

**PRARANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF
KAPASITAS 3.000 TON/TAHUN**

TUGAS AKHIR



Oleh :

Dikha Indra Pramesti Cahya Utami

19130244D

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SETIA BUDI

SURAKARTA

2018

LEMBAR PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

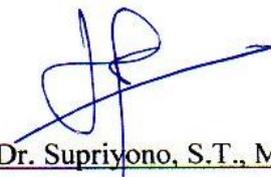
**PRARANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF
KAPASITAS 3.000 TON/TAHUN**

Oleh :

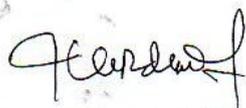
**Dikha Indra Pramesti Cahya Utami
19130244D**

Telah disetujui oleh Pembimbing
pada tanggal 6 Juli 2018

Pembimbing I


Dr. Supriyono, S.T., M.T.
NIS.01.95.019

Pembimbing II


Ir. Sumardiyono, M.T.
NIS.01.94.015

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1 Teknik Kimia


Dewi Astuti H., S.T., M.Eng.
NIS.01.96.023

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PRARANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF

KAPASITAS 3.000 TON/TAHUN

Oleh :

Dikha Indra Pramesti Cahya Utami

19130244D

Telah dipertahankan di depan penguji

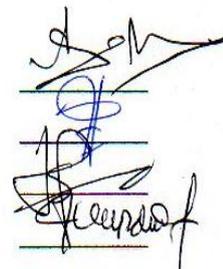
pada tanggal 11 Juli 2018

Penguji I : Dewi Astuti H., S.T., M. Eng.

Penguji II : Gregorius Prima I. B., S.T., M.Eng.

Penguji III : Dr. Supriyono, S.T., M.T.

Penguji IV : Ir. Sumardiyono, M.T.



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Setia Budi Surakarta



Petrus Darmawan, S.T., M. T.

NIS.01.99.038

Ketua Program Studi
S1 Teknik Kimia



Dewi Astuti H., S.T., M. Eng.

NIS.01.96.023

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Serahkanlah hidupmu kepada Tuhan dan percayalah kepada-Nya, dan Ia akan bertindak; – Mazmur 37:5

Segala perkara dapat kutanggung di dalam Dia yang memberi kekuatan kepadaku. – Filipi 4:13

Aku tahu, bahwa Engkau sanggup melakukan segala sesuatu, dan tidak ada rencana-Mu yang gagal. – Ayub 42:2

Serahkanlah perbuatanmu kepada Tuhan, maka terlaksanalah segala rencanamu. – Amsal 16:3

Sebab Aku ini mengetahui rancangan-rancangan apa yang ada pada-Ku mengenai kamu, demikianlah firman TUHAN, yaitu rancangan damai sejahtera dan bukan rancangan kecelakaan, untuk memberikan kepadamu hari depan yang penuh harapan. – Yeremia 29:11

Banyaklah rancangan di hati manusia, tetapi keputusan Tuhan-lah yang terlaksana. – Amsal 19:21

Janganlah hendaknya kamu kuatir tentang apa pun juga, tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur. – Filipi 4:6

Karena masa depan sungguh ada, dan harapanmu tidak akan hilang. – Amsal 28:13

Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk ...

Tuhan Yesus

Puji Tuhan, terimakasih Dikha naikkan kepadaMu ya Tuhan, untuk penyertaanMu, bimbinganMu, hikmatMu, berkatMu di setiap langkah demi langkah dalam Dikha mengerjakan Tugas Akhir ini. BersamaMu aku mampu melewati semua ini ya Tuhan, Dikha bersyukur Engkau Allah yang sangat baik. Engkau memberkati setiap orang yang terlibat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Keluargaku

Terimakasih Dikha ucapkan terutama kepada Mamah dan Mbahti untuk setiap cinta dan kasih sayang dalam merawat Dikha dari kecil hingga sekarang ini. Untuk setiap keringat dan jerih payah yang tercurah untuk membiayai Dikha mencapai mimpi-mimpi Dikha. Dikha bersyukur, Tuhan Yesus memberkati dan memberikan umur panjang untuk Mamah dan Mbahti. Amin.

PPA IO – 994

Tugas Akhir ini Dikha persembahkan juga untuk PPA IO – 994 yang sudah banyak membantu Dikha dalam banyak hal baik materiil maupun spiritual. Terimakasih juga untuk para staff dan mentor yang sudah banyak membimbing dan memotivasi Dikha.

Mas Wahyu hayu hayu

Terimakasih Dikha ucapkan untuk setiap motivasi, materiil yang diberikan, dari Dikha penelitian hingga sekarang ini. Terimakasih untuk kesabaran menunggu kelulusannya Dikha, dan akhirnya Dikha lulus juga. Kiranya Tuhan mengukur apa yang sudah mas Wahyu tabur. Amin.

Mas Brian

Kakak tingkat yang banyak banget membantu Dikha dari mengerjakan awal hitungan sampai revisian setelah sidang. Yang menjadi teman diskusi setiap hari, yang menjadi pembimbing ketika pembimbing aslinya sibuk. Terimakasih sudah membantu Dikha sampai tugas akhir ini selesai. Tanpa bantuanmu, penderitaan ini pasti belum berakhir.

Karawitan Sak Deg Sak Nyet – Teknik Kimia angkatan 2013

Terimakasih kawanku selama hampir lima tahun ini sudah banyak memberi keseruan dan warna dalam kebosananku. Terimakasih untuk kang Bey yang sudah memberi pelajaran banyak hal sehingga Dikha akhirnya bisa bertahan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Tugas Akhir ini untuk kalian kawan, keluargaku yang kedua, terimakasih buat kenangan indah selama ini. Aku mengasihi kalian semua.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, karena atas hikmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Prarancangan Pabrik Karbon Aktif Kapasitas 3.000 Ton/Tahun”**. Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana S1 Teknik Kimia di Universitas Setia Budi Surakarta. Penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak baik secara moril maupun secara materiil. Oleh karena itu, penulis sangat berterima kasih khususnya kepada :

1. Bapak Dr. Djoni Tarigan MBA, selaku Rektor Universitas Setia Budi Surakarta.
2. Bapak Petrus Darmawan, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta.
3. Ibu Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta.
4. Bapak Dr. Supriyono, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan saran dalam penyusunan Tugas Akhir.
5. Bapak Ir. Sumardiyono, M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan saran dalam penyusunan Tugas Akhir.
6. Ibu Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng., selaku penguji I yang telah memberikan saran dalam Tugas Akhir ini.
7. Mas Gregorius Prima I.B., S.T., M.Eng., selaku penguji II yang telah memberikan saran dalam Tugas Akhir ini.
8. Semua yang terlibat yang mendukung dan memberi semangat dalam seluruh proses Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir dapat dijadikan manfaat untuk Tugas Akhir berikutnya. Tuhan Yesus memberkati.

Surakarta, Juli 2018

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
INTISARI.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik	1
1.2 Kapasitas Rancangan Pabrik	3
1.2.1 Proyeksi Kebutuhan Pabrik Karbon Aktif di Indonesia.....	3
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku	6
1.2.3 Kapasitas Produksi Minimal	8
1.3 Lokasi Pendirian Pabrik	9
1.4 Pemilihan Proses	10
1.4.1 Karbonisasi.....	11
1.4.2 Aktifasi.....	11
1.5 Tinjauan Pustaka	14
1.5.1 Sifat Fisis Dan Kimia Bahan Baku Dan Produk.....	14
1.5.2 Proses Pembuatan yang Dipilih	21
BAB II SPESIFIKASI BAHAN	
2.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	25
2.2 Spesifikasi Bahan Pendukung	25
2.3 Spesifikasi Produk.....	26
BAB III DESKRIPSI PROSES	
3.1 Diagram Alir Proses Kualitatif.....	27
3.2 Diagram Alir Proses Kuantitatif.....	28

3.3 Keterangan Proses.....	29
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	
4.1 Neraca Massa	31
4.1.1 Rotary Kiln.....	31
4.1.2 Rotary Calciner	32
4.1.3 Vibrating Screen.....	32
4.1.4 Rotary Steam Tube Dryer	33
4.1.5 Silo Bahan Baku.....	33
4.1.6 Cooling Screw Conveyor	34
4.1.7 Ball Mill	34
4.1.8 Vibrating Screen.....	35
4.1.9 Silo Produk.....	35
4.1.10 Neraca Massa Total.....	36
4.2 Neraca Panas	37
4.2.1 Rotary Steam Tube Dryer	38
4.2.2 Vibrating Screen.....	39
4.2.3 Rotary Calciner	39
4.2.4 Rotary Kiln.....	40
4.2.5 Colling Screw Conveyor	40
4.2.6 Ball Mill	41
4.2.7 Vibrating Screen.....	41
BAB V SPESIFIKASI ALAT	
5.1 Loading Ramp (F – 111).....	42
5.2 Belt Conveyor (J – 112).....	42
5.3 Bucket Elevator (J – 113).....	43
5.4 Silo (F – 110)	44
5.5 Belt Conveyor (J – 121)	44
5.6 Rotary Dryer (B – 120)	45
5.7 Screw Conveyor (J – 131).....	46
5.8 Screen (S – 132).....	46
5.9 Screw Conveyor (J – 133).....	47

5.10 Rotary Calciner (B – 130)	48
5.11 Screw Conveyor (J – 211).....	48
5.12 Rotary Kiln (B – 210)	49
5.13 Cooling Screw Conveyor (J – 310).....	50
5.14 Bucket Elevator (J – 321).....	51
5.15 Ball Mill (C – 320).....	52
5.16 Belt Conveyor (J – 331)	53
5.17 Screen (S – 330).....	53
5.18 Bucket Elevator (J – 322).....	54
5.19 Bucket Elevator (J – 341).....	55
5.20 Silo (F – 340)	55
5.21 Belt Conveyor (J – 342)	56
BAB VI UTILITAS	
6.1 Unit Penyediaan Proses.....	58
6.1.1 Unit Penyediaan Air.....	58
6.1.2 Unit Penyediaan <i>Steam</i>	70
6.1.3 Unit Pembangkit Tenaga Listrik	70
6.1.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar	72
6.1.5 Unit Penyediaan Udara Tekan	73
6.1.6 Unit Pengolahan Limbah.....	73
6.2 Spesifikasi Alat Utilitas.....	74
6.3 Laboratorium.....	85
6.4 Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	87
6.4.1 Instrumentasi	88
6.4.2 Keselamatan Kerja Secara Umum	89
6.4.3 Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).....	92
6.4.4 Sifat dan Bahaya	93
BAB VII ORGANISASI DAN TATA LETAK	
7.1 Bentuk Badan Hukum Perusahaan.....	98
7.2 Struktur Organisasi.....	99
7.2.1 Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).....	99

7.2.2 Dewan Komisaris	100
7.2.3 Dewan Direksi.....	100
7.2.4 Staff Ahli.....	100
7.2.5 Direktur	101
7.2.6 Manajer Produksi dan Teknik	103
7.2.7 Manajer Pemasaran dan Distribusi.....	103
7.2.8 Manajer Keuangan	104
7.2.9 Manajer Personalia dan Umum.....	104
7.2.10 Sekretaris.....	105
7.2.11 Kepala Seksi.....	105
7.3 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji.....	107
7.3.1 Sistem Kepegawaian	107
7.3.2 Sistem Gaji.....	107
7.3.3 Pembagian Jam Kerja Karyawan	110
7.4 Kesejahteraan Karyawan.....	111
7.5 Manajemen Produksi.....	112
7.5.1 Perencanaan Produksi	113
7.5.2 Pengendalian Proses.....	114
7.6 Tata Letak Pabrik	115
7.7 Tata Letak Alat Proses	118
BAB VIII EVALUASI EKONOMI	
8.1 Perhitungan Biaya	124
8.1.1 Investasi Modal (<i>Capital Investment</i>)	124
8.1.2 Biaya Produksi (<i>Manufacturing Cost</i>)	124
8.1.3 Pengeluaran Umum (<i>General Expenses</i>)	125
8.1.4 Analisis Kelayakan	125
8.2 Total <i>Fixed Capital Investment</i>	126
8.3 <i>Working Capital</i>	126
8.4 <i>Manufacturing Cost</i>	127
8.5 <i>General Expenses</i>	128
8.6 Analisa Ekonomi.....	128

8.6.1 <i>Return On Investment (ROI)</i>	128
8.6.2 <i>Pay Out Time (POT)</i>	129
8.6.3 <i>Break Even Point (BEP)</i>	129
8.6.4 <i>Shut Down Point (SDP)</i>	130
BAB IX KESIMPULAN	131
DAFTAR PUSTAKA	133
LAMPIRAN.....	135

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Impor Indonesia Terhadap Karbon Aktif	3
Tabel 1.2 Data Kebutuhan Ekspor Karbon Aktif di Indonesia	4
Tabel 1.3 Daftar Pabrik Produsen Karbon Aktif di Indonesia	5
Tabel 1.4 Seleksi Proses Pengaktifan	13
Tabel 1.5 Harga Konstanta Reaksi	22
Tabel 2.1 Spesifikasi Karbon Aktif Menurut SNI 06-3730-95	26
Tabel 4.1 Komposisi Karbon Aktif	31
Tabel 4.2 Neraca Massa Sekitar Rotary Kiln	31
Tabel 4.3 Neraca Massa Sekitar Rotary Calciner	32
Tabel 4.4 Neraca Massa Sekitar Vibrating Screen	32
Tabel 4.5 Neraca Massa Sekitar Rotary Steam Tube Dryer	33
Tabel 4.6 Neraca Massa Sekitar Silo Bahan Baku	33
Tabel 4.7 Neraca Massa Sekitar Cooling Screw Conveyor	34
Tabel 4.8 Neraca Massa Sekitar Ball Mill	34
Tabel 4.9 Neraca Massa Sekitar Vibrating Screen	35
Tabel 4.10 Neraca Massa Sekitar Silo Produk	35
Tabel 4.11 Neraca Massa Total	36
Tabel 4.12 Neraca Panas Sekitar Rotary Steam Tube Dryer	38
Tabel 4.13 Neraca Panas Sekitar Vibrating screen	39
Tabel 4.14 Neraca Panas Sekitar Rotary Calciner	39
Tabel 4.15 Neraca Panas Sekitar Rotary Kiln	40
Tabel 4.16 Neraca Panas Sekitar Cooling Screw Conveyor	40
Tabel 4.17 Neraca Panas Sekitar Ball Mill	41
Tabel 4.18 Neraca Panas Sekitar Vibrating Screen	41
Tabel 6.1 Air Pendingin	60
Tabel 6.2 Kebutuhan <i>Steam</i>	63
Tabel 6.3 Kebutuhan Air Pabrik	63
Tabel 6.4 Konsumsi Tenaga Listrik Keperluan Proses	70
Tabel 6.5 Konsumsi Listrik Keperluan Utilitas	71

Tabel 7.1 Daftar Golongan dan Gaji Karyawan.....	108
Tabel 7.2 Pembagian <i>Shift</i> Karyawan	111
Tabel 7.3 Luas Bangunan Pabrik	117
Tabel 8.1 <i>Cost Index Chemical Plant</i>	123
Tabel 8.2 <i>Total Fixed Capital Investment</i>	126
Tabel 8.3 <i>Manufacturing Cost</i>	127
Tabel 8.4 <i>General Expenses</i>	128
Tabel 8.5 Data Perhitungan <i>Break Even Point</i>	129
Tabel 9.1 Analisis Kelayakan Ekonomi	131

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Data Impor Indonesia Terhadap Karbon Aktif.....	4
Gambar 1.2 Grafik Data Ekspor Karbon Aktif di Indonesia	5
Gambar 1.3 Grafik Produksi Kayu Gergajian di Indonesia	6
Gambar 1.4 Grafik Produksi Limbah Gergaji di Indonesia	6
Gambar 1.5 Grafik Produksi Karbon Aktif di Indonesia	8
Gambar 1.6 Peta Lokasi Desa Pegantungan, Badau Belitung	10
Gambar 1.7 Penampang Karbon Aktif.....	19
Gambar 1.8 Tempat Terjadinya Adsorpsi	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Kualitatif.....	27
Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Kuantitatif.....	28
Gambar 6.1 Diagram Pengolahan Air	69
Gambar 7.1 Struktur Organisasi.....	106
Gambar 7.2 Tata Letak Pabrik	118
Gambar 7.3 Tata Letak Alat Proses	121
Gambar 8.1 Grafik Hubungan Tahun dengan <i>Cost Index</i>	123

INTISARI

Prarancangan pabrik karbon aktif direncanakan akan didirikan pada tahun 2025 yang berlokasi di Badau Belitung yang berdekatan dengan pabrik kayu lapis PT. Billiton Plywod sebagai penyedia bahan baku. Pabrik ini beroperasi 330 hari/tahun dengan kapasitas 3.000 ton/tahun, dengan pertimbangan mengurangi impor untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Prarancangan pabrik karbon aktif dilakukan dengan mereaksikan karbon sebesar 284,2245 kg/jam dan *steam* sebesar 5,2695 kg/jam dalam reaktor Rotary Kiln yang dilengkapi dengan *refractory* dan pada kondisi tekanan 1 atm dan suhu 700°C. Reaksi berlangsung secara *endotermis* (memerlukan panas), *irreversible*, dan *non adiabatic*. Untuk menunjang proses produksi, maka didirikan unit pendukung yaitu unit penyedia air sebesar 4.669,3153 kg/jam. Kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan 1 generator 2000 kW, bahan bakar solar untuk generator sebanyak 0,2059 m³/jam, dan udara tekan sebesar 50 m³/jam.

Dari analisa ekonomi yang dilakukan terhadap pabrik ini dengan modal tetap (FCI) Rp 43.399.882.313,41 dan modal kerja (*working capital*) Rp 7.658.802.761,19. Keuntungan sebelum pajak Rp 20.304.932.661,06 per tahun, setelah dipotong pajak sebesar 30% keuntungan mencapai Rp 14.213.452.862,74 per tahun. *Return On Investment* (ROI) sebelum pajak 39,77% dan setelah pajak 27,84%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 1,76 tahun dan setelah pajak 2,34 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 43,41% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 27%. Dari data analisis kelayakan di atas, dapat disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak didirikan.

Kata kunci : serbuk gergaji, karbon aktif, reaktor rotary kiln

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Seiring dengan perkembangan industri, kebutuhan karbon aktif juga semakin meningkat, baik untuk kebutuhan ekspor maupun domestik. Pada berbagai industri yang berkembang di Indonesia, sering muncul masalah yang berkaitan dengan pemurnian gas, seperti gas beracun, bau busuk, asap pada industri gas, pengolahan LNG, bau pada industri obat dan makanan, warna dan rasa yang tidak enak pada industri minuman, serta adanya polutan pada industri pengolahan air. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan industri di atas adalah dengan proses adsorpsi. Hal yang paling penting dalam proses adsorpsi adalah pemilihan jenis adsorben yang baik yaitu karbon aktif. Sebagian besar kebutuhan karbon aktif di Indonesia masih diimpor, karena mutu karbon aktif domestik masih rendah, sehingga perlu adanya pembangunan industri karbon aktif yang dapat menghasilkan karbon aktif berkualitas tinggi serta mengurangi jumlah impor di Indonesia.

Karbon aktif merupakan senyawa karbon amorph, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300 m²/gram – 3500 m²/gram yang berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25% – 1000% terhadap berat karbon aktif. Karbon aktif dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon (Sembiring dan Sinaga, 2003).

Selain berfungsi sebagai adsorben, karbon aktif juga dapat digunakan untuk penyimpanan gas (*gas adsorptive storage*), seperti *storage gas* hidrogen dan metana yang luas permukaannya menjadi lebih diutamakan (Sudibandriyo, 2003). Perkembangan teknologi dan industri juga mendorong

peluang yang cukup besar terhadap karbon aktif, karena karbon aktif merupakan suatu produk yang dihasilkan dari modifikasi karbonisasi yang sudah dikenal sejak Perang Dunia II dan mempunyai banyak kegunaan yaitu sebagai penyerap gas pada masker, *filter* pada rokok, penjernih air, industri makanan, industri kimia, industri gula, pengolahan limbah cair, dan lain sebagainya (Austin, 1984; Michael, 1995). Penggunaan karbon aktif terus berkembang hingga digunakan untuk menyerap gas-gas organik dari polutan gas pada bahan bangunan seperti gas aldehida dan heksan yang dikeluarkan dari cat dan perekat, karena gas-gas tersebut dapat menyebabkan penyakit alergi, paru-paru dan gangguan pada pernafasan (Asano, 1999).

Indonesia telah lama diketahui sebagai produsen arang ekspor di pasar dunia, tercatat Indonesia termasuk nomor satu dari lima negara pengeksport arang terbesar di dunia yaitu China, Malaysia, Afrika Selatan, dan Argentina. Pada tahun 2000, Indonesia mengeksport arang sebanyak 29.867.000 kg yang terdiri dari arang tempurung kelapa (15,96%), arang mangrove (22,31%), dan arang kayu (61,73%). Beberapa negara tujuan ekspor karbon aktif antara lain negara-negara Timur Tengah, Jepang, Australia, Amerika Serikat, dan negara-negara Eropa lainnya.

Selama ini, pengembangan pembuatan karbon aktif sudah dilakukan menggunakan batu bara (*bituminous coal*) dan material organik dengan kandungan karbon yang tinggi, seperti tempurung kelapa, serat kayu, dan limbah agrikultur seperti bambu (Mui *et al.*, 2010). Salah satu material yang dapat digunakan adalah serbuk gergaji. Serbuk gergaji merupakan bahan yang masih mengikat energi yang melimpah dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan karbon aktif.

Berdasar banyaknya manfaat dari karbon aktif tersebut, maka dapat dipastikan kebutuhan karbon aktif di tahun-tahun mendatang cenderung meningkat, namun sebagian masih bergantung dari impor luar negeri. Oleh karena itu, untuk memenuhi peningkatan kebutuhan karbon aktif, perlu adanya pendirian pabrik karbon aktif berbahan baku serbuk gergaji. Di Indonesia, terutama di daerah penghasil kayu gergajian, limbah serbuk gergaji terdapat dalam jumlah besar. Nilai ekonomi limbah serbuk gergaji dapat ditingkatkan dengan

memanfaatkannya sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Pendirian pabrik karbon aktif dengan bahan baku serbuk gergaji diharapkan dapat memperkecil tingkat impor negara Indonesia terhadap negara lain dalam bidang industri.

Selain hal di atas, sejak tahun 2003, Indonesia sudah masuk kawasan AFTA (*ASEAN Free Trade Area*), sehingga tidak ada lagi proteksi tarif atau bea masuk dari berbagai barang dan jasa yang melintasi batas hukum negara anggota AFTA. Hal ini berarti produk lokal kita mempunyai pangsa pasar yang lebih besar dan dapat menarik investor langsung. Oleh karena itu, pendirian pabrik karbon aktif sangatlah tepat, karena :

1. Mencukupi kebutuhan karbon aktif dalam negeri yang terus meningkat.
2. Memanfaatkan limbah industri penggergajian kayu agar bernilai ekonomi tinggi.
3. Ikut serta dalam kerjasama dengan negara lain melalui AFTA.
4. Membuka lapangan kerja baru di lingkungan industri sehingga dapat mengurangi pengangguran.
5. Melaksanakan kebijakan pemerintah dalam memasuki era industrialisasi.

1.2. Kapasitas Rancangan Pabrik

Kapasitas produksi pabrik mempengaruhi perhitungan ekonomis maupun teknis dalam suatu perancangan pabrik. Dalam menentukan kapasitas rancangan pabrik karbon aktif ini perlu mempertimbangkan beberapa hal sebagai berikut :

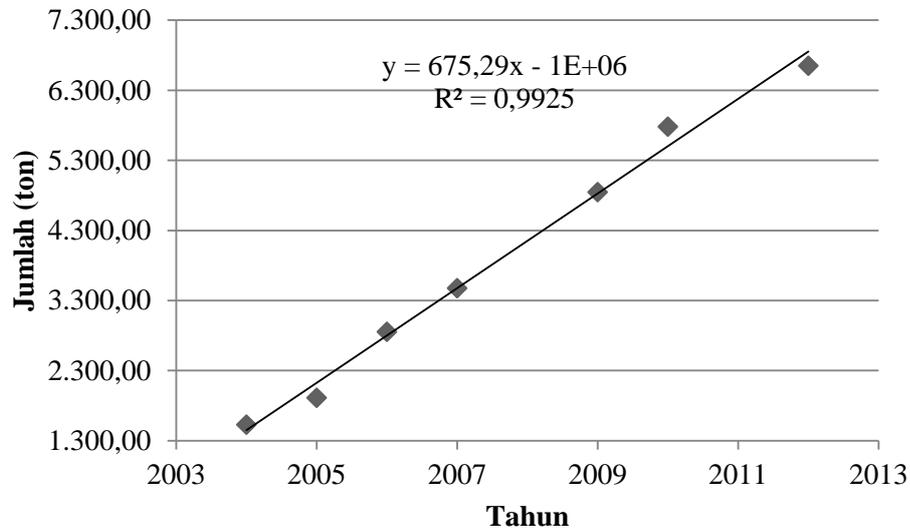
1. Proyeksi kebutuhan karbon aktif di Indonesia.
2. Kapasitas Produksi Minimal.
3. Ketersediaan bahan baku.

1.2.1. Proyeksi kebutuhan karbon aktif di Indonesia

Perkembangan impor karbon aktif di Indonesia selama periode 2004 dan 2012 adalah sebagai berikut :

Tabel 1.1 Data Impor Indonesia terhadap Karbon Aktif (BPS, 2016)

Tahun	Jumlah (ton)	Tahun	Jumlah (ton)
2004	1.528,03	2008	3.528,20
2005	1.910,27	2009	4.846,06
2006	2.850,76	2010	5.777,56
2007	3.474,25	2012	6.650,38



Gambar 1.1 Grafik Data Impor Indonesia terhadap Karbon Aktif

Kebutuhan impor karbon aktif di Indonesia pada tahun 2025 dapat diperkirakan dengan menggunakan pendekatan regresi linier :

$$y = 675,2x - 1.10^6$$

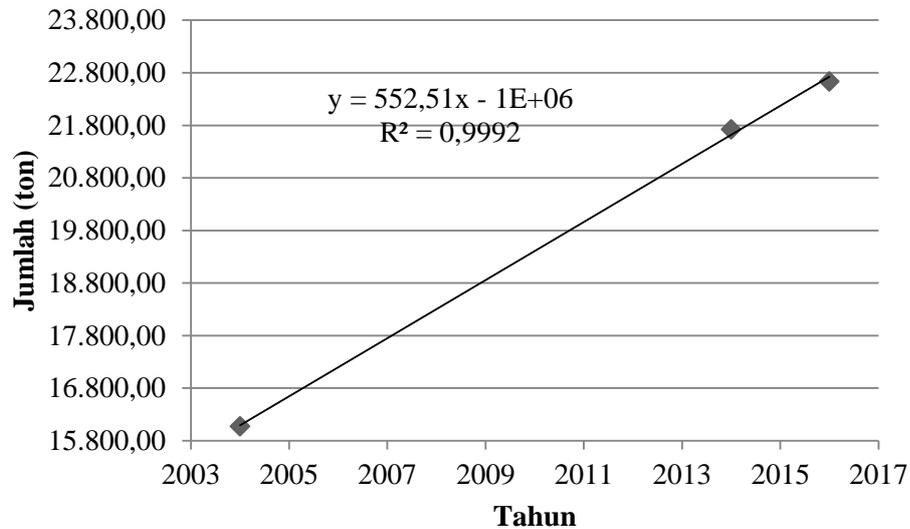
Y = jumlah kebutuhan karbon aktif (ton/tahun)

x = tahun

Hasil perhitungan menunjukkan kebutuhan impor pada tahun 2025 adalah sebesar 367.280 ton/tahun.

Tabel 1.2 Data Kebutuhan Ekspor Karbon Aktif Di Indonesia (BPS, 2016)

Tahun	Jumlah (ton)	Tahun	Jumlah (ton)
2004	12.436,62	2012	25.225,21
2006	76.324,91	2014	21.723,89
2008	21.652,27	2016	22.633,91
2010	25.712,89		



Gambar 1.2 Grafik Data Ekspor Karbon Aktif di Indonesia

Gambar 1.2 menunjukkan persamaan $y = 552,5x - 1.10^6$, sumbu y merupakan jumlah ekspor tahun x. Persamaan di atas dapat digunakan untuk memperkirakan ekspor karbon aktif tahun 2025. Perkiraan ekspor pada tahun 2025 sebesar 118.812,5 ton/tahun.

Tabel 1.3 Daftar Pabrik Produsen Karbon Aktif di Indonesia

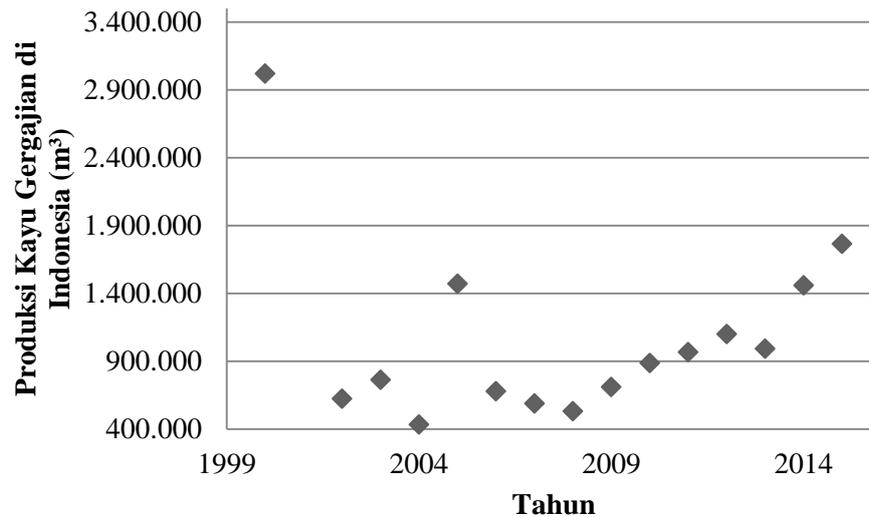
Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
PT Tridi Jaya	Sulawesi Selatan	2.400
PT Inhil Sarimas Kelapa	Jakarta	6.000
PT Karbon Niaga Indonesia	Jakarta	7.200
PT Pekan Cirebon	Pekanbaru	1.800
PT Eratechbudhi Sadhana Yukti	Subang	1.200
CV Insan Madani	Bandung	2.400
PT Shinamjaya Abadi	Pontianak	1.560
PT Intan Prima Karbon Industri	Jakarta	11.100
PT Indo Karbon Primajaya	Banten	3.000
Total		36.660

Kebutuhan konsumsi karbon aktif di Indonesia pada tahun 2025 dapat diperkirakan sebesar :

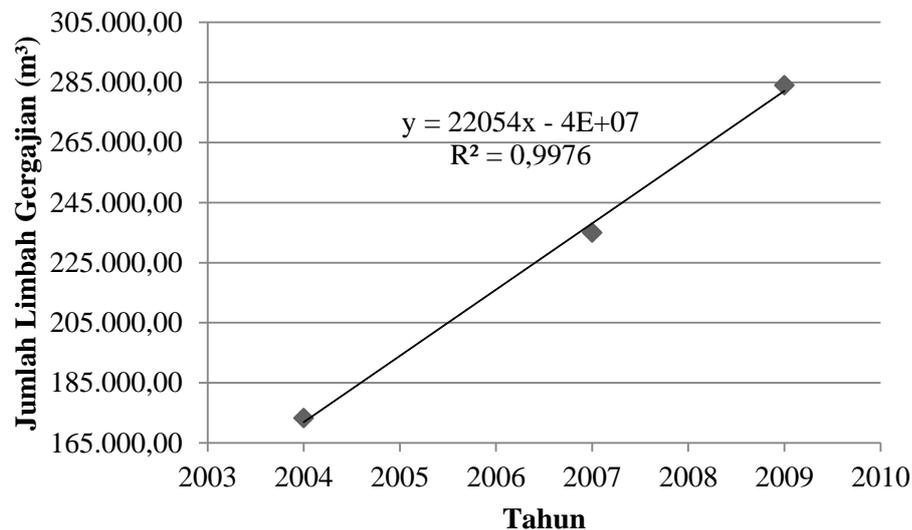
$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan konsumsi 2025} &= \text{produksi pabrik yang sudah ada} + \text{impor} - \text{ekspor} \\
 &= (36.660 + 367.280 - 118.812,5) \text{ ton/tahun} \\
 &= 285.127,5 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

1.2.2. Ketersediaan Bahan Baku

Kebutuhan manusia akan kayu sebagai bahan bangunan baik untuk keperluan konstruksi, dekorasi, maupun *furniture* terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Kebutuhan kayu gergajian untuk industri perkeruan di Indonesia tercatat sebagai berikut :



Gambar 1.3 Grafik Produksi Kayu Gergajian di Indonesia (BPS, 2015)



Gambar 1.4 Grafik Produksi Limbah Gergaji di Indonesia (BPS, 2015)

Berdasar persamaan di atas, produksi limbah industri kayu di Indonesia pada tahun 2025 sebesar 4.659.350 m³ dengan densitas 600 kg/m³, maka diperoleh 2.795.610 ton. Apabila dari kayu yang tersedia terdapat 20% yang menjadi limbah

serbuk gergaji, akan diperoleh potensi pembuatan karbon aktif pada tahun 2025 sebesar 559.122 ton/tahun (Badan Pusat Statistik, 2015).

Banyaknya kayu gergajian yang dibutuhkan berakibat limbah yang dihasilkan oleh industri penggergajian kayu yaitu serbuk gergaji juga semakin banyak. Industri mebel kayu merupakan salah satu industri yang banyak terdapat di Indonesia. Dalam menjalankan proses usaha tersebut, industri mebel menghasilkan limbah yang jarang sekali dimanfaatkan oleh mayoritas orang, yaitu serbuk gergaji. Balai Penelitian Hasil Hutan (BPPH) pada kilang penggergajian di Sumatera menunjukkan bahwa rendemen rata-rata industri penggergajian kayu adalah 50% – 60%, sebanyak 15% – 20% terdiri dari serbuk kayu gergajian.

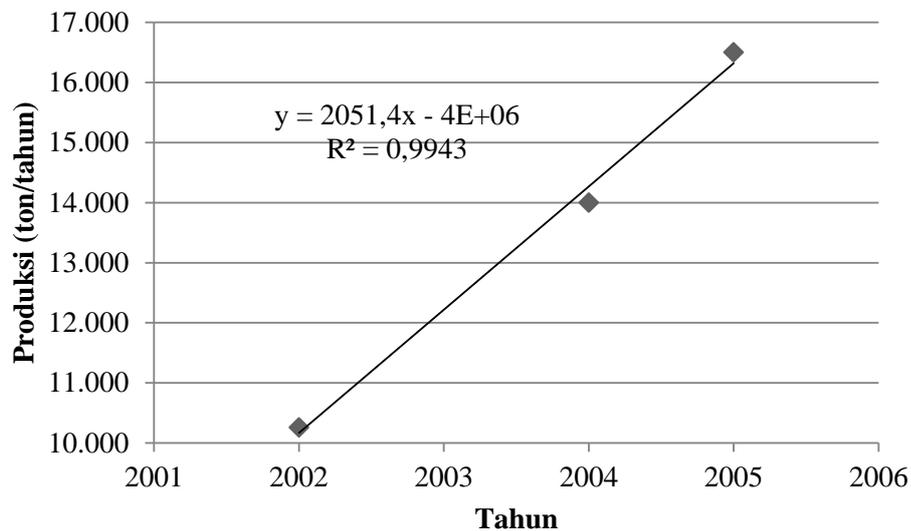
Pada industri besar dan terpadu, limbah serbuk kayu gergajian sudah dimanfaatkan menjadi briket arang dan dijual secara komersial. Namun untuk industri penggergajian kayu skala industri kecil yang jumlahnya mencapai ribuan unit dan tersebar di pedesaan, limbah tersebut belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu usaha untuk meningkatkan nilai tambah dari serbuk gergajian ini adalah sebagai bahan dasar karbon aktif.

Di Indonesia ada tiga macam industri kayu yang secara dominan mengkonsumsi kayu dalam jumlah besar, seperti industri penggergajian, vinil/kayu lapis, dan pulp/kertas. Limbah industri pengolahan kayu yang dihasilkan berupa potongan ujung, sebetan, sisa kupasan, tatal, dan serbuk gergajian. Pemenuhan bahan serbuk gergaji dapat diperoleh dari pabrik-pabrik penggergajian kayu tersebut, kayu yang biasa digunakan di industri penggergajian kayu Sumatera adalah kayu pinus.

Kayu pinus termasuk famili Pinaceae, penyebaran yang utama di Indonesia adalah di Sumatera, yaitu dari Sumatera Barat sampai dengan Aceh dan pada saat ini banyak ditanam sebagai salah satu jenis tanaman reboisasi. Berlimpahnya sumber bahan yang digunakan, mampu untuk menunjang proses pembuatan karbon aktif.

1.2.3. Kapasitas Produksi Minimal

Kapasitas pabrik karbon aktif yang sudah ada di Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut :



Gambar 1.5 Grafik Produksi Karbon Aktif di Indonesia (Deperindag, 2013)

Jumlah produksi karbon aktif pada tahun 2025 di Indonesia dapat diketahui dari hasil perhitungan $y = 2051,4x - 4.10^6$ adalah sebesar 153.275 ton/tahun.

Kebutuhan karbon aktif tahun 2025 dapat dihitung dengan asumsi tidak ada penambahan pabrik ataupun peningkatan kapasitas lama. Dengan perkiraan tidak ada pabrik baru yang berdiri, maka produksi karbon aktif di dalam negeri akan tetap.

Dari banyaknya uraian di atas, maka dalam menentukan peluang pabrik yang akan berdiri tahun 2025 dapat diperkirakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan karbon aktif 2025} &= \text{kebutuhan konsumsi} - \text{produksi di Indonesia} \\
 &= (285.127,5 + 153.275) \text{ ton/tahun} \\
 &= 438.402,5 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Berdasar hasil di atas, terlihat pada tahun 2025 yaitu tahun rencana berdirinya pabrik baru, peluang pasar dalam negeri hanya 438.402,5 ton/tahun. Oleh karena itu, maka dengan beberapa pertimbangan di atas, direncanakan akan didirikan pabrik karbon aktif dengan kapasitas 3.000 ton/tahun.

1.3. Lokasi Pendirian Pabrik

Lokasi suatu pabrik merupakan unsur yang kuat dalam menunjang atau tidaknya suatu industri. Perlu adanya pertimbangan dari berbagai faktor, guna memilih lokasi pendirian pabrik. Hal utama yang diperhatikan adalah suatu pabrik harus dilokasikan sedemikian rupa sehingga mempunyai biaya produksi dan distribusi seminimal mungkin serta memiliki kemungkinan yang baik untuk dikembangkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pemilihan lokasi pabrik tersebut antara lain (Peters and Timmerhaus, 1991:91) :

1. Faktor utama (*primary factors*) meliputi sumber bahan baku, tempat pemasaran, penyediaan tenaga dan bahan bakar, sumber penyediaan air, sarana transportasi dan iklim.
2. Faktor khusus (*specific factors*) meliputi bahan buangan, tenaga kerja, masalah finansial (perpajakan, peraturan, daerah tentang pembangunan), pengamanan terhadap kebakaran dan masalah kemasyarakatan.

Berdasarkan faktor-faktor di atas, maka untuk pabrik karbon aktif ini dipilih lokasi di kawasan industri Suge, Desa Pegantungan, Badau Belitung.

1. Bahan baku

Bahan baku yang digunakan untuk menunjang proses pembuatan karbon aktif adalah serbuk gergaji yang diperoleh dengan memanfaatkan limbah serbuk gergaji dari pabrik penggergajian kayu di Kawasan Industri tersebut.

2. Pemasaran

Faktor pemasaran perlu diperhitungkan dalam pemilihan lokasi pabrik, sehingga dapat mengurangi biaya transportasi serta mudah dalam penjualan hasil produk. Produk karbon aktif adalah produk akhir, maka dalam perencanaan pendirian pabrik diusahakan dekat dengan pabrik yang membutuhkan produk ini. Dalam hal ini, produk karbon aktif banyak digunakan oleh industri kimia yang banyak tersebar di Sumatera dan Jawa, sehingga lokasi pabrik berada tidak jauh dengan pelabuhan supaya dapat mengurangi biaya transportasi produk dari pabrik ke kapal pengangkut.

3. Utilitas

Utilitas yang diperlukan meliputi keperluan tenaga listrik, air, dan bahan bakar. Kebutuhan listrik dapat dipenuhi dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator yang dibangun sendiri sebagai cadangan. Kebutuhan air dapat diperoleh dari laut dan sungai yang jaraknya relatif dekat dengan lokasi pabrik, sedangkan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar dapat diperoleh dari Pertamina.

4. Tenaga kerja

Tenaga kerja di daerah Sumatera banyak tersedia, tenaga kerja dapat dengan mudah dipenuhi dari daerah lokasi pabrik dengan upah buruh yang relatif murah, dan ini merupakan langkah positif untuk mengatasi banyaknya pengangguran dan PHK.

5. Transportasi

Transportasi merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan karena dengan adanya transportasi yang baik akan membantu kelancaran kerja pabrik dalam distribusi dan komunikasi. Dalam hal ini, transportasi cenderung mudah sebab lokasi dengan pelabuhan dan jalan lintas memadai sehingga mengurangi biaya pengeluaran.



Gambar 1.6 Peta Lokasi Desa Pegantungan, Badau Belitung

1.4. Pemilihan Proses

Secara umum, pembuatan karbon aktif bermutu tinggi berlangsung melalui dua tahapan, yaitu tahap karbonisasi dan aktifasi. Apabila proses pembuatan tidak

dilakukan sesuai tahapan, maka mutu karbon yang dihasilkan akan rendah bahkan materialnya dapat habis terbakar sehingga *yield* produk sangat kecil.

1.4.1. Karbonisasi

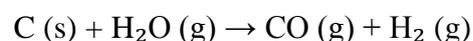
Karbonisasi adalah dekomposisi secara kimia bahan organik dengan pemanasan. Selama proses karbonisasi, elemen selain non-karbon dihilangkan dari *precursor* (material awal). Pada proses ini, material akan mengalami pemecahan. Kristal grafit adalah atom-atom dalam karbon yang berkelompok dan tersusun secara formasi *chrystallographic* yang tidak beraturan, sehingga terdapat celah diantaranya. Karbonisasi melalui dekomposisi *thermal* mampu mengeliminasi material selain non-karbon, dan menghasilkan serta membentuk pori-pori awal karbon. Proses karbonisasi menggunakan suhu sekitar 450°C, proses ini secara kontinyu dan membutuhkan sedikit oksigen. Mutu dan *yield* hasil karbonisasi ditentukan oleh laju pemanasan, temperatur akhir dan waktu pemanasan (Derbyshieer *et al.*, 1995).

1.4.2. Aktifasi

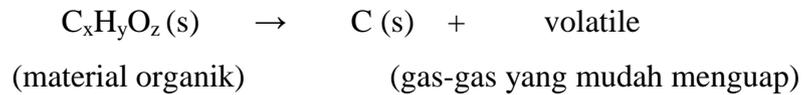
Proses aktifasi bertujuan untuk memperluas pori-pori karbon yang terbentuk selama proses karbonisasi serta menghilangkan sisa zat yang menutup permukaan karbon. Pada tahap ini, adanya pemanasan menyebabkan terjadi penguapan (*volatilisasi*) material organik sehingga akan menyisakan karbonnya saja. Pada prinsipnya, proses pengaktifan karbon dapat dilakukan dengan dua macam metode yaitu aktifasi secara fisika dan aktifasi secara kimia (Manocha, 2003) :

1. Aktifasi secara fisika

Aktifasi secara fisika menggunakan proses pemanasan pada suhu 500°C – 900°C, dengan proses *thermal* (penambahan *steam*, CO₂, atau udara) secara terkontrol. Proses aktifasi karbon dapat dilakukan pada *rotary kiln*, *fluidized bed*, *shaft furnace* atau *multiheart furnace* dengan proses pemanasan. Bahan konstruksi reaktor didesain untuk menahan kondisi suhu tinggi. Reaksi *thermal* pada proses karbonisasi mengikuti persamaan reaksi :



Reaksi karbon dengan *steam* (H_2O) merupakan reaksi endotermis dan reaksinya mudah untuk dikontrol. Reaksi pembentukan karbon (C) pada proses karbonisasi sebagai berikut :



Pengaktifan pada temperatur rendah membentuk mesopori dan makropori. Makropori maupun mesopori tidak mempunyai kemampuan *adsorpsi*, sehingga dapat ditingkatkan dengan pengaktifan pada suhu yang lebih tinggi untuk menghasilkan mikropori. Pengaktifan arang atau karbon tanpa pengembangan struktur pori-pori hanya mengakibatkan penurunan ukuran karbon. Pengaktifan dihubungkan dengan kehilangan karbon karena penurunan berat arang. Kerugian berat meningkat secara linier dengan temperatur pengaktifan dan waktu (Manocha, 2003).

Pada proses aktivasi tidak diharapkan adanya oksigen berlebih, karena dapat menyebabkan pembakaran yang berlebihan. Hal ini menyebabkan reaksi sukar untuk dikendalikan, produk tidak seragam karena panas tidak merata. Reaksi ini juga menyebabkan kehilangan berat berlebih serta pembakaran pada permukaan.

Pada proses *physical activation*, pengaktifan karbon dilakukan dengan menggunakan *steam* pada suhu tinggi. Karbon yang telah dihasilkan setelah proses karbonisasi, kemudian dikontakkan dengan aliran *steam*. *Steam* akan bereaksi perlahan dengan karbon, sehingga mengakibatkan luas permukaan karbon semakin luas.

2. Aktivasi secara kimia

Proses *chemical activation* dilakukan dengan menggunakan bahan kimia. Aktifator yang digunakan adalah bahan-bahan kimia seperti hidroksida, logam alkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya $ZnCl_2$, asam-asam anorganik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 . Karbon dicampurkan dengan bahan pengaktif kemudian campuran tersebut dipanaskan pada temperatur $500^\circ C - 900^\circ C$ dalam sebuah reaktor.

Unsur-unsur mineral aktifator masuk diantara plat heksagon dari kristalit dan memisahkan permukaan yang mula-mula tertutup. Saat pemanasan dilakukan, senyawa kontaminan yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terlepas yang akan mengakibatkan luas permukaan yang aktif bertambah besar dan meningkatkan daya serap karbon aktif.

Produk hasil kemudian dicuci untuk menghilangkan zat kimia, cairan pencuci ini dapat di-*recycle* kembali. Menurut Ullmann (2006), proses aktivasi kimia antara lain :

1) Proses Seng Klorida (*Zinc Chloride*)

Dalam proses ini 0,4 – 5,0 bagian dari *zinc chloride* dalam bentuk cairan dicampur dengan satu bagian bahan yang lain. Campuran ini kemudian dikeringkan dan dipanaskan pada suhu 600°C – 700°C pada *rotary kiln*. Produk kemudian dicuci dengan asam dan air, kemudian garam seng dapat di-*recovery*. Meskipun proses ini efisien dan sederhana, tetapi faktor lingkungan berpengaruh pada proses ini sebab terkontaminasi komponen seng.

2) Proses Asam Fospat (*Phosporic Acid*)

Proses ini sudah dilakukan oleh industri seperti Ceca (Perancis), Hooker (Mexico), dan Norit (Amerika). *Raw material* dicampur dengan larutan asam fospat, membentuk *pulp*, kemudian dikeringkan dan dipanaskan pada suhu 400°C – 600°C di dalam *furnace*. Asam fospat diekstrak atau dinetralisasi untuk mendapatkannya kembali. Setelah dikeringkan, maka akan diperoleh hasil karbon aktif dengan pori-pori yang lebih baik dari pada proses seng klorida.

Tabel 1.4 Seleksi Proses Pengaktifan

Permasalahan	Proses Kimia	Proses Fisika
Bahan baku	Murah	Murah
Hasil produksi	Tinggi	Tinggi
Kualitas	Rendah	Tinggi
Proses	Jarang digunakan, sukar	Banyak digunakan, mudah
Peralatan	Banyak, investasi mahal	Sedikit, investasi rendah

Berdasar uraian tersebut, maka pendirian pabrik karbon aktif ini memakai proses aktivasi secara fisika dengan pertimbangan :

1. Proses aktivasi tanpa memerlukan zat kimia sehingga biaya produksi akan lebih murah dibandingkan dengan proses aktivasi kimia.
2. Karbon aktif yang dihasilkan bersih dari impuritas mineral yang mungkin ditimbulkan apabila menggunakan proses aktivasi kimia.
3. Apabila menggunakan aktivasi kimia, penambahan zat kimia asam tersebut dapat menyebabkan alat akan lebih cepat rusak, sehingga harga alat dan perawatan akan lebih mahal sebab bahan konstruksi yang digunakan harus tahan terhadap asam.
4. Kondisi operasi dilakukan pada suhu 500°C – 900°C tekanan atmosferis dengan tahap pembuatan yang sederhana dan konversi 98,97%.
5. Alat yang digunakan untuk proses fisika lebih sedikit dibandingkan dengan proses kimia yang memerlukan alat tambahan dalam proses mencuci produk.

1.5. Tinjauan Pustaka

1.5.1. Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku dan Produk

1. Serbuk gergaji

Industri penggergajian kayu termasuk dalam industri pengolahan kayu hulu yang memanfaatkan bahan baku kayu bulat untuk diolah menjadi kayu gergajian yang merupakan barang setengah jadi yang kemudian dimanfaatkan lebih lanjut di industri lainnya. Kayu gergajian didefinisikan sebagai hasil konversi kayu bulat dengan menggunakan mesin gergaji, yang mempunyai bentuk teratur dengan sisi-sisi sejajar dan sudut-sudutnya siku dengan ketebalan maksimal 6 cm dan kadar air maksimal 30% (Statistik Kehutanan Indonesia, 2006). Industri penggergajian kayu dapat dibagi ke dalam tiga kelompok menurut kapasitas produksinya, yaitu :

- 1) Industri penggergajian kayu skala kecil yaitu industri yang memiliki kapasitas produksi $< 6000 \text{ m}^3$ per tahun.
- 2) Industri penggergajian kayu skala menengah yaitu industri yang memiliki kapasitas produksi $6000 \text{ m}^3 - 12000 \text{ m}^3$ per tahun.
- 3) Industri penggergajian kayu skala besar yaitu industri yang memiliki kapasitas produksi $> 12000 \text{ m}^3$ per tahun.

Serbuk gergaji berbentuk butiran-butiran halus yang terbang saat kayu dipotong dengan gergaji. Balai Penelitian Hasil Hutan (BPHH) pada kilang penggergajian di Sumatera dan Kalimantan serta Perum Perhutani di Jawa menunjukkan bahwa rendemen rata-rata penggergajian adalah 45 persen, 45 persen lainnya berupa limbah, dan 10 persen merupakan serbuk gergaji. Umumnya rendemen industri penggergajian kayu masih berkisar 50% – 60%, sebanyak 15% – 20% terdiri dari serbuk kayu gergajian. Diperkirakan jumlah limbah serbuk kayu gergajian di Indonesia sebanyak 0,78 juta m³ per tahun.

Limbah pengolahan kayu dapat digunakan untuk beberapa keperluan, limbah pengolahan kayu dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu kulit kayu, potongan kayu, serpihan dan serbuk gergajian. Contoh penggunaan limbah kulit kayu adalah sebagai bahan bakar, potongan kayu dan serpihan dapat diolah menjadi arang, sedangkan serbuk gergajian kayu dapat dimanfaatkan menjadi briket arang atau karbon aktif. Persediaan bahan baku karbon aktif yang baik adalah sebagai berikut (Zaenal (1973) dalam Yulistina (2001)) :

1. Jumlah cukup banyak dan dapat menjamin kelangsungan pembuatan briket arang
2. Berat jenis kayu dan kadar lignin yang cukup tinggi lebih diutamakan
3. Kadar air bahan baku serbuk gergajian rendah (maksimal 30%)
4. Umur kayu tidak terlalu muda

Di Indonesia, terdapat tiga macam industri kayu yang secara dominan mengkonsumsi kayu dalam jumlah besar, misalnya industri penggergajian, vinir/kayu lapis, dan pulp/kertas. Limbah industri pengolahan kayu yang dihasilkan berupa potongan ujung, sebetan, sisa kupasan, tatal, dan serbuk gergajian. Masalah yang timbul adalah limbah penggergajian yang kenyataannya masih menumpuk, sebagian dibuang ke aliran sungai, atau dibakar secara langsung (Pari, 2002).

Jenis kayu yang umum digunakan pada industri kayu Sumatera adalah kayu pinus. Kayu pinus termasuk famili Pinaceae, penyebaran yang utama di Indonesia adalah di Sumatera, tepatnya dari Sumatera Barat sampai dengan Aceh. Dewasa ini, kayu pinus banyak ditanam sebagai salah satu jenis tanaman

reboisasi. Kayu pinus dikenal dengan nama lokal tusam, hujam, merkus, pinus, pine, sumatera pine. Kayu pinus ini termasuk ringan hingga sedang, dengan berat jenis antara 0,40 – 0,75 (rata-rata 0,55), kelas kuat II – III, dan kelas awet IV.

Karakteristik dari serbuk gergaji kayu tusam adalah sebagai berikut :

- Bentuk : serbuk
- Warna : coklat
- Sifat fisik : 0,5417 gr/cm³ kerapatan
32,6656 kg/cm³ keteguhan tekan
6112,0 kal/g nilai kalor
- Sifat kimia : 2,6992% kadar air
0,7863% kadar abu
22,2521% kadar zat menguap
74,2624% kadar karbon murni terikat
57,2% selulosa
26,6% lignin
16,2% pentosan

Penggunaan utama kayu tusam untuk kertas dan korek api. Kayu tusam juga banyak digunakan untuk industri kayu lapis, papan wol-kayu, peti kemas, kayu bangunan, alat-alat gambar, pensil, tusuk gigi, dan sumpit yang tersebar di wilayah Sumatera.

2. Air

Air adalah sumber kehidupan, setiap makhluk hidup di bumi membutuhkan air. Bahkan sekitar 70% permukaan bumi tertutupi oleh air. Bumi memiliki samudera yang begitu luas, dimana air berada dalam fasa cairnya. Sedangkan pada kedua kutub bumi, bumi memiliki lapisan es, dimana air berada dalam fasa padatnya. Dalam fasa gasnya, air juga bisa ditemukan pada uap air atau atmosfer sebagai gas yang tak terlihat. Dalam ketiga fasanya, air sangat berpengaruh terhadap iklim planet bumi ini.

Sebagaimana air yang juga merupakan molekul, maka air memiliki sifat fisik dan sifat kimia sebagaimana senyawa lainnya. Secara kimia, air merupakan senyawa yang tersusun dari satu buah atom oksigen dan dua buah atom hidrogen

yang biasa ditulis sebagai H_2O atau apabila dituliskan menurut aturan Lewis menjadi $H - O - H$. Satu molekul air tersusun oleh ikatan ionik dimana elektron dari atom H diberikan kepada atom O. Namun untuk membentuk senyawa air, antarmolekul air berinteraksi karena adanya ikatan hidrogen. Molekul air berada dalam fasa padatnya pada suhu $0^\circ C$, berada pada fasa cairnya pada suhu $0^\circ C - 100^\circ C$, dan mendidih pada suhu di atas $100^\circ C$. Meskipun air mendidih pada suhu $100^\circ C$, namun air menguap pada suhu berapapun. Air memiliki tegangan permukaan yang besar yang disebabkan oleh kuatnya sifat kohesi antar molekul-molekul air.

Air adalah senyawa nomor dua dengan tegangan permukaan terbesar setelah merkuri. Satu molekul air memiliki massa molar sebesar $18,0153 \text{ g/mol}$. Adanya ikatan antara atom hidrogen dan oksigen menyebabkan elektron terpolarisasi, karena adanya perbedaan elektronegativitas yang cukup besar antara atom hidrogen dengan oksigen. Sehingga air adalah molekul yang bersifat polar. Karena ikatan antara atom hidrogen dengan oksigen adalah ikatan ionik, maka ikatannya mudah lepas, dimana akan dihasilkan spesi H^+ dan OH^- . Adanya kedua spesi ini lah yang menyebabkan air bersifat netral atau pH nya berkisar di antara 7,0.

Secara fisik, senyawa air dapat ditinjau dari beberapa faktor seperti warna, bau, serta rasa. Air yang murni umumnya tidak berwarna atau bening, tidak berbau, dan tidak memiliki rasa. Beberapa sifat fisik air adalah sebagai berikut :

- Rumus molekul : H_2O
- Massa molar : $18,02 \text{ g/mol}$
- Volume molar : $55,5 \text{ mol/L}$
- Kerapatan pada fasa : $1000 \text{ kg/m}^3, \text{ liquid}$
- : $917 \text{ kg/m}^3, \text{ solid}$
- Titik leleh : $0^\circ C (273,15 \text{ K}) (32^\circ F)$
- Titik didih : $100^\circ C (373,15 \text{ K}) (212^\circ F)$
- Titik beku : $0^\circ C \text{ pada } 1 \text{ atm}$
- Kalor jenis : 4186 J/kg.K
- Tekanan uap : $0,0212 \text{ atm pada } 20^\circ C$

- Kalor penguapan : 40,63 kJ/mol
- Kalor pembentukan : 6,013 kJ/mol
- Kapasitas kalor : 4,22 kJ/kg.K
- Viskositas : 1,002 centipoise pada 20°C
- Konduktivitas panas : 0,60 W.m⁻¹.K⁻¹ (T = 293 K)
- Kalor pelelehan : 3,34 × 10⁵ J/kg
- Temperatur kritis : 647 K
- Tekanan kritis : 22,1 × 10⁶ Pa

3. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan pada proses adsorpsi, sebab karbon aktif mempunyai daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik dibandingkan adsorben lainnya. Struktur pori-pori pada karbon aktif inilah yang mengakibatkan karbon aktif mempunyai kemampuan untuk menyerap (Sudibandriyo, 2003). Arang atau karbon merupakan padatan berpori yang mengandung 85% – 95% karbon, berasal dari bahan-bahan yang mengandung karbon melalui proses pemanasan atau pembakaran pada suhu tinggi dengan sedikit udara. Selain digunakan sebagai bahan bakar, karbon juga dapat digunakan sebagai adsorben atau penyerap. Daya serap karbon tersebut ditentukan oleh luas permukaan partikel. Kemampuan penyerapan ini dapat ditingkatkan apabila karbon atau arang tersebut dilakukan aktivasi dengan aktifator bahan-bahan kimia maupun pemanasan pada suhu tinggi, sehingga karbon tersebut akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia, yang kemudian dikenal sebagai karbon aktif (Sembiring dan Sinaga, 2003).

Karbon aktif merupakan bahan kimia yang saat ini banyak digunakan dalam industri untuk proses adsorpsi dan purifikasi. Karbon aktif adalah karbon atau arang yang sudah diaktifkan sehingga pori-pori karbon terbuka dan permukaannya bertambah luas sekitar 300 m²/g – 2500 m²/g, permukaan yang semakin luas ini menyebabkan daya serap adsorpsi karbon aktif terhadap gas atau cairan semakin tinggi (Kirk and Othmer, 2001).

Pada abad XV, karbon aktif dapat dihasilkan melalui komposisi kayu dan dapat digunakan sebagai adsorben warna dari larutan. Aplikasi komersial mulai

dikembangkan pada tahun 1974 yaitu pada industri gula sebagai pemucat, dan menjadi sangat terkenal karena kemampuannya menyerap uap gas beracun yang digunakan pada Perang Dunia I.

Secara umum, penggunaan karbon aktif terdiri atas dua tipe, yaitu penggunaan karbon aktif untuk fasa cair dan penggunaan karbon aktif untuk fasa gas.

1. Karbon aktif untuk fasa cair

Karbon aktif untuk fasa cair biasanya berbentuk *powder* yang sangat halus, diameter pori mencapai 1000\AA , berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan, membebaskan pelarut dari zat-zat pengganggu dan kegunaan lain yaitu pada industri kimia. Karbon aktif untuk fasa cair dapat dihasilkan dari bambu kuning, serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan mempunyai struktur yang lemah, rapuh (mudah hancur), mempunyai kadar abu yang tinggi berupa silika.

2. Karbon aktif untuk fasa gas

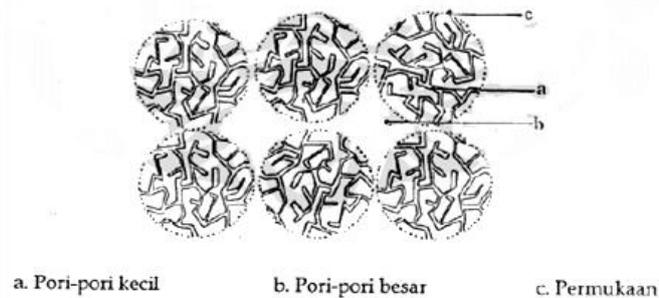
Karbon aktif untuk fasa gas biasanya berbentuk granular atau pellet yang sangat keras, berdiameter pori berkisar $10\text{\AA} - 200\text{\AA}$, dan mempunyai tipe pori yang lebih halus. Karbon aktif untuk fasa gas diperoleh dari tempurung kelapa, tulang, batu bata atau bahan baku yang mempunyai berat jenis tinggi dan biasa digunakan untuk memperoleh kembali pelarut, katalis, pemisahan, dan pemurnian gas.



Gambar 1.7 Penampang Karbon Aktif (Aurorra, 2011)

Ukuran pori karbon aktif dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis, yaitu *micropore*, *mesopore*, dan *macropore*.

1. *Micropore* adalah pori-pori dengan ukuran lebih kecil dari 2 nm dan merupakan area adsorpsi dominan terjadi. Volume pori-pori berkisar antara 0,15 ml/g – 0,5 ml/g.
2. *Mesopore* adalah pori-pori dengan ukuran 2 nm – 50 nm dan merupakan area adsorpsi dominan kedua setelah micropore. Mesopore disebut juga transitional pore atau area transisi. Volume mesopore berkisar antara 0,02 ml/g – 10 ml/g.
3. *Macropore* adalah pori-pori dengan ukuran lebih besar dari 50 nm dan berfungsi sebagai pintu masuk adsorbat menuju ke dalam micropore.



Gambar 1.8 Tempat Terjadinya Adsorpsi (Suryawan, 2004)

Sifat utama yang membedakan karbon adsorben gas dan karbon fasa cair yaitu distribusi dan ukuran pori-porinya. Karbon adsorben gas biasanya memiliki jumlah pori-pori paling banyak pada area *micropore*, sedangkan karbon fasa cair memiliki jumlah pori-pori terbanyak pada area transisi. Pada umumnya, karbon fasa cair memiliki luas permukaan hampir sama dengan karbon adsorben gas, tetapi dengan volume pori-pori yang lebih besar.

Karbon aktif dapat diproduksi dari berbagai macam bahan baku yang berasal dari hewan, tumbuh-tumbuhan, limbah ataupun mineral yang mengandung karbon dapat dibuat menjadi karbon aktif, seperti tulang, kayu lunak, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, kayu keras, dan batu bara. Bahan baku yang umum digunakan secara komersial untuk karbon fasa cair adalah arang, *sawdust*, lignit, *fly ash*, dan arang (*coke*) minyak (Pari, 1996). Karbon aktif sebagai produk akhir dalam rancangan pabrik mengikuti karakteristik dari SNI 06-3730-95 yang dapat diuraikan sebagai berikut :

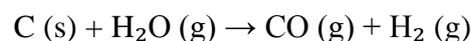
- Sifat fisis : bentuk serbuk
warna hitam
bobot jenis curah 0,3 g/ml – 0,35 g/ml
lolos *mesh* min. 90
- Sifat kimia : kadar zat yang mudah menguap maks. 25 %
kadar air maks. 15 %
kadar abu maks. 10 %
daya serap terhadap I₂ min. 750 %
karbon aktif murni min. 65 %
daya serap terhadap biru metilen (ml/g) min. 120

Kegunaan karbon aktif dalam industri dapat berupa pemurnian gas, katalisator, sebagai penyaring dan penghilang bau pada industri obat dan makanan, penyaring air, penghilang bau dalam industri pengolahan air, sebagai pelarut yang dapat digunakan kembali, dan penyimpan energi (*gas adsorptive storage*) (Liou, 2010). Karbon aktif adalah adsorben yang multifungsi, hampir 60% produksi karbon aktif di dunia ini dimanfaatkan oleh industri-industri gula dan pembersihan minyak dan lemak, kimia dan farmasi.

1.5.2. Proses Pembuatan yang Dipilih

1. Dasar Reaksi dan Konversi

Reaksi pirolisis pembuatan karbon aktif mengikuti persamaan reaksi :



Reaksi karbon dengan *steam* (H₂O) merupakan reaksi endotermis dan reaksinya mudah untuk dikontrol. Reaksi karbon dengan *steam* menghasilkan struktur poros yang tinggi (Kirk Othmer, 1992). Sedangkan untuk reaksi pembentukan karbon (C) adalah sebagai berikut :

Serbuk gergaji → arang (karbon dan abu) + zat yang mudah menguap

Konversi arang menjadi arang aktif pada proses ini adalah 98,97 % (U. S. Patent, 1995).

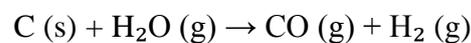
2. Kondisi Operasi

Kondisi operasi pembentukan karbon terjadi di rotary calciner pada suhu 450°C tekanan atmosferis. Reaksi pembuatan karbon aktif terutama pada reaksi

pembentukan pori-pori karbon aktif untuk memperluas *surface area* melalui proses aktivasi berlangsung pada *rotary kiln* dengan suhu 700°C tekanan atmosferis.

3. Mekanisme dan Kinetika Reaksi

Reaksi pembuatan karbon aktif merupakan reaksi pirolisis, yaitu reaksi yang terjadi pada gas atau udara dan steam. Bahan baku yang digunakan adalah serbuk gergaji yang hanya mengalami perubahan bentuk dan struktur. Reaksi pirolisis bertujuan untuk memperluas *surface area* karbon aktif melalui aktivasi. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Konversi karbon menjadi karbon aktif pada proses ini sebesar 98,97% (U. S. Patent, 1995).

Reaksi pembentukan karbon aktif merupakan reaksi heterogen, antara padatan dengan cairan atau gas. Reaksi pirolisis pembentukan karbon aktif merupakan reaksi orde satu (Di Blasi, 1993). Harga konstanta kecepatan reaksi dapat diketahui dari faktor *A* dan energi aktivasi *E* sebagai berikut :

Tabel 1.5 Harga Konstanta Reaksi

<i>E</i> (kJ/mol)	<i>A</i> (detik ⁻¹)
18 (T < 600)	0,0053
71 (T > 600)	2,3 × 10 ⁴

(Barooah and Long, 1976)

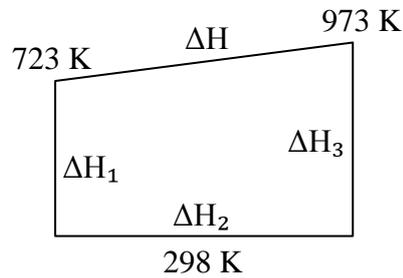
Konstanta kecepatan reaksi dihitung dengan persamaan Arrhenius :

$$k = A \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)$$

Reaksi terjadi pada suhu 973 K, maka $k = 2,3 \times 10^4 \exp\left(-\frac{71000}{8,314 \times 973}\right)$, dari perhitungan diperoleh *k* sebesar 3,548 detik⁻¹.

4. Tinjauan Thermodinamika

Reaksi pirolisis merupakan reaksi endotermis. Hal ini perlu dibuktikan dengan perhitungan :

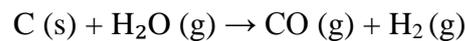


ΔH_1 = panas untuk menurunkan suhu reaktan ke suhu standar

ΔH_2 = panas reaksi pada suhu standar

ΔH_3 = panas untuk menaikkan suhu produk ke suhu reaksi

ΔH = panas reaksi total



$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= \left(\int C_p dT \right)_C + \left(\int C_p dT \right)_{\text{H}_2\text{O}} \\ &= \{(-0,832)(298-723) + (3,48\text{E}-02/2)(298^2-723^2) + (-1,32\text{E}-05/3)(298^3-723^3)\} + \{(33,933)(298-723) + (-8,42\text{E}-03/2)(298^2-723^2) + (2,99\text{E}-05/3)(298^3-723^3) + (-1,78\text{E}-08/4)(298^4-723^4) + (3,69\text{E}-12/5)(298^5-723^5)\} \\ &= \{(-5656,34) + (-15060,4)\} \\ &= -20.716,7 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_2 &= \Sigma \Delta H^\circ_{f298} \text{ produk} - \Sigma \Delta H^\circ_{f298} \text{ reaktan} \\ &= (-110.500 + 0) \text{ kJ/kmol} - (0 - 241.800) \text{ kJoule/mol} \\ &= 131300 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_3 &= \left(\int C_p dT \right)_{\text{CO}} + \left(\int C_p dT \right)_{\text{H}_2} \\ &= \{(29,556)(973-298) + (-6,58\text{E}-03/2)(973^2-298^2) + (2,01\text{E}-05/3)(973^3-298^3) + (-1,22\text{E}-08/4)(973^4-298^4) + (2,26\text{E}-12/5)(973^5-298^5)\} + \\ &\quad \{(25,399)(973-298) + (2,02\text{E}-02/2)(973^2-298^2) + (-3,85\text{E}-05/3)(973^3-298^3) + (3,19\text{E}-08/4)(973^4-298^4) + (-8,76\text{E}-12/5)(973^5-298^5)\} \\ &= \{(20808,66) + (31675,28)\} \\ &= 40669,04 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H &= \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 \\ &= (-20.716,7) + (131.300) + (40.669,04) \\ &= 151.252,34 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

Harga ΔH bernilai positif sehingga reaksi pembuatan karbon aktif bersifat endotermis.

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi dan arah reaksi yang dapat diketahui melalui perhitungan.

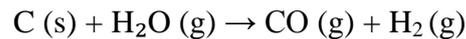
Data ΔG°_{f298} untuk tiap mol masing-masing komponen :

$$\Delta G^\circ_{f298} \text{ C (s)} = 0 \text{ kJoule/mol}$$

$$\Delta G^\circ_{f298} \text{ CO (g)} = -137,28 \text{ kJoule/mol}$$

$$\Delta G^\circ_{f298} \text{ H}_2\text{O (g)} = -228,6 \text{ kJoule/mol}$$

$$\Delta G^\circ_{f298} \text{ H}_2 \text{ (g)} = 0 \text{ kJoule/mol}$$



$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_{f298} &= \Sigma \Delta G^\circ_{f298} \text{ produk} - \Sigma \Delta G^\circ_{f298} \text{ reaktan} \\ &= (-137,28 + 0) \text{ kJoule/mol} - (0 + (-228,6) \text{ kJoule/mol}) \\ &= 91300 \text{ Joule/mol} \end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ_{f298} = -R \cdot T \cdot \ln K$$

$$91300 = (-8,314) \times 298 \times \ln K$$

$$91300 = -2477,57 \ln K$$

$$\ln K = \frac{91300}{-2477,57}$$

$$\ln K = -36,8506$$

$$K_{298} = 9,9081\text{E-}17$$

$$\ln \left(\frac{K_{973}}{K_{298}} \right) = \frac{\Delta H}{R} \times \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\frac{K_{973}}{9,9081\text{E-}17} = \exp \left[\frac{151212,3}{-8,314} \times \left(\frac{1}{973} - \frac{1}{298} \right) \right]$$

$$\frac{K_{973}}{9,9081\text{E-}17} = \exp [42,3401]$$

$$\frac{K_{973}}{9,9081\text{E-}17} = 2,44382\text{E+}18$$

$$K_{973} = 2,44382\text{E+}18 \times 9,9081\text{E-}17$$

$$K_{973} = 242,1364704$$

Nilai K bersifat *irreversible* (searah).

BAB II

SPESIFIKASI BAHAN

2.1. Spesifikasi Bahan Baku

Serbuk Gergaji (Atlas Kayu Indonesia, 1989)

- Bentuk : serbuk
- Warna : krem
- Komposisi bahan : 2,6992% kadar air
0,7863% kadar abu
22,2521% kadar zat menguap
74,2624% kadar karbon terikat
0,5417 gr/cm³ kerapatan
32,6656 kg/cm³ keteguhan tekan
6112,0 kal/g nilai kalor
57,2% selulosa
26,6% lignin
16,2% pentosan

2.2. Spesifikasi Bahan Pendukung

Air (Carl L Yaws, 1994)

- Rumus molekul : H₂O
- Berat molekul : 18 g/mol
- Titik leleh : 0°C
- Titik didih : 100°C
- Suhu kritis : 374,3°C
- Tekanan kritis : 217,6 atm
- Berat jenis : 0,9941 gr/ml
- Bersifat normal pada pH 7 dan dapat menguraikan garam menjadi asam dan basa (hidrolisis).

2.3. Spesifikasi Produk

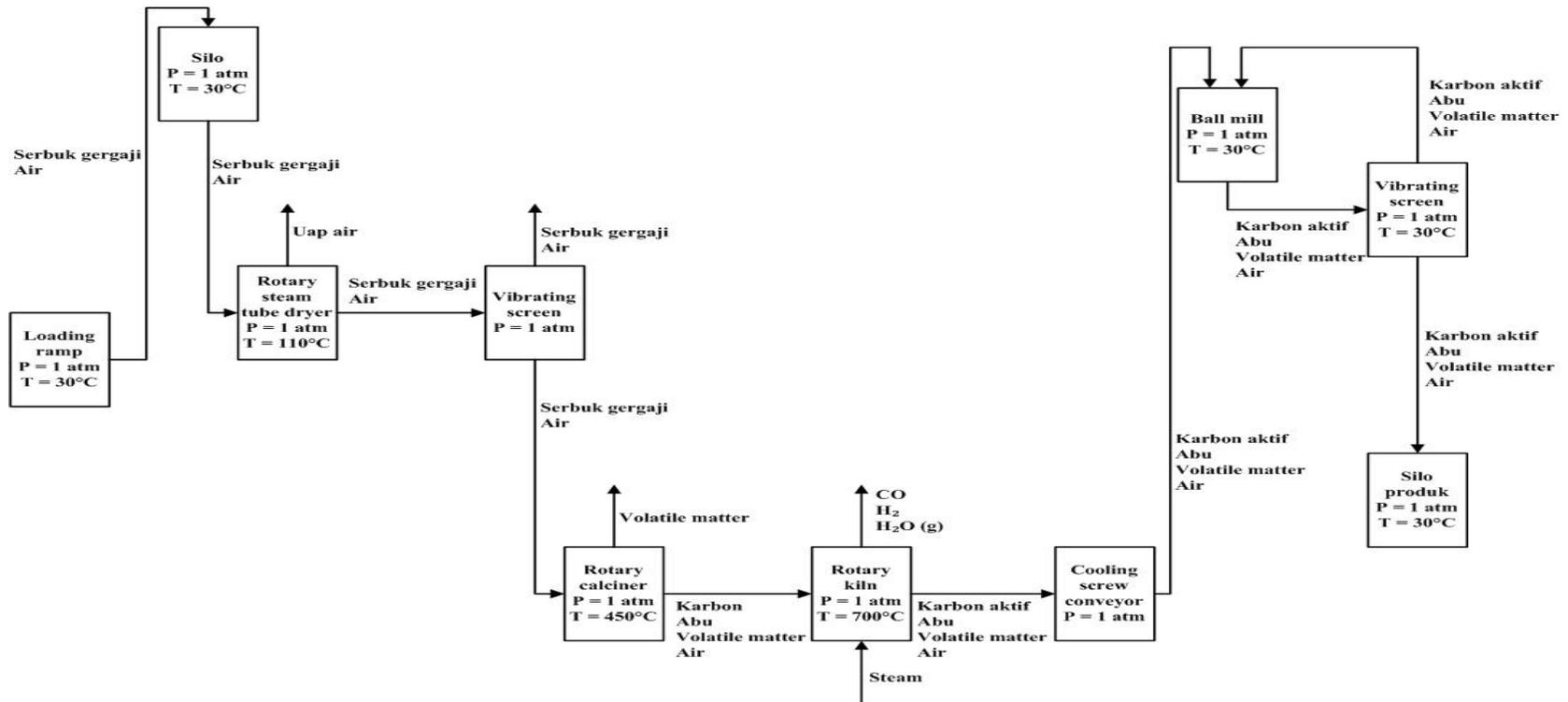
Karbon Aktif

Tabel 2.1 Spesifikasi Karbon Aktif menurut SNI 06-3730-95

Uraian	Syarat Mutu	
	Butiran	Serbuk
Kadar zat yang mudah menguap (%)	Maks. 15	Maks. 25
Kadar air (%)	Maks. 4,5	Maks. 15
Kadar abu	Maks. 2,5	Maks. 10
Bagian tidak mengarang	0	0
Daya serap terhadap I ₂ (%)	Min. 750	Min. 750
Karbon aktif murni (%)	Min. 80	Min. 65
Daya serap terhadap benzena (%)	Min. 25	
Daya serap terhadap biru metilen (ml/g)	Min. 60	Min. 120
Bobot jenis curah (g/ml)	0,45 – 0,55	0,3 – 0,35
Lolos (<i>mesh</i>)	-	Min. 90
Jarak <i>mesh</i> (%)	90	-
Kekerasan (%)	80	-

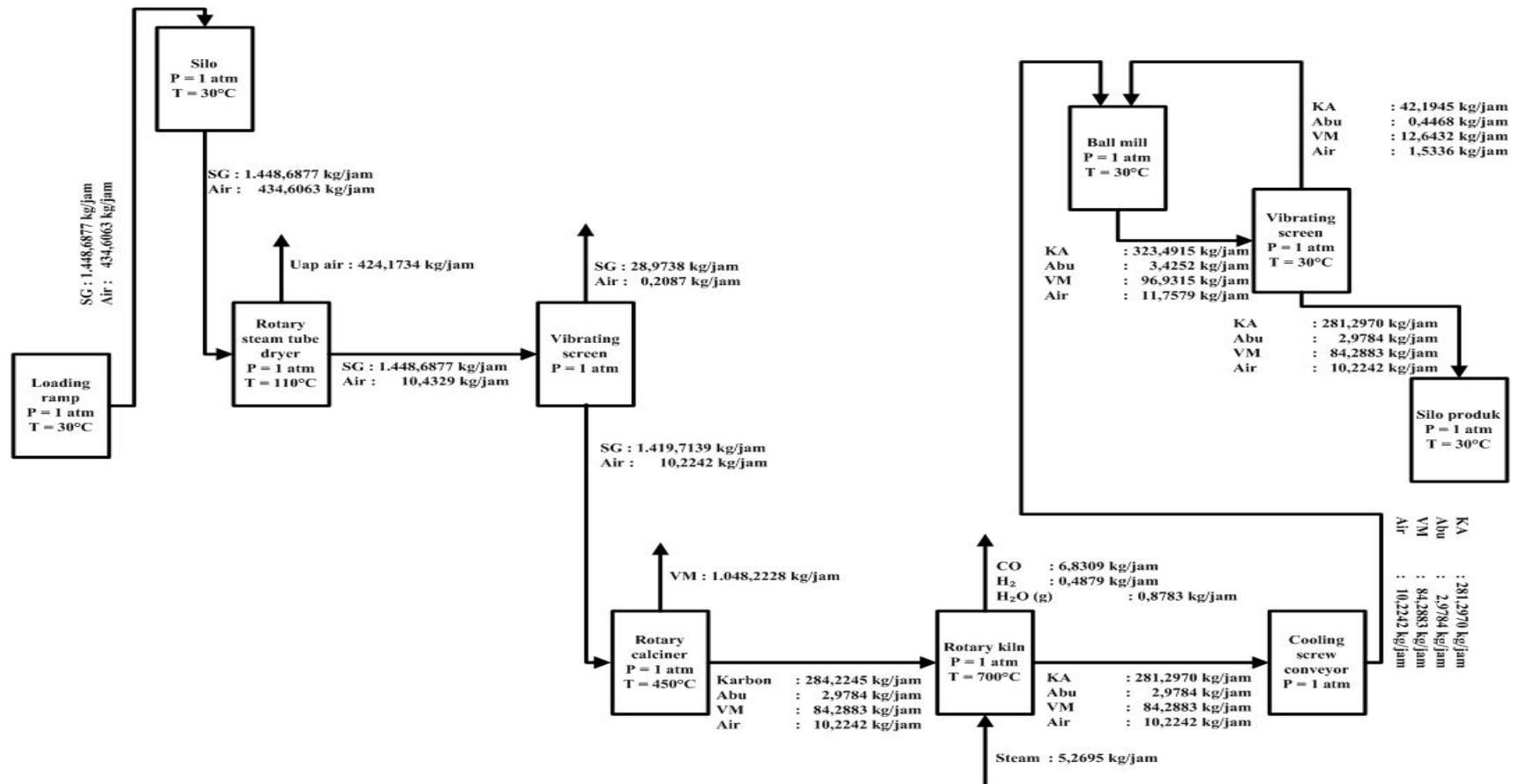
BAB III DESKRIPSI PROSES

3.1. Diagram Alir Proses Kualitatif



Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Kualitatif

3.2 Diagram Alir Proses Kuantitatif



Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Kuantitatif

3.3 Keterangan Proses

Produk yang dihasilkan dari pembuatan karbon aktif dapat diaplikasikan pada fase cair, yaitu untuk pemurnian air minum dan air limbah. Proses pembuatan ini melalui beberapa tahapan, diantaranya :

1. Persiapan bahan baku

Tahap persiapan bahan baku meliputi pengeringan, pengayakan, dan karbonisasi. Pengeringan dalam hal ini yaitu proses pemanasan pada suhu 110°C untuk menguapkan kandungan air dalam material padatan menggunakan *rotary steam tube dryer*. Pada tahap ini, diharapkan uap air yang terkandung dapat berkurang sehingga memudahkan dalam pengayakan. Pada proses ini menggunakan *steam* untuk menguapkan air yang terkandung pada serbuk gergaji.

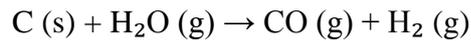
Serbuk gergaji tersebut kemudian di-ayak dengan menggunakan *vibrating screen* 10 mesh. Serbuk gergaji yang *oversize* atau tidak lolos digunakan sebagai bahan bakar boiler, sedangkan yang lolos langsung menuju *rotary calciner* untuk proses karbonisasi.

Tahap *volatilizing* merupakan tahap lanjutan dari pengeringan. *Volatilizing* bertujuan untuk menguapkan komponen organik atau *volatile matter* (zat-zat yang mudah menguap). Proses ini disebut juga proses karbonisasi, dilakukan pada suhu 450°C, sebagai pemanas digunakan *steam*. Gas-gas yang dihasilkan berupa CO, CO₂, H₂, CH₄, dan etilen atau sering disebut sebagai *volatile matter*. Disamping itu, serbuk gergaji terurai menjadi arang. Alat yang digunakan pada tahap ini adalah *rotary calciner*.

2. Reaksi aktivasi (pirolisis)

Proses aktivasi fisika dengan pirolisis dilakukan pada suhu 700°C, yang dimaksud aktivasi fisika adalah dengan menggunakan pemanasan. Reaksi kimia yang terjadi diakibatkan oleh gas *inert* yang ditambahkan sebagai pengaktif yaitu *steam* yang bereaksi dengan karbon sehingga akan terjadi pembersihan permukaan (pori) arang. Penambahan proses menggunakan *steam* bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan internal. Proses pengaktifan arang dilakukan dengan menggunakan *superheated steam* pada suhu 750°C dan tekanan 1 atm. *Steam* akan menembus arang yang menyebabkan permukaan partikel-partikel

arang menjadi aktif (memiliki luas permukaan adsorben yang luas). Hasil dari proses inilah yang disebut sebagai karbon aktif. Alat yang digunakan pada tahap ini adalah *rotary kiln* yang sekaligus berfungsi sebagai reaktor. Proses ini berjalan secara kontinyu dan diasumsikan sedikit oksigen dalam reaktor sehingga reaksi mudah dikontrol (Manocha, 2003). Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Konversi karbon menjadi karbon aktif sebesar 98,97% (U. S. Patent, 1995)

3. Penanganan produk

Karbon yang telah teraktifasi, didinginkan pada *cooling screw conveyor* agar produk tidak terlalu panas saat disimpan dalam *silo* untuk selanjutnya di *packing*. Pendinginan ini menggunakan air yang dialirkan secara *indirect*. Suhu produk keluar dirancang 30°C. Tahap terakhir adalah persiapan produk yang meliputi penghancuran, pengayakan dan penyimpanan. Karbon aktif yang sudah mengalami proses pendinginan akan dihancurkan dengan *ball mill* terlebih dahulu agar menghasilkan produk dengan ukuran lebih seragam. Setelah karbon aktif dihancurkan, kemudian di-ayak melalui *vibrating screen* dengan ukuran 100 *mesh*. Bahan yang tidak lolos screen akan dikembalikan ke mesin *ball mill* untuk diproses kembali. Melalui proses penyimpanan, karbon aktif selanjutnya dibawa ke bagian *packing* untuk dikemas. Kemasan karbon aktif dalam plastik dengan berat 25 kg.

BAB IV

NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

4.1 Neraca Massa

Kapasitas produksi : 3.000 ton/tahun
 Waktu operasi : 24 jam selama 330 hari
 Kapasitas karbon aktif : 378,7879 kg/jam

Data yang diketahui adalah produk yaitu karbon aktif yang tersusun sebagai berikut :

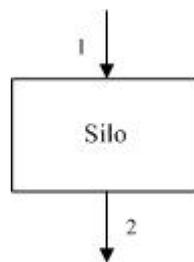
Tabel 4.1 Komposisi Karbon Aktif

No.	Bahan Penyusun	
1.	Karbon	74,2624 %
2.	Abu	0,7863 %
3.	Volatile matter	22,2521 %
4.	Air	2,6992 %
Total		100,0000 %

Perhitungan neraca massa menggunakan alur mundur-maju, dimana perhitungan dimulai dari alur produk ke alur bahan baku, kemudian lanjut ke alur pendingin hingga alur penyimpanan produk.

4.1.1 Silo Bahan Baku

Fungsi : sebagai tempat penyimpanan serbuk gergaji.

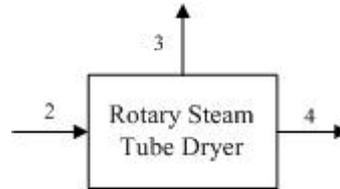


Tabel 4.6 Neraca Massa Sekitar Silo Bahan Baku

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	1	2
Serbuk gergaji	1.448,6877	1.448,6877
Air	434,6063	434,6063
Total	1.883,2939	1.883,2939

4.1.2 Rotary Steam Tube Dryer

Fungsi : untuk menguapkan air yang terkandung didalam serbuk gergaji.

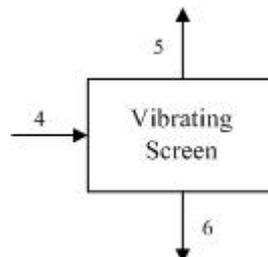


Tabel 4.5 Neraca Massa Sekitar Rotary Steam Tube Dryer

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	2	3	4
Serbuk Gergaji	1.448,6877		1.448,6877
Air	434,6063	424,1734	10,4329
Jumlah	1.883,2939	424,1734	1.459,1206
Total	1.883,2939	1.883,2939	

4.1.3 Vibrating Screen

Fungsi : untuk memisahkan serbuk gergaji yang berukuran dibawah dan diatas 10 mesh.

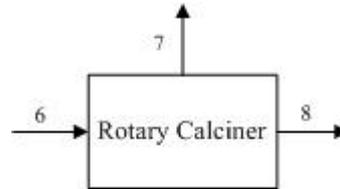


Tabel 4.4 Neraca Massa Sekitar Vibrating Screen

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	4	5	6
Serbuk gergaji	1.448,6877	28,9738	1.419,7139
Air	10,4329	0,2087	10,2242
Jumlah	1.459,1206	29,1824	1.429,9381
Total	1.459,1206	1.459,1206	

4.1.4 Rotary Calciner

Fungsi : karbonisasi serbuk gergaji menjadi arang

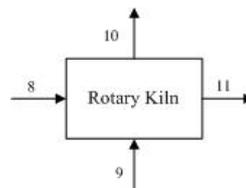


Tabel 4.3 Neraca Massa Sekitar Rotary Calciner

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	6	7	8	8
Serbuk gergaji	1.419,7139			
Air	10,2242			10,2242
Karbon				284,2245
Abu				2,9784
Volatile matter			1.048,2228	84,2883
Jumlah	1.429,9381		1.048,2228	381,7154
Total	1.429,9381		1.429,9381	

4.1.5 Rotary Kiln

Fungsi : untuk proses aktivasi arang menjadi karbon aktif.

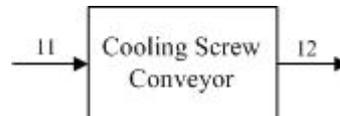


Tabel 4.2 Neraca Massa Sekitar Rotary Kiln

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	8	9	10	11
Karbon	284,2245			281,2970
Abu	2,9784			2,9784
Volatile matter	84,2883			84,2883
Air	10,2242			10,2242
H ₂ O (g)		5,2695	0,8783	
CO			6,8309	
H ₂			0,4879	
Jumlah	381,7154	5,2695	8,1970	378,7879
Total	386,9849		386,9849	

4.1.6 Cooling Screw Conveyor

Fungsi : untuk proses pendinginan karbon aktif.

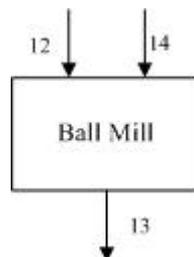


Tabel 4.7 Neraca Massa Sekitar Cooling Screw Conveyor

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	11		12
Karbon	281,2970		281,2970
Abu	2,9784		2,9784
Volatile Matter	84,2883		84,2883
Air	10,2242		10,2242
Total	378,7879		378,7879

4.1.7 Ball Mill

Fungsi : untuk memperkecil ukuran karbon aktif menjadi 100 mesh.

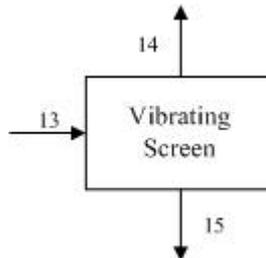


Tabel 4.8 Neraca Massa Sekitar Ball Mill

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	12	14	13
Karbon	281,2970	42,1945	323,4915
Abu	2,9784	0,4468	3,4252
Volatile matter	84,2883	12,6432	96,9315
Air	10,2242	1,5336	11,7579
Jumlah	378,7879	56,8182	435,6061
Total	435,6061		435,6061

4.1.8 Vibrating Screen

Fungsi : untuk memisahkan karbon aktif yang berukuran dibawah dan diatas 100 mesh.

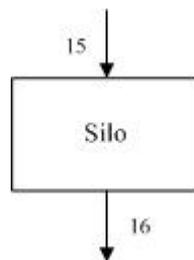


Tabel 4.9 Neraca Massa Sekitar Vibrating Screen

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	13	14	14	15
Karbon	323,4915	42,1945	42,1945	281,2970
Abu	3,4252	0,4468	0,4468	2,9784
Volatile matter	96,9315	12,6432	12,6432	84,2883
Air	11,7579	1,5336	1,5336	10,2242
Jumlah	435,6061	56,8182	56,8182	378,7879
Total	435,6061		435,6061	

4.1.9 Silo Produk

Fungsi : sebagai tempat penyimpanan produk karbon aktif.



Tabel 4.10 Neraca Massa Sekitar Silo Produk

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	15	16	16	16
Karbon	281,2970	281,2970	281,2970	281,2970
Abu	2,9784	2,9784	2,9784	2,9784
Volatile matter	84,2883	84,2883	84,2883	84,2883
Air	10,2242	10,2242	10,2242	10,2242
Total	378,7879	378,7879	378,7879	378,7879

4.1.10 Neraca Massa Total

Tabel 4.11 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)				
	1	9	3	5	7	10	16
Serbuk gergaji	1.448,6877			28,9738			
Air	434,6063		424,1734	0,2087			10,2242
Karbon							281,2970
Abu							2,9784
Volatile matter					1.048,2228		84,2883
H ₂ O (g)		5,2695					0,8783
CO							6,8309
H ₂							0,4879
Jumlah	1.883,2939	5,2695	424,1734	29,1824	1.048,2228	8,1970	378,7879
Total	1.888,5635				1.888,5635		

4.2 Neraca Panas

Dari perhitungan neraca massa, selanjutnya dilakukan perhitungan neraca energi.

Perhitungan neraca energi didasarkan pada :

Basis waktu : 1 jam

Satuan operasi : kJ/jam

Temperatur referensi : 25°C (298 K)

Kapasitas produksi : 3.000 ton/tahun

Data perhitungan neraca panas :

1. Data Cp untuk komponen padat

$$C_p = A + B T + C T^2 \frac{\text{Joule}}{\text{mol.K}}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT = A (T - T_{\text{ref}}) + \frac{B}{2} (T^2 - T_{\text{ref}}^2) + \frac{C}{3} (T^3 - T_{\text{ref}}^3) \frac{\text{Joule}}{\text{mol.K}}$$

Komponen	A	B	C
C	-0,832	3,48E-02	-1,32E-05

(Yaws, 1999)

Cp serbuk gergaji = 0,9 kJ/kg.K

Cp abu = 0,84 kJ/kg.K

(www.engineeringtoolbox.com)

2. Data Cp untuk komponen cair

$$C_p = A + B T + C T^2 + D T^3 \frac{\text{Joule}}{\text{mol.K}}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT = A (T - T_{\text{ref}}) + \frac{B}{2} (T^2 - T_{\text{ref}}^2) + \frac{C}{3} (T^3 - T_{\text{ref}}^3) + \frac{D}{4} (T^4 - T_{\text{ref}}^4)$$

$$\frac{\text{Joule}}{\text{mol.K}}$$

Komponen	A	B	C	D
H ₂ O	92,053	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07

(Yaws, 1999)

3. Data Cp untuk komponen gas

$$C_p = A + B T + C T^2 + D T^3 + E T^4 \frac{\text{Joule}}{\text{mol.K}}$$

$$\int_{T_{\text{ref}}}^T C_p dT = A (T - T_{\text{ref}}) + \frac{B}{2} (T^2 - T_{\text{ref}}^2) + \frac{C}{3} (T^3 - T_{\text{ref}}^3) + \frac{D}{4} (T^4 - T_{\text{ref}}^4) +$$

$$\frac{E}{5} (T^5 - T_{\text{ref}}^5) \frac{\text{Joule}}{\text{mol.K}}$$

Komponen	A	B	C	D	E
CO	29,556	-6,58E-03	2,01E-05	-1,22E-08	2,26E-12
H ₂	25,399	2,02E-02	-3,85E-05	3,19E-08	-8,76E-12
H ₂ O	33,933	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12

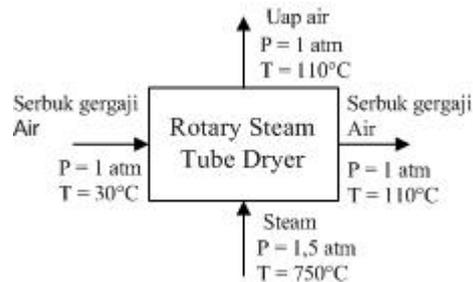
(Yaws, 1999)

Untuk kapasitas panas volatile matter (kJ/kg.K) :

Komponen	A	B
Volatile matter	0,728	0,0034

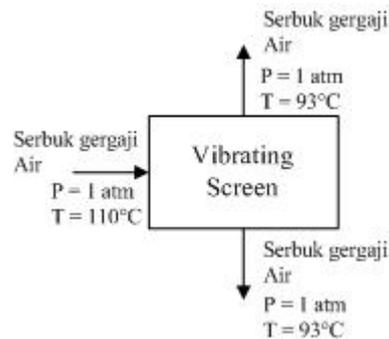
 (Bartosz *et.al.*, 2013)

4.2.1 Rotary Steam Tube Dryer


Tabel 4.12 Neraca Panas Sekitar Rotary Steam Tube Dryer

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	15.633,8218	
Uap Air		1.011.451,9611
Produk		114.533,9882
Steam	1.168.791,7131	
Heat loss		58.439,5857
Total	1.184.425,5349	1.184.425,5349

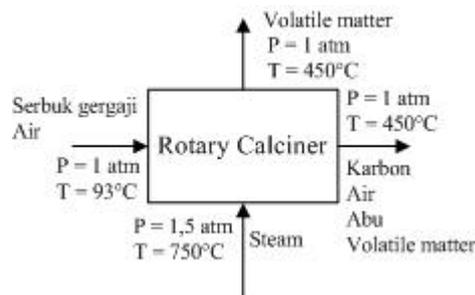
4.2.2 Vibrating Screen



Tabel 4.13 Neraca Panas Sekitar Vibrating Screen

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	114.533,9882	
UPL		1.832,5438
Produk		89.794,6467
Heat loss		22.906,7976
Total	114.533,9882	114.533,9882

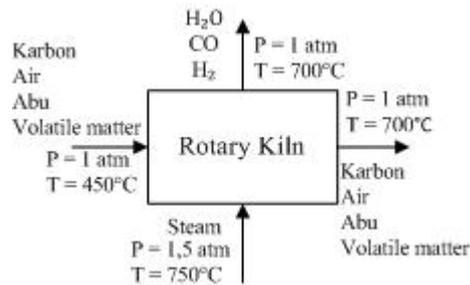
4.2.3 Rotary Calciner



Tabel 4.14 Neraca Panas Sekitar Rotary Calciner

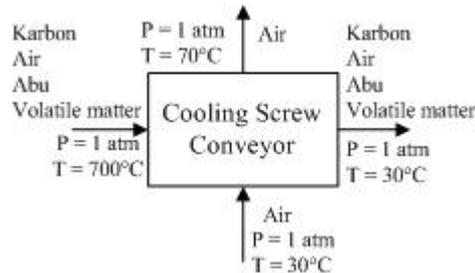
Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	89.794,6467	
Steam	2.027.630,5291	
Produk		1.342.048,8814
Dekomposisi		757.417,3650
Heat loss		17.958,9293
Total	2.117.425,1758	2.117.425,1758

4.2.4 Rotary Kiln


Tabel 4.15 Neraca Panas Sekitar Rotary Kiln

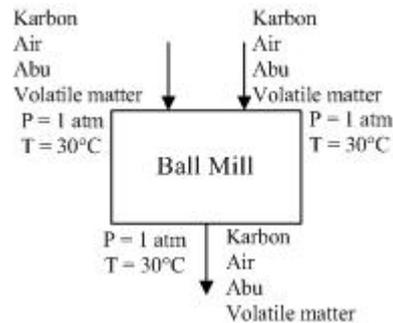
Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	246.530,4910	
Steam	7.892,3265	
Produk		21.592.879,3918
Panas bahan bakar	5.632.612,5260	
Panas reaksi	21.025.933,0036	
Heat loss		5.320.088,9553
Total	26.912.968,3471	26.912.968,3471

4.2.5 Cooling Screw Conveyor


Tabel 4.16 Neraca Panas Sekitar Cooling Screw Conveyor

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	467.696,4690	
Air	58.457,8568	524.201,4077
Produk		1.952,9181
Total	526.154,3257	526.154,3257

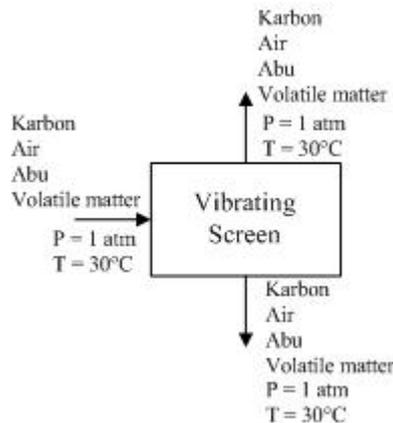
4.2.6 Ball Mill



Tabel 4.17 Neraca Panas Sekitar Ball Mill

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	1.952,9181	
Recycle	292,9377	
Produk		2.245,8558
Total	2.245,8558	2.245,8558

4.2.7 Vibrating Screen



Tabel 4.18 Neraca Panas Sekitar Vibrating Screen

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Umpan	2.245,8558	
Recycle		292,9377
Produk		1.952,9181
Total	2.245,8558	2.245,8558

BAB V

SPESIFIKASI ALAT PROSES

5.1. Loading Ramp (F – 111)

Fungsi : sebagai tempat penerimaan (bongkar muat) bahan baku dari truk ke pabrik.

Jenis : Loading Ramp

Dasar pemilihan : cocok untuk bongkar muat bahan *free flowing*.

Bahan konstruksi : plat besi

Volume : 250,4932 m³

Spesifikasi :

- Panjang loading ramp : 18,4320 m
- Lebar loading ramp : 3,6864 m
- Tinggi loading ramp : 3,6864 m
- Sudut kemiringan : 30°C
- Kapasitas pintu : 7.231,8488 kg
- Panjang pintu : 1,2288 m
- Lebar pintu : 0,5 m
- Jarak sekat : 0,02 m

Jumlah : 1 unit

5.2. Belt Conveyor (J – 112)

Fungsi : mengangkut serbuk gergaji dari loading ramp ke bucket elevator.

Jenis : Troughed Belt on 20° Idlers

Dasar pemilihan : cocok untuk bahan yang ukurannya cenderung seragam, sangat basah atau sangat kering.

Bahan konstruksi : Carbon Steel

Kondisi operasi :

- Suhu : 30°C
- Tekanan : 1 atm (14,7 psi)

Kapasitas : 2.259,9527 kg

Spesifikasi	:
- <i>Belt width</i>	: 0,3556 m
- <i>Cross – sectional</i>	: 0,0102 m ²
- <i>Belt plies</i>	: 3 – 5 lapis
- <i>Max. lump size</i>	: 80% under 0,0508 m, 20% 0,0762 m
- <i>Belt speed</i>	: 60,96 – 91,44 m/menit
- Panjang <i>belt</i>	: 6,096 m
Daya	: 2 hp
Jumlah	: 1 unit

5.3. Bucket Elevator (J – 113)

Fungsi	: mengangkut bahan baku dari truk ke <i>bin storage</i> .
Jenis	: Centrifugal – Discharge Buckets
Dasar pemilihan	: cocok untuk material <i>free flowing</i> atau material yang memiliki bongkahan kecil, serta untuk material yang memiliki bulk dencity rendah (di bawah 641 kg/m ³)
Bahan konstruksi	: Malleable Iron
Kondisi operasi	:
- Suhu	: 30°C
- Tekanan	: 1 atm (14,7 psi)
Kapasitas	: 2.259,9527 kg
Spesifikasi	:
- <i>Width</i>	: 0,1524 m
- <i>Projection</i>	: 0,1016 m
- <i>Depth</i>	: 0,1080 m
- <i>Bucket spacing</i>	: 0,3048 m
- Lebar <i>belt</i>	: 0,1778 m
- Tinggi <i>bucket</i>	: 17,8898 m
- Kecepatan	: 11,0738 m/menit
- Putaran <i>head shaft</i>	: 7 rpm
Daya	: 3 hp

Jumlah : 1 unit

5.4. Silo (F – 110)

Fungsi : menampung bahan baku serbuk gergaji untuk kapasitas produksi selama 5 hari.

Jenis : Bin Storage, silinder tegak dengan tutup atas flat dan tutup bawah konis terpancung (*conical bottom head*).

Dasar pemilihan : cocok untuk menyimpan padatan, tutup bawah konis pada silo memudahkan pengeluaran padatan serbuk gergaji.

Bahan konstruksi : SA – 283 Grade C

Kondisi operasi :

- Suhu : 30°C

- Tekanan : 1 atm (14,7 psi)

Kapasitas : 626,2329 m³

Spesifikasi :

- Diameter *shell* : 7,1673 m

- Diameter konis : 0,0566 m

- Tebal *shell* : 0,0048 m

- Tebal konis : 0,0127 in

- Tinggi *silo* : 17,8898 m

- Tekanan desain : 1,2498 atm

Jumlah : 1 unit

5.5. Belt Conveyor (J – 121)

Fungsi : mengangkat serbuk gergaji dari silo ke rotary dryer.

Jenis : Troughed Belt on 20° Idlers

Dasar pemilihan : cocok untuk bahan yang ukurannya cenderung seragam, sangat basah, atau sangat kering.

Bahan konstruksi : Carbon Steel

Kondisi operasi :

- Suhu : 30°C
- Tekanan : 1 atm (14,7 psi)
- Kapasitas : 2.259,9527 kg
- Spesifikasi :
- *Belt width* : 0,3556 m
- *Cross – sectional* : 0,0102 m²
- *Belt plies* : 3 – 5 lapis
- *Max. lump size* : 80% *under* 0,0508 m, 20% 0,0762 m
- *Belt speed* : 60,96 – 91,44 m/menit
- Panjang *belt* : 6,096 m
- Daya : 2 hp
- Jumlah : 1 unit

5.6. Rotary Dryer (B – 120)

- Fungsi : mengurangi kadar air dalam serbuk gergaji
- Jenis : Indirect – Heat Rotary Steam – Tube Dryers
- Dasar pemilihan : cocok sebagai pengering atau pemanas secara kontinyu untuk material bahan butiran maupun padatan yang berbentuk serbuk.
- Bahan konstruksi : 304 Stainless Steel
- Kondisi operasi :
- Suhu : 30°C
- Tekanan : 1 atm (14,7 psi)
- Kapasitas : 5,2186 m³
- Spesifikasi :
- Luas permukaan : 0,7653 m²
- Diameter : 0,965 m
- Panjang : 4,572 m
- Putaran : 6 rpm
- *Tube steam OD* : 0,114 m
- Jumlah *tube* : 14
- Isolasi : 0,1270 m menggunakan bata tahan api

Daya : 2,2 hp

Waktu tinggal : 5,4 menit

Jumlah : 1 unit

5.7. Screw Conveyor (J – 131)

Fungsi : membawa serbuk gergaji keluaran rotary steam tube dryer menuju vibrating screen.

Jenis : Sectional Screw Conveyor

Dasar pemilihan : dapat digunakan untuk jarak handling padatan yang tidak terlalu jauh dan dapat digunakan untuk handling padatan dengan range ukuran yang seragam.

Bahan konstruksi : 316 Stainless Steel

Kondisi operasi :

- Suhu : 30°C

- Tekanan : 1 atm (14,7 psi)

Kapasitas : 4,0432 m³

Spesifikasi :

- Diameter *flights* : 0,2286 m

- Diameter *shafts* : 0,0508 m

- Diameter pipa : 0,0635 m

- Kecepatan *screw* : 40 rpm

- Panjang *screw* : 4,5720 m

Daya : 0,43 hp

Jumlah : 1 unit

5.8. Screen (S – 132)

Fungsi : memisahkan serbuk gergaji kayu dari ukuran besar.

Jenis : Vibrating Screen

Dasar pemilihan : efisiensi tinggi, hasil yang diperoleh dari vibrating screen lebih seragam dan perawatan murah.

Bahan konstruksi : Stainless Steel

Kondisi operasi	:	
- Suhu	:	30°C
- Tekanan	:	1 atm (14,7 psi)
Kapasitas	:	1.750,9447 kg
Spesifikasi	:	
- No. Ayakan	:	No. 12 (0,0017 m)
- Buka an ayakan	:	0,0017 m
- Diameter <i>wire</i>	:	0,0008 m
- <i>Tyler equivalent</i>	:	10 mesh
- Panjang	:	1,0843 m
- Lebar	:	0,7228 m
- Kecepatan getaran	:	2700 vibrasi/menit
Daya	:	4 hp
Jumlah	:	1 unit

5.9. Screw Conveyor (J – 133)

Fungsi	:	membawa serbuk gergaji yang lolos dari vibrating screen ke rotary calciner.
Jenis	:	Sectionel Screw Conveyor
Dasar pemilihan	:	dapat digunakan untuk jarak <i>handling</i> padatan yang tidak terlalu jauh dan dapat digunakan untuk <i>handling</i> padatan dengan <i>range</i> ukuran yang seragam.
Bahan konstruksi	:	316 Stainless Steel
Kondisi operasi	:	
- Suhu	:	93°C
- Tekanan	:	1 atm (14,7 psi)
Kapasitas	:	3,9624 m ³
Spesifikasi	:	
- Diameter <i>flights</i>	:	0,2286 m
- Diameter <i>shafts</i>	:	0,0508 m
- Diameter pipa	:	0,0635 m

- Kecepatan *screw* : 40 rpm
- Panjang *screw* : 4,5720 m
- Daya : 0,43 hp
- Jumlah : 1 unit

5.10. Rotary Calciner (B – 130)

- Fungsi : memanaskan serbuk gergaji hingga menjadi arang, tempat terjadinya proses dekomposisi.
- Jenis : Indirect – Heat Rotary Calciner
- Dasar pemilihan : cocok untuk pemanasan pada suhu 450°C atau lebih.
- Bahan konstruksi : 316 Stainless Steel
- Kondisi operasi :
- Suhu : 450°C
 - Tekanan : 1 atm (14,7 psi)
- Kapasitas : 3,9624 m³
- Spesifikasi :
- Diameter : 1,2192 m
 - Panjang total : 12,1920 m
 - Panjang ruang pemanas : 9,1440 m
 - Luas permukaan : 1,9800 m²
 - Isolasi rotary calciner : 0,1524 m (bata tahan api)
- Daya : 7,5 hp
- Waktu tinggal : 5,4 menit
- Jumlah : 1 unit

5.11. Screw Conveyor (J – 211)

- Fungsi : membawa arang dari rotary calciner ke rotary kiln untuk reaksi aktivasi.
- Jenis : Sectional Screw Conveyor
- Dasar pemilihan : dapat digunakan untuk jarak *handling* padatan yang tidak terlalu jauh dan dapat digunakan untuk *handling* padatan dengan *range* ukuran yang

seragam.

Bahan konstruksi : 316 Stainless Steel

Kondisi operasi :

- Suhu : 450°C

- Tekanan : 1 atm (14,7 psi)

Kapasitas : 5,7191 m³

Spesifikasi :

- Diameter flights : 0,2540 m

- Diameter shafts : 0,0508 m

- Diameter pipa : 0,0635 m

- Kecepatan screw : 55 rpm

- Panjang screw : 4,5720 m

Daya : 0,85 hp

Jumlah : 1 unit

5.12. Rotary Kiln (B – 210)

Fungsi : tempat terjadinya reaksi aktivasi arang atau karbon menjadi karbon aktif.

Jenis : Continuous External Heat Rotary Kiln

Dasar pemilihan : cocok untuk operasi pada suhu tinggi

Bahan konstruksi : SA – 240 Grade T

Kondisi operasi :

- Suhu : 700°C

- Tekanan : 1 atm (14,7 psi)

Kapasitas : 419,8869 kg

Spesifikasi :

- Diameter dalam : 1,5174 m

- Diameter luar : 1,5269 m

- Panjang : 13,0392 m

- Luas penampang : 1,5109 m²

- Tekanan desain : 1,0107 atm

- Tebal *kiln* : 0,0048 m

- Kecepatan putar	: 6 rpm
- Jumlah <i>flight</i>	: 2 buah
- Tinggi <i>flight</i>	: 0,1897 m
- Jarak <i>flight</i>	: 1,5269 m
- <i>Slope</i>	: 3°
- Jumlah gigi <i>gear</i>	: 170 buah
- Jumlah gigi <i>pinion</i>	: 35 buah
- Diameter <i>pitch gear</i>	: 2,7432 m
- Diameter <i>pitch pinion</i>	: 0,5662 m
- Putaran <i>pinion</i>	: 23 rpm
- Putaran <i>gear</i>	: 4,69 rpm
- <i>Pitch line velocity gear</i>	: 40,5028 m/menit
- <i>Pitch line velocity pinion</i>	: 40,3980 m/menit
- Lebar permukaan	: 0,2022 m
- <i>Safe strength pinion</i>	: 4.952,8164 kg
- <i>Safe strength gear</i>	: 5.688,1386 kg
- Isolasi dalam	: 0,065 m (bata tahan api)
- Isolasi luar	: 1,8623 m (asbestos)
- Berat total <i>rotary kiln</i>	: 16.031,2062 kg
- Koef. Perpindahan panas	: 69,6720 J/m ² .s.K
- Diameter poros	: 0,0002 m
- Putaran <i>roll support</i>	: 32,7282 rpm
Daya	: 17 hp
Waktu tinggal	: 5,4 menit
Jumlah	: 1 unit

5.13. Cooling Screw Conveyor (J – 310)

Fungsi	: mendinginkan karbon aktif keluaran rotary kiln.
Jenis	: Indirect Cooling Screw Conveyor
Dasar pemilihan	: cocok untuk mendinginkan bahan curah keluaran rotary kiln.
Bahan konstruksi	: 316 Stainless Steel

Kondisi operasi :

- Suhu : 30°C
- Tekanan : 1 atm (14,7 psi)

Kapasitas : 5,6753 m³

Spesifikasi :

- Diameter : 1,4704 m
- Panjang : 2,9409 m
- Kecepatan : 55 rpm
- Luas : 19,2967 m²

Daya : 1,5 hp

Jumlah : 1 unit

5.14. Bucket Elevator (J – 321)

Fungsi : mengangkut karbon aktif dari cooling screw conveyor ke ball mill.

Jenis : Centrifugal – Discharge Buckets

Dasar pemilihan : cocok untuk material free flowing atau material yang memiliki bongkahan kecil, serta untuk material yang memiliki bulk density rendah (di bawah 641 kg/m³)

Bahan konstruksi : Malleable Iron

Kondisi operasi :

- Suhu : 30°C
- Tekanan : 1 atm (14,7 psi)

Kapasitas : 454,5455 kg

Spesifikasi :

- *Width* : 0,1524 m
- *Projection* : 0,1016 m
- *Depth* : 0,1080 m
- *Bucket spacing* : 0,3048 m
- Lebar *belt* : 0,1778 m
- Tinggi bucket elevator : 7,6200 m

- Kecepatan : 2,2266 m/menit
- Putaran head shaft : 1,3961 rpm
- Daya : 2 hp
- Jumlah : 1 unit

5.15. Ball Mill (C – 320)

- Fungsi : menghaluskan karbon aktif hingga berukuran 100 mesh.
- Jenis : Marcy Ball Mill
- Dasar pemilihan : cocok untuk menghaluskan karbon aktif hingga berbentuk bubuk.
- Bahan konstruksi : Stainless Steel
- Kondisi operasi :
 - Suhu : 30°C
 - Tekanan : 1 atm (14,7 psi)
- Kapasitas : 522,7273 kg/jam
- Spesifikasi :
 - No. 100 *sieve*
 - *Size* : 4 × 3
 - Berat bola baja : 2.730 kg
 - Diameter bola baja I : 0,1270 m
 - Berat 1 bola baja I : 5,1456 kg
 - Jumlah bola baja I : 177 bola
 - Diameter bola baja II : 0,0889 m
 - Berat 1 bola baja II : 1,7649 kg
 - Jumlah bola baja II : 516 bola
 - Diameter bola baja III : 0,0635 m
 - Berat 1 bola baja III : 0,6432 kg
 - Jumlah bola baja III : 1.415 bola
 - Kecepatan *mill* : 30 rpm
- Daya : 22 hp
- Jumlah : 1 unit

5.16. Belt Conveyor (J – 331)

Fungsi	: mengangkut karbon aktif dari ball mill ke vibrating screen.
Jenis	: Troughed Belt on 20° Idlers
Dasar pemilihan	: cocok untuk bahan yang ukurannya cenderung seragam, sangat basah, atau sangat kering.
Bahan konstruksi	: Carbon Steel
Kondisi operasi	:
- Suhu	: 30°C
- Tekanan	: 1 atm (14,7 psi)
Kapasitas	: 522,7273 kg
Spesifikasi	:
- <i>Belt width</i>	: 0,3556 m
- <i>Cross – sectional</i>	: 0,0102 m ²
- <i>Belt plies</i>	: 3 – 5 lapis
- <i>Max. lump size</i>	: 80% under 0,0508 m, 20% 0,0762 m
- <i>Belt speed</i>	: 60,96 – 91,44 m/menit
- <i>Panjang belt</i>	: 6,096 m
Daya	: 2 hp
Jumlah	: 1 unit

5.17. Screen (S – 330)

Fungsi	: memisahkan karbon aktif dari ukuran besar.
Jenis	: Vibrating Screen
Dasar pemilihan	: efisiensi tinggi, hasil yang diperoleh dari vibrating screen lebih seragam dan perawatan murah.
Bahan konstruksi	: 304 Stainless Steel
Kondisi operasi	:
- Suhu	: 30°C
- Tekanan	: 1 atm (14,7 psi)
Kapasitas	: 522,7273 kg
Spesifikasi	:

- No. Ayakan : No. 100 (0,0001 m)
- Bukaannya : 0,0001 m
- Diameter *wire* : 0,0001 m
- *Tyler equivalent* : 100 mesh
- Panjang : 47,1589 m
- Lebar : 31,4393 m
- Kecepatan getaran : 2700 vibrasi/menit
- Luas screen : 1.482,5934 m²

Daya : 4 hp

Jumlah : 1 unit

5.18. Bucket Elevator (J – 322)

Fungsi : megangkut karbon aktif oversize (tidak lolos screen) kembali ke ball mill.

Jenis : Centrifugal – Discharge Buckets

Dasar pemilihan : cocok untuk material free flowing atau material yang memiliki bongkahan kecil, serta untuk material yang memiliki bulk density rendah (di bawah 641 kg/m³).

Bahan konstruksi : Malleable Iron

Kondisi operasi :

- Suhu : 30°C
- Tekanan : 1 atm (14,7 psi)

Kapasitas : 68,1818 kg

Spesifikasi :

- *Width* : 0,1524 m
- *Projection* : 0,1016 m
- *Depth* : 0,1080 m
- *Bucket spacing* : 0,3048 m
- Lebar *belt* : 0,1778 m
- Tinggi *bucket elevator* : 7,6200 m
- Kecepatan *bucket elevator* : 0,3340 m/menit

- Putaran *head shaft* : 0,2094 rpm

Daya : 2 hp

Jumlah : 1 unit

5.19. Bucket Elevator (J – 341)

Fungsi : mengangkut produk karbon aktif lolos screen menuju silo produk.

Jenis : Centrifugal – Discharge Buckets

Dasar pemilihan : cocok untuk material *free flowing* atau material yang memiliki bongkahan kecil, serta untuk material yang memiliki *bulk density* rendah (di bawah 641 kg/m³).

Bahan konstruksi : Malleable Iron

Kondisi operasi :

- Suhu : 30°C

- Tekanan : 1 atm (14,7 psi)

Kapasitas : 454,5455 kg

Spesifikasi :

- Width : 0,1524 m

- Projection : 0,1016 m

- Depth : 0,1080 m

- Bucket spacing : 0,3048 m

- Lebar belt : 0,1778 m

- Tinggi bucket elevator : 18,3970 m

- Kecepatan bucket elevator : 2,2266 m/menit

- Putaran head shaft : 1,3961 rpm

Daya : 3 hp

Jumlah : 1 unit

5.20. Silo (F – 340)

Fungsi : menampung produk karbon aktif untuk kapasitas produksi selama 5 hari.

Jenis : *bin storage*, silinder tegak dengan tutup atas flat

	dan tutup bawah konis terpancung (<i>conical bottom head</i>)
Dasar pemilihan	: cocok untuk menyimpan padatan, tutup bawah konis pada silo memudahkan pengeluaran padatan karbon aktif.
Bahan konstruksi	: SA – 283 Grade C
Kondisi operasi	:
- Suhu	: 30°C
- Tekanan	: 1 atm (14,7 psi)
Kapasitas	: 681,0323 m ³
Spesifikasi	:
- Diameter <i>shell</i>	: 7,3705 m
- Diameter konis	: 0,0586 m
- Tebal <i>shell</i>	: 0,0095 m
- Tebal konis	: 0,0127 m
- Tinggi <i>silo</i>	: 18,3970 m
- Tekanan desain	: 1,1286 atm
Jumlah	: 1 unit

5.21. Belt Conveyor (J – 342)

Fungsi	: mengangkut produk karbon aktif dari silo ke <i>packing</i> .
Jenis	: Troughed Belt on 20° Idlers
Dasar pemilihan	: cocok untuk bahan yang ukurannya cenderung seragam, sangat basah, atau sangat kering.
Bahan konstruksi	: Carbon Steel
Kondisi operasi	:
- Suhu	: 30°C
- Tekanan	: 1 atm (14,7 psi)
Kapasitas	: 450 kg/jam
Spesifikasi	:
- <i>Belt width</i>	: 0,3556 m

- *Cross – sectional* : 0,0102 m²
 - *Belt plies* : 3 – 5 lapis
 - *Max. lump size* : 80% *under* 2 in, 20% 3 in
 - *Belt speed* : 60,96 – 91,44 m/menit
 - *Panjang belt* : 6,096 m
- Daya : 2 hp
Jumlah : 1 unit

BAB VI

UTILITAS

6.1. Unit Penyediaan Proses

Unit pendukung proses atau sering pula disebut unit utilitas merupakan unit penunjang bagi unit-unit lainnya atau sarana penunjang proses untuk menjalankan suatu pabrik dengan baik dari tahap awal sampai produk akhir. Pada umumnya, utilitas dalam pabrik proses meliputi air, *steam*, udara tekan, bahan bakar, listrik dan pengolahan limbah. Penyediaan utilitas dapat dilakukan secara langsung dimana utilitas diproduksi di dalam pabrik tersebut atau secara tidak langsung yang diperoleh dengan membeli ke perusahaan-perusahaan yang menjualnya. Unit pendukung proses yang terdapat dalam pabrik *Karbon Aktif* antara lain :

6.1.1. Unit Penyediaan Air

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

1. Air untuk penyediaan umum dan sanitasi

Air untuk keperluan umum adalah air yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan pegawai seperti untuk mandi, cuci, kakus (MCK) dan untuk kebutuhan kantor lainnya. Beberapa persyaratan untuk air sanitasi adalah sebagai berikut :

- a. Syarat fisis, di bawah suhu udara, tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau, zat padat terlarut yang rendah, serta tidak keruh atau jernih.
- b. Syarat kimia, tidak mengandung zat kimia yang berbahaya bagi kesehatan, tidak asam dan tidak basa (netral), pH 6,5 hingga 9.
- c. Syarat biologis (bakteriologis), tidak mengandung kuman/bakteri terutama bakteri patogen.

(Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416/MENKES/IX/1990)

Air yang diperlukan untuk keperluan umum ini adalah sebesar :

a. Air untuk kantor

Kebutuhan air untuk karyawan = 5 kg/jam

Air untuk kebutuhan 107 karyawan = 535 kg/jam

- b. Air untuk laboratorium, poliklinik, dan bengkel
Air untuk keperluan ini diperkirakan = 100 kg/jam
- c. Air untuk kebersihan dan pertamanan
Air untuk keperluan ini diperkirakan = 150 kg/jam
- d. Air untuk kantin dan musholla
Air untuk keperluan ini diperkirakan = 100 kg/jam

Sehingga total kebutuhan air untuk keperluan umum sebanyak 885 kg/jam.

2. Air pendingin

Air pendingin yang digunakan adalah air sungai yang diperoleh dari aliran Sungai Samak yang letaknya cukup dekat dengan pabrik. Air pendingin merupakan air yang diperlukan untuk proses pendinginan karbon aktif dalam cooling screw conveyor dengan tujuan memindahkan panas suatu zat di dalam aliran ke dalam air pendingin tersebut. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penyediaan air pendingin adalah :

- a. Air harus bersih, tidak terdapat partikel-partikel kasar seperti batu dan kerikil maupun partikel-partikel halus seperti pasir dan tanah.
- b. Kesadahan air yang dapat menyebabkan terjadinya *scale* (kerak) pada sistem perpipaan.
- c. Mikroorganisme seperti bakteri dan plankton yang tinggal dalam air sungai kemudian tumbuh dan berkembang sehingga dapat menyebabkan *fouling* pada alat.
- d. Besi yang dapat menimbulkan korosi.
- e. Minyak yang dapat menyebabkan terganggunya *film corrosion inhibitor*, menurunkan *heat transfer coefficient* dan dapat menjadi makanan mikroba sehingga menimbulkan endapan.

Kualitas standar air pendingin yaitu :

- a. *Ca hardness* sebagai CaCO_3 : < 150 ppm
- b. *Mg hardness* sebagai MgCO_3 : < 100 ppm
- c. Silika sebagai SiO_2 : < 200 ppm
- d. Turbiditas : < 10
- e. Cl^- dan SO_4^{2-} : < 1.000 ppm

- f. pH : 6,5 – 8
- g. Ca²⁺ : max. 300 ppm
- h. Silika : max. 150 ppm
- i. TDS : max. 2.500 ppm

Total air pendingin yang diperlukan sebanyak 3.066,1112 kg/jam. Peralatan yang menggunakan air pendingin tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 6.1 Air Pendingin

Nama Alat	Kebutuhan Air Pendingin (kg/jam)
Cooling Screw Conveyor	2.787,3738
Jumlah kebutuhan	2.787,3738
Over design 10%, kebutuhan air pendingin	3.066,1112
Recovery 90%, maka make-up air pendingin	306,6111

Air pendingin diproduksi oleh menara pendingin (*Cooling Tower*). Unit air pendingin ini mengolah air dengan proses pendinginan dari suhu 70°C menjadi 30°C. Seluruh air pendingin yang keluar dari media perpindahan panas di area proses akan disirkulasikan dan didinginkan kembali di dalam *Cooling Tower*. Penguapan dan kebocoran air akan terjadi di dalam *Cooling Tower* ini. Oleh karena itu, untuk menjaga jumlah air pendingin maka harus ditambahkan air *make-up* yang jumlahnya sesuai dengan jumlah yang hilang.

Sistem resirkulasi yang dipergunakan bagi air pendingin ini adalah sistem terbuka. Sistem ini akan memungkinkan berbagai penghematan dalam hal biaya penyediaan utilitas khususnya untuk air pendingin. Udara bebas akan digunakan sebagai pendingin dari air panas yang terbentuk sebagai produk dari proses perpindahan panas. Proses pendinginan di *Cooling Tower* adalah sebagai berikut :

1. *Cooling Water* yang telah menyerap panas di proses pabrik dialirkan kembali ke *Cooling Tower* untuk didinginkan.
2. Air dialirkan ke bagian atas *Cooling Tower* kemudian dijatuhkan ke bawah dan akan terjadi kontak dengan aliran udara yang dihisap oleh *Induce Draft (ID) Fan*.
3. Akibat kontak dengan aliran udara maka terjadi proses pengambilan panas dari air oleh udara dan juga terjadi proses penguapan sebagian air dengan melepas panas laten yang akan mendinginkan air yang jatuh ke bawah.

- Air yang telah menjadi dingin tersebut dapat ditampung di Basin dan dapat dipergunakan kembali sebagai *Cooling Water*.
- Air dingin dari Basin dikirim kembali untuk mendinginkan proses di pabrik menggunakan pompa sirkulasi *Cooling Water*.
- Pada proses pendinginan di *Cooling Tower* sebagian air akan menguap dengan mengambil panas laten. Oleh karena itu, harus ditambahkan air *make-up* dari *Water Treatment Plant*.

3. Air umpan boiler

Steam adalah media pemanas dalam proses produksi. *Steam* yang digunakan adalah *superheated steam* dengan temperatur 750°C . Untuk menghasilkan *steam*, diperlukan air sebagai umpan boiler, dimana air tersebut harus terbebas dari ion-ion logam yang dapat menyebabkan kesadahan sehingga menimbulkan endapan dan kerak pada boiler, akibatnya mengurangi proses perpindahan panas atau dengan kata lain dapat menurunkan efisiensi boiler. Pembebasan ion-ion dilakukan dengan cara demineralisasi melalui tangki penukar ion. Air yang telah didemineralisasi, di tampung dalam bak penampung umpan boiler. Syarat air umpan boiler adalah sebagai berikut (Perry's hal. 9 – 76) :

- Total padatan (TDS) = 3500 ppm
- Alkalinitas terlarut = 700 ppm
- Padatan terlarut = 300 ppm
- Silika = 60100 ppm
- Kesadahan = –
- Kekeruhan = 175 ppm

Selain memenuhi persyaratan tersebut, air umpan boiler harus bebas dari :

- Zat-zat yang menyebabkan korosi. Korosi yang terjadi di dalam boiler disebabkan karena air mengandung larutan-larutan asam dan gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S , dan NH_3 yang masuk baik karena aerasi maupun kontak dengan udara.
- Zat-zat yang dapat menyebabkan pembentukan kerak (*scale*). Pembentukan kerak disebabkan karena kesadahan seperti adanya garam-garam karbonat dan silika serta karena suhu tinggi.

3. Zat yang dapat menyebabkan *foaming*. *Foaming* biasanya dikarenakan adanya zat-zat organik dan zat-zat yang tidak terlarut dalam jumlah besar.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut dan mencegah kerusakan boiler, maka air umpan boiler harus diolah terlebih dahulu melalui :

1. Demineralisasi, untuk menghilangkan ion-ion pengganggu. Air demin sebelum menjadi air umpan boiler harus dihilangkan dahulu gas-gas terlarutnya terutama O₂ dan CO₂ melalui proses deaerasi. O₂ dan CO₂ dapat menyebabkan korosi pada perpipaan dan *tube-tube* boiler.
2. Daerator, untuk menghilangkan gas-gas terlarut. Proses deaerasi dilakukan di daerator dalam 2 tahap, yaitu :

Mekanis : proses *stripping* dengan LP (*Low Pressure*) *steam* dapat menghilangkan oksigen sampai 0,007 ppm.

Kimia : reaksi dengan N₂H₄ (*hydrazine*) dapat menghilangkan sisa oksigen. $N_2H_4 + O_2 \rightarrow N_2 + H_2O$

3. Proses deaerasi
 - Air demin dan kondensat dihilangkan kandungan O₂ dan gas-gas terlarut (CO₂) melalui proses *stripping* dengan LP *steam* dan reaksi dengan *hydrazine* (N₂H₄).
 - pH dinaikkan menjadi 9,0 dengan injeksi NH₃ ke aliran alir.
 - Keluaran daerator disebut *Boiler Feed Water* (BFW).

(Adang, P. 2001. *Technical Training* Proses Pembentukan *Steam*)

Adapun peralatan-peralatan yang membutuhkan *steam* adalah sebagai berikut :

Tabel 6.2 Kebutuhan *Steam*

Nama Alat	Kebutuhan <i>Steam</i> (kg/jam)
Rotary Kiln	5,2695
Jumlah kebutuhan	5,2695
Over design 10%, kebutuhan air umpan boiler	5,7965
Recovery 0%, sehingga make-up	5,7965

4. Air pemadam kebakaran

Kebutuhan air ini sangat diperlukan jika suatu saat terjadi musibah kebakaran yang meimpa salah satu bagian dari pabrik. Penggunaan air untuk keperluan ini tidak dilakukan secara kontinyu tetapi hanya bersifat insidental

hanya bila terjadi kebakaran. Dalam praktiknya, kebutuhan air ini disalurkan melalui pipa *hydrant* yang tersambung melalui saluran yang melintasi seluruh lokasi pabrik. Pipa-pipa *hydrant* terutama dipersiapkan pada lokasi pabrik yang cukup strategis dengan pertimbangan utama adalah agar memudahkan menjangkau semua area pabrik.

Perkiraan jumlah air yang dibutuhkan untuk pemadam kebakaran sekitar 400 kg/jam yang akan ditampung dalam bak awal. Fasilitas pemadam kebakaran seperti *fire hydrant* perlu ditempatkan pada tempat-tempat strategis, disamping itu disediakan pula *portable fire fighting equipment* pada setiap ruangan dan tempat-tempat yang mudah dicapai. Dengan adanya fasilitas ini diharapkan keselamatan dan kesehatan kerja pabrik dapat tetap terjaga.

Secara keseluruhan, total kebutuhan air adalah sebanyak 4.669,3153 kg/jam, dengan perincian sebagai berikut :

Tabel 6.3 Kebutuhan Air Pabrik

No.	Penggunaan	Jumlah (kg/jam)
1	Keperluan umum	885,0000
2	Pembangkit <i>steam</i>	5,7965
3	<i>Make-up</i> boiler	5,7965
3	Air pendingin	3.066,1112
4	<i>Make-up</i> air pendingin	306,6111
4	<i>Air hydrant</i>	400,0000
Total		4.669,3153

Air yang digunakan dalam pabrik ini, seperti air umpan boiler, air pendingin, dan lainnya diperoleh dari air sungai. Untuk mendapatkan spesifikasi air sesuai dengan baku mutu yang ada maka dilakukan pengolahan dengan beberapa tahap.

1. Tahap penyaringan awal

Bahan baku air diambil dari sungai. Air sungai dialirkan dari daerah terbuka ke *water intake system* yang terdiri dari *screen* dan pompa. *Screen* digunakan untuk memisahkan kotoran-kotoran berukuran besar pada aliran *suction* pompa. Air yang tersaring oleh *screen* masuk ke *suction* pompa dan dialirkan melalui pipa masuk ke unit pengolahan air.

2. Tahap pengendapan

Air masuk ke dalam bak sedimentasi untuk mengendapkan dan memisahkan lumpur yang mungkin terbawa, yang dapat menyebabkan gangguan *fouling* di dalam proses penyediaan air bebas mineral. Partikel yang besar dihilangkan dengan penyaringan, tetapi kolodial yang ada dilepas melalui proses klarifikasi dalam penetralan dan penggumpalan (*coagulation*). Sebelum dikeluarkan dilakukan injeksi larutan PAC (*Poly Aluminium Chloride*).

Semua air alam mengandung bermacam-macam jenis dan jumlah pengotor. Kotoran ini dapat digolongkan sebagai berikut :

a. Padatan yang terlarut

Zat-zat padat yang terlarut terdiri dari bermacam-macam komposisi mineral-mineral seperti kalsium karbonat, magnesium karbonat, kalsium sulfat, magnesium sulfat, silika, sodium klorida, sodium sulfat, dan sejumlah kecil besi, mangan, florida, alumunium, dan lain-lain.

b. Gas-gas yang terlarut

Gas-gas yang terlarut biasanya adalah komponen dari udara walaupun biasanya jarang, seperti hidrogen sulfida, metana, oksigen, dan CO₂.

c. Zat yang tersuspensi

Dapat berupa kekeruhan (*turbidity*) yang terjadi dari bahan organik, mikro organik, tanah liat dan endapan lumpur, warna yang disebabkan oleh pembusukan tumbuh-tumbuhan dan lapisan endapan mineral seperti minyak.

Untuk menyempurnakan proses flokulasi dan penjernihan, digunakan bahan kimia koagulasi yaitu larutan PAC. PAC atau Poly Aluminium Chloride adalah suatu persenyawaan anorganik kompleks, ion hidroksidil serta ion alumunium bertarap klorinasi yang berlainan sebagai pembentuk *polynuclear* mempunyai rumus umum $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$, berbentuk cairan atau bubuk. Keunggulan PAC dibanding koagulan lainnya adalah :

- PAC dapat bekerja di tingkat pH yang lebih luas, dengan demikian tidak diperlukan pengoreksian terhadap pH, terkecuali bagi air tertentu.
- Kandungan belerang dengan dosis cukup akan mengoksidasi senyawa karboksilat rantai siklik membentuk alifatik dan gugusan rantai hidrokarbon

yang lebih pendek dan sederhana sehingga mudah untuk diikat membentuk flok.

- Kadar khlorida yang optimal dalam fasa cair yang bermuatan negatif akan cepat bereaksi dan merusak ikatan zat organik terutama ikatan karbon nitrogen yang umumnya dalam struktur ekuatik membentuk suatu makromolekul terutama gugusan protein, amina, amida, dan penyusun minyak dan lipida.
- PAC tidak menjadi keruh bila pemakaiannya berlebihan, sedangkan koagulan yang lain seperti alumunium sulfat, besi klorida, dan ferro sulfat, bila dosis berlebihan bagi air yang mempunyai kekeruhan rendah akan bertambah keruh. Jika digambarkan dengan suatu grafik untuk PAC adalah membentuk garis linier artinya jika dosis berlebih maka akan didapatkan hasil kekeruhan yang relatif sama dengan dosis optimum sehingga penghematan bahan kimia dapat dilakukan. Sedangkan untuk koagulan selain PAC memberikan grafik parabola terbuka artinya jika kelebihan atau kekurangan dosis akan menaikkan kekeruhan hasil akhir, hal ini perlu ketepatan dosis.
- PAC mengandung suatu polimer khusus dengan struktur polielektrolit yang dapat mengurangi atau tidak perlu sama sekali dalam pemakaian bahan pembantu, ini berarti disamping penyederhanaan juga penghematan untuk penjernihan air.
- Kandungan basa yang cukup akan menambah gugus hidroksil dalam air sehingga penurunan pH tidak terlalu ekstrim sehingga penghematan dalam penggunaan bahan untuk netralisasi dapat dilakukan.
- PAC lebih cepat membentuk flok daripada koagulan biasa, ini diakibatkan dari gugus aktif aluminat yang bekerja efektif dalam mengikat koloid yang ikatan ini diperkuat dengan rantai polimer dari gugus polielektrolit sehingga gumpalan floknya menjadi lebih padat, penambahan gugus hidroksil ke dalam rantai koloid yang hidrofobik akan menambah berat molekul, dengan demikian walaupun ukuran kolam pengendapan lebih kecil atau terjadi *over-load* bagi instalasi yang ada, kapasitas produksi relatif tidak terpegaruh.

Proses terjadinya koagulasi, flokulasi, dan penjernihan adalah sebagai berikut :

- Zat-zat pengotor dalam bentuk senyawa suspensi koloidal tersusun dari ion-ion bermuatan negatif yang saling tolak-menolak.
 - Ketika ion yang bermuatan positif dalam koagulan bertemu atau kontak dengan ion negatif tersebut pada kondisi pH tertentu, maka akan terbentuk flok.
 - Butiran partikel flok ini akan terus bertambah besar dan berat sehingga cenderung akan mengendap ke bawah.
 - Pada proses pembentukan flok, pH cenderung turun (asam). Untuk menjamin koagulasi yang efisien pada dosis bahan kimia yang minimal maka koagulan harus dicampur secara cepat dengan air. Proses pencampuran bahan kimia ini dilakukan di bak pengadukan cepat.
 - Tahap selanjutnya adalah menjaga pembentukan flok (flokulasi) dan mengendapkan partikel flok sambil memperhatikan pembentukan lapisan lumpur (*sludge blanket*), sehingga air yang jernih akan terpisah dari endapan flok. Proses ini terjadi di *clarifier*.
3. Lapisan lumpur juga berfungsi menahan flok yang baru terbentuk. Oleh karena itu harus dijaga tetap ada. Level lumpur dijaga dengan melakukan *blowdown*.
 4. Tahap penyaringan (*filtration*)

Air yang dipersiapkan sebagai bahan baku untuk proses pertukaran ion (*ion exchanger*) harus disaring untuk mencegah *fouling* di penukar ion yang disebabkan oleh kotoran yang terbawa. Sejumlah kotoran yang terbawa dikoagulasikan pada proses penjernihan. Bahan akan dihilangkan termasuk bahan organik, warna, dan bakteri. Selama operasi dari *filter*, kotoran yang masih terbawa pada air setelah mengalami proses penjernihan akan terlepas oleh *filter* dan terkumpul pada permukaan *bed*.

Penyaringan ini menggunakan saringan pasir (*sand filter*) dengan media penyaring berupa kerikil dan pasir. Apabila *sand filter* ini telah jenuh maka perlu dilakukan regenerasi dengan cara cuci aliran balik (*backwash*) dengan aliran yang lebih tinggi dari aliran filtrasi, hal ini dilakukan untuk melepaskan kotoran

(*suspended matters*) dari permukaan *filter* dan untuk memperluas bidang penyaringan. Setelah di-*backwash* dan *filter* dioperasikan kembali, air hasil saringan untuk beberapa menit pertama dikirim ke pembuangan, hal ini dilakukan untuk membersihkan sistem dari benda-benda padat yang masih terbawa dan setelah itu dibuang. Dari tangki air *filter*, air didistribusikan ke bak penampung air bersih.

5. Tahap demineralisasi

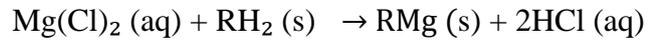
Fungsi dari demineralisasi adalah untuk membebaskan air dari unsur-unsur silika, sulfat, klorida, dan karbonat dengan menggunakan resin. Air yang telah mengalami proses ini disebut air demin (*deionized water*). Sistem demineralisasi disiapkan untuk mengolah air filter dengan penukaran ion (*ion exchanger*) untuk menghilangkan padatan yang terlarut dalam air dan menghasilkan air demin sebagai air umpan ketel (*boiler feed water*) untuk membangkitkan *steam*.

Untuk keperluan air umpan boiler, tidak cukup hanya air bersih sehingga masih perlu diperlukan lebih lanjut dengan cara penghilangan kandungan mineral yang berupa garam-garam terlarut. Garam terlarut di dalam air berikatan dalam bentuk ion positif (*cation*) dan negatif (*anion*). Ion-ion tersebut dihilangkan dengan cara pertukaran ion di alat penukar ion (*ion exchanger*).

Mula-mula air bersih (*filtered water*) dialirkan ke *cation exchanger* yang diisi resin *cation* yang akan mengikat *cation* dan melepaskan ion H^+ . Selanjutnya air mengalir ke *anion exchanger* dimana anion dalam air bertukar dengan ion OH^- dari resin anion. Pada *anion exchanger* dihasilkan H_2O sehingga air demin selalu bersifat netral.

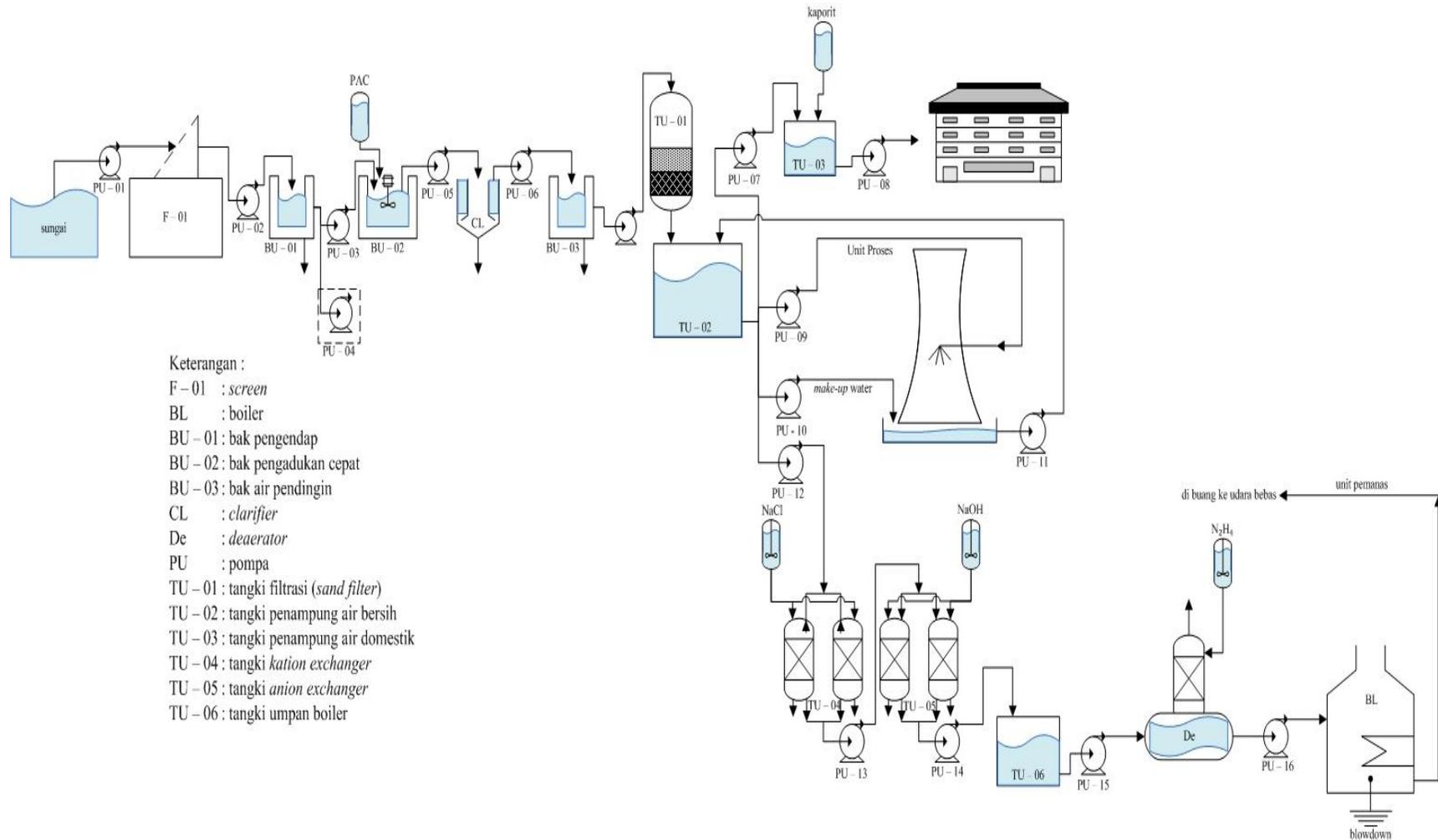
Air keluar dari *anion exchanger* hampir seluruh garam terlarutnya telah diikat. Setiap periode tertentu, resin yang dioperasikan untuk pelayanan akan mengalami kejenuhan dan tidak mampu mengikat kation/anion secara optimal. Untuk ini perlu dilakukan penyegaran/pengaktifan kembali dengan cara regenerasi. Regenerasi resin dilakukan dengan proses kebalikan dari operasi *service*. Resin *cation* menggunakan larutan NaCl sedangkan resin anion menggunakan larutan NaOH. Reaksi yang terjadi di *ion exchanger* :

- *Cation exchanger*



- *Anion exchanger*





Gambar 6.1 Diagram Pengolahan Air

6.1.2. Unit Penyediaan *Steam*

Sistem penyediaan *steam* terdiri dari deaerator dan boiler. Proses dearasi terjadi di dalam deaerator yang berfungsi untuk menghasilkan air bebas mineral (*demin water*) dari komponen udara melalui *spray, sparger* yang berkontak secara *counter current* dengan *steam*. *Demin water* yang sudah bebas dari komponen udara ditampung di dalam drum dari deaerator. Larutan *hydrazin* (N_2H_4) diinjeksikan ke dalam deaerator untuk mengikat gas O_2 yang terdapat pada air bebas mineral sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Kandungan oksigen keluar dari deaerator didesain tidak lebih besar dari 0,007 ppm. Pembentukan *steam* terjadi di dalam boiler. Untuk pabrik karbon aktif dibutuhkan *steam* dengan temperatur $750^\circ C$. Jenis boiler yang digunakan adalah *fire tube boiler* yang dilengkapi dengan Pressure Reducing Valve (PRV) yang berfungsi menurunkan tekanan sehingga sesuai dengan spesifikasi kebutuhan sistem, atau juga untuk kebutuhan keamanan dan keselamatan penggunaan yang bekerja secara otomatis.

6.1.3. Unit Pembangkit Tenaga Listrik

Unit ini berfungsi untuk memenuhi kebutuhan listrik di seluruh area pabrik, pemenuhan kebutuhan listrik dipenuhi oleh PLN dan sebagai cadangan adalah *generator set* untuk menghindari gangguan yang mungkin terjadi pada PLN. Kebutuhan listrik dapat dibagi menjadi :

- a. Listrik untuk proses

Tabel 6.4 Konsumsi Listrik Keperluan Proses

Nama Alat	Power (hp)	Jumlah	\sum power (hp)
Belt Conveyor (J – 112)	2,0000	1	2,0000
Bucket Elevator (J – 113)	3,0000	1	3,0000
Belt Conveyor (J – 121)	2,0000	1	2,0000
Rotary Steam Tube Dryer (B – 120)	2,2000	1	2,2000
Screw Conveyor (J – 131)	0,4300	1	0,4300
Vibrating Screen (S – 132)	4,0000	1	4,0000
Screw Conveyor (J – 133)	0,4300	1	0,4300
Rotary Calciner (B – 130)	7,5000	1	7,5000
Screw Conveyor (J – 211)	0,8500	1	0,8500

Nama Alat	Power (hp)	Jumlah	Σ power (hp)
Rotary Kiln (B – 120)	17,0000	1	17,0000
	2.098,1824		2.098,1824
Cooling Screw Conveyor (J – 310)	1,5000	1	1,5000
Bucket Elevator (J – 321)	2,0000	1	2,0000
Ball Mill (C – 320)	22,0000	1	22,0000
Belt Conveyor (J – 331)	2,0000	1	2,0000
Vibrating screen (s – 330)	4,0000	1	4,0000
Bucket elevator (J – 322)	2,0000	1	2,0000
Bucket elevator (J – 341)	3,0000	1	3,0000
Belt conveyor (J – 342)	2,0000	1	2,0000
Total			2.176,0924

Diketahui 1 hp = 0,7457 kW

Power yang dibutuhkan = 1.622,7121 kW

b. Listrik untuk utilitas

Tabel 6.5 Konsumsi Listrik Keperluan Utilitas

Nama Alat	Power (hp)	Jumlah	Σ power (hp)
BU – 02	0,5	1	0,5
CT	0,75	1	0,75
KU	1	1	1
PU – 01	1	1	1
PU – 02	1	1	1
PU – 03	1	1	1
PU – 04	1	1	1
PU – 05	1	1	1
PU – 06	1	1	1
PU – 07	1	1	1
PU – 08	1	1	1
PU – 09	1	1	1
PU – 10	1	1	1
PU – 11	1	1	1
PU – 12	1	1	1
PU – 13	1	1	1
PU – 14	1	1	1
PU – 15	1	1	1
PU – 16	1	1	1
PU – 17	1	1	1
PU – 18	1	1	1
Tangki N ₂ H ₄	0,5	1	0,5
Tangki NaCl	0,5	1	0,5
Tangki NaOH	0,5	1	0,5
Total			21,75

Pada utilitas, disediakan 2 pompa cadangan dengan power 1 hp untuk mengantisipasi apabila terdapat pompa yang rusak pada saat beroperasi.

Diketahui 1 hp = 0,7457 kW

Power yang dibutuhkan = 16,2190 kW

c. Listrik untuk penerangan dan AC

Listrik untuk penerangan diperkirakan = 100 kW

Listrik untuk AC diperkirakan = 5 kW

d. Listrik untuk laboratorium dan bengkel

Listrik untuk laboratorium dan bengkel diperkirakan = 40 kW

e. Listrik untuk instrumentasi

Listrik untuk instrumentasi diperkirakan = 5 kW

Total kebutuhan listrik total = 1.788,9311 kW

Emergency generator yang digunakan mempunyai efisiensi 90%, maka :

Input generator = 1.987,7012 kW

Ditetapkan = 2.000,0000 kW

Spesifikasi generator :

- Tipe = diesel generator
- Kapasitas = 2.000 kW
- Tegangan = 220 volt
- Frekuensi = 60 Hz
- Bahan bakar = solar

6.1.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada generator dan boiler. Bahan bakar yang digunakan dalam pabrik ini adalah serbuk gergaji yang tidak lolos pada *screen* dan bahan bakar cair yaitu solar yang diperoleh dari Pertamina. Pemilihan bahan bakar cair didasarkan pada pertimbangan sebagai berikut :

1. Mudah didapat
2. Tersedia secara kontinyu
3. Mudah dalam penyimpanan

Total kebutuhan solar sebesar 4.941,2902 liter/hari. Volume solar selama 7 hari adalah 996,1641 m³, solar ini ditampung dalam tangki bahan bakar sebagai bahan bakar generator. Sedangkan untuk bahan bakar boiler digunakan serbuk gergaji tersedia 29,1824 kg/jam.

6.1.5. Unit Penyediaan Udara Tekan

Kebutuhan udara dalam utilitas digunakan sebagai instrumentasi alat kendali untuk menggerakkan kontrol penumatis dan instrumen-instrumen lain. Udara instrumen bersumber dari udara di lingkungan pabrik, udara tersebut harus dinaikkan tekanannya dengan menggunakan *compressor*. Kebutuhan udara diperkirakan 50 m³/jam, alat yang digunakan adalah kompresor udara yang bertugas menaikkan tekanan udara dari atmosfer menjadi 1.3 atm. Efisiensi sebesar 65%, kecepatan udara sebesar 2,3249 kmol/jam, dengan daya yang digunakan sebesar 1 hp sesuai standar NEMA.

6.1.6. Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah pada perancangan pabrik Karbon Aktif ini bertujuan untuk mengolah dan memeriksa limbah atau cemaran yang dihasilkan agar memenuhi peraturan pemerintah atau tidak membahayakan lingkungan. Adapun limbah yang dihasilkan dari pabrik Karbon Aktif berupa limbah cair, limbah padat, dan limbah gas.

1. Limbah cair

Limbah cair dihasilkan dari air domestik perkantoran, kegiatan laboratorium, limbah minyak dan oli rubrikasi. Limbah air domestik dan limbah dari kegiatan laboratorium dikumpulkan pada penampungan khusus yang ditanami tanaman yang dapat menyerap limbah tersebut, misalnya tanaman talas, lompong, dan enceng gondok. Sebelum dibuang ke perairan, dilakukan pemeriksaan kadar parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan TSS (*Total Suspended Solid*).

2. Limbah padat

Limbah padat yang dihasilkan dari pabrik karbon aktif selama produksi yaitu serbuk gergaji yang tidak lolos screen yang kemudian diolah sebagai bahan bakar boiler. Sedangkan untuk limbah padat lainnya yaitu sampah diolah menjadi

pupuk kompos, bahan bakar alternatif untuk boiler, atau daur ulang kertas. Sementara untuk bahan kerasan dan plastik yang masih memiliki nilai ekonomi dijual ke pemanfaat berikutnya.

3. Limbah gas

Limbah gas biasanya berasal dari kondisi pembakaran yang tidak sempurna, sehingga menghasilkan gas CO, kadar CO ini normalnya berada pada tingkat 0,01% sampai 0,02%, kenaikan kadar CO sangat dihindari karena apabila bereaksi lanjut dengan oksigen akan menimbulkan panas (ledakan). Selain CO, polutan gas lainnya adalah NO_x, N₂, SO₂, CO₂, O₂ sisa. Komponen ini terkandung dalam batu bara yang digunakan sebagai bahan bakar dalam boiler. Limbah gas lainnya yaitu *volatile matter* seperti hidrogen, karbon monoksida, dan metan. Reaksi pada rotary kiln juga menghasilkan gas CO, H₂, dan juga H₂O. Penanganan limbah gas yaitu dengan membuat konstruksi cerobong asap setinggi mungkin. Konstruksi cerobong yang tinggi, maka gas buang dapat menyebar bersama gas bebas, sehingga kadar gas buang dapat ditekan sekecil mungkin.

6.2. Spesifikasi Alat Utilitas

1. Saringan (F – 01)

Fungsi : menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar, misalnya daun-daun, ranting, atau sampah lainnya.

Bahan : alumunium

Panjang : 3,0480 m

Lebar : 2,4384 m

Diameter : 0,0100 m

Jumlah : 1 unit

2. Bak pengendap I (BU – 01)

Fungsi : mengendapkan kotoran yang lebih halus partikel partikelnya, yang tidak tersaring pada saringan.

Bentuk : empat persegi panjang

Bahan : beton

Panjang : 4,7438 m

Lebar : 2,3719 m

- Tinggi : 3,0480 m
Jumlah : 1 unit
3. Bak pengaduk cepat (BU – 02)
Fungsi : menggumpalkan kotoran yang tidak mengendap di bak pengendap I dengan cara menambahkan koagulan (PAC).
Bentuk : empat persegi panjang
Bahan : beton
Panjang : 3,3218 m
Lebar : 2,2145 m
Tinggi : 1,1073 m
Jumlah : 1 unit
Bak pengaduk cepat dilengkapi dengan motor berkekuatan 0,5 hp.
4. Tangki larutan PAC (*Poly Aluminium Chloride*)
Fungsi : menyiapkan dan menyimpan larutan PAC 11% untuk 1 bulan operasi.
Bentuk : silinder tegak
Bahan : Carbon Steel SA – 283 Grade C
Diameter : 1,0439 m
Tinggi : 2,0878 m
Jumlah : 1 unit
5. *Clarifier*
Fungsi : mengendapkan gumpalan-gumpalan kotoran dari bak pengaduk cepat.
Bentuk : silinder terpancung
Bahan : beton
Dimensi : diameter atas = 2,2699 m
 diameter bawah = 1,3846 m
 tinggi = 3,0480 m
Jumlah : 1 unit

6. Bak pengendap II (BU – 03)
 - Fungsi : proses sedimentasi sebelum ke *sand filter*.
 - Bentuk : empat persegi panjang
 - Bahan : beton
 - Panjang : 4,1356 m
 - Lebar : 2,0678 m
 - Tinggi : 3,0480 m
 - Jumlah : 1 unit
7. Tangki filtrasi (*sand filter*)
 - Fungsi : menyaring partikel-partikel halus yang masih tersisa dalam air.
 - Bentuk : silinder tegak tertutup
 - Bahan : Carbon Steel SA – 283 Grade C
 - Dimensi : diameter luar = 0,4281 m
diameter = 0,4233 m
tebal tangki = 0,0048 m
tinggi tangki = 3,4290 m
 - Lapisan : tebal pasir = 0,3810 m
tebal kerikil = 0,7620 m
 - Jumlah : 1 unit
8. Tangki penampung air bersih (TU – 02)
 - Fungsi : menampung air bersih.
 - Bentuk : silinder tegak tertutup
 - Bahan : Carbon Steel SA – 283 Grade C
 - Diameter : 1,9904 m
 - Tinggi : 1,9904 m
 - Jumlah : 1 unit
9. Tangki penampung air domestik (TU – 03)
 - Fungsi : menampung air bersih untuk keperluan sehari-hari
 - Bentuk : silinder vertikal tertutup
 - Bahan : Carbon Steel SA – 283 Grade C

Diameter : 5,4928 m

Tinggi : 10,9857 m

Jumlah : 1 unit

10. Tangki larutan kaporit

Fungsi : menyiapkan dan menyimpan larutan kaporit 1% untuk persediaan 1 minggu.

Bentuk : silinder tegak

Bahan : Carbon Steel SA – 283 Grade C

Diameter : 0,4135 m

Tinggi : 0,8271 m

Jumlah : 1 unit

11. Tangki penampung air untuk unit proses (TU – 04)

Fungsi : menampung air make up dan air unit proses yang telah digunakan.

Bentuk : silinder tertutup

Bahan : Carbon Steel SA – 283 Grade C

Diameter : 1,6760 m

Tinggi : 1,6760 m

Jumlah : 1 unit

12. *Cooling tower* (CT)

Fungsi : tempat mendinginkan air unit proses pendingin yang telah digunakan oleh peralatan proses dan yang akan disirkulasi kembali, dengan menggunakan media pendingin udara dan mengolah dari temperatur 70°C menjadi 30°C.

Bentuk : menara persegi

Bahan : beton

Media : udara

Luas : 0,0226 m²

Panjang : 0,1503 m

Jumlah : 1 unit

13. Bak penampung air unit proses pendingin

Fungsi : menampung air dari unit proses pendingin yang sudah di *spray*.

Bentuk : empat persegi panjang

Bahan : beton

Panjang : 2,4644 m

Lebar : 1,6429 m

Tinggi : 0,8215 m

Jumlah : 1 unit

14. *Demineralizer*

Cation Exchanger (TU – 05)

Fungsi : menghilangkan ion-ion positif yang terlarut dan menghilangkan kesadahan air.

Bahan : Carbon Steel SA – 283 Grade C AISI tipe 316

Resin : *natural greensand zeolit*

Diameter : 0,0382 m

Tinggi : bed zeolit = 1,6550 m

cairan di atas bed = 0,2500 m

cairan di bawah bed = 0,2500 m

kolom = 2,1550 m

Jumlah : 2 unit

Anion Exchanger (TU – 06)

Fungsi : menghilangkan anion dari air keluaran *kation exchanger*.

Bahan : Carbon Steel SA – 283 Grade C AISI tipe 316

Resin : *synthetic resin anion exchanger*

Diameter : 0,0348 m

Tinggi : bed resin = 0,8379 m

cairan di atas bed = 0,2500 m

cairan di bawah bed = 0,2500 m

kolom = 1,3379 m

Jumlah : 2 unit

15. Tangki larutan NaCl

Fungsi : membuat larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi *kation exchanger*.

Bentuk : silinder tegak

Bahan : Carbon Steel SA – 283 Grade C

Diameter : 0,1278 m

Tinggi : 0,1278 m

Jumlah : 1 unit

Tangki larutan NaCl dilengkapi pengaduk *marine propeler 3 blade* 20 rpm dengan motor listrik 0,5 hp.

16. Tangki larutan NaOH

Fungsi : membuat larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi *anion exchanger*.

Bentuk : silinder tegak

Bahan : Carbon Steel SA – 283 Grade C

Diameter : 0,1916 m

Tinggi : 0,1916 m

Jumlah : 1 unit

Tangki larutan NaOH dilengkapi pengaduk *marine propeler 3 blade* 20 rpm dengan motor listrik 0,5 hp.

17. Tangki umpan boiler (TU – 07)

Fungsi : menampung air make up boiler dan air *demineralizer*.

Bentuk : silinder tegak

Bahan : Carbon Steel SA – 283 Grade C

Diameter : 0,5111 m

Tinggi : 0,7666 m

Jumlah : 1 unit

18. Deaerator (De)

Fungsi : melepaskan gas-gas yang terlarut dalam air seperti O_2 dan CO_2 .

Bentuk : silinder tegak dengan bahan isian *rasching rings ceramic*

Bahan : Carbon Steel SA – 283 Grade C

Diameter : 0,3500 m

Tinggi : 1,4250 m

Jumlah : 1 unit

19. Tangki larutan N_2H_4

Fungsi : membuat larutan N_2H_4 yang mencegah pembentukan kerak.

Bentuk : silinder tegak

Bahan : Carbon Steel SA – 283 Grade C

Diameter : 0,2035 m

Tinggi : 0,2035 m

Jumlah : 1 unit

Tangki larutan N_2H_4 dilengkapi pengaduk *marine propeler 3 blade 20 rpm* dengan motor listrik 0,5 hp.

20. Boiler (BL)

Fungsi : menyediakan *superheated steam* untuk memenuhi kebutuhan steam.

Jenis : *fire tube boiler*

Kondisi : tekanan = 5 atm (73,5 psia)

suhu = 750°C

Keb. air : 13,6388 kg/jam

Steam : 11,5929 kg/jam

Efisiensi : 85 %

Jumlah : 1 unit

Bahan bakar yang digunakan serbuk gergaji dan batubara.

21. Pompa 01 (PU – 01)

Fungsi : mengalirkan air sungai ke bak *screening*.

Jenis : *centrifugal pump single stage 3500 rpm*

Bahan : Carbon Steel SA – 283

Kapasitas : 10,2888 m³/jam

Impeller : *mixed flow impellers*

Power : 1 hp

22. Pompa 02 (PU – 02)

Fungsi : mengalirkan air dari *screening* menuju bak pengendap I.

Jenis : *centrifugal pump single stage 3500 rpm*

Bahan : Carbon Steel SA – 283

Kapasitas : 10,2888 m³/jam

Impeller : *mixed flow impellers*

Power : 1 hp

23. Pompa 03 (PU – 03)

Fungsi : mengalirkan air dari bak pengendap I ke bak pengaduk cepat.

Jenis : *centrifugal pump single stage 3500 rpm*

Bahan : Carbon Steel SA – 283

Kapasitas : 9,7744 m³/jam

Impeller : *axial flow impellers*

Power : 1 hp

24. Pompa 04 (PU – 04)

Fungsi : mengalirkan air dari bak pengendap I untuk kebutuhan pemadam kebakaran.

Jenis : *centrifugal pump single stage 3500 rpm*

Bahan : Carbon Steel SA – 283

Kapasitas : 0,5785 m³/jam

Impeller : *mixed flow impellers*

Power : 1 hp

25. Pompa 05 (PU – 05)

Fungsi : mengalirkan air dari bak pengaduk cepat ke *clarifier*.

Jenis : *centrifugal pump single stage* 3500 rpm

Bahan : Carbon Steel SA – 283

Kapasitas : 9,7744 m³/jam

Impeller : *mixed flow impellers*

Power : 1 hp

26. Pompa 06 (PU – 06)

Fungsi : mengalirkan air dari *clarifier* ke bak pengendap II.

Jenis : *centrifugal pump single stage* 3500 rpm

Bahan : Carbon Steel SA – 283

Kapasitas : 7,8195 m³/jam

Impeller : *axial flow impellers*

Power : 1 hp

27. Pompa 07 (PU – 07)

Fungsi : mengalirkan air dari bak pengendap II ke tangki filtrasi.

Jenis : *centrifugal pump single stage* 3500 rpm

Bahan : Carbon Steel SA – 283

Kapasitas : 7,4285 m³/jam

Impeller : *mixed flow impellers*

Power : 1 hp

28. Pompa 08 (PU – 08)

Fungsi : mengalirkan air dari tangki penampung air bersih ke tangki penampung air domestik.

Jenis : *centrifugal pump single stage* 3500 rpm

Bahan : Carbon Steel SA – 283

Kapasitas : 1,8585 m³/jam

Impeller : *radial flow impellers*

Power : 1 hp

29. Pompa 09 (PU – 09)

Fungsi : mengalirkan air dari tangki penampung air domestik ke perkantoran.

Jenis : *centrifugal pump single stage 3500 rpm*

Bahan : Carbon Steel SA – 283

Kapasitas : 1,8585 m³/jam

Impeller : *mixed flow impellers*

Power : 1 hp

30. Pompa 10 (PU – 10)

Fungsi : mengalirkan air dari tangki penampung air bersih ke tangki penampung air unit proses.

Jenis : *centrifugal pump single stage 3500 rpm*

Bahan : carbon steel SA 283

Kapasitas : 4,4345 m³/jam

Impeller : *mixed flow impellers*

Power : 1 hp

31. Pompa 11 (PU – 11)

Fungsi : mengalirkan air dari tangki penampung air unit proses ke unit proses pendingin.

Jenis : *centrifugal pump single stage 3500 rpm*

Bahan : carbon steel SA 283

Kapasitas : 4,4345 m³/jam

Impeller : *axial flow impellers*

Power : 1 hp

32. Pompa 12 (PU – 12)

Fungsi : mengalirkan air dari unit proses pendingin ke *cooling tower*.

Jenis : *centrifugal pump single stage 3500 rpm*

Bahan : Carbon Steel SA – 283

Kapasitas : 4,4345 m³/jam

Impeller : *axial flow impellers*

- Power* : 1 hp
33. Pompa 13 (PU – 13)
- Fungsi : mengalirkan air dari bak air keluaran cooling tower ke tangki penampung air unit proses pendingin.
- Jenis : *centrifugal pump single stage 3500 rpm*
- Bahan : Carbon Steel SA – 283
- Kapasitas : 3,9910 m³/jam
- Impeller* : *mixed flow impellers*
- Power* : 1 hp
34. Pompa 14 (PU – 14)
- Fungsi : mengalirkan air dari tangki penampung air bersih ke tangki *cation exchanger*.
- Jenis : *centrifugal pump single stage 3500 rpm*
- Bahan : Carbon Steel SA – 283
- Kapasitas : 0,0168 m³/jam
- Impeller* : *mixed flow impellers*
- Power* : 1 hp
35. Pompa 15 (PU – 15)
- Fungsi : mengalirkan air dari tangki *cation exchanger* ke *anion exchanger*.
- Jenis : *centrifugal pump single stage 3500 rpm*
- Bahan : Carbon Steel SA – 283
- Kapasitas : 0,0168 m³/jam
- Impeller* : *radial flow impellers*
- Power* : 1 hp
36. Pompa 16 (PU – 16)
- Fungsi : mengalirkan air dari *anion exchanger* ke tangki umpan boiler.
- Jenis : *centrifugal pump single stage 3500 rpm*
- Bahan : Carbon Steel SA – 283
- Kapasitas : 0,0168 m³/jam

Impeller : *radial flow impellers*

Power : 1 hp

37. Pompa 17 (PU – 17)

Fungsi : mengalirkan air dari tangki umpan boiler ke deaerator.

Jenis : *centrifugal pump single stage 3500 rpm*

Bahan : Carbon Steel SA – 283

Kapasitas : 0,0184 m³/jam

Impeller : *radial flow impellers*

Power : 1 hp

38. Pompa 18 (PU – 18)

Fungsi : mengalirkan air dari deaerator ke boiler.

Jenis : *centrifugal pump single stage 3500 rpm*

Bahan : Carbon Steel SA – 283

Kapasitas : 0,0168 m³/jam

Impeller : *radial flow impellers*

Power : 1 hp

39. Kompresor udara (KU – 01)

Fungsi : menekan udara lingkungan untuk keperluan instrumentasi

Jenis : *reciprocating compressor 1 stage horizontal*

Power : 1 hp

40. Tangki bahan bakar generator

Fungsi : menampung bahan bakar solar untuk generator

Bentuk : silinder tegak

Bahan : Stainless Steel

Diameter : 10,8265 m

Tinggi : 10,8265 m

Jumlah : 1 unit

6.3. Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produksi. Dengan data yang diperoleh dari laboratorium maka proses produksi akan selalu dapat dikendalikan

dan kualitas produk dapat dijaga sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Laboratorium mempunyai tugas pokok antara lain :

1. Sebagai pengendali kualitas bahan baku dan pengendali kualitas produk.
2. Sebagai pengendali terhadap proses produksi dengan melakukan analisis terhadap pencemaran lingkungan yang meliputi polusi udara, limbah cair, dan limbah padat yang dihasilkan unit-unit produksi.
3. Sebagai pengendali terhadap mutu air pendingin, air umpan boiler, *steam*, dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi.

Laboratorium melaksanakan tugas selama 24 jam sehari dalam kelompok kerja *shift* dan *non-shift*.

a. Kelompok *non-shift*

Kelompok ini bertugas untuk menyediakan *reagen* kimia yang diperlukan oleh laboratorium serta melakukan analisis khusus, yaitu analisis yang sifatnya tidak rutin.

b. Kelompok *shift*

Kelompok ini melakukan tugas pemantauan dan analisis-*analisis* rutin terhadap proses produksi. Dalam menjalankan tugasnya, kelompok ini menggunakan sistem bergilir yaitu kerja *shift* selama 24 jam dengan masing-masing *shift* bekerja selama 8 jam.

Dalam pelaksanaan tugasnya, seksi laboratorium dikelompokkan menjadi :

a. Laboratorium fisika

Bagian ini mengadakan pemeriksaan atau pengamatan terhadap sifat-sifat fisis bahan baku dan produk. Pengamatan yang dilakukan antara lain, kandungan air, abu, zat yang mudah menguap, dan karbon aktif murni.

b. Laboratorium analitik

Bagian ini mengadakan pemeriksaan terhadap bahan baku dan produk mengenai sifat-sifat kimianya, analisis yang dilakukan antara lain, daya serap terhadap I_2 , dan biru metilen.

c. Laboratorium penelitian dan pengembangan

Bagian ini bertujuan untuk mengadakan penelitian, misalnya diversifikasi produk dan pemeliharaan lingkungan. Disamping mengadakan penelitian rutin,

laboratorium ini juga mengadakan penelitian yang sifatnya non-rutin, misalnya penelitian terhadap produk di unit tertentu yang tidak biasa dilakukan, untuk mendapatkan alternatif lain tentang penggunaan bahan baku.

d. Laboratorium analisis air

Pada laboratorium analisis air ini yang di analisis antara lain, bahan baku air, air demineralisasi, air pendingin, dan air umpan boiler. Parameter yang diuji antara lain, warna, pH, kandungan klorin, tingkat kekeruhan, total kesadahan, jumlah padatan, total alkalinitas, kadar minyak, sulfat, silika, dan konduktivitas air. Alat-alat yang digunakan dalam laboratorium analisis air adalah :

- pH meter, digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman/kebasaan.
- Spektrofotometer, untuk menentukan konsentrasi suatu senyawa terlarut dalam air dengan syarat larutan harus berwarna.
- *Gravimetric*, untuk mengetahui jumlah kandungan padatan dalam air.
- Peralatan titrasi, untuk mengetahui kandungan klorida, kesadahan, dan alkalinitas.
- *Conductivity meter*, untuk mengetahui konduktivitas suatu zat yang terlarut dalam air.

Air terdemineralisasi yang dihasilkan unit demineralisasi juga diuji oleh departemen ini. Parameter yang diuji antara lain pH, konduktivitas, dan kandungan silikat (SiO_2). Sedangkan parameter air umpan boiler yang dianalisis antara lain kadar *hydrazin*, ammonia, dan ion fosfat.

6.4. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Peranan sumber daya manusia sangat penting dalam menentukan suatu produksi terutama untuk mendapatkan kualitas dan kuantitas produksi yang diinginkan. Berdasar pertimbangan tersebut, maka perlu adanya suatu bagian yang berfungsi untuk mengontrol peralatan dan keselamatan kerja. Dalam pengoperasian dan pengendalian alat-alat proses, diperlukan sistem instrumentasi yang dapat mengukur, mengindikasikan, dan mencatat variabel-variabel proses. Variabel proses itu antara lain temperatur, tekanan, laju alir, dan ketinggian.

6.4.1. Instrumentasi

Instrumentasi merupakan bagian yang sangat penting dalam pengendalian suatu proses produksi. Pengendalian proses meliputi keseluruhan unit pabrik, variabel yang dikendalikan adalah tenaga, suhu, laju alir, dan tinggi permukaan cairan.

Pengendalian proses dapat dilakukan secara manual maupun otomatis. Pengendalian secara manual dilakukan jika pengendalian proses seepenuhnya ditangani oleh tenaga manusia, sedangkan pengendalian secara otomatis dilakukan jika secara manual tidak mungkin dilakukan yaitu menggunakan alat-alat kontrol yang dapat bekerja dengan sendirinya. Keunggulan pengendalian otomatis antara lain :

1. Keselamatan kerja lebih terjamin
2. Hasilnya dapat dipertanggung jawabkan
3. Ketelitian cukup tinggi dan lebih akurat
4. Mendorong manusia untuk lebih meningkatkan kemampuan dirinya

Tujuan pemasangan alat instrumentasi antara lain :

1. Untuk menjaga keamanan operasi suatu proses dengan menjaga variabel proses berada dalam batas operasi aman
2. Untuk mendapatkan *rate* produksi yang diinginkan
3. Untuk menjaga kualitas produksi
4. Mempermudah pengoperasian alat
5. Keselamatan dan efisiensi kerja lebih terjamin

Adapun instrumentasi yang digunakan dalam Prarancangan Pabrik Karbon Aktif dari Serbuk Gergaji adalah :

1. *Temperatur Indicator* (TI)

Pada Prarancangan Pabrik Karbon Aktif dari Serbuk Gergaji ini, peralatan proses yang menggunakan TI adalah rotary dryer, rotary calcsiner, dan rotary kiln. Alat ini dipasang untuk mengontrol suhu di dalam alat agar tetap dalam keadaan konstan.

2. *Flow Indicator Controller* (FIC)

Pada Prarancangan Pabrik Karbon Aktif dari Serbuk Gergaji ini, semua peralatan menggunakan FIC. Alat ini dipasang pada alat proses untuk mengontrol laju alir dalam peralatan proses yang berlangsung.

3. *Level Indikator* (LI)

Pada Prarancangan Pabrik Karbon Aktif dari Serbuk Gergaji ini, peralatan proses yang menggunakan LI adalah silo. Alat ini dipasang untuk mengetahui tinggi bahan yang ada dalam alat tersebut.

6.4.2. Keselamatan Kerja secara umum

Keselamatan kerja merupakan faktor yang sangat penting dalam suatu proses perancangan pabrik, dalam penentuan konsep kerja, disiplin kerja, tingkat efisiensi, dan lainnya. Keselamatan kerja menyangkut keseluruhan proses produksi dan distribusi, baik barang maupun jasa. Bahaya dapat ditimbulkan oleh peralatan kerja, proses, bahan dan dari tenaga kerja sendiri. Hal-hal tersebut sedapat mungkin dapat dicegah dan dikendalikan dengan pengadaan sarana penunjang keselamatan, baik berupa teknologi baru yang tepat guna, peralatan canggih, disiplin kerja, serta metode penanganan bahan yang tepat. Faktor utama dari keselamatan kerja ialah manusia itu sendiri. Keselamatan kerja dalam pabrik meliputi :

1. Pencegahan kecelakaan (cedera, cacat, dan kematian)
2. Penangan bila terjadi kecelakaan (kuratif)
3. Tanggung jawab moral dari pabrik untuk memelihara kesejahteraan seluruh karyawan dan lingkungan sekitar lokasi pabrik serta kelestarian lingkungan.

6.4.2.1. Tujuan Keselamatan Kerja

Setiap industri yang mengelola bahan-bahan kimia, keselamatan kerja mendapat perhatian sangat besar dari perusahaan. Tujuan keselamatan kerja menurut UU No.1 tahun 1970 (menurut UU perburuhan), adalah :

1. Melindungi tenaga kerja atas hak keselamatannya dalam melakukan pekerjaan hidup dan meningkatkan produksi serta produktifitas kerja.
2. Menjamin keselamatan setiap orang yang berada di area kerja

3. Memelihara sumber produksi dan untuk menggunakannya secara aman dan efisien

Keselamatan kerja dapat tercapai dengan baik dengan mengetahui karakteristik penting dari seluruh bahan yang digunakan dan dihasilkan oleh pabrik.

6.4.2.2. Dasar Hukum Mengenai Kerja dan Keselamatannya

1. UUD 1945 pasal 27 ayat 2

Tiap-tiap warga negara atas pekerjaan dan penghidupan yang layak bagi kemanusiaan.

2. UU No.16/1996

Tentang pokok-pokok mengenai keselamatan kerja :

1. Pasal 9

Tiap tenaga kerja berhak mendapat perlindungan atas keselamatan kerja, kesehatan, kesusilaan, pemeliharaan moral kerja serta perlakuan yang sesuai dengan martabat manusia dan moral agama.

2. Pasal 10

Pemerintah membina perlindungan kerja yang mencakup :

1. Norma keselamatan kerja
2. Norma kesehatan kerja
3. Norma kerja
4. Pemberian ganti rugi, perawatan, dan rehabilitasi dalam hal kecelakaan kerja

3. UU No.1/1970

Tentang keselamatan dan kesehatan kerja, yang merupakan spesifikasi dari pasal 10 UU No.16/1996. Menurut UU No.1/1970, keselamatan kerja bertujuan untuk :

1. Melindungi tenaga kerja atas hak keselamatannya dalam melakukan pekerjaan demi kesejahteraan dan meningkatna produksi serta produktifitas nasional
2. Menjamin keselamatan kerja setiap orang yang berada di tempat kerja

3. Memelihara sumber produksi dan untuk menggunakannya secara aman dan efisien
4. Undang Undang No.3 tahun 1992 tentang jaminan sosial warga kerja
Undang Undang ini dimaksudkan untuk memberi perlindungan jaminan sosial kepada setiap tenaga kerja dengan mekanisme asuransi. Ruang lingkup jaminan sosial tenaga kerja dalam Undang Undang ini meliputi :
 1. Jaminan kecelakaan kerja
 2. Jaminan kematian
 3. Jaminan hari tua
 4. Jaminan pemeliharaan kesehatan

Hal yang menyangkut perlindungan tenaga kerja adalah perlindungan keselamatan kerja, kesehatan, pemeliharaan modal kerja serta perlakuan yang sesuai dengan martabat manusia. Peraturan perundangan menetapkan syarat-syarat keselamatan kerja untuk :

1. Mencegah dan mengurangi kecelakaan
2. Mencegah dan mengurangi biaya kebakaran
3. Memberi kesempatan atau jalan menyelamatkan diri pada waktu kebakaran atau kejadian-kejadian lain yang berbahaya
4. Memberi pertolongan pada kecelakaan
5. Memberi alat pertolongan diri pada para pekerja
6. Mencegah dan mengendalikan timbulnya atau menyebarkan suhu, kelembaban debu, kotoran, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, dan lain sebagainya
7. Mencegah timbulnya penyakit akibat kerja, baik fisik maupun non fisik, keracunan, infeksi, dan penularan
8. Memelihara kebersihan, kesehatan, dan ketertiban
9. Memperoleh keserasian antara tenaga kerja, alat kerja, lingkungan, cara dan proses kerjanya
10. Mengamankan dan memelihara segala jenis bangunan
11. Mengamankan dan memperlancar pekerjaan bongkar muat, perlakuan dan penyimpanan barang

12. Mencegah terkena aliran listrik yang berbahaya
13. Menyesuaikan dan menyempurnakan pengaman pada pekerjaan yang bahaya kecelakaannya menjadi bertambah tinggi

6.4.3. Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Keberhasilan didasarkan atas kebijakan pengelolaan K3 yang diambil oleh pimpinan perusahaan, diantaranya :

1. Komitmen direktur utama
2. Kepemimpinan yang tegas
3. Organisasi K3 dalam struktur organisasi perusahaan
4. Sarana dan prasarana yang memadai
5. Integrasi K3 pada semua fungsi perusahaan
6. Dukungan semua karyawan dalam melaksanakan K3

Sasaran pencapaian pengelolaan K3 adalah meminimalkan kecelakaan yang disertai adanya produktifitas yang tinggi sehingga tujuan perusahaan dapat dicapai secara optimal. Perlindungan bertujuan agar tenaga kerja merasa aman dalam melakukan pekerjaannya untuk meningkatkan produksi dan produktifitas nasional. Tenaga kerja harus memperoleh perlindungan dari berbagai hal disekitarnya yang mungkin menimpa dan mengganggu dirinya dalam melakukan pekerjaannya.

Program K3 sangat perlu mendapat dukungan dari tenaga kerja itu sendiri, adapun kewajiban dan hak tenaga kerja ialah :

1. Memberikan keterangan apabila diminta oleh pegawai atau ahli PK3
2. Memakai alat-alat perlindungan diri
3. Mentaati syarat-syarat K3 yang diwajibkan
4. Meminta pengurus untuk melaksanakan syarat-syarat K3 yang diwajibkan
5. Menyatakan keberatan terhadap pekerjaan, dimana syarat-syarat K3 dari peralatan perlindungan diri tidak menjamin keselamatannya

6.4.4. Sifat dan Bahaya

Bahan berbahaya adalah bahan yang menghasilkan gas, debu, atau radiasi yang menimbulkan iritasi, ledakan, korosi, keracunan, atau merusak bahan lain

selama pembuatan, pengolahan, pengangkutan, penyimpanan atau penggunaan bahan tersebut. Faktor penyebab penyakit akibat kerja, antara lain :

1. Faktor kimia, termasuk debu dan uap logam
2. Faktor fisik, termasuk kebisingan/getaran, radiasi, penerangan, suhu dan kelembaban
3. Faktor psikologis karena tekanan mental atau stres

Berkaitan dengan faktor tersebut, hal yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Sifat-sifat dari jenis bahan kimia yang digunakan
2. Jenis bahaya yang ditimbulkan bahan kimia tersebut
3. Cara penanganan bahan-bahan kimia tersebut
4. Pencegahan dan cara pertolongan pertama bila terjadi kecelakaan yang ditimbulkan bahan kimia tersebut
5. Lambang atau simbol yang digunakan sebagai peringatan atau pemberitahuan untuk menjamin keselamatan kerja para pekerja
6. Alat perlengkapan yang digunakan
7. Menghindari penyimpanan yang melebihi kapasitas
8. Mengatur proses produksi sehingga kontak langsung pekerja dengan bahan berbahaya dapat dihindari (seminimal mungkin)

Beberapa ketentuan mengenai sifat-sifat bahan yang perlu diketahui untuk mencegah terjadi kecelakaan dalam pabrik karbon aktif, yaitu :

Karbon aktif (padatan)

- Fungsi : Produk utama
Kandungan utama : Karbon
Sifat fisik dan kimia : a. Warna : Hitam
b. Bentuk : Bubuk

Termasuk bahan yang sangat *abrasive* karena adanya kontak dengan debu yang dihasilkan, hal ini berpengaruh terhadap kesehatan pekerja, antara lain :

- a. Kontak dengan mata
Iritasi pada mata dan menyebabkan mata menjadi perih, berair, dan merah.

b. Paru-paru

Apabila kontak yang terjadi cukup lama, debu yang dihasilkan banyak yang terhisap ke dalam paru-paru sehingga dapat menyebabkan iritasi terhadap sistem pernapasan, misalnya *pneumoconiosis* atau radang paru-paru yaitu menumpuknya debu dalam jumlah yang cukup banyak di dalam paru-paru, ciri yang ditimbulkan adalah batuk dan nafas menjadi pendek.

Penanganan :

- a. Mata, basuh dengan air selama 15 menit, apabila iritasi semakin parah segera dibawa ke dokter.
- b. Pernapasan, segera pindahkan ke udara terbuka, apabila korban tidak bernafas, berikan alat pernapasan dari mulut ke mulut.
- c. Pencernaan, jangan dipaksakan untuk dimuntahkan. Apabila korban masih sadar, segera berikan 2 hingga 4 gelas susu atau air.

6.4.4.1. Bahaya dan Pencegahan

Tiga jenis bahaya yang diakibatkan oleh bahan baku dan produk tersebut, yaitu :

1. Bahaya kebakaran akibat arus listrik

Hal-hal yang harus diperhatikan untuk menghindari kebakaran akibat arus listrik, sebagai berikut :

- a. Perlu adanya beberapa peralatan pemadam kebakaran, seperti *fire box*, *fire hydrant foam*, *water spray jet*, dan *prinkel* dalam ruangan serta unit pemadam kebakaran.
- b. Pembuatan konstruksi bangunan yang tahan api pada setiap bangunan fisik untuk mencegah menjalarnya api apabila kebakaran.
- c. Menggunakan isolasi pada jaringan listrik.
- d. Menggunakan alat penangkal petir.
- e. Pengawasan terhadap kabel terpasang.
- f. Pemasangan intalasi listrik tidak menghalangi jalur kerja.

Pertolongan pertama dapat dilakukan dengan menyediakan alat pemadam kebakaran yang *compatible* dengan bahan yang terbakar, yaitu jenis :

1. *Alcohol-resistant foam*

2. *Dry power*
3. *Carbon dioxide*
4. *Water spray jet*

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah menyediakan alat bantu pernapasan, seperti masker atau tabung oksigen bagi petugas pemadam kebakaran.

2. Bahaya ledakan

Explosive limit adalah batas atau *range* dimana komposisi uap terhadap campuran total uap dan udara dapat menyebabkan ledakan. Cara pencegahannya dengan menjauhkan tangki penyimpanan dari panas (api) dan keausan, yang mengakibatkan kebocoran tangki serta memberlakukan larangan merokok di area pabrik.

3. Bahaya iritasi, keracunan, dan kesehatan

Iritasi pada mata akan mengaibatkan perih, bahkan dapat menyebabkan kebutaan. Perlu tersedia cairan pencuci mata apabila terjadi kecelakaan. Iritasi juga terjadi pada kulit. Cara pencegahannya dengan membuat tempat penyimpanan tertutup dan ditandai dengan jelas terutama untuk bahan yang bersifat *toxic* (beracun). Petugas wajib menggunakan peralatan pelindung mata dan kulit, seperti kacamata dan baju produksi.

6.4.4.2. Tindakan Pencegahan Lainnya

Hal-hal yang perlu dilakukan untuk menanggulangi bahaya yang mungkin terjadi, adalah penyediaan alat pengaman, yaitu :

- a. *Full masker* untuk pekerjaan yang berhubungan langsung dengan bahan kimia lainnya.
- b. *Helmet* atau pelindung kepala yang digunakan di area produksi.
- c. Sepatu pengaman khusus yang dikenakan karyawan dan tamu, yang berhubungan langsung dengan lapangan.
- d. Sarung tangan yang dikenakan karyawan, gedung bahan baku, produk, dan utilitas.
- e. *Ear plug* untuk melindungi telinga dari polusi udara.
- f. Sistem pemadam kebakaran sesuai dengan sirkulasi arus proses, sehingga apabila terjadi kebakaran, api dapat dilokalisir dengan cepat.

- g. Penyediaan alat pemadam kebakaran yang terletak di sekitar bangunan pabrik untuk mencegah menjalarnya api apabila terjadi kebakaran.
- h. Penerangan pada seluruh pabrik harus memadai dan dalam keadaan darurat, sistem harus dapat tetap bekerja.
- i. Pemipaan di atas tanah, sedikitnya di pasang pada ketinggian 2 meter, sedangkan pemipaan di dalam tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak menghalangi lalu lalang pekerja. Pipa yang dialiri bahan mudah terbakar atau meledak, di pasang *fire stop* pada jarak tertentu dan diberi tanda.
- j. Pada daerah proses berbahaya, pemasangan papan peringatan harus mudah terlihat oleh para pekerja.
- k. Menyediakan poliklinik agar dapat memberikan pertolongan medis yang tepat.
- l. Ventilasi yang baik pada ruangan, sehingga tidak terjadi akumulasi debu dari produk karbon aktif.
- m. Menyediakan bahan penyerap (*absorbent*) seperti pasir atau kapur untuk mengambil bahan yang tertumpah.

Faktor manusia dan kesadaran pekerja sangat berperan dalam usaha keselamatan kerja. Berdasar penelitian terhadap kecelakaan-kecelakaan yang terjadi, faktor manusia sangat besar dalam timbulnya kecelakaan, yaitu sekitar 80 hingga 85 persen, yang diakibatkan oleh kelalaian dalam mematuhi peraturan keselamatan kerja antara lain :

1. Kegiatan yang menyimpang dari peraturan
2. Tidak memanfaatkan peralatan keselamatan kerja
3. Penggunaan alat yang tidak tepat atau salah

Oleh karena itu, perlu adanya peraturan yang jelas dan sangsi yang tegas. Selain itu, siapkan pula program pelatihan menghadapi bahaya. Pelatihan yang periodik tentunya akan meningkatkan kesadaran karyawan akan keselamatan kerja.

6.4.4.3. Tindakan Kuratif

Tindakan kuratif yang dimaksud ialah pertolongan pada saat terjadi kecelakaan. Meskipun tindakan preventif telah dilakukan, namun kemungkinan

terjadi kecelakaan akan tetap ada. Perlu diketahui cara pertolongan apabila terjadi hal-hal yang tidak diinginkan.

Bahaya yang ditimbulkan dari masing-masing bahan baku hampir sama, maka pada dasarnya pertolongan yang diberikan apabila terjadi hal-hal yang tidak diinginkan adalah sama. Pertolongan tersebut antara lain :

1. Menghirup bahan baku yang berbahaya
Pertolongan yang diberikan adalah dengan memindahkan korban ke udara terbuka, pemberian oksigen apabila korban mengalami kesulitan bernafas.
2. Cairan bahan baku terkena kulit
Pertolongan yang diberikan ialah dengan segera mencuci dengan air sabun.
3. Cairan terkena mata
Pertolongan yang diberikan adalah mencuci mata korban dengan cairan pencuci mata atau *boorwater*.
4. Tersedak atau terhirup ke dalam mulut
Pertolongan yang diberikan adalah dengan memberikan air bersih untuk berkumur, lalu berikan juga untuk diminum.

BAB VII

ORGANISASI DAN TATA LETAK

Bentuk, struktur dan manajemen suatu perusahaan sangat berpengaruh terhadap tercapainya tujuan perusahaan. Ketiga unsur tersebut tidak dapat dipisahkan dalam mencapai tujuan perusahaan. Perusahaan adalah suatu unit kegiatan ekonomi yang diorganisir dan dijalankan atau dioperasikan untuk menyediakan barang dan jasa bagi masyarakat, dengan tujuan memperoleh laba atau keuntungan.

Keberhasilan suatu perusahaan dalam menjalankan kegiatan proses produksi sangat tergantung pada sistem pengelolaan (*management*) organisasi perusahaan meliputi, perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian. Ketiga hal di atas harus dapat terkoordinasikan dengan baik. Selain itu, harus perhatikan efektifitas kerja untuk mendapatkan keuntungan yang maksimum bagi perusahaan, sehingga perusahaan akan berkembang terus dan dapat bersaing dengan perusahaan-perusahaan lain baik di dalam maupun di luar negeri.

7.1. Bentuk Badan Hukum Perusahaan

Pabrik karbon aktif ini tergolong dalam kelompok swasta, karena sumber modal yang di pakai untuk pembangunan pabrik, pelaksanaan seluruh kegiatan produksi, pemasaran dan seluruh kegiatan dalam pabrik berasal dari modal sendiri dan pinjaman bank.

Mengingat begitu besarnya investasi yang dibutuhkan oleh pabrik karbon aktif yang akan didirikan ini, maka bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT).

Perseroan Terbatas adalah suatu badan hukum yang didirikan oleh beberapa orang, badan hukum ini memiliki kekayaan hak dan kewajiban tersendiri terpisah dari pendiri, pemilih (pemegang saham) maupun pengurusnya (Direktur, Komisaris). Adapun keuntungan dipilihnya bentuk Perseroan Terbatas ini adalah :

1. Pengelolaan perusahaan dapat lebih efisien serta profesional. Hal ini karena pembagian tugas dan tanggung jawab pengurus dan pemegang saham diatur secara jelas.

2. Kekayaan perusahaan terpisah dari kekayaan pribadi pemilik saham.
3. Kelangsungan hidup perusahaan relatif lebih lama, karena tidak tergantung pada satu pihak. Selain itu, pemegang saham dapat menjual sahamnya apabila menghendaki berhenti sebagai pemegang saham.
4. Pengelolaan perusahaan terpisah dari pemilik saham, sehingga tanggung jawab jalannya perusahaan berada di tangan pengelola (Dewan Direksi).
5. Pemegang saham menanggung resiko perusahaan hanya terbatas sebesar dana yang disertakan di Perseroan Terbatas.
6. Saham, sebagai tanda kepemilikan perusahaan relatif mudah diperjualbelikan.

7.2. Struktur Organisasi

Pencapaian efisiensi dan efektifitas perusahaan yang tinggi, diperlukan struktur organisasi perusahaan yang baik. Struktur organisasi ini dapat menentukan kelancaran aktifitas perusahaan sehari-hari dalam memperoleh keuntungan yang maksimal, dapat memproduksi secara kontinu dan berkembang secara pesat. Bentuk organisasi perusahaan menggambarkan hubungan antar unit yang ada dalam organisasi tersebut dan menunjukkan garis wewenang yang ada.

Sistem organisasi yang diikuti perusahaan ini adalah sistem organisasi garis dan staff yang mempunyai beberapa keuntungan :

1. Struktur organisasi sederhana dan jelas
2. Memudahkan pengambilan keputusan
3. Disiplin kerja dapat dipelihara dengan baik
4. Pengarahan dan informasi dapat diperoleh secara mudah dengan melihat garis dalam sistem yang bersangkutan.

Dalam melaksanakan kegiatan usaha, Perseroan Terbatas di atur oleh :

7.2.1. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS)

Rapat Umum Pemegang Saham merupakan pemegang kekuasaan tertinggi. Rapat ini dilakukan sesuai dengan jangka waktu yang ditetapkan dalam akte pendirian perusahaan, yang umumnya dilakukan setahun sekali.

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Adapun tugas dan wewenang Rapat Umum Pemegang Saham adalah :

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Dewan Direksi serta mengesahkan anggota pemegang saham bila ada yang bergabung maupun mengundurkan diri.
2. Menetapkan pertanggung jawaban Dewan Komisaris dan Dewan Direksi atas mandat yang dipercayakan kepada mereka.
3. Mengesahkan anggaran pendapatan dan biaya yang dibuat oleh Dewan Direksi.
4. Menetapkan laba tahunan yang diperoleh untuk dibagikan dan dipakai kembali untuk penambahan modal demi kemajuan perusahaan.

7.2.2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris ini dibentuk dan mempunyai tugas sebagai berikut :

1. Memberikan pertanggung jawaban kepada Rapat Umum Pemegang Saham (RPUS).
2. Menyetujui dan menilai program kerja Dewan Direksi yang diajukan.
3. Mengesahkan pengeluaran modal dan pembagian keuntungan.
4. Dapat mengangkat dan memberhentikan Dewan Direksi atas nama Rapat Umum Pemegang Saham.
5. Mengawasi pekerjaan Direksi secara kontinu dan teratur.
6. Melaporkan hasil kerja secara rutin kepada pemegang saham.

7.2.3. Dewan Direksi

Dewan Direksi diangkat dan diberhentikan oleh Rapat Umum Pemegang Saham. Dewan Direksi secara kesatuan bertanggung jawab dalam melaksanakan kebijakan umum perusahaan yang telah ditetapkan oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pembagian tugas antar anggota direksi di atur oleh rapat dewan direksi di bawah koordinator direktur. Dewan Direksi terdiri dari direktur dan dibantu oleh empat manajer.

7.2.4. Staff Ahli

Staff Ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu Dewan Direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi yang sifatnya tidak rutin seperti masalah hukum dan

teknologi. Staff Ahli ini bertanggung jawab langsung kepada Dewan Direksi sesuai dengan bidang keahlian masing-masing. Tugas Staff Ahli meliputi :

1. Memberikan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan
2. Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan
3. Memberikan saran dalam bidang hukum

7.2.5. Direktur

Direktur merupakan pimpinan tertinggi dari kebijakan perusahaan yang memiliki wewenang dan tanggung jawab sebagai berikut :

1. Bertanggung jawab penuh atas jalannya kegiatan operasional perusahaan.
2. Bertanggung jawab atas kinerja perusahaan kepada Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).
3. Menetapkan kebijakan operasional perusahaan.
4. Mengangkat dan memberhentikan karyawan.

Dalam menjalankan tugas, Direktur di bantu oleh empat orang manajer, yaitu :

1. Manajer produksi dan teknik
 - a) Bertanggung jawab kepada Direktur
 - b) Pimpinan tertinggi dalam divisi *engineering* dan produksi
 - c) Merumuskan kebijaksanaan operasional pabrik
 - d) Mengawasi dan menjaga kontinuitas kerja operasional pabrik

Manajer produksi dan teknik membawahi :

- a. Bagian produksi terdiri dari :
 - Staff proses
 - Staff utilitas
 - Staff quality control
 - Staff penelitian dan pengembangan
 - Staff gudang
- b. Bagian teknik terdiri dari :
 - Staff pemeliharaan
 - Staff instrumen
 - Staff mesin

2. Manajer pemasaran dan distribusi

- a) Bertanggung jawab kepada Direktur
- b) Berwenang untuk melakukan pemasaran hasil produksi dan mendistribusikannya

Manajer pemasaran dan distribusi, membawahi :

- a. Bagian pemasaran
- b. Bagian distribusi

3. Manajer personalia

- a) Bertanggung jawab kepada direktur
- b) Membawahi bagian personalia dan umum
- c) Menetapkan peraturan-peraturan operasional personalia
- d) Melaksanakan tata laksana seluruh unsur dalam organisasi

Manajer personalia membawahi :

- a. Bagian personalia terdiri dari :
 - Staff kepegawaian
 - Staff pendidikan dan latihan
- b. Bagian umum terdiri dari :
 - Staff rumah tangga dan kesejahteraan
 - Staff keamanan
 - Staff humas
- c. Bagian keamanan dan keselamatan kerja (K3)
 - Staff K3

4. Manajer keuangan

Manajer keuangan mempunyai wewenang untuk merencanakan anggaran belanja dan pendapatan perusahaan serta melakukan pengawasan terhadap keuangan perusahaan. Manajer keuangan membawahi :

- a. Bagian keuangan
- b. Bagian akunting
- c. Bagian pembelian
 - Staff import
 - Staff pembelian lokal

7.2.6. Manajer Produksi dan Teknik

1. Kepala Bagian Produksi
 - Bertanggung jawab kepada manajer produksi dan teknik
 - Mengawasi dan bertanggung jawab atas kelancaran produksi
 - Bertanggung jawab atas kelancaran fungsional unit-unit sarana penunjang (utilitas)
 - Membawahi bagian penelitian dan pengembangan
 - Mengawasi persediaan bahan baku dan penyimpanan hasil produksi serta transportasi hasil produksi
 - Bertanggung jawab atas pemeriksaan mutu produk
 - Membuat laporan rutin dari kegiatan di bagian produksi dan mengadakan evaluasi terhadap kegiatan yang dijalankan
2. Kepala Bagian Teknik
 - Bertanggung jawab kepada manajer produksi dan teknik
 - Bertanggung jawab terhadap pemeliharaan peralatan pabrik
 - Melakukan perbaikan serta menjaga kelancaran mesin dan peralatan produksi lainnya
 - Membuat laporan rutin dan evaluasi dari kegiatan di bagian pabrik

7.2.7. Manajer Pemasaran dan Distribusi

1. Kepala bagian pemasaran
 - Bertanggung jawab kepada manajer pemasaran dan keuangan
 - Menetapkan peraturan-peraturan operasional pemasaran dan pembelian
 - Bertanggung jawab atas seluruh kegiatan pemasaran yang dilakukan perusahaan yang termasuk promosi
 - Menentukan daerah pemasaran hasil produksi
 - Mengelola seluruh kegiatan yang berhubungan dengan pemasaran dan penjualan produk
2. Kepala bagian distribusi
 - Bertanggung jawab kepada manajer pemasaran dan distribusi

- Menetapkan dan menentukan daerah penyebaran dan penyaluran barang-barang produksi sehingga jalur produksi lancar dan aman sampai ke konsumen

7.2.8. Manajer Keuangan

1. Kepala bagian keuangan

- Mengawasi dan mengatur setiap pengeluaran untuk membeli bahan baku dan pemasukan dari penjualan produk
- Mengatur dan melakukan pembayaran gaji karyawan
- Mengatur dan merencanakan pembelian barang inventaris

2. Kepala bagian akunting

- Bertanggung jawab kepada manajer keuangan
- Melakukan pengolahan data terhadap seluruh kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan keuangan
- Membuat laporan keuangan setiap bulan dan setiap tahun
- Membuat laporan neraca laba/rugi

3. Kepala bagian pembelian

- Melakukan transaksi pembelian terhadap bahan baku
- Melakukan pengecekan harga pembelian bahan baku

7.2.9. Manager Personalia dan Umum

1. Kepala bagian personalia

- Bertanggung jawab kepada manajer personalia
- Mengatur dan mengelola kegiatan pelatihan bagi karyawan baru
- Menangani permasalahan yang timbul dari karyawan yang berkenaan dengan perusahaan
- Mengatur segala hal yang berkenaan dengan kepegawaian, seperti pengaturan jadwal kerja, cuti karyawan, dan lain-lain

2. Kepala bagian umum

- Bertanggung jawab atas sistem transportasi karyawan dan distribusi kendaraan operasional pabrik
- Bertanggung jawab atas urusan rumah tangga (konsumsi makanan karyawan, kebersihan pabrik)

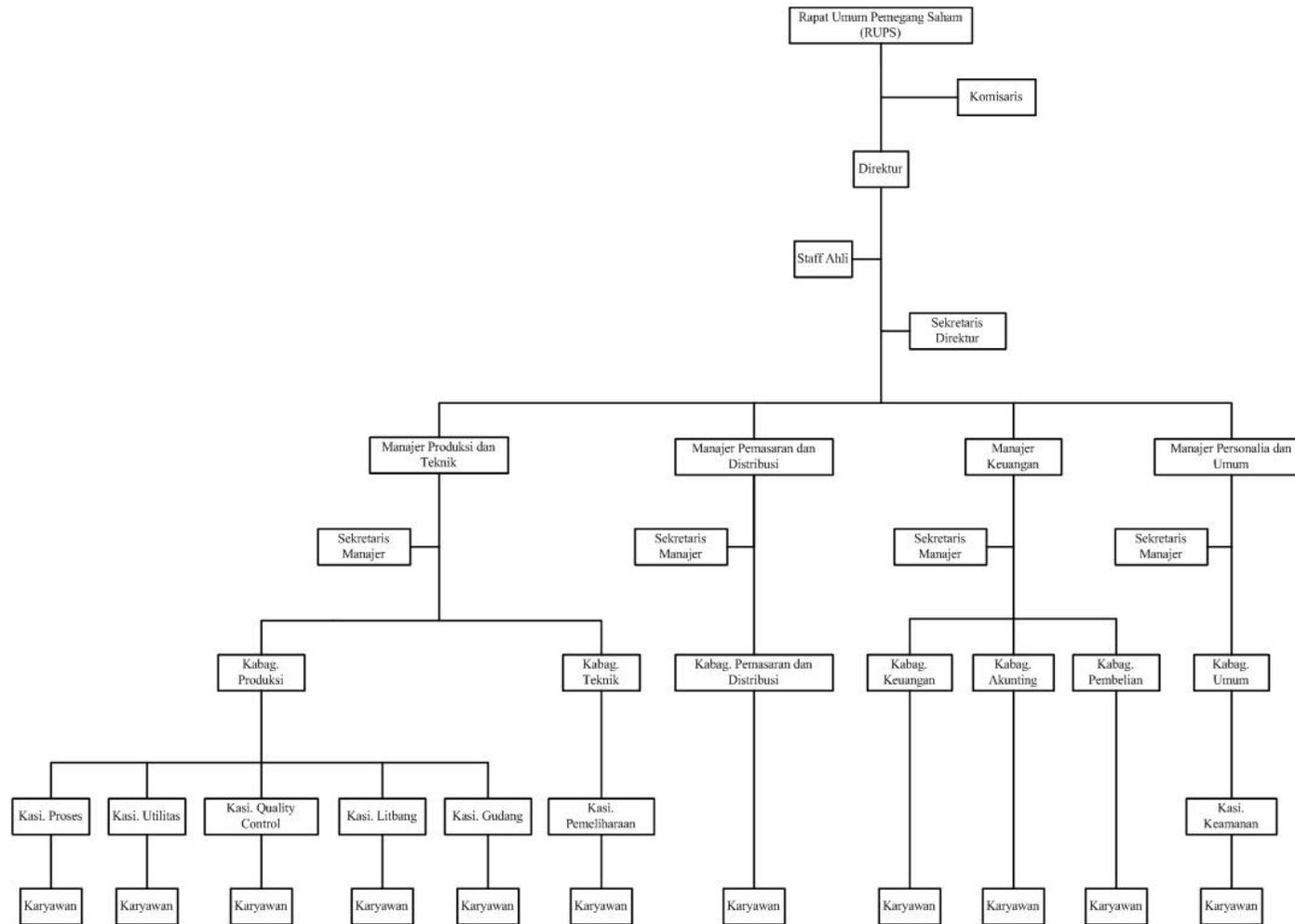
- Bertanggung jawab atas keamanan pabrik secara menyeluruh
 - Bertanggung jawab kepada manajer personalia dan umum
3. Kepala bagian K3 bertanggung jawab terhadap segala hal yang berkenaan dengan keamanan dan keselamatan kerja pada setiap unit produksi.

7.2.10. Sekretaris

Sekretaris merupakan asisten direktur maupun manajer yang bertugas menyusun agenda kegiatan (rapat atau pertemuan bisnis), sebagai notulis dalam rapat dan pertemuan-pertemuan formal yang diadakan, mengatur surat menyurat yang berhubungan dengan kepentingan dan kegiatan perusahaan.

7.2.11. Kepala Seksi

1. Bertanggung jawab untuk memimpin bagiannya agar berjalan dengan baik
2. Mengadakan pengawasan dan evaluasi atas semua kegiatan dalam bidangnya dan melaporkan kepada kepala bagian secara berkala



Gambar 7.1 Struktur Organisasi

7.3. Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji

7.3.1. Sistem Kepegawaian

Pada pabrik karbon aktif ini, sistem upah karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Menurut statusnya, karyawan dibagi menjadi 3 golongan sebagai berikut :

1. Karyawan tetap

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian, dan masa kerja.

2. Karyawan harian

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

3. Karyawan borongan

Yaitu karyawan yang digunakan oleh pabrik bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu perusahaan.

7.3.2. Sistem Gaji

Sistem gaji perusahaan ini dibagi menjadi tiga golongan, yaitu :

1. Gaji bulanan

Gaji ini diberikan kepada pegawai tetap. Besarnya gaji sesuai dengan peraturan perusahaan.

2. Gaji harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

3. Gaji lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam yang telah ditetapkan. Besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.

Tabel 7.1 Daftar Golongan dan Gaji Karyawan

No.	Jabatan	Klasifikasi	Jumlah	Gaji/orang/bulan (Rp)	Gaji/tahun (Rp)
1	Komisaris Utama	S3 – Teknik Kimia	1	40.000.000,00	480.000.000,00
2	Direktur	S2 – Teknik Kimia	1	22.000.000,00	264.000.000,00
3	Manajer Produksi dan Teknik	S2 – Teknik Kimia	1	12.000.000,00	144.000.000,00
4	Manajer Pemasaran dan Distribusi	S2 – Ekonomi	1	12.000.000,00	144.000.000,00
5	Manajer Personalia	S2 – Psikologi/Teknik	1	12.000.000,00	144.000.000,00
6	Manajer Keuangan	S2 – Ekonomi	1	12.000.000,00	144.000.000,00
7	Staff Ahli	S2 – Teknik Kimia/ Ekonomi	2	12.000.000,00	288.000.000,00
8	Kepala Bagian Produksi	S1 – Teknik Kimia	1	9.000.000,00	108.000.000,00
9	Kepala Bagian Teknik	S1 – Teknik Mesin/Teknik Industri	1	9.000.000,00	108.000.000,00
10	Kepala Bagian Pemasaran dan Distribusi	S1 – Ekonomi	1	9.000.000,00	108.000.000,00
11	Kepala Bagian Umum	S1 – Semua Jurusan	1	9.000.000,00	108.000.000,00
12	Kepala Bagian Keuangan	S1 – Ekonomi	1	9.000.000,00	108.000.000,00
13	Kepala Bagian Akunting	S1 – Ekonomi	1	9.000.000,00	108.000.000,00
14	Kepala Bagian Pembelian	S1 – Ekonomi	1	9.000.000,00	108.000.000,00
15	Sekretaris direktur	D3 – Sekretaris	1	7.000.000,00	84.000.000,00
16	Sekretaris Manajer	D3 – Sekretaris	4	7.000.000,00	336.000.000,00
17	Kepala Seksi Proses	S1 / D3	1	5.000.000,00	60.000.000,00
18	Kepala Seksi Utilitas	S1 / D3	1	5.000.000,00	60.000.000,00
19	Kepala Seksi Quality Control	S1 / D3	1	5.000.000,00	60.000.000,00
20	Kepala Seksi Litbag	S1 / D3	1	5.000.000,00	60.000.000,00
21	Kepala Seksi Gudang	S1 / D3	1	5.000.000,00	60.000.000,00
22	Kepala seksi Pemeliharaan	S1 / D3	1	5.000.000,00	60.000.000,00

No.	Jabatan	Klasifikasi	Jumlah	Gaji/orang/bulan (Rp)	Gaji/tahun (Rp)
23	Kepala seksi Keamanan	S1 / D3	1	5.000.000,00	60.000.000,00
24	Karyawan Proses	SLTA / D3	20	3.000.000,00	432.000.000,00
25	Karyawan Utilitas	S1 / D3	8	3.000.000,00	288.000.000,00
26	Karyawan Quality Control	S1 / D3	8	3.000.000,00	288.000.000,00
27	Karyawan Litbang	S1 / D3	2	3.000.000,00	72.000.000,00
28	Karyawan Gudang	SLTA / D3	4	3.000.000,00	144.000.000,00
29	Karyawan Pemeliharaan	SMK / D3	8	3.000.000,00	288.000.000,00
30	Karyawan Pemasaran dan Distribusi	SLTA / D3	2	3.000.000,00	72.000.000,00
31	Karyawan Diklat	SLTA / D3	1	3.000.000,00	36.000.000,00
32	Karyawan Rumah Tangga	SLTA / D3	8	3.000.000,00	288.000.000,00
33	Karyawan Keamanan	SLTA / D3	8	3.000.000,00	288.000.000,00
34	Karyawan Humas	SLTA / D3	1	3.000.000,00	36.000.000,00
35	Karyawan K3	SLTA / D3	1	3.000.000,00	36.000.000,00
36	Karyawan Kepegawaian	SLTA / D3	1	3.000.000,00	36.000.000,00
37	Karyawan Keuangan	SLTA / D3	1	3.000.000,00	36.000.000,00
38	Karyawan Akunting	SLTA / D3	1	3.000.000,00	36.000.000,00
39	Karyawan Pembelian Import	SLTA / D3	1	3.000.000,00	36.000.000,00
40	Karyawan Pembelian Lokal	SLTA / D3	1	3.000.000,00	36.000.000,00
41	Dokter	S1 – Kedokteran	1	9.000.000,00	108.000.000,00
42	Perawat	D3 – Keperawatan	1	4.000.000,00	48.000.000,00
43	Sopir	SLTA / D3	2	3.000.000,00	72.000.000,00
Total			107	301.000.000,00	6.168.000.000,00

7.3.3. Pembagian Jam Kerja Karyawan

Waktu operasi pabrik adalah sebagai berikut :

- Dalam satu hari : 24 jam
- Dalam satu minggu : 7 hari kerja
- Dalam satu tahun : 330 hari kerja

Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan atau perawatan dan *shut down*. Jam kerja seluruh karyawan di sesuaikan dengan peraturan SPSI (Serikat Pekerja Seluruh Indonesia) yaitu 40 jam seminggu.

Karena proses produksinya berlangsung selama 24 jam, maka karyawan dibagi menjadi 2 kelompok yang mempunyai jam kerja sebagai berikut :

1. Karyawan non *shift*

Karyawan non *shift* adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Karyawan non *shift* yaitu direksi, staff ahli, manager, kepala bagian, kepala seksi, serta bawahan yang berada di kantor. Karyawan non *shift* dalam satu minggu akan bekerja selama lima hari mulai hari Senin sampai dengan hari Jumat, dengan pembagian kerja sebagai berikut :

Jam kerja :

- Hari Senin – Jumat : pukul 08.00 – 17.00

Jam istirahat :

- Hari Senin – Kamis : pukul 12.00 – 13.00
- Hari Jumat : pukul 11.00 – 13.00

2. Karyawan *shift*

Merupakan karyawan yang bekerja dari hari Senin sampai hari Minggu, pada hari besar dan hari libur, yang di atur secara bergilir. Waktu kerja di atur secara bergantian dalam 24 jam dengan pembagian waktu 3 *shift*. Masing-masing bekerja selama 8 jam. Sistem kerja yang dilakukan di bagi dalam 4 kelompok, sehingga bila tiga kelompok sedang bekerja pada hari itu, kelompok yang satu lagi libur. Karyawan *shift* antara lain bagian produksi dan seksi keamanan. Karyawan produksi dan teknik :

- *Shift I* : pukul 07.00 – 15.00
- *Shift II* : pukul 15.00 – 23.00

- *Shift III* : pukul 23.00 – 07.00

Tabel 7.2 Pembagian Shift Karyawan

Kelompok	Hari ke –						
	1	2	3	4	5	6	7
1	Pagi	Sore	Malam	Libur	Pagi	Sore	Malam
2	Sore	Malam	Libur	Pagi	Sore	Malam	Libur
3	Malam	Libur	Pagi	Sore	Malam	Libur	Pagi
4	Libur	Pagi	Sore	Malam	Libur	Pagi	Sore

Jadwal tanggal selanjutnya selalu mengikuti urutan yang sudah ada yaitu *shift* libur akan masuk pagi, *shift* pagi akan masuk sore, dan *shift* sore akan masuk malam, demikian seterusnya.

Kelancaran produksi dari suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh faktor kedisiplinan para karyawannya dan akan secara langsung mempengaruhi kelangsungan dan kemajuan perusahaan. Untuk itu kepada seluruh karyawan diwajibkan mengisi presensi, presensi juga bisa digunakan oleh pimpinan perusahaan sebagai salah satu dasar dalam mengembangkan karier para karyawan di dalam perusahaan (Djoko, 2003).

7.4. Kesejahteraan Karyawan

Selain upah yang dibayarkan serta pengaturan jadwal kerja yang sudah di buat sedemikian rupa, perusahaan juga menyediakan fasilitas-fasilitas lain demi kesejahteraan karyawan, yaitu sebagai berikut :

1. Jaminan keselamatan kerja

Perusahaan menyediakan fasilitas keselamatan kerja untuk karyawan berupa perlengkapan, seperti :

- a) Helm atau topi pengaman
- b) Kaca mata pelindung
- c) Masker dan *ear plug*
- d) Sarung tangan khusus
- e) Sepatu khusus di lapangan

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

2. Jaminan asuransi

Perusahaan mengikutsertakan seluruh pegawainya dalam program Jaminan Sosial Tenaga Kerja (JAMSOSTEK) sesuai dengan ketentuan yang dibuat oleh Pemerintah.

3. Tunjangan

- a) Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan
- b) Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang karyawan
- c) Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja

4. Cuti

- a) Cuti tahunan yang diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun
- b) Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang menderita berdasarkan keterangan dokter

5. Fasilitas kegiatan ibadah

6. Pengobatan

- a) Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja, ditanggung oleh perusahaan sesuai dengan Undang Undang
- b) Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit tidak diebakkan oleh kecelakaan kerja, diatur berdasarkan kebijaksanaan

7.5. Manajemen Produksi

Manajemen produksi merupakan salah satu bagian dalam suatu perusahaan yang fungsi utamanya adalah menyelenggarakan semua kegiatan untuk memproses bahan baku menjadi produk, sehingga dengan mengatur penggunaan faktor-faktor produksi, proses produksi berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

Manajemen produksi meliputi manajemen perencanaan dan pengendalian produksi. Tujuan perencanaan dan pengendalian produksi adalah mengusahakan agar diperoleh kualitas produksi yang sesuai dengan rencana dan dalam jangka

waktu yang tepat. Dengan meningkatnya kegiatan produksi, maka selayaknya untuk diikuti dengan kegiatan perencanaan dan pengendalian agar dapat dihindarkan terjadinya penyimpangan-penyimpangan yang tidak terkendali.

Perencanaan ini sangat erat kaitannya dengan pengendalian, dimana perencanaan merupakan tolak ukur bagi kegiatan operasional, sehingga penyimpangan yang terjadi dapat diketahui dan selanjutnya dikendalikan ke arah yang sesuai.

7.5.1. Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar terdapat dua hal yang perlu dipertimbangkan yaitu faktor eksternal dan internal. Yang dimaksud faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan dasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

1. Kemampuan pasar

Dapat dibagi menjadi dua kemungkinan :

- a) Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal
- b) Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik

Terdapat 3 alternatif yang dapat diambil, yaitu :

- 1) Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar, dengan mempertimbangkan untung dan rugi
- 2) Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
- 3) Mencari daerah pemasaran lain

2. Kemampuan pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor antara lain :

- a) Material atau bahan baku

Dengan pemakaian yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan mencapai target produksi yang diinginkan

b) Manusia atau tenaga kerja

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau *training* pada karyawan agar keterampilan meningkat.

c) Mesin atau peralatan

Ada dua hal yang mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu.

7.5.2. Pengendalian Proses

Setelah perencanaan produksi dijalankan, perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal. Pengendalian proses sebagai berikut :

1. Pengendalian kualitas

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku jelek, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan.

2. Pengendalian kuantitas

Penyimpangan kuantitas terjadi karena kesalahan operator, kerusakan mesin, keterlambatan pengadaan bahan baku, perbaikan alat terlalu lama, dan lain-lain. Penyimpangan tersebut perlu diidentifikasi penyebabnya dan diadakan evaluasi. Selanjutnya diadakan perencanaan kembali sesuai dengan kondisi yang ada.

3. Pengendalian waktu

Untuk mencapai kuantitas tertentu perlu adanya waktu tertentu pula.

4. Pengendalian bahan proses

Apabila ingin dicapai kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan untuk proses harus mencukupi. Karenanya diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekurangan.

7.6. Tata Letak Pabrik

Perencanaan tata letak bangunan pabrik, alat-alat proses, penyimpanan bahan baku dan produk pabrik harus direncanakan secara matang dan terpadu, sehingga diperoleh koordinasi kerja yang efektif dan se-efisien mungkin.

Beberapa faktor yang diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik (*plant lay out*) antara lain :

1. Kemudahan dalam operasi dan proses yang disesuaikan dengan kemudahan dalam memelihara peralatan serta kemudahan mengontrol hasil produksi
2. Distribusi utilitas yang tepat dan ekonomis
3. Keselamatan kerja
4. Memberikan kebebasan bergerak yang cukup leluasa antara peralatan proses dan peralatan yang menyimpan bahan-bahan berbahaya.
5. Adanya penyediaan lahan yang akan dipakai untuk perluasan pabrik masa mendatang
6. Masalah pengolahan limbah pabrik agar tidak mengganggu lingkungan
7. Jalan dan bangunan yang ada

Tata letak pabrik terdiri atas beberapa bagian yaitu :

1. Areal proses

Areal proses merupakan tempat berlangsungnya proses pembuatan karbon aktif. Tata letak alat di susun berdasarkan aliran proses yang ada. Daerah ini di letakkan pada lokasi yang dapat memudahkan suplai bahan baku dari tempat penyimpanan dan pengiriman produk ke areal penyimpanan produk serta memudahkan pengawasan dan pemeliharaan alat-alat proses.

2. Areal penyimpanan atau gudang

Areal penyimpanan merupakan tempat penyimpanan produk yang dihasilkan serta alat-alat proses (suku cadang). Penyimpanan produk diletakkan di tempat yang mudah dijangkau oleh peralatan pengangkutan.

3. Areal pemeliharaan atau bengkel

Areal ini merupakan tempat untuk melakukan kegiatan perawatan dan perbaikan peralatan sesuai dengan kebutuhan pabrik.

4. Areal utilitas atau sarana penunjang

Areal ini merupakan tempat untuk menyediakan keperluan dalam menunjang jalannya proses produksi. Berupa tempat penyediaan air, tenaga listrik, *steam*, dan sarana pengolahan limbah.

5. Areal perkantoran dan administrasi

Areal ini merupakan pusat kegiatan administrasi perusahaan sehari-hari dalam mengatur pabrik serta mengatur kegiatan lainnya. Areal ini di tempatkan di bagian depan pabrik agar tidak mengganggu kegiatan dari keamanan pabrik.

6. Areal laboratorium

Areal ini merupakan tempat untuk *quality control* terhadap produk ataupun bahan baku, serta tempat untuk penelitian.

7. Fasilitas umum

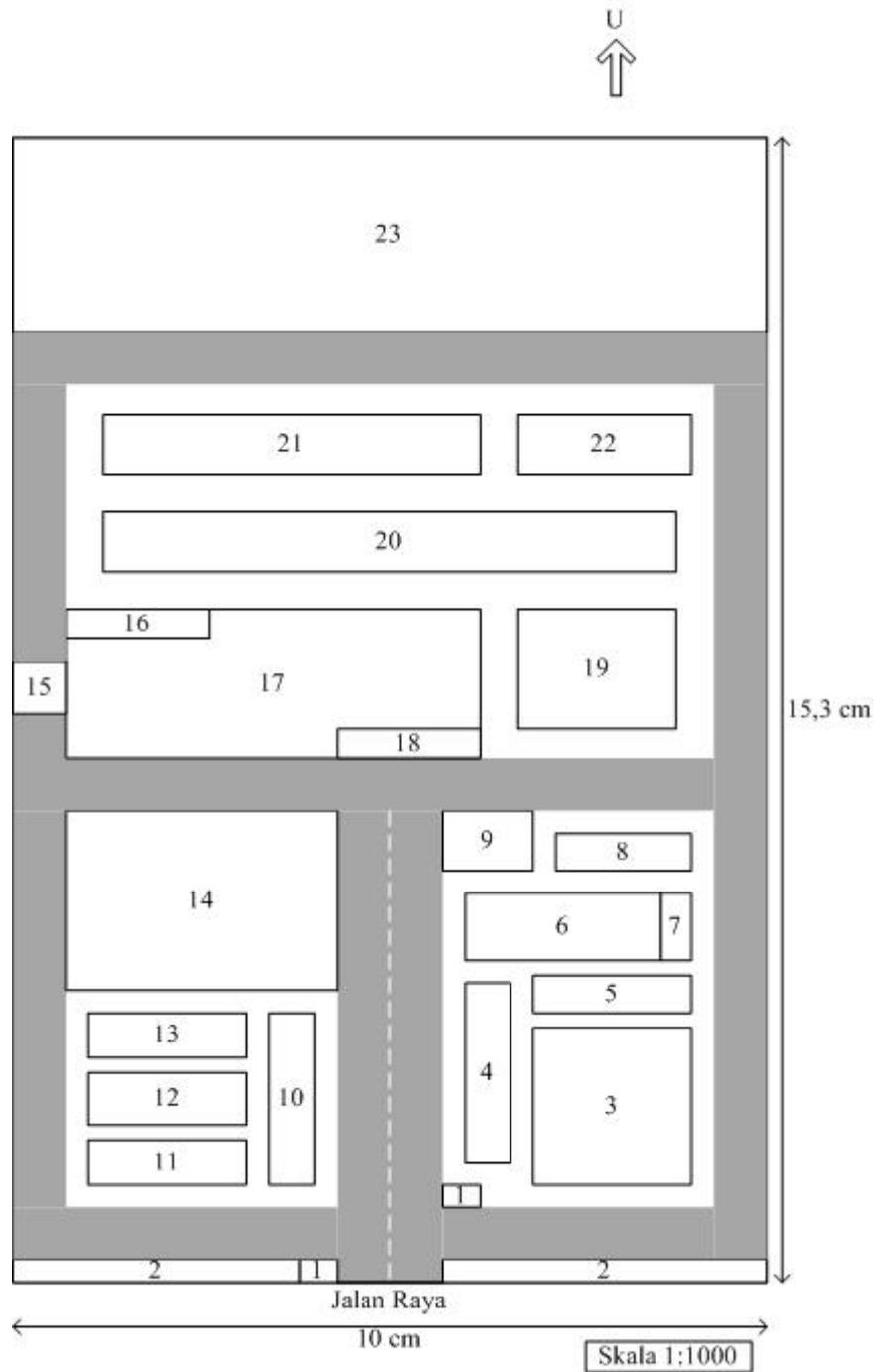
Fasilitas umum terdiri dari kantin, poliklinik, parkir, perpustakaan, serta musholla sebagai tempat peribadatan. Fasilitas umum ini di letakkan sedemikian rupa sehingga seluruh karyawan dapat memanfaatkannya.

8. Areal perluasan

Areal ini merupakan lahan kosong yang tersedia untuk perluasan pabrik masa mendatang. Perluasan dilakukan karena adanya peningkatan kapasitas produksi, dimana perluasan yang dilakukan adalah dengan cara menambah alat proses.

Tabel 7.3 Luas Bangunan Pabrik

No.	Bangunan	Jumlah	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)	Total (m ²)
1	Pos keamanan	2	5	3	15	30
2	Taman					243
3	Kantor	1	16	8	128	128
4	Parkir karyawan	1	24	6	144	144
5	Kantin	1	21	5	105	105
6	Aula	1	26	9	234	234
7	Toilet	1	9	4	36	36
8	Gudang	1	18	5	90	90
9	K3 dan <i>fire hydrant</i>	1	12	8	96	96
10	Parkir tamu	1	23	6	138	138
11	Perpustakaan	1	21	6	126	126
12	Poliklinik	1	21	7	147	147
13	Mushola	1	21	6	126	126
14	Parkir truk	1	36	24	864	864
15	Timbangan	1	7	7	49	49
16	Area bahan baku	1	19	4	76	76
17	Area Proses	1	55	20	1100	1100
18	Area produk	1	19	4	76	76
19	<i>Control room</i>	1	21	16	336	336
20	Utilitas	1	76	8	608	608
21	Laboratorium	1	50	8	400	400
22	Bengkel	1	23	8	184	184
23	Area perluasan pabrik	1	100	26	2600	2600
	Jalan					7364
	Total					15300



Gambar 7.2 Tata Letak Pabrik

7.7. Tata Letak Alat Proses

Konstruksi yang ekonomis dan operasi yang efisien dari suatu unit proses tergantung pada penyusunan peralatan proses. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penyusunan tata letak alat adalah :

1. Pertimbangan ekonomis

Meminimumkan biaya konstruksi dengan menempatkan peralatan yang memberikan sistem pemipaan sedekat mungkin antara alat-alat proses, sehingga akan mengurangi daya tekan alat terhadap bahan atau campuran, yang kemudian akan mengurangi biaya variabel. Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Elevasi pipa untuk pipa di atas tanah perlu dipasang pada ketinggian 3 m atau lebih, dan untuk pemipaan pada permukaan tanah harus diatur agar tidak mengganggu lalu lintas pekerja.

2. Kemudahan operasi

Mengusahakan letak tiap alat agar dapat memberikan keleluasan bergerak pada para pekerja dalam melaksanakan aktifitas produksi. Peralatan yang membutuhkan operator harus terletak pada posisi yang tepat dan sesuai, sehingga mudah untuk pengamatan atau pengontrolan dan pengoperasian.

3. Kemudahan pemeliharaan

Kemudahan pemeliharaan alat juga perlu pertimbangan dalam penempatan alat-alat proses. Hal ini dikarenakan pemeliharaan alat merupakan hal yang paing penting untuk menjaga alat agar beroperasi sebagaimana mestinya dan berumur panjang. Penempatan alat yang baik akan memberikan ruang gerak yang cukup untuk memperbaiki maupun untuk membersihkan peralatan.

4. Keamanan

Alat-alat yang beroperasi pada temperatur tinggi perlu sistem isolasi untuk memperkecil resiko terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan, sehingga tidak membahayakan pekerja. Selain itu perlu penyediaan pintu keluar cadangan atau darurat, sehingga memudahkan para pekerja untuk menyelamatkan diri jika terjadi sesuatu yang tidak diinginkan.

5. Perluasan dan pengembangan pabrik

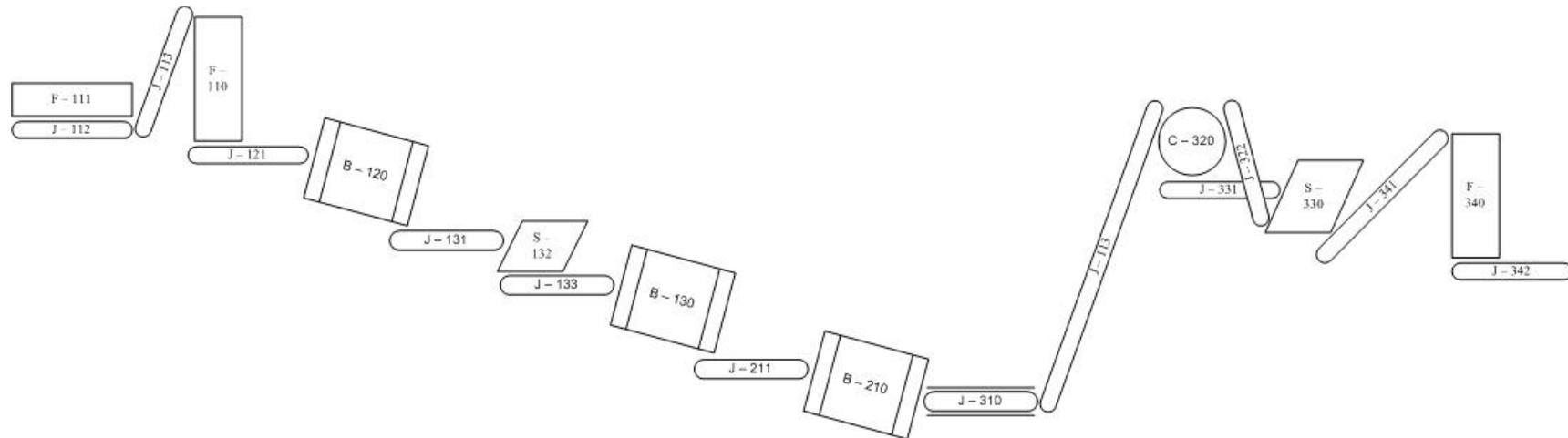
Setiap pabrik yang didirikan diharapkan dapat berkembang dengan penambahan unit sehingga diperlukan susunan pabrik yang memungkinkan adanya perluasan.

6. Aliran udara dan cahaya

Aliran udara di dalam dan di sekitar alat proses perlu diperhatikan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat. Penerangan seluruh pabrik harus memadai terutama pada tempat proses yang berbahaya.

Tujuan perancangan tata letak alat proses antara lain :

- 1) Kelancaran produksi dapat terjamin
- 2) Dapat mengaktifkan penggunaan luas lantai
- 3) Biaya material *handling* menjadi rendah sehingga urusan proses produksi lancar, perusahaan tidak perlu memakai alat angkut dengan biaya mahal
- 4) Karyawan mendapatkan kepuasan kerja sehingga produktifitas meningkat



Gambar 7.3 Tata Letak Alat Proses

Keterangan :

F – 110	: Loading ramp	J – 133	: Screw conveyor	J – 331	: Bucket elevator
J – 112	: Belt conveyor	B – 130	: Rotary calciner	S – 330	: Screen 100 mesh
J – 113	: Bucket elevator	J – 211	: Screw conveyor	J – 322	: Bucket elevator
F – 110	: Silo bahan baku	B – 210	: Rotary kiln	J – 341	: Bucket elevator
J – 121	: Belt conveyor	J – 310	: Cooling screw conveyor	F – 340	: Silo produk
B – 120	: Rotary dryer	J – 321	: Bucket elevator	J – 342	: Belt conveyor
J – 131	: Screw conveyor	C – 320	: Ball mill		
S – 132	: Screen 10 mesh				

BAB VIII

EAVLUASI EKONOMI

Pembuatan analisa ekonomi di rencanakan untuk mengetahui layak atau tidaknya (untung-rugi) dalam mendirikan pabrik. Dalam pra rancangan pabrik karbon aktif ini di buat dengan tujuan untuk memperoleh gambaran kelayakan penanaman modal dalam kegiatan produksi, dengan meninjau kebutuhan investasi modal, besarnya laba yang diperoleh, lamanya investasi modal titik impas terhadap volume produksi dan informasi ekonomi lainnya. Peninjauan faktor-faktor tersebut, perlu adanya penaksiran terhadap beberapa faktor, yaitu :

1. Modal (*Capital Investment*)
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment/FCI*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment/WCI*)
2. Biaya produksi (*Manufacturing Cost*)
 - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya produksi tidak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - c. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran umum (*General Expenses*)
4. Analisa kelayakan
 - a. *Percent Return on Investment* (ROI)
 - b. *Pay out Time* (POT)
 - c. *Break Event Point* (BEP)
 - d. *Shut Down Point* (SDP)

(Peters & Timmerhaus, 2003)

Dasar perhitungan :

Kapasitas produksi	: 3.000 ton/tahun
Pabrik beroperasi	: 330 hari kerja
Umur alat	: 10 tahun
Nilai kurs	: 1 US \$ = Rp 14.286,00 (tanggal 10 Juni 2018, https://www.google.co.id/amp/kurs.dollar.web.id/)
Tahun evaluasi	: 2018

Pabrik beroperasi selama satu tahun produksi adalah 330 hari kerja, dan tahun evaluasi pada tahun 2018. Di dalam analisis ekonomi, harga-harga alat maupun harga-harga lain diperhitungkan pada tahun analisis. Untuk mencari harga pada tahun analisis, maka dicari *index* pada tahun analisis.

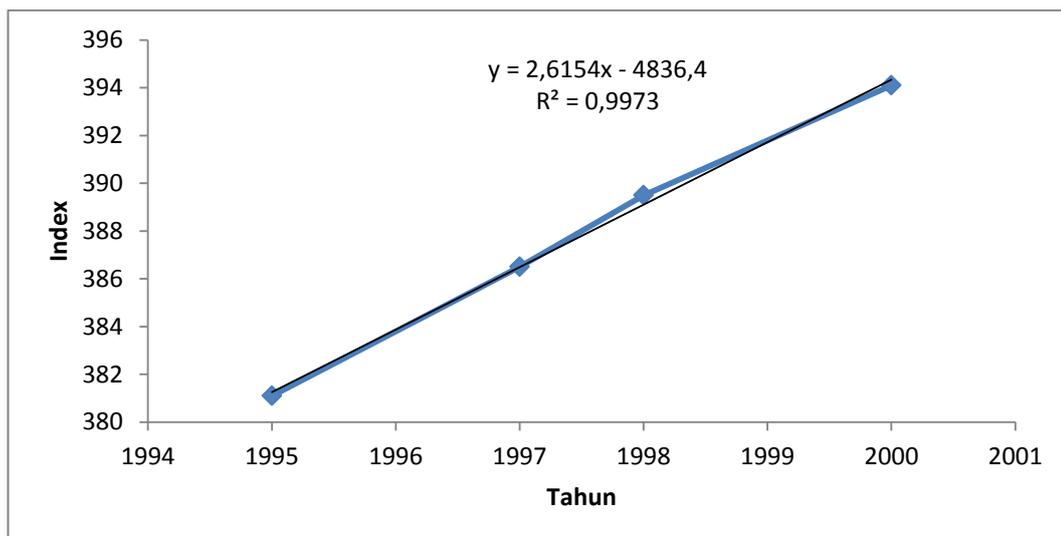
Asumsi kenaikan harga dianggap linier, dengan menggunakan program *excel* dapat dicari persamaan linier, yaitu :

Tabel 8.1 Cost Index Chemical Plant

Tahun	Index
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	390,4

(Peters & Timmerhaus, 2003)

Dari tabel *cost index* diambil 4 data, sehingga diperoleh persamaan linier $y = 2,615x - 4836$, maka dengan demikian dapat dicari *cost index* pada tahun 2025.



Gambar 8.1 Grafik Hubungan Tahun dengan Cost Index

Persamaan yang diperoleh adalah $y = 2,615x - 4836$, dengan menggunakan persamaan di atas dapat dicari harga index pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2025 adalah :

$$\begin{aligned}y &= 2,615x + 4836, \\ &= 2,615 (2025) + 4836, \\ &= 459,375\end{aligned}$$

Harga-harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi dengan persamaan :

$$Ex = Ey \times \frac{Nx}{Ny}$$

Dalam hubungan ini :

Ex : harga pembelian pada tahun 2025

Ey : harga pembelian pada tahun referensi (tahun 2018)

Nx : *index* harga pada tahun 2025

Ny : *index* harga pada tahun referensi (tahun 2018)

8.1. Perhitungan Biaya

8.1.1. Investasi Modal (*Capital Investment*)

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk fasilitas-fasilitas produksi dan untuk menjalankannya.

1. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)

Modal tetap adalah investemntasi untuk mendirikan fasilitas produksi dan pembantunya.

2. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

Modal kerja adalah bagian yang diperlukan untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

8.1.2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost merupakan jumlah dari semua biaya langsung, maupun tidak langsung dan biaya-biaya tetap yang timbul akibat pembuatan suatu produk. *Manufacturing Cost* meliputi :

1. Biaya produksi langsung (*Direct Cost*) adalah pengeluaran yang bersangkutan khusus dalam pembuatan produk.

2. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Cost*) adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung dan bukan langsung karena operasi pabrik.
3. Biaya tetap (*Fixed Cost*) merupakan biaya yang tidak tergantung waktu maupun jumlah produksi, meliputi : depresiasi, pajak asuransi, dan sewa.

8.1.3. Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

General Expenses meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

8.1.4. Analisis Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial didirikan atau tidak, maka dilakukan analisis kelayakan. Beberapa analisis untuk menyatakan kelayakan :

1. *Percent Return On Investment* (ROI)

Percent Return On Investment merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasi.

$$\text{ROI } b = \frac{P_b}{I_f} \qquad \text{ROI } a = \frac{P_a}{I_f}$$

Dengan : ROI *b* = ROI sebelum pajak

ROI *a* = ROI sesudah pajak

P_b = keuntungan sebelum pajak

P_a = keuntungan sesudah pajak

TCI = *total capital investment*

2. *Pay Out Time* (POT)

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

$$\text{POT} = \frac{\text{FCI}}{P_a + 0,1\text{FCI}}$$

3. *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point adalah titik impas di mana pabrik tidak mempunyai suatu keuntungan.

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

- Dimana : Sa = penjualan produk
Ra = *regulated cost*
Va = *variable cost*
Fa = *fixed cost*

4. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah dimana pabrik mengalami kerugian sebesar *fixed cost* sehingga pabrik harus ditutup.

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

8.2. Total Fixed Capital Investment

Tabel 8.2 Total Fixed Capital Investment

<i>Fixed Capital Investment</i>	Biaya (Rp)
PEC	7.212.742.865,04
Instalasi	1.803.185.716,26
Pemipaan	4.760.410.290,93
Isolasi	649.146.857,85
<i>Instrument</i>	3.606.371.432,52
Listrik	2.524.460.002,77
Bangunan	7.894.000.000,00
Pengembangan	4.845.140.000,00
Tanah	1.989.000.000,00
Jumlah DC	35.284.457.165,37
<i>Engineering & supervision, 8% DC</i>	2.822.756.573,23
<i>Construction expenses, 10% DC</i>	3.528.445.716,54
<i>Contractor's fee, 2% - 8% DC</i>	1.764.222.858,27
Jumlah IC	8.115.425.148,04
Jumlah FCI	43.399.882.313,41
<i>Contingency, 8%</i>	3.471.990.585,07
<i>Start up expences, 8% - 10% FCI</i>	3.471.990.585,07

8.3. Working Capital

Modal kerja atau *Working Capital Investment* (WCI) adalah seluruh modal yang dibutuhkan untuk membiayai seluruh kegiatan operasional perusahaan, dari awal produksi sampai terkumpulnya hasil penjualan yang cukup untuk memenuhi kebutuhan perputaran biaya operasional pabrik sehari-hari. Modal kerja, meliputi :

1. Pembelian bahan baku dan bahan penunjang
2. Pembayaran gaji karyawan
3. Biaya pemeliharaan dan perbaikan
4. Biaya pengemasan dan distribusi produk
5. Biaya operasional produksi, misalnya untuk pembayaran listrik ataupun biaya produksi lainnya selama produksi. Biaya ini tergantung pada kuantitas produksinya
6. Persediaan perlengkapan kesehatan kerja
7. Modal kerja tak terduga

Perbandingan *working capital* terhadap *total capital investment* bervariasi untuk perusahaan yang berbeda, namun sebagian besar pabrik menggunakan *working capital* awal sebesar 10% – 20% dari *total capital investment* (Peters & Timmerhaus, 1991)

$$\text{WCI} = 15\% \text{ TCI}$$

$$\text{TCI} = \text{FCI} + \text{WCI}$$

$$\text{TCI} = \text{Rp } 51.058.685.074,60$$

$$\text{WCI} = \text{Rp } 7.658.802.761,19$$

8.4. *Manufacturing Cost*

Tabel 8.3 *Manufacturing Cost*

<i>Direct Production Costs (DPC)</i>	Biaya (Rp)
Bahan baku	23.070.846.543,13
<i>Operating labor</i>	6.168.000.000,00
Supervisi	925.200.000,00
UPL	6.879.506.733,89
<i>Maintenance & repair</i>	867.997.646,27
<i>Operating supplies</i>	130.199.646,94
<i>Laboratory charges</i>	616.800.000,00
<i>Royalty dan patent</i>	687.950.673,39
Total DPC	39.346.501.243,62
<i>Fixed Charges (FC)</i>	Biaya (Rp)
Depresiasi	4.339.988.231,34
<i>Local taxes</i>	1.301.996.469,40
Asuransi	260.399.293,88
<i>Plant overhead cost</i>	4.815.654.713,73
Total FC	10.718.038.708,35

8.5. General Expenses

Tabel 8.4 General Expenses

<i>General Expenses (GE)</i>	<i>Biaya (Rp)</i>
<i>Administrative cost</i>	2.751.802.693,56
<i>Distribution and marketing cost</i>	11.007.210.774,23
<i>Research and development cost</i>	3.439.753.366,95
<i>Finance</i>	1.531.760.552,24
Total GE	18.730.527.386,97

8.6. Analisa Ekonomi

$$\begin{aligned} \text{Biaya produksi total (TPC)} &= \text{manufacturing cost} + \text{general expenses} \\ &= \text{Rp } 68.795.067.338,94 \end{aligned}$$

$$\text{Penjualan (Sa)} = \text{Rp } 89.100.000.000,00$$

$$\text{TPC} = \text{Rp } 68.795.067.338,94$$

$$\text{Keuntungan sebelum pajak} = \text{Rp } 20.304.932.661,06$$

$$\text{Pajak 30\% dari keuntungan} = \text{Rp } 6.091.479.798,32$$

$$\text{Keuntungan sesudah pajak} = \text{Rp } 14.213.452.862,74$$

8.6.1. Return on Investment (ROI)

Salah satu cara yang paling umum untuk menganalisis keuntungan dari suatu pabrik baru adalah *percent return on invesment* yaitu kecepatan tahunan dimana keuntungan-keuntungan akan mengembalikan investasi (modal). Dalam bentuk dasar ROI dapat didefinisikan sebagai rasio (perbandingan) yang dinyatakan dalam prosentase dari keuntungan tahunan dengan investasi modal.

$$\text{ROI } b = \frac{P_b}{\text{TCI}} \times 100\% \qquad \text{ROI } a = \frac{P_a}{\text{TCI}} \times 100\%$$

Dengan : ROI *b* = ROI sebelum pajak

ROI *a* = ROI sesudah pajak

P_b = keuntungan sebelum pajak

P_a = keuntungan sesudah pajak

TCI = *total capital investment*

$$\text{ROI } b = \frac{P_b}{\text{TCI}} \times 100\% = \frac{\text{Rp } 20.304.932.661,06}{\text{Rp } 51.058.685.074,60} = 39,77 \% \text{ (sebelum pajak)}$$

$$\text{ROI } a = \frac{P_a}{\text{TCI}} \times 100\% = \frac{\text{Rp } 14.213.452.862,74}{\text{Rp } 51.058.685.074,60} = 27,84 \% \text{ (sesudah pajak)}$$

8.6.2. Pay out Time (POT)

Pay out time adalah jangka waktu pengembalian modal yang ditanam berdasarkan keuntungan yang dicapai.

$$POT = \frac{FCI}{Pb + 0,1FCI}$$

$$POT = \frac{Rp\ 43.399.882.313,41}{Rp\ 20.304.932.661,06 + (0,1 \times Rp\ 43.399.882.313,41)} = 1,76 \text{ tahun (sebelum pajak)}$$

$$POT = \frac{FCI}{Pa + 0,1FCI}$$

$$POT = \frac{Rp\ 43.399.882.313,41}{Rp\ 14.213.452.862,74 + (0,1 \times Rp\ 43.399.882.313,41)} = 2,34 \text{ tahun (sesudah pajak)}$$

8.6.3. Break Even Point (BEP)

Break even point merupakan titik batas suatu pabrik dapat dikatakan tidak untung tidak rugi. Dengan kata lain, break even point merupakan kapasitas produksi yang menghasilkan harga jual sama dengan *total cost*.

Tabel 8.5 Data Perhitungan Break Even Point

Fixed cost (Fa)	Biaya (Rp)
Depresiasi	4.339.988.231,34
Local taxes	1.301.996.469,40
Asuransi	260.399.293,88
	5.902.383.994,62
Variabel cost (Va)	Biaya (Rp)
Bahan baku	2.237.353.209,50
Utilitas	27.713.000.067,52
Royalty & patent	687.950.673,39
	30.638.303.950,41
Regulated cost (Ra)	Biaya (Rp)
Operating labor	6.168.000.000,00
Supervisi	925.200.000,00
Maintenance & repair	867.997.646,27
Operating supplies	130.199.646,94
Laboratory charges	616.800.000,00
Plant overhead cost	4.815.654.713,73
General expenses (GE)	18.730.527.386,97
	32.254.379.393,91

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

Dimana : Sa = penjualan produk

Ra = regulated cost

$Va = \text{variable cost}$ $Fa = \text{fixed cost}$

$$BEP = \frac{Rp\ 5.902.383.994,62 + 0,3(Rp\ 32.254.379.393,91)}{Rp\ 89.100.000.000,00 - Rp\ 30.638.303.950,41 - 0,7(Rp\ 32.254.379.393,91)} \times 100\%$$

$$BEP = 43,41\ \%$$

8.6.4. Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah suatu titik dimana pada kondisi itu, jika proses dijalankan maka perusahaan tidak akan memperoleh laba meskipun pabrik masih bisa beroperasi.

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

$$SDP = \frac{0,3(Rp\ 32.254.379.393,91)}{Rp\ 89.100.000.000,00 - Rp\ 30.638.303.950,41 - 0,7(Rp\ 32.254.379.393,91)} \times 100\%$$

$$SDP = 27\ \%$$

BAB IX

KESIMPULAN

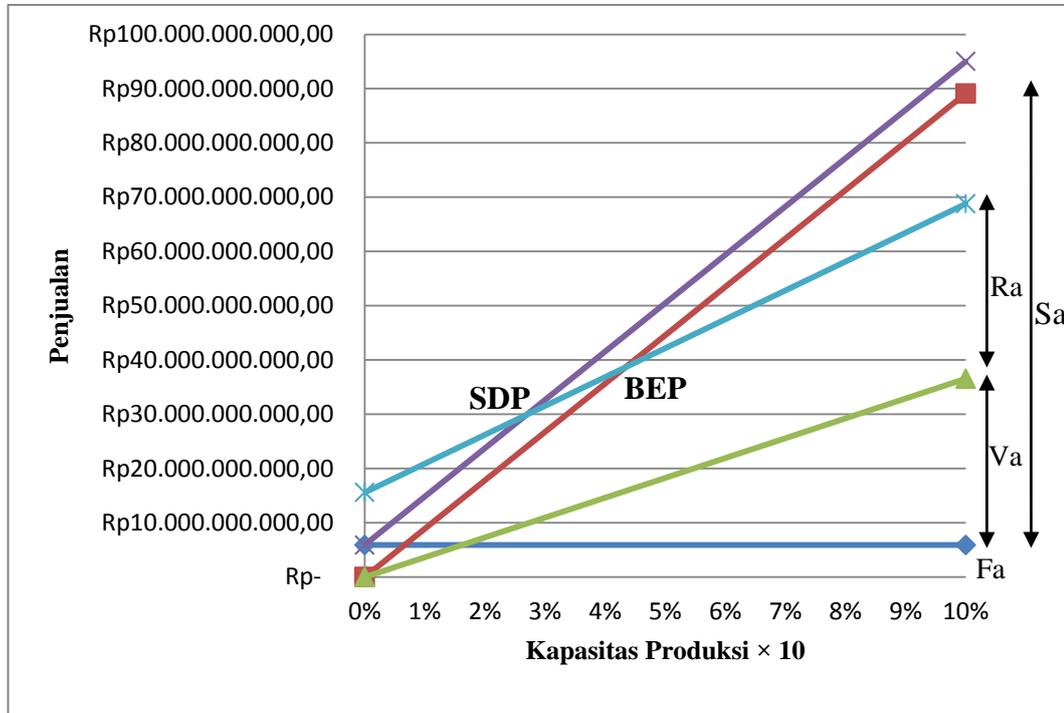
Pabrik karbon aktif dengan kapasitas 3.000 ton/tahun setelah dilakukan perancangan awal, baik dari segi teknik maupun segi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak dan menarik untuk didirikan. Dilihat dari beberapa faktor , antar lain :

- 1) Produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi pasar dan memenuhi standar SNI (Standar Nasional Indonesia) serta SII (Standar Industri Indonesia)
- 2) Ketersediaan bahan baku yang memenuhi
- 3) Lokasi pabrik yang dekat dengan letak pasar dan pelabuhan
- 4) Ketersediaan air yang memenuhi
- 5) Indikator perekonomian yang relatif baik

Tabel 9.1 Analisis Kelayakan Ekonomi

Analisis Kelayakan	Kriteria	Hasil Perhitungan
Laba sebelum pajak		Rp 20.304.932.661,06
Laba sesudah pajak		Rp 14.213.452.862,74
ROI sebelum pajak	Minimal 21%	39,77 %
ROI sesudah pajak		27,84 %
POT sebelum pajak	Maksimal 5 tahun	1,76 tahun
POT sesudah pajak		2,34 tahun
BEP	40% – 60%	43,41 %
SDP		27 %

Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan data penjualan, persentase produksi, BEP, dan SDP.



DAFTAR PUSTAKA

- Asano, N., J. Nishimura, K. Nisnimiya, T. Hata, Y. Imamura, S. Ishihara, B.Tomita. 1999. Formaldehyde Reduction in Indoor Enviroments by Wood Charcoals. Wood Researsch No 86.
- Atlas Kayu Indonesia. (1989). Jilid II. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Aurorra. (2011). Aurorra Gold Mining Consultant. Available from URL : <http://indonetwork.co.id/aurorra/1374538/karbon-aktif-import.htm> (diakses pada tanggal 13 April 2011)
- Austin, G.T. 1984. Shreve's Chemical Process Industry. Fifth Edition. MCGraw-Hill Book Company, New York : 136-138.
- Bayong Tjasyono H.K. (2008). Sains Atmosfer. Badan Mteorologi dan Geofisika.
- Brownell, L.E., and Young, E.H. (1959). Process Equipment Design Vessel Design. Michigan.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F. (1989). An Introduction to Chemical Engineering. Allyn and Bacon Inc., Massachusets.
- Derbyshire, F., Jagtoyen, M., Thwaites, M. (1995). Porosity in Carbons, Characterization and applications, 227. J. W. Patrick. London.
- <https://id.wikipedia.org/wiki/Nitrogen> (diakses pada hari Jumat tanggal 15 Juni 2017 pukul 09:28)
- Kern, D.Q. (1950). Process Heat Transfer. McGraw Hill International Book Company, Singapura.
- Kirk, R. E., and Othmer, D. F. (1992). Encyclopedia of Chemical Technology. Vol. 18. Interscience Publishing Inc. New York.
- Levenspiel, O. (1999). Chemical Reaction of Engineering, 3rd edition. John Willey and Sons : New York.
- Liou, Tzong-Horng. (2010). Development of Mesoporous Structure and High Adsorption Capacity of Biomass-based Activated Carbon by Phosporic Acid and Zinc Chloride Activation, Chemical Engineering Journal 158, 129-142.

- Manocha, S. M. 2003. Porous Carbons. Department of Materials Science. India: Journal Sadhana vol 28, parts 1&2, pp 345 – 348.
- Mui, E. L. K., Cheung, W. H., Valix, Marjorie, McKay, G. (2010) Activated Carbons from Bamboo Scaffolding Using Acid Activation. Separation and Purification Technology 74 213-218.
- Peters, M. S. and Timmerhaus, K. D. (1991). Plant Design and Economic 5th ed. Mc. Graw-Hill International Book Company Chemical Engineering Inc. New York.
- Sembiring, M. T., & Sinaga, T. S. (2003). Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya).
- Smith, J. M. and Van Ness, H. C. (1981). Introducing to Chemical Engineering Thermodynamics, 3rd edition. Mc. Graw-Hill Book Company. New York.
- Standar Nasional Indonesia. (1995). Arang aktif teknis. SNI 06-3730-1995. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, Jakarta.
- Statistik Kehutanan Indonesia. (2006). Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Stern, Arthur Cecil. (1976). Air Pollution Third edition Volume I, Air Pollutants Thier Transformation and Transport. New York : Academic Press inc.
- Sudibandriyo, M. (2003). A Generated Ono-Kondo Lattice Model For High Pressure on Carbon Adsorben, Ph.D Dissertation, Oklahoma state University.
- Ullmann. (2006). Encyclopedia of Industrial Chemistry. Vol. 12. Wilhelm Fifth Completely Revised Edition of Germany.