

PRARANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF DARI AMPAS KOPI

KAPASITAS 6.000 TON/TAHUN

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Diajukan Oleh:

Nama : Prajati Arum Siwi

Nama : Dinda Callista Lestari

NIM : 19521203

NIM : 19521205

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

2023

LEMBAR PENGESAHAN KEASLIAN HASIL

PRA RANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF DARI AMPAS KOPI KAPASITAS 6.000 TON/TAHUN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Prajati Arum Siwi
NIM : 19521203

Nama : Dinda Callista Lestari
NIM : 19521205

Yogyakarta, 6 November 2023

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 ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana semestinya.

Tanda tangan



Prajati Arum Siwi
NIM. 19521203

Tanda tangan



Dinda Callista Lestari
NIM. 19521205

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF DARI AMPAS KOPI
KAPASITAS 6.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK



Oleh :

Nama : Prajati Arum Siwi

Nama : Dinda Callista Lestari

NIM : 19521203

NIM : 19521205

Yogyakarta, 6 November 2023

Pembimbing

Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T.,
M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRARANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF DARI AMPAS KOPI KAPASITAS
6.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Prajati Arum Siwi Nama : Dinda Callista Lestari
NIM : 19521203 NIM : 19521205

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

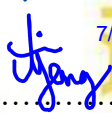
Tim Penguji,
Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T.,
M.Eng.
Ketua Penguji


11/12/2023
(.....)



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


5/11/2023
(.....)

Ajeng Yulianti, S.T., M.T.
Penguji II


7/12/2023
(.....)

Menguji,
Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Sholen Ma'mun, S.T., Ph.D.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum 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 Ampas Kopi Kapasitas 6.000 Ton/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 Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Prodi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia Yogyakarta yang telah memberikan pengarahan, masukan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman sesama Program Studi Teknik Kimia UII 2019 yang telah memberikan dukungan spiritual maupun moril.
6. 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, 5 November 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Prajati Arum Siwi', with a large, stylized initial 'P' and 'A'.

Prajati Arum Siwi

NIM. 19521203

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Dinda Callista Lestari', with a large, stylized initial 'D' and 'C'.

Dinda Callista Lestari

NIM. 19521205

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN KEASLIAN HASIL.....	i
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
LEMBAR PERSEMBAHAN	xiv
ABSTRAK.....	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik	5
1.3. Tinjauan Pustaka.....	16
1.3.1. Kopi.....	16
1.3.2. Ampas Kopi	17
1.3.3. Karbon Aktif	19
1.3.4. Proses Pirolisis	22
1.3.5. Aktivasi Karbon.....	23
1.4. Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	25
1.4.1. Dasar Reaksi	25
1.4.2. Tinjauan Termodinamika.....	28
1.4.3. Tinjauan Kinetika.....	33
BAB II.....	35
PERANCANGAN PRODUK	35
2.1. Spesifikasi Produk	35
a. Karbon Aktif	35
b. <i>Bio-Oil</i>	36
c. K_2O	36
2.2. Spesifikasi Bahan Baku	37
a. Ampas Kopi	37
b. Kalium Hidroksida (KOH).....	38
c. Air (H_2O)	39
2.3. Pengendalian Kualitas.....	40

2.3.1. <i>Quality Control Raw Material</i>	41
2.3.2. <i>Quality Control Process</i>	41
2.3.3. <i>Quality Control Product</i>	43
BAB III	33
PERANCANGAN PROSES.....	33
3.1. Diagram Alir Proses dan Material	33
3.1.1. Diagram Alir Kualitatif.....	33
3.1.2. Diagram Alir Kuantitatif.....	34
3.2. Uraian Proses	36
3.2.1. Tahap Pre-Treatment.....	36
3.2.2. Tahap Karbonisasi (Pirolisis).....	36
3.2.3. Tahap Aktivasi	38
3.2.4. Tahap Pemurnian	38
3.3. Spesifikasi Alat	39
3.4. Neraca Massa.....	60
3.4.1. Neraca Massa Total.....	60
3.4.2. Neraca Massa di <i>Rotary Pyrolizer-01</i>	68
3.4.3. Neraca Massa di <i>Quencher-01</i>	69
3.4.4. Neraca Massa di <i>Decanter-01</i>	70
3.4.5. Neraca Massa di <i>Mixer-01</i>	70
3.4.6. Neraca Massa di <i>Mixing Screw-01</i>	71
3.4.7. Neraca Massa di <i>Rotary Kiln-01</i>	71
3.4.8. Neraca Massa di <i>Grate Cooler-01</i>	72
3.4.9. Neraca Massa di <i>Horizontal Belt Filter-01</i>	73
3.4.10. Neraca Massa di <i>Rotary Dryer -01</i>	73
3.4.11. Neraca Massa di <i>Ball Mill Crusher-01</i>	74
3.4.12. Neraca Massa di <i>Screener-01</i>	74
3.5. Neraca panas	74
3.5.1. Neraca Panas di <i>Rotary Pyrolizer-01</i>	74
3.5.2. Neraca Panas di <i>Quencher-01</i>	75
3.5.3. Neraca Panas di <i>Decanter-01</i>	75
3.5.4. Neraca Panas di <i>Mixer-01</i>	75
3.5.5. Neraca Panas di <i>Mixer-02</i>	76
3.5.6. Neraca Panas di <i>Rotary Kiln-01</i>	76
3.5.7. Neraca Panas di <i>Heater-01</i>	76

3.5.8.	Neraca Panas di <i>Horizontal Belt Filter-01</i>	77
3.5.9.	Neraca Panas di <i>Grate Cooler-01</i>	77
3.5.10.	Neraca Panas di <i>Rotary Dryer-01</i>	77
3.5.11.	Neraca Panas di <i>Ball Mill-01</i>	78
3.5.12.	Neraca Panas di <i>Screener-01</i>	78
BAB IV		79
PERANCANGAN PABRIK.....		79
4.1.	Lokasi Pabrik	79
4.1.1.	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	79
4.1.2.	Faktor Sekunder Penentuan Pabrik	82
4.2.	Tata Letak Pabrik	82
4.3.	Tata Letak Mesin	87
4.4.	Organisasi Perusahaan	90
4.4.1.	Bentuk Perusahaan	90
4.4.2.	Struktur Organisasi	92
4.4.3.	Tugas dan Wewenang	95
4.4.4.	Pembagian Jam Karyawan	101
4.4.5.	Status Karyawan	104
4.4.6.	Sistem Gaji	104
4.4.7.	Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji	105
4.4.8.	Ketenagakerjaan.....	108
UTILITAS.....		112
4.5.	Diagram Alir Utilitas	114
4.6.	Unit Penyediaan Dan Pengolahan Air.....	115
4.6.1.	Air Kebutuhan Umum.....	115
4.7.	Pembangkit Listrik (Power Plant System)	119
4.8.	Unit Penyedia Udara Tekan	122
4.9.	Unit Penyedia Bahan Bakar	122
4.10.	Unit Pengolahan Limbah	123
4.10.1.	Limbah Cair	123
4.10.2.	Limbah Gas	124
4.10.3.	Limbah Padat	125
4.11.	Spesifikasi Alat Utilitas	125
4.11.1	Bak Pengendapan Awal	125
4.11.2.	Bak Pencampur Cepat.....	126

4.11.3. Clarifier	126
4.11.4. Saringan Pasir	127
4.11.5. Bak Air Bersih	127
4.11.6. Bak Air Minum	127
4.11.7. Menara Pendingin	128
4.11.8. Tangki Penukar Kation	128
4.11.9. Tangki Penukar Anion	129
4.11.10. Tangki NaCl.....	129
4.11.11. Tangki NaOH.....	130
4.11.12. Tangki Umpan Boiler.....	130
4.11.13. Tangki Kondensat	131
4.11.14. Tangki Udara Tekan.....	131
4.11.15. Tangki Silika	131
4.11.16. Kompresor Udara.....	132
4.11.17. Pompa Utilitas.....	133
BAB V	135
EVALUASI EKONOMI.....	135
5.1. Harga alat	136
5.1.1. Dasar Perhitungan.....	138
5.2. Perkiraan harga alat.....	139
5.3. Perhitungan biaya.....	141
5.3.1. <i>Capital Investment</i>	141
5.3.2. <i>Manufacturing Cost</i>	144
5.3.3. <i>General Expenses</i>	146
5.3.4. Analisa Kelayakan.....	148
5.3.5. Risiko Pabrik.....	155
PENUTUP	157
5.4. Kesimpulan	157
5.5. Saran	158
DAFTAR PUSTAKA	160
LAMPIRAN A.....	166
LAMPIRAN B	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN C.....	188
KARTU KONSULTASI PRARANCANGAN	188

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Ekspor Karbon Aktif di Indonesia (2017-2021).....	5
Tabel 1.2 Data Ekspor.....	6
Tabel 1.3 Data Impor Karbon Aktif di Indonesia (2017-2021)	7
Tabel 1.4 Data Impor	8
Tabel 1.5 Perusahaan Penghasil Ampas Kopi di Indonesia.....	10
Tabel 1.6 Produksi Ampas Kopi di Indonesia	10
Tabel 1.7 Data Ampas Kopi di Indonesia.....	11
Tabel 1.8 Data Produsen Karbon Aktif di Indonesia	12
Tabel 1.9 Data Produsen Karbon Aktif di Dunia.....	13
Tabel 1.10 Komposisi kimia ampas kopi.....	18
Tabel 1.11 Kegunaan Karbon Aktif.....	20
Tabel 1.12 Kondisi Operasi dan Variasi Proses Pirolisis.....	22
Tabel 1.13 Komposisi Produk pada Berbagai Kondisi Pirolisis	22
Tabel 1.14 Perbandingan Proses Aktivasi.....	24
Tabel 2.1 Sifat Fisis Karbon Aktif (Sifat Fisika)	35
Tabel 2.2 Sifat Fisis Bio Oil.....	36
Tabel 2.3 Sifat Fisis K ₂ O	36
Tabel 2.4 Sifat Fisis Ampas Kopi	37
Tabel 2.5 Sifat Fisis Kalium Hidroksida (KOH)	38
Tabel 2.6 Sifat Fisis Air (H ₂ O)	39
Tabel 3.1 Spesifikasi Rotary Pyrolizer.....	39
Tabel 3.2 Spesifikasi Rotary Kiln	40
Tabel 3.3 Spesifikasi Mixer-01	41
Tabel 3.4 Spesifikasi <i>Mixing Screw -02</i>	42
Tabel 3.5 Spesifikasi Quencher.....	43
Tabel 3.6 Spesifikasi Heater	43
Tabel 3.7 Spesifikasi Grate Cooler	44
Tabel 3.8 Spesifikasi Horizontal Belt Filter.....	45
Tabel 3.9 Spesifikasi Rotary Dryer.....	46
Tabel 3.10 Spesifikasi <i>Decanter</i>	47
Tabel 3.11 Spesifikasi Ball Mill.....	48
Tabel 3.12 Spesifikasi <i>Stockpile</i> Batubara	49
Tabel 3.13 Spesifikasi Bin	50
Tabel 3.14 Spesifikasi Tangki Metana (T-01)	51
Tabel 3.15 Spesifikasi Tangki Bio-Oil (T-02)	52
Tabel 3.16 Spesifikasi Screener	52
Tabel 3.17 Spesifikasi Bucket Elevator	53
Tabel 3.18 Spesifikasi Belt Conveyor.....	54
Tabel 3.19 Spesifikasi Screw Conveyor	55
Tabel 3.20 Spesifikasi Pompa Proses.....	57
Tabel 3.21 Spesifikasi Pompa Proses.....	57

Tabel 3. 22 Spesifikasi Pompa Proses.....	58
Tabel 3. 23 Spesifikasi Blower	59
Tabel 3. 24 Neraca Massa Total.....	60
Tabel 3. 25 Neraca Massa di <i>Rotary Pyrolizer-01</i>	68
Tabel 3. 26 Neraca Massa di Quencher-01	69
Tabel 3. 27 Neraca Massa di Decanter-01	70
Tabel 3. 28 Neraca Massa di Mixer-01	70
Tabel 3. 29 Neraca Massa di Mixer-02.....	71
Tabel 3. 30 Neraca Massa di <i>Rotary Kiln-01</i>	71
Tabel 3. 31 Neraca Massa di Grate Cooler-01	72
Tabel 3. 32 Neraca Massa di <i>Horizontal Belt Filter-01</i>	73
Tabel 3. 33 Neraca Massa di <i>Rotary Dryer-01</i>	73
Tabel 3. 34 Neraca Massa di Ball Mill Crusher-01	74
Tabel 3. 35 Neraca Massa di <i>Screener-01</i>	74
Tabel 3. 36 Neraca Panas di Rotary Pyrolizer -01	74
Tabel 3. 37 Neraca Panas di <i>Quencher -01</i>	75
Tabel 3. 38 Neraca Panas di Decanter -01	75
Tabel 3. 39 Neraca Panas di <i>Mixer-01</i>	75
Tabel 3. 40 Neraca Panas di Mixer-02.....	76
Tabel 3. 41 Neraca Panas di Rotary Kiln-01.....	76
Tabel 3. 42 Neraca Panas di Heater-01	76
Tabel 3. 43 Neraca Panas di Heater-01	77
Tabel 3. 44 Neraca Panas di Grate Cooler-01	77
Tabel 3. 45 Neraca Panas di Rotary Dryer-01	77
Tabel 3. 46 Neraca Panas di Ball Mill-01	78
Tabel 3. 47 Neraca Panas di Rotary Dryer-01	78
Tabel 4. 1 Jadwal Pembagian Kelompok Shift	103
Tabel 4. 2 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji	105
Tabel 4. 3 Kebutuhan Air Domestik	116
Tabel 4. 4 Kebutuhan Air Proses	119
Tabel 4. 5 Total Kebutuhan Air	119
Tabel 4. 6 Daya Alat Proses	120
Tabel 4. 7 Daya Alat Utilitas.....	121
Tabel 4. 8 Kebutuhan Listrik Pabrik	121
Tabel 4. 9 Spesifikasi Bak Pengendap Awal	125
Tabel 4. 10 Spesifikasi Bak Pencampur Cepat	126
Tabel 4. 11 Spesifikasi Clarifier.....	126
Tabel 4. 12 Spesifikasi Saringan Pasir	127
Tabel 4. 13 Spesifikasi Bak Air Bersih	127
Tabel 4. 14 Spesifikasi Bak Air Minum	127
Tabel 4. 15 Spesifikasi Menara Pendingin	128
Tabel 4. 16 Spesifikasi Tangki Penukar Kation	128
Tabel 4. 17 Spesifikasi Tangki Penukar Anion	129

Tabel 4. 18 Spesifikasi Tangki NaCl.....	129
Tabel 4. 19 Spesifikasi Tangki NaOH.....	130
Tabel 4. 20 Spesifikasi Tangki Umpan Boiler	130
Tabel 4. 21 Spesifikasi Tangki Kondensat	131
Tabel 4. 22 Spesifikasi Tangki Udara Tekan	131
Tabel 4. 23 Spesifikasi Tangki Silika.....	131
Tabel 4. 24 Spesifikasi Kompresor Udara.....	132
Tabel 4. 25 Spesifikasi Pompa Utilitas.....	133
Tabel 5. 1 Indeks harga pada tahun 1991 hingga 2022	136
Tabel 5. 2 Perkiraan Harga Alat Proses	139
Tabel 5. 3 Perkiraan Harga Alat Utilitas	140
Tabel 5. 4 <i>Physical Plan Cost (PPC)</i>	142
Tabel 5. 5 Direct Plant Coost (DPC)	142
Tabel 5. 6 Fixed Capital Investment (FCI).....	142
Tabel 5. 7 Working Capital Investment.....	143
Tabel 5. 8 Direct Manufacturing Cost (DMC)	144
Tabel 5. 9 Indirect manufacturing Cost	145
Tabel 5. 10 Fixed Manufacturing Cost.....	145
Tabel 5. 11 <i>Total Manufacturing Cost</i>	146
Tabel 5. 12 General Expenses	147
Tabel 5. 13 Total Production Cost	147
Tabel 5. 14 Annual Fixed Cost (Fa)	151
Tabel 5. 15 <i>Annual Regulated Cost (Ra)</i>	151
Tabel 5. 16 Annual Variabel Value (Va).....	152
Tabel 5. 17 Annual Sales Value (Sa).....	152

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data Pertumbuhan Ekspor Karbon Aktif di Indonesia tahun 2017-2028	6
Gambar 1. 2 Data Pertumbuhan Impor Karbon Aktif di Indonesia tahun 2017-2028	8
Gambar 1. 3 Grafik Data Jumlah Ampas Kopi di Indonesia	11
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif	33
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kualitatif	34
Gambar 3. 3 Process Engineering Flow Diagram.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 1 Peta Lokasi Cilegon, Provinsi Banten.....	79
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik	87
Gambar 4. 3 Tata Letak Mesin.....	89
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan	94
Gambar 4. 5 Gambar Diagram Alir Utilitas.....	114
Gambar 5. 1 Grafik Indeks Harga Alat	137
Gambar 5. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi	Error! Bookmark not defined.

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillahirobbil'alamin

Puji Syukur saya panjatkan kehadirat Allah *Subhanau 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 Ailaihi Wassalam* hingga akhir hayat kita.

Alhamdulillahirobbil'alamin

Pada kesempatan ini, dalam secarik kertas ini, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua saya yakni Bapak Muhamad Zainal Abidin dan Ibu Endang Praptisasiwi yang telah memberikan saya kesempatan untuk menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia. Terima kasih karna selalu mendoakan saya, memberikan dukungan baik secara materil maupun nonmaterial, hingga selalu meluangkan waktunya untuk menemani dan menyemangati saya setiap akhir pekan selama saya menempuh pendidikan di Yogyakarta. Tidak ada kata lain yang dapat saya ucapkan selain terima kasih. Setelah kurang lebih 4 tahun 5 bulan, akhirnya Allah *Subhanau Wa Ta'ala* mengabulkan doa Bapak dan Ibu. Saya percaya akan kalimat bahwasannya "Ridho Allah adalah Ridho Orang Tua". Alhamdulillah, dan insyaAllah atas izin Allah saya bisa mendapatkan gelar yang selama ini Ibu dan Bapak harapkan dari saya. Semoga dengan gelar ini, saya bisa membuat Ibu dan Bapak lebih bahagia dari yang sebelum-sebelumnya. Semoga ibu dan Bapak sehat selalu aamiin.

Untuk *support system* saya kedua kakak saya dan keluarga. Terima kasih selalu mendoakan saya dan memberi semangat. Terima kasih telah membantu mengarahkan saya dalam menyiapkan masa depan. Terima kasih karena sudah menghibur saya dikala susah. Semoga Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* senantiasa memberi kesehatan dan kemurahan rezeki, aamiin.

Untuk teman-teman saya Sava, Nabila, Ara, Tsabit, Nada dan Ferizka, terima kasih selalu membantu saya dalam segala hal. Terima kasih selalu mendoakan saya hal-hal baik dan selalu memberikan 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 akhir saya Dinda Callista Lestari, terima kasih sudah menjadi partner dalam mengerjakan tugas akhir ini. Terima kasih sudah berjuang bersama hingga titik tujuan terakhir. Semoga segala ilmu yang di dapatkan dari seluruh perjalanan 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 Ibu Venitalitya Alethea Sari Augustia, ST., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing 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 Bapak Dani selaku bapak kosan yang telah memberikan tempat tinggal untuk menyelesaikan jenjang kuliah dan selalu membantu saya. Semoga Allah membalas segala kebaikan Bapak Dani dan keluarga.

Prajati Arum Siwi

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirobbil'alamin

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Terima kasih tak terhingga saya sampaikan kepada dua sosok yang selalu menjadi tiang kuat dalam hidup ini, ayah dan ibu tercinta. Doa, dukungan, dan kasih sayang kalian adalah cahaya yang membimbing perjalanan saya. Tak mungkin kata-kata mampu merangkai betapa besar rasa terima kasih ini, karena segala yang terbaik dalam diri ini adalah anugerah dari kalian berdua.

Bersama ini, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada sahabat-sahabat seperjuangan, Prajati Arum Siwi, Syafira Dwi Rahmadiva, dan Putri Tsabitah Dasril. Perjalanan ini tak terlupakan berkat kebersamaan kita, suka dan duka yang kita bagikan, serta semangat juang yang tak pernah padam. Terima kasih atas kerja sama, dukungan, dan doa yang tulus dari kalian.

Saya juga ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada dosen pembimbing Ibu Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T., M.Eng. yang memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan dalam proses penulisan skripsi ini.

Tak lupa, ucapan terima kasih juga tertuju kepada teman penyemangat yang berada di luar Yogyakarta, Agrine Ghina Syadiva, dan Adinda Zhafira Hanun. Meskipun jarak memisahkan, semangat dan dukungan kalian terasa dekat di hati. Terima kasih atas kata-kata semangat, doa, dan inspirasi yang selalu mengiringi langkah-langkah penulis.

Semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan inspirasi, saya sampaikan rasa terima kasih yang tulus. Semoga hasil dari skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menjadi kontribusi positif dalam dunia ilmu pengetahuan.

Akhir kata, semoga skripsi ini menjadi langkah awal untuk memperkaya khazanah ilmu pengetahuan.

Usaha adalah kunci, tangan yang mencipta,

Doa adalah tiang, membangun kemenangan,

Takdir Allah, rencana yang sempurna,

Percayalah, setiap langkah akan membawa keberkahan.

Dinda Callista Lestari

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 permukaannya bertambah luas sekitar $500 \text{ m}^2/\text{g} - 2500 \text{ m}^2/\text{g}$. Alasan pabrik karbon aktif dirancang dengan kapasitas 6.000 ton/tahun adalah untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan meningkatkan devisa negara melalui kegiatan ekspor. Pabrik karbon aktif dirancang dengan kapasitas 6.000 ton/tahun dengan waktu operasi 330 hari/tahun selama 24 jam/hari. Bahan baku yang digunakan adalah ampas kopi sebanyak 7.575,758 kg/jam yang diperoleh dari PT Sari Coffee Indonesia (Starbucks Indonesia), PT Bumi Berkah Boga (Kopi Kenangan), PT Luna Boga Narayan (Janji Jiwa), PT Excelso Multirasa (Excelso), KULO Group (Kopi Kulo), PT Jco Donuts and Coffee, PT Dunkindo Lestari (Dunkin's Donuts), dan PT Fore Kopi Indonesia (Fore Coffee). Pabrik karbon aktif direncanakan didirikan di daerah kawasan industri Cilegon, Banten diatas lahan seluas 14.977 m^2 . Proses produksi dilakukan pada reactor jenis *Rotary Kiln* dengan suhu operasi $926,67 \text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm. Dalam menunjang proses produksi dibutuhkan air untuk peroses sebesar 1161,584 kg/jam dan listrik sebesar 789,783 kW yang disediakan oleh PLN, serta generator sebagai cadangan listrik. Sebuah parameter kelayakan pendirian pabrik menggunakan analisis ekonomi dengan modal total investasi yang terdiri dari Penamaan Modal Tetap sebesar Rp. 285.819.862.304,47 dan Modal Kerja Rp. 648.984.624.119,39 dan Penjualan Tahunan Rp. 2.260.251.147.295,75 sehingga didapat keuntungan sebelum pajak Rp. 127.611.635.092,23 dan keuntungan setelah pajak Rp. 99.537.075.371,94. Analisa kelayakan dilihat dari nilai *Return On Investment* (ROI) sebelum pajak 44,65%, *Pay Out Time* (POT) sebelum 1,83 tahun, *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR) 14,30%, dan *Shut Down Point* (SDP) 41,36%. Dari parameter kelayakan di atas, dapat disimpulkan bahwa pabrik karbon aktif ini layak untuk didirikan.

Kata-kata Kunci: Ampas Kopi, Karbon Aktif

ABSTRACT

Activated carbon is a material commonly used in adsorption and purification processes. Activated carbon is charcoal that has been activated either through chemical or physical activation, resulting in open pores and an increased surface area ranging from 500 m²/g to 2500 m²/g. The reason for designing an activated carbon plant with a capacity of 6,000 tons/year is to meet domestic needs and boost the country's foreign exchange through export activities. The plant is designed with a capacity of 6,000 tons/year, operating 330 days/year, 24 hours/day. The main raw material used is coffee grounds, amounting to 7,575.758 kg/hour, sourced from various companies including PT Sari Coffee Indonesia (Starbucks Indonesia), PT Bumi Berkah Boga (Kopi Kenangan), PT Luna Boga Narayan (Janji Jiwa), PT Excelso Multirasa (Excelso), KULO Group (Kopi Kulo), PT Jco Donuts and Coffee, PT Dunkindo Lestari (Dunkin's Donuts), and PT Fore Kopi Indonesia (Fore Coffee). The planned location for the activated carbon plant is in the industrial area of Cilegon, Banten, on a land area of 14,977 m². The production process will involve a Rotary Kiln reactor operating at a temperature of 926.67 °C and a pressure of 1 atm. To support the production process, 1161.584 kg/hour of water and 789.783 kW of electricity provided by PLN, along with a generator as backup power, will be required. Economic feasibility analysis involves total investment capital, including Fixed Capital Investment to Rp. 285,819,862,304.47 and Working Capital of Rp. 648,984,624,119.39, with annual sales reaching Rp. 2,260,251,147,295.75. The projected profit before tax is Rp. 127,611,635,092.23, and after tax, it is Rp. 99,537,075,371. Considering a Return On Investment (ROI) of 44.47% before tax, Pay Out Time (POT) of 1.84 years, Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) of 14.26%, and Shut Down Point (SDP) of 41.36%, it can be concluded that the activated carbon plant is feasible for establishment.

Keywords: Activated Carbon, Coffee Grounds

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia termasuk kedalam negara berkembang yang ditandai dengan pesatnya perkembangan industri. Industri di Indonesia, seperti industri makanan, minuman, farmasi, pupuk, dan gas alam. Perkembangan industri memberikan dampak positif dalam berbagai aspek seperti ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Namun seiring berkembangnya industri di Indonesia juga membawa dampak negatif terhadap lingkungan karena limbah atau residu yang dihasilkan mengandung bahan yang berbahaya. Kontaminasi limbah dapat menurunkan kualitas hidup masyarakat sehingga dibutuhkan upaya dalam mengatasi pencemaran lingkungan. Salah satu cara yaitu dengan adsorpsi dengan menggunakan adsorben. Adsorpsi tidak memiliki efek samping yang berbahaya terhadap Kesehatan dan peralatan yang digunakan sederhana serta murah, dapat digunakan berkali-kali (Zein et al., 2019). Dalam hal ini adsorben yang digunakan adalah 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. Karbon aktif tersusun atas atom-atom yang berikatan kovalen. Ikatan tersebut memiliki sisi

heksagonal datar dengan setiap sudut terdapat satu atom C. Dinamakan karbon aktif karena telah melalui proses aktivasi. Aktivasi dilakukan dengan menggunakan gas CO₂, uap air atau bahan kimia yang dapat menciptakan pori-pori terbuka sehingga memiliki kemampuan untuk menyerap atau daya adsorpsi meningkat baik terhadap warna atau bau. Karbon aktif dianggap baik jika memiliki banyak kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Takeuchi, 2006). Karbon aktif yang berbahan dasar limbah biomassa memiliki kelebihan harga yang murah serta ramah lingkungan (Haura et al., 2017).

Produksi karbon aktif pertama kali di Indonesia dilakukan pada tahun 1982 oleh PT Intan Prima Karbon Indonesia. Karbon aktif diproduksi dalam bentuk butiran dan serbuk dengan kapasitas produksi sebesar 9000 ton/tahun. Kebutuhan karbon aktif meningkat dari tahun ke tahun, pada 2021 kebutuhan karbon aktif meningkat menjadi 28.708 ton/tahun. Permintaan dunia terhadap karbon aktif pada tahun 2017 sebesar 20.076 ton/tahun. Permintaan karbon aktif di Indonesia mengalami peningkatan yang berakibat pada perkembangan industri pembuatan karbon aktif yang semakin pesat. Faktor utama dari melonjaknya permintaan karbon aktif yaitu pengaplikasian karbon aktif yang semakin meningkat pada kehidupan sehari-hari maupun pada industri. Pada kehidupan sehari-hari karbon aktif dimanfaatkan sebagai penghilang warna dan bau, sedangkan pada industri karbon aktif digunakan untuk penyulingan minyak, penghilang sulfur, gas beracun, pengambilan kembali pelarut, penghilang bau busuk gas pada pemurnian gas, dan sebagai

katalisator. Karbon dipasarkan dalam bentuk butiran (granular) dan berbentuk bubuk (tepung) (Widjaja et al., 2009).

Kopi termasuk dalam salah satu komoditas perkebunan yang memiliki peran penting dalam menghasilkan devisa. Indonesia menempati urutan kedua dalam hal luasan lahan perkebunan kopi, sedangkan dalam produksi dan ekspor Indonesia berada dalam posisi keempat, hal ini dilihat berdasarkan jumlah produktivitas kopi Indonesia sebesar 792 kg biji kering per tahun. Produksi kopi Indonesia mengalami fluktuasi dari tahun ke tahun. Kecuali DKI Jakarta, hampir seluruh provinsi di Indonesia menghasilkan kopi. Provinsi Sumatera Selatan memiliki lahan kopi seluas 277.524 Ha dengan produksi sebesar 140.812 ton. Produksi kopi tertinggi dihasilkan oleh provinsi Lampung sebesar 142.599 ton dengan luas lahan sebesar 166.058 Ha. Di Indonesia sebaran produksi kopi tidak merata di seluruh daerah/provinsi sehingga hal ini menyebabkan wilayah-wilayah basis komoditas kopi di Indonesia hanya terpusat di beberapa provinsi saja.

Biji kopi memiliki dua jenis yaitu kopi robusta dan kopi arabika. Biji kopi arabika memiliki cita rasa yang lebih baik jika dibandingkan dengan biji kopi arabika. Komposisi biji kopi dan karakteristik kopi dipengaruhi oleh varietas kopi, lingkungan, tempat unduh, kondisi penyimpanan, tingkat kematangan, dan proses pengolahan (Clarke dan Mcrae, 1985). Biji kopi mengandung beberapa komponen kimia seperti kafein, sukrosa, lignin, pektin, dan mineral. Beberapa komponen lain seperti protein, gula, asam klorogenat dan lemak kemungkinan akan mengalami kerusakan atau

perubahan komposisi kimia menjadi senyawa yang lebih kompleks (Ginz et al., 2000).

Masyarakat Indonesia telah terbiasa dengan kegiatan minum kopi sejak dahulu kala, sebelum gerai kopi internasional datang ke Indonesia. Kopi tubruk merupakan jenis kopi yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Kopi tubruk adalah metode ekstraksi kopi paling sederhana. Prinsip dasar ekstraksi tersebut adalah menuangkan air panas ke dalam gelas yang sudah berisi serbuk kopi kemudian mendinginkan campuran hingga terdapat ampas kopi di dasar gelas. Konsumsi kopi di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahun yaitu sebesar 0.80 kg/kapita/tahun pada tahun 2010 dan mengalami peningkatan pada tahun 2016 sebesar 1,15 kg/kapita/tahun (AEKI, 2016). Peningkatan jumlah konsumsi kopi menyebabkan peningkatan jumlah ampas kopi yang dihasilkan.

Ampas kopi merupakan endapan yang dihasilkan dari proses penyeduhan bubuk kopi dengan air panas. Menurut Mussatto (2011) dalam 1 ton biji kopi menghasilkan 650 kg ampas kopi. Komposisi yang terkandung dalam ampas kopi yaitu protein, minyak, mineral, selulosa, hemiselulosa, lignin, serat dan senyawa fungsional seperti polifenol. Dengan kandungan tersebut ampas kopi memiliki potensi untuk dimanfaatkan kembali dengan pengolahan pangan maupun non pangan. Pada pengolahan pangan, ampas kopi dapat didistilasi untuk mendapatkan aroma kopi yang digunakan pada produk makanan maupun minuman. Senyawa fenolik yang terkandung pada ampas kopi dapat berfungsi sebagai antioksidan yang dapat digunakan dalam

produk kesehatan, suplemen, dan produk pangan (Zourro. 2012). Pada pengolahan non pangan, ampas kopi dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif, bahan bakar boiler, produksi biodiesel dan sebagai bahan baku produksi etanol (Silvia et al, 1998 ; Rasdiansyah et al., 2014).

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 ekspor karbon aktif di Indonesia selama periode 2017-2021 dapat dilihat pada tabel berikut.

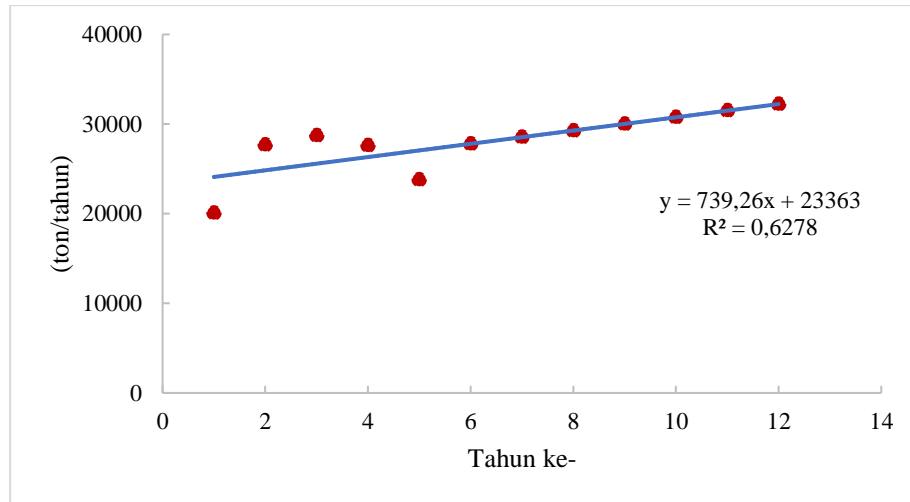
Tabel 1.1 Data Ekspor Karbon Aktif di Indonesia (2017-2021)

Tahun	Kebutuhan Ekspor (ton/tahun)
2017	20.076,2488
2018	27.692,6155
2019	28.708,0719
2020	27.613,9339
2021	23.811,7657

Sumber dari Badan Pusat Statistik tahun 2022

Proses produksi karbon aktif direncanakan akan mulai berproduksi pada tahun 2028. Untuk mengetahui perkiraan kebutuhan karbon aktif pada tahun

2028 dilakukan dengan menggunakan metode regresi linear. Grafik hasil regresi data ekspor di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1. 1 Data Pertumbuhan Ekspor Karbon Aktif di Indonesia tahun 2017-2028

Kemudian didapatkan hasil regresi data ekspor persamaan:

$$y = 739,24x + 23363$$

dari persamaan regresi tersebut didapatkanlah data ekspor pada tahun 2028 yaitu:

Tabel 1.2 Data Ekspor

Tahun ke-	Tahun	Kg/Tahun	Ton/Tahun
1	2017	20.076.248,79	20.076,2488
2	2018	27.692.615,48	27.692,6155
3	2019	28.708.071,92	28.708,0719
4	2020	27.613.933,87	27.613,9339
5	2021	23.811.765,69	23.811,7657
6	2022	27.798.440	27.798,440

7	2023	28.537.680	28.537,680
8	2024	29.276.920	29.276,920
9	2025	30.016.160	30.016,160
10	2026	30.755.400	30.755,400
11	2027	31.494.640	31.494,640
12	2028	32.233.880	32.233,880

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistika untuk ekspor setiap tahun cenderung mengalami kenaikan.

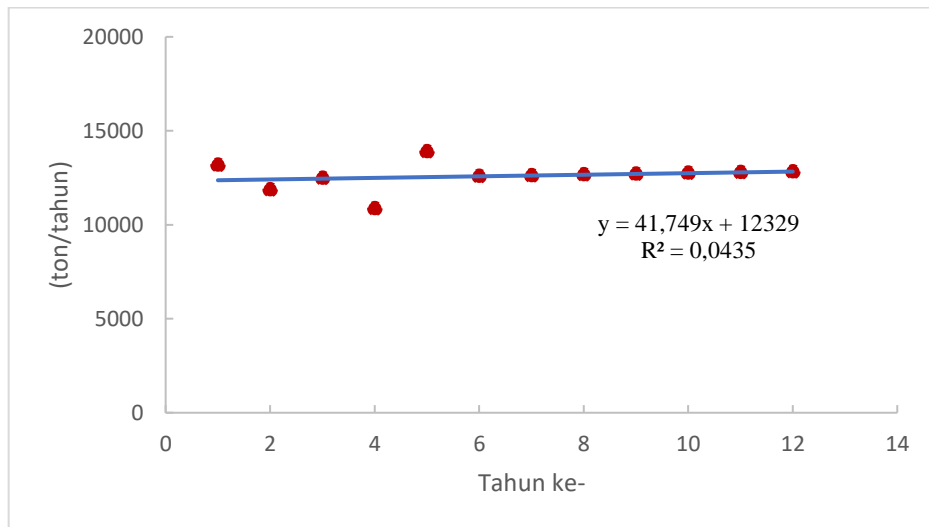
Berikut data impor karbon aktif dari tahun 2017-2021:

Tabel 1.3 Data Impor Karbon Aktif di Indonesia (2017-2021)

Tahun	Kebutuhan Impor (ton/tahun)
2017	13.181,209
2018	11.860,851
2019	12.480,954
2020	10.858,012
2021	13.891,490

Sumber dari Badan Pusat Statistik tahun 2022

Untuk mengetahui terkait kebutuhan impor karbon aktif di Indonesia pada tahun produksi 2028 maka didapatkan regresi linear dan hasil pada Gambar 1.2



Gambar 1. 2 Data Pertumbuhan Impor Karbon Aktif di Indonesia tahun 2017-2028

Kemudian didapatkan hasil regresi data impor persamaan:

$$y = 41,749x + 12329$$

dari persamaan regresi tersebut didapatkanlah data impor pada tahun 2028 yaitu:

Tabel 1.4 Data Impor

Tahun ke-	Tahun	Kg/Tahun	Ton/Tahun
1	2017	13.181.209	13.181,209
2	2018	11.860.851	11.860,851
3	2019	12.480.954	12.480,954
4	2020	10.858.012	10.858,012
5	2021	13.891.490	13.891,490
6	2022	12.579.632	12.579,632
7	2023	12.621.404	12.621,404
8	2024	12.663.176	12.663,176

9	2025	12.704.948	12.704,948
10	2026	12.746.720	12.746,720
11	2027	12.788.492	12.788,492
12	2028	12.830.264	12.830,264

Proyeksi kapasitas karbon aktif di Indonesia pada tahun 2028 dapat diperkirakan sebesar:

$$\begin{aligned}
 \text{Proyeksi kapasitas 2028} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\
 &= (\text{ekspor} + \text{kebutuhan}) - (\text{impor} + \text{produksi}) \\
 &= (32.233,880 + 146.636,70) \text{ ton/tahun} - (12.830,880 \\
 &\quad + 43.560) \text{ ton/tahun} \\
 &= 122.480 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka ditentukan kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah sebesar 6.000 ton/tahun dengan mempertimbangkan kapasitas pabrik yang sudah didirikan sebelumnya dan ketersediaan bahan baku. Dengan pembangunan pabrik berlangsung pada awal tahun 2028 diharapkan dapat mengurangi angka impor karbon aktif di Indonesia.

2. Ketersediaan Bahan Baku

Kopi merupakan salah satu komoditas unggulan dari subsektor perkebunan di Indonesia. Konsumsi kopi sudah sangat melekat dikalangan penduduk Indonesia dengan rata-rata peningkatan konsumsi 8,22% setiap tahunnya. Semakin tinggi tingkat pengonsumsian kopi, maka semakin besar

pula jumlah limbah ampas kopi yang dihasilkan dari setiap kedai kopi maupun rumah tangga (Limantara, 2019). Kopi merupakan kebutuhan konsumsi sehari-hari. Berdasarkan pengamatan selama bekerja di kedai kopi di Citraland, Surabaya. Menu yang paling banyak dipesan oleh konsumen adalah menu yang berbahan dasar espresso. Hal ini, menyebabkan jumlah ampas kopi yang dihasilkan dari mesin espresso selama 16 jam operasional toko bisa mencapai antara 15 kilogram hingga 25 kilogram ampas kopi. (Sepsi dkk, 2022).

Tabel 1.5 Perusahaan Penghasil Ampas Kopi di Indonesia

No	PT	Kg/Tahun	Ton/Tahun
1	Starbucks	8.212.500	8.213
2	Kopi Kenangan	5.475.000	5.475
3	Janji Jiwa	8.212.500	8.213
4	Nescafé	1.149.750	1.150
5	Kulo	2.737.500	2.738
6	Jco Donut & Coffee	2.491.125	2.491
7	Dunkin Donut	1.825.000	1.825
8	Fore	1.003.750	1.004
	Total	31.107.125	31.107

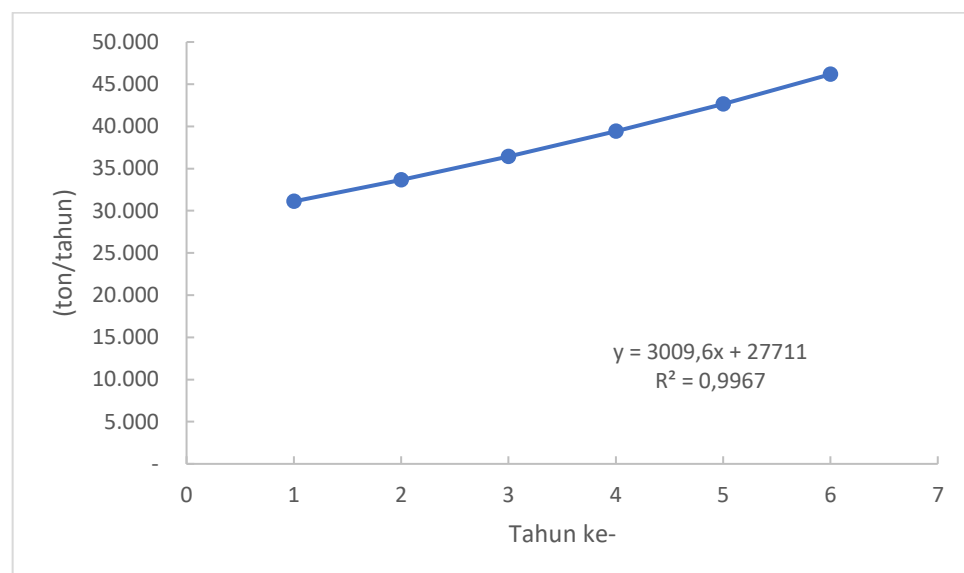
Tabel 1.5 dihasilkan dari proyeksi ampas kopi yang dihasilkan per hari pada semua cabang kedai kopi yang diakumulasikan dalam per tahun. Tabel di atas merupakan data kedai kopi penghasil ampas kopi pada tahun 2016.

Tabel 1.6 Produksi Ampas Kopi di Indonesia

No	Tahun	Kg/tahun	Ton/tahun
1	2016	31.107.125	31.107
2	2017	33.664.131	33.664
3	2018	36.431.322	36.431

4	2019	39.425.977	39.426
5	2020	42.666.792	42.667
6	2021	46.174.003	46.174

Tabel 1.6 merupakan jumlah ampas kopi yang dihasilkan per tahun di Indonesia. Data di atas didapatkan berdasarkan perhitungan ampas kopi pada tahun 2016. Dipengaruhi dengan peningkatan konsumsi kopi sebesar 8,22% pada tiap tahunnya. Kenaikkan konsumsi kopi di Indonesia berpengaruh terhadap kenaikan jumlah ampas kopi yang dihasilkan.



Gambar 1. 3 Grafik Data Jumlah Ampas Kopi di Indonesia

Kemudian didapatkan hasil regresi data ampas kopi dengan persamaan:

$$y = 3009,6x + 27711$$

dari persamaan regresi tersebut didapatkanlah data ampas kopi pada tahun 2028 yaitu:

Tabel 1.7 Data Ampas Kopi di Indonesia

Tahun ke-	Tahun	Kg/tahun	Ton/tahun
1	2016	31.107.125	31.107

2	2017	33.664.131	33.664
3	2018	36.431.322	36.431
4	2019	39.425.977	39.426
5	2020	42.666.792	42.667
6	2021	46.174.003	46.174
7	2022	48.778.200	48.778
8	2023	51.787.800	51.788
9	2024	54.797.400	54.797
10	2025	57.807.000	57.807
11	2026	60.816.600	60.817
12	2027	63.826.200	63.826
13	2028	66.835.800	66.836

Berdasarkan data diatas jumlah ampas kopi yang ada di Indonesia pada tahun 2022 sebesar 48.778 ton/tahun. Dengan jumlah yang cukup besar, ampas kopi 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 1.8 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 Ebara Prima Indonesia	Serang, Banten	1.000
PT Tridi Jaya	Denpasar, Bali	2.400
PT Karbon Niaga Indonesia	Jakarta	7.200
PT Inhil Sarimas Kelapa	Jakarta	6.000
PT Eratechbudhi Sadhana Yukti	Subang	1.200
CV Insan Madani	Bandung	2.400
PT Shinamjaya Abadi	Pontianak	1.560

PT Pekan Cirebon	Pekan Baru	1.800
PT Mapalus Makawanua <i>Charcoal Industry</i>	Bitung, Sulawesi Utara	5.000
Jumlah		43.560 ton/tahun

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. 9 Data Produsen Karbon Aktif di Dunia

Produsen Karbon Aktif di Dunia		
Nama Perusahaan	Lokasi	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	48.000

5. Perusahaan pengguna karbon aktif di Indonesia

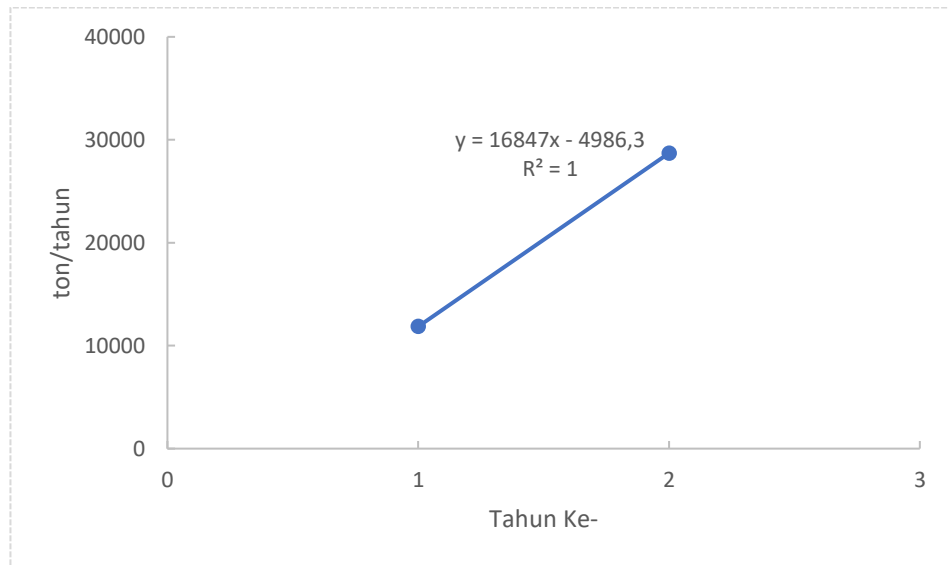
Tabel 1. 10 Daftar Perusahaan Pengguna Karbon Aktif di Indoneisa

Nama Perusahaan	Bidang Usaha	Lokasi
PAM JAYA	Air minum	Jakarta
PT Krakatau Daya Tirta	Air mineral kemasan	Cilegon

PT Nestle	Makanan	Pasuruan, Lampung, Cikupa, Karawang, Jakarta
PT Sidomuncul	Jamu dan obat	Semarang
PT Akasha Wira International	Air minum botol dan kosmetik	Yogyakarta
PT Akusara Abadi	Besi dan baja	Tangerang Selatan
PDAM Tirta Siak	Air bersih	Siak, Riau
PDAM Tirta Kampar	Air bersih	Kampar, Riau
PT Kino Indonesia	Farmasi, produk perwatan tubuh, makanan, minuman	Tangerang
PT Tempo Scan Pacific	Farmasi dan kosmetik	Jakarta
PT Indofood Sukses Makmur	Makanan	Jakarta, Bandung, Surabaya
PT Japfa Comfeed Indonesia	Agri food	Semarang, Sragen, Grobogan

Sumber : Intan Prima Group,2018 , Ady Water, 2018

Pada tahun 2018 kebutuhan akan karbon aktif mencapai 11.860,851 ton/tahun (Yunfa,2020). Kebutuhan karbon aktif meningkat dari tahun ke tahun, pada 2021 kebutuhan karbon aktif meningkat menjadi 28.708 ton/tahun. Total kebutuhan karbon aktif pada tahun2018 dan tahun 2021 sebesar 40.568,851 ton/tahun.



Gambar 1. 4 Grafik Kebutuhan Karbon Aktif di Indonesia

Kemudian didapatkan hasil regresi data kebutuhan karbon aktif di Indonesia dengan persamaan:

$$y = 16847x - 4986,3$$

dari persamaan regresi tersebut didapatkan data kebutuhan karbon aktif pada tahun 2028 yaitu:

Tabel 1. 11 Data kebutuhan karbon aktif pada tahun 2028

No	Tahun ke-	Tahun	Ton/Tahun
1	1	2018	11.860,85
2	2	2021	28.708,00
3	3	2022	45.554,70
4	4	2023	62.401,70
5	5	2024	79.248,70
6	6	2025	96.095,70
7	7	2026	112.942,70
8	8	2027	129.789,70

1.3. Tinjauan Pustaka

1.3.1. Kopi

Kopi merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang sudah lama dibudidayakan dan memiliki nilai ekonomis tinggi. Konsumsi kopi dunia mencapai 70% berasal dari spesies kopi arabika dan 26% berasal dari spesies kopi robusta. Kopi berasal dari Afrika, yaitu daerah pegunungan di Etiopia. Namun, kopi sendiri baru dikenal oleh masyarakat dunia setelah tanaman tersebut dikembangkan di luar daerah asalnya, yaitu Yaman di bagian selatan Arab melalui para saudagar Arab (Rahardjo, 2012).

Tanaman kopi dapat tumbuh dengan baik apabila faktor-faktor yang mempengaruhinya dapat dioptimalkan. Beberapa faktor yang memengaruhi pertumbuhan kopi terdiri atas: tanah, curah hujan, ketinggian tempat, dan pemeliharaan. Untuk dapat tumbuh dengan baik, kopi harus ditanam pada tanah yang subur dan memiliki pH berkisar 5-7. Curah hujan memengaruhi pembentukan bunga sampai menjadi buah (Ridwansyah, 2003).

Kandungan kafein dalam kopi memiliki efek positif dan efek negatif pada tubuh. Kafein kopi bermanfaat dalam stimulasi otak dan sistem saraf serta mempertinggi denyut jantung, karena itu setelah meminum kopi akan terasa sensasi kesegaran psikis. Kandungan kafein yang tinggi dapat menyebabkan jantung berdebar, pusing, dan tekanan darah meningkat serta

menyebabkan susah tidur. Menurut Winarno (1992), kafein dapat meningkatkan sekresi asam lambung, memperbanyak produksi urine, memperlebar pembuluh darah, dan meningkatkan kerja otot.

Bentuk murni kafein dijumpai sebagai kristal berbentuk tepung putih atau berbentuk benang sutera yang panjang dan kusut. Kristal kafein mengikat satu molekul air, dapat larut dalam air mendidih. Kafein mencair pada suhu 235-237 °C dan akan menyublim pada suhu 176 °C di dalam ruangan terbuka. Kafein mengeluarkan bau yang wangi, mempunyai rasa yang sangat pahit dan mengembang di dalam air (Randi, 2006). Pengolahan biji kopi bertujuan untuk memperoleh biji kopi tanpa kulit yang memenuhi syarat perdagangan, yaitu biji kopi kering, bebas dari kulit buah, tidak keriput, tidak pecah, dan berwarna hijau kebiruan. Pada dasarnya proses pengolahan kopi glondong menjadi kopi biji ada dua yaitu pengolahan secara basah (*wet process*) dan pengolahan cara kering (*dry process*).

1.3.2. Ampas Kopi

Ampas kopi merupakan residu yang dihasilkan dari proses penyeduhan bubuk kopi dengan air panas. Dalam 1 ton biji kopi diperoleh ampas kopi sebanyak 650 kg (Mussatto et al., 2011). Setiap tahun konsumsi kopi di Indonesia mengalami peningkatan menurut data International Coffee Organization (ICO) pada periode 2020/2021 konsumsi kopi di Indonesia mencapai 5 juta kantong ukuran 60 kg. Jumlah tersebut meningkat 4,004% dibandingkan pada periode sebelumnya yang sebesar 4,81 juta kantong berukuran 60 kg.

Ampas kopi mengandung minyak yang terdiri dari asam lemak bebas, monogliserida, digliserida, dan trigliserida (Narasimharao, 2008). Menurut Ballesteros (2014) ampas kopi kering memiliki kandungan material seperti hemiselulosa, lignin, selulosa, protein, nitrogen, lemak, dan abu. Komposisi kimia ampas kopi dapat dilihat pada tabel 1.10.

Tabel 1.12 Komposisi Kimia Ampas Kopi

Komponen	Kandungan (g/100g)
Selulosa (C ₆ H ₁₂ O ₅) _n	12,40
Hemiselulosa (C ₅ H ₁₀ O ₅) _n	39,10
a. Arabinosa (C ₅ H ₁₀ O ₅)	3,60
b. Mannosa (C ₆ H ₁₂ O ₆)	19,07
c. Galaktosa (C ₆ H ₁₂ O ₆)	16,43
Lignin (C ₁₅ H ₁₄ O ₄)	23,90
Lemak	2,29
Abu	1,30
Protein (RCH(NH ₂)COOH)	17,44
Nitrogen (N ₂)	2,79

Sumber : Ballesteros, et al (2014)

Ampas kopi mengandung senyawa antioksidan. Ampas kopi mengandung komponen antioksidan sebesar 3,88% db dengan aktivasi antioksidan sebesar 16,01%, sedangkan dalam bentuk ekstrak cair ampas kopi mengandung komponen antioksidan sebesar 4,49% db dengan aktivasi antioksidan sebesar 62,81% (Praptiningsih et al., 2014). Asam klorogenat dan kafein yang terkandung dalam ampas kopi termasuk ke dalam golongan

senyawa fenolik yang bersifat sebagai antioksidan. Hal ini dikarenakan memiliki aktivasi antioksidan.

Ampas kopi termasuk ke dalam limbah organik yang dapat dimanfaatkan kembali. Ampas kopi dapat dimanfaatkan menjadi berbagai macam produk yang bermanfaat. Ampas kopi dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuat karbon aktif sebagai adsorpsi ataupun bahan penyerap (Limantara, 2019). Bahan baku yang berasal dari bahan organik dapat dibuat menjadi karbon aktif karena mengandung karbon. Jika dipanaskan pada suhu tinggi karbon aktif memiliki pori. Daya adsorpsi karbon aktif semakin tinggi dikarenakan luas permukaan (Suyata, 2010).

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%. Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai sumber karbon salah satunya yaitu ampas kopi. Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan cara dipanaskan pada suhu tinggi. Ampas kopi dapat dibuat menjadi karbon aktif sebagai adsorpsi atau bahan penyerap melalui proses aktivasi (Limantara, 2019). Kandungan bahan organik dalam ampas kopi seperti lignin, selulosa, hemiselulosa sehingga

memperoleh luas permukaan yang besar. Semakin luas permukaan, maka daya adsorpsinya semakin tinggi.

Bahan baku yang digunakan untuk membuat karbon aktif tidak hanya berasal dari ampas kopi, ada beberapa jenis bahan baku yang dipakai untuk membuat karbon aktif yaitu bahan-bahan yang mempunyai kandungan karbon antara lain sekam padi, batu bara, kayu, tulang binatang, dan lain-lain. Beberapa diantaranya karbon aktif juga dibuat dari bahan baku polimer seperti rayon, poliakrilonitril, dan resol fenol (Hoyashi *et al*, 1984). Karbon aktif memiliki berbagai macam fungsi, secara umum penggunaan karbon aktif di Indonesia dapat di lihat pada tabel di bawah ini (LIPI 1999).

Tabel 1.13 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	Kegunaan
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

Lanjutan Tabel 1.14 Kegunaan Karbon Aktif

Pemakaian Untuk Zat Cair	
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 Lain-lain	Menghilangkan warna dan bau, pemurnian
Pengolahan emas	Pemurnian
Pengolahan <i>pulp</i>	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 tambahin makanan, pemurnian glukosa dan pengolahan zat pewarna kadar tinggi. Dalam bentuk *granular* dengan ukuran antara 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 – 5 mm 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 Pirolisis

Proses pirolisis adalah tahapan proses pemanasan tanpa udara dan penambahan zat kimia lain. Tahap pembentukan karbon melalui proses karbonisasi atau proses pembakaran tidak sempurna, pembakaran dilakukan dengan persediaan oksigen (O₂) terbatas tanpa menggunakan oksigen dan menghasilkan arang karbon atau karbon monoksida (CO) (Fessenden, 1982). Biomassa dapat terurai menjadi *volatile matter* dan *charcoal* atau arang karbon. Arang yang dihasilkan kemudian diaktivasi dengan tujuan mendapatkan karbon dengan luas permukaan yang lebih besar sehingga menghasilkan daya serap yang lebih besar. Kondisi operasi tipikal untuk proses pirolisis dapat dilihat pada Tabel 1. 5. (Waluyo et al., 2018).

Tabel 1. 15 Kondisi Operasi dan Variasi Proses Pirolisis

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 vapour residence</i>	>30s	~10-30s	~1s
4.	<i>Solid residence</i>	<i>Hours-days</i>	1-30 min	~1s

Sumber : Waluyo et al, 2018

Tabel 1.16 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 memuka 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 karbon dapat dilakukan dengan cara perlakuan aktivasi fisika maupun kimia.

a. Aktivasi Fisika

Pada proses aktivasi fisika bahan baku dari karbon aktif bisa diaktivasi menggunakan *steam* pada suhu sekitar 500-800 °C atau dari gas CO₂. Beberapa faktor yang dapat memengaruhi sifat dari karbon aktif atau karakteristik yang sudah 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 karbon dilakukan dengan menggunakan bahan kimia sebagai aktivasi. Aktivator merupakan bahan yang digunakan sebagai reagen untuk pengaktif pada adsorben karbon aktif sehingga mempunyai daya serap yang baik. Sifat zat aktivator dapat mengikat air sehingga pada saat terjadi karbonisasi, air yang terikat pada pori karbon dapat terlepas, tahap selanjutnya aktivator dapat masuk ke dalam pori dan membuka permukaan karbon 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 asam fosfat (H_3PO_4), asam sulfat (H_2SO_4), kalium hidroksida (KOH), natrium hidroksida (NaOH), natrium klorida ($NaCl_2$), maupun seng klorida ($ZnCl_2$) (Dabrowski, 2005).

Tabel 1. 17 Perbandingan Proses Aktivasi

Aspek ditinjau	Aktivasi kimia	Aktivasi fisika
<i>Yield</i> produk	> 40%	< 15%
Waktu aktivasi	3 – 5 jam	Beberapa jam – 1 hari
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:

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

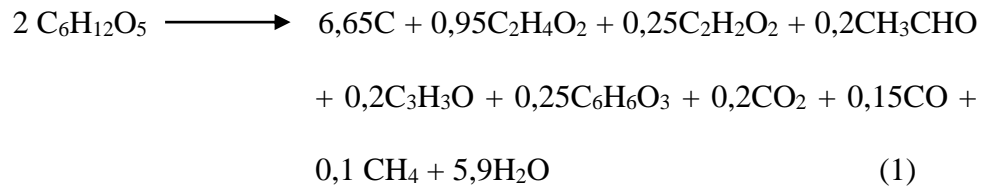
1.4. Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1. Dasar Reaksi

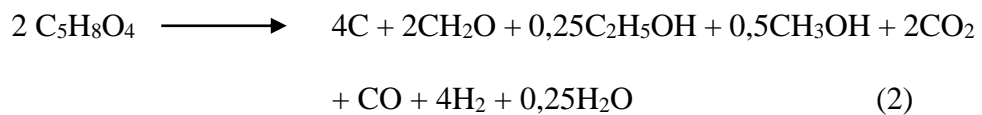
Dalam pembuatan karbon aktif berbahan dasar biomassa (Ampas Kopi) terbagi menjadi langkah proses, langkah yang pertama adalah proses pirolisis, proses ini merupakan proses dimana komponen yang ada di dalam biomassa seperti selulosa hemiselulosa dan lignin akan terurai dan terdekomposisi secara thermal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

Biomass char + volatiles + bio-oil

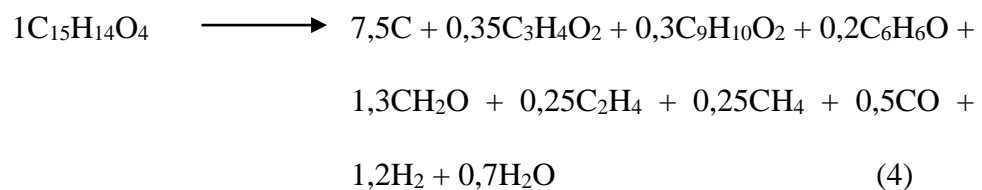
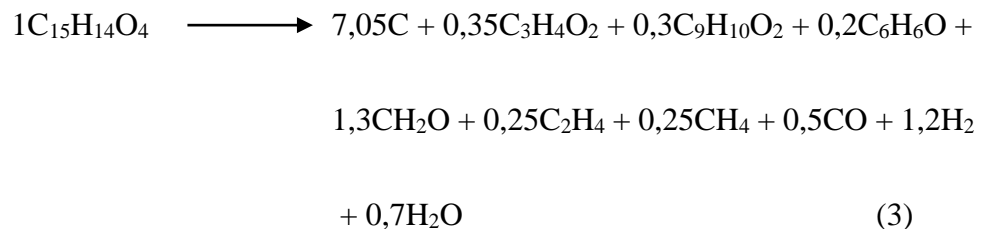
Penguraian Selulosa:



Penguraian Hemiselulosa:



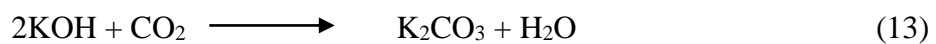
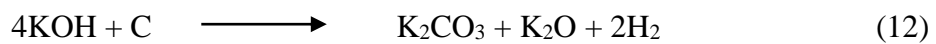
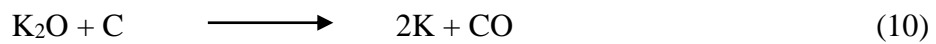
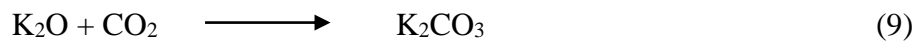
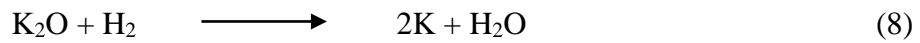
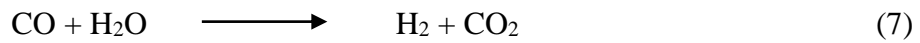
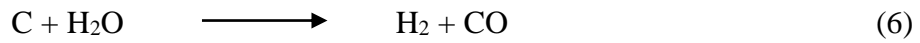
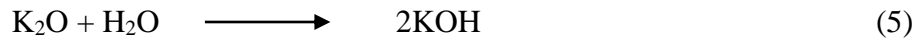
Penguraian Lignin:



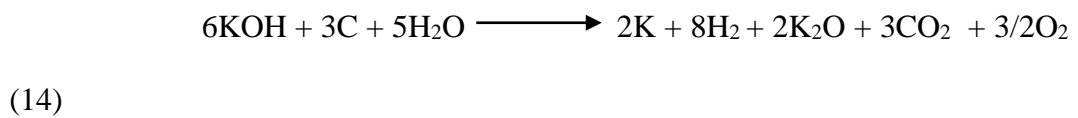
Proses dekomposisi ini berlangsung selama 1 jam, pada suhu 400 °C (Ranzi. E., dkk. 2018)

Reaksi yang berikutnya adalah reaksi aktivitas arang dengan larutan KOH. Reaksi aktivitas 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 tersebut dapat disederhanakan seperti berikut:



Reaksi terjadi pada *rotary kiln* dan dilakukan pada suhu 926,67 °C selama 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 pirolisis, 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 $T = 673$ K.

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

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

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

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

$$\Delta H_f^\circ \text{ 673 CO}_{2(g)} = -393,95 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ 673 C}_3\text{H}_4\text{O}_{2(g)} = -346,59 \text{ kJ/mol}$$

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

$$\Delta H_f^\circ \text{ 673 C}_2\text{H}_4\text{O}_{2(g)} = -444,56 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ 673 C}_2\text{H}_2\text{O}_{2(g)} = -212 \text{ kJ/mol}$$

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

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

$$\Delta H_{\text{f}}^{\circ} \text{ 673 } \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_{3(\text{g})} = 144,9 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{f}}^{\circ} \text{ 673 } \text{CH}_{4(\text{g})} = -84,81 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{f}}^{\circ} \text{ 673 } \text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_{2(\text{g})} = -311,95 \text{ kJ/mol}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Harga $\Delta H_{\text{reaksi}} \text{ 673 K}$ 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 $P=1$ atm dan $T=298,15$ °K. Reaksi yang terjadi pada proses aktivasi karbon aktif adalah sebagai berikut



Data ΔH_f° untuk tiap mol masing-masing komponen :

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

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

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

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

$$\Delta H_f^\circ 298 \text{ H}_{2(g)} = 0 \text{ kJ/mol}$$

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

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

$$\Delta H_f^\circ 298 \text{ CO}_{2(g)} = -393,5 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} 298 \text{ K} = \sum \Delta H_{\text{produk}} - \sum \Delta H_{\text{reaktan}}$$

$$\begin{aligned}
&= (2\Delta H_f^\circ \text{K}_{(g)} + 4\Delta H_f^\circ \text{H}_{2(g)} + 2\Delta H_f^\circ \text{K}_2\text{O}_{(s)} + \\
&\quad 2\Delta H_f^\circ \text{CO}_{(g)} + \Delta H_f^\circ \text{CO}_{2(g)} - \\
&\quad (6\Delta H_f^\circ \text{KOH}_{(aq)} + 3\Delta H_f^\circ \text{C}_{(s)} + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}_{(l)}) \\
&= [(2 \times 0) + (4 \times 0) + (2 \times (-363,17)) + (2 \times (- \\
&\quad 110,53) + (-393,5)] - [(6 \times (-425,8)) + \\
&\quad (3 \times 0) + (-285,282)] \text{ kJ/mol} \\
&= 37.177.187,41 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Harga ΔH_{reaksi} 298 K bernilai positif, sehingga reaksi aktivasi karbon pada proses ini bersifat endotermis.

Data ΔG_f° 298 untuk tiap mol masing-masing komponen :

ΔG_f° 298 $\text{KOH}_{(aq)}$	= -380,2 kJ/mol
ΔG_f° 298 $\text{C}_{(s)}$	= 0 kJ/mol
ΔG_f° 298 $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	= -237,14 kJ/mol
ΔG_f° 298 $\text{K}_{(g)}$	= 0 kJ/mol
ΔG_f° 298 $\text{H}_{2(g)}$	= 0 kJ/mol
ΔG_f° 298 $\text{K}_2\text{O}_{(s)}$	= -322,1 kJ/mol
ΔG_f° 298 $\text{CO}_{(g)}$	= -137,16 kJ/mol
ΔG_f° 298 $\text{CO}_{2(g)}$	= -394,39 kJ/mol
$\Delta G_{\text{reaksi}}^\circ$ 298 k	= $\Sigma \Delta G_{\text{produk}} - \Sigma \Delta G_{\text{reaktan}}$

$$\begin{aligned}
&= (2\Delta G_f^\circ \text{K}_{(g)} + 4\Delta G_f^\circ \text{H}_{2(g)} + 2\Delta G_f^\circ \text{K}_2\text{O}_{(s)} + \\
&2 \Delta G_f^\circ \text{CO}_{(g)} + \Delta G_f^\circ \text{CO}_{2(g)}) - (6 \Delta G_f^\circ \\
&\text{KOH}_{(aq)} + 3 \Delta G_f^\circ \text{C}_{(s)} + \Delta G_f^\circ \text{H}_2\text{O}_{(l)}) \\
&= [(2 \times 0) + (4 \times 0) + (2 \times (-322,1)) + (2 \times (- \\
&137,16) + (-384,39))] - [(6 \times (-380,2)) + (3 \times \\
&0) + (-237,14)] \text{ kJ/mol} \\
&= 3.0467.994,52 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

$$\Delta G_f^\circ 298 = -R \cdot T \cdot \ln K$$

$$30467994,52 = -8314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298 \text{ K} \cdot \ln K$$

$$\ln K = \frac{130467994,52}{-8,314 \cdot 298}$$

$$\ln K = -12,913$$

$$\ln K = 4,59 \times 10^{-5}$$

Menghitung harga konstanta keseimbangan pada suhu 926,67°C (1199,82 K)

$$\ln K 1199,82 \text{ K} - \ln K 298 \text{ K} = \frac{\Delta G_f^\circ 298}{R} \cdot \left[\frac{1}{T 298 \text{ K}} - \frac{1}{T} \right]$$

$$\ln K 1199,82 \text{ K} = \frac{\Delta G_f^\circ 298}{R} \cdot \left[\frac{1}{T 298 \text{ K}} - \frac{1}{T} \right] + \ln K 298 \text{ K}$$

$$\ln K 1199,82 \text{ K} = 3664,6614 \times 0,00252 + (-12,291)$$

$$\ln K 1199,82 \text{ K} = -3,054342616$$

$$K = 1199,82 K^{-1} = 0,04715$$

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 ampas kopi 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):

$$-r_a = k \cdot C_a \dots\dots\dots (15)$$

$$k = A \cdot \exp(-E_a / RT) \dots\dots\dots (16)$$

dimana:

k = konstanta laju reaksi (l/min)

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

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

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

T = temperature reaksi (K)

$$k = A e^{-\frac{Ea}{RT}}$$

$$k = 6,64 \text{ 1/min } e^{\frac{-49,46 \text{ kJ/mol}}{8,31 \text{ J.mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 92988,15 \text{ K}}}$$

$$k = 4,1329E - 08$$

Reaksi ini dilakukan pada suhu 926,67 °C 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 (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
Ash Content	1-20%
Standar Kualitas Karbon Aktif (SNI 06-3730-1995):	
Kadar Air	Maksimal 15%
Kadar Abu	Maksimal 10%
Kadar Karbon	Maksimal 65%
Daya Serap I ₂	750 mg/g
Standar Kualitas Karbon Aktif (SNI 06-3730-1995):	
Daya Serap MB	120 mg/g

Sifat kimia (Mody Lempang, 2014)

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

b. Bio-Oil

Tabel 2. 2 Sifat Fisis Bio Oil

Sifat Fisis Bio Oil:	
Bentuk	<i>Liquid</i>
Warna	<i>Viscous, brown</i>
Berat Jenis	0,86-0,95 gram/mL @ 60°C
pH	6-8 pH
Tekanan Uap	Reid Vapor Pressure = 0 @ 98 °F
<i>Melting/Freezing Point</i>	<110 °F

Lanjutan Tabel 2. 3 Sifat Fisis Bio Oil

Sifat Fisis Bio Oil:	
<i>Flash Point</i>	>266 °F
Viskositas	4-100 cSt @ 60°C

- *Toxic*
- Menyebabkan iritasi

Sumber : SDS Bio-residual Oil

c. K₂O

Tabel 2. 4 Sifat Fisis K₂O

Sifat Fisis K ₂ O:	
Bentuk	<i>Solid, powder, granules</i>
Warna	<i>White with grayish shades</i>
pH	5,5-8,8 pH
<i>Melting/Freezing Point</i>	768-772 °C

<i>Boiling Point</i>	1406-1413 °C
<i>Vapor Pressure</i>	24,5 mmHg @ 25Â °C
Densitas	2,3 g/cm Â³

- Bersifat korosif

Sumber : MSDS K2O (<https://www.echemi.com/sds/potassium-oxide-k2o-tempid160705011375.html>)

2.2. Spesifikasi Bahan Baku

a. Ampas Kopi

Tabel 2. 5 Sifat Fisis Ampas Kopi

Sifat Fisis Ampas Kopi	
Bentuk	<i>Powder</i>
Warna	Cokelat
<i>Flash Point</i>	24,2 °C
<i>Heating Value</i>	20.000 kJ/kg
Organic Components	
<i>Cellulose</i>	12,40 g/100g
<i>Hemicellulose</i>	39,10 g/100g
<i>Lignin</i>	23,90 g/100g

Karakteristik Ampas kopi (Rao *et al.*, Indian coffee, 1993):

Moisture (max) 4.0 % by wt

Lanjutan Tabel 2. 4 Sifat Fisis Ampas Kopi

Abu	3.0 % by wt
Kemampuan abu larut dalam asam	1.0 % by wt
Kafein	1.0 % by wt
Kemampuan larut dalam air	26 – 35 % by wt

Sifat kimia (Sumber : www.pcwfrance.com)

- Mudah terurai secara alami.
- Dapat menyebabkan kerusakan mata yang serius.

b. Kalium Hidroksida (KOH)

Tabel 2. 6 Sifat Fisis Kalium Hidroksida (KOH)

Sifat Fisis Kalium Hidroksida (KOH) (Perry, 2018)

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

Lanjutan Tabel 2. 7 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.

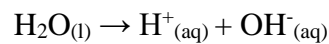
c. Air (H₂O)

Tabel 2. 8 Sifat Fisis Air (H₂O)

Sifat Fisis Air (H ₂ O) (Perry <i>et al.</i> , 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

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. Pemeriksaan secara berkala dapat 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 tetap terjaga, dengan pemeriksaan secara rutin dapat diketahui juga apakah proses berjalan normal atau menyimpang. Jika diketahui analisa produk tidak sesuai dengan yang diharapkan, maka dengan

mudah dapat diketahui atau diatasi. Oleh karena itu, harus adanya pengendalian produksi yang mencakup:

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 ampas kopi dengan harapan bahan baku yang telah digunakan dalam pembuatan karbon aktif sesuai dengan 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, 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.

2.3.2. *Quality Control Process*

Pengendali proses merupakan suatu system pengendali parameter dari beberapa macam proses. Suatu proses yang berjalan dengan memiliki banyak parameter yang harus dikendalikan diantaranya berupa 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 dapat dilakukan menggunakan alat yang beradai di *control room*. Cara kerja yang dilakukan dengan *automatic control* dengan bantuan sinyal dari indikator 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 telah ditentukan.

b) *Level Controller*

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

d) *Temperature Controller*

Alat *Temperature Controller* memiliki Batasan suhu yang bisa diatur atau mempunyai *set point*. Apabila nilai suhu aktual 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 tindak 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 diperlukan 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 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 di atas papan di dekat peralatan proses dan dikontrol

secara manual atau disatukan dalam satu ruangan kontrol yang dikontrol secara otomatis.

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

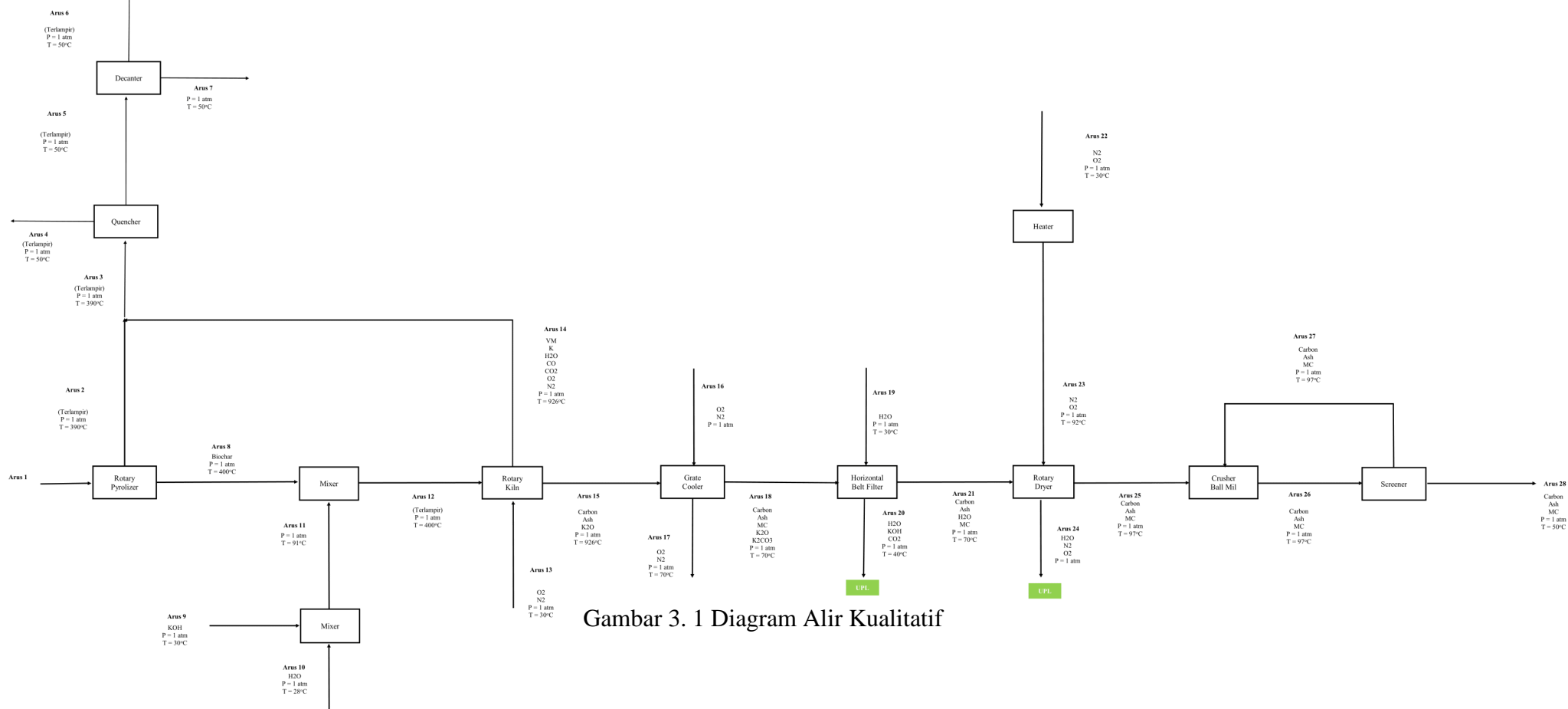
- a. *Sensing element (Primary Element)* Elemen yang menunjukkan adanya perubahan dari harga variable yang diukur.
- b. Elemen pengukuran (*Measurement Element*) Elemen pengukuran adalah suatu elemen yang *sensitive* terhadap adanya perubahan suhu, tekanan, laju alir, maupun tinggi fluida. Perubahan ini merupakan sinyal dari proses dan disampaikan oleh 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 penyimpangan yang terjadi.
- d. Elemen pengontrol akhir (*Final Control Element*) Elemen ini merupakan elemen yang akan melakukan rubah masukan yang keluar dari elemen kedalam proses sehigga variabel yang diukur tetep berada dalam batas yang diinginkan dan merupakan hasil yang dikehendaki.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

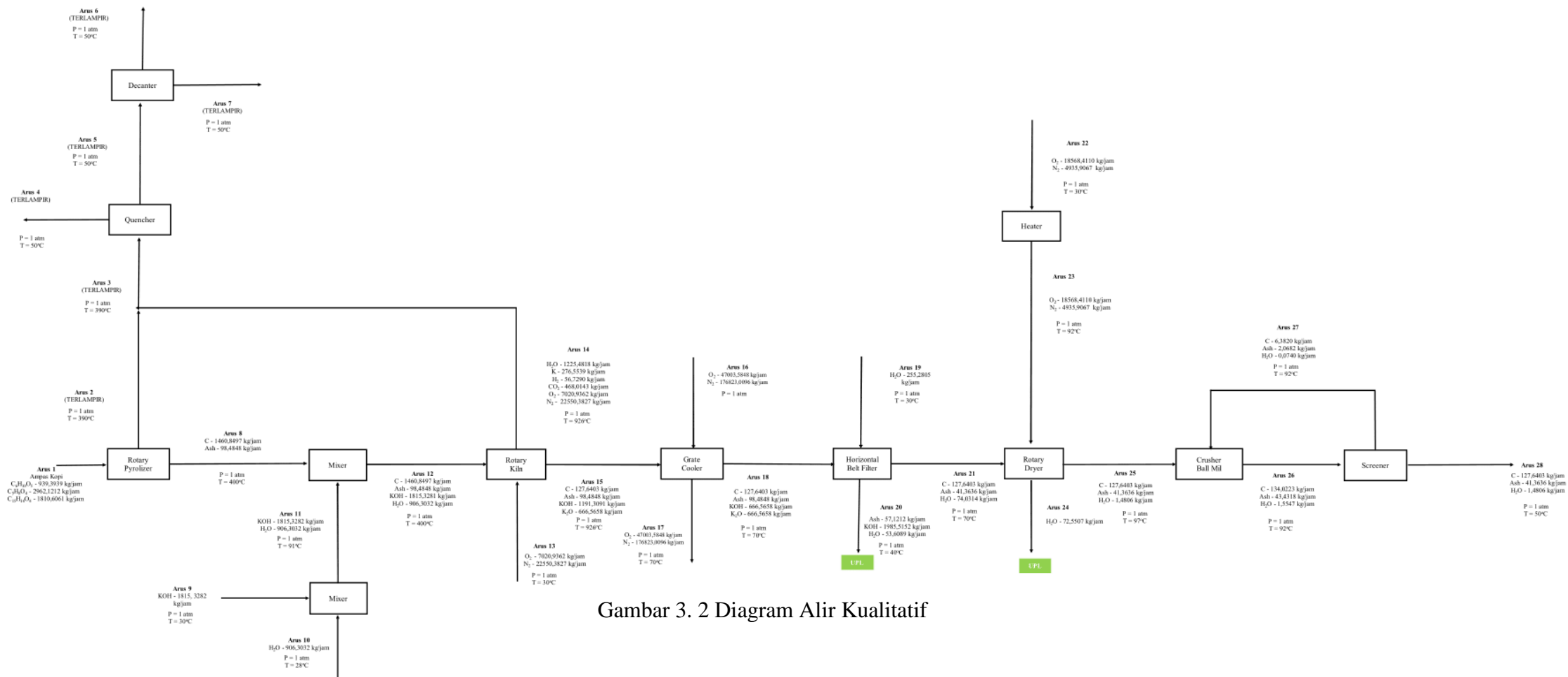
3.1. Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1. Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif

3.1.2. Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kualitatif

3.2. Uraian Proses

3.2.1. Tahap Pre-Treatment

Pada tahap pertama yaitu pre-treatment atau persiapan bahan baku berupa ampas kopi. Ampas kopi dari truk ditampung dan disimpan dalam *stockpile* dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atmosfer dengan asumsi *stockpile* mampu menampung bahan baku selama 7 hari. Ampas kopi yang sudah berada di *stockpile* akan diumpangkan secara bertahap menggunakan *Belt Conveyor* untuk dipindahkan ke *Bin* ampas kopi dengan tujuan menampung sementara ampas kopi sebelum diproses. Ampas kopi yang sudah berada di dalam *Bin* kemudian diumpangkan ke dalam *Rotary Pyrolizer* dengan menggunakan *Screw Conveyor-01*. Pada *Rotary Pyrolizer* terjadi pembakaran atau karbonisasi bahan baku.

3.2.2. Tahap Karbonisasi (Pirolisis)

Proses karbonisasi merupakan proses dimana komponen yang mudah menguapkan terlepas dari karbon, dan karbon akan mulai membentuk pori-pori. Pada proses karbonisasi banyak elemen non-karbon seperti oksigen, hidrogen, dan nitrogen dihilangkan sebagai gas yang menguap dengan dekomposisi pirolitik pada material awal. (Bansal, R.C. dan Goyal, M. 205). Mekanisme pembakaran ampas kopi dimulai dengan pirolisis lambat antara ampas kopi dan nitrogen pada suhu hingga 400 °C dengan hasil proses *char/arang*, 35% gas dan 30% *bio-oil* dengan waktu 240 menit atau 4 jam. Penambahan gas nitrogen kedalam reaktor secara kontinyu yaitu nilai *fixed carbon* relatif meningkat, gas nitrogen yang ditambahkan kedalam reaktor

secara terus menerus atau kontinyu yaitu untuk menjamin volume reaktor terisi penuh dengan gas nitrogen sehingga pada proses pirolisis terjadi dengan sempurna. Semakin banyak gas nitrogen yang dialirkan kedalam reaktor maka fixed carbon yang dihasilkan relatif meningkat, hal ini karena terjadi proses pembakaran sempurna sehingga komponen air atau fraksi air, ash, dan *volatile matter* (zat terbang) mudah menguap dan menaikkan nilai carbon (Hasan, 2020). Laju karbonisasi ampas kopi mulai berubah dari kondisi konstan menjadi peningkatan gradien kurva suhu vs waktu, yang menunjukkan bahwa reaksi antara nitrogen dan karbon pada bubuk kopi lebih cepat. Kemudian reaksi berlanjut hingga zat-zat volatil terlepas dari kopi, saat kopi mampu terbakar sempurna pada kenaikan suhu yang sangat tinggi, terjadilah yang disebut *take-off*.

Ampas kopi dari *Bin-01* diumpankan menggunakan *Screw Conveyor-01* ke dalam *Rotary Pyrolizer*. Ampas kopi akan terurai menjadi gas dan *charcoal* atau arang karbon. Arang yang sudah terbentuk kemudian dikeluarkan dari *Rotary Pyrolizer* dan diumpankan ke dalam *Rotary Kiln* untuk proses aktivasi. Hasil samping dari proses pirolisis yaitu berupa gas dan cairan yang akan didinginkan pada *Quencher-01*. Hasil keluaran *Quencher* akan dipisahkan kembali dengan menggunakan *Decanter-01* untuk memisahkan antara *liquid* dan *liquid*.

3.2.3. Tahap Aktivasi

Tahap selanjutnya adalah tahap aktivasi. *Biochar* atau arang keluaran dari alat *Rotary Pyrolizer* kemudian akan diaktifkan pada alat *Rotary Kiln* pembakaran secara langsung (*direct*). Tahapan ini bertujuan untuk mengaktifkan arang yang sudah terbentuk menjadi arang dengan luas permukaan yang lebih besar dan daya serap lebih tinggi. Pada tahap aktivasi, arang keluaran dari *Rotary Pyrolizer* akan direaksikan dengan larutan *activator* yang terdiri atas KOH konsentrasi 90% dan H₂O. Pada alat *Mixer-01* terjadi proses pelarutan antara KOH 90% dengan H₂O. Proses aktivasi berlangsung selama 4 jam dengan kondisi tekanan 1 atmosfer dan pada suhu 926,670 °C. *Rotary Kiln* menghasilkan arang yang sudah teraktivasi dan gas sisa reaksi. Dikarenakan proses aktivasi terjadi pada suhu yang sangat tinggi dalam *Rotary Kiln*, *biochar* atau arang diumpankan ke dalam *Grate Cooler* untuk proses pendinginan. Sedangkan gas dari sisa reaksi akan dimanfaatkan panasnya sebagai penukar panas pada alat *Heat Exchanger* yang kemudian diumpankan bersama dengan gas keluaran *Rotary Pyrolizer* menuju alat *Quencher* untuk didinginkan dengan keluaran berupa cairan dan gas. Lalu hasil keluaran *Quencher* dipisahkan melalui alat *Decanter* berupa bio-oil dan H₂O.

3.2.4. Tahap Pemurnian

Produk keluaran dari *Grate Cooler* yang berupa karbon aktif yang masih tercampur dengan *impurities* diumpankan ke dalam *Horizontal Belt*

Filter. Karbon hasil dari *Horizontal Belt Filter* masih berupa campuran karbon aktif murni dengan air yang terserap dalam karbon sebanyak 15,4%. Kemudian dikeringkan dengan *Rotary Dryer* hingga kadar air yang terkandung sebanyak 5,04%. Selanjutnya hasil keluaran Rotary Dryer dihaluskan pada alat *Ball Mill* dan dilanjutkan pada pemisahan berdasarkan ukuran menggunakan *Vibrating Screener*. Selanjutnya produk yang sesuai spesifikasi akan ditransportasikan menuju *Bin* menggunakan *Bucket Elevator*

3.3. Spesifikasi Alat

Tabel 3. 1 Spesifikasi *Rotary Pyrolizer*

Spesifikasi Umum	
Nama	<i>Rotary Pyrolizer</i>
Kode	RP-01
Fungsi	Tempat pembakaran tanpa oksigen
Jumlah	1
Jenis	<i>Rotary Drum</i>
Kondisi Operasi	
Tekanan	1,5 atm
Suhu	400°C
Kontruksi dan Material	
Volume	20,0288 m ³
Diameter	1,2192 m ²
Panjang	16,985 m
Luas Penampang	1,167 m ³
Tekanan Desain	2,25 atm

Tebal	0,001 m
Kecepatan Putar	5,179 rpm
<i>Slope</i> kemiringan	0,571 cm/m
Jumlah <i>Flight</i>	8 buah
Tinggi <i>Flight</i>	11,897 m
Daya motor, hp	60 hp
Harga	Rp 2.681.591.670,-
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Tipe 316</i>

Tabel 3. 2 Spesifikasi *Rotary Kiln*

Spesifikasi Umum	
Nama	<i>Rotary Kiln</i>
Kode	RK-01
Fungsi	Mengaktivasi Arang Ampas Kopi
Jumlah	1
Jenis	<i>Continuous Rotary Drum</i>
Kondisi Operasi	
Tekanan	1 atm
Suhu	926,67°C
Kontruksi dan Material Reaktor	
Luas Penampang	2,624 m ²
Tekanan Desain	117,32 kPa
Tebal	0,0127 in
Kecepatan Putar	2 rpm
<i>Slope</i> kemiringan	0,004 ft/ft
Jumlah <i>Flight</i>	8
Tinggi <i>Flight</i>	0,228 m

Daya motor, hp	30 hp
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Tipe 316</i>
Konstruksi dan Material Isolator	
Bahan Isolator	<i>Mineral Fiber Black</i>
Harga	Rp7.047.411.280,-

Tabel 3. 3 Spesifikasi *Mixer-01*

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	<i>Mixer</i>
Kode	M-01
Fungsi	Melarutkan KOH dengan H ₂ O
Jumlah	1
Jenis	Tangki berpengaduk
Kondisi Operasi	
Tekanan	1 atm
Suhu	105,070°C
Konstruksi dan Material Reaktor	
Volume	1,1597 m ³
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA 240 Grade C</i>
Diameter Dalam	1,1389 m
Diameter Luar	1,2192 m
Tebal Dinding	0,0042 m
Tebal <i>Head</i>	0,0047 m
Tinggi <i>Head</i>	0,243 m
Tinggi Total	1,6263 m

Dimensi Pengaduk

Pengaduk	Turbin dengan 6 <i>blade</i> dan 4 <i>baffle</i>
Jarak Pengaduk	0,2846 m
Diameter Pengaduk	0,2847 m
Panjang <i>Blade</i>	0,0711 m
Lebar <i>Baffle</i>	0,1138 m
Tinggi <i>Blade</i>	0,0569 m
Daya Motor, Hp	0,015 Hp
Kecepatan Putar, rpm	52,813 rpm
Harga	Rp 1.227.507.520,-

Tabel 3. 4 Spesifikasi *Mixing Screw -02*

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	<i>Mixing Screw Conveyor</i>
Kode	MSC-01
Fungsi	Mencampur keluaran <i>Rotary Pyrolizer</i> dengan larutan KOH
Jenis	<i>Screw Conveyor</i> tertutup
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA – 28 Grade C</i>
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Tekanan	1 atm
Suhu	30°C
Dimensi	
Panjang	4,572 m
Diameter	0,228 m
Screw	
Kecepatan	40 rpm

<i>Power Motor</i>	1,860 hp
Harga	Rp 6.193.600,-

Tabel 3. 5 Spesifikasi *Quencher*

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	<i>Quencher</i>
Kode	Q-01
Fungsi	Mendinginkan secara tiba-tiba
Lanjutan Tabel 3. 5 Spesifikasi <i>Quencher</i>	
Jumlah	1
Jenis	<i>Direct Contact Quencher</i>
Kondisi Operasi	
Tekanan	1 atm
Suhu	390 °C (masuk) 40 °C (keluar)
Kontruksi dan Material Reaktor	
Volume	12662,802 m ³
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA 240 Grade C</i>
Harga	Rp 1.897.654.342,-

Tabel 3. 6 Spesifikasi *Heater*

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	<i>Heater</i>
Kode	HE-01
Fungsi	Memanaskan udara untuk dibawa ke <i>Rotary Dryer</i>

Jumlah	1
Jenis	<i>Shell dan Tube</i>
Luas Transfer Panas	266,382 ft ²
Shell Side	
ID	0,438 m
Jarak <i>Baffle</i>	0,438 m
<i>Passes</i>	2
Tube Side	
Nt	131

Lanjutan Tabel 3. 6 Spesifikasi *Heater*

L	4,876 m
OD	0,0381 m
BWG	12
Rd	0,0156
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel 304</i>
Harga	Rp 1.681.792.605,-

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
Jumlah	1
Jenis	<i>Reciprocating Grate Cooler</i>
Kondisi Operasi	
Tekanan	1
Suhu	926,67°C

Grate 1

Lebar	3,408 m
Panjang	10,668 m

Grate 2

Lebar	3,048 m
Panjang	12,801 m
Lebar Total	6,705 m
Panjang Total	23,469 m

Penggerak Motor *Drive atau Hydraulic Drive*

Lanjutan Tabel 3. 7 Spesifikasi *Grate Cooler*

Kecepatan	23 <i>stroke</i> /menit
Ketinggian <i>Feed</i>	200-400 mm

Konstruksi dan Material

Volume Udara	40376,646 m ³ /jam
<i>Series Grate Cooler</i>	10355S/1241
Harga	Rp 4.573.570.267,-

Tabel 3. 8 Spesifikasi *Horizontal Belt Filter***Spesifikasi Umum**

Nama Alat	<i>Horizontal Belt Filter</i>
Kode	HBF-01
Fungsi	Mencuci Impuritas yang terkandung dalam Karbon Aktif
Jumlah	1
Jenis	<i>Hot Bonded Belt</i>

Kondisi Operasi

Tekanan	1 atm
Suhu	74,715°C

Konstruksi dan Material

Lebar <i>Belt</i>	4,2 m
Kecepatan <i>Belt</i>	30,48 m/min
Luas Penampang	243,034 m ²
Panjang <i>Belt</i>	57,865 m
Waktu Pencucian	1,898 menit
<i>Power</i> Motor	4,979 Hp

Konstruksi *Spray*

Jumlah <i>Nozzle</i>	28
----------------------	----

Lanjutan Tabel 3. 8 Spesifikasi *Horizontal Belt Filter*

<i>Spray Angle</i>	60°
Jarak <i>Nozzle</i>	66 cm
Jarak Pipa	75 cm
Diameter Pipa	1 in
Luas Area Pipa	0,001 m ²
Kecepatan Air	0,14 m/s
Jarak <i>Nozzle</i> dengan Padatan	0,8661 m
Luas 1 <i>Nozzle</i>	0,00001 m ²
Diameter <i>Nozzle</i>	0,0034 m
Tekanan Air <i>Nozzle</i>	0,5 mpa
Harga	Rp 971.803.100,-

Tabel 3. 9 Spesifikasi *Rotary Dryer*

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	<i>Rotary Dryer</i>
Kode	RD-01
Fungsi	Menghilangkan kadar air yang ada di karbon aktif
Jumlah	1

Jenis *Drum berputar, counter current, rotary dryer*

Kondisi Operasi

Tekanan 1 atm
 Suhu 97,05 °C

Konstruksi dan Material

Media Pengering Udara panas

Lanjutan Tabel 3. 9 Spesifikasi *Rotary Dryer*

Diameter 0,4674 m
 Panjang 1,8699 m
 Volume 0,3207 m³
 Kemiringan 4 cm/m
 Kecepatan Putaran 12,458 rpm
 Jenis *Flight* *Radial Flight tanpa lips*
Flight dengan 45° lips
Flight dengan 90° lips
 Tinggi *Flight* 0,0594 m
 Panjang *Flight* 2 m / *flight*
 Jumlah *Flight* 2 buah *flight*
 Tebal *Shell Rotary*, in 0,0063 m
 Power 0,5 Hp
 Bahan Konstruksi *Carbon Steel SA 285 Grade C*
 Harga Rp 1.480.036.100,-

Tabel 3. 10 Spesifikasi *Decanter*

Spesifikasi Umum

Nama Alat *Decanter*
 Kode DC-01
 Fungsi Memisahkan fase ringan dan fase berat yang berasal dari *Quencher*

Jumlah	1
Jenis	<i>Decanter Silinder Horizontal</i>
Kondisi Operasi	
Suhu	45 °C
Tekanan	1 atm

Lanjutan Tabel 3. 11 Spesifikasi *Decanter*

Waktu Tinggal	10 menit
Konstruksi dan Material	
Volume Cairan	6,436 m ³
Volume <i>Decanter</i>	7,723 m ³
Diameter Tangki	1,485 m
Panjang Tangki	4,456 m
Tebal <i>Head</i>	0,0047 m
Bahan	<i>Carbon Steel SA-334</i>
Harga	Rp 26.972.370,-

Tabel 3. 12 Spesifikasi *Ball Mill*

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	<i>Ball Mill</i>
Kode	BM-01
Fungsi	Mengecilkan produk keluaran <i>Rotary Dryer</i> dengan spesifikasi 20 x 40 <i>mesh</i>
Jumlah	1
Jenis	<i>Ball Mill Crusher</i>
Kondisi Operasi	
Tekanan	1 atm
Suhu	30°C
Dimensi <i>Ball Mill</i> Perhitungan	

Volume Mill	0,4553 m ³ /jam
Panjang	0,3093 m
Jari-jari	0,75 m
Diameter, ft	1,5 m

Lanjutan Tabel 3. 13 Spesifikasi *Ball Mill*

Tebal Dinding	0,0317 m
Diameter Ball	0,0233 m
Dimensi <i>Ball Mill</i> Ukuran Standar	
Panjang	0,6096 m
Diameter, ft	0,9144 m
Volume	0,4001 m ³
<i>Power</i>	2,75 Hp
Kecepatan Putar	26,107 rpm
Kapasitas	5,24 ton/hari
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA 113 Grade C</i>
Harga	Rp 4.027.361.500,-

Tabel 3. 14 Spesifikasi *Stockpile* Batubara

Spesifikasi Umum	
Nama	<i>Stockpile</i>
Kode	STP-01
Fungsi	Tempat untuk menampung batubara dari truk
Jumlah	1
Jenis	Lapangan Terbuka <i>Coned Pile</i>
Dimensi	
Volume	143,8046 m ³
Tinggi	3 m

Diameter	14 m
Jari-jari	7 m
Panjang sisi <i>cone</i>	7,62 m
Luas permukaan	321 m ²

Lanjutan Tabel 3. 15 Spesifikasi *Stockpile* Batubara

Kemiringan	23,2°
Kapasitas Tampung	107.757 kg

Tabel 3. 16 Spesifikasi Silo

Spesifikasi Umum				
Nama Alat	Silo (Ampas Kopi)	Silo (KOH)	Silo (Karbon Aktif)	Silo (K ₂ O)
Kode	S-01	S-02	S-03	S-04
Fungsi	Menampung ampas kopi untuk masuk proses	Menampung KOH sebelum masuk <i>Mixer</i>	Menampung produk karbon aktif selama 7 hari	Menampung K ₂ O
Jenis	Tangki silinder dengan <i>Conical Bottom</i>	Tangki silinder dengan <i>Conical Bottom</i>	Tangki silinder dengan <i>Conical Bottom</i>	Tangki silinder dengan <i>Conical Bottom</i>
Bahan Konstruksi	SA-283 <i>Grade C</i>	SA-240 <i>Grade C</i>	SA-283 <i>Grade C</i>	SA-240 <i>Grade C</i>
Jumlah	1	1	1	1
Kondisi Operasi				
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm
Suhu	30°C	30°C	30°C	30°C
Dimensi				
Volume	12,521 m ³	1,961 m ³	9,073 m ³	0,340 m ³

Diameter	1,109 m	1,399 m	0,267 m	3,063 m
Tinggi H1	0,320 m	1,399 m	0,077 m	0,933 m
Tinggi H2	0,2887 m	0,623 m	0,672 m	0,390 m
Lanjutan Tabel 3. 17 Spesifikasi Bin				
Tinggi Total	3,023 m	2,022 m	2,925 m	1,324 m
Tebal <i>Shell</i>	0,006 m	0,057 m	0,006 m	0,006 m
Tebal <i>Head</i>	0,006 m	0,006 m	0,006 m	0,006 m
Harga	Rp 162.603.000,-	Rp 68.138.400,-	Rp 139.374.000,-	Rp 38.426.108,78,-

Tabel 3. 18 Spesifikasi Tangki Metana (T-01)

Spesifikasi Umum

Nama	Tangki Metana
Kode	T-01
Fungsi	Tempat untuk menampung metana
Jumlah	1
Jenis	Tangki Bola
Bahan Konstruksi	Q370R <i>Low Alloy Steel</i>
Dimensi	
Volume	16121,9 m ³
Tinggi	47,571 m
Diameter	47,571 m
Luas permukaan	321 m ²
Kapasitas Tampung	8473,670 kg
Harga	Rp 343.209.960,-

Tabel 3. 19 Spesifikasi Tangki Bio-Oil (T-02)

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Tangki Bio-Oil
Kode	T-02
Fungsi	Tempat untuk menampung Bio-Oil
Jenis	Tangki Silinder dengan <i>Conical Bottom</i>
Bahan Konstruksi	SA-240 <i>Grade C</i>
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Tekanan	1 atm
Suhu	30 °C
Dimensi	
Volume	0,481 m ³
Diameter	0,510 m
Tinggi H1	0,147 m
Tinggi H2	0,237 m
Tinggi Total	0,385 m
Tebal	0,006 m
Harga	Rp 44.190.025,09,-

Tabel 3. 20 Spesifikasi *Screener*

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	<i>Screener</i>
Kode	SCR-01
Fungsi	Mengayak produk sesuai dengan spesifikasi 20 x 40 <i>mesh</i>

Jumlah	1
Lanjutan Tabel 3. 21 Spesifikasi <i>Screener</i>	
Jenis	<i>Vibrating Screen 2 Deck (20 mesh deck dan 40 mesh deck bawah)</i>
Kondisi Operasi	
Tekanan	1 atm
Suhu	30°C
Dimensi	
Panjang	0,217 m
Lebar	1 m
Kemiringan <i>Screener</i>	20°
Harga	Rp 232.963.500,-

Tabel 3. 22 Spesifikasi *Bucket Elevator*

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	<i>Bucket Elevator</i>
Kode	BE-01
Fungsi	Memindahkan stok karbon aktif dari <i>Screener</i> ke <i>Bin</i> penyimpanan produk
Jumlah	1
Jenis	<i>Continous Bucket Elevator</i>
Kondisi Operasi	
Tekanan	1 atm
Suhu	105,070°C
Dimensi	
Kapasitas	0,249 ton/jam
Ukuran <i>Bucket</i>	8 x 5,5 x 7,75 in
Tinggi	6,705 m
<i>Shaft</i> Diameter	0,061 m (<i>head</i>)

	0,042 m (<i>tail</i>)
<i>Pulley</i> Diameter	0,520 m (<i>head</i>)
	0,355 m (<i>tail</i>)
Kecepatan Putar	28 rpm
<i>Power</i> Motor	0,007 Hp
Harga	Rp 178.089.000,-

Tabel 3. 23 Spesifikasi *Belt Conveyor*

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	<i>Belt Conveyor</i>
Kode	BC-01
Fungsi	Memindahkan stok ampas kopi ke <i>Bin</i>
Jumlah	1
Jenis	<i>Through Belt Conveyor</i> 45° Terbuka
Kondisi Operasi	
Tekanan	1 atm
Suhu	30°C
Dimensi	
Lebar, m	0,355 m
Tinggi, m	6,023 m
Panjang	10 m
Kemiringan	30°
Kecepatan	0,144 m/s
<i>Power</i> motor	0,655 Hp
Kapasitas Alat	32 ton/jam
Harga	Rp 249.324.600,-

Tabel 3. 24 Spesifikasi *Screw Conveyor*

Spesifikasi Umum					
Nama Alat	<i>Screw Conveyor</i>	<i>Screw Conveyor</i>	<i>Screw Conveyor</i>	<i>Screw Conveyor</i>	<i>Screw Conveyor</i>
Kode	SC-01	SC-02	SC-03	SC-04	SC-05
Fungsi	Memindahkan ampas kopi dari <i>Bin</i> ke <i>Rotary Pyrolizer</i>	Memindahkan stok <i>KOH</i> ke <i>Mixer</i>	Memindahkan stok karbon aktif dari <i>Ball Mill</i> ke <i>Screener</i>	Memindahkan stok karbon aktif dari <i>Screener</i> ke <i>Ball Mill</i>	Memindahkan keluaran <i>Rotary Dryer</i> untuk didinginkan
Jenis	<i>Screw Conveyor</i> tertutup	<i>Screw Conveyor</i> tertutup	<i>Screw Conveyor</i> tertutup	<i>Screw Conveyor</i> tertutup	<i>Screw Conveyor</i> tertutup
Bahan Konstruksi	<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>	<i>Carbon Steel SA – 28 Grade C</i>
Jumlah	1	1	1	1	1
Kondisi Operasi					

Lanjutan Tabel 3. 25 Spesifikasi *Screw Conveyor*

Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm
Suhu	30°C	105,070°C	74,715°C	74,715°C	74,715°C
Dimensi					
Panjang	4,572 m	4,572 m	4,572 m	4,572 m	4,572 m
Diameter	0,254 m	0,228 m	0,228 m	0,228 m	0,228 m
Screw					
Kecepatan	55 rpm	40 rpm	40 rpm	40 rpm	40 rpm
Power Motor	0,941 hp	1,860 Hp	0,941 Hp	1,860 Hp	1,860 Hp
Harga	Rp 6.193.600,-	Rp 6.193.600,-	Rp 6.193.600,-	Rp 6.193.600,-	Rp 6.193.600,-

Tabel 3. 26 Spesifikasi Pompa Proses

Spesifikasi Umum		
Nama Alat	Pompa	Pompa
Kode	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan air campuran KOH dari M-01 ke <i>Mixing Screw</i>	Mengalirkan air ke <i>Quencher</i>
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Jumlah	1	1
Viskositas	0,7 cP	0,0043 cP
Kapasitas	43,548 m ³ /jam	1138,47 m ³ /jam
Total head	23,912 m	78,518 m
Daya motor	10 hp	800 hp
Harga	Rp 189.007.700,-	Rp 570.199.700,-

Tabel 3. 27 Spesifikasi Pompa Proses

Spesifikasi Umum		
Nama Alat	Pompa	Pompa
Kode	P-05	P-06
Fungsi	Mengalirkan Bio-oil dari <i>Quencher</i> ke <i>Decanter</i>	Mengalirkan Bio-oil dari <i>Decanter</i> menuju T-02
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Jumlah	1	1

Lanjutan Tabel 3. 28 Spesifikasi Pompa Proses

Rate Volumetrik	11,2567 m ³ /jam	10,4276 m ³ /jam
Kecepatan aliran	0,3816 m/s	0,3535 m/s
Total head	63,1743 m	13,8091 m
Daya motor	7,5 hp	2 hp
Harga	Rp 40.718.729,200,-	Rp38.894.804,500,-

Tabel 3. 29 Spesifikasi Pompa Proses

Spesifikasi Umum	
Nama Alat	Pompa
Kode	P-07
Fungsi	Mengalirkan H ₂ O dari <i>Decanter</i> ke UPL
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>
Jumlah	1
Rate Volumetrik	2,0341 m ³ /jam
Kecepatan aliran	01186 m/s
Total head	4,1610 m
Daya motor	0,75 hp
Harga	Rp 14.575.808,500,-

Tabel 3. 30 Spesifikasi *Blower*

Spesifikasi Umum		
Nama Alat	<i>Blower</i>	<i>Blower</i>
Kode	BL-01	BL-02
Fungsi	Menghisap udara untuk diumpankan ke dalam <i>Rotary Dryer</i>	Menghisap udara untuk diumpankan ke dalam <i>Grate Cooler</i>
Jenis	<i>Centrifugal blower</i>	<i>Centrifugal blower</i>
Jumlah	1	1
Laju Udara	22573,829 ft ³ /min	214965,755 ft ³ /min
Tekanan	0,239 atm	0,239 atm
Power	5 Hp	30 Hp
Harga	Rp 456.387.840,-	Rp 2.018.882.320,-

3.4. Neraca Massa

3.4.1. Neraca Massa Total

Tabel 3. 31 Neraca Massa Total

Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)						
	1	2	3	4	5	6	7
CH ₄					19.419		
H ₂							
CO							
CO ₂							
C ₂ H ₄							
N ₂						304.979	
O ₂						97.299	
H ₂ O	134.093,65		565,27			7.499,7	258,12
K							
KOH				1.132,237			

Lanjutan Tabel 3. 31 Neraca Massa Total

Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)						
	1	2	3	4	5	6	7
K ₂ O							
C							
Bio-Oil							
Moisture Content							
Volatile Matter							
C ₆ H ₁₀ O ₅		939,39					
C ₅ H ₈ O ₄		2.962,12					
C ₁₅ H ₁₄ O ₄		1.810,61					
S		98,48					
Zat Ekstraktif		1.765,15					
Jumlah	134.093,65	7.575,76	565,27	1.132,237	19.419	409.778	258,12

Lanjutan Tabel 3. 31 Neraca Massa Total

Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)						
	8	9	10	11	12	13	14
CH ₄		7,08					
H ₂		98,96				56,73	
CO		255,69					
CO ₂		760,87				468,01	
C ₂ H ₄		6,00					
N ₂					255.681,23	255.681,23	82.063,98
O ₂					25.559,88	77.845,50	24.930,83
H ₂ O	565,27	484,84		565,27	12.980,86	1.225,48	
K						276,55	
KOH	1.132,237			1.132,237			1.191,31

Lanjutan Tabel 3. 31 Neraca Massa Total

Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)						
	8	9	10	11	12	13	14
K ₂ O							666,56
C			1.460,85	1.460,85			127,64
Bio-Oil		1.575,47					
Moisture Content							37,69
Volatile Matter						456,52	
C ₆ H ₁₀ O ₅		154,06					
C ₅ H ₈ O ₄		743,49					
C ₁₅ H ₁₄ O ₄		90,53					
S			98,48	98,48			98,48
Zat Ekstraktif		1.838,44					
Jumlah	2.721,63	6.016,42	1.559,33	3.256,84	326.795,35	336.010,02	2.121,69

Lanjutan Tabel 3. 31 Neraca Massa Total

Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)						
	15	16	17	18	19	20	21
CH ₄							
H ₂							
CO							
CO ₂							
C ₂ H ₄							
N ₂				4.935,91	4.935,91		
O ₂				18.568,41	18.568,41		
H ₂ O	54,206		74,03	441,88	501,76	14,97	0,74
K							
KOH	1.546,1	743,03					

Lanjutan Tabel 3. 31 Neraca Massa Total

Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)						
	15	16	17	18	19	20	21
K ₂ O							
C		928,36	127,64			928,36	46,41
Bio-Oil							
Moisture Content		37,69	37,69			37,69	1,88
Volatile Matter							
C ₆ H ₁₀ O ₅							
C ₅ H ₈ O ₄							
C ₁₅ H ₁₄ O ₄	61,73						
S		106,43				44,70	2,23
Zat Ekstraktif							
Jumlah	1.662	2.121,69	280,73	23.946,19	24.006,08	1.025,72	51,28

Lanjutan Tabel 3. 31 Neraca Massa Total

Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)										
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
CH ₄		7,08	692,32					7,08			
H ₂		134,33	6,15	6,15				155,68			
CO		256,69	1.576,95	1.576,95				256,69			
CO ₂		59.309,26	7.692,47	7.692,47				1.228,89			
C ₂ H ₄		6,00	5,03	5,03				64,47			
N ₂		255.937,92	692,32	692,32	44.361,60	44.361,60		255.681,23		255.681,23	44.361,60
O ₂		7.167,53	1.346,18	1.346,18	11.792,32	11.792,32		77.485,50		77.675,31	1.055,7
H ₂ O	15,71	38.462,37	128.568,30		1.055,69	1.055,7			128.568,30	6.002,2	1.055,69
K		172,48	4.423,172	4.423,172				276,55			
KOH											

Lanjutan Tabel 3. 31 Neraca Massa Total

Komponen	Nomor Arus (Kg/jam)										
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
K ₂ O					673,98		673,98				
C	974,78										
Bio-Oil		1.575,47	39.306,98	39.306,98							
Moisture Content	39,57			456,52							
Volatile Matter		456,52	456,52	456,52							
C ₆ H ₁₀ O ₅		154,06	23,96	23,96							
C ₅ H ₈ O ₄		743,49	743,49	743,49							
C ₁₅ H ₁₄ O ₄		90,53	90,53	90,53							
S	46,93										
Zat Ekstraktif		1.838,44	1.838,44	1.838,44							
Jumlah	1.077,01	366.312,18	187.642,85	58.894,55	56.827,91	57.210	673,98	335.156,09	128.568,30	339.359	46.473

3.4.2. Neraca Massa di *Rotary Pyrolizer-01*

Tabel 3. 32 Neraca Massa di *Rotary Pyrolizer-01*

Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)	
	Arus 2	Arus 9	Arus 10
H ₂		98,96	
H ₂ O		484,84	
C			1.460,85
Bio-Oil		1.575,47	
CO		256,69	
CO ₂		760,87	
CH ₄		7,08	
C ₂ H ₄		6,00	
C ₆ H ₁₀ O ₅	939,39	154,06	
C ₅ H ₈ O ₄	2.962,12	743,49	
C ₁₅ H ₁₄ O ₄	1.810,61	90,53	
S	98,48		98,48
Zat Ekstraktif	1.765,15	1.838,44	
Nitrogen		256,689	
	7.575,76	6.273,11	1.559,33
Jumlah	7.575,76	7.575,76	

3.4.3. Neraca Massa di *Quencher-01*

Tabel 3. 33 Neraca Massa di *Quencher-01*

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)	
	Arus 1	Arus 23	Arus 24	Arus 29
H ₂		134,33	6,15	128,183
Bio-Oil		1.575,47	39.306,98	
CO		256,68	1576,95	
CO ₂		59.309,26	7692,47	51.616,78
CH ₄		7,07	692,32	
C ₂ H ₄		6,00	5,03	0,96
O ₂		7167,53	1.346,18	5.821,35
H ₂ O	134.093,65	38.462,37	128.568,31	
C ₆ H ₁₀ O ₅		154,06	23,96	130,09
C ₅ H ₈ O ₄		743,49	743,49	
C ₁₅ H ₁₄ O ₄		90,53	90,53	
Zat Ekstraktif		1.838,44	1.838,44	
K		172,48	4423,17	
Volatile Matter		456,52	456,52	
N ₂		255.681,23	692,32	255.245,59
Jumlah	134.093,65	366.312,18	187.462,85	312.942,98
		500.405,83	500.405,83	

3.4.4. Neraca Massa di *Decanter-01*

Tabel 3. 34 Neraca Massa di *Decanter-01*

Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)	
	Arus 24	Arus 25	Arus 30
Bio-Oil	1.904,92	1.904,92	
H ₂ O	128.568,3		128.568,3
C ₆ H ₁₀ O ₅	23,96	154,06	
C ₅ H ₈ O ₄	743,49	743,49	
C ₁₅ H ₁₄ O ₄	90,53	90,53	
Zat Ekstraktif	1.838,44	1.838,44	
Volatile Matter	456,52	456,52	
N ₂	692,32	692,32	
K	4.423,17	4.423,17	
O ₂	1.346,18	1.346,18	
Jumlah	187.642,9	58.894,55	128.568,3
	187.642,9	187.642,9	

3.4.5. Neraca Massa di *Mixer-01*

Tabel 3. 35 Neraca Massa di *Mixer-01*

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 8
KOH		1.132,23	1.132,23
H ₂ O	565,27		565,27
Jumlah	1.697,51		1697,51

3.4.6. Neraca Massa di *Mixing Screw-01*

Tabel 3. 36 Neraca Massa di *Mixing Screw-01*

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)
	Arus 8	Arus 10	Arus 11
C		1.460,85	1.460,85
S		98,48	98,48
KOH	1.132,237		1.132,23
H ₂ O	565,27		565,27
	1.697,50	1.559,33	3.256,84
Jumlah	3.256,84		3.265,84

3.4.7. Neraca Massa di *Rotary Kiln-01*

Tabel 3. 37 Neraca Massa di *Rotary Kiln-01*

Komponen	Input (Kg/jam)			Output (Kg/jam)	
	Arus 5	Arus 11	Arus 12	Arus 13	Arus 14
C		1.460,85			127,64
CH ₄	7.061,39				
H ₂ O		906,30	12.980,86	1.225,48	
S		98,48			98,48
KOH		1.815,33			1.191,31
H ₂				56,73	
K				276,55	
K ₂ O					666,56
CO ₂				468,01	
O ₂			25.559,88	77.845,50	
Volatile Matter				456,52	

Lanjutan Tabel 3. 30 Neraca Massa di *Rotary Kiln-01*

Moisture Content					37,69
N ₂			255.681,23	255.681,23	
Jumlah	7.061,39	4.274,97	326.795,35	336.010,02	2.121,69
	338.131,71		338.131,71		

3.4.8. Neraca Massa di *Grate Cooler-01*

Tabel 3. 38 Neraca Massa di *Grate Cooler-01*

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)	
	Arus 14	Arus 32	Arus 26	Arus 16
C	928,36			928,36
CH ₄				
H ₂ O		1.055,69	1.055,69	
S	106,43			106,43
KOH	743,03			743,03
H ₂				
K				
K ₂ O	673,98		673,98	
CO ₂				
O ₂		11.792,32	11.792,32	
Volatile Matter				
Moisture Content	37,69			37,69
N ₂		44.361,60	44.361,60	
Jumlah	2.489,50	56.153,93	56.827,91	1.815,51
	58.643,43		58.643,43	

3.4.9. Neraca Massa di *Horizontal Belt Filter-01*

Tabel 3. 39 Neraca Massa di *Horizontal Belt Filter-01*

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)	
	Arus 22	Arus 7	Arus 15	Arus 17
C	928,36			928,36
CH ₄				
H ₂ O		258,12	54,20	74,85
S	106,43		61,73	44,70
KOH	743,03		1.546,07	
H ₂				
K				
K ₂ O	673,98			
CO ₂				
O ₂				
Volatile Matter				
Moisture Content	37,69			37,69
N ₂				
	2.489,50	258,12	1.662,01	1.085,61
Jumlah	2.747,62		2.747,62	

3.4.10. Neraca Massa di *Rotary Dryer -01*

Tabel 3. 40 Neraca Massa di *Rotary Dryer-01*

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)	
	Arus 17	Arus 18	Arus 19	Arus 20
C	928,36			928,36
S	44,70			44,70
Moisture Content	37,69			37,69
H ₂ O	74,85	441,88	501,76	14,97
O ₂		18.568,41	18.568,41	
N ₂		4.935,90	4.935,90	
Jumlah	1.085,61	23.946,19	24.006,08	1.025,72

25.031,81

25.031,81

3.4.11. Neraca Massa di *Screener-01*

Tabel 3. 41 Neraca Massa di *Screener-01*

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)	
	Arus 22	Arus 21	Arus 20	
C	974,78	46,41	928,36	
S	46,93	2,23	44,70	
Moisture Content	39,57	1,88	37,68	
H ₂ O	15,71	0,74	14,97	
	1.077,0132	51,28	1.025,72	
Jumlah	1.077,0132		1.077,0132	

3.4.12. Neraca Massa di *Ball Mill-01*

Tabel 3. 42 Neraca Massa di *Ball Mill-01*

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)	
	Arus 20	Arus 21	Arus 22	
C	928,36	46,41	974,78	
S	44,70	2,23	46,93	
Moisture Content	37,68	1,88	39,57	
H ₂ O	14,97	0,74	15,71	
	1.025,72	51,28	1.077,01	
Jumlah	1.077,01		1.077,01	

3.5. Neraca panas

3.5.1. Neraca Panas di *Rotary Pyrolizer-01*

Tabel 3. 43 Neraca Panas di *Rotary Pyrolizer -01*

Input	Nilai (kJ/jam)	Output	Nilai (kJ/jam)
Arus 1	20.499,9102	Arus 2	1.483.352,4920
Q pemanas	2.773.221,3222	Arus 7	33.045,2117

		ΔH_r	1.277.323,5287
Total	2.793.721,2324	Total	2.793.721,2324

3.5.2. Neraca Panas di *Quencher-01*

Tabel 3. 44 Neraca Panas di *Quencher -01*

Input	Nilai (kJ/jam)	Output	Nilai (kJ/jam)
Q_{in}	-95.597.021,2564	Q_{out}	-2.620.200,5076
		Q_{loss}	-92.976.820,7488
Total	-95.597.021,2564	Total	-95.597.021,2564

3.5.3. Neraca Panas di *Decanter-01*

Tabel 3. 45 Neraca Panas di *Decanter -01*

Input	Nilai (kJ/jam)	Output	Nilai (kJ/jam)
Arus 5	818.124,7472	Arus 6	633.354,7023
		Arus 7	670.959,1389
		Q_{loss}	-486.189,0941
Total	818.124,7472	Total	818.124,7472

3.5.4. Neraca Panas di *Mixer-01*

Tabel 3. 46 Neraca Panas di *Mixer-01*

Input	Nilai (kJ/jam)	Output	Nilai (kJ/jam)
Arus 9	1.286,0546	Arus 11	3.895,4319
Arus 10	2.367,2974	Pengaduk	0,1167
ΔH_s pelarutan	293.906,7652	Q_{loss}	293.664,5686
Total	297.560,1173	Total	297.560,1173

3.5.5. Neraca Panas di *Mixer-02*

Tabel 3. 47 Neraca Panas di *Mixer-02*

Input	Nilai (kJ/jam)	Output	Nilai (kJ/jam)
Arus 8	32.197,0641	Arus 12	23.366,0878
Arus 11	64.42,1907	Pengaduk	0,9873
ΔH_s pelarutan	471.223,7831	Qloss	486.495,9628
Total	509.863,0379	Total	509.863,0379

3.5.6. Neraca Panas di *Rotary Kiln-01*

Tabel 3. 48 Neraca Panas di *Rotary Kiln-01*

Input	Nilai (kJ/jam)	Output	Nilai (kJ/jam)
Arus 11	23.366,0878	Arus 12	6.673,2322
Q Pemanas	992.580,1373	Arus 14	852.808,7954
		ΔH_r	923.464,1979
Total	1.015.946,2252	Total	1.015.946,2252

3.5.7. Neraca Panas di *Heater-01*

Tabel 3. 49 Neraca Panas di *Heater-01*

Input	Nilai (kJ/jam)	Output	Nilai (kJ/jam)
Q _{in}	1.199.338,41	Q _{out}	24.034,6135
Q Pemanas	-1.175.303,8		
Total	24.034,6135	Total	24.034,6135

3.5.8. Neraca Panas di *Horizontal Belt Filter-01*

Tabel 3. 50 Neraca Panas di *Horizontal Belt Filter-01*

Input	Nilai (kJ/jam)	Output	Nilai (kJ/jam)
Arus 15	9.468,0169	Arus 17	5.469,3555
Arus 16	1.076,8751	Arus 18	2.139,0488
		ΔH_r	-6.034.200,5275
		Q loss	6.037.137,0152
Total	10.544,8921	Total	10.544,8921

3.5.9. Neraca Panas di *Grate Cooler-01*

Tabel 3. 51 Neraca Panas di *Grate Cooler-01*

Input	Nilai (kJ/jam)	Output	Nilai (kJ/jam)
Arus 11	139.539,6558	Arus 14	86.635,2512
Udara masuk	284.183,7057	Udara masuk	2.0281.487,7691
		Q loss	-199.443.99,3651
Total	423.723,3615	Total	423.723,3615

3.5.10. Neraca Panas di *Rotary Dryer-01*

Tabel 3. 52 Neraca Panas di *Rotary Dryer-01*

Input	Nilai (kJ/jam)	Output	Nilai (kJ/jam)
Arus 18	2.139,0488	Arus 19	322,5009
Arus 17	1.199.338,4055	Arus 20	283,9447
		Q pengeringan	1.200.871,0088
Total	1.201.477,4544	Total	1.201.477,4544

Lanjutan Tabel 3. 45 Neraca Panas di *Rotary Dryer-01*

3.5.11. Neraca Panas di Ball Mill-01

Tabel 3. 53 Neraca Panas di *Ball Mill-01*

Input	Nilai (kJ/jam)	Output	Nilai (kJ/jam)
Arus 20	270,4235	Arus 21	283,9447
Arus 22	13,5212	Q loss	0
Total	283,9447	Total	283,9447

3.5.12. Neraca Panas di Screener-01

Tabel 3. 54 Neraca Panas di *Screener-01*

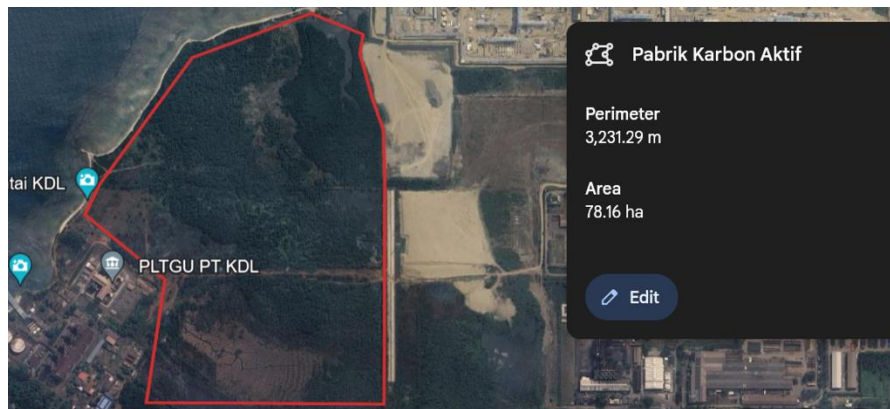
Input	Nilai (kJ/jam)	Output	Nilai (kJ/jam)
Arus 21	283,9447	Arus 22	13,5212
		Arus 23	270,4235
		Q loss	0
Total	283,9447	Total	283,9447

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi suatu pabrik biasanya mengacu pada bahan baku atau pada pemasaran produk. Pabrik karbon aktif dari ampas kopi direncanakan akan berlokasi di Cilegon, Banten. Pemilihan lokasi tersebut mempertimbangkan jarak ketersediaan bahan baku berupa ampas kopi.



Gambar 4. 1 Peta Lokasi Cilegon, Provinsi Banten

4.1.1. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Adapun faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik antara lain:

1. Penyediaan Bahan Baku

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan penyediaan bahan baku dan pemasaran produk untuk menghemat biaya transportasi. Seperti di Cilegon, Banten yang mempunyai banyak *café* tentu menghasilkan limbah kopi yang banyak, melimpahnya jumlah bahan baku menjadi salah satu pertimbangan

didirikannya pabrik di Cilegon, Banten, lokasi bahan baku yang dekat dengan pabrik akan bisa meminimalisir biaya transportasi. Bahan baku dari pabrik karbon aktif yang digunakan adalah ampas kopi yang didapatkan dari PT Sari Coffee Indonesia (Starbucks Indonesia), PT Bumi Berkah Boga (Kopi Kenangan), PT Luna Boga Narayan (Janji Jiwa), PT Nestlé Indonesia (Nescafé), KULO Group (Kopi Kulo), PT Jco Donuts and Coffee, PT Dunkindo Lestari (Dunkin's Donuts), dan PT Fore Kopi Indonesia (Fore Coffee).

2. Pemasaran

Untuk menekan biaya transportasi serta memudahkan dalam penjualan hasil produk, faktor 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 di Pulau Jawa.

3. 2 dan Energi

Pemenuhan dalam kebutuhan air diperoleh dari air danau milik PT Krakatau Tirta Indonesia di mana danau 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 air laut yang berdekatan dengan

lokasi pabrik. Sedangkan, untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar untuk proses dapat diperoleh dari PT Tambang Batubara Bukit Asam Tbk (PTBA).

4. Tenaga Kerja

Tingkat pengangguran di Provinsi Banten mencapai hingga 7,97% pada Februari 2023 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 Banten 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 Cilegon setiap tahun meningkat guna memberikan kelancaran arus barang agar mudah dalam pendistribusian logistik barang. Transportasi dan telekomunikasi merupakan salah satu faktor 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 jalan lintas memadai sehingga menekan biaya transportasi.

4.1.2. Faktor Sekunder Penentuan Pabrik

Beberapa faktor-faktor sekunder yang memengaruhi 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.

2. Perizinan

Saat ini provinsi Banten telah menjadi kota industri di Pulau Jawa. Hal ini tentu saja dapat memudahkan perizinan dalam mendirikan industri.

3. Sarana Pendukung

Provinsi banten memiliki sarana dan fasilitas umum yang sangat memadai. Fasilitas-fasilitas yang dimaksud adalah seperti saranakesehatan, 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 (*control 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/mes, 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

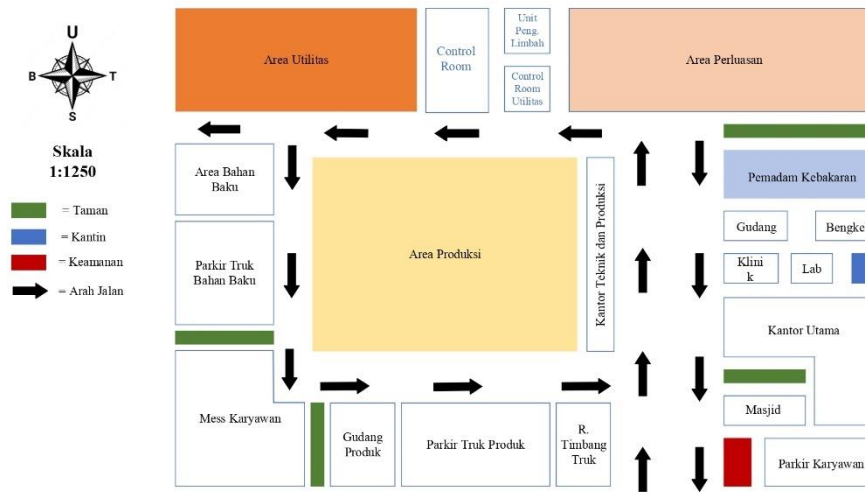
Pendirian suatu pabrik juga harus memperhatikan aspek kelestarian lingkungan. Untuk itu perlu adanya daerah khusus yang digunakan sebagai tempat pengolahan limbah agar tidak merusak lingkungan sekitar. Limbah produksi akan mengalami pengolahan dan pengujian lebih lanjut untuk memastikan batas komponen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



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

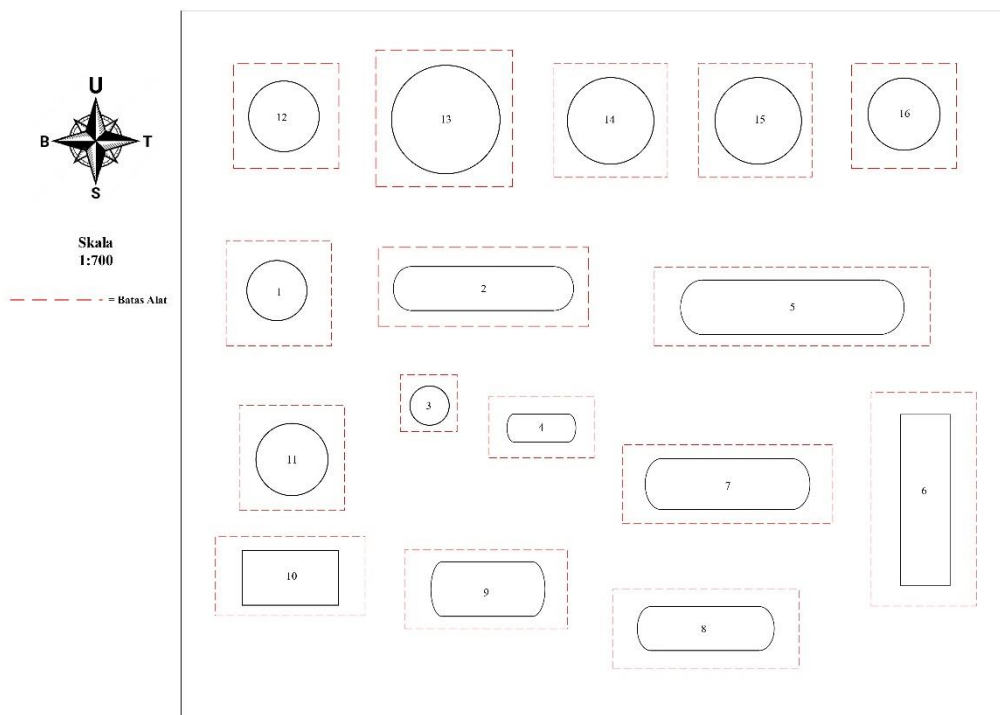
Lalu lintas sangat penting dalam proses berjalannya produksi, perlu di perhatikan agar semua pekerja bisa mencapai alat proses dengan cepat dan efisien sehingga mudah apabila terjadi gangguan agar bisa segera diatasi, serta jalur evakuasi apabila terjadi kebakaran atau bencana alam bisa sampai ke tempat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



Gambar 4. 3 Tata Letak Mesin

Keterangan:

1. STP-01 : stockpile ampas kopi
2. RP-01 : rotary pyrolizer
3. M-01 : mixer
4. M-02 : mixing screw

5. RK-01 : rotary kiln
6. HBF-01 : horizontal belt filter
7. GC-01 : grate cooler
8. RD-01 : rotary dryer
9. BM-01 : ball mill
10. SCR-01 : screener
11. S-03 : silo
12. T-01 : tangki KOH
13. Q-01 : quencher
14. DC-01 : decanter
15. T-02 : tangki air produk samping
16. T-03 : tangki air proses

4.4. Organisasi Perusahaan

4.4.1. Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan untuk pabrik karbon aktif dari ampas kopi 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: 6.000 ton/tahun

Lapangan Usaha: Industri Karbon Aktif

Lokasi Perusahaan:

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 Tanggung Jawab 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 perusahaan 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 perusahaan, 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.

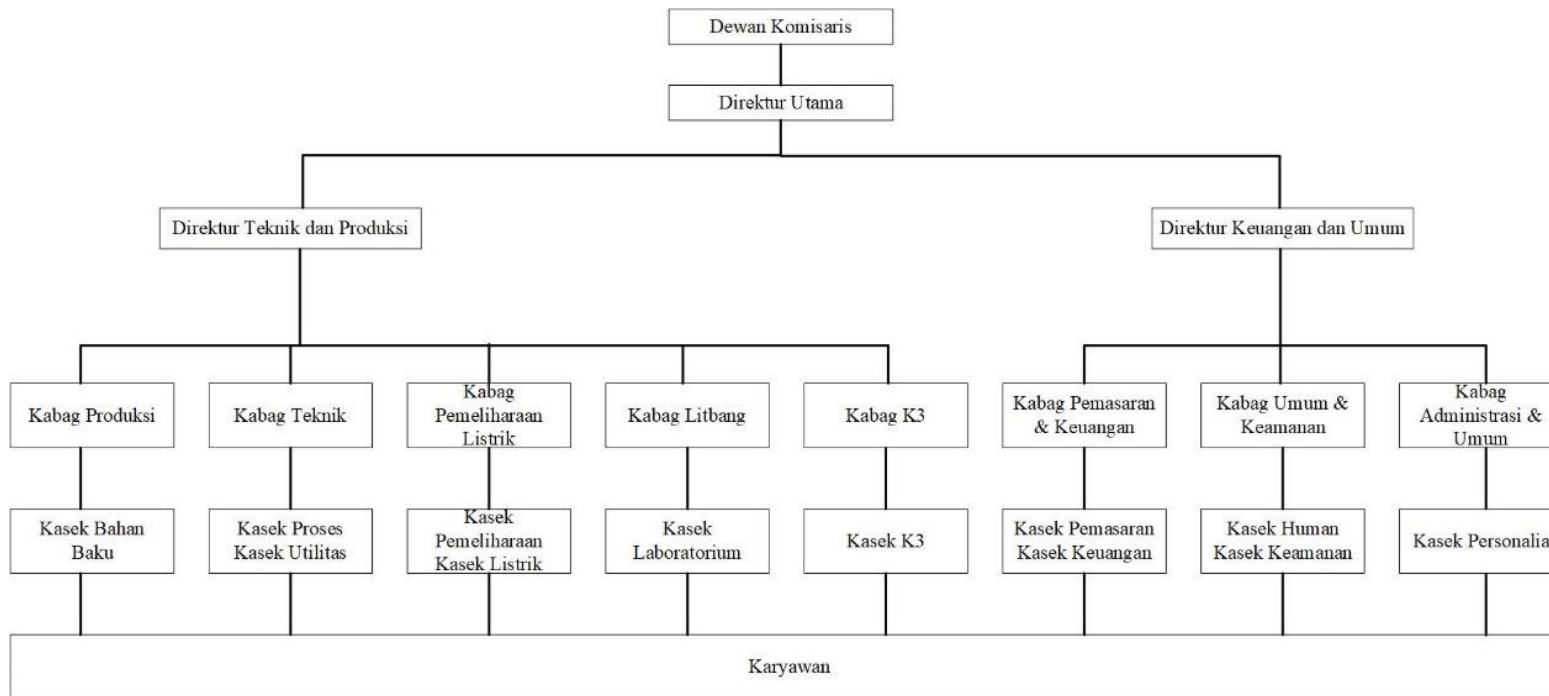
4.4.2. Struktur Organisasi

Struktur organisasi yang jelas dan sistematis di dalam suatu perusahaan merupakan salah satu perusahaan yang berpengaruh terhadap kelangsungan dan kemajuan perusahaan karena berhubungan langsung dengan komunikasi dan kerja sama yang baik antar karyawan sehingga kegiatan operasional perusahaan dapat berjalan dengan baik. Setiap perusahaan bisa saja memiliki

struktur organisasi yang berbeda-beda, 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.



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, aloksi 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 kerja sama antara direktorat, bagian dan seksi dibawahnya.

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 perusahaan 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 : jam 08.00 – 16.00

Jam istirahat : jam 12.00 – 13.00

b. Hari Jumat

Jam kerja : jam 08.00 – 17.00

Jam istirahat : jam 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. 1 Jadwal Pembagian Kelompok Shift

Reg u	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	II	II	II I	II I			I	I	II	II	II I	II I	
B	II	II	II I	II I			I	I	II	II	II I	II I			I
C	II I	II I			I	I	II	II	II I	II I			I	I	II
D			I	I	II	II	II I	II I			I	I	II	II	II I
Reg u	Hari														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A		I	I	II	II	II I	II I			I	I	II	II	II I	II I
B	I	II	II	II I	II I			I	I	II	II	II I	II I		
C	II	II I	II I			I	I	II	II	II I	II I			I	I
D	II I			I	I	II	II	II I	II I			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

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 4.2

Tabel 4. 2 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji

No	Jabatan	Jumlah	Pendidikan	Gaji/Bulan
1	Direktur Utama	1	S2	Rp35.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	S2	Rp30.000.000
3	Direktur Keuangan dan Umum	1	S2	Rp30.000.000
4	Ka. Bag. Produksi	1	S1	Rp20.000.000
5	Ka. Bag. Teknik	1	S1	Rp20.000.000
6	Ka. Bag. Laboratorium	1	S1	Rp17.000.000
7	Ka. Bag. Pemasaran	1	S1	Rp17.000.000

Lanjutan Tabel 4. 3 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji

8	Ka. Bag. Adm. & Keuangan	1	S1	Rp17.000.000
9	Ka. Bag. K3 dan Lingkungan	1	S1	Rp17.000.000
10	Ka. Bag. Umum	1	S1	Rp17.000.000
11	Ka. Sek. Proses Produksi	1	S1	Rp12.000.000
12	Ka. Sek. Utilitas	1	S1	Rp12.000.000
13	Ka. Sek. Quality Control	1	S1	Rp12.000.000
14	Ka. Sek. Bahan Baku	1	S1	Rp12.000.000
15	Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1	S1	Rp12.000.000
16	Ka. Sek. Pemeliharaan Mesin	1	S1	Rp12.000.000
17	Ka. Sek. Penelitian	1	S1	Rp10.000.000
18	Ka. Sek. Pengembangan	1	S1	Rp10.000.000
19	Ka. Sek. Analisa Pasar	1	S1	Rp10.000.000
20	Ka. Sek. Penjualan	1	S1	Rp10.000.000
21	Ka. Sek. Administrasi	1	S1	Rp10.000.000
22	Ka. Sek. Keuangan	1	S1	Rp15.000.000
23	Ka. Sek. K3	1	S1	Rp10.000.000
24	Ka. Sek. Pengolahan Limbah	1	S1	Rp10.000.000
25	Ka. Sek. HRD dan Personalia	1	S1	Rp10.000.000
26	Ka. Sek.Keamanan	1	S1	Rp10.000.000

27	Ka. Sek. Humas	1	S1	Rp10.000.000
28	Karyawan Proses Produksi	18	S1/D3	Rp8.500.000
29	Karyawan Utilitas	5	S1/D3	Rp8.500.000
30	Karyawan Quality Control	3	S1/D3	Rp8.500.000
31	Karyawan Penyediaan Bahan	3	S1/D3	Rp8.500.000
32	Karyawan Instrumentasi dan Listrik	2	S1/D3	Rp8.500.000
33	Karyawan Pemeliharaan Mesin	2	S1/D3	Rp8.500.000
34	Karyawan Penelitian	2	S1/D3	Rp8.500.000
35	Karyawan Pengembangan	2	S1/D3	Rp8.500.000
36	Karyawan Analisa Pasar	2	S1/D3	Rp8.500.000
37	Karyawan Penjualan	2	S1/D3	Rp8.500.000
38	Karyawan Administrasi	2	S1/D3	Rp8.500.000
39	Karyawan Keuangan	2	S1/D3	Rp8.500.000
40	Karyawan K3	2	S1/D3	Rp8.500.000
41	Karyawan HRD dan Personalia	2	S1/D3	Rp8.500.000
42	Karyawan Pengolahan Limbah	2	S1/D3	Rp8.500.000
43	Karyawan Humas	2	S1/D3	Rp8.500.000
44	Dokter	2	S1	Rp10.000.000
45	Perawat	2	D3	Rp6.500.000
46	Supir	2	SMA/K	Rp4.600.000
47	Cleaning Service	2	SMA/K	Rp4.600.000

48	Karyawan Keamanan (Sekuriti)	4	SMA/K	Rp4.600.000
	Total	108		Rp1,008.000.000

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 di pegang 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 pertanggung jawaban 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.

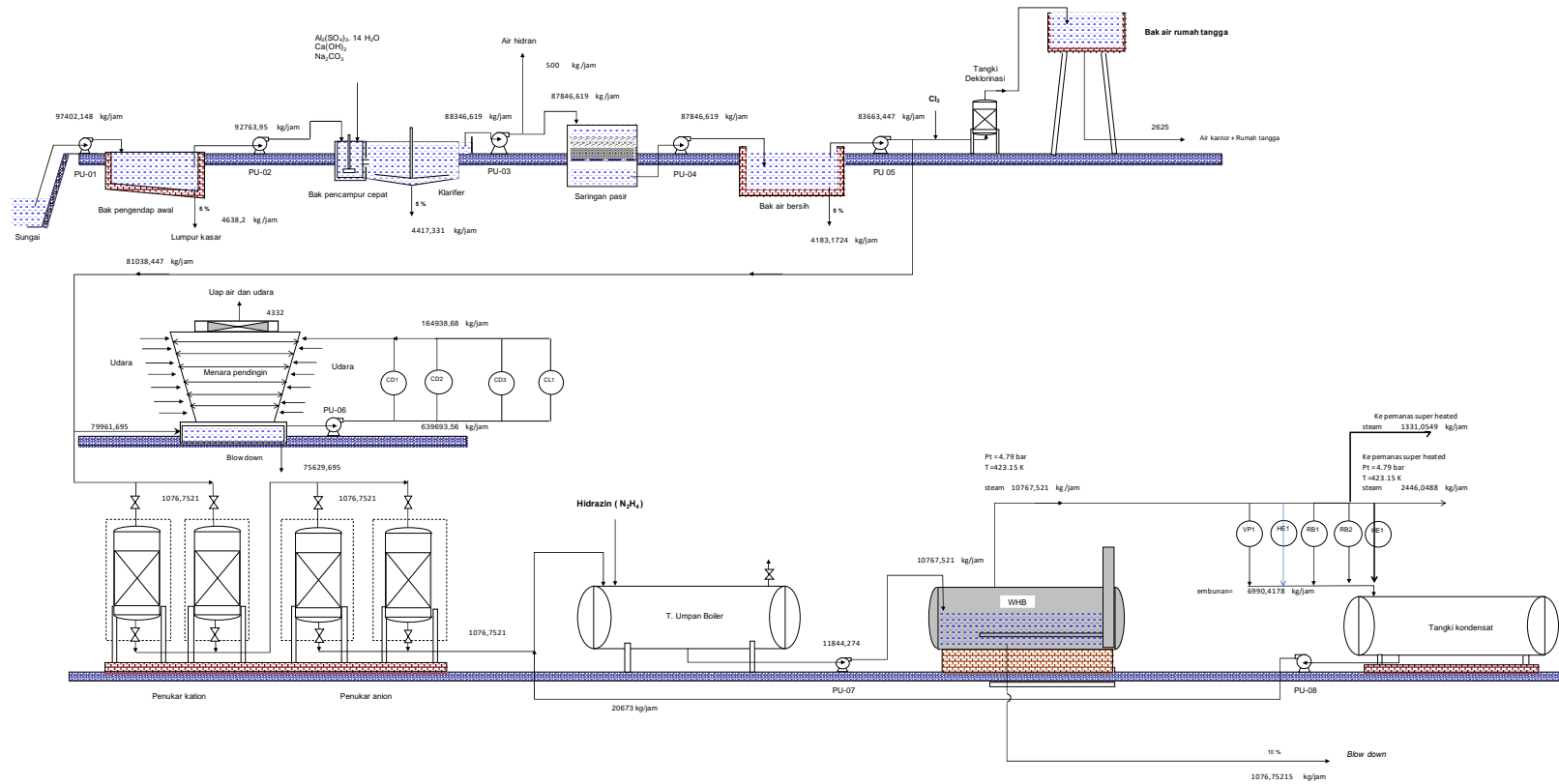
5. Penunjang diagnostik
6. Pelayanan khusus
7. Pelayanan gawat darurat

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 dengan yang diinginkan. Beberapa utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik karbon aktif ini meliputi :

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

4.5. Diagram Alir Utilitas



Gambar 4. 5 Gambar Diagram Alir Utilitas

4.6. Unit Penyediaan Dan Pengolahan Air

Perancangan pabrik Karbon Aktif dari Ampas Kopi ini sumber air yang digunakan adalah sumber air sungai PT Krakatau Tirta. Berikut ini beberapa pertimbangan dalam menggunakan air sungai menjadi sumber air.

- a. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan relatif murah, sedangkan pengolahan air laut lebih rumit dan biaya pengolahannya biasa lebih tinggi karena lebih banyak kandungan garam mineral didalamnya yang perlu dipisahkan.
- b. Air sungai juga merupakan sumber air kontinyu yang cukup tinggi sehingga kekurangan air dapat dihindari.

Berikut ini merupakan kebutuhan air yang diperlukan untuk aktivitas pabrik Karbon Aktif yang akan berdiri di Cilegon, Banten:

4.6.1. Air Kebutuhan Umum

4.6.1.1. Air Domestic (Domestic Water)

Domestik water adalah air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan seperti air minum, toilet, perumahan dan sebagainya.

Air domestik yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti :

1. Air jernih
2. Tidak berbau
3. Tidak berasa
4. Tidak mengandung zat organik dan anorganik

5. Tidak beracun

Tabel 4. 4 Kebutuhan Air Domestik

Penggunaan	Jumlah (kg/jam)
Kantor	937,5 kg/jam
Jumlah	937,5 kg/jam

4.6.1.2. 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 pada kebutuhan air yang digunakan untuk pemadam kebakaran apabila terjadi timbulnya api atau kebakaran suatu tempat di dalam pabrik, kebutuhan air *hydrant* bersifat kondisional yang sewaktu - waktu dibutuhkan mendesak yang harus dipadamkan apabila terjadi kebakaran. Air sanitasi untuk memenuhi kualitas tertentu yaitu :

a. Syarat fisika meliputi :

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

b. Syarat kimia, meliputi :

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air
- Tidak mengandung bahan beracun
- Tidak mengandung bakteri terutama patogen yang dapat merubah fisik air. Total perkiraan kebutuhan air untuk pemakaian layanan umum (*service water*) dan *hydrant* 1.312,5 kg/jam.

4.6.1.3. Air Pendingin

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

- a. Air pendingin diperoleh dengan mudah dan dalam jumlah besar.
- b. Mudah dilakukan pengaturan dan pengolahan
- c. Memiliki daya serap terhadap panas persatuan volume cukup tinggi
- d. 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 air *makeup* sebesar 12,5% maka kebutuhan air make up untuk pendingin menjadi sebesar 50,766 kg/jam.

Tabel 5.2 Kebutuhan Air Pendingin

Penggunaan	Kode Alat	Jumlah kg/jam
<i>Cooling Screw</i>	CS-01	406,135 kg/jam
Jumlah		406,135 kg/jam

4.6.1.4. 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 pada alat Mixer 01 (M-01) sebesar 906,303 kg/jam dan alat Horizontal Belt Filter 01 (HBF-01) sebesar 255,280 kg/jam, bisa dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 4. 5 Kebutuhan Air Proses

Penggunaan	Kode Alat	Jumlah kg/jam
<i>Horizontal Belt Filter</i>	HBF-01	255,280 kg/jam
<i>Mixer</i>	M-01	906,303 kg/jam
Jumlah		1161,584 kg/jam

4.6.1.5. Total Kebutuhan Air

Tabel 4. 6 Total Kebutuhan Air

No.	Keperluan	Jumlah kg/jam
1	<i>Domestik water</i>	937,5 kg/jam
2	<i>Service Water</i>	906,303 kg/jam
3	<i>Cooling Water</i>	406,135 kg/jam
4	<i>Demin Water</i>	1161,584 kg/jam
Jumlah		3411,522 kg/jam

4.7. Pembangkit Listrik (Power Plant System)

Kebutuhan listrik di pabrik ini diperoleh dari PLN, selain dari PLN listrik cadangan didapatkan dari generator pabrik apabila listrik dari PLN mengalami kendala. Hal ini bertujuan agar pasokan listrik dapat berlangsung kontinyu dan tidak ada gangguan listrik yang padam.

- Listrik untuk AC
- Listrik untuk laboratorium dan bengkel
- Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
- Listrik untuk penerangan
- Listrik untuk instrumentasi

Kelebihan menggunakan listrik PLN adalah biayanya murah, sedangkan kekurangan menggunakan listrik PLN adalah kontinyu dari penyediaan listriktenaganya tidak tetap dan kurang terjamin.

Tabel 4. 7 Daya Alat Proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Daya	
			Hp	kWatt
1	Ball Mill	BM-01	2,7586	2,0572
2	Belt Conveyor	BC-01	0,5244	0,3911
3	Bucket Elevator	BE-01	0,05	0,0373
4	Blower	BL-01	5	3,7286
5	Blower	BL-02	30	22,3714
6	Cooling Screw	CS-01	2	1,4914
7	Horizontal Belt Filter	HBF-01	5	3,7286
8	Mixer	M-01	0,0156	0,0117
9	Mixing Screw	MS-01	2	1,4914
10	Pompa Proses	P-01	0	0
11	Pompa Proses	P-02	0	0
12	Pompa Proses	P-03	10	7,4571
13	Pompa Proses	P-04	800	596,5697
14	Pompa Proses	P-05	7,5	5,5928
15	Pompa Proses	P-06	2	1,4914
16	Pompa Proses	P-07	0,75	0,0559
17	Rotary Dryer	RD-01	0,5	0,3729
18	Rotary Kiln	RK-01	30	22,3714
19	Rotary Pyrolizer	RP-01	60	44,7427
20	Screw Conveyor	SC-01	1	0,7457

Lanjutan Tabel 4. 6 Daya Alat Proses

21	Screw Conveyor	SC-02	2	1,4914
22	Screw Conveyor	SC-03	1	0,7457
23	Screw Conveyor	SC-04	2	1,4914
Total			964,0988	718,9402

Tabel 4. 8 Daya Alat Utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Daya	
			Hp	kWatt
1	Kompresor Udara	K-01	0,5	0,3728
2	Klarifier	KL-01	1,5	1,1185
3	Menara Pendingin	CT-01	20	14,914
4	Pompa Utilitas	PU-01	25	18,6428
5	Pompa Utilitas	PU-02	20	14,9142
6	Pompa Utilitas	PU-03	5	3,7286
7	Pompa Utilitas	PU-04	0	0
8	Pompa Utilitas	PU-05	15	11,1857
9	Pompa Utilitas	PU-06	15	11,1857
10	Pompa Utilitas	PU-07	15	11,1857
Total			97	87,248

Tabel 4. 9 Kebutuhan Listrik Pabrik

No	Unit	Kebutuhan (kWatt)
1	Power Plant	718,9402
2	Utilitas	87,248
3	Bengkel	1.500
4	Kantor	1.500

Lanjutan Tabel 4. 10 Kebutuhan Listrik Pabrik

5	Penerangan	1.500
	Total	5289,7828

4.8. 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 pneumatik terutama alat – alat kontrol. Pada dasar proses yang terjadi pada unit ini adalah mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit *instrument* udara.

4.9. Unit Penyedia Bahan Bakar

Pada unit penyedia bahan bakar bertujuan menyediakan bahan bakar yang dipergunakan pada generator dan *Rotary Kiln*. Bahan bakar yang dipilih untuk menjalankan proses pada *Rotary Kiln* yaitu metana (CH_4) dan dibutuhkan sebanyak 36.0508 liter/tahun. Bahan bakar Rotary Kiln didapatkan dari PT Samator Indo Gas. Bahan bakar generator menggunakan *High Speed Diesel Oil* (HSDO) yang didapatkan dari Perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan yaitu PT Pertamina. Prinsip kerja dari generator adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi yang selanjutnya akan menghasilkan panas. Panas nantinya digunakan untuk

menghidupkan generator dan menghasilkan tenaga listrik kemudian didistribusikan ke panel dan selanjutnya dialirkan ke unit proses dan utilitas.

4.10. Unit Pengolahan Limbah

Limbah merupakan bahan sisa buangan dari suatu proses produksi industri pabrik yang sudah tidak terpakai lagi. Pengolahan limbah pabrik Karbon Aktif dari Ampas Kopi ini berupa limbah cair dan limbah gas. 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:

4.10.1. Limbah Cair

Limbah cair pabrik ini adalah limbah air pengolahan karbon aktif. Limbah air pengolahan karbon aktif mengandung hidrokarbon. Limbah seperti ini dapat ditangani dengan metode Oksidasi Basah (*Wet Oxidation*) Metode oksidasi basah dapat diterapkan pada berbagai jenis limbah organik atau anorganik yang dapat dioksidasi dan larut atau tersuspensi dalam air, terutama limbah yang bersifat racunan memiliki kadar COD yang tinggi (Mishra dkk., 1995). Oksidasi basah diperlukan untuk mengolah limbah agar limbah yang dibuang ke perairan tidak menimbulkan pencemaran.

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 domestic 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.

4.10.2. 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 99 menuju flare untuk di bakar. Gas yang dihasilkan dari Rotary 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 Quencher.

4.10.3. 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*.

4.11. Spesifikasi Alat Utilitas

4.11.1 Bak Pengendapan Awal

Tabel 4. 11 Spesifikasi Bak Pengendap Awal

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Bak Pengendap Awal
Kode	BP
Fungsi	Mengendapkan kotoran yang terbawa dari air sungai

Lanjutan Tabel 4. 12 Spesifikasi Bak Pengendap Awal

Bentuk	Persegi Panjang
Bahan	Beton Bertulang
Volume	2819,278 m ³
Waktu tinggal	24 jam
Over Design	20%

4.11.2. Bak Pencampur Cepat

Tabel 4. 13 Spesifikasi Bak Pencampur Cepat

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Bak Pencampur Cepat
Kode	RMT
Fungsi	Mencampur bahan kimia penggumpal dan pengurang kesadahan
Bentuk	Silinder tegak
Bahan	Baja karbon
Volume	1,864 m ³
Waktu tinggal	1 menit
Over Design	20%

4.11.3. Clarifier

Tabel 4. 14 Spesifikasi Clarifier

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Klarifier
Kode	KL
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran koloid yang terbawa oleh air
Bentuk	Bak
Bahan	Beton bertulang
Volume air	466,1505 m ³
Volume klarifier	559,3806 m ³
Diameter	10,2402 m
Waktu tinggal	5 jam
Over Design	20%

4.11.4. Saringan Pasir

Tabel 4. 15 Spesifikasi Saringan Pasir

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Saringan Pasir
Kode	SF
Fungsi	Menyaring partikel – partikel halus yang ada didalam sungai
Bentuk	Bak
Bahan	Beton bertulang
Kecepatan penyaringan	6,1112 m ³ /m ² jam
Luas aliran	14,4469 m ²
Diameter	3,738 m

4.11.5. Bak Air Bersih

Tabel 4. 16 Spesifikasi Bak Air Bersih

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Bak Air Bersih
Kode	BAB
Fungsi	Menampung air bersih hasil penyaringan
Bentuk	Bak
Bahan	Beton bertulang
Volume bak	847,5654 m ³
Panjang	25,2125 m
Lebar	8,4041 m
Waktu tinggal	8 jam
Over Design	20%

4.11.6. Bak Air Minum

Tabel 4. 17 Spesifikasi Bak Air Minum

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Bak Air Minum
Kode	BAM

Fungsi	Menampung air untuk kantor pelayanan dan perumahan
Bentuk Bak	persegi panjang
Bahan	Beton bertulang
Volume air	63,3165 m ³
Volume bak	75,9799 m ³
Panjang	7,5488 m
Lebar	2,5162 m
Waktu tinggal	24 jam
Over Design	20%

4.11.7. Menara Pendingin

Tabel 4. 18 Spesifikasi Menara Pendingin

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Menara Pendingin
Kode	CT
Fungsi	Mendinginkan suhu air dari 50°C sampai 30°C
Jenis	Menara Pendingin Jujut Tarik
Bahan	Beton bertulang
Flux volume	4,2778 m ³ /m ² jam
Luas Penampang	38,7502 m ²
Panjang	6,2249 m
Lebar	6,2249 m
Daya Penggerak	20 hp

4.11.8. Tangki Penukar Kation

Tabel 4. 19 Spesifikasi Tangki Penukar Kation

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Tangki Penukar Kation
Kode	TK
Fungsi	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air
Jenis	Tangki silinder tegak
Bahan	Baja karbon
Volume Resin	0,1568 m ³
Diameter	0,5845 m
Tinggi Resin	0,7014 m

Lanjutan Tabel 4. 20 Spesifikasi Tangki Penukar Kation

Tinggi Tangki	0,5845 m
Over Design	20%

4.11.9. Tangki Penukar Anion

Tabel 4. 21 Spesifikasi Tangki Penukar Anion

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Tangki Penukar Anion
Kode	TK
Fungsi	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air
Jenis	Tangki silinder tegak
Bahan	Baja karbon
Volume Resin	0,50199 m ³
Diameter	0,5047 m
Tinggi Resin	0,7014 m
Tinggi Tangki	0,5047 m
Over Design	20%

4.11.10. Tangki NaCl

Tabel 4. 22 Spesifikasi Tangki NaCl

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Tangki NaCl
Kode	TNaCl
Fungsi	Melarutkan NaCl untuk regenerasi penukar kation
Jenis	Tangki silinder tegak
Bahan	Baja karbon
Volume Resin	0,1568 m ³
Volume Tangki	0,1212 m ³
Volume Larutan	0,1010 m ³
Massa Air	95,4899 kg
NaCl digunakan	5,0257 kg
Diameter	0,5047 m
Tinggi Tangki	0,5047 m
Over Design	20%

4.11.11. Tangki NaOH

Tabel 4. 23 Spesifikasi Tangki NaOH

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Tangki NaOH
Kode	TNaOH
Fungsi	Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar kation
Jenis	Tangki silinder tegak
Bahan	Baja karbon
Volume Resin	0,1568 m ³
Volume Tangki	0,1212 m ³
Volume Larutan	0,1010 m ³
Massa Air	95,4899 kg
NaOH digunakan	5,0257 kg
Diameter	0,5047 m
Tinggi Tangki	0,5047 m
Over Design	20%

4.11.12. Tangki Umpan Boiler

Tabel 4. 24 Spesifikasi Tangki Umpan *Boiler*

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Tangki Umpan <i>Boiler</i>
Kode	TBWF
Fungsi	Menyimpan air umpan <i>boiler</i>
Jenis	Tangki silinder horizontal
Bahan	Baja karbon
Volume air	95,2303 m ³
Volume Tangki	114,2764 m ³
Waktu Tinggal	8 jam
Diameter	3,4648 m
Panjang Tangki	12 m
Over Design	20%

4.11.13. Tangki Kondensat

Tabel 4. 25 Spesifikasi Tangki Kondensat

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Tangki Kondensat
Kode	Tkondensat
Fungsi	Menyimpan air umpan boiler
Jenis	Tangki silinder tegak
Bahan	Baja karbon
Volume air	10,8216 m ³
Volume Tangki	12,9859 m ³
Waktu Tinggal	1 jam
Diameter	1,7663 m
Panjang Tangki	6 m
Over Design	20%

4.11.14. Tangki Udara Tekan

Tabel 4. 26 Spesifikasi Tangki Udara Tekan

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Tangki Udara Tekan
Fungsi	Menampung udara tekan selama 120 menit
Jenis	Tangki silinder horizontal
Tekanan	4 atm
Volume Tangki	1,12454 m ³
Diameter	1 m
Panjang	3 m

4.11.15. Tangki Silika

Tabel 4. 27 Spesifikasi Tangki Silika

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Tangki Silika
Fungsi	Menghilangkan uap air yang masih terkandung dalam udara
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Bahan	Baja karbon
Massa Air Diserap	7,771 kg
Massa Silika Gel	388,579 kg
Volume Silika	0,323 m ³

Lanjutan Tabel 4. 28 Spesifikasi Tangki Silika

Volume Tangki	0,388 m ³
Diameter	0,790 m
Over Design	20%

4.11.16. Kompresor Udara

Tabel 4. 29 Spesifikasi Kompresor Udara

Spesifikasi Umum	
Nama alat	Kompresor Udara
Fungsi	Menekan udara
Jenis	Kompresor sentrifugal
P1	1 atm
P2	4 atm
Jumlah Stage	1
Daya Motor	0,5 HP
Suhu	30 °C

4.11.17. Pompa Utilitas

Tabel 4. 30 Spesifikasi Pompa Utilitas

Spesifikasi Umum							
Nama alat	Pompa Utilitas 1	Pompa Utilitas 2	Pompa Utilitas 3	Pompa Utilitas 4	Pompa Utilitas 5	Pompa Utilitas 6	Pompa Utilitas 7
Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05	PU-06	PU-07
Fungsi	Memompa air sungai ke bak pengendap awal	Memompa air dari bak ke bak klarifier pengendap awal	Memompa air dari klarifier ke saringan pasir	Memompa air dari bak air ke saringan pasir	Memompa air dari bak air ke saringan pasir	Memompa air dari bak air ke saringan pasir	Memompa air dari bak air ke saringan pasir
Jenis	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal	Pompa sentrifugal
Massa air,kg/jam	97.402,15 kg/jam	92.763,95 kg/jam	88.346,62 kg/jam	87.846,619 kg/jam	83.663,45 kg/jam	164.938,68 kg/jam	11.844,274 kg/jam
Kecepatan Volume Fluida, m ³ /s	0,0270 m ³ /s	0.0259 m ³ /s	0.0245 m ³ /s	0.0244 m ³ /s	0,0234 m ³ /s	0,0460 m ³ /s	52,1544 m ³ /s

Kecepatan Aliran,m/s	1,4516 m/s	1,3894 m/s	1,3166 m/s	1,3091 m/s	1,2531 m/s	0,9051 m/s	1,0738 m/s
Diameter Dalam Pipa (ID), m	0,1540 m	0,1540 m	0,1540 m	0,1540 m	0,1540 m	0,2545 m	0,0624 m
Diameter Luar Pipa (OD), m	0,1682 m	0,1689 m	0,1682 m	0,1682 m	0,1682 m	0,2730 m	0,7303 m
Luas Aliran,m ²	0,0186 m ²	0,0186 m ²	0,0186 m ²	0,0186 m ²	0,01864 m ²	0,0508 m ²	0,0030 m ²
Efisiensi Motor,%	50%	82%	70%	70%	80%	88%	70%
Power Pompa	24,8270 hp	18,9661 hp	3,0391 hp	-0,3722 hp (tidak diperlukan PU-04)	11,3535 hp	13,8414 hp	11,4704 hp
PowerMotor standart	25 hp	20 hp	5 hp	0 hp	15 hp	15 hp	15 hp

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 5. 1 Indeks harga pada tahun 1991 hingga 2022

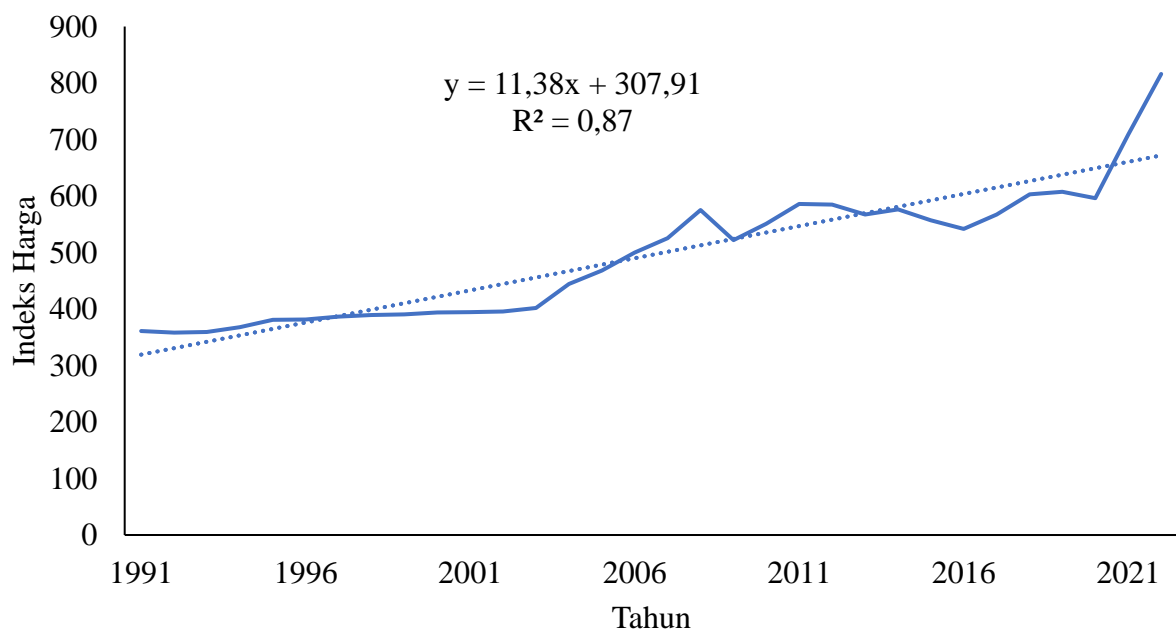
No	Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
1	1991	361,3
2	1992	358,2
3	1993	359,2
4	1994	368,1
5	1995	381,1
6	1996	381,7
7	1997	386,5
8	1998	389,5
9	1999	390,6
10	2000	394,1
11	2001	394,4
12	2002	395,6
13	2003	402
14	2004	444,2
15	2005	468,2
16	2006	499,6

Lanjutan Tabel 5. 1 Indeks Harga pada Tahun 1991 Hingga 2022

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	541,7
27	2017	567,5
28	2018	603,1
29	2019	607,5
30	2020	596,2
31	2021	708,8
32	2022	816

Sumber : www.chemengonline.com

Dari data diatas, maka persamaan regresi linear yang diperoleh adalah $y = 11,38x - 307,91$. Pabrik karbon aktif dari ampas kopi kapasitas 6.000 ton/tahun akan didirikan pada tahun 2025 dan beroperasi pada tahun 2028. Dari persamaan regresi linear tersebut diperoleh indeks sebesar 738,74. Grafik *plotting* data dapat dilihat pada gambar berikut.



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 :

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

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 karbon aktif ini adalah :

1. Kapasitas produksi : 6.000 ton/tahun
2. Satu tahun operasi : 330 hari
3. Pabrik didirikan tahun: 2025
4. Pabrik didirikan tahun: 2028
5. Nilai kurs mata uang : \$1 = Rp 15.365,45
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 5. 2 Perkiraan Harga Alat Proses

Nama Alat	Jumlah	Harga	
		Dalam USD	Dalam Rupiah
Rotary Pyrolizer	1	\$ 211.027,70	Rp3.242.535.506,11
Rotary Kiln	1	\$ 554.595,61	Rp8.521.611.163,82
Mixer	1	\$ 96.598,63	Rp1.484.281.461,15
Mixer	1	\$ 88.602,32	Rp1.361.414.554,73
Quencher	1	\$ 149.404,28	Rp2.295.663.926,31
Decanter	1	\$ 2.125,69	Rp32.662.192,46
Heater	1	\$132.418,02	Rp2.034.662.459,79
Grate Cooler	1	\$ 359.916,84	Rp5.530.284.230,41
Horizontal Belt Filter	1	\$ 76.475,98	Rp1.175.087.890,31
Rotary Dryer	1	\$ 116.471,35	Rp1.789.634.726,69
Ball Mill	1	\$ 316.932,98	Rp4.869.817.809,77
Screener	1	\$ 3.376,10	Rp51.875.246,85
Bin Ampas Kopi	1	\$ 12.790,74	Rp196.535.520,87
Bin KOH	1	\$ 5.359,93	Rp82.357.718,29
Bin Karbon Aktif	1	\$ 10.963,50	Rp168.459.100,23
Tangki Metana	1	\$ 27.008,77	Rp415.001.974,80
Tangki Bio-Oil	1	\$ 2.875,93	Rp44.190.025,09
Mixing Screw	1	\$ 487,56	Rp7.491.554,17
Silo K ₂ O	1	\$ 2.500,81	Rp38.426.108,78

Lanjutan Tabel 5. 2 Perkiraan Harga Alat Proses

Screw Conveyor	1	\$ 487,56	Rp7.491.554,17
Screw Conveyor	1	\$ 487,56	Rp7.491.554,17
Screw Conveyor	1	\$ 487,56	Rp7.491.554,17
Screw Conveyor	11	\$ 487,56	Rp7.491.554,17
Screw Conveyor	1	\$ 487,56	Rp7.491.554,17
Belt Conveyor	1	\$ 19.626,75	Rp301.573.865,61
Bucket Elevator	1	\$ 14.019,12	Rp215.410.041,24
Pompa	1	\$ 0	Rp 0
Pompa	1	\$ 0	Rp 0
Pompa	1	\$ 44.889,58	Rp689.748.652,56
Pompa	1	\$ 14.879,83	Rp228.635.347,23
Pompa	1	\$ 3.266,93	Rp50.197.824,67
Pompa	1	\$ 6.240,70	Rp95.891.139,11
Pompa	1	\$ 45.643,94	Rp701.339.701,35
Blower	1	\$35.931,89	Rp 552.109.597,14
Blower	1	\$317.897,38	Rp4.884.636.262,23
Total	39	\$2.674.766,66	Rp41.098.993.372,61

Tabel 5. 3 Perkiraan Harga Alat Utilitas

Nama Alat	Jumlah	Harga	
		Dalam USD	Dalam Rupiah
Bak Pengendap	1	\$3.623,16	Rp55.671.465,99
Bak Pencampur Cepat	1	\$3.623,16	Rp55.671.465,99
Bak Air Bersih	1	\$3.623,16	Rp55.671.465,99
Bak Air Minum	1	\$3.623,16	Rp55.671.465,99
Klarifier	1	\$2.110,69	Rp32.431.635,81
Saringan Pasir	1	\$1.487,80	Rp22.860.773,83
Kompresor Udara	1	\$1.375,45	Rp21.134.359,83
Menara Pendingin	1	\$40.067,95	Rp615.662.115,10

Lanjutan Tabel 5. 3 Perkiraan Harga Alat Utilitas

Tangki Penukar Kation	1	\$137,54	Rp2.113.435,98
Tangki NaCl	1	\$ 12.253,98	Rp188.287.933,01
Tangki penukar Anion	1	\$ 137,54	Rp2.113.435,98
Tangki NaOH	1	\$ 39.425,31	Rp605.787.604,88
Tangki Umpan Boiler	1	\$ 1.142,87	Rp17.560.731,71
Tangki Silika	1	\$ 15.974,89	Rp245.461.304,74
Tangki Udara Tekan	1	\$ 3.251,06	Rp49.953.941,41
Tangki Kondensat	1	\$ 40.067,95	Rp615.662.115,10
Pompa Utilitas	1	\$ 2.543,33	Rp39.079.352,63
Pompa Utilitas	1	\$ 2.543,33	Rp39.079.352,63
Pompa Utilitas	1	\$ 2.543,33	Rp39.079.352,63
Pompa Utilitas	1	\$ 2.543,33	Rp39.079.352,63
Pompa Utilitas	1	\$ 2.543,33	Rp39.079.352,63
Pompa Utilitas	1	\$ 2.543,33	Rp39.079.352,63
Pompa Utilitas	1	\$ 2.543,33	Rp39.079.352,63
Generator	1	\$ 208.628,55	Rp3.205.671.610,78
Total	24	\$ 398.357,51	Rp6.120.942.330,53

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 5. 4 *Physical Plant Cost (PPC)*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
<i>Purchased Equipment</i>			
1	<i>Cost</i>	Rp47.219.935.703	\$3.073.124,17
<i>Delivered Equipment</i>			
2	<i>Cost</i>	Rp11.804.983.926	\$768.281,04
3	<i>Instalation Cost</i>	Rp7.535.237.603	\$490.401,36
4	<i>Piping Cost</i>	Rp25.844.601.401	\$1.681.994,44
5	<i>Instrumentation Cost</i>	Rp11.771.730.445	\$766.116,87
6	<i>Insulation Cost</i>	Rp1.782.386.302	\$115.999,62
7	<i>Electrical Cost</i>	Rp5.087.781.801	\$331.118,31
8	<i>Building Cost</i>	Rp18.887.974.281	\$1.229.249,67
<i>Land & Yard</i>			
9	<i>Improvement</i>	Rp53.283.228.989	\$3.467.729,81
Total PPC		Rp183.217.860.452	\$11.924.015,27

Tabel 5. 5 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Physical Plant Cost</i>	Rp183.217.860.451,58	\$11.924.015,27
2	<i>Engineering & Construction</i>	Rp36.643.572.090,32	\$693.545,96
Total		Rp219.861.432.541,90	\$12.617.561,23

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

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
<i>Direct Plant</i>			
1	<i>Cost</i>	Rp219.861.432.541,90	\$693.545,96
<i>Contractor's</i>			
2	<i>Fee</i>	Rp21.986.143.254,19	\$1.430.881,83

Lanjutan Tabel 5. 7 Fixed Capital Investment (FCI)

3	<i>Contingency</i>	Rp43.972.286.508,38	\$2.861.763,67
	Total	Rp285.819.862.304,47	\$4.986.191,46

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 kembali
- c) Menganut hukum yang baik, teknologi yang memadai , aman , dan lain-lain.

Tabel 5. 8 *Working Capital Investment*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
	<i>Raw Material</i>		
1	<i>Inventory</i>	Rp117.670.971.189,91	\$7.658.153,27
2	<i>Inprocess Inventory</i>	Rp113.124.680,09	\$7.362,28
3	<i>Product Inventory</i>	Rp162.899.539.333,98	\$10.601.677,10
4	<i>Extended Credit</i>	Rp205.477.377.026,89	\$13.372.688,53

Lanjutan Tabel 5. 9 <i>Working Capital Investment</i>			
5	<i>Available Cash</i>	Rp162.899.539.333,98	\$10.601.677,10
Total		Rp648.984.624.119,39	\$42.236.616,83

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 5. 10 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Raw material</i>	Rp1.294.380.683.089,02	\$84.239.685,99
2	<i>Labor Cost</i>	Rp12.096.000.000,00	\$787.220,68
3	<i>Supervisory Cost</i>	Rp1.814.400.000,00	\$118.083,10
4	<i>Maintenance Cost</i>	Rp17.149.191.738,27	\$1.116.087,83
5	<i>Plant Supplies Cost</i>	Rp2.572.378.760,74	\$167.413,17
6	<i>Royalty and Patents Cost</i>	Rp45.205.022.945,92	\$2.941.991,48
7	<i>Utilities Cost</i>	Rp74.624.344.891,79	\$4.856.632,57
Total		Rp1.447.626.741.425,74	\$94.213.104,17

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 5. 11 *Indirect Manufacturing Cost*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp28.581.986.230,45	\$1.860.146,38
2	<i>Property taxes</i>	Rp5.716.397.246,09	\$372.029,28
3	<i>Insurance</i>	Rp2.858.198.623,04	\$186.014,64
	Total	Rp37.156.582.099,58	\$2.418.190,30

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 5. 12 *Fixed Manufacturing Cost*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp2.177.280.000,00	\$141.699,72
2	<i>Laboratory</i>	Rp1.814.400.000,00	\$118.083,10
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp9.072.000.000,00	\$590.415,51
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp293.832.649.148,45	\$19.122.944,60
	Total	Rp306.694.153.148	\$19.959.985,11

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	Rp1.447.842.021.425,74	\$94.227.114,82
2	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	Rp306.896.329.148,45	\$19.973.142,94
3	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	Rp37.156.582.099,58	\$2.418.190,30
Total		Rp1.791.477.476.673,77	\$116.591.279,57

Tabel 5. 13 *Total Manufacturing Cost*

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. Di samping itu penelitian atau riset diharapkan untuk memperoleh data atau informasi dan pembuktian kebenaran agar bisa didapatkan hasil kesimpulan yang diharapkan. Di dalam industri kimia dana riset yang diperlukan sebesar 2,8% dari hasil penjualan produk.

Tabel 5. 14 *General Expenses*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp53.756.847.980,21	\$3.498.553,44
2	<i>Sales Expense</i>	Rp125.432.645.287,16	\$8.163.291,36
3	<i>Research</i>	Rp143.351.594.613,90	\$9.329.475,84
4	<i>Finance</i>	Rp18.697.608.277,39	\$1.216.860,44
Total		Rp341.162.035.529,76	\$22.203.191,94

Tabel 5. 15 *Total Production Cost*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
<i>Manufacturing</i>			
1	<i>Cost</i>	Rp1.791.894.932.673,77	\$116.618.448,06
2	<i>General Expenses</i>	Rp341.238.696.158,66	\$22.208.181,09
Total		Rp2.132.639.512.203,52	\$ 138.794.471,51

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 dikeluarkan. Jumlah uang yang diterima atau hilang disebut laba/rugi atau bunga.

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

1. ROI sebelum pajak (ROI b)

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

$$ROI = \frac{\text{Rp } 127.611.635.092,23}{\text{Rp } 285.819.862.304,47} \times 100\%$$

$$ROI = 44,65\%$$

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

2. ROI setelah pajak (ROI a)

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

$$ROI = \frac{\text{Rp } 99.537.075.371,94}{\text{Rp } 285.819.862.304,47} \times 100\%$$

$$ROI = 34,83\%$$

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 bisa 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.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan Sebelum Pajak} + 0,1 \times \text{Fixed Capital})} \times 100\%$$

1. POT sebelum pajak (POT b)

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan Sebelum Pajak} + 0,1 \times \text{Fixed Capital})} \times 100\%$$

$$POT = \frac{\text{Rp } 285.819.862.304,47}{(\text{Rp } 127.611.635.092,23 + 0,1 \times \text{Rp } 285.819.862.304,47)} \times 100\%$$

$$POT = 1,83 \text{ tahun}$$

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

2. POT sesudah pajak (POT a)

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan Sesudah Pajak} + 0,1 \times \text{Fixed Capital})} \times 100\%$$

$$POT = \frac{\text{Rp } 285.819.862.304,47}{(\text{Rp } 99.537.075.371,94 + 0,1 \times \text{Rp } 285.819.862.304,47)} \times 100\%$$

$$\text{POT} = 2,23 \text{ tahun}$$

5.3.4.3. *Break Event Point (BEP)*

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 di gunakan 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 produksi maksimum

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va = *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum *Annual*

Tabel 5. 16 *Annual Fixed Cost (Fa)*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp28.581.986.230,45	\$1.860.146,38
2	<i>Property Taxes</i>	Rp5.716.397.246,09	\$372.029,28
3	<i>Insurance</i>	Rp2.858.198.623,04	\$186.014,64
	Fa	Rp37.156.582.099,58	\$ 2.418.190,30

Tabel 5. 17 *Annual Regulated Cost (Ra)*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Labor</i>	Rp12.096.000.000,00	\$787.220,68
2	<i>Supervision</i>	Rp1.814.400.000,00	\$118.083,10
	<i>Payroll</i>		
3	<i>Overhead</i>	Rp2.177.280.000,00	\$141.699,72
4	<i>Plant overhead</i>	Rp9.072.000.000,00	\$590.415,51
5	<i>Laboratorium</i>	Rp1.814.400.000,00	\$118.083,10
6	<i>General Expense</i>	Rp341.238.696.158,66	\$22.208.181,09
7	<i>Maintenance</i>	Rp17.149.191.738,27	\$1.116.087,83
8	<i>Plant Supplies</i>	Rp2.572.378.760,74	\$167.413,17
	Ra	Rp387.440.230.028,76	\$25.215.026,57

Tabel 5. 18 *Annual Variabel Value (Va)*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp1.294.380.683.089,02	\$84.239.685,99
2	<i>Packaging & Shipping</i>	Rp293.832.649.148,45	\$19.122.944,60
3	<i>Utilities</i>	Rp74.624.344.891,79	\$ 4.856.632,57
4	<i>Royalty & Patent</i>	Rp45.205.022.945,92	\$2.941.991,48
Va		Rp1.708.042.700.075,18	\$111.161.254,64

Tabel 5. 19 *Annual Sales Value (Sa)*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Annual Sales Value</i>	Rp2.260.251.147.295,75	\$147.099.573,87
Sa		Rp2.260.251.147.295,75	\$147.099.573,87

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

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

Didapatkan nilai perhitungan BEP sebagai berikut :

$$BEP = \frac{Rp\ 37.156.582.099,58 + (0,3 \times Rp\ 387.440.230.028,76)}{Rp\ 2.260.251.147.295,75 - Rp\ 1.708.042.700.075,18 - (0,7 \times Rp\ 387.440.230.028,76)} \times 100\%$$

$$BEP = 54,59\%$$

(Syarat BEP menurut Aries Newton, 1955 untuk industri berkisar 40-60%)

5.3.4.4. Shut Down Point (SDP)

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.

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

Dimana:

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va = *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

Didapatkan nilai perhitungan SDP sebagai berikut :

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

$$SDP = \frac{0,3 \times Rp\ 387.440.230.028,76}{Rp\ 2.260.251.147.295,75 - Rp\ 1.708.042.700.075,18 - (0,7 \times Rp\ 387.440.230.028,76)} \times$$

100%

$$SDP = 41,36\%$$

5.3.4.5. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

Discount Cash Flow Rate of Return (DCFR) 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 :

$$(FC + WC)(1 + i)^n = (WC + SV) + [(1 + i)^{n-1} + \dots + 1] \times C]$$

Dengan basis perhitungan:

Umur Pabrik = 10 Tahun

FCI = Rp 285.819.862.304,47

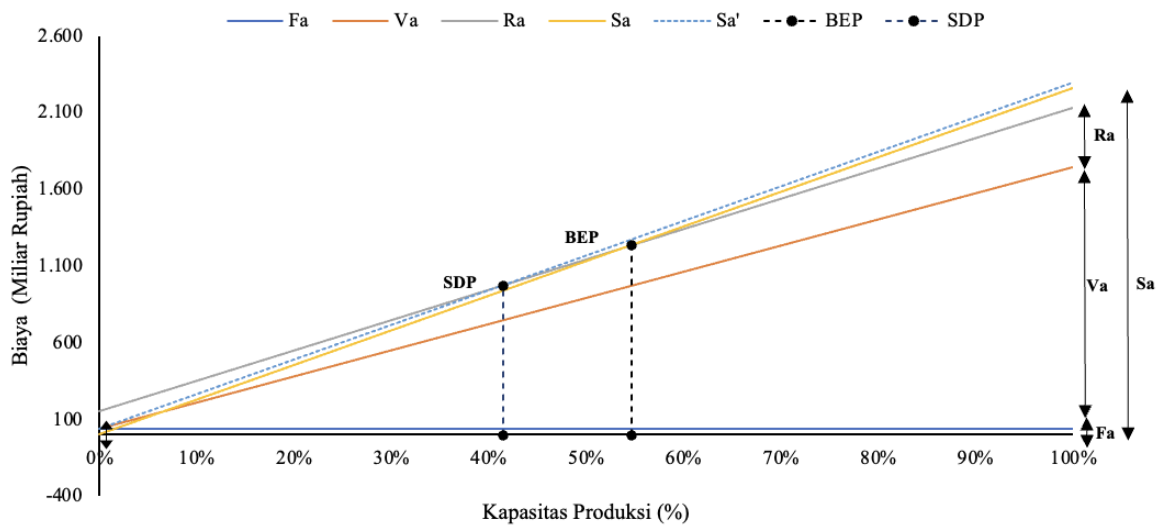
Working Capital = Rp 649.984.624.119,39

Salvage Value = Rp 28.581.986.230,45

Cash Flow = *Annual Profit + Depreciation + Finance*

= Rp 146.815.151.330,86

Dengan $R = S$, maka hasil dari *trial and error* diperoleh nilai DCFR = 14,30% (batasan DCFR minimum adalah 1,5 x suku bunga deposit, diperoleh sebesar 8,39%).



Gambar 5. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi

5.3.5. Risiko Pabrik

No	Parameter Risiko	Low Risk	High Risk	Keterangan
1	Kondisi Operasi		✓	Beroperasi pada suhu tinggi dengan suhu operasi tertinggi yaitu 926,67°C.
2	Kondisi Bahan Baku			
	Ampas Kopi		✓	Mudah terbakar dalam keadaan kering dan jika terlalu lama terpapar udara panas.
	Kalium Hidroksida		✓	Kesehatan : Berbahaya bagi kulit, mata atau pakaian.
Kebakaran : Dapat menghasilkan gas hidrogen sehingga dapat meledak.				
	Reaktifitas : Stabil pada suhu dan tekanan normal.			
3	Lokasi Pabrik	✓		Berlokasi di Kawasan Industri Cilegon, Provinsi Banten serta dekat dengan beberapa perusahaan pemasok bahan baku.
4	Ketersediaan Bahan Baku			
	Ampas Kopi	✓		Berdekatan dengan kedai kopi Starbucks, Kopi Kenangan, Janji Jiwa, Nescafé, Kulo, Jco Donut & Coffee, Dunkin Donut, dan Fore dengan kesanggupan <i>supply</i> total limbah ampas

				kopi sekitar 30.000 ton/tahun.
	Kalium Hidroksida		✓	Produk ini dibeli 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°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 untuk ampas kopi 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. Melihat dan meninjau berdasarkan tabel di atas, pabrik Karbon Aktif dari Ampas Kopi dengan katalis KOH dikategorikan sebagai pabrik dengan risiko tinggi (*high risk*).

PENUTUP

5.4. Kesimpulan

Pada “Prarancangan Pabrik Karbon Aktif dari Ampas Kopi Dengan Kapasitas 6.000 Ton/Tahun” dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pendirian pabrik Karbon Aktif dari Ampas Kopi Dengan Kapasitas 6.000 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 Cilegon, Banten. 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 Ampas Kopi Dengan Kapasitas 6.000 Ton/Tahun ini tergolong pabrik berisiko tinggi (*high risk*).
4. Pabrik Karbon Aktif dari Ampas Kopi Dengan Kapasitas 6.000 Ton/Tahun layak untuk dikaji lebih lanjut. Berdasarkan pertimbangan sebagai berikut :
 - Keuntungan pabrik sebelum pajak diperoleh sebesar Rp 127.611.635.092,23. Sedangkan, keuntungan pabrik setelah pajak diperoleh sebesar Rp. 99.537.075.371.
 - Nilai ROI sebelum pajak sebesar 44,65% dan nilai ROI sesudah pajak sebesar 34,83% 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 1,83 tahun dan sesudah pajak adalah 2,23 tahun. Menurut Aris Newton (1955), untuk pabrik kimia berisiko tinggi nilai POT sebelum pajak maksimum 2 tahun.
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 Ampas Kopi Dengan Kapasitas 6.000 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 proses 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

- Aeki. 2016. Konsumsi Kopi di Indonesia Tahun 2010-2016. www.aeki-alice.com. Dilihat pada 6 November 2022.
- 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 6 November 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.
- Dirjen. Pertanian. 2023 diakses pada tanggal 1 November 2023
- Efisiensi pada alat screener www.mekaglobal.com/en/blog/vibrating-screen-capacity-calculations diakses pada tanggal 30 desember 2022
- Fessenden, J. dan Fessenden, JS. 1982. Kimia organik. Terjemahan oleh pudjaatmaka, A.H. Jakarta: Erlangga.
- 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

Guda, V. K., Steele, P. H., Penmetsa, V. K., & Li, Q. (2015). Fast pyrolysis of biomass: Recent advances in fast pyrolysis technology. *Recent advances in thermo-chemical conversion of biomass*, 177-211.

Harga Alat, www.matche.com, diakses pada tanggal 2 Agustus 2023

Harga Bahan, www.indonesian.alibaba.com, diakses pada tanggal 31 Oktober 2023

Harga batu bara, www.minerba.esdm.go.id/harga_acuan diakses pada tanggal 31 Oktober 2023

Harga tanah di kota Cilegon <https://www.rumah123.com/jual/tanah/?q=cilegon%20banten> diakses pada tanggal 1 November 2023.

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

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.

Lim, H. K., Ali, U. F., Ahmad, R., & Aroua, M. K. (2021). Adsorption of carbon dioxide (CO₂) by activated carbon derived from waste coffee grounds. *IOP Conference*

Series: Earth and Environmental Science, 765(1), 012034.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/765/1/012034>

- 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.
- 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.
- Mussatto, S. I., Machado, E. M., Martins, S., & Teixeira, J. A. (2011). Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food and Bioprocess Technology*, 4, 661-672.
- Nasution, Z. A. dan S. M. Rambe. 2013. Karakterisasi dan Identifikasi Gugus Fungsi dari Karbon dengan Metode Methanopyrolysis. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* 24(2): 108-113. DOI: <http://dx.doi.org/10.28959/jdpi.v24i2.530>
- Owusu-Ansah, J. (1989). *Coffee Volume 2: technology*, R.J. Clarke, R. Macrae (Eds.). Elsevier Applied Science, London, England (1987), 321, \$72.00. *Canadian Institute of Food Science and Technology journal*, 22, 24.
- Patnaik, P., 2003, "Handbook of Inorganic Chemical", p. 867-870, 899-902, Mc Graw Hill company, Inc. New york.
- Padil, Sunarnno, 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.
- 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 Characterization. *Raju et Al*, 5–24.
- Rasdiansyah, D., dan Supardan, M.D. 2014. Optimasi proses pembuatan karbon aktif dari ampas bubuk kopi menggunakan $ZnCl_2$. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*.
- 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.
- 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.*
- Wallas. S.M., 1988, Chemical Process Equipment, Butterworth Publishers, Stoneham USA.
- 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 : *Continous Rotary Kiln*
 Fungsi : Mengaktivasi Arang Ampas Kopi
 Jenis : Direct Heat with Continous Rotary Drum
 Kondisi operasi :

Tekanan : 1 atm
 Suhu : 926,67 °C

Perancangan *Rotary Kiln*

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

(Carl . L Yaws "chemical Properties handbook")

densitas= g/ml=kg/L

T = 926,67 °C = 1199,82 °K

Komponen	Kg/jam	wi	A	B	n
C	1460,8498	0,3412	0,3150	0,1000	0,2860
Ash	98,4848	0,0230			
KOH	1815,3282	0,4240	0,3080	0,1540	0,2860
H ₂ O	906,3033	0,2117	0,3470	0,2740	0,2860
total	4280,9661	1,000			

Komponen	Tc	ρ (kg/L)	ρc (kg/L)	ρc (kg/m ³)
C	6810	0,959	0,4430	443,3760
Ash				
KOH	2.605,86	1,843	0,6600	660,4360
H ₂ O	647,13	0,417	0,0750	74,7590
total			1,1780	1178,6710

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	1460,8498	0,9590	1440,9550		0,2734	0,2622	kg/L
Ash	98,4848						kg/L
KOH	1815,3282	1,8430	3345,6498		0,6529	1,2032	kg/L
H2O	906,3033	0,4170	377,9285		0,0737	0,0308	kg/L
Total			5124,5332		1,000	1,4962	kg/L
						1496,1645	kg/m ³
						93,4026	lbm/ft ³

- Rotary Kiln Merupakan Tempat berlangsungnya Reaksi Aktivasi Karbon dengan KOH

- Waktu Reaksi = 4 jam
= 240 menit

- Konversi Reaksi = 93%
Massa umpan = 4280,9661 kg/jam
$$\frac{4280,9661}{1000}$$

= 4,2810 ton/jam

- Faktor Keamanan (15%) = massa umpan x 1,15
= 4,2810 x 1,15
= 4,9231 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
= 4,9231 ton/jam x 24jam
= 118,1547 ton/hari

- Laju Alir Volumetris = $\frac{\text{Massa Umpan}}{\text{total } X,\rho \text{ (kg/L)}}$
$$\frac{4.923,1110 \text{ kg/jam}}{1,4962 \text{ (kg/L)}}$$

= 3.290,4878 L/jam

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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)

$$V = \frac{58,8415 \times 0,93}{0,0554 \times 0,93}$$

V = 1.3161,9513 Liter

$$V = \frac{1.3161,9513}{1000}$$

V = 13,1620 m³

Volume Reaktor *Over Design* (20%) = Volume Real x (100% + 20%)
 = 13,1620 m³ x 1,2
 = 15,7943 m³

- 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 = $\pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 10D$
 15,7943 = $3,14 \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 10D$
 20,1202 = 10D³
 D = 1,2624 meter
- L = 10D
 L = 10 x 1,2624 meter
 L = 12,6244 meter

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

Kapasitas Maksimum = 135 ton/hari
= 5,6250 ton/jam

Diameter *Kiln* = 7 ft
= 1,8288 m

Panjang *Kiln* = 70 ft

TABLE 12-20 Typical Rotary-Kiln Installations 21,336 m

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	33
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 :

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

Dimana :

A = Luas Penampang *Rotary Kiln*, m²

D = Diameter *Rotary Kiln*, m

Luas Penampang (A) = $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,8288^2$

Luas Penampang (A) = 2,6254 m²

2. Menghitung tinggi bahan dalam *Rotary Kiln*

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

$$\text{Laju alir volumetri (Fvo)} = \frac{\text{Laju Alir Volumetris}}{1000}$$

$$= \frac{3.290,48}{78}$$

$$= 42,198$$

$$\begin{aligned}
 &= 3,2905 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Volume Bahan} &= \frac{\text{massa umpan}}{\rho \text{ campuran}} \\
 &= \frac{4.280,9661}{1.496,1645} \\
 &= 2,8613 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi bahan} &= \frac{\text{Volume bahan}}{\pi \times \frac{D^2}{4}} \\
 \text{Tinggi Bahan dalam RK} &= \frac{2,8613}{1,8288^2} \\
 &= 3,14 \times \frac{\text{---}}{4}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi Bahan dalam RK} = 1,0898 \text{ m}$$

3. Menghitung tekanan desain di dalam *Rotary Kiln*

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan Operasi} &= 1 \text{ atm} \\
 &= 101,325 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan Hidrostatik} &= 1.496,1645 \times 9,81 \times 1,0898 \\
 &= 15.995,9011 \text{ Pa} \\
 &= \frac{15.995,9011}{1000} \\
 &= 15,9959 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

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

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

$$\text{Tekanan Desain} = 101,325 + 15,9959$$

$$\text{Tekanan Desain} = 117,3209 \text{ kPa}$$

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

$$\text{Tekanan Desain Aktual} = 117,3209 + (117,3209 + 10)$$

$$\text{Tekanan Desain Aktual} = 129,0530 \text{ kPa}$$

(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) = 129,0530 kPa

$$= \frac{129,0530}{6,895}$$

 = 18,7169 psi

Diameter *rotary kiln* = 1,8288 m
 = 72 in

Tensile Strenght (f) = 18,75 psi

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

$$T = \frac{18,7169 \times 72}{18.750 \times 2}$$

$$T = 0,0359 \text{ in}$$

$$T = 0,0009 \text{ m}$$

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	Longitudinal joints not over 1¼ in. thick.	80	No	Yes	85
Single-welded butt joint with backing strip	No thickness limitation on circumferential joints.		Yes	No	90
			Yes	Yes	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) = 18,7169 psi
- Jari-jari dalam (r_i) = $\frac{\text{diameter alat}}{2}$

$$= \frac{1,8288}{2}$$

$$= 0,9144 \text{ m}$$

$$= 36 \text{ in}$$
- Efisiensi *Welding* (E) = 85 % (*single welded*)
- *Tensile strength* (f) = 18750 psi
- $C = 0,015 \text{ in} = 0,37/25 \text{ tahun}$
- $T_s = \frac{18,7169 \times 36}{18,75 \times 0,85 - (0,6 \times 18,7169)} + 0,015$

$$= 0,4173 \text{ in}$$

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

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

$$D_o = 1,8288 + (2 \times 0,0127)$$

$$D_o = 1,8542 \text{ m}$$

$$D_o = 6,0833 \text{ ft}$$

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 *pheriperial* (V_p) = 40 ft/min

Menghitung kecepatan putar *Rotary Kiln*

$$N = \frac{V_p}{\pi \times D}$$
$$= \frac{40}{\pi \times 6,0833}$$

$$= \frac{40}{3,14 \times 6,0833}$$

$$= 2,0940 \text{ rpm}$$

= 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

$$S = \frac{0,19 \times 70}{2 \times 6/240}$$

$$S = 0,0046 \text{ ft/ft}$$

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, °F*	Emissivity*
Plaster, rough lime.....	50–190	0.91
Porcelain, glazed.....	72	0.92±
Quartz, rough, fused.....	70	0.932
Refractory materials, 40 different.....	1110–1830	$\left[\begin{array}{l} 0.65 \\ 0.70 \\ 0.80 \\ 0.85 \end{array} \right] \left\{ \begin{array}{l} 0.75 \\ 0.85 \\ 0.90 \end{array} \right.$
Poor radiators.....		
Good radiators.....		
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 :

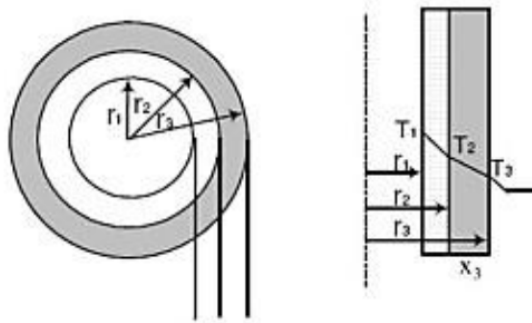
$$K1 = 12,4 \text{ Btu/h.ft}^2\text{.F/ft} = 0,144 \text{ W/m.K}$$

$$\text{Emissivity} = 0,85$$

(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 :

Q1 = Perpindahan panas konveksi dari fluida dalam reaktor ke dinding *shell*

Q2 = Perpindahan panas konveksi dari dinding *shell* dalam dinding *shell* luar

Q3 = Perpindahan panas konveksi dari dinding *shell* luar ke isolator

Q4 = Perpindahan panas dari isolator ke lingkungan

R1 = Jari jari 1 dari tengah ruang *kiln* ke dinding dalam *shell*

R2 = Jari jari 2 dari tengah ruang *kiln* ke dinding luar *shell*

R3 = Jari jari 3 dari tengah ruang *kiln* ke dinding luar isolator

T1 = Suhu selimut bagian dalam

T2 = Suhu selimut bagian luar

T3 = Suhu selimut bagian luar isolator

K1 = Konstanta perpindahan panas selimut *kiln*

K2 = 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 :

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

$$R1 = \frac{1,8288}{2}$$

$$R1 = 0,9144 \text{ m}$$

Menghitung nilai R2 :

$$R2 = 0,9144 \text{ m} + 0,0127 \text{ m}$$

$$R2 = 0,9271 \text{ m}$$

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/m^2)
= 400 W/m^2
- 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 ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)
- σ = Konstanta Boltzman ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)

- T_3 = Suhu isolator bagian Luar (K)
- T lingkungan = Suhu lingkungan (K) = 303,15 K
- $T_3 = 344,74$ K
 $T_3 = 344,74 - 273,15$
 $T_3 = 71,59$ °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)

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

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

Disubstitusikan menjadi sebagai berikut :

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

Dimana :

- E = Emisivitas isolator
- sigma = Konstanta Boltzman (W/m².K⁴)
- T_3 = 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 konstanta 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 Prandlt

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

(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)

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

T3

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

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

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

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

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

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

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 prandtl dikali nilai bilangan grashof lebih besar dari 10^9 maka koefisien perpindahan panas konveksi isolator ke lingkungan dihitung dengan persamaan :

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

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

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

12. Mengitung panas yang hilang ke Lingkungan (Q4)

$$Q = h_a A \Delta T$$

$$h_a = hr + hc$$

dari persamaan di atas, nilai Q4 dapat di cari dengan persamaan berikut

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

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

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

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

$$Q_4 \times r_3 = 60.676,94 \times 1,17$$

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

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)

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

$$60.676,40 \cdot r^3 = \frac{(1199,82 - 43,07 \cdot r^3) - 344,74}{6,96 \cdot r^3} (r^3 - 0,92)$$

$$\frac{60.676,94}{(6,96)} (r^3 - 0,92) = (855,08 - 43,07 \cdot r^3)$$

$$8.708,5868 (r^3 - 0,92) = (855,08 - 43,07 \cdot r^3)$$

$$8.708,5868 r^3 - (8.073,7308) = (855,08 - 43,07 \cdot r^3)$$

$$8.708,5868 + 43,07 r^3 = 855,08 + 8.708,58$$

$$8.751,6659 r^3 = 8.928,8109$$

$$R^3 = \frac{8.928,8109}{8.751,6659}$$

$$R^3 = 0,0931 \text{ meter}$$

15. Menentukan Jumlah *flight Rotary Kiln*

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

Diameter *Rotary Kiln* = 1,8288 m

Maka jumlah *flight* = 8 buah Tinggi

flight berkisar $1/12 - 1/8 D$

Diambil $1/8 D$

Maka tinggi *flight* = $1/8 \times 1,8288$

Tinggi *flight* = 0,2286 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 =
$$= \pi \times r_1^2 \times L$$
$$= 3,14 \times 0,9144^2 \times 21,3360$$
$$= 56,0164 \text{ m}^3$$
- Volume Ruang + Selimut *Kiln* =
$$= \pi \times r_2^2 \times L$$
$$= 3,14 \times 0,9271^2 \times 21,3360$$
$$= 57,5832 \text{ m}^3$$
- Volume Selimut *Kiln* =
$$= \text{Volume Ruang dan Selimut} - \text{Volume Ruang}$$
$$= 57,5832 - 56,0164$$
$$= 1,5668 \text{ m}^3$$
- Densitas *Stainless Steel* =
$$= 8 \text{ g/cm}^3$$
$$= 8000 \text{ kg/m}^3$$
- Massa Selimut Kiln =
$$= \text{Volume Selimut} \times \text{Densitas Bahan}$$
$$= 1,5668 \times 8000$$
$$= 12.534,5308 \text{ kg}$$
- Volume 2 Tutup =
$$= \pi \times r_2^2 \times t_s$$
$$= 3,14 \times 0,9271^2 \times 0,4173$$
$$= 1,1263 \text{ m}^3$$
- Massa Tutup Kiln =
$$= \text{Volume Tutup} \times \text{Densitas Bahan}$$
$$= 1,1263 \times 8000$$
$$= 9.010,0973 \text{ kg}$$

- Volume Isolator *Kiln* =
 $= \pi \times r^2 \times L$
 $= 3,14 \times 1,0202^2 \times 21,3360$
 $= 69,7346 \text{ m}^3$
 $= \text{Volume Isolator } Kiln - (\text{Volume Ruang} + \text{Selimut Kiln})$
 $= 69,7346 - 57,5832$
 $= 12,1514 \text{ m}^3$
- Massa Isolator =
 $= \text{Volume Isolator} \times \text{Densitas Bahan}$
 $= 12,1514 \times 8000$
 $= 2.551,7979 \text{ kg}$
- Massa Beban Total Alat =
 $= \text{Massa Isolator} + \text{Massa Tutup } Kiln + \text{Massa Selimut } Kiln$
 $= 2.551,7979 + 9.010,0973 + 12.534,5308$
 $= 24.096,4260 \text{ kg}$
- 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
 $= 17.123,8643 \text{ kg}$
 $\text{Massa Bahan Total} \times 2,20462$
 $= 37.751,6137 \text{ lb}$
- Massa beban total = Massa Bahan Total + Massa Alat Total
 $= 37.751,6137 + 17.123,8643$
 $= 41.220,2903 \text{ kg}$
 $= 90.875,0764 \text{ lb}$

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

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

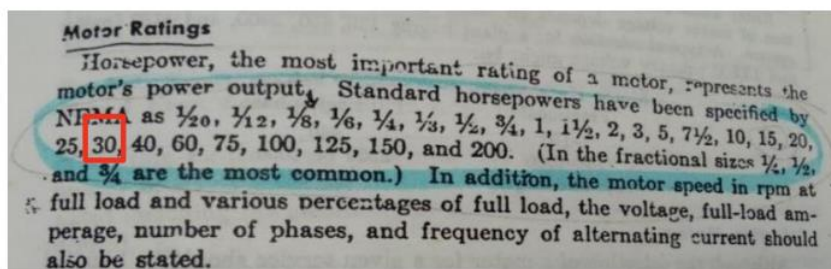
- $$\text{Bhp} = \frac{N (4.75dw + 0.1925DW + 0.33W)}{100000}$$

$$\text{Bhp} = \frac{2,094 (4,75 \times 6 \times 37.751,6137 + 0,1925 \times 8 \times 90.875,0764 \times 0,33 \times 90.875,0764)}{100000}$$

$$= 26,0890$$

$$= 26,0890 \times 0,75$$

$$= 19,5667 \text{ kW}$$
- Digunakan standar 30 Hp



LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI PRARANCANGAN

Nama Mahasiswa 1: Prajati Arum Siwi

No. Mahasiswa 1: 19521203

Nama Mahasiswa 2: Dinda Callista Lestari

No. Mahasiswa 2: 19521205

Judul Prarancangan: **PRARANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF DARI AMPAS KOPI DENGAN KAPASITAS 6.000 TON/TAHUN**

Mulai Masa Bimbingan: 10 Oktober 2022

Selesai Masa Bimbingan: 6 November 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	10 Oktober 2022	Penentuan Judul Pabrik	
2	21 Oktober 2022	Diskusi Pengerjaan Pabrik	
3	6 November 2022	Diskusi Kapasitas Pabrik	
4	9 Juni 2023	<i>Progress</i> Nilai Kinetika	
5	19 Juni 2023	<i>Progress</i> Spesifikasi Produk	
6	8 Agustus 2023	Perhitungan Neraca Massa	

7	11 September 2023	Perhitungan Neraca Panas dan Alat	
8	19 September 2023	Perhitungan Reaktor dan Lokasi Pabrik	
9	5 Oktober 2023	Diskusi PEFD dan Tata Letak	
10	23 Oktober 2023	Revisi PEFD	
11	26 Oktober 2023	Revisi Alat Penukar Panas dan Alat Pemisah	
12	1 November 2023	Diskusi Perhitungan Alat Penukar Panas dan Alat Pemisah yang Baru	
13	6 November 2023	Evaluasi Ekonomi	

Dosen Pembimbing



Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T., M.Eng.