-07)</i>
Fungsi	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl,SO ₄ , dan NO ₃ .
Jumlah	: 1
Waktu tinggal	: 10 jam
Bentuk	: tangki silinder tegak
Over design	: 20%
Dimensi	
Volume bed	: 0.1677 m ³
Diameter tangki	: 0.4902 m
Tinggi bed	: 0,8890 m
Kapasitas	: 10,1514gpm
Harga	: Rp 323.012.988

Tabel 5. 29 Spesifikasi *Tangki Na₂SO₄ (TU-08)*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Tangki Na₂SO₄</i>
Kode	<i>(TU-08)</i>
Fungsi	Menampung Na ₂ SO ₄ yang akan digunakan untuk meregenerasi kation exchanger
Jumlah	: 1
Waktu tinggal	: 90 regenerasi
Bentuk	: tangki silinder tegak, di letakkan lebih tinggi dari mixed bed dan di lengkapi dengan valve
Over design	: 20%
Dimensi tangki	
Volume	: 0,005 m ³
Diameter	: 0,8856 m
Tinggi	: 0,8856 m
Kapasitas	: 0.6842 m ³ /jam
Harga	: Rp 39.734.835

Tabel 5. 30 Spesifikasi *Tangki Air Demin (TU-09)*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Tangki Air Demin</i>
Kode	<i>(TU-09)</i>
Fungsi	Menampung air bebas mineral sebagai air proses
Jumlah	: 1
Waktu tinggal	: 24 jam
Bentuk	: tangki silinder tegak
Over design	: 20%
Dimensi tangki	
Volume	: 67,9307 m ³
Diameter	: 4,4232 m
Tinggi	: 4,4232 m
Kapasitas	: 2,3587 m ³ /jam
Harga	: Rp 750.546.880

Tabel 5. 31 Spesifikasi *Tangki N₂H₄ (TU-10)*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Tangki N₂H₄</i>
Kode	<i>(TU-10)</i>
Fungsi	Menampung air N ₂ H ₄
Jumlah	: 1
Waktu tinggal	: 2 bulan
Bentuk	: tangki silinder tegak, di letakkan lebih tinggi dari <i>deaerator (De-01)</i> dan dilengkapi dengan valve
Over design	: 20%
Dimensi tangki	
Volume	: 1,4385 m ³
Diameter	: 1,2237 m
Tinggi	: 1,2237 m
Harga	: Rp 750.546.880

Tabel 5. 32 Spesifikasi *Deaerator (De-01)*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Deaerator</i>
Kode	<i>(DE-01)</i>
Fungsi	Menghilangkan CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam <i>Feed Water</i>
Jumlah	; 1
Waktu tinggal	: 1 jam
Bentuk	: Tangki silinder tegak
Over design	: 20%
Dimensi tangki	
Volume	: 2,7668 m ³
Diameter	: 1,5218 m
Tinggi	: 1,5218 m
Kapasitas	: 2,3056 m ³ /jam
Harga	: Rp 12.901.557

Tabel 5. 33 Spesifikasi *Tangki Dowtherm A (TDA-01)*

Spesifikasi umum	
Nama alat	<i>Tangki Dowtherm A</i>
Kode	<i>(TDA-01)</i>
Fungsi	Menampung <i>Dowtherm A</i> untuk keperluan pendingin
Jumlah	: 1
Waktu tinggal	: 24 jam
Bentuk	: Tangki silinder tegak
Over design	: 20%
Dimensi tangki	
Volume	: 144,1164 m ³
Diameter	: 5,6835 m
Tinggi	: 5,6835 m
Kapasitas	: 5,004 m ³ /jam
Harga	: Rp 142.162.409

Tabel 5. 34 Spesifikasi Pompa Utilitas

Parameter	P-01	P-02	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai menuju screening	Mengalirkan air sungai dari screening ke Reservoir/Sedimentasi (RU-01)	Mengalirkan air dari Bak Reservoir (RU-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-01)	Mengalirkan air dari Tangki Alum (TU-01) menuju ke Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-01)
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
Jumlah	1	1	1	1
Dimensi Pipa :				
IPS	3.00 in	3.00 in	3.00 in	0.125 in
Sch. No.	40	40	40	40
OD	3.5 in	3.5 in	3.5 in	0.410 in
ID	3.068 in	3.068 in	3.068 in	0.269 in
Head pompa				
Friction head	1.4634 ft.lbf/lbm	1.6215 ft.lbf/lbm	3.3250 ft.lbf/lbm	1.4634 ft.lbf/lbm
Pressure head	0.00	0.00	0.00	0.00
Potential head	39.3701 ft	39.3701 ft	39.3701 ft	39.3701 ft
Velocity head	40.9046 ft.lbf/lbm	41.0704ft.lbf/lbm	42.8566 ft.lbf/lbm	16.4042 ft.lbf/lbm
Efisiensi motor	80 %	80 %	80 %	80 %
Motor standar	1.5 Hp	1.5 Hp	2 Hp	1.5 Hp
Harga	Rp 104.651.417	Rp 104.651.417	Rp 104.651.417	Rp 104.651.417

Tabel 5. 35 Spesifikasi Pompa Utilitas

Parameter	P-05	P-06	P-07	P-08
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-01) menuju ke Bak Pengendap I (BU-02)	Mengalirkan air dari bak pengendap I (BU-02) menuju bak pengendap II (BU-03)	Mengalirkan air dari bak pengendap II (BU-03) menuju ke sand filter (F-01)	Mengalirkan air dari sand filter (F-01) menuju ke bak Penampung Sementara (BU-04)
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
Jumlah	1	1	1	1
Dimensi Pipa :				
IPS	3.00 in	3.00 in	3.00 in	3.00 in
Sch. No.	40	40	40	40
OD	3.5 in	3.5 in	3.5 in	3.5 in
ID	3.068 in	3.068 in	3.068 in	3.068 in
Head pompa				
Friction head	3.3250 ft.lbf/lbm	3.0008 ft.lbf/lbm	2.7082 ft.lbf/lbm	2.4442 ft.lbf/lbm
Pressure head	0.00	0.00	0.00	0.00
Potential head	32.8084 ft	39.3701 ft	39.3701 ft	32.8084 ft
Velocity head	36.2949 ft.lbf/lbm	42.5167 ft.lbf/lbm	42.2099 ft.lbf/lbm	35.3713 ft.lbf/lbm
Efisiensi motor	80 %	80 %	80 %	80 %
Motor standar	1.5 Hp	2 Hp	2 Hp	1.5 Hp
Harga	Rp 104.651.417	Rp 124.273.558	Rp 124.273.558	Rp 104.651.417

Tabel 5. 36 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

Parameter	P-09	P-10	P-11	P-12
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Penampung Sementara (BU-04) menuju ke area kebutuhan air	Mengalirkan air dari tangki klorinasi (TU-02) ke tangki air bersih (TU-04)	Mengalirkan air dari tangki air bersih menuju area domestik	Mengalirkan air dari Tangki air servis (TU-05) Menuju ke Tangki Air bertekanan (TU-06)
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
Jumlah	1	1	1	1
Dimensi Pipa :				
IPS	3.00 in	1.00 in	1.00 in	1.00 in
Sch. No.	40	80	80	40
OD	3.5 in	1.320 in	1.320 in	1.320 in
ID	3.068 in	0.957 in	0.957 in	1.049 in
Head pompa				
Friction head	3.0008 ft.lbf/lbm	7.2343 ft.lbf/lbm	7.2343 ft.lbf/lbm	0.7558 ft.lbf/lbm
Pressure head	0.00	0.00	0.00	0.00
Potential head	32.8084 ft	24.6063 ft	24.6063 ft	9.8425 ft
Velocity head	35.3713 ft.lbf/lbm	31.9417 ft.lbf/lbm	31.9417 ft.lbf/lbm	12.6264 ft.lbf/lbm
Efisiensi motor	80 %	80 %	80 %	80 %
Motor standar	1.5 Hp	0.75 Hp	0.75 Hp	0.33 Hp
Harga	Rp 104.651.417	Rp 50.690.530	Rp 50.690.530	Rp 50.690.530

Tabel 5. 37 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

Parameter	P-17	P-18	PDA-01	PDA-02
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki air demin (TU-09) menuju ke Tangki Deaerator (De-01)	Mengalirkan air dari tangki air demin (TU-09) menuju ke Tangki air Proses (T-01)	Mengalirkan dowtherm A dari tangki dowtherm (TDA-01) A menuju Condensor (CD-01)	Mengalirkan dowtherm A dari Condensor (CD-01) menuju Tangki dowtherm A (TDA-01)
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
Jumlah	1	1	1	1
Dimensi Pipa :				
IPS	1.25 in	1.25 in	2.00 in	2.00 in
Sch. No.	40	40	40	40
OD	1.380 in	1.380 in	2.380 in	2.380 in
ID	1.278 in	1.278 in	2.067 in	2.067 in
Head pompa				
Friction head	3.1974 ft.lbf/lbm	3.1974 ft.lbf/lbm	2.9338 ft.lbf/lbm	2.9338 ft.lbf/lbm
Pressure head	0.00	0.00	0.00	0.00
Potential head	26.2467 ft	26.2467 ft	39.3701 ft	39.3701 ft
Velocity head	29.5887 ft.lbf/lbm	29.5887 ft.lbf/lbm	42.4034 ft.lbf/lbm	42.4034 ft.lbf/lbm
Efisiensi motor	80 %	80 %	80 %	80 %
Motor standar	1.5 Hp	1.5 Hp	0.75 Hp	0.75 Hp
Harga	Rp 58.866.422	Rp 58.866.422	Rp 58.866.422	Rp 58.866.422

Tabel 5. 38 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

Parameter	P-13	P-14	P-15	P-16
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki air bertekanan (TU-06) menuju ke area kebutuhan servis	Mengalirkan air dari bak air dingin (BU-05) menuju ke Cooling tower (CT-01)	Mengalirkan air dari cooling tower (CT-01) menuju recycle dari bak air dingin (BU-05)	Mengalirkan air dari mixed bed (TU-07) menuju ke Tangki air Demin (TU-09)
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
Jumlah	1	1	1	1
Dimensi Pipa :				
IPS	1.00 in	2.50 in	2.50 in	1.25 in
Sch. No.	40	40	40	40
OD	1.320 in	2.880 in	2.880 in	1.380 in
ID	1.049 in	2.469 in	2.469 in	1.278 in
Head pompa				
Friction head	0.7558 ft.lbf/lbm	1.4204 ft.lbf/lbm	1.4204 ft.lbf/lbm	3.1974 ft.lbf/lbm
Pressure head	0.00	0.00	0.00	0.00
Potential head	9.8425 ft	9.8425 ft	16.4042 ft	26.2467 ft
Velocity head	10.6264 ft.lbf/lbm	11.3870 ft.lbf/lbm	17.9487 ft.lbf/lbm	29.5887 ft.lbf/lbm
Efisiensi motor	80 %	80 %	80 %	80 %
Motor standar	0.33 Hp	0.33 Hp	0.5 Hp	1.5 Hp
Harga	Rp 50.690.530	Rp 104.651.417	Rp104,651,417	Rp 58.866.422

BAB V

EVALUASI EKONOMI

Pada evaluasi ekonomi perancangan pabrik karbon aktif merupakan salah satu aspek yang sangat penting dalam pendirian suatu pabrik. Dengan dilakukannya evaluasi ekonomi bisa untuk memperkirakan modal investasi untuk mengetahui apakah pabrik yang sedang dirancang layak atau tidak jika didirikan. Salah satu bagian penting dari perancangan pabrik ini adalah estimasi harga dari alat – alat yang akan digunakan dalam kebutuhan pabrik, karena harga alat tersebut digunakan sebagai dasar patokan untuk estimasi evaluasi analisa ekonomi tentang kelayakan investasi penanaman modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik karbon aktif dengan melihat kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang akan diperoleh kedepannya, lamanya modal penanaman investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas atau balik modal. Hal –hal yang perlu ditinjau atau di analisa pada perancangan pabrik karbon aktif ini antara lain :

1. *Profitability*
2. *Percent Return of Investment (ROI)*
3. *Pay Out Time (POT)*
4. *Break Even Point (BEP)*
5. *Shut Down Point (SDP)*
6. *Discounted Cash Flow (DCF)*

Untuk meninjau lebih lanjut faktor - faktor di atas perlu dilakukan penafsiran terhadap beberapa faktor yaitu :

1. Penafsiran modal industri (*Total Capital Investment*), yang terdiri dari:
 - *Fixed Capital Investment* (Modal tetap)
 - *Working Capital* (Modal Kerja)
2. Penentuan biaya produksi total (*Production Costs*), yang terdiri dari:
 - Biaya pengeluaran (*Manufacturing Costs*)
 - Biaya pengeluaran Umum (*General Expense*)
3. Total Pendapatan penjualan produk karbon aktif

5.1 Harga alat

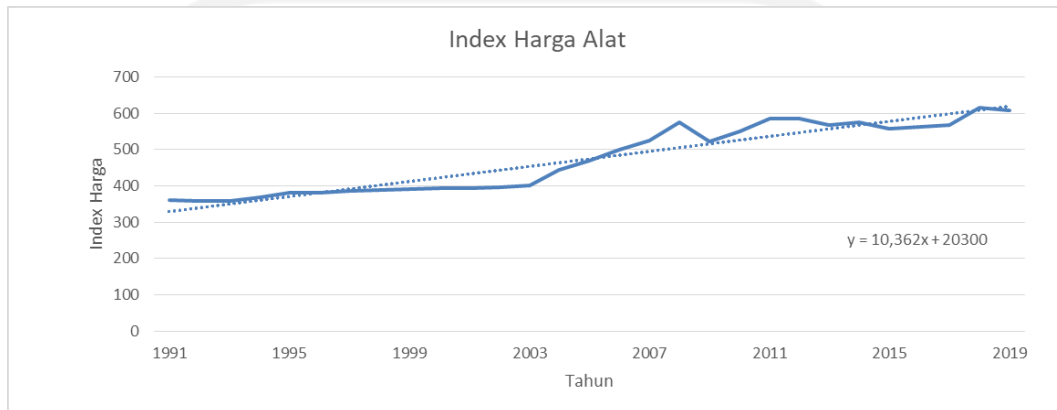
Harga peralatan akan mengalami perubahan seiring dengan perubahan ekonomi. Untuk mengetahui harga peralatan pada tahun tertentu dapat dilakukan perhitungan konversi harga alat sekarang terhadap harga alat beberapa tahun yang lalu. Indeks harga pada tahun 2025 dapat diperkirakan menggunakan garis linier data indeks pada tahun 1991 hingga 2019 yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 6. 1 indeks harga pada tahun 1991 hingga 2019

No	Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
1	1991	361.3
2	1992	358.2
3	1993	359.2
4	1994	368.1
5	1995	381.1
6	1996	381.7
7	1997	386.5
8	1998	389.5
9	1999	390.6
10	2000	394.1
11	2001	394.3
12	2002	395.6
13	2003	402
14	2004	444.2
15	2005	468.2
16	2006	499.6
17	2007	525.4
18	2008	575.4
19	2009	521.9
20	2010	550.8
21	2011	585.7
22	2012	584.6
23	2013	567.3
24	2014	576.1
25	2015	556.8
26	2016	561.7
27	2017	567.5
28	2018	614.6
29	2019	607.5

(Sources : www.chemengonline.com/pci)

Dari data diatas, maka persamaan regresi linear yang diperoleh adalah $y = 10,362x - 20300$. Pabrik karbon aktif dari cangkang kelapa sawit kapasitas 10.000 ton/tahun akan didirikan pada tahun 2023 dan beroperasi pada tahun 2025. Dari persamaan regresi linear tersebut diperoleh indeks sebesar 683,050. Grafik plotting data dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 6. 1 Grafik indeks harga alat

Harga alat pada pabrik karbon aktif diperoleh dari situs matches (www.matche.com) serta dari beberapa referensi lainnya. Perhitungan alat pada tahun 2025 saat pabrik didirikan diperoleh dengan rumus berikut :

$$Ex = \left(\frac{Nx}{Ny} \right) Ey \quad (\text{Aries \& Newton})$$

Keterangan :

Ex : Harga tahun pembelian

Ey : Harga pembelian alat pada tahun referensi

Nx : Indeks harga pada tahun pembelian

Ny : Indeks harga pada tahun referensi

5.1.1 Dasar Perhitungan

Dasar perhitungan yang digunakan dalam analisis ekonomi pabrik natrium nitrat ini adalah :

1. Kapasitas produksi : 10.000 ton/tahun
2. Satu tahun operasi : 330 hari

3. Pabrik didirikan tahun: 2023
4. Pabrik didirikan tahun: 2025
5. Nilai kurs mata uang : \$1 = Rp 14.223
6. Umur alat : 10 tahun

5.2 Perkiraan harga alat

Perkiraan harga alat di bagi menjadi 2 bagian yaitu perkiraan harga alat untuk proses dan perkiraan harga alat untuk utilitas. Berikut perkiraan harga alat yang akan digunakan dalam pra rancangan pabrik karbon aktif :

Tabel 6. 2 Perkiraan Harga Alat Proses

No.	Nama Alat	Jumlah	Dalam USD	Dalam Rupiah
1	Gudang 01 (PKS)	1	\$ 85.443,62	Rp1.215.264.579
2	Gudang 02 (Produk)	1	\$ 61.174,04	Rp870.078.421
3	<i>Screw Conveyor</i> - 01	1	\$ 4.828,62	Rp68.677.492
4	<i>Screw Conveyor</i> - 02	1	\$ 4.368,75	Rp62.136.779
5	<i>Screw Conveyor</i> - 03	1	\$ 4.368,75	Rp62.136.779
6	<i>Screw Conveyor</i> - 04	1	\$ 4.368,75	Rp62.136.779
7	<i>Cooling Screw Conveyor</i> -01	1	\$ 4.129,20	Rp58.729.634
8	<i>Belt Conveyor</i> - 01	1	\$ 18.969,59	Rp269.804.434
9	<i>Bucket Elevator</i> – 01	1	\$ 11.726,65	Rp166.788.196
10	<i>Hopper</i> (PKS) – 01	1	\$ 13.451,16	Rp191.315.871
11	<i>Hopper</i> (KOH) – 02	1	\$ 12.646,39	Rp179.869.623
12	<i>Hopper</i> (Karbon Aktif) – 03	1	\$ 54.839,35	Rp779.980.091
13	Pompa - 01 (<i>Air Mixer</i>)	1	\$ 3.678,95	Rp52.325.708
14	Pompa - 02 (KOH 60%)	1	\$ 4.828,62	Rp68.677.492
15	Pompa - 03 (Air HBF)	1	\$ 3.678,95	Rp52.325.708
16	Pompa – 04 (<i>Accumulator</i>)	1	\$ 3.678,95	Rp52.325.708
16	<i>Condensor</i> - 01	1	\$ 47.711,39	Rp678.599.031

17	<i>Cooler - 01</i>	1	\$ 40.813,35	Rp580.488.328
18	<i>Heat Exchanger - 01</i>	1	\$ 1.954,44	Rp27.798.033
19	<i>Mixer - 01</i>	1	\$ 87.719,97	Rp1.247.641.111
20	<i>Rotary Pyrolyzer - 01</i>	1	\$ 582.217,42	Rp8.280.878.429
21	<i>Rotary Kiln - 01</i>	1	\$ 643.123,15	Rp9.147.140.534
22	<i>Grate Cooler - 01</i>	1	\$ 321.561,57	Rp4.573.570.267
23	<i>Horizontal Belt Filter - 01</i>	1	\$ 51.615,02	Rp734.120.428
24	<i>Rotary Dryer - 01</i>	1	\$ 186.936,66	Rp2.658.800.060
25	<i>Ball Mill - 01</i>	1	\$ 105.884,78	Rp1.505.999.296
26	<i>Screener - 01</i>	1	\$ 23.913,18	Rp340.117.105
			\$ 2.389.631,30	
Total Alat Proses				Rp 33.987.725.917,03

Tabel 6. 3 Perkiraan Harga Alat Utilitas

No.	Nama Alat	Jumlah	Dalam USD	Dalam Rupiah
1	<i>Screening</i>	1	\$ 21.541,40	Rp306.383.375
2	Reservoir	1	\$ 4.556,15	Rp64.802.120
3	Bak Koagulasi dan Flokulasi	1	\$ 4.556,15	Rp64.802.120
4	Bak Pengendap I	1	\$ 4.556,15	Rp64.802.120
5	Bak Pengendap II	1	\$ 4.556,15	Rp64.802.120
6	<i>Sand Filter</i>	1	\$ 3.449,02	Rp49.055.352
7	Bak Air Penampung Sementara	1	\$ 2.962,70	Rp42.138.547
8	Bak Air Pendingin	1	\$ 18.955,79	Rp269.608.213
9	<i>Cooling Tower</i>	1	\$ 18.955,79	Rp269.608.213
10	<i>Blower Cooling Tower</i>	2	\$ 53.027,47	Rp754.209.680
11	Daerator	1	\$ 907,09	Rp12.901.557
13	Tangki Alum	1	\$ 3.595,02	Rp51.132.028

14	Tangki Klorinasi	1	\$ 34.375,19	Rp488.918.338
15	Tangki Kaporit	1	\$ 3.563,98	Rp50.690.530
16	Tangki Air Bersih	1	\$ 51.160,40	Rp727.654.383
17	Tangki <i>Service water</i>	1	\$ 37.134,40	Rp528.162.620
18	Tangki Air Bertekanan	1	\$ 37.134,40	Rp528.162.620
19	<i>Mixed Bed</i>	2	\$ 45.421,22	Rp646.025.977
20	Tangki Na ₂ SO ₄	1	\$ 2.793,70	Rp39.734.835
21	Tangki Air Demin	1	\$ 52.769,94	Rp750.546.880
22	Tangki Hydrazine	1	\$ 3.242,07	Rp46.112.031
23	Pompa Utilitas-01	1	\$ 7.357,90	Rp104.651.417
24	Pompa Utilitas-02	1	\$ 7.357,90	Rp104.651.417
25	Pompa Utilitas-03	1	\$ 7.357,90	Rp104.651.417
26	Pompa Utilitas-04	1	\$ 7.357,90	Rp104.651.417
27	Pompa Utilitas-05	1	\$ 7.357,90	Rp104.651.417
28	Pompa Utilitas-06	1	\$ 8.737,51	Rp124.273.558
29	Pompa Utilitas-07	1	\$ 8.737,51	Rp124.273.558
30	Pompa Utilitas-08	1	\$ 7.357,90	Rp104.651.417
31	Pompa Utilitas-09	1	\$ 7.357,90	Rp104.651.417
32	Pompa Utilitas-10	1	\$ 3.563,98	Rp50.690.530
33	Pompa Utilitas-11	1	\$ 3.563,98	Rp50.690.530
34	Pompa Utilitas-12	1	\$ 3.563,98	Rp50.690.530
35	Pompa Utilitas-13	1	\$ 3.563,98	Rp50.690.530
36	Pompa Utilitas-14	1	\$ 7.357,90	Rp104.651.417
37	Pompa Utilitas-15	1	\$ 7.357,90	Rp104.651.417
38	Pompa Utilitas-16	1	\$ 4.138,82	Rp58.866.422
39	Pompa Utilitas-17	1	\$ 4.138,82	Rp58.866.422

40	Pompa Utilitas-18	1	\$ 4.138,82	Rp58.866.422
41	Pompa Utilitas Dowtherm -21	2	\$ 8.277,64	Rp117.732.844
42	Tangki Dowtherm	1	\$ 9.995,25	Rp142.162.409
43	Kompresor	3	\$ 14.358,25	Rp204.217.429
44	Blower Proses	4	\$ 106.054,9	Rp1.508.419.360
45	Screw Batubara - 01	1	\$ 4.368,75	Rp62.136.779
46	Screw Batubara - 02	1	\$ 4.368,75	Rp62.136.779
47	Bin Batubara - 01	1	\$ 6.783,06	Rp96.475.525
48	Bin Batubara - 02	1	\$ 6.783,06	Rp96.475.525
49	Gudang Batubara	1	\$ 78.097,21	Rp1.110.776.680
50	Generator Output 300kW	1	\$ 266.848,62	Rp3.795.387.931
			\$ 1.015.946,09	
Total Alat Utilitas				Rp 14.449.801.216,61

5.3 Perhitungan biaya

5.3.1 Capital Investment

Capital investment atau disebut juga dengan modal investasi atau sejumlah uang yang harus disiapkan sebelum mendirikan dan menjalankan suatu pabrik. Ada 2 macam *capital investment*, yaitu :

a) *Fixed capital investment*

Fixed Capital Investment yaitu biaya atau modal tetap yang harus dikeluarkan untuk pengadaan fasilitas-fasilitas di suatu pabrik dan alat operasi lainnya

Tabel 6. 4 Physical Plan Cost (PPC)

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya(Rp)	Jumlah Biaya(\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	48.437.527.134	3.405.577,38
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	12.109.381.783	851.394,35
3	<i>Instalation Cost</i>	10.244.310.518	720.263,69
4	<i>Piping Cost</i>	4.796.786.396	337.255,60
5	<i>Instrumentation Cost</i>	6.273.395.369	441.073,99
6	<i>Insulation Cost</i>	2.221.279.335	156.175,16
7	<i>Electrical Cost</i>	4.843.752.713	340.557,74
8	<i>Building Cost</i>	10.783.440.000	758.169,16
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	11.981.600.000	842.410,18
Total		111.691.473.247	7.852.877,3

Tabel 6. 5 Direct Plant Coost (DPC)

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya(Rp)	Jumlah Biaya(\$)
1	<i>Physical Plant Cost</i>	111.691.473.247	7.852.877,3
2	<i>Engineering and Construction</i>	22.338.294.650	1.570.575,45
Total		134.029.767.897	9.423.452,71

Tabel 6. 6 Fixed Capital Investment (FCI)

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya(Rp)	Jumlah Biaya(\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	134.029.767.897	9.423.452,71
2	<i>Cotractor's fee</i>	5.361.190.716	376.938,11
3	<i>Contingency</i>	19.402.976.790	942.345,27
Total		152.793.935.402	10.472.736,09

b) *Working capital investment*

Working capital investment yaitu modal biaya yang diperlukan dalam mendirikan pabrik atau usaha untuk mengoperasikan suatu pabrik selama kurun waktu tertentu.

Ada beberapa sumber modal yang bisa didapatkan dalam pendirian suatu pabrik yaitu bisa dari pinjaman bank, uang pribadi, atau dari pihak investor. Rasio perbandingan antara uang pribadi dengan pinjaman dari bank tergantung dari jumlah uang sendiri dan uang pinjaman bisa menggunakan sharing profit atau sebesar 40:60 atau 30:70 atau perbandingan lainnya menyesuaikan dari uang yang ditanamkan. Tujuan akhir dari penanaman modal adalah mendapatkan keuntungan dari modal yang sudah ditanam, beberapa ciri-ciri investasi yang baik yaitu :

- a) Bisa menghasilkan laba yang maksimum
- b) Investasi yang cepat kemabali
- c) Menganut hukum yang baik, teknologi yang memadai , aman , dan lain-lain.

Tabel 6. 7 *Working Capital Investment*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya(Rp)	Jumlah Biaya(\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	1.126.047	79,17
2	<i>Inproses Onventory</i>	12.675.443.444	891.193,38
3	<i>Product Inventory</i>	9.218.504.323,2	648.140,64
4	<i>Extended Credit</i>	21.818.181.818	1.534.007,02
5	<i>Available Cash</i>	9.218.504.323,2	648.140,64
Total		52.931.759.956	3.721.560,85

5.3.2 Manufacturing Cost

Manufacturing cost adalah biaya yang harus disediakan atau dikeluarkan untuk melakukan produksi suatu produk dalam pabrik, meliputi *Direct Cost*, *Indirect Cost*, *Fixed Cost* yang selalu berkaitan dengan pembuatan suatu produk. Manufacturing Cost antara lain :

a) *Direct Manufacturing cost*

Direct Manufacturing cost atau biaya langsung adalah biaya pengeluaran yang masih berkaitan langsung dalam pembuatan produk yang berhubungan dengan memproduksi suatu produk dalam pabrik.

Tabel 6. 8 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya(Rp)	Jumlah Biaya(\$)
1	<i>Raw Material</i>	12.386.515,66	870,88
2	<i>Labor</i>	1.956.000.000	137.523,73
3	<i>Supervision</i>	489.000.000	34.380,93
4	<i>Maintenance</i>	10.695.575.478	751.991,53
5	<i>Plant Supplies</i>	1.604.336.321,7	112.798,73
6	<i>Royalty and Patents</i>	7.200.000.000	506.222,32
7	<i>Utilities</i>	19.031.437.637	1.338.074,78
	Total	40.988.735.953	2.881.862,89

b) *Indirect Manufacturing Cost*

Indirect Manufacturing Cost atau biaya tidak langsung adalah biaya-biaya yang tidak ikut terkait langsung oleh unit produksi dalam pabrik

Tabel 6. 9 Indirect manufacturing Cost

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya(Rp)	Jumlah Biaya(\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	293.400.000	20.628,56
2	<i>Laboratory</i>	293.400.000	20.628,56
3	<i>Plant Overhead</i>	1.564.800.000	110.018,98
4	<i>Packaging and Shipping</i>	38.400.000.000	2.699.852,4
Total		40.551.600.000	2.851.128,45

c) *Fixed Manufacturing Cost*

Fixed Manufacturing Cost atau biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan oleh pabrik pada saat kondisi operasi maupun tidak. Pengeluaran yang bersifat konstan atau tetap yang tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 6. 10 Fixed Manufacturing Cost

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya(Rp)	Jumlah Biaya(\$)
1	<i>Depreciation</i>	15.279.393.540	1.074.273,61
2	<i>Property taxes</i>	3.055.878.708	214.854,72
3	<i>Insurance</i>	1.527.939.354	107.427,36
Total		19.863.211.602	1.396.555,69

Tabel 6. 11 Total Manufacturing Cost

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya(Rp)	Jumlah Biaya(\$)
1	Direct Manufacturing Cost	40.988.735.953	2.881.862,89
2	Indirect Manufacturing Cost	40.551.600.000	2.851.128,45
3	Fixed Manufacturing Cost	19.863.211.602	1.396.555,69
Total		101.403.547.555	7.129.547

5.3.3 *General Expenses*

General Expenses atau disebut pengeluaran umum terdiri dari pengeluaran-pengeluaran yang berhubungan dengan fungsi dari perusahaan yang tidak termasuk oleh *Manufacturing cost*. Biaya yang harus dikeluarkan guna untuk kepentingan dalam kelancaran jalannya perusahaan secara keseluruhan. *General Expenses* meliputi :

a) Administrasi

Administrasi adalah biaya yang termasuk di dalam administrasi seperti biaya jasa hukum, manajemen gaji, audit, dan biaya-biaya kebutuhan peralatan di dalam kantor. Perkiraan besarnya biaya administrasi adalah 2-3% dari hasil penjualan atau 3-6% dari *Manufacturing cost*.

b) Penjualan

Penjualan adalah pengeluaran yang berhubungan dengan penjualan suatu produk, seperti biaya marketing, distribusi. Iklan, promosi, dan lainnya. Besar dari biaya penjualan rata-rata sekitar 3-12% dari harga jual atau 5-22% dari *Manufacturing cost*. Untuk produk yang masih baru memerlukan pengeluaran yang besar untuk memperkenalkan atau melakukan kesadaran merk terhadap customer, untuk produk yang standar kebutuhan penjualannya masih kecil.

c) Riset

Riset atau penelitian bertujuan untuk menjaga mutu, kualitas produk dan bisa mempunyai inovasi di masa mendatang. Disamping itu penelitian atau riset diharapkan untuk memperoleh data atau informasi dan pembuktian kebenaran agar bisa didapatkan hasil kesimpulan yang diharapkan. Di dalam industry kimia dana riset yang diperlukan sebesar 2,8% dari hasil penjualan produk.

Tabel 6. 12 General Expense

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya(Rp)	Jumlah Biaya(\$)
1	<i>Administration</i>	7.200.000.000	506.222,32
2	<i>Sales Expense</i>	48.000.000.000	3.374.815
3	<i>Research</i>	6.720.000.000	472.474,2
4	<i>Finance</i>	8.229.027.814,3	578.571.88
Total		70.149.027.814	4.932.083,79

Tabel 6. 13 Total Production Cost

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya(Rp)	Jumlah Biaya(\$)
1	Manufacturing Cost(MC)	101.403.547.555	7.129.547
2	General Expenses(GE)	70.149.027.814	4.932.083,79
Total		171.552.575.369	12.061.630,84

5.3.4 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan berfungsi untuk mengetahui laba yang didapatkan agar mendapatkan keuntungan maksimum dan bisa melihat hasil keuntungan kecil atau besar, agar bisa dikategorikan pabrik yang potensial atau tidak potensial dari sisi ekonomi, ada beberapa cara yang dilakukan untuk melihat suatu kelayakan pabrik, antara lain :

5.3.4.1 Percent Return On Investment

Percent Return On Investment adalah rasio profit yang didapatkan dari investasi atau keuntungan yang didapatkan dari investasi yang sudah dikerluarkan. Jumlah uang yang diterima atau hilang disebut laba/rugi atau bunga.

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

1. ROI sebelum pajak (ROI b)

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

$$\text{ROI b} = \frac{68.447.424.631}{152.793.935.402} \times 100\%$$

$$\text{ROI} = 44.80 \%$$

(Syarat ROI sebelum pajak menurut Aries Newton, 1955 untuk industri yang berisiko tinggi / *High Risk* minimal 44%)

2. ROI setelah pajak (ROI a)

$$\text{ROI} = \frac{\text{keuntungan setelah pajak}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

$$\text{ROI} = \frac{54.757.939.704,67}{152.793.935.402} \times 100\%$$

$$\text{ROI a} = 35.84 \%$$

5.3.4.2 Pay Out Time (POT)

Pay Out Time adalah jumlah dari tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya Capital Investment dengan profit sebelum dikurangi dengan deperesiasi. *Pay Out Time* juga bias di katakan jangka waktu pengembalian modal yang sudah ditanam berdasarkan keuntungan yang sudah dicapai. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk mengembalikan suatu modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.

Waktu dalam pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang didapatkan. Perhitungan ini dibutuhkan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang sudah dilakukan akan kembali.

$$\text{POT} = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{keuntungan sebelum pajak} + 0,1 \times \text{Fixed Capital})} \times 100\%$$

1. POTb sebelum pajak (POT b)

$$\text{POT} = \frac{\text{fixed capital investment}}{(\text{Keuntungan sebelum} + 0,1 \times \text{Fixed Capital})} \times 100\%$$

$$\text{POT} = \frac{152.793.935.402}{(68.447.424.631 + 0,1 \times 152.793.935.402)} \times 100\%$$

$$\text{POT b} = 1.825 \text{ tahun}$$

(Syarat POT sebelum pajak menurut Aries Newton, 1955 untuk industri yang berisiko tinggi / *High Risk* maksimal 2 tahun)

2. POTa sesudah pajak (POT a)

$$\text{POT} = \frac{\text{fixed capital investment}}{(\text{Keuntungan sesudah} + 0,1 \times \text{Fixed Capital})} \times 100\%$$

$$\text{POT} = \frac{152.793.935.402}{(54.757.939.704,67 + 0,1 \times 152.793.935.402)} \times 100\%$$

$$\text{POT a} = 2.1816 \text{ tahun}$$

5.3.4.3 Break Event Point

Break Event Point adalah titik impas atau biasa disebut balik modal yaitu suatu titik dimana kondisi pabrik mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Perusahaan yang sudah mencapai titik *Break Event Point* yaitu perusahaan yang sudah mempunyai kesamaan antara modal yang digunakan untuk melakukan proses suatu produksi dengan pendapatan produk yang sudah dihasilkan.

Jumlah produksi saat penjualan sama dengan pengeluaran. Pabrik akan mengalami kerugian jika beroperasi dibawah *Break Event Point*. dan apabila beroperasi diatas *Break Event Point* pabrik bisa dikatakan untung. Tujuan utama dari perusahaan adalah bisa mendapatkan keuntungan yang maksimum dan bisa dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1. Menentukan harga jual dengan menyesuaikan tingkat laba
2. Kapasitas volume kegiatan ditingkatkan dengan maksimum
3. Menekan biaya operasional atau biaya produksi serendah-rendahnya dengan tidak mengubah standar operasional atau kualitas yang sudah ditentukan, dengan kualitas yang sama harga produksi yang minimum

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

Dimana :

Fa = *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksimaksimum

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va = *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum Annual

Tabel 6. 14 Annual Fixed Cost (Fa)

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya(Rp)	Jumlah Biaya(\$)
1	<i>Depreciation</i>	15.279.393.540	1.074.274
2	<i>Property taxes</i>	3.055.878.708	214.855
3	<i>Insurance</i>	1.527.939.354	107.427
Total		19.863.211.602	1.396.556

Tabel 6. 15 Annual Regulated Cost (Ra)

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya(Rp)	Jumlah Biaya(\$)
1	Gaji Karyawan	1,956.000.000	137.524
2	<i>Payroll Overhead</i>	293.400.000	20.629
3	<i>Supervision</i>	489.000.000	34.381
4	<i>Plant Overhead</i>	1.564.800.000	110.019
5	Laboratorium	293.400.000	20.629
6	<i>General Expense</i>	70.149.027.814	4.932.084
7	<i>Maintenance</i>	10.695.575.478	751.992
8	<i>Plant Supplies</i>	1.604.336.322	112.799
Total		87.045.539.614	6.120.054,81

Tabel 6. 16 Annual Variabel Value (Va)

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya(Rp)	Jumlah Biaya(\$)
1	<i>Raw Material</i>	12.386.516	870,88
2	<i>Packaging</i>	36.000.000.000	2.531.112
3	<i>Shipping</i>	2.400.000.000	168.740,77
4	<i>Utilities</i>	19.031.437.637	1.338.075
5	<i>Royalty & Patent</i>	7.200.000.000	506.222,32
Total		64.643.824.153	4.545.020,33

Tabel 6. 17 Annual Sales Value (Sa)

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya(Rp)	Jumlah Biaya(\$)
1	<i>Annual Sales Value</i>	240,000,000,000	16,874,077.20
Total		240,000,000,000	16,874,077.20

Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan pada tabel diatas, maka didapatkan nilai BEP sebesar :

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

Didapatkan nilai perhitungan BEP sebagai berikut :

$$BEP = \frac{19.863.211.602 + 0.3 \times 87.045.539.614}{(240.000.000.000 - 64.643.824.153 - 0,7 \times 87.045.539.614)} \times 100\%$$

$$BEP = 40.18\%$$

5.3.4.4 Shut Down Point

Shut down point adalah titik Di mana suatu aktivitas produksi dalam pabrik harus berhenti, hal ini disebabkan ada beberapa penyebab diantaranya yaitu *variable cost* yang sangat tinggi, atau keputusan yang salah dalam pengambilan keputusan yang mengakibatkan cost tidak ekonomis dan menyebabkan pabrik tidak menghasilkan profit yang diharapkan. Kapasitas persen minimal suatu pabrik bisa mencapai

kapasitas produk dalam jangka waktu satu tahun, apabila persen yang ditentukan tidak bisa dicapai dalam waktu satu tahun maka pabrik yang sebelumnya beroperasi harus diberhentikan/ditutup sementara atau ditutup secara permanen.

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

Dimana :

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksimaksimum

Va = *Annual Variable Value* pada produksimaksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksimaksimum

Didapatkan nilai perhitungan SDP sebagai berikut :

$$SDP = \frac{0.3 \times 87.045.539.614}{(240.000.000.000 - 64.643.824.153 - 0,7 \times 87.045.539.614)} \times 100\%$$

$$SDP = 22.82 \%$$

5.3.4.5 Discounted Cash Flow Rate of Return

Discount Cash Flow Rate of Return merupakan salah satu Cara metode yang digunakan untuk menghitung prospek suatu pertumbuhan investasi dalam beberapa kurun waktu kedepan. Gambaran dari metode *Discount Cash Flow Rate of Return* ini jika kita sebagai seorang investor dan menginvestasikan sebagian dana, ingin mengetahui pertumbuhan berapa persen atau mungkin berapa kali lipat setelah beberapa waktu kedepan. Biasa disebut juga arus kas yang terdiskon, dikarenakan dari cara menghitungnya adalah dengan mengestimasi arus dana yang akan datang untuk kemudian di potong dan bisa menghasilkan nilai pada masa terkini. Persamaan untuk menghitung DCFR adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} & n=N-1 \\ & (WC+FCI)*[(1+i)^n] \\ & \{[(1+i)^{(n-1)}]+[(1+i)^{(n-2)}]+[(1+i)^{(n-3)}]+ \dots +[(1+i)^{(n-n)}]+(1+i)+1\} * CF \} + \{SV+WCI\} \end{aligned}$$

Dimana :

FCI = *Fixed capital investment*

WC = *Working capital investment*

SV = *Salvage value* = depresiasi

N = Umur pabrik 10 tahun

I = Nilai DCFR

Sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut ;

FCI = 152.793.935.402

WC = 52.931.759.956

SV = 15.279.393.540

N = 10 tahun

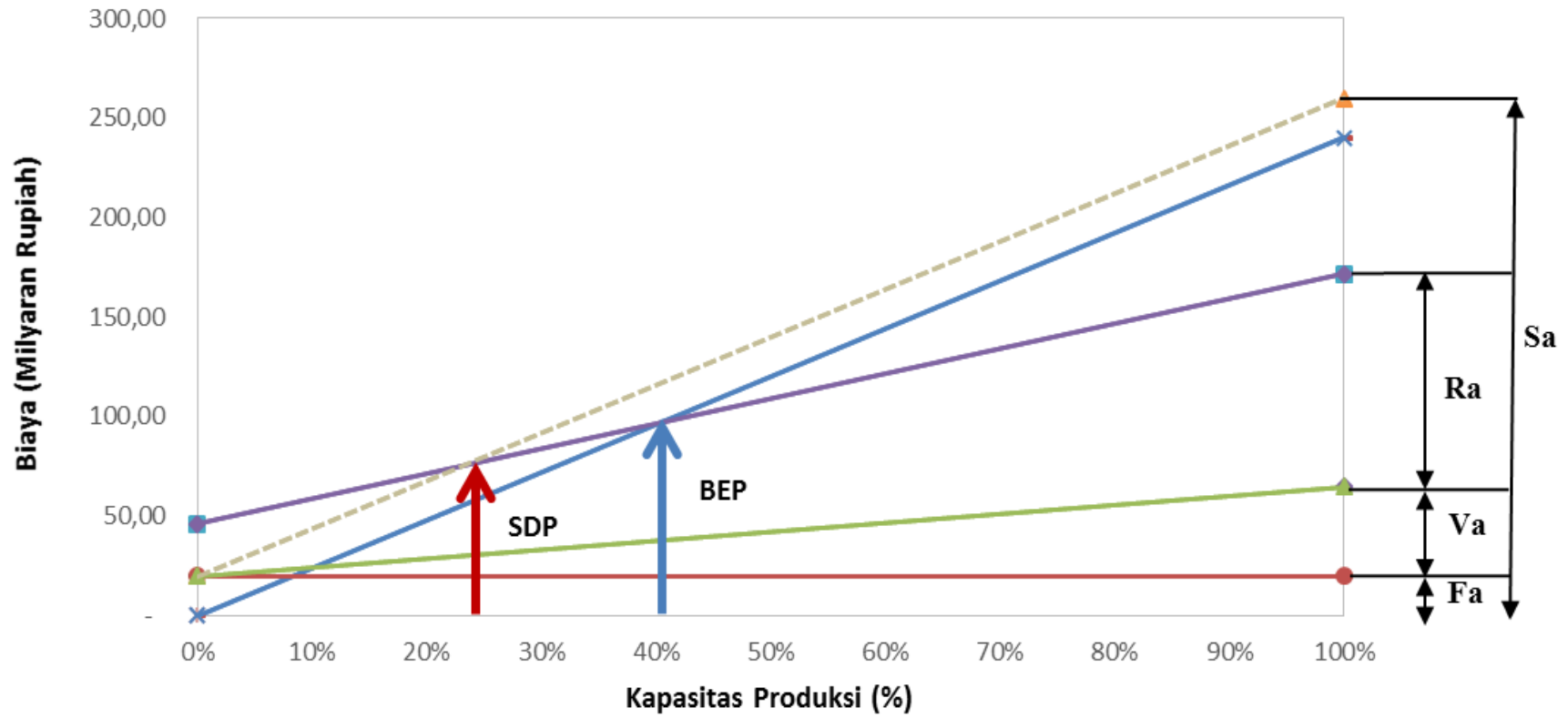
Sehingga diperoleh *trial & error* dapat dihitung nilai DCFR.

Diperoleh nilai DCFR adalah :

DCFR = 38,41 %

Untuk parameter DCFR yang digunakan yaitu 2,75% di dapat dari bunga deposito Bank Indonesia pada tanggal 15 Januari 2022 yang di akses pada laman *website* Bank Indonesia.

Grafik Analisa Ekonomi



Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi

5.3.5 Risiko Pabrik

No	Parameter Risiko	<i>Low Risk</i>	<i>High Risk</i>	Keterangan
1	Kondisi Operasi		✓	Beroperasi pada suhu tinggi dengan suhu operasi tertinggi yaitu 926,67°C
2	Kondisi Bahan Baku			
	Cangkang Kelapa Sawit		✓	Mudah terbakar dalam keadaan kering
	Kalium Hidroksida		✓	Kesehatan : Berbahaya bagi kulit, mata atau pakaian
				Kebakaran : Dapat menghasilkan gas hidrogen sehingga dapat meledak
				Reaktivitas : Stabil pada suhu dan tekanan normal
3	Lokasi Pabrik	✓		Berlokasi di Kawasan Industri Tanjung Buton, Siak, Provinsi Riau serta dekat dengan Pelabuhan umum dan pelabuhan Industri Tanjung Buton
4	Ketersediaan Bahan Baku			
	Cangkang Kelapa Sawit	✓		Berdekatan dengan Industri pengolah kelapa sawit dengan kesanggupan supply limbah cangkang kelapa sawit sekitar 20.000-30.000 ton/bulan
	Kalium Hidroksida		✓	Di import dari China karena harganya yang jauh lebih murah di bandingkan dengan produk yang ada di Indonesia
5	Regulasi	✓		Didukung oleh Peraturan Pemerintah (PP) No.22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Penentuan risiko pabrik dapat di ketahui dengan mempertimbangkan beberapa parameter seperti pada tabel di atas. Pada tabel tersebut terdapat 4 parameter yang masuk ke dalam kategori *High Risk* (Berisiko Tinggi). Yang pertama terkait kondisi operasi, proses pada pabrik ini memiliki suhu operasi tertinggi yaitu sebesar $926,67^{\circ}\text{C}$ yang mana pada suhu sebesar itu, tentunya mempunyai risiko kebakaran yang cukup besar yang dapat menyebabkan kerugian pada pabrik. Selanjutnya pada kondisi bahan baku, kedua bahan baku yang digunakan memiliki risiko yang cukup besar berdasarkan *Material Safety Data Sheet* (MSDS) yang mana untuk cangkang kelapa sawit memiliki kondisi bahan yang mudah terbakar dalam keadaan yang kering dan untuk Kalium Hidroksida (KOH) merupakan suatu basa kuat dan bersifat korosif, apabila bereaksi dengan air dapat menghasilkan panas sehingga kedua bahan baku tersebut memiliki risiko yang cukup tinggi. Dan yang terakhir terkait ketersediaan bahan baku, untuk Kalium Hidroksida (KOH) di impor dari negara China yang mana pada proses pengirimannya tentu membutuhkan waktu yang lama dan memiliki risiko hilang atau terbakar saat proses pengiriman. Melihat dan meninjau berdasarkan tabel di atas, pabrik Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit Teraktivasi KOH dikategorikan sebagai pabrik dengan risiko tinggi (*high risk*).

PENUTUP

5.4 Kesimpulan

Pada “Pra Rancangan Pabrik Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun” dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pendirian pabrik Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun didasarkan atas keinginan mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri, menciptakan lapangan kerja baru dan menambah devisa negara, serta memenuhi kebutuhan dalam negeri.
2. Pabrik karbon aktif berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didirikan di daerah siak provinsi riau. Dengan luas tanah keseluruhan 14.977 m² dan luas bangunan 8.986 m². Jumlah karyawan 183 orang dan beroperasi 330 hari/tahun.
3. Ditinjau dari segi proses, sifat-sifat bahan baku, kondisi operasi serta regulasinya maka pabrik karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dengan kapasitas 10.000 Ton/Tahun ini tergolong pabrik berisiko tinggi (*high risk*).
4. Pabrik pabrik karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dengan kapasitas 10.000 Ton/Tahun layak untuk dikaji lebih lanjut. Berdasarkan pertimbangan sebagai berikut :
 - Keuntungan pabrik sebelum pajak diperoleh sebesar Rp 68.447.424.631 Sedangkan, keuntungan pabrik setelah pajak diperoleh sebesar Rp 54.757.939.704,67
 - Nilai ROI sebelum pajak sebesar 44,80% dan nilai ROI sesudah pajak sebesar 35,84% Menurut Aris Newton (1955), untuk pabrik kimia berisiko tinggi harga ROI sebelum pajak minimum sebesar 44%, sehingga memenuhi syarat.
 - Nilai *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 1,825 tahun dan sesudah pajak adalah 2,1816 tahun. Menurut Aris Newton (1955), untuk pabrik kimia berisiko tinggi nilai POT sebelum pajak maksimum 2 tahun

- Diperoleh nilai *Break Even Point* (BEP) sebesar 40,18 %. Untuk pabrik kimia di Indonesia nilai BEP sekitar 40% - 60%.
 - Diperoleh nilai *Shut Down Point* (SDP) sebesar 22,82 % Dengan standar rata-rata untuk SDP sekitar 20-30%
 - Nilai *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR) diperoleh sebesar 38,41 %.
5. Dari hasil peninjauan keseluruhan mulai dari ketersediaan bahan baku, kondisi operasi proses, peluang penjualan produk, angka permintaan produk kedepannya dan hasil evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dengan kapasitas 10.000 Ton/Tahun layak dikaji untuk didirikan.

5.5 Saran

Dalam perancangan pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep dasar agar dapat memudahkan dalam perancangannya. Misalnya, pada pemilihan alat proses dan alat penunjang, kondisi operasi, pemilihan bahan baku, dan lain sebagainya. Selain itu, harus melakukan pencarian data data yang diperlukan sebelum membangun pabrik kimia agar informasi dan data data tersebut dapat mempermudah suatu perancangan pabrik kimia, diantaranya sebagai berikut :

1. Perancangan pabrik karbon aktif tidak lepas dari produksi limbah buangan, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia diikuti dengan berkembangnya metode pengolahan limbah sehingga hasil buangan limbah pabrik lebih ramah lingkungan.
2. Mengoptimasi pemilihan seperti alat poses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang akan didapat
3. Produk karbon aktif dapat direalisasikan sebagai sarana untuk dapat memenuhi kebutuhan pasar di masa yang akan datang yang jumlahnya semakin meningkat

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, S N dan Dwi H S. 2019. pengaruh variasi ukuran cangkang sawit pada proses gasifikasi terhadap performa gasifier tipe updraft. Volume 07, hal 49-54
- Aries, R.S. and Newton, R.D., 1955, "Chemical Engineering Cost Estimation", McGraw-Hill Book Company, New York.
- Badan Pusat Statistik. <http://bps.go.id> diakses pada tanggal 10 Januari 2022
- Badger, Walter L. dan Julius T. Banchero. 1957. Introduction to Chemical Engineering. Singapore : McGraw Hill Book Company.
- Branan, C.R., 2002, "Rules of Thumb for Chemical Engineer", Gulf Publishing, United States of America.
- Brown, G.G., Donal Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R., 1978, *Unit Operation*, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, *Process Equipment Design*, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Budiono, A; Suhartana; dan Gunawan. 2009. Pengaruh Aktivasi Arang Tempurung Kelapa Dengan Asam Sulfat dan Asam Posfat untuk Adsorpsi Fenol. E-Journal. Universitas Diponegoro. 1-12.
- Coulson, J.M., 1983, "Chemical Engineering", Auckland, Mc. Graw Hill, International Student Edition, Singapore
- Dabrowski, A., P. Podkoscielny, Z. Hubicki, and M. Barczak. 2005. Adsorption of phenolic compounds by activated carbon. Chemosphere. 1049-1070.
- Dewanti, D. P. 2018. Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan. Jurnal Teknologi Lingkungan 19(1): 81–88
- Dinas Perkebunan Indonesia. 2007. Defenisi Tanaman Sawit. DPI. Jakarta.

- Dirjen. Perkebunan. 2020 diakses pada tanggal 20 Januari 2022
- Efisiensi pada alat screener www.mekaglobal.com/en/blog/vibrating-screen-capacity-calculations diakses pada tanggal 30 desember 2021
- Fauzi, Yan, Widya E. W., Iman S., dan R. H. Paeru. 2012. Kelapa Sawit. Jakarta: Penebar Swadaya
- Febriansyah, H., Ahmad Agus S., dan K. Suryopratomo. 2013. Optimasi Desain Kompur Cangkang Kelapa Sawit. TEKNOFISIKA 2(3): 2089–7154
- Fessenden, J. dan Fessenden, JS. 1982. Kimia organic. Terjemahan oleh pudjaatmaka,A.H. Jakarta: Erlangga.
- Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia. <http://gapki.id> diakses pada tanggal 10 Januari 2022
- Geankoplis Christie John, 1993, Transport Processes and Separation Process Principle, 4th edition, New Jersey, Pearson Education International.
- Geankoplis, J.C., “*Transport Process and Unit Operation*”, Prentice Hall International, 1978
- Harga Alat, www.matche.com, diakses pada tanggal 02 Januari 2022
- Harga Bahan, www.indonesian.alibaba.com, diakses pada tanggal 02 Januari 2022
- Harga batu bara, www.minerba.esdm.go.id/harga_acuan diakses pada tanggal 02 Januari 2022
- Harga tanah dikabupaten siak www.rumah.com/tanah-industri-dijual/di-area-riau-idri diakses pada tanggal 30 desember 2021
- Haryanti, A. N., P. S.F. Sholiha, dan N. P. Putri. 2014. Studi Pemanfaatan Limbah Padat Pada Kelapa Saawit. Konversi 3(2): 20–22
- Holman, J.P. 1986. Heat Transfer: Sixth Edition. (terjemahan E. Jasjfi). New York: McGraw-Hill Book Company.

- Hoyashi, K. and M. Chisato. 1984. Principle Properties of Reticulated Active Carbon from Poly Phenolic Resin, Tokyo
- Indeks harga www.chemengonline.com/pci diakses pada tanggal 30 desember 2021
- Irawadi, T.T. 1991. Produksi Enzim Ekstrasellular (Sellulase Dan Xilanase) dari Neurospora Sitophilla pada Substrat Limbah Padat Kelapa Sawit [Disertasi Program Doktor] Fakultas Pascasarjana, IPB Bogor
- Kern, D. (1965). Process Heat Transfer. Kogakusha: Mc. Graw Hill Book.
- Kern, D.Q. 1950. *Process Heat Transfer*. Mc. Graw-Hill International Book Company Inc. New York
- Khor, K.H., Lim, K.O., dan Zainal, Z.A. 2009. Characterization of bio-oil: A By product from slow pyrolysis of oil palm empty fruits bunches. *Journal applied sciences*. 6(9): 1647-1652
- Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1964, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 2nd ed., vol. 5, Intersci.Pub.Ad.of John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Kurniati, E. 2008. Pemanfaatan cangkang kelapa sawit sebagai arang aktif. *Jurnal penelitian ilmu teknik*. 8(2): 96-103
- Marlina, E. (2016). Pengaruh Variasi Larutan Elektrolit terhadap Produksi Brown's Gas. *Info Teknik Volume 17 No. 2* (187-196).
- Marsh and Fransisco. 2006. *Activated Carbon*. Netherland Elsevier Science & Technology. New York.
- Masykur. 2013. Pengembangan industry kelapa sawit sebagai penghasil energi bahan bakar alternatif dan mengurangi pemanasan global. *Jurnal reformasi*, volume 3 nomer 2
- Mc Cabe, W. L. (1976). *Unit Operation of Chemical Engineering*, 3rd ed. . Singapore: Mc Graw Hill, Kogakusha , Ltd.

- Mohammed, M.A.A., A. Salmiaton, W.A.K.G.W. Azlina dan M.S.M. Amran. 2012. Bioresource technology gasification of oil palm empty fruit bunches : A characterization and kinetic study. *Bioresource Technology* Vol. 110:628–636.
- Mody Lempang. 2014. Pembuatan dan kegunaan arang aktif. *Balai Penelitian Kehutanan Makassar*. Vol. 11 No. 2, Desember 2014 : 65 - 80
- Nasution, Z. A. dan S. M. Rambe. 2013. Karakterisasi dan Identifikasi Gugus Fungsi dari Karbon Cangkang Kelapa Sawit dengan Metode Methanopyrolysis. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* 24(2): 108-113. DOI: <http://dx.doi.org/10.28959/jdpi.v24i2.530>
- Oyejobi, D.O., Abdulkadir, T.S., Yusuf, I.F. and Badiru, M.J. (2012) Effects of Palm Kernel Shell Sizes and Mix Ratio on Lightweight Concrete.
- Patnaik, P., 2003, “Handbook of Inorganic Chemical”, p. 867-870, 899-902, Mc Graw Hill company, Inc. New york.
- Padil, Sunanrno, Khairat. 2010. Pembuatan arang aktif dari arang sisa pembuatan asap cair. *Sains dan Teknologi*,9(1) 14-18.
- Pari, G. 1995. Pembuatan dan Karakteristik arang aktif dari kayu dan batubara. Tesis program magister kimia. Institute teknologi bandung, bandung.
- Pemasok bahan baku cangkang kelapa sawit www.cangkangsawit.id diakses pada tanggal 15 Januari 2022
- Perry, Green, 2008, *Perry’s Chemical Engineers’ handbook*, 8th edition, McGrawHill Companies, Inc., United State
- Perry, R. a. (2007). *Perry’s Chemical Engineer’s Handbook* 8 ed. New York: Mc Graw Hill Book Co., Inc
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1986, *Perry’s Chemical Engineer’s Handbook*, 6thed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

- Perry, R.H., Green, D., 1999, "Perry's Chemical Engineer's Handbook", 7th ed., McGraw Hill Companies Inc., USA.
- Perry, R.H., Green, D., 2008, "Perry's Chemical Engineer's Handbook", 8th ed., McGraw Hill Companies Inc., USA.
- Peters, M. S. & Timmerhause, K. D. 1991. Plant Design and Economics For Chemical Engineers, United States of America, The McGraw-Hill Companies.
- Peters, M.S., Klaus D. Timmerhaus and Ronald E. West., 2004, *Plant Design and Economics for Chemical Engineer*, 5th Ed., Mc. Graw-Hill., Singapore
- Potassium Hydroxide*. <http://www.chemicaland21.com> diakses pada tanggal 10 desember 2021
- Powell, S.T., 1954, "Water Conditioning for Industry", Mc.Graw Hill Kogakusha Book Company, Inc., Tokyo
- Proyek Sistem Informasi IPTEK Nasional, 1999, "Arang Aktif Dari tempurung Kelapa", Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Raju, et al. (2016). Karakterisasi Arang dan Gas-gas Hasil Pirolisis Limbah Kelapa Sawit Characterization. *Raju et Al*, 5–24.
- Rase, H.F. & Barrow, M.H., 1957, Project Engineering of Process Plants, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Rase, Howard F., 1977, Chemical Reactor Design for Process Plants, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Ranzi. E., et. al., 2018, Chemical Kinetics of Biomass Pyrolysis, CMIC, Department Politecnico di Milano, Italy.
- Rihani, D. N. ; Doraiswamy, L. K. (1965) *Estimation of heat capacity of organic compounds from group contributions* Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals, 4 (1). pp. 17-21. ISSN 0196-4313

- Sembiring M., Sinaga T. 2003. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). USU Digital Library. Sumatera Utara.
- Sharifirad M. Koohyar F., Rahmanpour S.H., and Vahidifar M. 2012. Preparation of Activated Carbon from Phragmites Australis: Equilibrium Behaviour Study. *Research Journal of Chemical Sciences* ISSN 2277-2502 Vol. 1(8), 10-16.
- Slopiecka, K., Bartocci, P., & Fantozzi, F. (2012). Thermogravimetric analysis and kinetic study of poplar wood pyrolysis. *Applied Energy*, 97, 491–497.
- Sohi, S., Lopez-Capel, E., Krull, E., and Bol, R. 2009. Biochar, climate change and soil : A review to guide future research. CSIRO Land and Water Science Report 05/09, 64 pp 5.
- Spesifikasi penyimpanan *stockpile* www.engineeringtoolbox.com/stockpile-volume-d_1532.html diakses pada tanggal 26 desember 2021
- Sudrajat, R. dan S. Soleh. 1994. Petunjuk Teknis Pembuatan Arang Aktif. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor
- Sularso dan Tahara. 1983. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Susanto, J. P., A. D. Santoso, N. Suwedi. 2017. Perhitungan Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit untuk Sumber Energi Terbaharukan dengan Metode 70 LCA. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 18(2): 165–172
- Susilawati dan Supijatno. 2015. Pengolahan Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Perkebunan Kelapa Sawit , Riau. *Bul.Agrohorti* 3 (2) : 203 – 212.
- Treyball, R. 1. (1981). *Mass Transfer Operation* 3ed. Singapore:: Mc. Graw Hill Book Company, Inc.
- Ulrich, 6.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics.*, John Wiley and Sons., Inc., New York

- US Patent 5416056, 1995, *Production of highly microporous activated carbon products*
- Utomo, B.N. dan E. Widjaja. 2004. Limbah padat pengolahan minyak sawit sebagai sumber nutrisi ternak ruminansia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 23(1):73-82.
- Wallas. S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers, Stoneham USA.
- Waluyo, J., Makertihartha, I. G. B. N., & Susanto, H. (2018). Pyrolysis with intermediate heating rate of palm kernel shells: Effect temperature and catalyst on product distribution. *AIP Conference Proceedings*, 1977(June).
- Widjaja, G. & Yani, A., 2003. *Perseroan Terbatas*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Yaws, C.L., 1999, "Chemical Properties Handbook", McGraw Hill Companies Inc., United States.
- Zou, Y., & Han, B. X. (2000). The kinetic parameters of carbonaceous materials activated with potassium hydroxide. *Adsorption Science and Technology*, 18(6), 573–580

LAMPIRAN A

PERHITUNGAN REAKTOR

Kode : RK
 Fase : padat – padat
 Tipe : *Continuous Rotary Kiln*
 Fungsi : Mengaktivasi Arang Cangkang Kelapa Sawit
 Jenis : Direct Heat with Continuous Rotary Drum
 Kondisi operasi :
 Tekanan : 1 atm
 Suhu : 926,67 °C

Perancangan *Rotary Kiln*

$$\text{densitas} = A \cdot B^{-(1-(T/T_c)^n)}$$

(Carl . L Yaws "chemical Properties handbook")

$$\text{densitas} = \text{g/ml} = \text{kg/L}$$

$$T = 926,67 \text{ } ^\circ\text{C} = 1199,82 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Komponen	Kg/jam	wi	A	B	n
C	2.342,19	0,341	0,315	0,100	0,286
KOH	2.721,63	0,396	0,308	0,154	0,286
H2O	1.814,42	0,264	0,347	0,274	0,286
total	6.878,24	1,000			

Komponen	Tc	ρ (kg/L)	ρ_c (kg/L)	ρ_c (kg/m ³)
C	6810	0,959	0,326	326,491
KOH	2.605,86	1,843	0,731	731,398
H2O	647,13	0,417	0,111	111,240
total			1,169	1169,129

Menentukan Laju alir masuk dan keluar *mixing tank*

Komponen	Input		Input		X	X.ρ (kg/L)	Satuan
	(kg/jam)	ρ(Kg/L)	(L/jam)				
C	2.342,19	0,959	2.245,68		0,279	0,267	kg/L
KOH	2.721,63	1,848	5.030,73		0,625	1,156	kg/L
H2O	1.814,42	0,422	765,13		0,095	0,040	kg/L
Total	6.878,24		8.041,56		1	1,464	kg/L
			ρ campuran			1.464,23	kg/m ³
						91,409	lbm/ft ³

- Rotary Kiln Merupakan Tempat berlangsungnya Reaksi Aktivasi Karbon dengan KOH

- Waktu Reaksi = 4 jam
= 240 menit

- Konversi Reaksi = 93%
- Massa umpan = 6,878.25 kg/jam

$$= \frac{6,878.25}{1000}$$
= 6,88 ton/jam

- Faktor Keamanan (15%) = massa umpan x 1,15
= 6,88 x 1,15
= 7,91 ton/jam

(Timmerhause, 1991. Hal. 37)

Umpan masuk *rotary kiln* dalam waktu 24 jam

- Umpan masuk RK dalam waktu 24 jam = Massa Umpan x 24jam
= 7,91 ton/jam x 24jam
= 189,83 ton/hari

- Laju Alir Volumetris = $\frac{\text{Massa Umpan}}{\text{total } X \cdot \rho \text{ (kg/L)}}$
= $\frac{7.909,98 \text{ kg/jam}}{6.878,24 \text{ (kg/L)}}$
= 5.402,11/jam

Laju Alir Volumetris = 90,03 L/menit

Persamaan untuk menghitung volume *rotary kiln* didekati dengan sebuah reaktor berbentuk pipa (*plug flow reactor*) dengan persamaan perancangannya sebagai berikut :

$$\frac{-dF_a}{dV} = -r_a \dots\dots\dots(1)$$

$$F_A = F_{A0} - F_{A0} \cdot X \dots\dots\dots(2)$$

$$dF_A = -F_{A0} \cdot dX \dots\dots\dots(3)$$

$$F_{A0} = \frac{dX}{dV} = -r_a \dots\dots\dots(4)$$

$$V = F_{A0} \int_0^x \frac{dx}{-r_a} \dots\dots\dots(5)$$

$$V = v_0 \cdot C_{A0} \int_0^x \frac{dx}{k \cdot C_A} \dots\dots\dots(6)$$

$$V = v_0 \cdot C_{A0} \int_0^x \frac{dx}{k \cdot (C_{A0}(1-X))} \dots\dots\dots(7)$$

$$V = \frac{v_0 \cdot C_{A0}}{k \cdot C_{A0}} \int_0^x \frac{dx}{(1-X)} \dots\dots\dots(8)$$

$$V = -\frac{v_0}{k} \ln(1 - X) \dots\dots\dots(9)$$

Dengan:

V = Volume reaktor, L

V₀ = Laju Alir Volumetris, 90,983 (L/menit)

x = Konversi reaksi, 20%

k = konstanta kecepatan reaksi (1/menit)

dengan rumus **k = A.exp.(Ea/R.T)**

A = Faktor frekuensi 0,0664 (g/g.min)

E_a = Energi aktivasi 49460 (J/mol)

R = konstanta gas ideal (8,31 J/mol K)

T = Temperatur Operasi (1199,82 K)

$$V = -\frac{90,98}{0,00046} \ln (1 - 0,2)$$

$$V = 43.626,85 \text{ Liter}$$

$$V = \frac{43.626,85}{1000}$$

$$V = 43,63 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Reaktor Over Design (20\%)} &= \text{Volume Real} \times (100\% + 20\%) \\ &= 43,63 \text{ m}^3 \times 1,2 \\ &= 52,35 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- L/D kiln 10-40

dipilih L/D = 10

L = 10D

(Ulrich, 1984 : 132)

TABLE 4-10
CRITERIA AND DATA FOR THE PRELIMINARY DESIGN OF GAS-SOLIDS CONTACTING EQUIPMENT

	Type of Gas-Solids Contacting Equipment						
	Mechanically Aided						
	Tunnel		Rotary				Vertical Tower (direct)
	Tray (direct)	Through-Circulation (direct)	Dryer (direct)	Dryer or Calciner (indirect)	Kiln or Calciner (direct)	Vacuum (indirect)	
Range of Common Equipment Sizes							
Diameter or width, D (m)	0.3-4	0.3-4	1-3	1-3	1-4	0.5-3	2-10
Length or height, L (m)	5-20	5-20	4-20	6-30	10-160	1.5-12	2-20
Length-diameter ratio, L/D			4-6	6-10	10-40	3-4	1-2
Other							6-1800 m ² tray area

- $V = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 10D$

$$52,35 = 3,14 \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 10D$$

$$52,35 = 10D^3$$

$$D = 1,88 \text{ meter}$$

- L = 10D

$$L = 10 \times 1,88 \text{ meter}$$

$$L = 18,82 \text{ meter}$$

Dari perhitungan dimensi di atas dan berdasarkan standar *Rotary Kiln* menurut buku Perry Table 12-20, Dimensi yang di pilih yaitu :

Kapasitas Maksimum = 200 ton/hari
= 8,33 ton/jam

Diameter *Kiln* = 7 ft
= 2,13 m

Panjang *Kiln* = 70 ft

TABLE 12-20 Typical Rotary-Kiln Installations*

Size, diam. × length	Usual No. of supports	Range of motor hp. to operate†	Nominal 24-hr. capacities‡			
			Portland cement, 376-lb. bbl.		Lime, net tons	
			Dry process	Wet process	Lime sludge	Limestone
5 × 80 ft.	2	5-7.5	140	100	10	16
6 × 70 ft.	2	7.5-15	190	135	15	24
7 × 70 ft.	2	15-20	275	200	20	35
5 ft. 6 in. × 180 ft.	4	15-20	285	250	30	45
7 × 120 ft.	2	15-25	475	340	35	55
7 ft. 6 in. × 125 ft.	2	20-30	575	415	40	70
6 × 220 ft.	4	20-30	420	375	45	65
8 × 140 ft.	2	25-30	750	540	55	90
9 × 160 ft.	2	30-50	1100	800	80	130
8 ft. 6 in. × 185 ft.	4	30-50	1125	810	80	135

Perry 7th ed. Table 12-20

1. Menghitung Luas Penampang *Rotary Kiln*

Luas penampang *Rotary Kiln* dihitung dengan rumus berikut :

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

Dimana :

A = Luas Penampang *Rotary Kiln*, m²

D = Diameter *Rotary Kiln*, m

$$\text{Luas Penampang (A)} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 2,14^2$$

$$\text{Luas Penampang (A)} = 3,57 \text{ m}^2$$

2. Menghitung tinggi bahan dalam *Rotary Kiln*

Kecepatan Gravitasi (g) = 9,81 m/s

$$\begin{aligned} \text{Laju alir volumetri (Fvo)} &= \frac{\text{Laju Alir Volumetris}}{1000} \\ &= \frac{5.459,01}{1000} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5,46 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Volume Bahan} &= \frac{\text{massa umpan}}{\rho \text{ campuran}} \\
 &= \frac{6,87}{1,44} \\
 &= 4,75 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tinggi Bahan di dalam Rotary Kiln dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Tinggi bahan} = \frac{\text{Volume bahan}}{\pi \times \frac{D^2}{4}}$$

$$\text{Tinggi Bahan dalam RK} = \frac{4,75}{3,14 \times \frac{2,13^2}{4}}$$

$$\text{Tinggi Bahan dalam RK} = 1,3283 \text{ m}$$

3. Menghitung tekanan desain di dalam *Rotary Kiln*

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan Operasi} &= 1 \text{ atm} \\
 &= 101,32 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

$$\text{P Hidrostatik} = \rho \times g \times h$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan Hidrostatik} &= 1.464,23 \times 9,81 \times 1,31 \\
 &= 18.882,13 \text{ Pa} \\
 &= \frac{18.882,13}{1000} \\
 &= 18,88 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

$$\text{P desain} = \text{P operasi} + \text{P Hidrostatik}$$

$$\text{Tekanan Desain} = \text{Tekanan Operasi} + \text{Tekanan Hidrostatik}$$

$$\text{Tekanan Desain} = 101,32 + 18,88$$

$$\text{Tekanan Desain} = 120,20 \text{ kPa}$$

$$\text{Faktor keamanan} = 10\%$$

$$\text{Tekanan Desain Aktual} = 120,20 + (120,20 \times 10\%)$$

$$\text{Tekanan Desain Aktual} = 132,22 \text{ kPa}$$

(Rules Tumb of Walas, 1988, hal xvii)

4. Menghitung Tebal Dinding *Rotary Kiln*

$$t = \frac{p \times D}{2f}$$

(Brownell, 1959, Hal.45)

Dimana :

Tekanan Desain Aktual (p) = 120,20 kPa
 $= \frac{120,20}{6,895}$
 = 19,177 psi

Diameter *rotary kiln* = 2,134 m
 = 84 in

Tensile Strenght (f) = 18,75 psi

Untuk bahan *rotary kiln* dipilih Stainless Steel SA 167 Grade 11 tipe 316

$$T = \frac{19,17 \times 84}{18.750 \times 2}$$

$$T = 0,043 \text{ in}$$

$$T = 0,0011 \text{ m}$$

ts < 5/16 in (0,31 in) maka digunakan *single welded* dengan nilai efisiensi 85%

Type of Joint	Limitations	Basic Joint Efficiency, per cent	Radio-graphed	Ther-mally Stress Re-lieved	Maxi-mum Joint Effi-ciency, per cent
Double-welded butt joint	None		No	No	80
Single-welded butt joint with backing strip	Longitudinal joints not over 1¼ in. thick. No thickness limitation on circumferential joints.	80	No Yes	Yes No Yes	85 90 95

Menghitung tebal dinding *Rotary Kiln*

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

Dimana :

- Tebal Dinding *Shell* (t_s) =
- Tekanan Desain (p) = 19,17 psi
- Jari-jari dalam (r_i) = $\frac{\text{diameter alat}}{2}$
= $\frac{2,13}{2}$
= 1,06 m
= 42 in
- Efisiensi *Welding* (E) = 85 % (*single welded*)
- *Tensile strength* (f) = 18750 psi
- C = 0,015 in = 0,37/25 tahun
- T_s = $\frac{19,17 \times 42}{18,75 \times 0,85 - (0,6 \times 19,17)} + 0,015$
= 0,42 in
Dipilih = 0,5 in = 0,01 m

Keterangan :

t_s = tebal dinding shell *rotary kiln* (meter)

P = Tekanan desain (*overdesign 20 %*) (psia)

r_i = Jari-jari dalam *rotary kiln* (inchi)

f = *Tensile strength* (psia)

C = Nilai korosi

E = *Efisiensi Welding*

(Brownel, 1959, hal.45)

5. Menghitung Kecepatan Putar *Rotary Kiln*

Menghitung diameter *outside* (D) = Diameter in + Ketebalan Diameter

$$D_o = \text{Diameter alat} + (2 \times \text{Tebal Sheel})$$

$$D_o = 2,13 + (2 \times 0,01)$$

$$D_o = 2,15 \text{ m}$$

$$D_o = 7,08 \text{ ft}$$

Keterangan :

D_o = Diameter *outside rotary kiln* (ft)

T_s = Tebal *sheel rotary kiln* (ft)

V_p = Kecepatan *Pheriperial* (ft/menit)

= *Peripheral speed of shell* = 40 – 100 ft/min

N = Kecepatan putar *rotary kiln* (rpm)

(Treyball, 1989, hal.693)

Nilai kecepatan putar *rotary kiln*

$$N = \frac{V_p}{\pi \times D}$$

Dimana :

Kecepatan Putar (N) =

Kecepatan *pheriperal* (V_p) = 40 ft/min

Menghitung kecepatan putar *Rotary Kiln*

$$N = \frac{V_p}{\pi \times D}$$

$$= \frac{40}{\pi \times 6,083}$$

$$= \frac{40}{3,14 \times 7,08}$$

$$= 1,79 \text{ rpm}$$

= 2 rpm (Menggunakan kecepatan putar standar)

Nilai N (kecepatan putar) sudah memenuhi rentang standar kecepatan putar *rotary kiln* yakni sebesar (0,25 - 5 rpm)

(Perry 7th ed, 1999, hal. 23-60)

6. Menghitung *Slope* Kemiringan *Rotary Kiln*

$$\theta = \frac{0,19.L}{N.D.S}$$

(Perry 7th ed, 1999, hal. 12-60)

θ = waktu tinggal, menit

L = panjang reaktor, ft

D = diameter reaktor, ft

S = slope reaktor, ft/ft

N = kecepatan putar reaktor, rpm

$$S = \frac{0,19 \times 70}{2 \times 7/12}$$

S = 0,0044 ft/ft

7. Menghitung Waktu Tinggal *Rotary Kiln*

Waktu tinggal *rotary kiln* diketahui dan ditentukan oleh US.Patent yaitu selama 4 jam atau 240 menit

8. Menentukan dimensi dan jenis isolator

Table 2-1 Insulation Types and Applications

Type	Temperature range, °C	Thermal conductivity, mW/m · °C	Density, kg/m ³	Application
Mineral wool blocks	450–1000	52–130	175–290	Hot piping
Calcium silicate blocks, boards	230–1000	32–85	100–160	Hot piping, boilers, chimney linings
Mineral fiber blocks	to 1100	52–130	210	Boilers and tanks

- Bahan Isolator yang dipilih = *Mineral Fiber Block*
- Dasar Pemilihan Jenis Bahan =
 - Cocok digunakan sebagai material isolator pada alat yang beroperasi pada suhu tinggi seperti *Rotary Kiln*
 - Cocok sebagai bahan Isolator pada suhu mencapai 1100°C

(Perry 7th ed, 1999, hal. 12-52)

(Holman 10th ed, 1986 Tabel 2.1 hal.30)

Data :

TABLE 4.1. THE NORMAL TOTAL EMISSIVITY OF VARIOUS SURFACES (HOTTEL).—
(Continued)

Surface	$t, ^\circ F^*$	Emissivity*
Plaster, rough lime.....	50–190	0.91
Porcelain, glazed.....	72	0.924
Quartz, rough, fused.....	70	0.932
Refractory materials, 40 different.....	1110–1830	
Poor radiators.....		$\left[\begin{array}{l} 0.65 \\ 0.70 \end{array} \right] - 0.75$
Good radiators.....		$\left[\begin{array}{l} 0.80 \\ 0.85 \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} 0.85 \\ 0.90 \end{array} \right]$
Roofing paper.....	69	0.91

$K_2 = 52 \text{ Mw/M.c} = 0.05 \text{ W/m.K}$ (Holman, 1986, tabel 2-1 hal. 30)

$Emissivity = 0,85$ (Kern, 1965, tabel 4.1 Hal. 73)

$Density = 210 \text{ kg/m}^3$ (Holman, 1986, tabel 2-1 hal. 30)

Bahan selimut yang digunakan untuk menutupi bagian *mineral fiber block* yaitu *Stainless Steel SA 167 Grade 11 type 316*

Data :

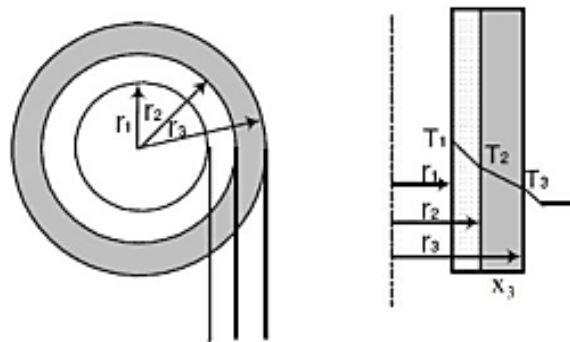
$K_1 = 12,4 \text{ Btu/h.ft}^2.\text{F/ft} = 0,144 \text{ W/m.K}$

$Emissivity = 0,85$

(Perry's, 1999, tabel 2-3761 hal. 2-335)

(Perry's, 1999, tabel 5-6, hal. 5-28)

Skema Perpindahan Panas pada Alat *Rotary Kiln* Berisolator



Keterangan :

Q_1 = Perpindahan panas konveksi dari fluida dalam reaktor ke dinding *shell*

Q_2 = Perpindahan panas konveksi dari dinding *shell* dalam dinding *shell* luar

Q_3 = Perpindahan panas konveksi dari dinding *shell* luar ke isolator

Q_4 = Perpindahan panas dari Isolator ke lingkungan

R_1 = jari jari 1 dari tengah ruang *kiln* ke dinding dalam *shell*

R_2 = jari jari 2 dari tangan ruang *kiln* ke dinding luar *shell*

R_3 = jari jari 3 dari tengah ruang *kiln* ke dinding luar isolator

T_1 = Suhu selimut bagian dalam

T_2 = Suhu selimut bagian luar

T_3 = Suhu selimut bagian luar isolator

K_1 = Konstanta perpindahan panas selimut *kiln*

K_2 = Konstanta perpindahan panas isolator

Di asumsikan :

1. Perpindahan panas *Steady State* ($Q_1=Q_2=Q_3=Q_4$)
2. Suhu lingkungan sekitar *kiln* 30 °C
3. Suhu dinding reaktor bagian dalam beroperasi pada suhu = 926,67 °C

Menghitung nilai R1 :

$$R1 = \frac{\text{diameter alat}}{2}$$

$$R1 = \frac{2,13}{2}$$

$$R1 = 1,06 \text{ m}$$

Menghitung nilai R2 :

$$R2 = \frac{r1}{\text{tebal dinding standar}}$$

$$R2 = \frac{1,06}{0,01}$$

$$R2 = 1,07 \text{ m}$$

9. Menghitung suhu isolator

$$\frac{Q}{A_{\text{sun}}} \times \alpha_{\text{sun}} = \alpha_{\text{low temp}} \times \sigma (T_3^4 - T_{\text{lingkungan}}^4)$$

(Holman, 1986, hal. 461)

Dimana :

- Q/A_{sun} = Nilai perpindahan panas matahari secara radiasi (W/m²)
= 400 W/m.K
- α_{sun} = absorptivitas panas bahan terhadap radiasi matahari = 0,75
- $\alpha_{\text{low temp}}$ = absorptivitas panas bahan terhadap radiasi pada suhu 25 °C = 0.93 = 0,000000056 (W/m².K⁴)
- σ = Konstanta Boltzman (W/m².K⁴)

- T3 = Suhu isolator bagian Luar (K)
- T lingkungan = Suhu lingkungan (K) = 303,15 K
- T3 = 344,74 K
- T3 = 344,74 – 273,15
- T3 = 71,59 °C

(Holman, 1986, hal. 460)

(Holman, 1986, tabel 8.3, hal. 461)

(Holman, 1986, tabel 8.3, hal. 461)

(Holman, 1986, hal. 464)

10. Menghitung konstantan perpindahan panas radiasi (hr)

$$\frac{Q}{A} = \varepsilon \times \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

$$Q = hr \times A (T_1 - T_2)$$

Disubstitusikan menjadi sebagai berikut :

$$hr = \frac{\varepsilon \times \sigma (T_3^4 - T_{ling}^4)}{(T_3 - T_{ling})}$$

Dimana :

- E = Emisivitas isolator
- sigma = Konstanta Boltzman (W/m².K⁴)
- T3 = Suhu isolator bagian Luar (K)
- T lingkungan = Suhu lingkungan (K)
- $hr = \frac{0,0000000568 \times 0,85 (344,74^4 - 303,15^4)}{344,74 - 303,15}$
- hr = 6,592149287 W/m.K

11. Menghitung konstantan perpindahan panas konveksi (hc)

Pada suhu (T = 303,15 k) sifat udara adalah :

- Densitas = 1,167 kg/m³
- Cp (*Heat Capacity*) = 1,005 kJ/kg.m³
- miu = 0,000018 kg/m.s

- k (konstanta perpan) = 0,026 W/m.K = 0,000026 kJ/m.s.K
- Betha = 0,003 1/K

Menghitung bilangan Prandtl

$$N_{Pr} = \frac{C_p \times \mu}{k}$$

(Geankopolis, 1998, per 4.5-6, hal. 238)

$$\text{Bilangan prandit} = \frac{1,005 \times 0,000018}{0,000026}$$

$$\text{Bilangan prandit} = 0,71$$

Menghitung bilangan Grashof

$$N_{Gr} = \frac{L^3 \rho^2 g \beta \Delta T}{\mu^2}$$

(Geankopolis, 1998, hal. 255)

$$\text{Panjang kiln} = 70 \text{ ft} = 21,336 \text{ m}$$

$$\text{Delta T} = \frac{T_3}{303,15}$$

$$\text{Delta T} = \frac{344,74}{303,15}$$

$$\text{Delta T} = 41,59 \text{ K}$$

$$G = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Bilangan grashof} = \frac{21,336^3 \times 1,167^2 \times 9,8 \times 0,003 \times 41,59}{0,000018^2}$$

$$\text{Bilangan grashof} = 4,645.E+13$$

TABLE 4.7-2. Simplified Equations for Natural Convection from Various Surfaces

Physical Geometry	N_{Gr}, N_{Pr}	Equation		Ref.
		$h = \text{btu/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$ $L = \text{ft}, \Delta T = ^\circ\text{F}$ $D = \text{ft}$	$h = \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ $L = \text{m}, \Delta T = \text{K}$ $D = \text{m}$	
Air at 101.32 kPa (1 atm) abs pressure				
Vertical planes and cylinders	$10^4 - 10^9$	$h = 0.28(\Delta T/L)^{1/4}$	$h = 1.37(\Delta T/L)^{1/4}$	(P1)
	$> 10^9$	$h = 0.18(\Delta T)^{1/3}$	$h = 1.24 \Delta T^{1/3}$	(P1)
Horizontal cylinders	$10^3 - 10^9$	$h = 0.27(\Delta T/D)^{1/4}$	$h = 1.32(\Delta T/D)^{1/4}$	(M1)
	$> 10^9$	$h = 0.18(\Delta T)^{1/3}$	$h = 1.24 \Delta T^{1/3}$	(M1)

(Geankopolis, 1998, hal. 256)

Berdasarkan tabel 4.7-2, dari perhitungan di atas, di dapat nilai bilangan prandlt dikali nilai bilangan grashof lebih besar dari 10^9 maka koefisien perpindahan panas konveksi isolator ke lingkungan dihitung dengan persamaan :

$$h_c = 1,24 \Delta T^{1/3}$$

$$H_c = 1,24 \times 41.59^{1/3}$$

$$H_c = 4,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

12. Mengitung panas yang hilang ke Lingkungan (Q_4)

$$Q = h_a A \Delta T$$

$$h_a = h_r + h_c$$

dari persamaan di atas, nilai Q_4 dapat di cari dengan persamaan berikut

$$Q_4 = (h_r + h_c) \times 2 \pi r_3 L (T_3 - T_{\text{ling}})$$

(Geankopolis, 1998, per 4.5-7, hal. 238)

$$Q_4 = (6,59 + 4,29) \times 2 \times 3,14 \times 21,33 \times (344,74 - 303,15)$$

$$Q_4 = 60.676,94 \text{ r3.J/s}$$

$$Q_4 \times r_3$$

$$60.676,91 \times 1,17$$

$$Q_4 = 71.106,76 \text{ J/s}$$

13. Menghitung perpindahan panas pada *shell* (Q2)

$$Q = \frac{(T_1 - T_2)}{R}$$

$$R = \frac{(r_2 - r_1)}{k A}$$

dari persamaan di atas, nilai Q2 dapat di cari dengan persamaan berikut

$$Q_2 = \frac{(T_1 - T_2) k_1 \times 2 \times \pi \times r_2 \times L}{(r_2 - r_1)}$$

(Geankopolis, 1998, per 4.2-9 dan 4.2-12, hal. 221)

Keadaan Steady State sehingga Q1=Q2=Q3=Q4 sehingga Q3=Q4

$$60.676,94 \text{ r3} = \frac{(0,14 \times 2 \times 3,14 \times 1,07 \times 21,33)}{(1,07 - 1,06)} \times (1.199,82 - T_2)$$

$$60.676,94 \text{ r3} = 1.640,03 \times (1.199,82 - T_2)$$

$$T_2 = 1199,82 - \frac{60.676,94}{1.640,03}$$

$$T_2 = 1.199,82 - 36,9$$

$$T_2 = 1.199,82 - 36,99 \times 1,17$$

$$T_2 = 1.156,46 \text{ K}$$

14. Menghitung perpindahan panas pada Isolator

$$Q = \frac{(T_1 - T_2)}{R}$$

$$R = \frac{(r_2 - r_1)}{k A}$$

dari persamaan di atas, nilai Q2 dapat di cari dengan persamaan berikut :

$$Q_3 = \frac{(T_2 - T_3) k_2 \times 2 \times \pi \times r_3 \times L}{(r_3 - r_2)}$$

(Geankopolis, 1998, per 4.2-9 dan 4.2-12, hal. 221)

Kadaan *Steady State* sehingga $Q_1=Q_2=Q_3=Q_4$ sehingga $Q_3=Q_4$

$$60.676,40 \text{ r}_3 = \frac{(1199,82 - 43,07.r_3) - 344,74}{(r_3 - 0,92)} \cdot 6,96 \text{ r}_3$$

$$\frac{60.676,94}{(6,96)} (r_3 - 0,92) = (855,08 - 43,07.r_3)$$

$$8.708,58 (r_3 - 0,92) = (855,08 - 43,07.r_3)$$

$$8.708,58 r_3 - (8.708,58 \times 1.0795) = (855,08 - 43,07.r_3)$$

$$8.708,58 r_3 - (9.400,91) = (855,08 - 43,07.r_3)$$

$$8.708,58 + 43,07900646 r_3 = 855,08 + 8.708,58$$

$$8.751,66 r_3 = 10.255,99$$

$$R_3 = \frac{10.255,99}{8.751,66}$$

$$R_3 = 1,17 \text{ meter}$$

15. Menentukan Jumlah *flight Rotary Kiln*

- *Range* Jumlah *flight* (*number of flight*) = $0,6D - D$ (D dalam meter)

$$\text{Diameter Rotary Kiln} = 2,13 \text{ m}$$

$$\text{Maka jumlah flight} = 3 \text{ buah}$$

$$\text{Tinggi flight berkisar } 1/12 - 1/8 D$$

$$\text{Diambil } 1/8 D$$

$$\text{Maka tinggi flight} = 1/8 \times 2,13$$

$$\text{Tinggi flight} = 0,26 \text{ m}$$

(Perry, 3ed. Hall 831 eq 62)

16. Menghitung *Power* yang dibutuhkan alat

Bahan konstruksi *rotary kiln* ialah *seamless low-alloy steel SA 213 T21*

- Volume Ruang dalam Kiln =
$$= \pi \times r_1^2 \times L$$
$$= 3,14 \times 1,06^2 \times 21,33$$
$$= 76,24 \text{ m}^3$$
- Volume Ruang + Selimut *Kiln* =
$$= \pi \times r_2^2 \times L$$
$$= 3,14 \times 1,07^2 \times 21,33$$
$$= 78,07 \text{ m}^3$$
- Volume Selimut *Kiln* =
$$= \text{Volume Ruang dan Selimut} - \text{Volume Ruang}$$
$$= 78,07 - 76,24$$
$$= 1,82 \text{ m}^3$$
- Densitas *Stainless Steel* =
$$= 8 \text{ g/cm}^3$$
$$= 8000 \text{ kg/m}^3$$
- Massa Selimut Kiln =
$$= \text{Volume Selimut} \times \text{Densitas Bahan}$$
$$= 1,82 \times 8000$$
$$= 14.609,21 \text{ kg}$$
- Volume 2 Tutup =
$$= \pi \times r^2 \times t_s$$
$$= 3,14 \times 1,07^2 \times 21,33$$
$$= 0,046 \text{ m}^3$$
- Massa Tutup Kiln =
$$= \text{Volume Tutup} \times \text{Densitas Bahan}$$
$$= 0,04 \times 8000$$
$$= 371,76 \text{ kg}$$

- Volume Isolator *Kiln* =

$$= \pi \times r^2 \times L$$

$$= 3,14 \times 1,172^2 \times 21,336$$

$$= 92,01 \text{ m}^3$$

$$= \text{Volume Isolator } Kiln - (\text{Volume Ruang} + \text{Selimut Kiln})$$

$$= 92,01 - 78,07$$

$$= 13,93 \text{ m}^3$$
- Massa Isolator =

$$= \text{Volume Isolator} \times \text{Densitas Bahan}$$

$$= 13,93 \times 8000$$

$$= 2.926,46 \text{ kg}$$
- Massa Beban Total Alat =

$$= \text{Massa Isolator} + \text{Massa Tutup } Kiln + \text{Massa Selimut } Kiln$$

$$= 2.926,46 + 371,76 + 14.609,21$$

$$= 17.907,44 \text{ kg}$$
- Massa Bahan Masuk = total komponen laju alir masuk dan keluar *mixing tank* yaitu C (Biochar), KOH, dan H₂O = 6.878,24kg/jam
- Waktu aktivasi selama 4 jam
- Massa Bahan Total = waktu aktivasi x Massa Bahan Masuk

$$= 27.512,99 \text{ kg}$$

$$\text{Massa Bahan Total} \times 2,20462$$

$$= 60.655,69 \text{ lb}$$
- Massa beban total = Massa Bahan Total + Massa Alat Total

$$= 27.512,99 + 17.907,44$$

$$= 45.420,43 \text{ kg}$$

$$= 100.134,79 \text{ lb}$$

$$\text{bhp} = \frac{N [18.85y (\sin B)w + 0.1925DW + 0.33W]}{100,000} \quad (12-59)$$

For a rotary dryer or section of a kiln with lifters,

$$\text{bhp} = \frac{N (4.75dw + 0.1925DW + 0.33W)}{100,000} \quad (12-60)$$

where bhp = brake horsepower required (1 bhp = 0.75 kW); N = rotational speed, r/min; y = distance between centerline of kiln and the center of gravity of material bed, ft; B = angle of repose of material; W = total rotating load (equipment plus material), lb; w = live load (material), lb; D = riding-ring diameter, ft; and d = shell diameter, ft. For estimating purposes, let $D = (d + 2)$.

Drive motors should be of the high-starting-torque type and selected for 1.33 times maximum rotational speed. For two- or three-diameter kilns, the brake horsepower for the several diameters should be calculated separately and summed. Auxiliary drives should be provided to maintain shell rotation in the event of power failure. These

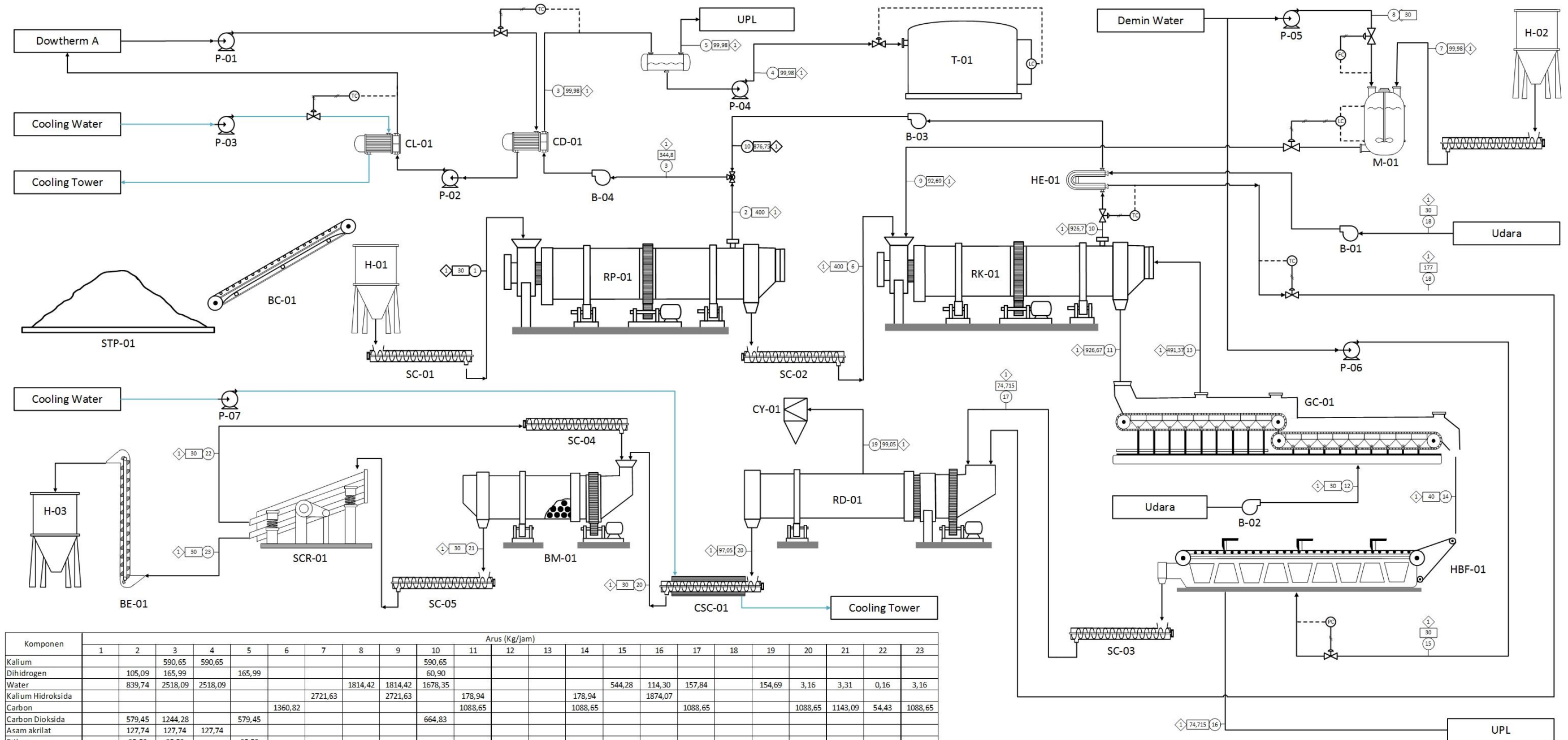
- $$\text{Bhp} = \frac{N (4,75dw + 0,1925DW \times 0,33W)}{100000}$$
- $$\text{Bhp} = \frac{1,8 \times (4,75 \times 7 \times 60.655,69 + 0,19 \times 8 \times 100.134,79 \times 0,33 \times 100.134,79)}{100000}$$
- $$= 39,63$$
- $$= 39,63 \times 0,75$$
- $$= 29,72 \text{ kW}$$
- Digunakan standar 40 Hp

Motor Ratings

Horsepower, the most important rating of a motor, represents the motor's power output. Standard horsepowers have been specified by NEMA as $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{12}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1, $1\frac{1}{2}$, 2, 3, 5, $7\frac{1}{2}$, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 60, 75, 100, 125, 150, and 200. (In the fractional sizes $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, and $\frac{3}{4}$ are the most common.) In addition, the motor speed in rpm at full load and various percentages of full load, the voltage, full-load amperage, number of phases, and frequency of alternating current should also be stated.

LAMPIRAN B


PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF DARI CANGKANG KELAPA SAWIT (PALM KERNEL SHELL) TERAKTIVASI KOH DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 10.000 TON/TAHUN



Komponen	Arus (Kg/jam)																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Kalium			590,65	590,65						590,65													
Dihidrogen		105,09	165,99		165,99					60,90													
Water		839,74	2518,09	2518,09				1814,42	1814,42	1678,35					544,28	114,30	157,84		154,69	3,16	3,31	0,16	3,16
Kalium Hidroksida								2721,63		2721,63		178,94		178,94	1874,07								
Carbon						1360,82				1088,65				1088,65					1088,65		1143,09	54,43	1088,65
Carbon Dioksida		579,45	1244,28		579,45					664,83													
Asam akrilat		127,74	127,74	127,74																			
Etilena		35,52	35,52		35,52																		
Carbon Monoksida		261,75	473,32		261,75					211,57													
Kalium oksida											1422,99			1422,99									
selulosa	1487,65																						
lignin	3737,266																						
hemiselulosa	1618,273																						
asam asetat		261,72	261,72	261,72																			
glioksal		66,56	66,56	66,56																			
asetaldehid		40,42	40,42		40,42																		
dimetil keton		53,29	53,29		53,29																		
benzenitriol		144,63	144,63	144,63																			
metana		27,67	27,67		27,67																		
benzil asetat		445,48	445,48	445,48																			
periol		204,27	204,27	204,27																			
formaldehid		1139,00	1139,00		1139,00																		
etanol		70,54	70,54	70,54																			
metanol		98,12	98,12	204,27																			
Oksigen										10634,34	10634,34						1076,93	1076,93					
Nitrogen										40005,36	40005,36						4051,31	4051,31					
Ash	72,57					261,58					261,58			261,58	151,20	110,39				110,39	115,91	5,52	110,39
Zat Ekstraktif	341,07	341,07	341,07	341,07																			
Volatile Matter			731,94		731,94					731,94													
Moisture Content						60,43					60,43			60,43			60,43			60,43	63,45	3,02	60,43

Keterangan Alat	
H	Hopper
STP	Stockpile
SC	Screw Conveyor
BC	Belt Conveyor
BE	Bucket Elevator
RK	Rotary Kiln
RP	Rotary Pyrolyzer
RD	Rotary Drum
BM	Ball Mill
SCR	Screener
CL	Cooler
CSC	Cooling Screw Conveyor
CD	Condensor
HE	Heat Exchanger
HBF	Horizontal Belt Filter
GC	Grate Cooler
P	Pompa
B	Blower
CY	Cyclone

Keterangan Instrumen	
LC	Level Controller
PC	Pressure Controller
FC	Flow Controller
TC	Temperature Controller
◇	Tekanan (atm)
□	Suhu (Celcius)
○	Nomor Arus
⊗	Control Valve
⊕	Mixing Valve
—	Sinyal Pneumatik
—	Sensor Listrik



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF DARI CANGKANG
KELAPA SAWIT (PALM KERNEL SHELL) TERAKTIVASI KOH
DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

DISUSUN OLEH :



1. Andika Rizky Mahendra (17521142)
2. Windu Heru Suprpto (17521149)

DOSEN PEMBIMBING

1. Ir. Dr. Faisal RM, M. T., Ph. D.
2. Lucky Wahyu Nuzulia Setyaningsih S.T., M. Eng.

LAMPIRAN C
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Windu Heru Suprpto
No. MHS : 17521149
2. Nama Mahasiswa : Andika Rizky Mahendra
No. MHS : 17521142
- Judul Prarancangan : PRA RANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF DARI
CANGKANG KELAPA SAWIT (*PALM KERNEL SHEEL*)
TERAKTIVASI KOH DENGAN KAPASITAS 10.000
TON/TAHUN
- Mulai Masa Bimbingan : 14 April 2021
- Mulai Akhir Bimbingan : 10 April 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	6 juni 2021	Persiapan menentukan udul	
2	6 juni 2021	Progres Judul dan Kapasitas	
3	31 Desember 2021	Progres Neraca Massa dan Neraca Panas	
4	31 Desember 2021	Progres Perhitungan Alat	
5	05 Januari 2022	Progres Perhitungan Utilitas	
6	05 Januari 2022	Progres Perhitungan Ekonomi	
7	15 Januari 2022	Progres Perhitungan Keseluruhan	
8	24 Januari 2022	Naskah Tugas Akhir	

Disetujui Draft Penulisan: Yogyakarta, 24 Januari 2021

Pembimbing,



Faisal R. M., Ir. Drs., M.T., Ph.D.

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Windu Heru Suprpto

No. MHS 17521149

2. Nama Mahasiswa : Andika Rizky Mahendra

No. MHS 17521142

Judul Prarancangan : PRA RANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF DARI CANGKANG KELAPA SAWIT (*PALM KERNEL SHEEL*) TERAKTIVASI KOH DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

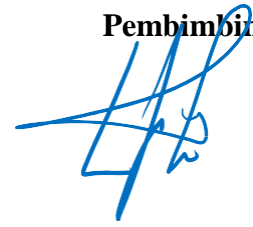
Mulai Masa Bimbingan : 14 April 2021

Mulai Akhir Bimbingan : 10 April 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	6 juni 2021	Persiapan mencari data pendukung yang akan digunakan	/
2	6 juni 2021	Menentukan judul	/
3	6 juni 2021	sifat fisis kimia bahan dan latar belakang	/
4	14 juni 2021	Perhitungan kapasitas	/
5	23 juni 2021	Perhitungan Neraca Massa	/
6	23 juni 2021	Perhitungan Neraca Panas	/
7	25 september 2021	Perhitungan Alat Besar	/
8	03 desember 2021	Perhitungan Alat Kecil	/
9	03 desember 2021	Perhitungan Utilitas	/
10	04 januari 2022	Perhitungan Analisa Ekonomi	/
11	04 januari 2022	Process Engineering Flow Diagram (PEFD)	/
12	24 januari 2022	Naskah Tugas Akhir	/

Disetujui Draft Penulisan: Yogyakarta, 24 Januari 2021

Pembimbing,



Lucky Wahyu Nuzulia Setyaningsih, ST., M.Eng.

