

**PRARANCANGAN PABRIK KARBON HITAM DARI
MINYAK BAKAR (MFO)
KAPASITAS 218.000 TON/TAHUN**



Disusun Oleh :

Dedy Mustari (4515044009)

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA
MAKASSAR
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PRARANCANGAN PABRIK KARBON HITAM DARI MINYAK BAKAR
(MFO) KAPASITAS 218.000/TAHUN**

Yang Telah Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

Dedy Mustari (4515044009)

Telah disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Dr. A. Zulfikar Syaiful, ST., MT
NIDN.09.1802.6902


Al Gazali, ST., MT
NIDN. 09 0506 7302

HALAMAN PENGESAHAN


**PRARANCANGAN PABRIK KARBON HITAM DARI MINYAK BAKAR
(MFO) KAPASITAS 218.000/TAHUN**

Disusun Oleh :


Dedy Mustari (4515044009)

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 30 Juli 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Pembimbing I


Dr. A. Zulfikar Syaiful, ST., MT
NIDN.09 1802 6902

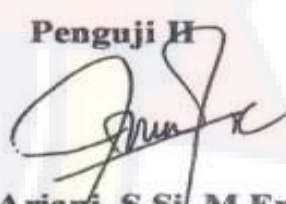
Pembimbing II


Al Gazali, ST., MT
NIDN. 09 0506 7302

Penguji I


Dr. Hamsira, ST, M.Si
NIDN.09 2406 7601

Penguji II


Fitri Ariani, S.Si, M.Eng
NIDN. 09 0103 8905

Makassar, 30 Juli 2020

Ketua Program Studi Teknik Kimia



M. Tang, ST., M.Pkim
NIDN. 09 1302 7503

KATA PENGANTAR

Syukur kami ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha ESA yang selalu setia memberikan Rahmat dan Anugerah-Nya dan kekuatan kepada penulis sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “*Pra Rancangan Pabrik Karbon Hitam dari Minyak Bakar (MFO) Kapasitas 218.000 Ton/Tahun*”.

Tugas akhir ini disusun untuk melengkapi salah satu syarat mengikuti ujian sarjana pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa Makassar.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, kami banyak menerima bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ridwan, ST., M.Si, selaku Dekan Fakultas Teknik yang telah memfasilitasi dan mmeberikan ruang bagi penulis dalam mengembangkan diri penulis.
2. Bapak M.Tang, ST., M.Pkim atas segala arahan dan usahanya dalam mengatur segala urusan dalam pelaksanaan Ujian Akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. A. Zulfikar Syaiful, MT sebagai Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan masukan serta arahan kepada penulis selama menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Al Gazali, ST. MT, sebagai Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan masukan serta arahan kepada penulis selama menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Seluruh Dosen dan Staff program studi Teknik Kimia yang begitu luar biasanya mengajarkan dan membimbing penulis.
6. Dan yang paling teristimewa Kepada orang tua tercinta beserta keluarga yang begitu luar biasa nya memberikan doa dan bantuan kepada penulis hingga ke titik ini yakni penyelesaian Tugas Akhir Skripsi.
7. Dan Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu namanya yang juga turut memberikan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas Perancangan ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari pembaca yang bersifat konstruktif demi kesempurnaan penulisan ini. Akhir kata, semoga tulisan ini bermanfaat bagi kita semua. Terima Kasih.

Makassar, Agustus 2021

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
INTISARI.....	xi
BAB I : PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Pendirian Pabrik	1
B. Kegunaan Produk	3
C. Penentuan Kapasitas Pabrik	4
D. Pemilihan Lokasi Pabrik	10
E. Tinjauan Pustaka	12
BAB II : URAIAN PROSES.....	17
BAB III : SPESIFIKASI BAHAN.....	20
A. Spesifikasi Bahan Baku.....	20
B. Spesifikasi Bahan Pembantu	22
BAB IV : NERACA MASSA	24
BAB V : NERACA PANAS	31
BAB VI : SPESIFIKASI ALAT	35
BAB VII : UTILITAS	40
A. Unit Penyedia Air.....	40
B. Unit Penyediaan dan Pembangkit Listrik.....	42
BAB VIII : LAYOUT PABRIK DAN PERALATAN PROSES	46
A. Lokasi Pabrik	46
B. Layout Pabrik	47
C. Tata Letak Mesin/Alat Proses	49
BAB IX : KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA	53
A. Identifikasi Bahan	53
B. Identifikasi Alat dan Proses	64

C. Identifikasi Produk	65
BAB X : STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN	80
A. Bentuk Perusahaan	80
B. Struktur Organisasi.....	82
C. Tugas dan Wewenang	84
D. Jam Kerja	93
E. Status Karyawan dan Sistem Upah	94
F. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji	95
G. Jaminan Sosial.....	96
H. Penggolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan	98
BAB XI : EVALUASI EKONOMI	101
A. Dasar Perhitungan	101
B. Perhitungan Biaya	103
C. Analisa.....	129
BAB XII : KESIMPULAN	134
DAFTAR PUSTAKA	135

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Grafik Data Impor	5
Gambar 2. Grafik Data Ekspor.....	6
Gambar 3. Grafik Data Konsumsi.....	7
Gambar 4. Grafik Data Produksi.....	8
Gambar 5. Struktur Karbon Hitam.....	14
Gambar 6. Metode <i>Furnace Black</i>	16
Gambar 7. Diagram Alir	19
Gambar 8. Struktur Kimia MFO	20
Gambar 9. Lokasi Pelabuhan	46
Gambar 10. Lokasi PT. Pertamina	47

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Impor	4
Tabel 2. Data Ekspor.....	5
Tabel 3. Data Konsumsi.....	7
Tabel 4. Data Produksi.....	8
Tabel 5. Kandungan Udara	13
Tabel 6. Sifat Kimia Karbon Hitam	14
Tabel 7. Sifat Fisika Karbon Hitam	15
Tabel 8. Sifat Fisika & Kimia Minyak Bakar	21
Tabel 9. Neraca Massa Furnace	24
Tabel 10. Neraca Massa Heat Exchanger	25
Tabel 11. Neraca Massa Cooler	25
Tabel 12. Neraca Massa Bag Filter	26
Tabel 13. Neraca Massa Hammer Mills (Grinder).....	26
Tabel 14. Neraca Massa Sludge Tank.....	27
Tabel 15. Neraca Massa Magnetic Separator (01)	27
Tabel 16. Neraca Massa Silo (01)	28
Tabel 17. Neraca Massa Extruding Pelletizer	29
Tabel 18. Neraca Massa Rotary Dryer	30
Tabel 19. Neraca Massa Bucket Conveyor	30
Tabel 20. Neraca Massa Magnetic Separator (02)	31
Tabel 21. Neraca Massa Silo (02)	31
Tabel 22. Neraca Panas Furnace	32
Tabel 23. Neraca Panas Heat Exchanger	32
Tabel 24. Neraca Panas Cooler	33
Tabel 25. Neraca Panas Dryer.....	33
Tabel 26. Spesifikasi Alat Furnace	34
Tabel 27. Spesifikasi Alat Blower	34
Tabel 28. Spesifikasi Alat Heat Exchanger.....	35
Tabel 29. Spesifikasi Alat Pump	35
Tabel 30. Spesifikasi Alat Cooler	36

Tabel 31. Spesifikasi Alat Bag Filters.....	36
Tabel 32. Spesifikasi Alat Hammer Mills.....	37
Tabel 33. Spesifikasi Alat Sludge Tank.....	37
Tabel 34. Spesifikasi Alat Magnetic Separator (01)	38
Tabel 35. Spesifikasi Alat Silo (01)	38
Tabel 36. Spesifikasi Alat Extruding Pelletizer	39
Tabel 37. Spesifikasi Alat Rotary Dryer	39
Tabel 38. Spesifikasi Alat Magnetic Separator (02)	40
Tabel 40. Spesifikasi Alat Belt Conveyor.....	41
Tabel 41. Spesifikasi Alat Belt Conveyor.....	42
Tabel 42. Kebutuhan Air Pendingin.....	43
Tabel 43. Kebutuhan Air Umum.....	44
Tabel 44. Kebutuhan Listrik	45
Tabel 45. Kebutuhan Penerangan	47
Tabel 46. Jadwal Kerja Karyawan Shift	50
Tabel 47. Perincian Gaji Karyawan	51
Tabel 48. MSDS Minyak Bakar (MFO)	54
Tabel 49. MSDS Karbon Hitam.....	66
Tabel 50. Harga Alat.....	103

INTISARI

Pabrik karbon hitam dari minyak bakar dengan kapasitas 218.000 Ton/Tahun, menggunakan bahan baku minyak bakar, atau yang dikenal sebagai *marine fuel oil* (MFO) diperoleh dari PT. Pertamina Refinery V, Balikpapan.

Berdasarkan penentuan lokasi pabrik secara primer dan sekunder, dipilih Kawasan Industri di Mamuju, kec. Kalukku, dengan luas pabrik total 130.087 m². Pabrik beroperasi selama 330 hari efektif setiap tahun, dengan proses kontinu dan membutuhkan total jumlah tenaga kerja sebanyak 202 orang.

Pabrik karbon hitam memiliki beberapa proses seperti pembakaran tidak sempurna pada furnace, kemudian didinginkan di heat exchanger dan cooler, setelah itu masuk ke bag filters dan dihancurkan menjadi bentuk bubuk di hammer mills, dibagi menjadi dua bagian bubuk dan pellet.

Utilitas pabrik karbon hitam ini membutuhkan bahan baku minyak bakar sebanyak 27.525,25 kg/jam dengan kebutuhan air pendingin sebanyak 32.864.249,21 kg/jam, listrik sebanyak 1,73 MW dan bahan bakar 255,98 liter/jam.

ROI untuk pabrik karbon hitam sebelum pajak dan sesudah pajak adalah 25% dan 19,92%, POT untuk pabrik karbon hitam sebelum pajak dan sesudah pajak adalah 1,4 Tahun dan 1,6 Tahun, DCF yang dicapai sebesar 13,7% dengan kurs tahunan bank 6,3%, BEP pabrik karbon hitam ini adalah 42,5% dengan SDP sebesar 8,7% Berdasarkan data tersebut, pabrik karbon hitam dari minyak bakar kapasitas 218.000 Ton/Tahun layak untuk dikaji lebih lanjut

Kata Kunci : *minyak bakar, kapasitas, ROI, BEP, DCF.*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Karbon hitam telah digunakan sejak dulu oleh bangsa besar seperti Mesir, Roma, hingga bangsa Yunani dalam membuat tinta dan bahan dekorasi dinding (Orion Engineered Carbons [OEC], 2015:10). Hingga kini produksi karbon hitam masih terus meningkat seiring berjalannya waktu. Indonesia sendiri sudah mulai memproduksi karbon hitam yang diproses oleh PT.Carbot Indonesia dengan kapasitas mencapai 90.000 ton per tahun yang juga sekaligus menjadi satu-satunya produsen karbon hitam di Indonesia, sedangkan kebutuhan di Indonesia mencapai lebih dari 230.000 ton per tahunnya. (Kementrian Perindustrian Republik Indonesia [Kemenprin], 2019). Sehingga, dirasa sangat perlu peningkatan produksi karbon hitam dalam upaya meningkatkan kemajuan industri kimia Indonesia dan mencapai target kebutuhan dalam negeri.

Karbon hitam sendiri dapat didefinisikan sebagai hasil pembakaran tidak sempurna sebuah proses produksi minyak berat yang berbentuk partikel hitam kecil. Berdasarkan Long et al. (2013:271) *Carbon black* (CB) merupakan produk pabrikan yang telah masuk perdagangan selama lebih dari satu abad. Terdiri dari bubuk hitam halus mendekati unsur karbon murni (EC), ia memiliki banyak aplikasi di berbagai produk komersial dan konsumen. Sedangkan menurut International Carbon Black Association (2016:4) Karbon hitam [C.A.S. No. 1333-86-4] hakekatnya merupakan unsur karbon murni dalam bentuk partikel koloid yang dihasilkan oleh pembakaran parsial atau termal dekomposisi hidrokarbon gas atau cair di bawah kondisi terkontrol. Penampilan fisiknya yang secara halus dibagi menjadi bentuk pelet dan bubuk.

Berdasarkan definisinya, proses produksi karbon hitam bisa sangat beragam, hingga saat ini ada lebih dari empat proses yang digunakan dalam produksi karbon hitam di seluruh dunia. Selain itu, pembuatan karbon hitam sendiri memerlukan bahan yang memiliki kandungan hidrokarbon yang

nantinya terpecah menjadi beberapa elemen penting. Secara teori, semakin besar aromatisasi sebuah bahan bakunya, maka semakin efisien proses yang terjadi. Oleh karena itu, pada kenyataannya minyak yang paling cocok adalah di mana sebagian besar karbon berada dalam bentuk zat yang terdiri dari tiga atau empat cincin. Distilasi dari tar batubara (minyak karbo-kimia) atau minyak sisa yang dibuat oleh perengkahan katalitik dari fraksi minyak mineral dan olefi diproduksi oleh retak termal naphta atau gasoil (petrokimia minyak) juga memenuhi syarat sebagai sumber bahan baku (OEC, 2015:12).

Saat ini, minyak bakar (MFO) sebagai bahan bakunya merupakan minyak hasil destilasi minyak bumi yang di produksi Pertamina (Persero) yang digunakan sebagai bahan bakar kapal. Namun, karena kandungan sulfur yang dikandungnya, Minyak bakar (MFO) dirasa akan mengalami dampak penurunan dalam hal produksi dan pendapatan. Menurut Hadi (2018) dalam website Maritim Indonesia, hal ini disebabkan karena pada bulan Oktober tahun 2016 yang lalu, Organisasi Maritim Dunia, IMO melalui *Marine Environment Protection Committee* (MEPC) mengeluarkan peraturan untuk mengurangi ambang batas maksimal emisi sulfur oleh kapal. Peraturan ini telah dikenal sebagai IMO Sulphur Cap 2020. Setelah sebelumnya menerapkan ambang batas maksimal senilai 3,5% m/m (mass by mass) pada tahun 2005 melalui *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships* atau dikenal sebagai *Annex VI MARPOL Convention*, peraturan tersebut kini telah diperbarui. Ambang batas maksimal emisi sulfur dari kapal mengalami pemotongan yang sangat besar dari 3,5% m/m menjadi 0,5% m/m.

Oleh karenanya, perancangan pabrik karbon hitam dari minyak bakar (MFO) akan memiliki banyak manfaat, dari dipenuhinya kebutuhan dalam negeri akan karbon dan sekaligus meningkatnya pendapatan negara dari produksi bahan baku karbon hitam itu sendiri, meningkatnya produksi bahan hasil olahan karbon hitam seperti ban dan kertas karbon. Selain itu, penggunaan lain dari minyak bakar yang diproduksi Pertamina (persero) dapat dialih fungsikan, dan menurunkan dependensi Indonesia terhadap impor bahan.

B. Kegunaan Produk

Sejauh ini, karbon hitam telah digunakan dalam beberapa sektor industri dan sudah digunakan pada bahan dan alat disekitar kita. Berdasarkan website Mitsubishi Chemical (2006) karena karbon hitam memiliki partikel nano dengan berbagai fungsi seperti penyerapan dan konduktivitas ultra-violet, karbon hitam masih diterapkan pada bidang baru seperti peralatan dan perangkat elektronik. Beberapa aplikasi karbon hitam, dapat ditemukan diantaranya sebagai :

1. Agen Pewarna untuk Tinta dan Cat

Karbon hitam memiliki kekuatan pewarnaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan besi hitam atau pigmen organik, dan banyak digunakan untuk tinta koran, tinta cetak, tinta India, dan cat. Karbon hitam juga digunakan sebagai pigmen hitam untuk tinta atau toner inkjet.

2. Agen Pewarna Resin dan Film

Karbon hitam memiliki kekuatan pewarnaan yang tinggi dan stabil secara termal, oleh karena itu cocok untuk resin pewarna dan film yang dibentuk dengan suhu panas. Karbon hitam juga sangat baik untuk menyerap sinar ultraviolet, memberikan ketahanan yang luar biasa terhadap sinar ultraviolet dan efek pewarnaan bila hanya sedikit yang dicampur dengan resin. Karbon hitam banyak digunakan untuk pewarnaan umum untuk resin dan film. Resin dengan karbon hitam digunakan pada bumper mobil, penutup kawat, dan lapisan pipa baja yang khususnya memerlukan ketahanan cuaca.

3. Agen Konduktif Listrik

Partikel karbon hitam memiliki struktur kristal tipe grafit, memberikan konduktivitas listrik yang sangat baik. Karenanya, karbon hitam banyak digunakan sebagai pengisi konduktif, dicampur dalam plastik, elastomer, cat, perekat, film, dan pasta.

Penutup bahan bakar dan pipa pengantar bahan bakar mobil, misalnya, diperlukan untuk konduktivitas listrik untuk mencegah listrik statis. Oleh karena itu, karbon hitam digunakan sebagai agen antistatis yang sangat baik.

4. Material Terkait Peralatan Elektronik

Karbon hitam juga memberikan ketahanan yang stabil, dan oleh karena itu digunakan sebagai material terkait peralatan elektronik di berbagai komponen tampilan, bahan perekam magnetik, dan gulungan OA.

C. Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas pabrik merupakan langkah untuk mengetahui beberapa besar rancangan suatu pabrik dalam menyanggupi kebutuhan atau minat pasar terhadap Karbon Hitam. Analisa penentuan karbon hitam dibagi menjadi *supply* yang terdiri dari data impor dan data produksi, sedangkan *demand* yang terdiri dari data ekspor dan data konsumsi, setelahnya akan dihitung dan ditentukan kapasitas pabrik yang akan dibangun.

1. Data Impor

Indonesia dengan satu industri karbon hitam nya yakni PT. Cabon Indonesia, belum dapat mencukupi kebutuhan karbon hitam di Indonesia, berdasarkan Kemenprin (2019), Indonesia sekurang-kurangnya membutuhkan 230.000 Ton karbon hitam per tahun.. Sehingga, Indonesia masih harus mengimpor karbon hitam dari beberapa negara. Berikut tabel impor karbon hitam di Indonesia beberapa tahun terakhir.

Tabel 1. Data Impor Karbon Hitam di Indonesia tahun 2014-2019

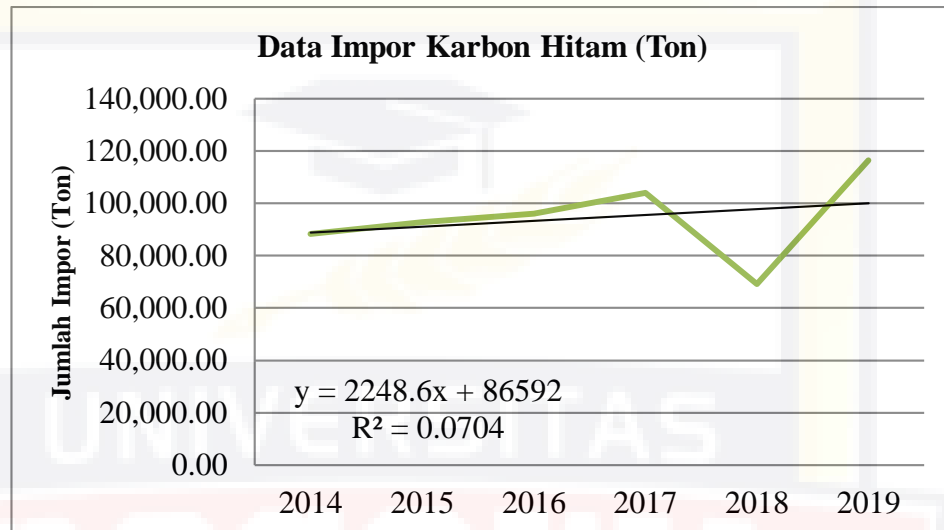
No	Tahun	Total Impor (Ton)	Pertumbuhan (i)
1	2014	88,255.00	0
2	2015	92,731.00	0.050716673
3	2016	96,037.00	0.035651508
4	2017	104,013.00	0.083051324
5	2018	69,239.00	-0.334323594
6	2019	116,495.00	0.682505524
Rata – Rata (i)			0.08

Sumber. Badan Pusat Statistik 2014-2019 (www.bps.go.id/exim)

Berdasarkan data di atas, dapat disimpulkan, kebutuhan karbon hitam dari tahun 2014 – 2017 mengalami kenaikan yang signifikan, walaupun sempat mengalami penurunan di tahun 2018, namun tahun selanjutnya, impor karbon hitam melonjak hampir dua kali lipat dari tahun 2018 dan melebihi data impor di tahun 2017. Hal ini berarti, kebutuhan karbon

hitam dan ketergantungan akan bahan impor di Indonesia masih sangat tinggi. Harapnya, dengan adanya rancangan pabrik baru, diharapkan kebutuhan karbon hitam dapat terpenuhi.

Berikut grafik impor karbon hitam di Indonesia berdasarkan data Tabel 1 diatas.



Gambar 1. Grafik Data Impor Karbon Hitam di Indonesia Tahun 2014-2019

Berdasarkan gambar grafik linier di atas, di dapatkan persamaan sebagai berikut.

$$Y_1 = (2248.6x + 86592) (i_1) \dots\dots\dots(1)$$

2. Data Ekspor

Indonesia, walaupun hanya memiliki satu pabrik karbin hitam dengan kapasitas 90.000 per tahunnya, namun mampu mengekspor beberapa ton karbon hitam ke beberapa negara.

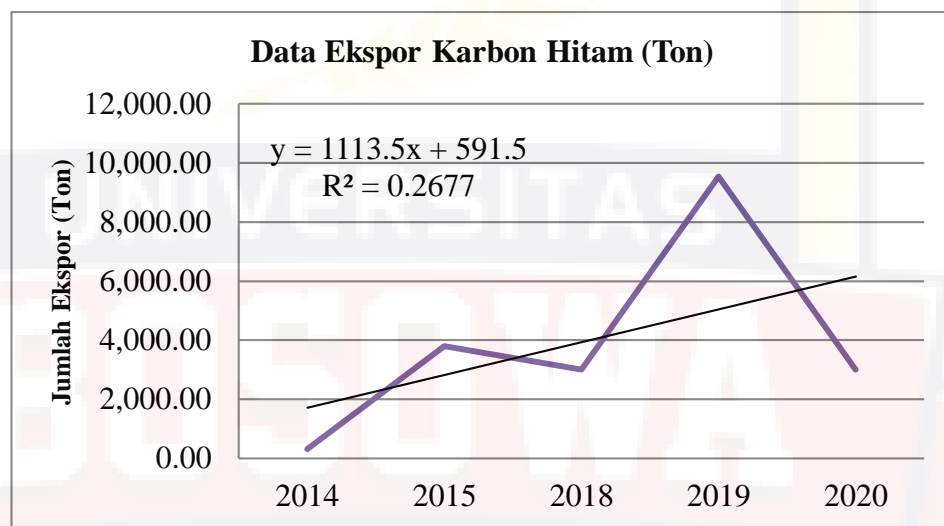
Tabel 2. Data Ekspor Karbon Hitam di Indonesia tahun 2014-2019

No	Tahun	Total Ekspor (Ton)	Pertumbuhan (i)
1	2014	311.00	0
2	2015	3,800.00	11.21864952
3	2018	3,000.00	-0.21052632
4	2019	9,541.00	2.180333333
5	2020	3,008.00	-0.68472906

Rata – Rata (i)	2.5
-----------------	-----

Sumber. Badan Pusat Statistik 2014-2020 (www.bps.go.id/exim)

Berdasarkan data di atas, dapat disimpulkan, ekspor karbon hitam di Indonesia masihlah tidak stabil dan cenderung sedikit. Tahun 2014, ekspor karbon hitam hanya menyentuh ratusan ton karbon hitam, namun sejak tahun 2015-2020, ekspor karbon hitam telah berhasil menyentuh ribuan ton yang berarti dapat dipastikan, pertumbuhan karbon hitam dapat ditingkatkan berdasarkan data ekspor di Indonesia. Berikut grafik ekspor karbon hitam di Indonesia berdasarkan data Tabel 2 diatas.



Gambar 2. Grafik Data Ekspor Karbon Hitam di Indonesia tahun 2014-2020

Berdasarkan gambar grafik linier di atas, di dapatkan persamaan sebagai berikut.

$$Y_2 = (1113.5x + 591.5) \text{ (i}_2\text{)} \dots\dots\dots(2)$$

3. Data Konsumsi

Konsumsi terbesar karbon hitam berada pada penggunaan penguat ban, plastik dan pewarna. Kebutuhan akan karbon hitam yang besar di Indonesia tercatat sebagai berikut.

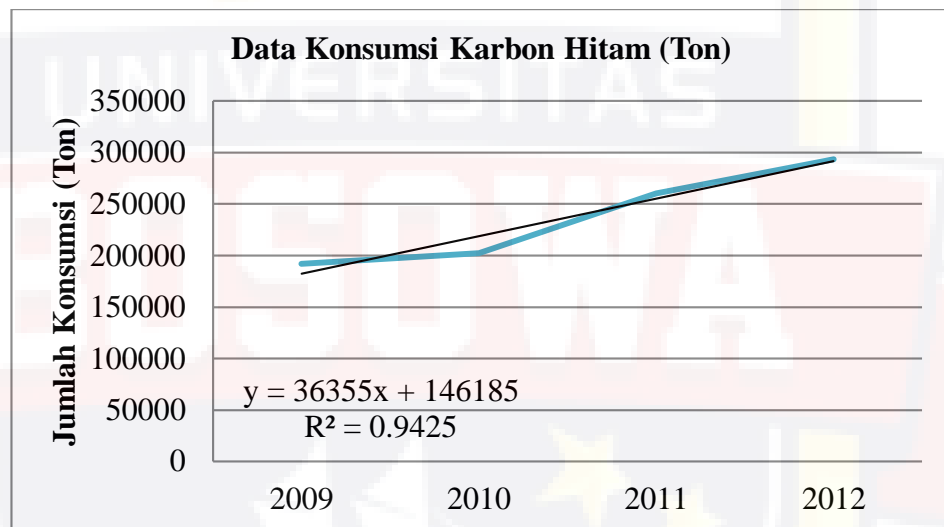
Tabel 3. Data Konsumsi Karbon Hitam di Indonesia tahun 2009-2012

No	Tahun	Total Konsumsi (Ton)	Pertumbuhan (i)
----	-------	----------------------	-----------------

1	2009	191.984	0
2	2010	202.100	0.052692
3	2011	260.505	0.288991
4	2012	293.698	0.127418
Rata – Rata (i)			0,11

Sumber. *Tempo.co dan Laporan Tahunan Kemenprin (dalam Monika Rista,2014)*

Berdasarkan data di atas, dapat disimpulkan konsumsi karbon hitam di Indonesia meningkat secara signifikan setiap tahunnya. Lebih jauh, berikut grafik konsumsi karbon hitam di Indonesia berdasarkan data Tabel 3 diatas.



Gambar 3. Grafik Konsumsi Karbon Hitam di Indonesia tahun 2009-2012

Berdasarkan gambar grafik linier di atas, di dapatkan persamaan sebagai berikut.

$$Y_3 = (36355x + 1461855) (i_3) \dots\dots\dots(3)$$

4. Data Produksi

Indonesia memiliki satu-satunya pabrik karbon hitam yang masih beroperasi di Cilegon, Banten. Berikut data produksi di PT. Cabot Indonesia.

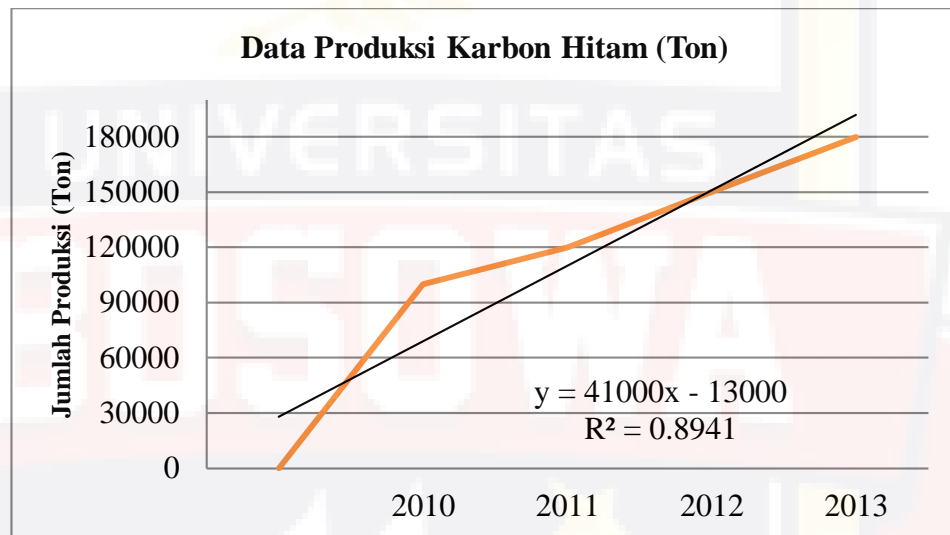
Tabel 4. Data Konsumsi Karbon Hitam di Indonesia tahun 2009-2012

No	Tahun	Total Produksi (Ton)	Pertumbuhan (i)
----	-------	----------------------	-----------------

1	2010	100.000	0
2	2011	120.000	0.2
3	2012	150.000	0.25
4	2013	180.000	0.2
Rata – Rata (i)			0,16

Sumber. *Tempo.co* dan *Laporan Tahunan PT. Cabot Indonesia* (dalam *Monika Rista, 2014*)

Berdasarkan data di atas, disimpulkan bahwa setiap tahunnya kenaikan produksi karbon hitam di Indonesia terbilang signifikan. Berdasarkan data tersebut, digambarkan grafik data produksi sebagai berikut.



Gambar 4. Grafik Produksi Karbon Hitam di Indonesia tahun 2010-2013

Berdasarkan gambar grafik linier di atas, di dapatkan persamaan sebagai berikut.

$$Y_4 = (41000x - 13000) (i_4) \dots\dots\dots(4)$$

5. Kapasitas Produksi Pabrik

Guna membangun pabrik karbon ini dengan kapasitas yang sesuai, diperlukan data impor, ekspor, produksi dan konsumsi. Sehingga didapatkan kapasitas pabrik karbon yang diharapkan.

Berdasarkan, persamaan 1 – 4, diasumsikan pabrik akan dibangun tahun 2025, sehingga nilai x adalah 2025 dan dikalikan dengan rata-rata

pertumbuhan (i). Dengan menyubstitusikan ke setiap persamaan, didapatkan.

$$\begin{aligned} Y_1 &= (2248.6x + 86592) (i_1) \\ &= 2248.6 (2025) + 86592 \\ &= 4.628.764 \text{ Ton (8.6\%)} \\ &= \mathbf{398.073 \text{ Ton}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_2 &= (1113.5x + 591.5) (i_2) \\ &= 1113.5 (2025) + 591.5 \\ &= 2.255.429 \text{ Ton (250\%)} \\ &= \mathbf{5.638.572 \text{ Ton}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_3 &= (36355x + 1461855) (i_3) \\ &= 36355 (2025) + 1461855 \\ &= 75.080.730 \text{ Ton (11\%)} \\ &= \mathbf{8.258.880 \text{ Ton}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_4 &= (41000x - 13000) (i_4) \\ &= 41000 (2025) - 13000 \\ &= 83.012.000 \text{ Ton (16\%)} \\ &= \mathbf{13.281.920 \text{ Ton}} \end{aligned}$$

Keterangan :

Y = Nilai Tahunan Karbon Hitam (Ton)

x = Tahun Pendirian

i = Rata - Rata Pertumbuhan

Sehingga, di dapatkan :

$$\begin{aligned} \text{a. Demand} &= \text{Data Ekspor} + \text{Data Konsumsi} \\ &= (Y_2 + Y_3) \\ &= 5.638.572 \text{ Ton} + 8.258.880 \text{ Ton} \\ &= \mathbf{13.897.452 \text{ Ton}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Supply} &= \text{Data Impor} + \text{Data Produksi} \\ &= (Y_1 + Y_4) \\ &= 398.073 \text{ Ton} + 13.281.920 \text{ Ton} \\ &= \mathbf{13.679.993 \text{ Ton}} \end{aligned}$$

$$\mathbf{KP = Demand - Supply \dots\dots\dots(5)}$$

Keterangan :

KP = Kapasitas Produksi

Demand = Ekspor + Konsumsi

Supply = Impor + Produksi

Sehingga didapatkan, pada tahun 2025 dibangun pabrik karbon dengan;

$$\begin{aligned} KP &= Demand - Supply \\ &= 13.897.452 \text{ ton} - 13.679.993 \text{ ton} \\ &= 217.459 \text{ Ton} \\ &= \mathbf{218.000 \text{ Ton/Tahun}} \end{aligned}$$

D. Pemilihan Lokasi Pabrik

Letak geografis dari suatu pabrik sangatlah penting dalam keberlangsungan pabrik itu sendiri. Sehingga, dalam merencanakan pabrik, diperlukan observasi geografis untuk menimbang beberapa faktor-faktor yang saling berpengaruh secara ekonomi terhadap pabrik yang dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Faktor Primer

Faktor Primer ini akan secara langsung mempengaruhi target utama dari pabrik yang meliputi produksi dan distribusi produk.

a. Penyediaan Bahan Baku

Sumber bahan baku merupakan faktor yang memiliki peranan yang sangat penting dalam pemilihan lokasi pabrik terutama pada pabrik yang membutuhkan bahan baku dalam jumlah yang besar. Bahan baku minyak bakar (MFO) didapatkan dengan membeli pada PT. Pertamina RU II, III dan V. Jika membandingkan dari ketiganya, pembangunan lokasi pabrik dikawasan Mamuju akan lebih dekat dengan PT. Pertamina Refinery Unit V.

b. Pemasaran Produk

Pemasaran karbon hitam dari produksi di wilayah kawasan industri baru di Mamuju yang tergolong baru akan membuka peluang usaha yang lebih besar karena mudahnya menjangkau konsumen.

c. Sarana Transportasi

Pemasaran karbon hitam dari produksi di wilayah kawasan industri baru di Mamuju akan sangat mudah diakses menuju Makassar dan pelabuhan belang-belang juga difokuskan menjadi sarana prasarana kawasan industri di Mamuju sehingga memudahkan pengiriman maupun pemesanan produk dan bahan baku.

d. Utilitas

Penting untuk juga memperhatikan sarana pendukung seperti Air, Listrik, dan sarana lainnya yang dapat mempengaruhi proses produksi pabrik karbon hitam ini. Kawasan Industri yang ditargetkan merupakan kawasan industri baru, sehingga fasilitasnya masih terbatas dan dapat digunakan semaksimal mungkin, wilayahnya yang dengan perairan membuat perencanaan pembangunan pabrik di wilayah tersebut lebih aman karena dapat digunakan sebagai media pendukung kebutuhan pabrik, media penyaluran bahan dan produk sekaligus menjadi pusat unit pabrik lain yang mungkin dapat dikembangkan.

e. Tenaga Kerja

Tersedianya tenaga kerja yang terampil juga menjadi prioritas yang penting, terlebih Mamuju merupakan provinsi yang dekat dengan Makassar, dimana terdapat beberapa universitas ternama yang dapat dipertimbangkan untuk direkrut beserta penduduk setempat sebagai peningkatan kesejahteraan wilayah tersebut.

2. Faktor Sekunder

a. Perluasan

Kawasan Industri di Mamuju, kec. Kalukku ini merupakan kawasan industri baru dimana lebih 300 ha lahan terbuka sebagai tempat perluasan pabrik.

b. Karakteristik Lokasi

Iklm area pantai sangat memungkinkan untuk membangun pabrik yang menggunakan proses pemanasan tingkat tinggi dan memudahkan proses produksi yang menggunakan kuantitas air yang banyak.

c. Kebijakan Pemerintah

Gubernur Sulawesi Barat sangat mendukung kawasan industri baru di wilayah kalukku ini, terutama karena Menteri Perhubungan RI yang hendak membangun tol laut melalui Pelabuhan Belang Belang Mamuju yang berpotensi dapat menjadi pusat perekonomian dan menekan peningkatan harga kebutuhan daerah (Herry Barus, 2017). Sehingga, dipilihnya area ini menjadi faktor sekunder yang menguntungkan.

d. Kemasyarakatan

Dengan masyarakat yang akomodatif terhadap perkembangan industri dan tersedianya fasilitas umum untuk hidup bermasyarakat, maka lokasi ini dirasa tepat untuk didirikan Pabrik karbon hitam ini.

E. Tinjauan Pustaka

1. Bahan Baku Utama

a. Minyak Bakar (MFO)

Berdasarkan sumber dari Pertamina (2008) Minyak bakar bukan berasal dari jenis distilat tetapi dari jenis residu dan berwarna hitam gelap. Minyak bakar lebih kental daripada minyak diesel dan memiliki titik tuang (*pour point*) yang lebih tinggi daripada minyak diesel. Penggunaan minyak bakar pada umumnya untuk bahan bakar pada pembakaran langsung pada dapur-dapur industri besar, pembangkit listrik tenaga uap dan lain-lain yang sangat memperhatikan segi ekonomis dari bahan bakarnya. Minyak bakar ini disebut juga *Marine Fuel Oil*. Karena kekentalannya yang terbilang tinggi maka diperlukan proses pengolahan lanjutan agar Minyak Bakar dapat digunakan, menurut GR Hasna Huwaida Salsabila (2019) pemanfaatan MFO sebagai bahan bakar tidak dapat diaplikasikan secara langsung, akan tetapi harus melalui proses *treatment* yang bertujuan untuk menurunkan viskositas atau kekentalan dan penyeragaman ukuran partikel bahan bakar (untuk menghindari sumbatan pada *nozzle*).

b. Udara

Udara merupakan suatu campuran beberapa komponen gas yang esensial bagi kelangsungan makhluk hidup di muka bumi. Umumnya,

kandungan udara tidak selalu konstan, misalnya kandungan uap air di udara (H_2O) akan berubah berdasarkan kondisi suhu suatu wilayah. Jika uap air di udara dihilangkan, yang disebut dengan udara kering, maka kandungan udara seperti tabel di bawah ini. Konsentrasi gas dinyatakan dalam persen atau per sejuta (ppm = part per million), tetapi untuk gas yang konsentrasinya sangat kecil biasanya dinyatakan dalam ppm.

Tabel 5. Kandungan Udara Kering dan Bersih

No	Komponen	Presentase	Ppm
1	Nitrogen	78.08%	780 800
2	Oksigen	20.95%	209 500
3	Argon	0.93%	9 300
4	Karbon Dioksida	0.03%	300
5	Karbon Monoksida	0.02%	200

Sumber. Stoker dan Seager (dalam Putri Ramadhani, 2015:5-6)

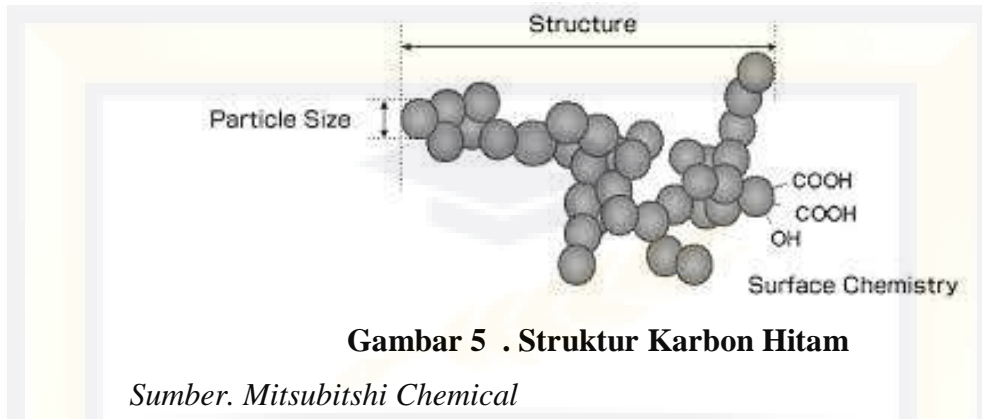
2. Bahan Pembantu (Air)

Air merupakan komponen kimia yang juga sangat esensial bagi makhluk dan begitupun dengan industri, hampir setiap industri kimia membutuhkan air sebagai sumber utama ataupun sebagai bahan pembantu proses produksi. Menurut Schroeder (dalam Tjutju Susana, 2003:18) Air adalah suatu senyawa kimia berbentuk cairan yang tidak berwarna, tidak berbau dan tak ada rasanya. Air mempunyai titik beku $0^{\circ}C$ pada tekanan 1 atm, titik didih $100^{\circ}C$ dan kerapatan $1,0 \text{ g/cm}^3$ pada suhu $4^{\circ}C$.

3. Produk (Karbon Hitam)

Karbon hitam dapat didefinisikan sebagai hasil pembakaran tidak sempurna sebuah proses produksi minyak berat yang berbentuk partikel hitam kecil. Berdasarkan Long et al. (2013:271) *Carbon black* (CB) merupakan produk pabrikan yang telah masuk perdagangan selama lebih dari satu abad. Terdiri dari bubuk hitam halus mendekati unsur karbon murni (EC), ia memiliki banyak aplikasi di berbagai produk komersial dan konsumen. Sedangkan menurut International Carbon Black Association (2016:4) Karbon hitam [C.A.S. No. 1333-86-4] hakekatnya merupakan

unsur karbon murni dalam bentuk partikel koloid yang dihasilkan oleh pembakaran parsial atau termal dekomposisi hidrokarbon gas atau cair di bawah kondisi terkontrol. Penampilan fisiknya yang secara halus dibagi menjadi bentuk pelet dan bubuk.



Gambar 5 . Struktur Karbon Hitam

Sumber. Mitsubitshi Chemical
(<http://www.carbonblack.jp/en/cb/tokusei.html>)

Tabel 6. Sifat Kimia Karbon Hitam

No	Tahun	Keterangan
1	Formula	C
2	Berat Molekul	12
3	Warna	Hitam
4	Bentuk	Solid (<i>amorphous</i>)
5	<i>Spesific Gravity</i>	1.8-2.1 gr/cm ³
6	<i>Melting Point</i>	>3500°C
7	<i>Boiling Point</i>	4200°C
8	Solubilitas	Tidak larut (Air)

Sumber.Perry 7ed, T.2-1

Tabel 7. Sifat Fisika Karbon Hitam

No	Tahun	Keterangan
1	Diameter Partikel	400 A° – 500 A°
2	Surface Area	40 -50 m ² /gr N ₂ <i>adsorption</i>

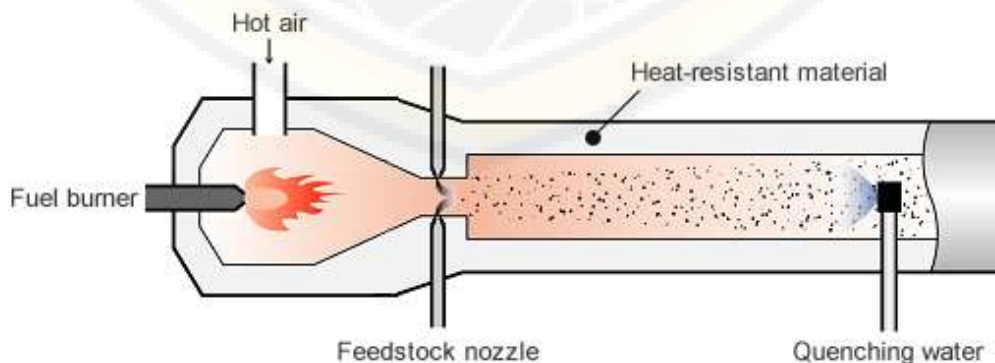
3	pH	8-9
4	Penyerapan Minyak	0,9 – 1,1 cm ² /gr)
5	Kekuatan Perwarnaan (Skala FF)	150% - 180%

Sumber: Kirk Othmer, Vol 4, Tabel 3, 255

4. Metode Pembuatan *Furnace Black (Oil Furnace)*

Proses pembuatan karbon hitam menggunakan metode *furnace black* merupakan metode paling umum yang saat ini digunakan. Berdasarkan situs Asahi Carbon Co., LTD (2010) Metode tungku (*Furnace Black*) adalah metode produksi karbon hitam yang menggunakan dekomposisi termal berkelanjutan dari bahan baku menggunakan panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dan udara. Untuk menahan suhu tinggi, bagian reaksi khusus dilapisi dengan bahan tahan panas. Udara panas dan bahan bakar (minyak) dimasukkan ke bagian ini untuk menjalani pembakaran sempurna, yang menaikkan suhu hingga 1300 derajat. Ketika atmosfer bersuhu tinggi terbentuk, bahan baku minyak terus menerus diatomisasi untuk dekomposisi termal.

Lebih lanjut, Gas bersuhu tinggi dengan karbon hitam yang terbentuk di bagian hilir reaktor diatomisasi dengan air untuk menurunkan suhunya dengan cepat hingga 1000 derajat, yang menghentikan reaksi. Waktu antara pembentukan karbon hitam dan akhir reaksi sangat singkat, umumnya sekitar beberapa milidetik hingga 2 detik. Selama proses reaksi singkat ini, penyesuaian dilakukan pada bentuk reaktor dan kondisi pembuatan, seperti suhu reaktor dan waktu reaksi yang memungkinkan pembuatan karbon hitam dengan ukuran dan struktur partikel yang berbeda (ikatan partikel).



Gambar 6 . Metode *Furnace Black*

Sumber. Asahi Carbon Co.,Ltd (<https://www.asahicarbon.co.j>)



BAB II

URAIAN PROSES

Umumnya, dua proses manufaktur karbon hitam (*furnace black* dan *thermal black*) merupakan proses yang menghasilkan hampir semua karbon hitam dunia, dengan proses *furnace black* atau *oil furnace* menjadi yang paling umum digunakan. Proses *furnace black* menggunakan minyak aromatik berat sebagai bahan baku pembuatan karbon hitam. Tungku produksi menggunakan reaktor tertutup untuk mengatomisasi minyak bahan baku dalam kondisi yang dikontrol dengan cermat (terutama suhu dan tekanan). Bahan baku utama dimasukkan ke dalam aliran gas panas (dicapai dengan membakar bahan baku sekunder, misalnya gas alam atau minyak) di mana ia menguap dan kemudian berpirolisis dalam fase uap untuk membentuk partikel karbon mikroskopis. Di kebanyakan reaktor tungku, laju reaksi dikendalikan oleh uap atau semprotan air. Karbon hitam yang dihasilkan dibawa melalui reaktor, didinginkan, dan dikumpulkan dalam bag filter dalam proses yang berkelanjutan. Gas sisa, atau gas yang terikut, dari reaktor tungku termasuk berbagai gas seperti karbon monoksida dan hidrogen. Sebagian besar pabrik *furnace black* menggunakan sebagian dari sisa gas ini untuk menghasilkan panas, uap, atau tenaga listrik (ICBA, 2016:4).

Terdapat 4 proses produksi pembuatan karbon hitam menggunakan metode *furnace black*, di antaranya :

1. Pembuatan Karbon Hitam

Minyak bakar (MFO) dipompa menggunakan *Pump* (P-01) yang diambil dari *feedstock* (F-01) dan udarapanas dari air preheater (AP-01) dimasukkan ke dalam ruang reaktor (R-01) khusus yang dilapisi dengan batu bata api dengan ketahanan panas hingga sekitar 2000° C, dan dibakar menggunakan bahan bakar yang memungkinkan (F-02) seluruhnya untuk menghasilkan atmosfer atau suhu tinggi lebih dari 1400°C. Minyak bakar (MFO) kemudian dimasukkan melalui *feedstock* nozzle untuk menguraikannya secara termal untuk menghasilkan karbon hitam. Proses ini berlangsung sangat cepat, umumnya hanya berlangsung milidetik hingga kurang lebih 2 detik.

2. Pemisahan dan Pengumpulan Karbon Hitam

Karbon hitam yang dihasilkan yang tercampur dengan gas bersuhu tinggi di dalam reaktor (R-01) kemudian disemprotkan air melalui *Water Sprayer* (WS-01) yang terhubung ke dalam reaktor untuk memadamkan reaksi penghasil karbon hitam. Selama proses reaksi singkat ini, penyesuaian dilakukan pada bentuk reaktor dan kondisi pembuatan seperti suhu reaktor dan waktu reaksi yang memungkinkan pembuatan karbon hitam dengan ukuran dan struktur partikel yang berbeda (ikatan partikel). Kemudian karbon hitam dan gas buang dipisahkan menggunakan *Bag Filter* (BF-01).

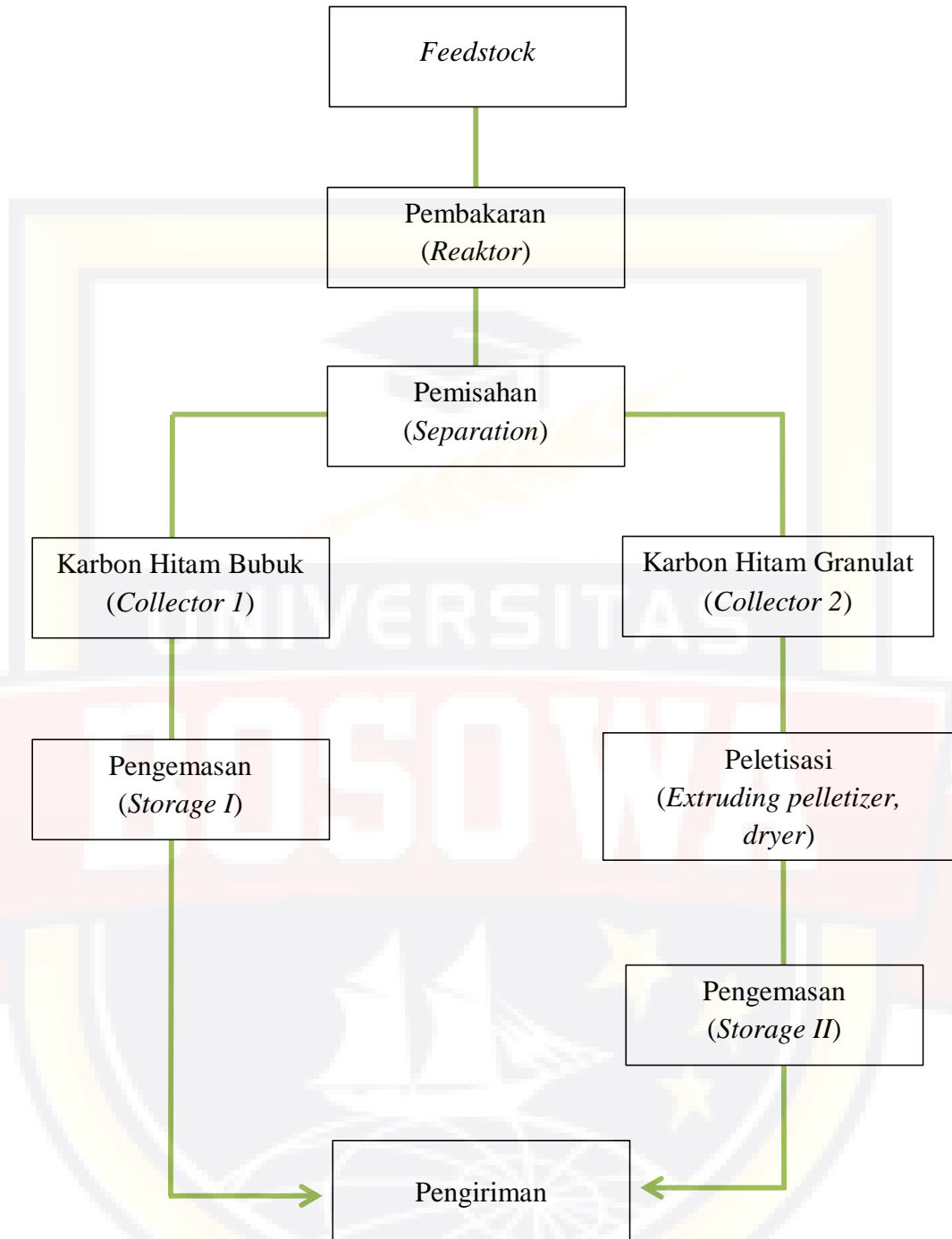
3. Pengolahan Menjadi Pellet

Karbon hitam yang dipisahkan diproses untuk meningkatkan kerapatan densitasnya sebelum digranulasi, setelah dipisahkan dari *Bag Filter* (BF-01), karbon kemudian masuk ke *Hammer Mill* (HM) untuk dihancurkan menjadi bubuk, setelahnya masuk ke sludge tank (ST) agar dipisahkan 50:50 untuk produk *powder* dan produk pellet, untuk pemerosesan produk bubuk, akan melewati *magnetic separator* (MS-01) dan langsung menuju silo (S-01), sedangkan untuk produk pellet, akan dimasukkan ke *Pelletizer* (PE-01). Terdapat dua jenis metode granulasi, yaitu metode granulasi basah dengan menggunakan air sebagai pengikat dan metode granulasi kering tanpa air. Proses terus berlangsung, setelah digranulasi, pelet dikeringkan di *Dryer* (D-01) yang kemudian ditransfer menggunakan *Bucket Elevator* (BE-01), kemudian berdasarkan *Magnetic Separator* (MS-02), pellet masuk ke Silo (S-02).

4. Pengemasan Karbon Hitam

Produk yang disimpan dalam Silo (S-01 dan S-02) dikemas berdasarkan ukuran dan bentuknya ke dalam *truk hopper*, wadah fleksibel, atau kantong kertas untuk pengiriman.

Secara umum, berikut gambaran proses pembuatan karbon hitam menggunakan metode *Furnace Black*.



Gambar 7 . Diagram Alir Karbon Hitam

BAB III

SPEKIFIKASI BAHAN

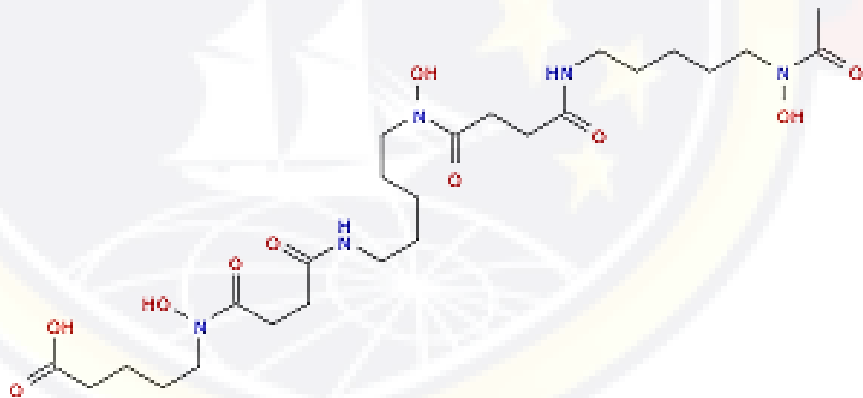
A. Spesifikasi Bahan Baku

1. Minyak Bakar (MFO)

Berdasarkan *Mol-Instincts* (2019), identifikasi komponen kimia MFO :

- a. Rumus Molekul : $C_{25}H_{45}N_5O_{10}$
- b. Berat Molekul : 575.6523 g/mol
- c. Komposisi Total : 85 Atom
 - 1) H : 45 Atom
 - 2) C : 25 Atom
 - 3) N : 5 Atom
 - 4) O : 10 Atom

Struktur kimia molekul mencakup susunan atom dan ikatan kimia yang mengikat atom. Molekul MFO mengandung 39 ikatan non-H, 6 ikatan rangkap, 23 ikatan yang dapat diputar, 6 ikatan rangkap, 1 asam karboksilat (s) (alifatik), 2 amida sekunder (alifatik), 3 gugus hidroksilamina (alifatik) dan 4 gugus hidroksil.



Gambar 1 . Struktur Kimia 2D MFO

Sumber. *Mol Instincts* (<https://www.molinstincts.com/structure/MFO-1-cstr-CT1069594908.html>)

Berdasarkan *Material Safety Data Sheet* (MSDS) PT.Pertamina (2017),
dijabarkan spesifikasi bahan, diantaranya:

- a. Nama Produk : Minyak Bakar (I) & Minyak Bakar (II)
- b. Nama Lain : *Fuel Oil*
- c. Produsen : PT. Pertamina (PERSERO)
- d. Komposisi : Hidrokarbon dan *Addictive*
- e. Data Fisik dan Kimia :

Tabel 8. Sifat Fisika dan Kimia Minyak Bakar (I) & Minyak Bakar II

No	Karakteristik	Satuan	Batasan	
			Min	Max
1	Berat Jenis (60/60°F)	°F		0.990
2	Viskositas (I/100°F)	Secs	400	1250* 1500**
3	Titik Tuang	°F		80* 90**
4	Nilai Kalori (<i>Gross</i>)	BTU/lb	18000	
5	Kandungan Belerang	% wt		3,5
6	Kandungan Air	% vol		0,75
7	Sedimen	% wt		0.15
8	Nilai Netralisasi Bilangan Asam Kuat	MgKOH/gr		NIL
9	Titik Nyala P.M.c.c	°F	150	
10	Residu Karbon	% wt		14

Sumber. MSDS PT. Pertamina (2017)

Ket : (* Minyak Bakar I) (** Minyak Bakar II)

Tabel 9. Harga Minyak Bakar (MFO) di Indonesia Tahun 2020

No	Wilayah	Harga
1	Area 1 : Sumatera, Jawa, Bali, Madura	Rp. 7300
2	Area 2 : Kalimantan	Rp. 7300
3	Area 3 : Sulawesi, NTB	Rp. 7300
4	Area 4 : Maluku, NTT, Papua	Rp. 7300

Sumber. *Infohargabbm.com* (2020)

2. Udara

Udara memiliki beberapa komponen terbesar di dalamnya. Berdasarkan lenntech.com, identifikasi komponen kimia dan fisika Udara, diantaranya :

a. Oksigen (20.95%)

- 1) Rumus molekul : O_2
- 2) Fase : Gas
- 3) No.Atom : 8
- 4) Massa Atom : $15.999 \text{ mol.g}^{-1}$
- 5) Densitas : 1.429 kg/m^3 pada 20°C
- 6) Titik Didih : -183°C
- 7) Titik Lebur : -219°C

b. Nitrogen (78.08%)

- 1) Rumus molekul : N_2
- 2) Fase : Gas
- 3) No.Atom : 7
- 4) Massa Atom : $14.0067 \text{ mol.g}^{-1}$
- 5) Densitas : $1.25 \cdot 10^{-3} \text{ g.cm}^{-3}$ pada 20°C
- 6) Titik Didih : -195.8°C
- 7) Titik Lebur : -210°C

c. Argon (0.93%)

- 1) Rumus molekul : Ar
- 2) Fase : Gas
- 3) No.Atom : 18
- 4) Massa Atom : $39.948 \text{ mol.g}^{-1}$
- 5) Densitas : $1.78 \cdot 10^{-3} \text{ g.cm}^{-3}$ pada 0°C
- 6) Titik Didih : -185.7°C
- 7) Titik Lebur : -189°C

B. Spesifikasi Bahan Pembantu (Air)

Berdasarkan byjus.com, properti kimia dan fisika air, diantaranya :

1. Rumus Molekul : H_2O
2. Massa Mol : $18.01528(33) \text{ g/mol}$
3. Densitas : *Solid* : 0.9167 g/ml at 0°C

Liquid : 0.961893 g/mL at 95 °C

0.9970474 g/mL at 25 °C

0.9998396 g/mL at 0 °C

4. Titik Didih : 100 °C
5. Titik Lebur : 0.00 °C
6. Viskositas : 0.890 cP

C. Spesifikasi Produk (Karbon Hitam)

Berdasarkan Perry 7ed, T.2-1, Sifat kimia karbon hitam, diantaranya :

1. Formula : C
2. Berat Molekul : 12
3. Warna : Hitam
4. Bentuk : Solid
5. Specific Gravity : 1.8-2.1 gr/cm³
6. Titik Lebur : >3500°C
7. Titik Didih : 4200°C

Berdasarkan Kirk Othmer, Vol 4, Tabel 3, 25, sifat fisika karbon hitam, diantaranya :

1. Diameter Partikel : 400 A° – 500 A°
2. Area Permukaan : 40 -50 m² /gr N₂ adsorption
3. pH : 8-9
4. Penyerapan Minyak : 0,9 – 1,1 cm²/gr
5. Kekuatan Pewarnaan : 150% - 180% (Skala FF)

Tabel 10. Harga Karbon Hitam Tahun 2020

No	Perusahaan	Harga per Ton
1	Shandong Xiaoming Rubber Technology Co., Ltd.	\$630 - \$700
2	Kalima Shandong Xiaoming Rubber Technology Co., Ltd.ntan	\$800- \$2200
3	Nanping Yuanli Active Carbon Company	\$1000- \$4000

Sumber. Alibaba.com.

BAB IV

NERACA MASSA

Kapasitas produksi Karbon Hitam = 218.000 ton/tahun, dengan yield 35 - 65%

(47, Infomil, 2002), dengan ketentuan sebagai berikut :

1 Tahun = 330 Hari

1 Hari = 24 Jam

Sistem = Continuous

Kapasitas produksi per-jam

$$= 218.000 \frac{\text{Ton}}{\text{Tahun}} \cdot \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \cdot \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}}$$

$$= 27.525,25 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}$$

1. Neraca Massa Reaktor (*Furnace Black*)

Fungsi : Pembentukan karbon hitam

Reaksi : Pembakaran Minyak Bakar Tidak Sempurna dalam kmol/jam

Neraca Massa Total : $F_1 + F_2 = F_5$

Komponen	Masuk				Keluar	
	Alir 1		Alir 2		Alir 5	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
$C_{25}H_{45}N_5O_{10} (l)$	93,6229	53.833,1675				
$H_2O(l)$			1.529,18	27.525,25	1.529,2	27.525,25
$CO(g)$					46,8114	1.310,7192
$C (s)$					2.293,7611	27.525,1332
$N(g)$					468,1145	6.553,603
$O_2(g)$	608,5488	19.473,5616				
$H_2O(g)$					2.106,5152	37.917,2737
Total	702,1717	73.306,7291	1.529,18	27.525,25	6.444,402	100.831,9791
	100.831,9791 kg/jam				100.831,9791 kg/jam	

2. Neraca Massa *Heat Exchanger*

Fungsi : Memasok udara panas ke dalam reaktor dan menurunkan suhu karbon hitam

Reaksi : Pertukaran Panas

Neraca Massa Total : $F_5 + F_7$

Komponen	Masuk		Keluar	
	Alir 5		Alir 7	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CO_(g)	46,8114	1.310,7192	46,8114	1.310,7192
C (s)	2.293,7611	27.525,1332	2.293,7611	27.525,1332
N_(g)	2.106,5152	37.917,2737	2.106,5152	37.917,2737
H₂O_(g)	46,8114	1.310,7192	46,8114	1.310,7192
Total	4.493,8991	73.306,729	4.493,8991	73.306,729

3. Neraca Massa *Cooler*

Fungsi : Menurunkan suhu karbon hitam dan gas buang

Reaksi : Penurunan Suhu

Neraca Massa Total : $F_7 = F_9$

Komponen	Masuk		Keluar	
	Alir 5		Alir 7	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CO_(g)	46,8114	1.310,7192	46,8114	1.310,7192
C (s)	2.293,7611	27.525,1332	2.293,7611	27.525,1332
N_(g)	2.106,5152	37.917,2737	2.106,5152	37.917,2737
H₂O_(g)	46,8114	1.310,7192	46,8114	1.310,7192
Total	4.493,8991	73.306,729	4.493,8991	73.306,729

4. Neraca Massa *Big Filter*

Fungsi : Memisahkan Karbon Hitam dan Gas Buang

Reaksi : Pemisahan

Neraca Massa Total : $F_9 = F_{10} + F_{11}$

Komponen	Masuk		Keluar			
	Alir 10		Alir 11		Alir 12	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CO_(g)	46,8114	1.310,7192			46,8114	1.310,7192
C_(s)	2.293,7611	27.525,1332	2.293,7611	27.525,1332		
N_(g)	2.106,5152	37.917,2737			2.106,5152	37.917,2737
H₂O_(g)	46,8114	1.310,7192			46,8114	1.310,7192
Total	4.493,8991	73.306,729	2.293,7611	27.525,1332	2.200,138	45.781,5958
	73.306,729 kg/jam		73.306,729 kg/jam			

5. Neraca Massa *Hammer Mill*

Fungsi : Memompa karbon hitam ke *Hammer Mill*

Reaksi : Pengangkutan

Neraca Massa Total : $F_{11} = F_{13}$

Komponen	Masuk		Keluar	
	Alir 11		Alir 13	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
C_(s)	2.293,7611	27.525,1332	2.293,7611	27.525,1332
Total	2.293,7611	27.525,1332	2.293,7611	27.525,1332

6. Neraca Massa *Surge Tank*

Fungsi : Penampungan Bubuk Karbon Hitam

Reaksi : Penampungan

Neraca Massa Total : $F_{13} = F_{14} + F_{15}$

Komponen	Masuk		Keluar			
	Alir 13		Alir 14		Alir 15	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
C (s)	2.293,7611	27.525,1332	1.146,8805	13.762,5666	1.146,8805	13.762,5666
Total	2.293,7611	27.525,1332	1.146,8805	13.762,5666	1.146,8805	13.762,5666
	27.525,1332 kg/jam		27.525,1332 kg/jam			

7. Neraca Magnetic Separator

Fungsi : Pemisahan impurities yang berasal dari alat dan bahan lain dari udara

Reaksi : Pemisahan dan pengangkutan

Neraca Massa Total : $F_{14} = F_{16}$

Komponen	Masuk		Keluar	
	Alir 14		Alir 16	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
C (s)	1.146,8805	13.762,5666	1.146,8805	13.762,5666
Total	1.146,8805	13.762,5666	1.146,8805	13.762,5666

8. Neraca Massa Silo-1

Fungsi : Menampung karbon hitam bubuk sebelum dipasarkan

Reaksi : Penyimpanan

Neraca Massa Total : $F_{16} = F_{17}$

Komponen	Masuk		Keluar	
	Alir 16		Alir 17	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
C (s)	1.146,8805	13.762,5666	1.146,8805	13.762,5666
Total	1.146,8805	13.762,5666	1.146,8805	13.762,5666

9. Neraca Massa *Pelletizer*

Fungsi : Membentuk karbon hitam menjadi bentuk pellet

Reaksi : Granulasi

Neraca Massa Total : $F_{15} + F_{18} = F_{19}$

Komponen	Masuk				Keluar	
	Alir 15		Alir 18		Alir 19	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
C_(s)	1.146,880 5	13.762,566 6			1.146,8805	13.762,5666
H₂O_(l)			267,6054	4.816,8983	267,6054	4.816,8983
Total	1.146,880 5	13.762,566 6	267,6054	4.816,8983	1.414,4859	18.579,4649
	18.579,4649 kg/jam				18.579,4649 kg/jam	

10. Neraca Massa *Dryer*

Fungsi : Mengeringkan *slurry* karbon hingga

Reaksi : Pengurangan kadar air

Neraca Massa Total : $F_{19} + F_{20} = F_{21} + F_{22}$

Komponen	Masuk		Keluar	
	Kg/jam		Kg/jam	
	Alir 19	Alir 20	Alir 21	Alir 22
C_(s)	13.762,5666		13.762,5666	
CO_(g)		1.310,7192		1.310,7192
N_(g)		37.917,2737		37.917,2737
H₂O_(g)		1.310,7192		3.375,1041
H₂O_(l)	4.816,8983		2.752,5133	
Total	18.579,4649	40.538,7121	16.515,0799	42.603,097
	59.118,1769 kg/jam		59.118,1769 kg/jam	

11. Neraca Massa *Bucket Elevator*

Fungsi : Membawa karbon pellet menuju magnetic separator

Reaksi : Pengangkutan

Neraca Massa Total : $F_{21} = F_{23}$

Komponen	Masuk		Keluar	
	Alir 21		Alir 23	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
C_(s)	1.146,8805	13.762,5666	1.146,8805	13.762,5666
H₂O_(l)	152,9174	2.752,5133	152,9174	2.752,5133
Total	1.299,7979	16.515,0799	1.299,7979	17.587,08

12. Neraca Massa *Magnetic Separator-2*

Fungsi : Pemisahan impurities yang berasal dari alat dan bahan lain dari udara

Reaksi : Pemisahan dan pengangkutan

Neraca Massa Total : $F_{23} = F_{24}$

Komponen	Masuk		Keluar	
	Alir 23		Alir 24	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
C_(s)	1.146,8805	13.762,5666	1.146,8805	13.762,5666
H₂O_(l)	152,9174	2.752,5133	152,9174	2.752,5133
Total	1.299,7979	16.515,0799	1.299,7979	16.515,0799

13. Neraca Massa *Silo-2*

Fungsi : Menampung karbon hitam pellet sebelum dipasarkan

Reaksi : Penyimpanan

Neraca massa produk :

Komponen	Bubuk		Pellet	
	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam
C _(s)	1.146,8805	13.762,5666	1.146,8805	13.762,5666
H ₂ O _(l)			152,9174	2.752,5133
Total	1.146,8805	13.762,5666	1.299,7979	16.515,0799



BAB V

NERACA PANAS

Kapasitas : 218.000/Ton

Basis Perhitungan : 24 Jam

Tahun : 330 Hari

Satuan Panas : kkal

1. Neraca Panas Reaktor

Tabel 5.1 Total Panas Reaksi

Komponen	Input	Output
Panas Bahan	520061338,6	
C		215732360
Udara Panas	61888,21966	
H ₂ O (l)	304390866,6	
H ₂ O (g)		359288,92
Heat loss		608422444
Total (kkal)	824514093,3	824514093

2. Neraca Panas Heat Exchanger

Tabel 5.2 Panas *Heat Exchanger*

Komponen	Input	Output
C	-2,20749E+13	-4,41497E+12
H ₂ O (g)	-359288,923	-71857,7846
Udara		-1,76599E+13
Udara panas	-608422444,2	-121684488,8
Total (kkal)	-2,20755E+13	-2,2075E+13

Keterangan : *tanda minus menunjukkan bahwa sistem adalah eksotermis*

3. Neraca Panas Cooler

Tabel 5.3 Panas Cooler

Komponen	Input	Output
C	41802414,48	159045,9747
Udara	21273903,04	100951,6759
Q Serap		62816319,87
Air	3431012,035	3431012,035
Total (kkal)	66507329,56	66507329,56

4. Neraca Panas Bag Filters

Tabel 5.4 Panas Bag Filters

Komponen	Input	Output
C	159045,9747	159045,9747
Udara	100951,6759	100951,6759
Total (kkal)	259997,6507	259997,6507

5. Neraca Panas Grinder

Tabel 5.5 Panas Grinder

Komponen	Input	Output
C	159045,9747	159045,9747
Total (kkal)	159045,9747	159045,9747

6. Neraca Panas Surge Tank

Tabel 5.6 Panas Surge Tank

Komponen	Input	Output
C	159045,9747	79522,98737
		79522,98737
Total (kkal)	159045,9747	159045,9747

7. Neraca Panas Magnetic Separator-01

Tabel 5.7 Panas Magnetic Separator-01

Komponen	Input	Output
C	79522,98737	79522,98737
Total (kkal)	79522,98737	79522,98737

8. Neraca Panas Silo-01

Tabel 5.8 Panas Silo-01

Komponen	Input	Output
C	79522,98737	79522,98737
Total (kkal)	79522,98737	79522,98737

9. Neraca Panas Pelletizer

Tabel 5.9 Panas Pelletizer

Komponen	Input	Ouput
C	79522,98737	74743,47531
H2O	260818,168	260818,168
HL	181295,1806	186074.6906
Total (kkal)	521636,3359	521636,3359

10. Neraca Panas *Dryer*

Tabel 5.10 Panas *Dryer*

Komponen	Input	Output
C	74743,47531	199468,9049
H2O	260818,168	43364,92941
Udara	187969,3902	359288,923
Qs	78591,72385	
Total (kkal)	602122,7573	602122,7573

11. Neraca Panas *Bucket Elevator*

Tabel 5.11 Panas *Bucket Elevator*

Komponen	Input	Output
C	199468,9049	199468,9049
H2O	43364,92941	43364,92941
Total (kkal)	242833,8343	242833,8343

12. Neraca Panas Magnetic Separator-02

Tabel 5.11 Panas *Magnetic Separator*

Komponen	Input	Output
C	199468,9049	199468,9049
H2O	43364,92941	43364,92941
Total (kkal)	242833,8343	242833,8343

13. Neraca Panas Silo-02

Tabel 5.11 Panas *Silo-02*

Komponen	Input	Output
C	199468,9049	199468,9049
H2O	43364,92941	43364,92941
Total (kkal)	242833,8343	242833,8343

BAB VI
SPESIFIKASI ALAT

1. Spesifikasi Furnace (FN-01)

Tabel 1. Spesifikasi *Furnace*

No	Spesifikasi		Keterangan
1	Fungsi		Memaskan suhu ruang hingga 1400°C dan membentuk karbon hitam dari proses pembakaran tidak sempurna.
2	Jenis		<i>Fire-tubed furnace</i>
3	Kode		FN-01
4	Kondisi		Suhu : 1000
5	Tebal dinding	ID	84,64 in
		OD	90 in
6	Tekanan		44 psi
7	Kapasitas		1.408,40 ton/hari
8	Volume		67,28 m ³
9	Nozzle MFO	OD	0,11 ft
		ID	0,36 ft
		Rate	27,77 m ³ /jam
10	Nozzle H ₂ O	OD	0,11 ft
		ID	0,35 ft
		Rate	27,61 m ³ /jam

2. Spesifikasi Blower (B-01)

Tabel 2. Spesifikasi *Blower*

No	Spesifikasi		Keterangan
1	Fungsi		Mengalirkan udara masuk ke dalam <i>Heat exchanger</i>
2	Jenis		<i>Centrifugal Multiblade Backward Curved Blower</i>
3	Kode		B-01
4	Kondisi		Suhu : 30°C
6	<i>Rate Volumetric</i>		10.270,25 m ³ /jam

7	ρ udara	0,61 kg/m ³
8	<i>Power</i>	10,1 hp

3. Spesifikasi Pump

Tabel 5. Spesifikasi *Pump*

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Fungsi	Mengalirkan <i>air pendingin</i> menuju cooler
2	Jenis	<i>Centrifugal pump</i>
3	Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
4	<i>Head</i> pompa	17,89 ft
6	<i>Rate Volumetric</i>	10.270,25 m ³ /jam
7	Kecepatan spesifik pompa (Ns)	1716,521 rpm
8	Panjang pipa	9,68 m
9	<i>Power</i>	2 Hp

4. Spesifikasi Pump

Tabel 4. Spesifikasi *Cooler*

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Fungsi	Mendinginkan karbon hitam hasil keluaran <i>heat exchanger</i>
2	Jenis	<i>Double pipe heat exchanger</i>
3	Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel</i>
4	Panjang pipa	20 ft
6	<i>Cold Fluid</i>	Air
7	Luas transfer panas (A)	619,36 ft ²
8	Panjang pipa	9,68 m
9	<i>Power</i>	2 Hp

5. Spesifikasi *Bag Filters*

Tabel 5. Spesifikasi *Bag Filters*

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Fungsi	Menampung karbon hitam keluaran cooler (C-01) dan mengumpulkannya ke crusher(CR-01).
2	Jenis	<i>Conical Hopper</i>
3	Kondisi	Suhu : 30 Tekanan : 15,4308 psi
4	Volume	431.580,54 ft ³
5	Dimensi	1.787,40 in
6	Tinggi	22,61 m
7	Tebal	7/3 in

6. Spesifikasi *Grinder*

Tabel 6. Spesifikasi *Grinder*

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Fungsi	Untuk memperkecil ukuran karbon hitam menjadi 60mesh
2	Jenis	<i>Crusher</i>
3	Kapasitas bahan masuk	27.525,1332kg/jam
4	Rate volume	27,8 m ³ /jam
5	Power	853,31 HP

7. Spesifikasi *Rotary Dryer*

Tabel 7. Spesifikasi *Rotary Dryer*

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Fungsi	Menguapkan air yang terkandung dalam produk pelet karbon hitam hingga mencapai kadar air yang diinginkan
2	Jenis	<i>Rotary Dryer</i>
3	Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel AISI 304C</i>

4	Dimensi	Diameter	9,91 ft
		Panjang	9,53 m
		Tebal <i>Shell</i>	3/16in
		Putaran	4 rpm
		Jumlah <i>radial flight</i>	25 buah
		Tinggi <i>flight</i>	1,25 ft
		Daya	49,1 hp
5	Kondisi Operasi	T ₁	30 °C
		T ₂	40 °C
		T _{g1}	40 °C
		T _{g2}	30 °C
6	Jumlah	1 Buah	

8. Spesifikasi *Magnetic Separator*

Tabel 8. Spesifikasi *Magnetic Separator*

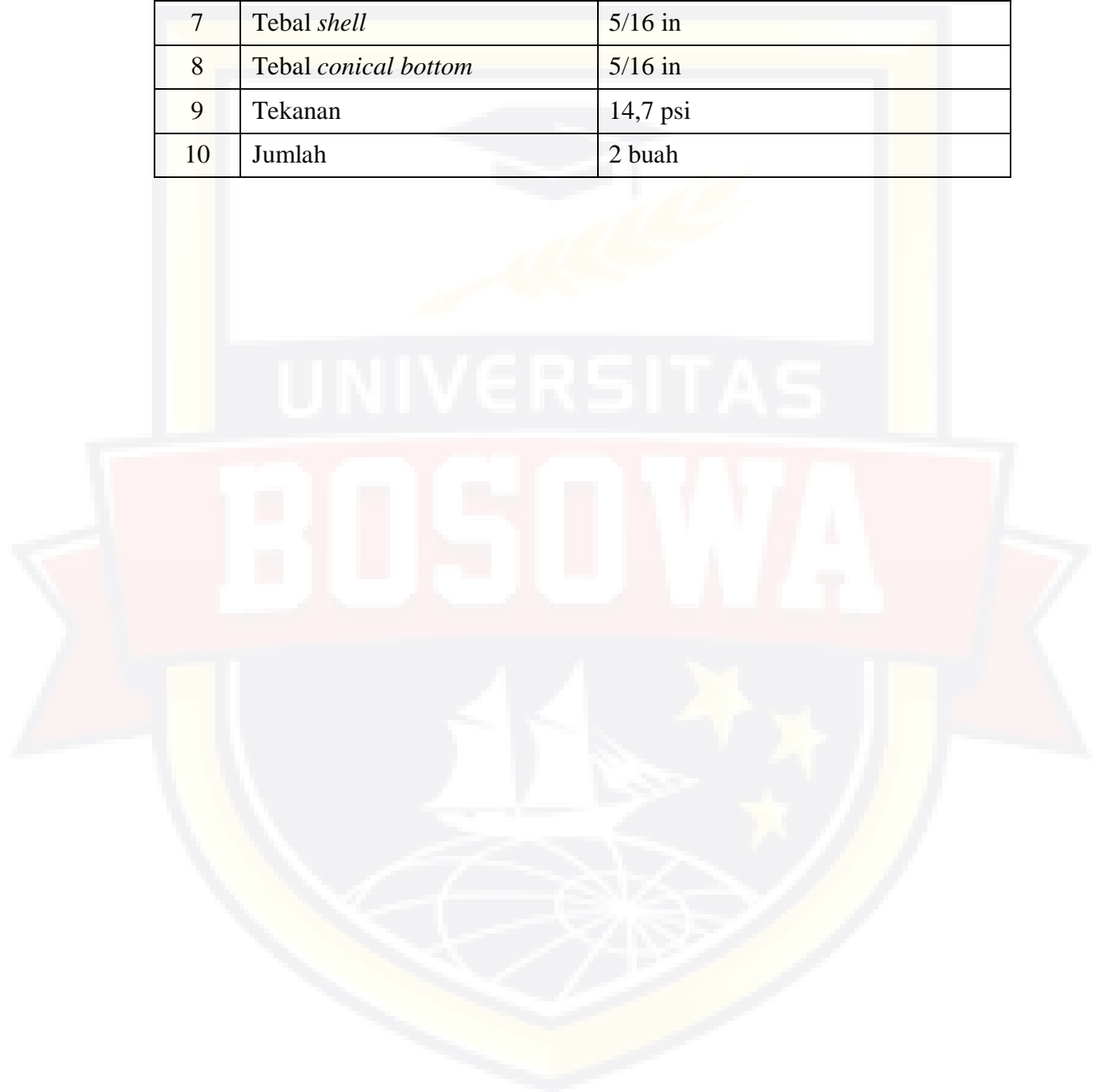
No	Spesifikasi	Keterangan
1	Fungsi	Memisahkan karbon hitam (C) dengan impuritis
2	Jenis	<i>Magnetic Screen</i>
3	Kapasitas bahan masuk	13.762,5666 kg/jam
4	Luas <i>screen</i>	317,2 ft ²
5	Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
6	Kecepatan (N)	125getaran/sec
7	<i>Inclination</i>	10 °
8	Jumlah	2 buah

9. Spesifikasi *Silo*

Tabel 9. Spesifikasi *Silo*

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Fungsi	Menampung karbon hitam berbentuk bubuk/pelet
2	Jenis	Tangki silinder tegak dengan conical bottom

3	Bahan konstruksi	Carbon steel SA-283 grade C
4	Diameter	7 m
5	Volume tanki	786,43 m ³
6	Tinggi	28,5 m
7	Tebal <i>shell</i>	5/16 in
8	Tebal <i>conical bottom</i>	5/16 in
9	Tekanan	14,7 psi
10	Jumlah	2 buah



BAB VII

UTILITAS

Utilitas berfungsi untuk menyediakan bahan-bahan penunjang yang mendukung kelancaran pada sistem produksi di pabrik. Unit-unit yang ada di utilitas terdiri dari :

1. Unit penyediaan dan pengolahan air (*water system*)
2. Unit penyediaan dan pembangkit listrik (*power generating and plant system*)

A. Unit penyedia Air

Kebutuhan air pada penyediaan air meliputi air pendingin pada beberapa alat proses dan kebutuhan air umum pada perusahaan. Kebutuhan air dapat terpenuhi dari sungai das (Karama) Mamuju dengan debit air 7200 m³/jam.

1. Perhitungan kebutuhan air

a. Total kebutuhan air pendingin

Kebutuhan air pendingin berasal dari beberapa alat proses diantaranya *furnace*, *cooler*, dan *pelletizer*.

Tabel 1. Kebutuhan air pendingin

No	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	<i>Furnace</i> - 01 (FN-01)	27.525,25	kg/jam
2	<i>Cooler</i> - 01 (CO-01)	32.831.882,32	kg/jam
3	<i>Pelletizer</i> - 01 (EP-01)	4.816,89	kg/jam
Jumlah Kebutuhan		32.864.249,21	kg/jam
4	<i>Over design</i> 10%	36.150.674,14	kg/jam
5	<i>Recovery</i> 90%	29.577.824,29	kg/jam
6	<i>Make-up</i> 10%	3.615.067,41	kg/jam

b. Total kebutuhan air umum (general)

Kebutuhan umum meliputi kebutuhan air karyawan kantor, perumahan dan sanitasi, kebersihan dan pertamanan, laboratorium dan pemadam kebakaran.

Tabel 2. Kebutuhan air umum

No	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	Air untuk karyawan & kantor = 15 L/orang/hari Jadi untuk 202 orang diperlukan air sejumlah	3.030	kg/hari
2	Air Untuk Laboratorium	20	kg/hari
3	Air Untuk Kebersihan dan Pertamanan	100	kg/hari
Total kebutuhan air bersih		3.150	kg/hari

2. Pengolahan air sungai

Dalam memenuhi kebutuhan air, suatu industri pada umumnya menggunakan air laut, air danau, air sungai, dan air sumur sebagai sumber air. Pada perancangan pabrik Karbon ini, digunakan sumber air yang berasal dari sungai di daerah sekitar pabrik. Pertimbangan penggunaan air sungai sebagai sumber air adalah :

- a) Sungai adalah sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi dan kecil kemungkinan akan mengalami kekeringan sehingga penyediaan air akan selalu terjaga.
- b) Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif lebih murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya lebih besar.

Untuk pengolahan air dibangun fasilitas penampungan air (*water intake*) yang juga merupakan pengolahan awal air sungai. Pengolahan ini meliputi penyaringan sampah dan kotran yang terbawa bersama air. Selanjutnya dipompakan ke lokasi pabrik untuk diolah dan digunakan sesuai dengan keperluannya. Pengolahan air di pabrik terdiri dari beberapa tahap, yaitu (Degremont, 1991):

1. Screening
2. Sedimentasi
3. Filtrasi
4. Demineralisasi
5. Deaerasi

B. Unit penyediaan dan pembangkit listrik

Pada penyediaan dan pembangkit listrik dihitung jumlah kebutuhan penerangan dan listrik pada alat proses beserta jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk bisa merealisasikan kebutuhan listrik.

1. Kebutuhan listrik

Listrik digunakan untuk penggerak alat-alat proses, utilitas, instrumen, bengkel, ruang kontrol, penerangan dan keperluan kantor. Kebutuhan listrik ini dipenuhi dari PLN dan untuk cadangan disediakan generator diesel. Pada unit ini akan dihitung seluruh kebutuhan listrik pada pabrik pembuatan karbon hitam yakni diantaranya listrik untuk penerangan, listrik untuk kebutuhan proses dan listrik untuk kebutuhan utilitas.

a. Listrik Untuk Penerangan

Dari *Chemical Engineer's Handbook, 3rded*, direkomendasikan untuk perhitungan penerangan digunakan satuan *lumen*.

1) Kebutuhan penerangan area dalam bangunan

Pada area bangunan diperlukan penerangan untuk menjalankan proses continyu, kebutuhan penerangan dijabarkan dalam tabel di bawah ini :

Tabel 3. Kebutuhan Penerangan dalam Bangunan

Area Bangunan	Luas		F	U	D	Lumen
	(m ²)	(ft ²)				
Pos Keamanan	100	1076,3910	20	0,5	0,8000	53819,5500
Kantor	2000	21527,8200	20	0,58	0,8000	927923,2759
Mushola	500	5381,9550	10	0,55	0,8000	122317,1591
Klinik	300	3229,1730	20	0,55	0,8000	146780,5909
Kantin	1000	10763,9100	10	0,51	0,8000	263821,3235
<i>Control Room</i>	500	5381,9550	35	0,6	0,8000	392434,2188
Laboratorium	500	5381,9550	35	0,6	0,8000	392434,2188
Gudang	1000	10763,9100	35	0,52	0,8000	905617,4279
Total	5900	63507,069	185	4,41	6,4	3205147,7649

2) Kebutuhan penerangan area luar bangunan

Pada area bangunan diperlukan penerangan untuk menjalankan proses continyu, kebutuhan penerangan dijabarkan dalam tabel di bawah ini :

Tabel 4. Kebutuhan Penerangan luar Bangunan

Area Non Bangunan	Luas		F	U	D	Lumen
	(m ²)	(ft ²)				
Proses	10000	107.639,100 0	10	0.59	0.8000	2.280.489,4068
Utilitas	5000	53.819,5500	10	0.59	0.8000	1.140.244,7034
Area Pengembangan	5000	53.819,5500	0	0	0.8000	0,0000
Jalan dan taman	1500	16.145,8650	5	0.53	0.8000	190.399,3514
Areal Parkir	500	5.381,9550	10	0.49	0.8000	137.294,7704
Total	22000	236.806,02	35	220	40.000	3.748.428,2320

3) Kebutuhan listrik lainnya

Kebutuhan listrik lainnya (barang elektronik kantor : AC, komputer dll) diperkirakan sebesar 20.000 Watt

Total kebutuhan penerangan

= Kebutuhan area bangunan + Kebutuhan area luar bangunan + Kebutuhan listrik lain

$$= 71,98 \text{ kW} + 93,75 \text{ kW} + 20 \text{ kW} = 185,73 \text{ kW}$$

b. Listrik Untuk Kebutuhan Proses

Kebutuhan listrik pada proses pembuatan karbon hitam menggunakan listrik pada beberapa alat dengan daya sebagai berikut :

Tabel 5. Listrik Untuk Kebutuhan Proses

No	Nama Alat	Jumlah	Daya	
			Hp	Watt
1	B-01	1	10,1	75315,69
2	P-01	1	2,0	1491,4

3	HM-01	1	853,31	636313,157
4	RD-02	1	49,1	366138,6
5	BC-01	1	2,4	17896,8
6	BC-02	1	42	31319,4
Total		6	958,91	1.128.475,047

c. Listrik Untuk Kebutuhan Utilitas

Listrik untuk unit utilitas berasal dari beberapa alat yang di gunakan, dengan daya sebagai berikut :

Tabel 6. Listrik Untuk Kebutuhan Utilitas

No	Nama Alat	Jumlah	Daya	
			Hp	Watt
1	Fan CT-01	1	30,0000	22371,0000
2	Motor BP-01	1	0,5000	372,8500
3	Motor tangki soda kaustik	1	0,5000	372,8500
4	Motor tanki alum	1	0,5000	372,8500
5	Motor tanki korin	1	2,5000	1864,2500
6	Pompa 1	2	7,5000	5592,7500
7	Pompa 2	2	1,5000	1118,5500
8	Pompa 3	2	0,5000	372,8500
9	Pompa 4	2	0,5000	372,8500
10	Pompa 5	2	0,5000	372,8500
11	Pompa 6	2	1,5000	1118,5500
12	Pompa 7	2	0,5000	372,8500
13	Pompa 8	2	2,0000	1491,4000
14	Pompa 9	2	1,5000	1118,5500
15	Pompa 10	2	0,5000	372,8500
16	Pompa 11	2	50,0000	37285,0000
17	Pompa 12	2	20,0000	14914,0000
18	Pompa 13	2	0,5000	372,8500
19	Pompa 14	2	0,5000	372,8500

20	Pompa 15	2	20,0000	14914,0000
21	Pompa 16	2	20,0000	14914,0000
22	Pompa 17	2	1,5000	1118,5500
23	Pompa 18	2	0,5000	372,8500
24	Pompa 19	2	0,5000	372,8500
25	Pompa 20	2	0,5000	372,8500
26	Pompa 21	2	0,5000	372,8500
27	Pompa 22	2	0,5000	372,8500
28	Pompa 23	2	0,5000	372,8500
Total		51	166	123.786,2

2. Kebutuhan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan untuk menjalankan *generator* yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan solar} &= \frac{Q}{\eta \times f \times \rho} \\
 &= \frac{7.378.757,075}{0,8 \times 18.774,9415 \times 54,3123} \\
 &= 9,04 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 255,98 \text{ liter/jam}
 \end{aligned}$$

BAB VIII

LAYOUT PABRIK DAN PERALATAN PROSES

A. Lokasi Pabrik

Keberadaan pabrik atau lokasi pabrik akan sangat menentukan kelangsungan pabrik dalam jangka panjang, sehingga pemilihan lokasi pabrik harus disesuaikan secara tepat. Hal ini akan memudahkan pengoperasian pabrik dan perencanaan kedepannya, yang merupakan factor pendukung efektifitas dan efisiensi pabrik yang direncanakan dapat tercapai. Untuk menentukan lokasi pendirian pabrik, biaya transportasi, pendirian, dan faktor-faktor lain haruslah seminimal mungkin.

Perancangan pabrik karbon hitam dari minyak bakar (MFO) ini berlokasi Kawasan Industri di Mamuju, kec.Kalukku yang merupakan kawasan industry baru dimana lebih 3000 hektar lahan terbuka sebagai tempat perluasan pabrik.



Gambar 1. Lokasi Pelabuhan Belang-Belang, Area Kawasan Industri
(Source : Google Maps)

Daerah mamuju menjadi daerah yang dipilih karena memiliki beberapa kelebihan, salah satunya adalah karena kawasan tersebut masih baru direalisasikan di tahun 2021, sehingga mobilitas dan utilitas akan lebih mudah terpenuhi karena masih sukarnya untuk menggunakan sumber daya yang sama. Secara transportasi, wilayah mamuju dikenal akan pelabuhan kapalnya

yang menghubungkan Balikpapan dan mamuju, sehingga pengambilan bahan baku bukanlah hal yang akan susah didapatkan.



Gambar 2. Lokasi PT. Pertamina Refinery Unit V, Pemasok Bahan Baku

(Source : Google Maps)

PT. Pertamina Refinery Unit V merupakan salah satu cabang perusahaan Pertamina Persero yang memproduksi minyak bakar (MFO) sebagai bahan baku perancangan pabrik karbon hitam ini.

B. Layout Pabrik

Tata letakpabrik (*layout*) merupakan tempat atau lokasi kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, dan sarana lain seperti utilitas, taman dan tempat parkir.

1. Daerah Administrasi/Perkantoran dan Laboratorium

Daerah administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium sebagai pusat pengendalian kualitas dan kuantitas bahan yang akan di proses serta produk yang akan di jual.

2. Daerah Proses dan Ruang Kontrol

Merupakan daerah tempat alat-alat proses di letakkan dan proses berlangsung. Ruang kontrol sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.

3. Daerah Utilitas dan *Power Station*

Merupakan daerah dimana kegiatan penyediaan air dan tenaga listrik di pusatkan. Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat di lihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 8.1 Perincian Luas Tanah Pabrik

Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
Kantor utama	50	15	750
Pos keamanan/satpam	6	4	24
Auditorium	20	15	300
Parkir tamu	12	20	240
Parkir <i>truck</i>	20	12	240
Ruang timbang <i>truck</i>	12	6	72
Kantor teknik dan Produksi	15	15	225
Klinik	12	10	120
Masjid	14	12	168
Kantin	16	12	192
Unit pemadam kebakaran	16	14	224
Gudang alat	22	10	220
Laboratorium	12	16	192
Utilitas	24	10	240
Area proses	80	70	5.600
<i>Control Room</i>	28	10	280
<i>Control Utility</i>	10	10	100
Jalan dan taman	60	40	2.400
Perluasan pabrik	110	50	5.500
Luas Tanah			23.000
Luas Bangunan			90.000
Total			130.087

C. Tata Letak Mesin / Alat Proses

Dalam perancangan pabrik tata letak peralatan proses pada pabrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang sangat besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

2. Aliran Udara

Aliran produk di dalam dan sekitar area proses perlu di perhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin.

3. Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau berisiko tinggi harus di beri penerangan tambahan.

4. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Dalam perancangan lay out peralatan, perlu di perhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera di perbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu di prioritaskan.

5. Pertimbangan Ekonomi

Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik di usahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

6. Jarak Antar Alat Proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya di pisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.

7. Maintenance

Maintenance berguna untuk menjaga saran atau fasilitas peralatan pabrik

dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktifitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi produk yang diharapkan. Perawatan preventif di lakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik di lakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut di buat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat - alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

Perawatan alat - alat proses di lakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dapat di lihat dari penjadwalan yang di lakukan pada setiap alat. Perawatan mesin tiap-tiap alat meliputi :

1. *Over head* x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta *leveling* alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak, kemudian kondisi alat di kembalikan seperti kondisi semula.

2. *Repairing*

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat. Hal ini biasanya di lakukan setelah pemeriksaan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

a. Umur alat

Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus di berikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

b. Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan meyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering di bersihkan.

c. Tenaga manusia

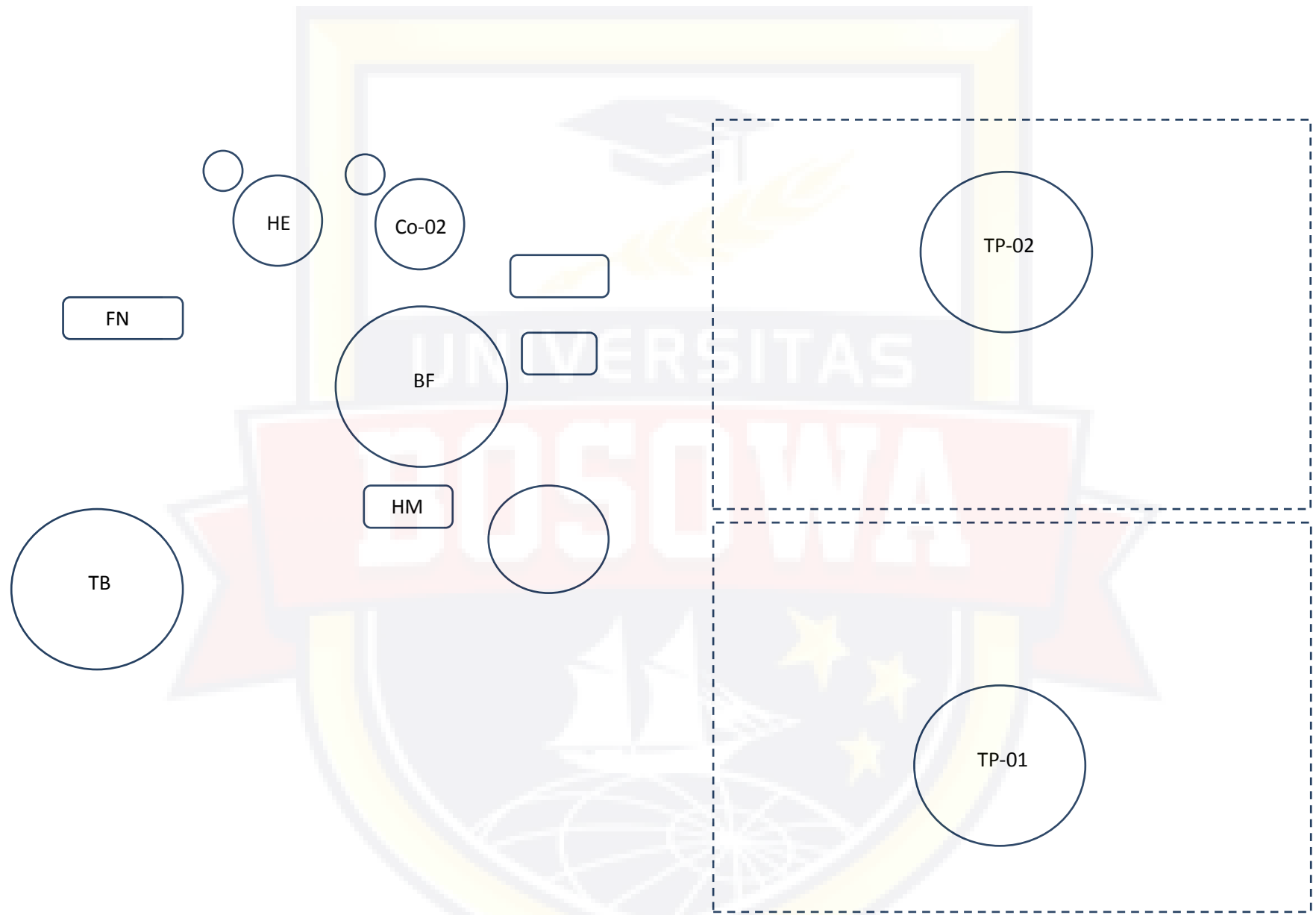
Pemanfaatan tenaga kerja terdidik, terlatih dan berpengalaman akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula.



Skala1 : 1500

Gambar 3. Lay Out Pabrik skala 1 : 1500

- | | |
|-----------------------|------------------------------|
| 1. Kantor Keamanan | 12. Kantor Teknik & Produksi |
| 2. Pos Penjagaan | 13. Areal Proses |
| 3. Kantin | 14. Utilitas |
| 4. Aula | 15. IPA |
| 5. Generator | 16. Bengkel |
| 6. Kantor Pusat | 17. Pemadam Kebakaran |
| 7. Parkiran | 18. Gudang Peralatan |
| 8. Taman | 19. Gudang Bahan Kimia |
| 9. Sarana Ibadah | 20. Areal Penyimpanan Bahan |
| 10. Sarana Olahraga | 21. Perumahan |
| 11. Laboratorium & QC | 22. Areal Perluasan Pabrik |



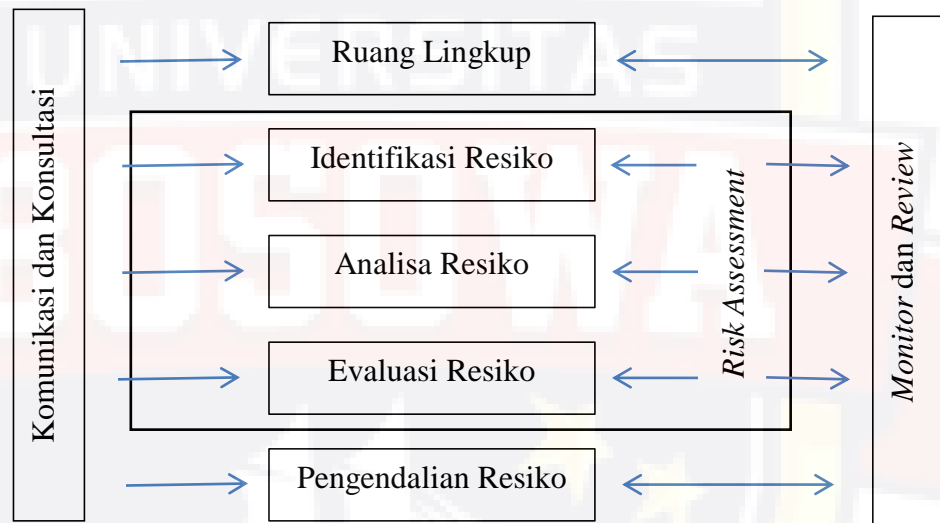
Gambar 4. Lay Out Pabrik skala 1 : 1500

BAB IX

KESEHATAN, KESELAMATAN KERJA DAN LINGKUNGAN

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan suatu upaya dan pemikiran untuk menjamin keamanan suatu proses dan tenaga kerja dalam suatu industri, sehingga tercapainya kenyamanan dalam bekerja dan resiko meruginya suatu industri karena kelalaian atau bahaya yang dapat dihindari . Oleh karenanya, dalam perancangan pabrik karbon hitam ini, terdapat beberapa identifikasi mengenai pengelolaan dan penanganan bahan kimia yang digunakan, proses yang terjadi hingga produk jadi.

Dalam perancangan pabrik karbon hitam, diberlakukan prinsip manajemen resiko yang dikeluarkan oleh AS/NZA 4360:2004, seperti di bawah ini :



A. Identifikasi Bahan

Dalam proses pembuatan karbon hitam, diperlukan minyak bakar (MFO) dari PT. Pertamina Persero, Tbk. Berdasarkan Pertamina.com, terdapat karakteristik dan cara pengelolaan bahan ini dalam *Materiy Safety Data Sheet* (MSDS), sebagai berikut :

Tabel 1. Materiy Safety Data Sheet (MSDS) Minyak Bakar

1. Produk dan Perusahaan	
Nama Produk	Minyak Bakar
Nama Lain	<i>Fuel Oil</i>
Produsen	PT. Pertamina (Persero)

2. Komposisi/ informasi	Hidrokarbon dan Additive
--------------------------------	---------------------------------

3. Pengenalan Bahaya	<p>Standar Komunikasi Bahaya : Berdasarkan OSHA 29 CFR 1910.1200 (Berbahaya)</p> <p>Efek Pemaparan : Iritasi pernapasan, pusing, mual, pingsan. Pada pemaparan yang lama dapat menyebabkan iritasi kulit dan gangguan kulit yang lebih serius.</p> <p>Data Tanggap Darurat : Cairan dapat terbakar (<i>Flammable</i>)</p>
-----------------------------	--

<p>4. Tata Cara Pertolongan Pertama</p>	<p>Kontak Mata :</p> <p>Bilas mata dengan air sebanyak-banyaknya. Jika terjadi rasa sakit, segera hubungi dokter.</p> <p>Kontak Kulit :</p> <p>Keringkat kulit yang terkena dengan lap kering dan bersih. Bilas bagian kulit yang terkena dengan air sabun.</p> <p>Terhirup :</p> <p>Jauhkan korban dari pemaparan berlanjut. Jika terjadi iritasi pernapasan, pusing, mual, dan bahkan pingsan, segera hubungi dokter, dan jika terjadi henti napas, segera lakukan resusitasi dari mulut ke mulut.</p> <p>Tertelan :</p> <p>Bila tertelan, segera beri minum 1 hingga 2 gelas air, dan hubungi secepatnya Dokter atau bawa ke Instalasi gawat darurat.</p>
--	--

<p>5. Tata Cara Penanggulangan Kebakaran</p>	<p>Media Pemadam Kebakaran :</p> <p>Karbon dioksida, <i>dry chemical</i> dan <i>foam</i></p> <p>Prosedur Khusus Pemadam Kebakaran :</p> <p>a. Karbon dioksida :</p> <p>Semprotkan pada pangkal api searah dengan angin</p>
---	--

	<p>b. <i>Dry Chemical</i> :</p> <p>Semprotkan pada pangkal api searah dengan angin</p> <p>c. <i>Foam / Busa</i> :</p> <p>Bila dalam suatu wadah semprotkan busa pada dinding bagian dalam jangan pada cairan yang terbakar, searah dengan angin dan bila hanya suatu ceceran semprotkan pada pangkal api sampai semua terselimuti searah dengan angin</p> <p>Alat Pelindung Khusus :</p> <p>Untuk kejadian kebakaran pada area yang relatif tertutup, orang yang melakukan pemadaman kebakaran harus menggunakan <i>Self Contained Breathing Apparatus</i> (SCBA)</p> <p>Bahaya Ledakan dan Kebakaran lain :</p> <p>Terjadi bila ada suatu tempat penampungan tidak terlindung di sekitar lokasi kebakaran.</p> <p>Titik Nyala : 150 °F atau 66°C</p> <p>Rentang Dapat Terbakar :</p> <p>Batas Bawah : 0,6 % ,</p> <p>Batas Atas : 7,0 %</p> <p>Tingkat Bahaya Menurut NFPA :</p> <p>Kemudahan Terbakar : 2</p>
--	--

	<p>(Terbakar bila dengan panas yang cukup)</p> <p>Instabilitas : 1</p> <p>(Tidak stabil bila dipanaskanlakukan tindakan pencegahan normal)</p> <p>Bahaya Kesehatan : 1</p> <p>(Sedikit berbahaya)</p> <p>Dekomposisi Bahan Berbahaya :</p> <p>Karbon Monoksida.</p>
--	--

<p>6. Tata Cara Penanggulangan Tumpahan dan Kebocoran</p>	<p>Pelaporan :</p> <p>Jika terjadi tumpahan segera laporkan sesuai dengan otorisasi setempat yang telah ditentukan.</p> <p>Prosedur Penanggulangan Kebocoran atau Tumpahan :</p> <p>Singkirkan semua kondisi yang memungkinkanterjadinya penyalaan. Keringkan tumpahanmenggunakan bahan penyerap (sorbent), pasir, tanah lempung dan bahan penghambat kebakaran lainnya. Bersihkan dan buang pada tempat pembuangan yang telah ditentukan oleh peraturan setempat.</p> <p>Perlindungan Lingkungan :</p> <p>Cegah masuknya tumpahan ke dalam selokan umum,saluran pembuangan atau perembesan ke dalam tanah.</p>
--	--

<p>7. Penanganan dan Penyimpanan</p>	<p>Penanganan :</p> <p>Menyebabkan efek yang serius jika terserap melalui kulit. Hindari agar uap atau mist tidak terhisap oleh saluran nafas. Wadah yang dapat dipindah yang digunakan untuk menyimpan harus diletakkan ditanah dan <i>nozzle</i> harus selalu kontak dengan wadah ketika pengisian untuk mencegah timbulnya listrik statis</p> <p>Penyimpanan :</p> <p>Untuk penyimpanan di dalam ruangan harus memperhatikan sistem ventilasi. Penyimpanan di tangki timbun harus memperhatikan persyaratan sesuai dengan klasifikasinya. Uap yang mudah terbakar dapat terbentuk walaupun disimpan pada temperatur dibawah titik nyala. Jauhkan dari bahan-bahan yang mudah terbakar. Tempat penyimpanan harus di "grounding" dan "bonding" serta dilengkapi dengan pressure vacuum valve dan flame arrester. Jauhkan dari bahan yang mudah terbakar, api, listrik atau sumber panas lainnya</p>
---	--

<p>8. Pengendalian, Pemaparan dan Perlindungan Diri</p>	<p>Ventilasi :</p>
--	---------------------------

	<p>Apabila Minyak Bakar I digunakan pada ruangan yang relatif tertutup maka harus dilengkapi dengan Ventilasi keluar (<i>exhaust fan</i>).</p> <p>Ventilasi dan peralatan yang dipakai harus bersifat kedap gas.</p> <p>Pelindung Pernapasan :</p> <p>Pakailah alat perlindungan pernapasan jika konsentrasi di udara telah melebihi Nilai Ambang Batas.</p> <p>Pelindung Mata :</p> <p>Pakailah kaca mata pelindung (<i>goggles</i>) untuk bahan kimia.</p> <p>Perlindungan Kulit :</p> <p>Pakailah sarung tangan dari karet atau PVC. Terapkan kebersihan perorangan yang baik</p> <p>Nilai Ambang Batas : 500 ppm</p>
<p>9. Reaktivitas</p>	<p>Stabilitas terhadap suhu, cahaya, dll.:</p> <p>Stabil.</p> <p>Keadaan situasi yang harus dihindari :</p> <p>Panas, percikan api, nyala maupun kondisi dimana dapat terbentuk listrik statis.</p>

	<p>Ketidak sesuaian (bahan yang harus dihindari) :</p> <p>Halogen, asam kuat, basa, dan oksidator kuat.</p> <p>Dekomposisi Bahan Berbahaya :</p> <p>Karbon monoksida.</p> <p>Polimerisasi pembentukan bahan-bahan berbahaya :</p> <p>Tidak terjadi</p>
--	---

<p>10. Data Toksikologi</p>	<p>Data Toksikologi Akut :</p> <p>Hasil toksikologi akut menunjukkan tidak ada pengaruh akut melalui pernafasan, pada saat uji menggunakan <i>mist</i> maupun uapnya.</p> <p>Data Toksikologi Sub Kronik</p> <p>Percobaan dilakukan terhadap tikus dengan paparan melalui kulit selama 5 hari / minggu selama 90 hari pada dosis paparan yang diperkirakan lebih tinggi dari pada kondisi normal. Pada percobaan ini dilakukan pengamatan terhadap organ-organ bagian dalam dan kimia klinis cairan tubuh, ternyata hasilnya menunjukkan bahwa produk ini tidak mempunyai efek yang merugikan.</p> <p>Data Toksikologi Reproduksi :</p>
------------------------------------	--

	<p>Paparan melalui kulit terhadap tikus yang sedang hamil pada dosis representatif tidak memberikan efek yang merugikan baik terhadap induknya maupun terhadap keturunannya.</p> <p>Data Toksikologi Kronik : <i>Base oil</i> yang terkandung dalam produk ini merupakan solvent refined maupun <i>hydrotreated</i>. Studi yang dilakukan dengan mengoleskan produk ini pada kulit tikus tidak menunjukkan efek karsinogenik</p> <p>Data Toksikologi Lain : Tidak ada</p>
--	---

<p>11. Informasi Ekologi</p>	<p>Pengaruh dan kerusakan terhadap lingkungan :</p> <p>Rembesan ke dalam tanah akan menyebabkan pencemaran air tanah atau <i>aquifer</i>.</p>
-------------------------------------	--

<p>12. Pertimbangan Pembuangan</p>	<p>Pembuangan Limbah :</p> <p>Produk ini dapat dibakar pada tempat yang tertutup untuk tujuan memperoleh energi, atau dibakar pada <i>insinerator</i> . Produk ini dapat pula diproses pada</p>
---	---

	<p>tempatpendaur ulangan bahan sesuai ketentuan Pemerintah.</p> <p>Informasi Perundang-undangan :</p> <p>Limbah Sludge produk ini dapat dinyatakan sebagailimbah B3 kecuali setelah dilakukan uji TCLP (<i>ToxicityCharacteristic Leaching Procedure</i>) tidak terbukti, danketentuanpembuangannya harus sesuai denganketentuan yang berlaku.</p>
--	---

<p>13. Informasi Transportasi</p>	<p>USA DOT :</p> <p><i>Shipping Name : Fuel Oil</i></p> <p><i>Hazard Class & Div :Combustible Liquid</i></p> <p><i>Id Number : Na 1993</i></p> <p><i>Erg Number : 128</i></p> <p><i>Packing Group : PG III</i></p> <p><i>Stcc : 4915112</i></p> <p><i>Dangerous When Wet : Tidak Ada</i></p> <p><i>Label(s) : Combustible Liquid</i></p> <p><i>Placard (s) : Combustible</i></p> <p>RID/ ADR :</p> <p><i>Hazard Class : 3</i></p> <p><i>Hazard Sub Class: 31 (c)</i></p> <p><i>Label : 3</i></p> <p><i>Danger Number : 30</i></p> <p><i>Un Number : 1202</i></p> <p>IMO :</p>
--	--

	<p><i>Hazard Class & Div : 3.3</i></p> <p><i>Id/Un Number : 1202</i></p> <p><i>Packing Group : PG III</i></p> <p><i>Shipping Name : Fuel Oil</i></p> <p><i>Label(s) : Combustible Liquid</i></p> <p>ICAO/IATA :</p> <p><i>Hazard Class & Div : 3</i></p> <p><i>Id/Un Number : 1202</i></p> <p><i>Packing Group: PG III</i></p> <p><i>Label (S) : Combustible Liquid</i></p>
--	--

14. Informasi Perundang-Undangan	<p>Status inventory :</p> <p>Terdaftar pada TSCA dan EINECS/ELINCS</p> <p><i>EEC labeling : Tidak ada</i></p> <p><i>Symbol : Xn = Harmful,</i></p> <p style="padding-left: 40px;"><i>F = Flammable</i></p> <p><i>EU labeling : Tidak ada</i></p> <p><i>Risk Phrase(s) :R40, Possible risk of irreversible effects.</i></p> <p><i>Safety Phrase (s) :S24-2-36/37-62</i></p> <p>Hindari kontak dengan kulit. Jauhkan dari jangkauan anak-anak. Kenakan pakaian pelindung dan sarung tangan khusus. Jika tertelan, jangan merangsang terjadinya muntah, segera hubungi dokter.</p>
---	--

<p>15. Informasi Lain-Lain</p>	<p>LABEL PERINGATAN :</p> <p>Mengandung aromatic petroleum oil. Berbahaya jika kontak dengan kulit pada pemaparan dalam waktu yang lama dan berulang-ulang. Produk ini dapat terbakar dan berbahaya jika tertelan. Jika terkena minyak bakar, segera cuci bagian tubuh anda yang terkena, jika tidak maka dapat mengakibatkan fatal, antara lain kanker, kerusakan hati, kerusakan komponen darah dan berbahaya bagi bayi dalam kandungan.</p>
---------------------------------------	---

B. Identifikasi Alat dan Proses

Dalam pembuatan pabrik ini, tentu saja akan ada kemungkinan terjadinya bahaya dari proses awal dibangunnya pabrik ini hingga proses produksi karbon hitam dalam alat-alat yang digunakan.

Berikut potensi bahaya yang dapat terjadi dalam pabrik karbon hitam ini, diantaranya :

1. Bahaya Fisik

Bahaya yang dapat terjadi disebabkan karena proses dari alat industri.

a. Suhu Panas

Bahaya fisik ini berasal dari reaktor *furnace black* yang digunakan, dimana suhu reaktor dapat berkisar hingga 1000°C. Kemudian heat exchanger, dimana terjadi pertukaran dengan suhu tukar berkisar 500-800°C.

b. Bahaya Bising

Bahaya bising merupakan bahaya yang terjadi karena adanya suara yang dihasilkan alat dalam proses pengerjaannya. Pabrik karbon ini memiliki potensi bahaya bising dari beberapa alat seperti *dryer*, pompa, dan *furnace*.

c. Bahaya Kebakaran

Bahaya ini berpotensi terjadi karena panas yang terjadi dan kontak terhadap bahan bakar dan bahan yang mudah terbakar di sekitar area alat yang menimbulkan panas.

d. Bahaya Kejatuhan Barang Berat

Bahaya ini sangat mungkin terjadi di area pengangkutan yang menggunakan kapasitas yang besar, dalam pabrik karbon hitam, terdapat banyak *conveyor* terbuka yang digunakan.

e. Bahaya Listrik

Bahaya ini merupakan bahaya yang mungkin terjadi di sekitar area pabrik yang menggunakan daya besar dengan kabel terbuka, misal dalam pabrik karbon hitam, penggunaan daya terbesar ada pada area kantor.

2. Bahaya Kimia

Bahaya kimia merupakan bahaya yang terjadi karena adanya kemungkinan terpapar, terkontaminasi, dan terkena bahan kimia baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Bahan kimia dikategorikan dalam tiga bentuk dan masing-masing memiliki potensi bahaya tersendiri :

a. Bahan Kimia Padat

Bahan kimia padat memiliki potensi bahaya dari partikel debu yang dapat masuk ke dalam saluran pencernaan atau reaktif terhadap kulit dan alat tertentu.

b. Bahan Kimia Cair

Bahan kimia cair memiliki potensi bahaya dari aroma dan reaktifitas bahan, sebagai contoh misalnya uap panas keluaran *furnace* yang mengandung belerang dan karbon, sehingga berbahaya secara karena kondisi panas dan reaktifitas bahan.

c. Bahan Kimia Gas

Bahan kimia gas memiliki potensi bahaya dari kontak langsung dan tampilan yang kasar mata.

C. Identifikasi Produk

Karbon hitam sebagai produk juga memerlukan pengendalian dan pemanfaatan yang sesuai dan khusus, sehingga bahaya yang dapat terjadi dapat diminimalisir. Dalam pengolahan produk karbon hitam dipaparkan dalam tabel MSDS produk karbon hitam dibawah ini :

Tabel 2. Matery Safety Data Sheet (MSDS) Karbon Hitam

1. Produk dan Perusahaan	
Nama Produk	Karbon Hitam
Nama Lain	<i>Carbon Black</i>
Produsen	PT. Cabot Indonesia
2. Tindakan Pertolongan Pertama	<p>Penghirupan:</p> <p>Bawalah orang yang menghirup ke tempat yang berudara segar. Jika diperlukan, pulihkan laju pernapasan hingga normal melalui tindakan pertolongan pertama standar.</p> <p>Kontak kulit:</p> <p>Cucilah kulit dengan sabun dan air. Jika gejala tetap terjadi, mintalah pertolongan medis.</p> <p>Kontak mata:</p>

	<p>Segera bilas mata menggunakan banyak air sambil membuka kelopak mata. Jika gejala tetap terjadi, mintalah pertolongan medis.</p> <p>Penelanan :</p> <p>Jangan meminta orang yang menelan untuk muntah. Jika sadar, berikan beberapa gelas air.</p> <p>Jangan pernah memberikan sesuatu melalui mulut ke orang yang tidak sadarkan diri.</p>
--	---

<p>3. Tindakan Pemadaman Kebakaran</p>	<p>Media Pemadaman Kebakaran</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Media pemadaman yang sesuai: <p>Gunakan busa, karbon dioksida (CO₂), bahan kimia kering, atau semprotan air. Disarankan untuk menggunakan semprotan kabut jika ada penggunaan air.</p> ▪ Media pemadaman yang tidak sesuai: <p>Jangan gunakan media bertekanan tinggi yang dapat menyebabkan terbentuknya campuran debu-udara yang dapat meledak.</p> <p>Bahaya Khusus Yang Timbul Akibat Zat Atau Campuran</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bahaya khusus yang timbul dari
---	---

	<p>zat kimia:</p> <p>Karbon hitam mungkin tidak terlihat terbakar kecuali jika bahandiaduk dan muncul percikan. Karbon hitam yang telah terbakarharus diamati secara saksama selama setidaknya 48 jam untukmemastikan bahwa tidak ada bahan yang masih terbakar.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Produk pembakaran berbahaya: Karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan belerang oksida <p>Saran Untuk Pemadam Kebakaran</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Peralatan pelindung khusus untuk pemadam kebakaran: Gunakan alat pelindung pemadam kebakaran yang lengkap, termasuk alat bantu pernapasan mandiri (SCBA). <p>Karbon hitam yang basah menyebabkan permukaan menjadi sangat licin.</p>
<p>4. Tindakan Pelepasan Yang Tidak di Sengaja</p>	<p>Tindakan Pencegahan Pribadi, Alat Pelindung, dan Prosedur Darurat</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tindakan pencegahan pribadi: Karbon hitam yang basah menyebabkan permukaan menjadi sangat licin. Hindari pembentukan debu. ▪ Untuk responden darurat:

	<p>Gunakan perlengkapan pelindung pribadi yang disarankan.</p> <p>Tindakan Pencegahan Dampak Lingkungan</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tindakan pencegahan dampak lingkungan: <p>Karbon hitam tidak berbahaya terhadap lingkungan. Bendunglah tumpahan produk di tanah, jika memungkinkan. Sebagai tindakan pencegahan yang baik, minimalkan kontaminasi air selokan, tanah, air tanah, sistem drainase, atau tubuh air lainnya.</p> <p>Metode Dan Bahan Untuk Pembendungan Dan Pembersihan</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Metode pembendungan: <p>Cegahlah kebocoran atau tumpahan lebih lanjut jika aman untuk dilakukan.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Metode pembersihan: <p>Tumpahan yang sedikit sebaiknya divakum jika memungkinkan. Tidak disarankan untuk melakukan penyapuan kering. Disarankan untuk menggunakan vakum yang dilengkapi dengan filter udara partikulat berefisiensi tinggi (HEPA). Jika dibutuhkan, semprotan air ringan akan mengurangi debu untuk penyapuan kering. Tumpahan yang</p>
--	---

	banyak dapat dipindahkan ke kontainer atau wadah.
--	---

<p>5. Penanganan dan Penyimpanan</p>	<p>Tindakan Pencegahan Untuk Penanganan Yang Aman</p> <ul style="list-style-type: none"> • Saran untuk penanganan yang aman: <p>Hindari pembentukan debu. Jangan menghirup debu. Sediakan ventilasi pembuangan setempat untuk meminimalkan pembentukan debu. Jangan menggunakan udara yang terkompresi. Lakukan tindakan pencegahan bahaya terhadap listrik statis. Berikan tindakan pencegahan yang memadai, seperti melakukan pentanahan/pembumihan (grounding) dan pengikatan (<i>bonding</i>) listrik.</p> <p>Peralatan pentanahan dan sistemnya mungkin dibutuhkan dalam kondisi tertentu.</p> <p>Praktik kerja yang aman meliputi:</p> <p>menyingkirkan sumber percikan yang mungkin berada di dekat debu karbon hitam, penanganan pekerjaan yang baik untuk menghindari akumulasi debu pada semua permukaan, desain dan perawatan ventilasi buangan udara yang sesuai untuk mengontrol tingkat debu di udara</p>
---	---

	<p>agar berada di bawah batas paparan yang berlaku. Jika dibutuhkan pekerjaan panas, area kerja harus segera dibersihkan dari debu karbon hitam.</p> <ul style="list-style-type: none">• Pertimbangan kebersihan umum: Lakukan penanganan sesuai dengan praktik kebersihan dan keamanan industri yang baik. <p>Kondisi Penyimpanan Yang Aman, Termasuk Semua Ketidaksesuaian</p> <ul style="list-style-type: none">• Kondisi tempat penyimpanan: Simpanlah di tempat yang kering, dingin, dan memiliki ventilasi yang baik. Jauhkan dari panas, sumber percikan, dan pengoksidasi kuat. Karbon hitam tidak dapat diklasifikasikan sebagai Divisi 4.2, zat yang dapat memanas sendiri menurut kriteria tes PBB. Akan tetapi, kriteria PBB untuk menentukan jika suatu bahan memanas sendiri bergantung pada volumenya. Klasifikasi ini mungkin tidak sesuai untuk wadah penyimpanan dengan volume besar. <p>Sebelum memasukkan bejana dan ruang tertutup yang berisi karbon hitam, ujilah terlebih dahulu apakah terdapat cukup oksigen, gas yang mudah terbakar, dan potensi kontaminan udara yang beracun.</p>
--	--

	<p>Jangan biarkan debu terakumulasi pada permukaan.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bahan yang tidak sesuai: <p>Pengoksidasi kuat.</p>
--	--

<p>6. Pengendalian Pemaparan/Pengendalian Diri</p>	<p>Parameter Kontrol</p> <ul style="list-style-type: none"> • Panduan pemaparan: <p>Batas pemaparan saat ini tersedia untuk karbon hitam (Nomor CAS: 1333-86-4).</p> <p>Indonesia : 3,5, TWA/NAB</p> <p>*Silakan baca versi standar atau peraturan yang mungkin berlaku saat ini untuk operasi Anda.</p> <p>ACGIH® : Konferensi Pakar Hiegenis Kalangan Industri dan Pemerintahan Amerika (<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>)</p> <p>mg/m³ : miligram per meter kubik</p> <p>DNEL : batas tingkat tanpa efek (<i>derived no-effect level</i>)</p> <p>NIOSH : Institut Nasional untuk Keselamatan dan Kesehatan pada Pekerjaan (<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>)</p>
---	---

	<p>OSHA : Administrasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (<i>Occupational Safety and Health Administration</i>)</p> <p>PEL : batas pemaparan yang diizinkan (<i>permissible exposure limit</i>)</p> <p>REL : batas pemaparan yang disarankan (<i>recommended exposure limit</i>)</p> <p>STEL : batas pemaparan jangka pendek (<i>short-term exposure limit</i>)</p> <p>TLV : nilai batas ambang (<i>threshold limit value</i>)</p> <p>TWA : waktu tertimbang rata-rata (<i>time weighted average</i>), 8 (delapan) jam kecuali jika dijelaskan secara spesifik</p> <p>Kontrol Pemaparan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontrol keteknikan: <p>Gunakan pelindung proses dan/atau ventilasi buangan untuk menjaga agar konsentrasi debu di udara berada di bawah batas pemaparan.</p> <p>Alat Pelindung Diri (APD)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perlindungan Pernapasan: <p>Alat pernapasan pemurni udara (APR) harus digunakan di tempat yang konsentrasi debu di udaranya melebihi batas pemaparan di tempat kerja.</p>
--	---

	<p>Gunakan alat pernapasan yang memberikan udara bertekanan positif jika ada kemungkinan pelepasan yang tidak dapat terkendali, tingkat paparan yang tidak diketahui, atau keadaan di mana APR tidak memberikan perlindungan yang memadai.</p> <p>Meskipun pelindung pernapasan dibutuhkan untuk meminimalkan paparan terhadap karbon hitam, program harus mengikuti persyaratan dari organisasi pemerintah yang berwenang pada negara, provinsi, atau bagian negara. Berikut adalah referensi terhadap standar perlindungan pernapasan yang telah dipilih:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. OSHA 29CFR1910.134, Perlindungan Pernapasan b. CR592 Panduan untuk Seleksi dan Penggunaan Perangkat Pelindung Pernapasan c. Standar DIN/EN 143 Jerman/Eropa, Perangkat Pelindung Pernapasan untuk Bahan Berdebu <ul style="list-style-type: none"> • Perlindungan tangan: Gunakan sarung tangan pelindung. Gunakan krim pelindung. Cucilah tangan dan kulit dengan sabun dan air. • Perlindungan mata/ wajah:
--	--

	<p>Gunakan kaca mata pengaman atau kaca mata pelindung.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perlindungan kulit: <p>Gunakan pakaian pelindung umum untuk meminimalkan kontak dengan kulit. Cucilah pakaian setiap hari. Pakaian kerja tidak diperbolehkan untuk dibawa pulang.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lainnya: <p>Tempat pembilasan mata darurat dan pancuran pembasuh harus berada di dekat lokasi. Cucilah tangan dan wajah secara merata menggunakan sabun sebelum makan atau minum.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pengendalian pemaparan lingkungan: <p>Sesuai dengan semua persyaratan perundang-undangan dan perizinan setempat.</p>
--	--

<p>7. Informasi Toksikologi</p>	<p>Informasi Mengenai Efek Toksikologi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Toksisitas akut: <p>LD50 mulut: LD50 (tikus) > 8000 mg/kg. (Setara dengan OECD TG 401) LD50 penghirupan: - LD50 kulit: -</p> <ul style="list-style-type: none"> • Korosi/ iritasi kulit: <p>Kelinci: tidak mengiritasi. (Setara dengan OECD TG 404)</p>
--	--

	<p>Edema = 0 (skor iritasi maks. yang dapat dicapai: 4)</p> <p>Eritema = 0 (skor iritasi maks. yang dapat dicapai: 4)</p> <p>Penilaian: Tidak mengiritasi kulit.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kerusakan/ iritasi mata serius: Kelinci: tidak mengiritasi. (OECD TG 405) <p>Kornea: 0 (skor iritasi maks. yang dapat dicapai: 4)</p> <p>Iris: 0 (skor iritasi maks. yang dapat dicapai: 2)</p> <p>Konjungtiva: 0 (skor iritasi maks. yang dapat dicapai: 3)</p> <p>Kemosis: 0 (skor iritasi maks. yang dapat dicapai: 4)</p> <p>Penilaian: Tidak mengiritasi mata</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensitisasi: Kulit marmut (Uji Buehler): tidak memekakan (OECD TG 406) <p>Penilaian: Tidak menyebabkan pemekaan pada hewan. Tidak dilaporkan ada kasus pemekaan pada manusia.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mutagenisitas sel kuman in vitro: In vitro: Karbon hitam tidak sesuai untuk diujikan ke bakteri (tes Ames) dan lainnya dalam sistem in vitro karena sifatnya yang tidak mudah larut. Akan tetapi, ketika ekstrak pelarut organik
--	--

dari karbon hitam diuji, hasilnya menunjukkan bahwa tidak ada efek mutagenik. Ekstrak pelarut organik dari karbon hitam dapat mengandung sisa-sisa hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH). Sebuah studi yang meneliti ketersediaan hayati dari PAH ini menunjukkan bahwa PAH terikat kuat dengan karbon hitam dan tidak tersedia secara hayati (Borm, 2005).

In vivo:

Dalam sebuah penyelidikan percobaan, perubahan mutasi dalam gen *hprt* ditemukan pada sel epitelial alveolar tikus setelah terkena pemaparan penghirupan terhadap karbon hitam (Driscoll, 1997). Pengamatan ini diyakini bersifat spesifik untuk tikus dan merupakan konsekuensi dari "kelebihan beban paru-paru" yang menyebabkan peradangan kronis dan pelepasan spesies oksigen reaktif. Hal ini dianggap sebagai efek genotoksik sekunder. Dengan demikian, karbon hitam itu sendiri tidak dianggap bersifat mutagenik.

Penilaian: Mutagenisitas in vivo pada tikus terjadi melalui mekanisme sekunder terhadap efek ambang dan merupakan konsekuensi dari "kelebihan beban paru-paru" yang menyebabkan peradangan kronis dan pelepasan

	<p>spesies oksigen genotoksik. Mekanisme ini dianggap sebagai efek genotoksik sekunder. Dengan demikian, karbon hitam itu sendiri tidak dianggap bersifat mutagenik.</p> <ul style="list-style-type: none">• Karsinogenisitas: <p>Penelitian mortalitas (data manusia): Sebuah studi terhadap para pekerja pabrik karbon hitam di UK (Sorahan, 2001) menemukan adanya peningkatan risiko kanker paru-paru di dua dari lima pabrik yang diteliti. Akan tetapi, peningkatan tersebut tidak berkaitan dengan dosis karbon hitam. Dengan demikian, para peneliti tidak menganggap bahwa peningkatan risiko kanker paru-paru disebabkan oleh pemaparan terhadap karbon hitam. Sebuah studi terhadap para pekerja pabrik karbon hitam di sebuah pabrik di Jerman (Morfeld, 2006; Buechte, 2006) menemukan bahwa terjadi peningkatan risiko kanker paru-paru yang serupa. Akan tetapi, sama seperti Sorahan, 2001 (studi di UK), para peneliti tidak menemukan hubungannya dengan pemaparan karbon hitam. Sebuah studi skala besar di AS pada 18 pabrik menunjukkan penurunan risiko kanker paru-paru pada para pekerja pabrik karbon hitam (Dell, 2006). Berdasarkan studi ini, Kelompok</p>
--	--

	<p>Kerja Februari 2006 pada Badan Riset Kanker Internasional (IARC) menyimpulkan bahwa bukti manusia untuk karsinogenisitas tidaklah memadai (IARC, 2010).</p> <p>Sejak evaluasi IARC terhadap karbon hitam, Sorahan dan Harrington (2007) telah menganalisis ulang data penelitian di UK menggunakan hipotesis pemaparan alternatif dan menemukan adanya hubungan positif dengan pemaparan karbon hitam di dua dari lima pabrik. Hipotesis pemaparan yang sama diterapkan oleh Morfeld dan McCunney (2009) terhadap kohort Jerman. Sebaiknya, mereka tidak menemukan hubungan antara pemaparan karbon hitam dengan risiko kanker paru-paru. Dengan demikian, tidak ada bukti yang mendukung hipotesis pemaparan alternatif seperti yang digunakan oleh Sorahan dan Harrington.</p> <p>Secara keseluruhan, hasil dari penyelidikan terperinci ini tidak menunjukkan adanya hubungan sebab akibat antara pemaparan karbon hitam dengan risiko kanker pada manusia.</p>
--	---

<p>8. Pertimbangan Pembuangan/Pemusnahan</p>	<p>Metode Penanganan Limbah Pemusnahan Produk:</p> <p>Produk harus dimusnahkan sesuai dengan peraturan yang sesuai dan dikeluarkan oleh negara, provinsi, bagian negara, atau pihak setempat yang berwenang.</p> <p>Brasil: Dianggap sebagai limbah Kelas IIA – noninert</p> <p>Kanada: Bukan merupakan limbah berbahaya berdasarkan peraturan provinsi</p> <p>UE: Kode Limbah UE No. 061303 sesuai dengan direktif Dewan Eropa 75/422/EEC</p> <p>AS: Bukan merupakan limbah berbahaya berdasarkan U.S. RCRA, 40 CFR 261.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pemusnahan kontainer/kemasan: <p>Kemasan yang kosong harus dimusnahkan sesuai dengan hukum nasional dan setempat.</p>
---	--

BAB X

STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN

A. Bentuk Perusahaan

Membangun sebuah perusahaan berarti harus mengerti bagaimana bentuk sebuah perusahaan itu dapat berjalan. Dalam perancangan pabrik karbon hitam ini, bentuk pabrik yang dirancang berupa Perseroan Terbatas (PT). Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2007 Tentang Perseroan Terbatas, yang dijelaskan dalam BAB I mengenai ketentuan-ketentuan umum dari perseroan terbatas, diantaranya :

1. Perseroan Terbatas, yang selanjutnya disebut perseroan, adalah badan hukum yang merupakan persekutuan modal, didirikan berdasarkan perjanjian, melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam undang-undang ini serta peraturan pelaksanaannya.
2. Organ Perseroan adalah Rapat Umum Pemegang Saham, Direksi, dan Dewan Komisaris.
3. Tanggung Jawab Sosial dan Lingkungan adalah komitmen Perseroan untuk berperan serta dalam pembangunan ekonomi berkelanjutan guna meningkatkan kualitas kehidupan dan lingkungan yang bermanfaat, baik bagi Perseroan sendiri, komunitas setempat, maupun masyarakat pada umumnya.
4. Rapat Umum Pemegang Saham, yang selanjutnya disebut RUPS, adalah Organ Perseroan yang mempunyai wewenang yang tidak diberikan kepada Direksi atau Dewan Komisaris dalam batas yang ditentukan dalam undang-undang ini dan/atau anggaran dasar.
5. Direksi adalah Organ Perseroan yang berwenang dan bertanggung jawab penuh atas pengurusan Perseroan untuk kepentingan Perseroan, sesuai dengan maksud dan tujuan Perseroan serta mewakili Perseroan, baik di dalam maupun di luar pengadilan sesuai dengan ketentuan anggaran dasar.

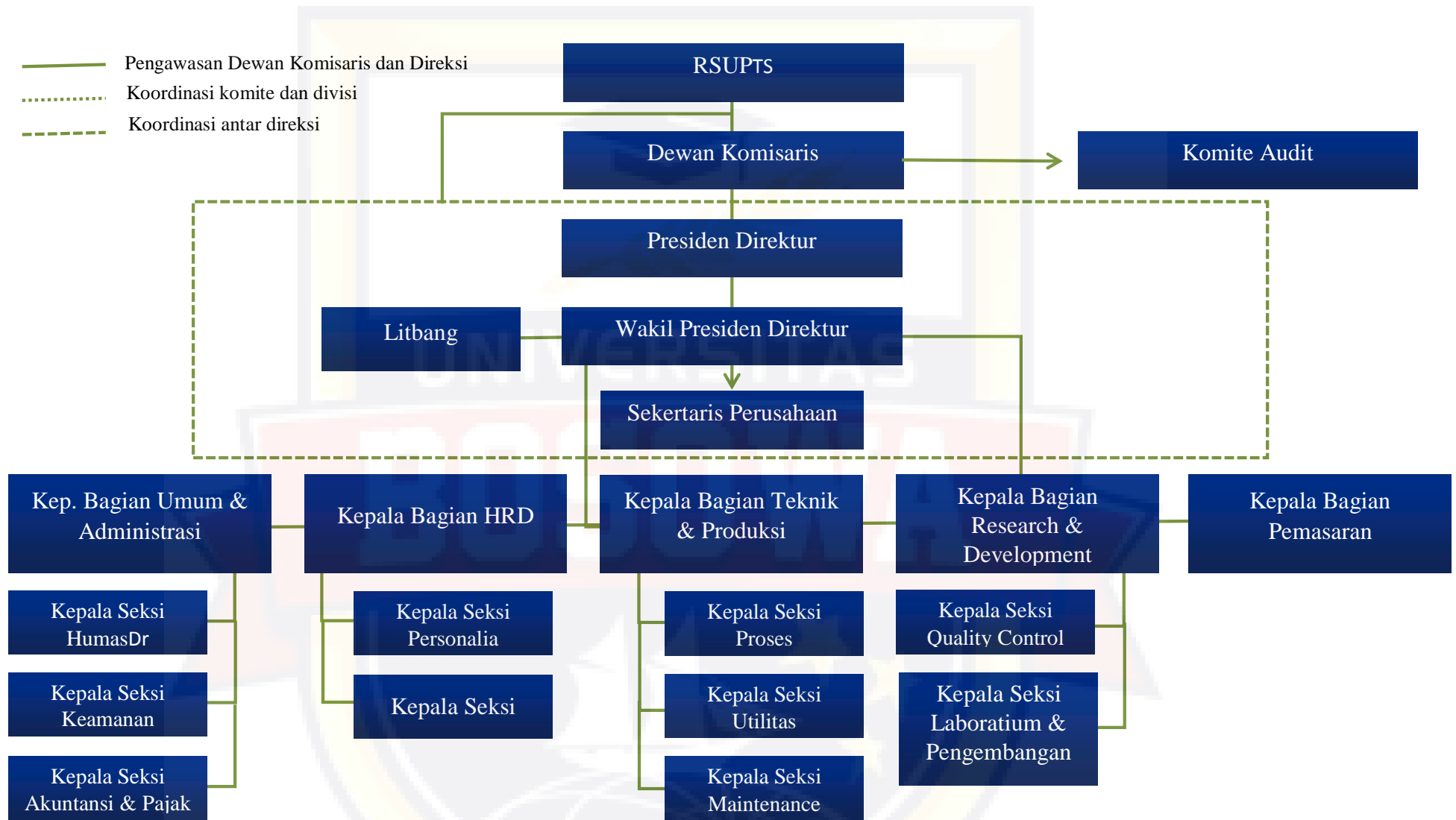
6. Dewan Komisaris adalah Organ Perseroan yang bertugas melakukan pengawasan secara umum dan/atau khusus sesuai dengan anggaran dasar serta memberi nasihat kepada Direksi.
7. Perseroan Terbuka adalah Perseroan Publik atau Perseroan yang melakukan penawaran umum saham, sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang pasar modal.
8. Perseroan Publik adalah Perseroan yang memenuhi kriteria jumlah pemegang saham dan modal disetor sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang pasar modal.
9. Penggabungan adalah perbuatan hukum yang dilakukan oleh satu Perseroan atau lebih untuk menggabungkan diri dengan Perseroan lain yang telah ada yang mengakibatkan aktiva dan pasiva dari Perseroan yang menggabungkan diri beralih karena hukum kepada Perseroan yang menerima penggabungan dan selanjutnya status badan hukum Perseroan yang menggabungkan diri berakhir karena hukum.
10. Peleburan adalah perbuatan hukum yang dilakukan oleh dua Perseroan atau lebih untuk meleburkan diri dengan cara mendirikan satu Perseroan baru yang karena hukum memperoleh aktiva dan pasiva dari Perseroan yang meleburkan diri dan status badan hukum Perseroan yang meleburkan diri berakhir karena hukum.
11. Pengambilalihan adalah perbuatan hukum yang dilakukan oleh badan hukum atau orang perseorangan untuk mengambil alih saham Perseroan yang mengakibatkan beralihnya pengendalian atas Perseroan tersebut.
12. Pemisahan adalah perbuatan hukum yang dilakukan oleh Perseroan untuk memisahkan usaha yang mengakibatkan seluruh aktiva dan pasiva Perseroan beralih karena hukum kepada 2 (dua) Perseroan atau lebih atau sebagian aktiva dan pasiva Perseroan beralih karena hukum kepada 1 (satu) Perseroan atau lebih.

Lebih lanjut, peraturan lebih mendetail akan dibahas secara kumulatif dalam musyawarah perusahaan yang berlandaskan peraturan pemerintah mengenai Perseroan Terbatas (PT).

B. Struktur Organisasi

Berdasarkan Armeini Uha Satari (2019, Struktur organisasi merupakan sebuah bentuk yang menunjukkan hubungan diantara fungsi-fungsi dalam suatu sistem yang menjelaskan tanggung jawab, wewenang serta fungsi dari sistem itu sendiri. Dalam implementasinya, struktur organisasi biasanya digambarkan dalam diagram lengkap dari pihak yang memegang wewenang tertinggi hingga yang paling mendasar. Untuk lebih lengkapnya akan di tampilkan lebih jelas dalam diagram struktur organisasi di bawah.





Gambar 10.1. Struktur Organisasi Pabrik Karbon Hitam

C. Tugas dan Wewenang

Tugas dan wewenang didasarkan dari Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2007.

1. Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan kumpulan dari beberapa investor atau yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan keberlangsungan perusahaan. Dalam bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT), kekuasaan tertinggi berada di Rapat Umum Pemegang Saham (RPUS).

Wewenang yang dimiliki :

- a. Penentuan dan perubahan Anggaran Dasar
- b. Penambahan dan pengurangan modal perseroan
- c. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
- d. Mengangkat dan memberhentikan Direktur
- e. Mengesahkan hasil-hasil usaha beserta hasil perhitungan untung rugi tahunan perusahaan.

2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan organ yang melaksanakan keputusan pemegang saham.

Wewenang yang dimiliki :

- a. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan beserta alokasi sumber-sumber dan pengarahan pemasaran.
- b. Mengawasi tugas-tugas direksi
- c. Membantu direksi dalam hal khusus yang melibatkan dewan komisaris.

3. Presiden Direktur

Presiden direktur merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggung jawab dalam operasional perusahaan, sehingga presiden direktur lah yang memegang tanggung jawab terhadap Dewan Direksi atas kebijakan dan pendapatan perusahaan setiap tahunnya. Dalam tugasnya,

presiden direksi membawahi beberapa divisi yang dibagi dengan wakil presiden direktur.

Wewenang yang dimiliki :

- a. Melaksanakan kebijakan perusahaan dan bertanggung jawab atas divisi yang ada.
- b. Menjaga kestabilan dan membuat hubungan baik sebagai penengah atas RPUS dan karyawan perusahaan.
- c. Mengangkat dan memberhentikan direksi atas persetujuan rapat
- d. Mengkoordinir bagian kerjasama antara produksi, keuangan dan bagian umum.

4. Wakil Presiden Direktur

Organ ini merupakan bagian dari dewan direksi yang bertugas membantu presiden direktur untuk bertanggung jawab atas beberapa divisi bagian operasional dalam perusahaan.

Wewenang yang dimiliki :

- a. Bertanggung jawab kepada presiden direktur akan bagian produksi, litbang, dan pemasaran produk.
- b. Mengkoordinir dan mengawasi segala pelaksanaan terkait bagian yang di pegang.
- c. Memberikan bantuan kepada divisi terkait yang memerlukan bantuan wakil presiden direktur.

5. Komite Audit

Komite Audit adalah bagian yang dibentuk oleh dan bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris dalam membantu melaksanakan tugas dan fungsi Dewan Komisaris.

Wewenang yang dimiliki (www.tobabara.com, 2021) :

- a. Mengakses secara penuh, bebas dan tidak terbatas terhadap dokumen, data, dan informasi, karyawan, dana, aset, dan sumber daya Perusahaan yang diperlukan, yang berkaitan dengan pelaksanaan tugasnya dan wajib bekerja sama dengan satuan Kerja internal Audit dan/atau manajemen.

- b. Berkomunikasi langsung dengan karyawan, termasuk Direksi dan pihak yang menjalankan fungsi audit internal, manajemen risiko, dan Akuntan terkait tugas dan tanggung jawab Komite Audit.
- c. Mekanisme kerja sebagaimana butir b di atas harus mengikuti prosedur kerja sesuai peraturan yang berlaku.
- d. Jika diperlukan melibatkan pihak independen di luar anggota Komite Audit untuk membantu pelaksanaan tugasnya dengan persetujuan Komisaris dan melakukan kewenangan lain yang diberikan oleh Dewan Komisaris.
- e. Apabila diperlukan, dengan persetujuan Dewan Komisaris, Komite Audit dapat mempekerjakan tenaga ahli dan/atau konsultan untuk membantu Komite Audit, atas biaya Perusahaan.
- f. Mengkaji independensi, objektivitas serta merekomendasikan eksternal auditor yang akan dipilih oleh Perusahaan untuk mengaudit laporan keuangan Perusahaan, untuk mengaudit laporan keuangan Perusahaan maupun anak Perusahaan.

6. Penelitian dan Pengembangan (Litbang)

Penelitian, dan pengembangan atau litbang (*Research and Development, R and D, atau R&D*) adalah bagian yang melakukan dan bertanggung jawab mengenai penelitian, dan pengembangan, dan memiliki kepentingan komersial dalam kaitannya dengan profit perusahaan. R&D atau litbang ini memegang peranan yang penting, dan menjadi salah satu tolak ukur atau indikator kemajuan dari suatu industri

Wewenang yang dimiliki :

- a. Menggunakan akses dan tanggung jawab terhadap produk yang ingin dibentuk baik dari segi bahan yang akan diteliti dan dikembangkan hingga produk jadi dari suatu industri
- b. Menentukan proses yang akan digunakan dan diaplikasikan dalam skala industri yang disepakati
- c. Menggunakan hasil data riset sebagai bentuk peningkatan literasi dan referensi baik untuk peneliti pada Litbang, maupun untuk perusahaan.

7. Sekertaris Perusahaan

Sekretaris Perusahaan merupakan organ dari tata kelola sebuah perusahaan yang memiliki peran signifikan sebagai *Compliance Officer* yang membantu Direksi dalam penerapan prinsip-prinsip perusahaan.

Wewenangnya yang dimiliki :

- a. Sebagai sumber informasi bagi pimpinan dan menjalankan tugas, fungsi dan tanggungjawabnya.
- b. Sebagai media perekam, penyimpanan, pengingat kegiatan atasan dalam bentuk penyusunan jadwal kerja harian.
- c. Memperlancar kegiatan ketatausahaan seperti mengetik, kearsipan, Komputer, dan penggandaan dokumen yang dibutuhkan oleh suatu perusahaan.
- d. Menjadi perantara pihak-pihak yang ingin berhubungan dengan pimpinan. Beberapa kegiatan yang bisa dilakukan misalnya melakukan pertemuan, kunjungan, konferensi maupun roadshow dalam rangka menjalin hubungan dengan berbagai pihak yang berkepentingan dengan pimpinan/perusahaan.
- e. Bertindak selaku wakil perusahaan dalam hubungannya dengan seluruh pemangku kepentingan dalam mengkomunikasikan kegiatan perusahaan terutama terkait dengan keterbukaan informasi. Menyampaikan perkembangan perusahaan kepada publik dengan laporan terbuka dalam bentuk siaran pers, website, dan melayani permintaan informasi yang berkaitan dengan perusahaan.
- f. Menjadi mediator pimpinan dengan bawahan, hal ini termasuk dalam menyelenggaraan Rapat Direksi, Rapat Direksi dengan Komisaris dan Rapat Umum Pemegang Saham
- g. Memberikan ide-ide sebagai alternatif pemikiran pimpinan.
- h. Pemegang rahasia penting pimpinan yang berkaitan dengan perusahaan.

8. Sumber Daya Manusia & Bagian Umum

Sumber Daya Manusia (SDM) mempunyai peran yang sangat penting. bagian Sumber Daya Manusia ini berperan dalam merencanakan, mengarahkan dan mengkoordinasikan fungsi administrasi suatu organisasi (pakarkinerja.com, 2021).

Wewenangnya yang dimiliki :

- a. Merencanakan dan mengkoordinasikan tenaga kerja perusahaan yang hanya mempekerjakan karyawan yang berbakat
- b. Menjadi penghubung antara Manajemen dengan karyawannya
- c. Melakukan pelayanan karyawan
- d. Memberi masukan pada manajer mengenai kebijakan perusahaan, seperti kesempatan yang sama pada karyawan atau apabila terjadi pelecehan seksual.
- e. Mengkoordinir dan mengawasi pekerjaan para pegawai khusus dan staf pendukung
- f. Mengawasi proses perekrutan, wawancara kerja, seleksi, dan penempatan karyawan baru.
- g. Menangani isu-isu ketenagakerjaan, seperti memediasi pertikaian dan mengarahkan prosedur kedisiplinan.

Bagian umum (*general affair*) adalah merupakan posisi dalam suatu perusahaan yang umumnya berada di bawah pimpinan divisi umum atau kepala operasional (talenta.co, 2019).

Wewenang *general affair* (karyaone.co.id) :

- a. Bertanggung jawab terhadap semua kegiatan perijinan perusahaan (bangunan, reklame, dan lainnya), baik pembuatan, perpanjangan dan dokumentasinya.
- b. Bertanggungjawab dalam meng-input, menyimpan dan update data kendaraan dinas
- c. Menangani proses pengadaan kendaraan dinas
- d. Bertanggung jawab dalam perawatan gedung kantor
- e. Merawat lingkungan kantor (lahan parkir, halaman kantor, gudang, dsb)

- f. Memastikan kebersihan lingkungan kerja (ruang kerja, lobby dan semua area perusahaan)
 - g. Menangani proses pengadaan dan distribusi ATK dan alat-alat kerja lainnya (meja, kursi, laptop, komputer, dll)
 - h. Mengontrol pekerjaan Security dan Cleaning Service, pengaturan jadwal Security
 - i. Menjalin hubungan yang baik dengan Pihak Ketiga (Pemda, Kepolisian, Kelurahan dan Kecamatan)
 - j. Mengatur jadwal kendaraan dan driver Operasional
 - k. Pendaftaran penggunaan kartu Halo, WIFI, atau telepon
 - l. Membantu penagihan yang mengalami kendala
 - m. Bertanggung jawab akan perawatan mesin produksi dan instalasi listrik
9. Akuntansi & Pajak

Akuntan adalah seseorang yang memonitor dan mencatat alur keuangan yang ada pada perusahaan atau organisasi. Semua alur keuangan dan transaksi harus diverifikasi validitasnya demi keuangan organisasi yang sehat sesuai ketentuan perusahaan. Pencatatan dan perhitungan data keuangan harus dilakukan secara runut dan teliti untuk menghindari kesalahan yang berakibat fatal (LinovHR, 2021).

Wewenang akuntan yang dimiliki :

- a. Mencatat semua transaksi keluar masuk dalam perusahaan
- b. Melakukan pembukuan transaksi dan menyusunnya dalam laporan keuangan
- c. Memverifikasi laporan keuangan dan jumlah pajak total yang dihitung staf keuangan
- d. Memeriksa dan mengantisipasi risiko kecurangan dalam keuangan
- e. Menganalisis dan menyusun informasi audit rutin keuangan
- f. Membentuk dan merencanakan pengendalian indikasi kecurangan dalam transaksi
- g. Mengevaluasi laporan dan anggaran perusahaan
- h. Memberikan konsultasi riset keuangan
- i. Melakukan pelatihan akuntansi

10. Kustodian

Kustodian adalah pihak yang memiliki wewenang dalam penyimpanan modal reksadana yang dilakukan oleh investor. Modal investasi ini akan disimpan oleh kustodian, sebelum diputarkan oleh manajer investasi di pasar uang. Modal yang dimaksud termasuk saham, obligasi, sekuritas, dan yang lainnya (Xdana.com)

Wewenang jabatan ini :

- a. Ikut serta mengurus proses administrasi terkait reksadana. Hal ini termasuk juga menyimpan semua aset, sertifikat, dan dokumen yang dibutuhkan dalam investasi reksadana.
- b. Mengurus administrasi pengelolaan manajer investasi. Termasuk dalam hal ini adalah pencatatan jual beli obligasi pasar uang, saham, dan penempatan deposito.
- c. Mengurus administrasi investor dan segala hal yang berhubungan dengan hal tersebut. Misalnya saja, bank kustodian mengurus surat konfirmasi jual beli, perhitungan unit, pengalihan, dan pengiriman laporan investasi yang dilakukan investor.
- d. Berperan dan turut aktif dalam menjaga serta mengawasi seluruh aktivitas yang dilakukan oleh manajer investasi dan rekannya. Dalam hal ini, bank kustodian berhak memberi peringatan pada manajer investasi jika memang mereka melakukan penyelewengan atau melakukan aktivitas yang tidak seharusnya.
- e. Menyimpan dan mengamankan seluruh modal investasi dari investor yang disetorkan ke [perusahaan investasi](#). Kustodian bertanggung jawab penuh pada penyimpanan aset ini karena mereka menjadi satu-satunya pihak yang diberi kewenangan tersebut.

11. Teknik dan Produksi

Engineering adalah Pekerja atau karyawan sebuah pabrik industri yang bertugas sebagai teknisi di bidang mekanik yang berhubungan dengan mesin - mesin produksi (Samiinstansi, 2019).

Wewenang seorang teknisi produksi :

- a. Memperbaiki mesin produksi yang rusak secara fisik agar mesin bisa cepat segera beroperasi kembali.
- b. Melakukan perawatan dan pemeliharaan terhadap part – part mekanik mesin produksi agar tidak terjadi kerusakan atau trouble yang fatal pada saat mesin sedang memproduksi.
- c. Melakukan perbaikan mesin produksi dengan cara improvement atau melakukan peningkatan kualitas secara mekanikal dari mesin produksi tersebut.
- d. Melakukan pengadaan dan *list up* terhadap part -part yang berhubungan dengan teknis

12. Pemasaran

Pemasaran merupakan profesi di bidang *marketing* yang memiliki tanggung jawab kerja untuk melakukan perencanaan, pengarahan, serta memberikan koordinasi kebijakan dan program yang terkait dengan pemasaran (Sindonesia, 2021)

Wewenang posisi ini adalah :

- a. Menetapkan kebijakan mengenai seluruh kegiatan pemasaran.
- b. Merumuskan dan menetapkan harga jual produk pada tingkat distributor maupun konsumen akhir.
- c. Sanggup untuk tidak menerima pesanan atau permintaan konsumen pada kondisi tertentu.
- d. Menambahkan atau mengurangi segala hal mengenai sistem kerja di departemen pemasaran.
- e. Mampu melakukan evaluasi terhadap segala kontrak yang dilakukan departemen pemasaran

13. Manajemen Risiko

Manajemen risiko adalah segala proses kegiatan yang dilakukan semata untuk meminimalkan bahkan mencegah terjadinya risiko perusahaan. Di dalamnya ada kegiatan identifikasi, perencanaan, strategi, tindakan, pengawasan dan evaluasi terhadap hal-hal negatif yang kemungkinan akan menimpa usaha (accurate, 2021)

Wewenang posisi Manajemen resiko berdasarkan (Bakrie Sumatra Plantations, 2021) :

- a. Memperoleh data/informasi dari auditor internal mengenai hasil audit internal yang terkait dengan risiko usaha.
- b. Memperoleh laporan pelaksanaan kegiatan pantauan risiko dan kepatuhan yang dilakukan auditor eksternal.
- c. Secara langsung berkomunikasi dengan penanggung jawab dan memantau efektivitas pelaksanaan ERM.
- d. Atas persetujuan Dewan Komisaris, memperoleh fasilitas dan sumberdaya yang dibutuhkan untuk melaksanakan tugasnya, termasuk:
 - 1) Asistensi, nasehat, masukan dari tenaga ahli risiko.
 - 2) Informasi yang diperlukan dari seluruh karyawan mengenai risiko.
 - 3) Melakukan pertemuan dengan pejabat perusahaan, auditor eksternal dan konsultan perusahaan bila diperlukan.
- e. Atas persetujuan Dewan Komisaris dan Direksi, melakukan pemeriksaan khusus atas indikasi penanganan risiko usaha yang tidak benar yang dapat menimbulkan dampak besar bagi perusahaan.

14. Hukum

Legal Officer memiliki fungsi dan peranan yang cukup penting di suatu perusahaan, Karena berdirinya suatu perusahaan, Operasional perusahaan, sangat bergantung pada yang namanya Legalitas, perizinan dan sejenisnya.

Wewenang posisi hokum berdasarkan hukum corner, 2016 :

- a. Sebagai Advokat Perusahaan, seperti mewakili perusahaan jika terjadi suatu masalah di Pengadilan

- b. Sebagai Pelaksana Perusahaan, seperti yang disebutkan sebelumnya menyiapkan dan mengurus Perizinan serta dokumen lainnya baik untuk Internal Perusahaan maupun Eksternal Perusahaan.
- c. Sebagai Konsultan Hukum Perusahaan, seperti memberikan Nasihat atau saran mengenai Hukum kepada pemimpin Perusahaan.

D. Jam Kerja

Pabrik karbon hitam ini direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun dan proses produksi berlangsung 24 jam per harinya. Hari libur digunakan untuk *maintenance* dan *temperory shut down* pabrik. Sehingga, jam kerja karyawan dibagi menjadi dua golongan, yakni golongan karyawan shift dan non shift.

1. Karyawan *non-shift* harian

Karyawan *non-shift* merupakan karyawan yang tidak turut andil dalam menangani bagian produksi secara langsung, diantaranya, direktur, staf ahli, kepala bagian dan karyawan yang menangani bagian *corporate*. Karyawan yang termasuk dalam kategori ini akan bekerja selama 5 hari, dimana hari sabtu, minggu dan hari besar menjadi hari libur. Pembagian jam kerja golongan ini, sebagai berikut :

Jam kerja	:
a. Hari Senin – Kamis	: Pukul 08.00 – 16.00
b. Hari Jum'at	: Pukul 08.00 – 16.00
Jam istirahat	:
a. Hari Senin – Kamis	: Pukul 12.00 – 13.00
b. Hari Jum'at	: Pukul 11.00 – 13.00

2. Karyawan *shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang secara langsung menangani proses produksi dan bagian-bagian tertentu yang mempunyai hubungan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan shift ini adalah operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gudang dan bagian utilitas, pengendalian, laboratorium, dan bagian-bagian yang harus selalu siaga untuk menjaga keselamatan serta keamanan pabrik.

Para karyawan *shift* akan bekerja secara bergantian selama 24 jam, dengan pengaturan sebagai berikut:

- a. *Shift* Pagi : Pukul 07.00 – 15.00
- b. *Shift* Sore : Pukul 15.00 – 23.00
- c. *Shift* Malam : Pukul 23.00 – 07.00

Untuk karyawan *shift* ini dibagi menjadi 4 kelompok (A / B / C / D) dimana dalam satu hari kerja, hanya tiga kelompok masuk, sehingga ada satu kelompok yang libur. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan pemerintah, kelompok yang bertugas tetap harus masuk, akan tetapi dihitung kerja lembur dan mendapat insentif tambahan. Jadwal pembagian kerja masing-masing kelompok ditampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 10.1 Jadwal Pembagian Kelompok *Shift*

Hari	1	2	3	4	5	6	7	8
Pagi	A	A	D	D	C	C	B	B
Sore	B	B	A	A	D	D	C	C
Malam	C	C	B	B	A	A	D	D
Libur	D	D	C	C	B	B	A	A

Ket : Jadwal untuk tanggal selanjutnya berulang ke susunan awal.

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).

E. Status Karyawan dan Sistem Upah

Pada pabrik karbon hitam ini sistem upah karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Menurut

status karyawan dapat dibagi menjadi tiga golongan sebagai berikut:

1. Karyawan Tetap

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian, dan masa kerjanya.

2. Karyawan Harian

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

3. Karyawan Borongan

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

F. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji

Jumlah karyawan harus ditentukan dengan tepat, sehingga semua pekerjaan dapat diselenggarakan dengan baik dan efektif. Menurut regulasi Permenaker RI th. 1999 menyatakan bahwa Upah Minimum Regional terbagi jadi 2 jenis. Yakni UMR level 1, tingkatnya di Provinsi. Kemudian tingkat ke-2 termasuk dalam tingkatan kabupaten atau kota.

Namun dalam perkembangannya, ketentuan direformasi ulang ke dalam Permenaker tenaga kerja Nomor 226 pada tahun 2000. Isinya adalah UMR tingkat 1 mengalami perubahan nama menjadi UMP (upah minimum provinsi). Sedangkan upah tingkat 2 berubah jadi UMK atau upah minimum kota / kabupaten.

Tabel 10.1 Upah Pemberian di Mamuju

Tahun	UMP/UMK
2021	Rp.4.200.479
2019	Rp.3.871.052
2018	Rp.3.583.312
2017	Rp.3.296.212

G. Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima oleh pihak karyawan jika terjadi sesuatu hal yang bukan karena kesalahannya menyebabkan dia tidak dapat melakukan pekerjaan.

Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan adalah:

a. Tunjangan

- 1) Tunjangan diluar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukannya dan lama pengabdianya kepada perusahaan tersebut.
- 2) Tunjangan lembur yang diberikan kepada tenaga kerja yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditetapkan (khusus tenaga kerja shift)

b. Fasilitas

Fasilitas yang diberikan berupa seragam kerja untuk karyawan, perlengkapan keselamatan kerja (missal helm, sarung tangan, sepatu boot, kacamata pelindung dan lain-lain), antar jemput bagi karyawan, kebdaraan dinas, tempat tinggal dan lain-lain.

c. Pengobatan

Untuk pengobatan dan perawatan pertama dapat dilakukan di poliklinik perusahaan dan diberikan secara cuma-cuma kepada karyawan yang membutuhkan dengan ketentuan sebagai berikut:

- 1) Untuk pegobatan dan perawatan yang dilakukan pada rumah sakit yang telah ditunjuk akan diberikan secara cuma-cuma.
- 2) Karyawan yang mengalami kecelakaan atau terganggu kesehatannya dalam menjalankan tugas perusahaan, akan mendapatkan penggantian ongkos pengobatan penuh.

d. *Insentive* atau bonus

Intensive diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya *insentive* ini dibagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian *intensive* untuk golongan pelaksana operasi (golongan kepala seksi kebawah) diberikan setiap bulan sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan pada akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target yang dicapai.

e. Cuti

- 1) Cuti tahunan selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelumnya untuk dipertimbangkan ijinnya.
 - 2) Cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat total berdasarkan surat keterangan dokter.
 - 3) Cuti hamil sekitar 3 bulan bagi tenaga kerja wanita.
 - 4) Cuti untuk keperluan dinas atas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan.
- f. BPJS Ketenagakerjaan (Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Ketenagakerjaan)

Merupakan program publik yang memberikan perlindungan bagi tenaga kerja untuk mengatasi risiko sosial ekonomi tertentu dan penyelenggaraannya menggunakan mekanisme asuransi sosial. Sebagai Lembaga Negara yang bergerak dalam bidang asuransi sosial BPJS Ketenagakerjaan yang dahulu bernama PT Jamsostek (Persero) merupakan pelaksana undang-undang jaminan sosial tenaga kerja. BPJS Ketenagakerjaan sebelumnya bernama Jamsostek (jaminan sosial tenaga kerja), yang dikelola oleh PT. Jamsostek (Persero), namun sesuai UU No.X-12 24 Tahun 2011 tentang BPJS, PT. Jamsostek berubah menjadi BPJS Ketenagakerjaan sejak tanggal 1 Januari 2014.

Program ini memberikan perlindungan yang bersifat mendasar bagi pegawai jika mengalami risiko-risiko sosial ekonomi dengan pembiayaan yang terjangkau oleh pengusaha dan tenaga kerja. Risiko sosial ekonomi yang ditanggulangi oleh Program Jamsostek terbatas yaitu perlindungan pada :

- 1) Peristiwa kecelakaan
- 2) Sakit
- 3) Hamil
- 4) Bersalin
- 5) Cacat
- 6) Hari tua
- 7) Meninggal dunia

H. Penggolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan

Pada perancangan pabrik karbon hitam ini, karyawan dan pengampu jabatan akan digolongkan berdasarkan tingkat pendidikan dan gajinya.

Tabel 10.2. Penggolongan Pendidikan

No	Posisi	Jumlah	Pendidikan
1	Dewan Komisaris	1	S2 Teknik Kimia
2	Wakil Presiden Direktur	1	S2 Teknik Kimia
3	Komite Audit	2	S1 Akuntansi/Ekonomi
4	Sekretaris Perusahaan	2	S1 Administrasi Bisnis
5	Sumber Daya Manusia & Bagian Umum	4	S1 Psikologi
6	Kepala Bagian Umum & Administrasi	1	S1 Akuntansi
7	Kustodian	4	S1 Ekonomi/Akuntansi
8	Kepala Seksi Produksi	1	S2 Teknik Kimia/Industri/Elektro
9	Kepala Seksi Utilitas	1	S2 Teknik Kimia/Industri/Elektro
10	Kepala Seksi Pengendalian Mutu	1	S2 Teknik Kimia/Industri, Kimia
11	Kepala Bagian Pemasaran	1	S2 Ekonomi
12	Kepala Bagian HRD	1	S2 Psikologi
13	Kepala Seksi Inventory	1	S1 Teknik Industri
14	Kepala Seksi Maintenance	1	S2 Teknik Kimia/Mesin/Elektro
15	Kepala Bagian Litbang	1	S2 Teknik Kimia/Industri/Elektro/Mesin
16	Kepala Bagian Manajemen Resiko	1	S1 Manajemen/Bisnis
17	Kepala Bagian Legal Hukum	1	S2 Hukum
18	Karyawan Produksi	60	S1 Teknik Kimia/Industri/Elektro/Mesin
19	Karyawan Utilitas	20	S1 Teknik Kimia/Industri/Elektro/Mesin
20	Karyawan Pengendalian Mutu	5	S1 Teknik Kimia/Industri, Kimia

21	Karyawan Pemasaran	20	S1 Ekonomi/ Visual Design
22	Karyawan HRD	6	S1 Psikologi
23	Karyawan <i>Inventory</i>	10	S1 Teknik Industri
24	Karyawan <i>Maintenance</i>	15	S1 Teknik Kimia/Mesin/Elektro
25	Karyawan Litbang	6	S1 Teknik Kimia/Industri/Elektro/Mesin
26	Karyawan Manajemen Resiko	6	S1 Manajemen/Bisnis
27	Karyawan Legal Hukum	4	S1 Hukum
28	Karyawan Kebersihan	15	-
29	Karyawan Keamanan	10	-
Total		202	

Tabel 10.2. Daftar Upah (Gaji)

No	Posisi	Jumlah	Upah	Total
1	Dewan Komisaris	1	25.000.000	25.000.000
2	Wakil Presiden Direktur	1	20.000.000	20.000.000
3	Komite Audit	2	10.000.000	20.000.000
4	Sekretaris Perusahaan	2	8.000.000	16.000.000
5	Sumber Daya Manusia & Bagian Umum	4	5.000.000	20.000.000
6	Kepala Bagian Umum & Administrasi	1	8.000.000	8.000.000
7	Kustodian	4	5.000.000	20.000.000
8	Kepala Seksi Produksi	1	12.000.000	12.000.000
9	Kepala Seksi Utilitas	1	10.000.000	10.000.000
10	Kepala Seksi Pengendalian Mutu	1	10.000.000	10.000.000

11	Kepala Bagian Pemasaran	1	9.000.000	9.000.000
12	Kepala Bagian HRD	1	8.000.000	8.000.000
13	Kepala Bagian R&D	1	8.000.000	8.000.000
14	Kepala Bagian <i>Maintenance</i>	1	10.000.000	10.000.000
15	Kepala Bagian Litbang	1	9.000.000	9.000.000
16	Kepala Bagian Manajemen Resiko	1	8.500.000	8.500.000
17	Kepala Bagian Legal Hukum	1	8.000.000	8.000.000
18	Karyawan Produksi	60	5.000.000	300.000.000
19	Karyawan Utilitas	20	4.000.000	80.000.000
20	Karyawan Pengendalian Mutu	5	4.000.000	20.000.000
21	Karyawan Pemasaran	20	3.500.000	70.000.000
22	Karyawan HRD	6	3.500.000	21.000.000
23	Karyawan <i>Inventory</i>	10	3.500.000	35.000.000
24	Karyawan <i>Maintenance</i>	15	4.500.000	67.500.000
25	Karyawan Litbang	6	4.000.000	24.000.000
26	Karyawan Manajemen Resiko	6	3.500.000	21.000.000
27	Karyawan Legal Hukum	4	3.500.000	14.000.000
28	Karyawan Kebersihan	15	2.000.000	30.000.000
29	Karyawan Keamanan	10	2.000.000	20.000.000
Total (Rp)		202	216.500.000	924.000.000

BAB XI

EVALUASI EKONOMI

A. Dasar Perhitungan

Evaluasi kelayakan ekonomi dari pabrik karbon hitam dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Penentuan Total Harga Alat (Purchasing Equipment Cost)
2. Penaksiran Modal Tetap Industri (Fixed Capital Investment)
3. Perkiraan Penjualan
4. Penentuan Biaya Produksi (Production Cost)
5. Penaksiran Modal Kerja Industri (Working Capital) dan perhitungan Capital Investment (Total Modal)
6. Perhitungan *General Expense* dan Total Biaya Produksi
7. Perkiraan Pendapatan
8. Analisis Kelayakan

Harga alat pabrik dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun yang lalu dikalikan dengan rasio indeks harga.

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y}$$

(Aries & Newton, 1955)

Dimana:

E_x = Harga alat pada tahun x

E_y = Harga alat pada tahun y

N_x = Indeks harga pada tahun x

N_y = Indeks harga pada tahun y

Dalam penentuan harga alat-alat pabrik karbon hitam dari minyak bakar (MFO) dilakukan berdasarkan beberapa asumsi-asumsi dasar sebagai berikut:

1. Kurs dollar pada tanggal 18 Juli 2021 US \$ 1 = Rp. 14.513,25 (sumber bi.go.id)
2. Penentuan harga alat bersumber dari buku dan web dapat dilihat pada lampiran perhitungan harga alat masing-masing baik alat proses maupun untuk alat utilitas.

Untuk perhitungan alat tersebut diperlukan nilai CEPCI (*Chemical Engineering Plant Cost Indice*) untuk membandingkan harga alat yang didapat dari literatur pada waktu tertentu untuk harga alat saat ini atau dengan harga saat prarancangan pabrik dalam hal ini tahun 2021.

Nilai CEPCI untuk perhitungan harga alat :

- a. CEP index tahun 2014 = 576,1
- b. CEP index tahun 2015 = 556,8
- c. CEP index tahun 2016 = 561,7
- d. CEP index tahun 2017 = 567,5
- e. CEP index tahun 2018 = 614,6
- f. CEP index tahun 2019 = 652,9
- g. CEP index tahun 2020 = 630,04
- h. CEP index tahun 2021 = 716,98

(www.chemengonline.com, "Annual Plant Cost Index")

3. Harga yang diperoleh dalam rupiah dibulatkan ratusan ribu terdekat
4. Harga yang diperoleh dalam dollar US dibulatkan dalam satuan terdekat

B. Perhitungan Biaya

1. Purchasing Equipment Cost (PEC) Alat Proses

Semua alat proses dibeli dari luar negeri. Semua biaya pembelian alat-alat proses dapat dilihat dibawah ini.

No	Alat	Ukuran	Harga Satuan 2014 (\$)	Harga Satuan 2021 (\$)	Jumlah	Harga (\$)
1	<i>Furnace-01</i>	67,28 m ³	18200	22.651	1	22.651
2	<i>Cooler</i>	20 ft	9700	12.072	1	12.072
3	<i>Bag Filter</i>	431.580,54 ft ³	25380	31.586	4	126.346
4	<i>Hammer Mill</i>	27,8 m ³ /jam	98100	122.089	1	122.089
5	<i>Screener-01</i>	317,2 ft ²	31600	39.327	1	39.327
6	<i>Silo-01</i>	207752,8271 gall	15330	19.079	1	19.079
7	<i>Pelletizer</i>	235,7097m ³	2400	2.987	1	2.987
8	<i>Dryer</i>	309,78 ft ²	19640	24.443	1	24.443
9	<i>Bucket Elevator</i>	25 ft	10800	13.441	1	13.441
10	<i>Belt Conveyor</i>	20 ft	53300	66.334	1	66.334
11	<i>Screener-02</i>	317,2 ft ²	31600	39.327	1	39.327
12	<i>Silo-02</i>	207752,8271 gall	15330	19.079	1	19.079
13	<i>Blower</i>	6044,84 f ³ /menit	12100	15.059	1	15.059
14	<i>Pump</i>	5,2 in	3300	4.107	1	4.107
Total			346.780	431.582	17	526.341

(*matche.com, 2014*)

Dari penentuan harga masing – masing alat proses diatas maka didapatkan PEC dari alat proses tersebut \$526.341

2. Purchasing Equipment Cost (PEC) Alat Utilitas

a. Alat utilitas dari dalam negeri

Biaya investasi utilitas dari dalam negeri yang sudah termasuk biaya material dan instalasi adalah berupa alat-alat utilitas yang terdiri dari bak air bersih dan bak air minum. Maka biaya utilitas dalam negeri dapat dilihat dibawah ini.

1. Bak pengendap menggunakan konstruksi beton bertulang
 - Bak pengendap = 10,2176 m³
 - Biaya bak = Rp 1.200.000/m³
 - Total = Rp 12.261.120
 2. Bak penampung air bersih menggunakan konstruksi beton bertulang
 - Bak air bersih = 39,7029m³
 - Biaya bak = Rp 1.200.00/m³
 - Total = Rp 47.643.480
 3. Bak penampung air pendingin menggunakan konstruksi beton bertulang
 - Bak air pendingin = 43,6732m³
 - Biaya bak = Rp 1.200.00/m³
 - Total = Rp 52.407.840
- Total harga keseluruhan = Rp. 112.312.440

b. Alat Utilitas dari Luar Negeri

Alat utilitas dari luar negeri dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

No	Alat	Ukuran	Harga Satuan 2014 (\$)	Harga Satuan 2021 (\$)	Jumlah	Harga (\$)
1	<i>Cooling tower</i>	16,5429 m ³	45480	56.602	1	56.602
2	Tanki	49,53 gall	6600	8.214	10	82.140
3	<i>Filter</i>	4,09 ft ²	100700	125.325	1	125.325
4	<i>Generator</i>	7.378.757,075 Btu/jam	20700	25.762	1	25.762
5	Pompa	3 in	6300	7.841	23	180.334
Total						470.163

(*matche.com, 2014*)

Dari penentuan harga masing-masing alat utilitas diatas maka didapatkan total PEC dari masing-masing total PEC utilitas dari dalam dan luar negeri dapat dilihat pada tabel berikut:

No	Item	Biaya
1	Utilitas dalam negeri	Rp 112.312.440
2	Utilitas luar negeri	Rp 6.823.569.651,6
Jumlah		Rp 6.935.882.091,6
		\$ 477.899,99

3. Penaksiran Modal Tetap Industri (*Fixed Capital Investment*)

Modal industri (*Capital Investment*) merupakan penanaman modal yang berkaitan dengan pengeluaran berupa uang yang diperlukan untuk pembangunan fasilitas produksi dan operasi utama dalam pabrik (*Aries & Newton, 1955*). Modal industri terdiri dari 2 yaitu:

1. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
2. Modal Kerja (*Working Capital*)

Modal tetap dapat didefinisikan sebagai total biaya instalasi pengolahan, bangunan, layanan tambahan, dan teknik yang terlibat dalam penciptaan pabrik baru. Modal tetap terdiri dari:

1. *Direct Cost*
 - a. *Purchased Equipment Cost*
 - b. *Purchased Equipment Installation*
 - c. *Instrumentation and Controls*
 - d. *Piping*
 - e. *Electrical Equipment and Materials*
 - f. *Buildings (Including Service)*
 - g. *Land & Yard*
2. *Indirect Cost*
 - a. *Engineering and Construction*
 - b. *Construction expenses*
 - c. *Contractor's fee*
 - d. *Contingency*

Dalam biaya Direct Cost ditambahkan lagi biaya insulation (Isolasi) (*Aries & Newton, 1955*)

4. *Direct Cost (DC)*

Dalam menentukan *Direct Cost* dilakukan asumsi sebagai berikut:

1. Biaya inflasi sudah dimasukkan kedalam biaya Purchasing Equipment Cost PEC sampai tempat.
2. Dalam biaya instalasi (*Purchased Equipment Installation*), instrumentasi dan kontrol (*Instrumentation and Controls*), *Piping, Electrical Equipment and Materials, Insulation* diambil buruh lokal sebesar 95% dan buruh asing 5 %.
3. Upah buruh :
 - a. Buruh asing = \$ 20 /manhour
 - b. Buruh lokal = Rp 50.000/manhour
 - c. Perbandingan 1 manhour asing = 2 manhour lokal

a. **Direct Cost (DC) Alat Proses**

1. *Purchasing Equipment Cost (PEC)*

Alat proses sampai tempat PEC meliputi biaya peralatan yang tercantum pada lembar diagram aliran lengkap, suku cadang dan suku cadang peralatan yang tidak dipasang, surplus peralatan, perlengkapan, dan tunjangan peralatan, tunjangan biaya inflasi, biaya pengiriman, pajak, asuransi, tugas, penyelisihan modifikasi saat start up. Besarnya biaya peralatan proses sampai tempat = 10-40% PEC

(Peter & Timmerhaus, 1991)

Harga peralatan proses di negara pembuatan (PEC) = \$ 526.341

Dipilih = 25%

PEC sampai tempat = 125% x \$ 526.341

= \$ 657.926,25

2. *Purchasing Equipment Installation (PEI)*

PEI meliputi: Pemasangan semua peralatan yang tercantum pada lembar aliran lengkap, dukungan structural, isolasi, dan cat. (Peter & Timmerhaus, 1991)

Biaya instalasi besarnya 43% dari PEC, terdiri dari biaya material sebesar 11% dan buruh sebesar 32% (Tabel 16 p.77, *Aries & Newton*).

Material (11% PEC) meliputi foundations, platforms dan supports

Material = 11% x \$526.341

= \$57.897,51

Buruh (32% PEC)	= 32% x \$ 526.341
	= \$ 168.429,12
Jumlah manhour	= $\frac{\$ 168.429,12}{\$ 20 /manhour}$
	= 8.421,456 <i>manhour</i>
Tenaga Asing	= 5% x 8.421,456 manhour x \$20/manhour
	= \$ 8.421,456
Tenaga Lokal	= 95 % x 8.421,456 manhour x Rp.50.000/manhour
	= Rp. 400.024.837,84
	= \$27.562,342

3. Instrumentation and Controls

Meliputi: pembelian, instalasi, kalibrasi, computer.(Peter & Timmerhaus, 1991).

Besarnya biaya instrumentasi 15% dari PEC, terdiri dari biaya material dan buruh (Tabel 19 p.97 Aries & Newton).

Material (12% PEC)	= 12% x \$526.341
	= \$ 63.160,92
Buruh (3% PEC)	= 3% x \$526.341
	= \$ 15.790,23
Jumlah manhour	= $\frac{\$ 15.790,23}{\$ 20 /manhour}$
	= 789,51manhour
Tenaga Asing	= 5% x 789,51manhour x \$20/manhour
	= \$ 789,51
Tenaga Lokal	= 95 % x 789,51manhour x Rp.50.000/manhour
	= Rp. 37.516.170,72
	= \$ 2.584,96

4. Piping (Pemipaan)

Meliputi biaya: Proses baja, pipa-karbon, paduan, besi cor, timah, berjajar, alumunium, tembaga, keramik, plastic, karet, beton bertulang, pipa gantungan, fitting, katup, isolasi-pipa, peralatan. (Peter & Timmerhaus, 1991).

Besarnya biaya pemipaan 86% dari PEC untuk cairan terdiri dari biaya material dan buruh (Tabel 17 p. 78 Aries & Newton)

Material (49% PEC)	= 49% x \$526.341
	= \$ 257.907,09
Buruh (37% PEC)	= 37% x \$526.341
	= \$ 194.746,17
Jumlah manhour	= $\frac{\$ 194.746,17}{\$ 20 / \text{manhour}}$
	= 9.737,3085 manhour
Tenaga Asing	= 5% x 9.737,3085 manhour x \$20/manhour
	= \$ 9.737,3085
Tenaga Lokal	= 95 % x 9.737,3085 manhour x Rp.50.000/manhour
	= Rp. 462.522.038,58
	= \$ 31.868,95

5. Electrical Equipment and Materials

Meliputi peralatan listrik –switches, motor, saluran, kawat, alat kelengkapan, pengumpan, grounding, instrument, dan control kabel & pencahayaan, panel-panel, dan bahan dan tenaga kerja listrik. (Peter & Timmerhaus, 1991)

Besarnya biaya instalasi listrik 15% dari PEC, terdiri dari biaya material (pemeriksaan instalasi & biaya instalasi) dan buruh (Aries & Newton, p102)

Material (12% PEC)	= 12% x \$526.341
	= \$63.160,92
Buruh (3% PEC)	= 3% x \$526.341
	= \$ \$ 15.790,23
Jumlah manhour	= $\frac{\$ 15.790,23}{\$ 20 / \text{manhour}}$
	= 789,51 manhour
Tenaga Asing	= 5% x 789,51 manhour x \$20/manhour
	= \$ 789,51

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga Lokal} &= 95 \% \times 789,51 \text{manhour} \times \text{Rp}.50.000/\text{manhour} \\
 &= \text{Rp. } 37.516.170,72 \\
 &= \$ 2.584,96
 \end{aligned}$$

6. Insulation

Besarnya biaya insulasi 8% dari PEC, terdiri dari biaya material dan buruh.
(*table 21 p.98, Aries & Newton*)

$$\begin{aligned}
 \text{Material (3\% PEC)} &= 3\% \times \$526.341 \\
 &= \$ 15.790,23
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Buruh (5\% PEC)} &= 5\% \times \$526.341 \\
 &= \$ 26.317,05
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah manhour} &= \frac{\$ 26.317,05}{\$ 20 / \text{manhour}} \\
 &= 1.315,85 \text{ manhour}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga Asing} &= 5\% \times 1.315,85 \text{manhour} \times \$20/\text{manhour} \\
 &= \$ 1.315,85
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga Lokal} &= 95 \% \times 1.315,85 \text{manhour} \times \text{Rp}.50.000/\text{manhour} \\
 &= \text{Rp. } 62.502.907,58 \\
 &= \$ 4.306,61
 \end{aligned}$$

Total DC alat proses dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Komponen	Biaya \$	Biaya Rp
Harga alat sampai di tempat	657.926,25	-
Instalasi	66.318,96	400.024.837,84
Instrumentasi dan <i>control</i>	63.950,43	37.516.170,72
Pemipaan	267.664,4	462.522.038,58
Instalasi listrik	63.950,43	37.516.170,72
Instalasi Isolasi	17.106,08	62.502.907,58
Jumlah	1.136.916,55	1.000.082.125,44

b. Direct Cost (DC) Alat Utilitas

Biaya utilitas terbagi menjadi 2 kelompok yaitu:

1) Biaya utilitas dalam negeri

Merupakan biaya yang diperlukan untuk membeli alat-alat utilitas yang tersedia didalam negeri.

Biaya utilitas dalam negeri =Rp. 112.312.440

2) Biaya utilitas luar negeri

Merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk membeli peralatan pabrik yang tersedia diluar negeri.

Biaya utilitas luar negeri = \$470.163

1) Purchasing Equipment Cost (PEC)

Alat proses sampai tempat harga peralatan proses di negara pembuat (PEC)

Besarnya biaya peralatan proses sampai tempat = 10 – 40 % PEC(Peter& Timmerhauss, 1991).

Dipilih = 25%

Purchasing Equipment Cost (PEC) sampai tempat

= 125% x \$470.163

= \$ 587.703,75

2) Purchasing Equipment Installation (PEI)

PEI meliputi: Pemasangan semua peralatan yang tercantum pada lembar aliran lengkap, dukungan structural, isolasi, dan cat.(Peter & Timmerhauss, 1991)

Biaya instalasi besarnya 43% dari PEC, terdiri dari biaya material sebesar 11% dan buruh sebesar 32% (Tabel 16 p.77, Aries & Newton).

Material (11% PEC) meliputi foundations, platforms dan supports

Material = 11% x\$ 470.163

= \$ 51.717,93

Buruh (32% PEC) = 32% x \$470.163

= \$ 150.452,16

Jumlah manhour = $\frac{\$ 150.452,16}{\$ 20 /manhour}$

= 7.522,61 manhour

Tenaga Asing = 5% x 7.522,61manhour x \$20/manhour

$$= \$ 7.522,61$$

Tenaga Lokal $= 95 \% \times 7.522,61 \text{manhour} \times \text{Rp}.50.000/\text{manhour}$

$$= \text{Rp}. 357.323.907,02$$

$$= \$24.620,53$$

3) Instrumentation and Controls

Meliputi: pembelian, instalasi, kalibrasi, computer.(Peter & Timmerhaus, 1991).

Besarnya biaya instrumentasi 15% dari PEC, terdiri dari biaya material dan buruh (Tabel 19 p.97 Aries & Newton).

$$\text{Material (12\% PEC)} = 12\% \times \$470.163$$

$$= \$ 56.419,56$$

$$\text{Buruh (3\% PEC)} = 3\% \times \$470.163$$

$$= \$ 14.104,89$$

$$\text{Jumlah manhour} = \frac{\$ 14.104,89}{\$ 20 / \text{manhour}}$$

$$= 705,24 \text{ manhour}$$

$$\text{Tenaga Asing} = 5\% \times 705,24 \text{manhour} \times \$20/\text{manhour}$$

$$= \$ 705,24$$

$$\text{Tenaga Lokal} = 95 \% \times 705,24 \text{manhour} \times \text{Rp}.50.000/\text{manhour}$$

$$= \text{Rp}. 33.499.483,65$$

$$= \$ 2.308,2$$

4) Piping (Pemipaan)

Meliputi biaya: Proses baja, pipa-karbon, paduan, besi cor, timah, berjajar, alumunium, tembaga, keramik, plastic, karet, beton bertulang, pipa gantungan, fitting, katup, isolasi-pipa, perlatan.(Peter& Timmerhaus, 1991).

Besarnya biaya pemipaan 86% dari PEC untuk cairan terdiri dari biaya material dan buruh (Tabel 17 p. 78 Aries & Newton)

$$\text{Material (49\% PEC)} = 49\% \times \$470.163$$

$$= \$ 230.379,87$$

$$\text{Buruh (37\% PEC)} = 37\% \times \$470.163$$

$$= \$ 173.960,31$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah manhour} &= \frac{\$ 173.960,31}{\$ 20 / \text{manhour}} \\
 &= 8.698,01 \text{ manhour} \\
 \text{Tenaga Asing} &= 5\% \times 8.698,01 \text{ manhour} \times \$20/\text{manhour} \\
 &= \$ 8.698,0155 \\
 \text{Tenaga Lokal} &= 95\% \times 8.698,01 \text{ manhour} \times \text{Rp.}50.000/\text{manhour} \\
 &= \text{Rp. } 413.155.944,37 \\
 &= \$28.467,5
 \end{aligned}$$

5) Electrical Equipment and Materials

Meliputi peralatan listrik –switches, motor, saluran, kawat, alat kelengkapan, pengumpan, grounding, instrument, dan control kabel & pencahayaan, panel-panel, dan bahan dan tenaga kerja listrik. (Peter & Timmerhauss, 1991)

Besarnya biaya instalasi listrik 15% dari PEC, terdiri dari biaya material (pemeriksaan instalasi & biaya instalasi) dan buruh (Aries & Newton, p102)

$$\begin{aligned}
 \text{Material (12\% PEC)} &= 12\% \times \$470.163 \\
 &= \$ 56.419,56
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Buruh (3\% PEC)} &= 3\% \times \$470.163 \\
 &= \$ 14.104,89
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah manhour} &= \frac{\$ 14.104,89}{\$ 20 / \text{manhour}} \\
 &= 705,24 \text{ manhour}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga Asing} &= 5\% \times 705,24 \text{ manhour} \times \$20/\text{manhour} \\
 &= \$ 705,24
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga Lokal} &= 95\% \times 705,24 \text{ manhour} \times \text{Rp.}50.000/\text{manhour} \\
 &= \text{Rp. } 33.499.483,65 \\
 &= \$ 2.308,2
 \end{aligned}$$

6) Insulation

Besarnya biaya insulasi 8% dari PEC, terdiri dari biaya material dan buruh. (table 21 p.98, Aries & Newton)

$$\begin{aligned}
 \text{Material (3\% PEC)} &= 3\% \times \$470.163 \\
 &= \$ 14.104,89
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Buruh (5\% PEC)} &= 5\% \times \$470.163
 \end{aligned}$$

$$= \$ 23.508,15$$

$$\text{Jumlah manhour} = \frac{\$ 23.508,15}{\$ 20 / \text{manhour}}$$

$$= 1.175,41 \text{ manhour}$$

$$\text{Tenaga Asing} = 5\% \times 1.175,41 \text{ manhour} \times \$20/\text{manhour}$$

$$= \$ 1.175,41$$

$$\text{Tenaga Lokal} = 95\% \times 1.175,41 \text{ manhour} \times \text{Rp}.50.000/\text{manhour}$$

$$= \text{Rp}. 55.831.892,22$$

$$= \$ 3846,96$$

Total DC alat utilitas dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Komponen	Biaya \$	Biaya Rp
Harga alat sampai di tempat	587.703,75	-
Instalasi	59.240,54	357.323.907,02
Instrumentasi dan <i>control</i>	57.124,8	33.499.483,65
Pemipaan	239.077.88	413.155.944,37
Instalasi listrik	57.124,8	33.499.483,65
Instalasi Isolasi	15.280.3	55.831.892,22
Harga alat dalam negeri	-	112.312.440
Jumlah	1.015.641,89	1.005.623.150,91

c. Direct Cost (DC) Bangunan

Harga bangunan mewah Rp 5,000,000 / m²

Harga bangunan biasa Rp 3,000,000 / m²

Harga bangunan sederhana Rp 2,000,000 / m²

Harga pengaspalan jalan Rp 155,000 / m²

Rincian biaya dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Lokasi	Luas (m ²)	Jenis bangunan	Total Harga
Kantor utama	750	Mewah	3.750.000.000
Pos keamanan/satpam	24	Sederhana	48.000.000
Auditorium	300	Biasa	900.000.000

Parkir tamu	240	Sederhana	480.000.000
Parkir <i>truck</i>	240	Sederhana	480.000.000
Kantor teknik dan Produksi	225	Biasa	675.000.000
Klinik	120	Biasa	360.000.000
Masjid	168	Mewah	840.000.000
Kantin	192	Biasa	576.000.000
Unit pemadam kebakaran	224	Biasa	672.000.000
Gudang alat	220	Sederhana	440.000.000
Laboratorium	192	Mewah	960.000.000
Utilitas	240	Biasa	720.000.000
Area proses	5.600	Biasa	16.800.000.000
<i>Control Room</i>	280	Biasa	840.000.000
<i>Control Utility</i>	100	Biasa	300.000.000
Jalan dan taman	2.400	Biasa	360.000.000
Perluasan pabrik	5.500	-	852.500.000
Total	130.087	-	30.053.500.000

Total biaya untuk bangunan = Rp. 30.053.500.000

d. Direct Cost (DC) Land & Yard

Berdasarkan data dari (<https://www.99.co/id/jual/tanah/mamuju>) sehingga biaya untuk pembelian tanah:

Harga tanah sebesar = Rp. 400.000-1000.000 / m²

Diambil, interval tengah = Rp. 700.000/ m²

Total kebutuhan tanah pabrik = 23.000m²

Harga Tanah = Rp. 700.000/m² x 23.000m²

= Rp. 16.100.000.000

Total *Direct Cost* Pabrik dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

No	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	Alat proses	1.136.916,55	1.000.082.125,44
2	Alat utilitas	1.015.641,89	1.005.623.150,91
3	Bangunan	-	30.053.500.000
4	Tanah	-	16.100.000.000
Jumlah		2.152.558,44	48.159.205.276,35

5. *Indirect Plant Cost*

a. *Engineering & Construction*

Engineering & Construction meliputi biaya desain, supervisi, konstruksi, dan pemeriksaan. Besar biaya ditentukan sebesar 25% dari (Physical Plant Cost) PPC. (Aries & Newton, 1955)

No	Komponen	\$	Rp
1	<i>Physical Plant Cost</i>	2.152.558,44	31.240.618.779,33
2	<i>Engineering and Construction</i> (25%)	538.139,61	7.810.154.694,83
Total		2.690.698,05	39.050.773.474,16

b. *Contractor fee*

Biaya kontraktor bervariasi untuk situasi yang berbeda, tetapi dapat diperkirakan sekitar 2-8% dari direct plant cost. (Peter & Timmerhaus, 1991)

c. *Contingency Cost*

Modal kontingensi biasanya disertakan dalam perkiraan investasi modal untuk mengkompensasi kejadian tak terduga, seperti badai, banjir, pemogokan, perubahan harga, perubahan desain kecil. Kesalahan estimasi, dan biaya tidak terduga lainnya, yang perkiraan sebelumnya telah statistik terbukti bersifat berulang. Faktor kontingensi berkisar antara 5- 20% dari Direct Plant Cost Pabrik (Peters & Timmerhaus, 1991)

6. Fixed Capital Investment (FCI)

No	Komponen	Biaya \$	Biaya Rp.
1	Direct Plant Cost	2.690.698,05	39.050.773.474,16
2	Contractor fee (5 %)	134.534,90	1.952.538.673,71
3	Contingency (15 %)	403.604,71	5.857.616.021,12
Total		3.228.837,66	46.860.928.168,99

Fixed Capital Investment (FCI)

= (\$3.228.837,66x Rp. 14.513,25/\$1) + Rp. 46.860.928.168,99

= Rp. 93.728.314.013

7. Perkiraan penjualan

Dalam perkiraan penjualan diambil asumsi sebagai berikut.

a. Harga jual produk karbon hitam mengalami kenaikan harga selama periode pengembalian modal.

b. Produksi pada tahun pertama langsung 100%

Kapasitas = 218.000.000 kg/tahun

Harga jual = \$600 – \$4000/ton (*Alibaba.com*)

Diambil harga interval,

= \$2300/Ton

Dengan kurs dollar, 18 Juli 2021 US \$ 1 = Rp. 14.513,25 (sumber bi.go.id)

Maka,

= Rp 33.380,475/kg

Penjualan = Rp 7.276.943.550.000/tahun

8. Penentuan Biaya Produksi (Manufacturing Cost)

Dalam penentuan biaya produksi diambil kebijakan jam kerja sebagai berikut:

a. Dalam 1 hari, pabrik beroperasi selama 24 jam

b. Dalam 1 tahun pabrik beroperasi selama 330 hari

Manufacturing Cost terbagi dalam 3 bagian:

1. Direct Manufacturing Cost
2. Indirect Manufacturing Cost
3. Fixed Manufacturing Cost

9. Direct Manufacturing Cost

Direct manufacturing cost terdiri dari:

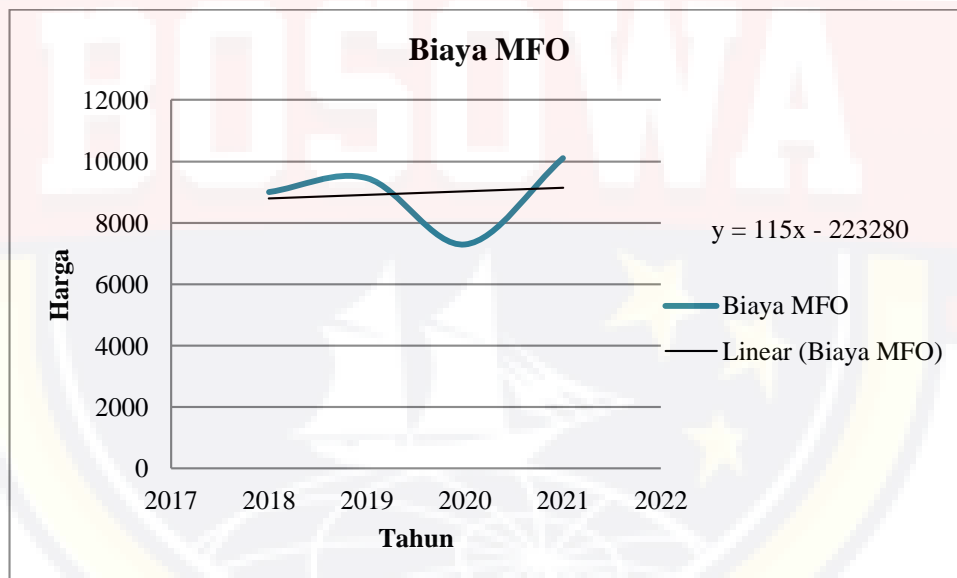
1. Raw Materials

Pada proses produksi dipabrik karbon hitam diperlukan beberapa bahan baku utama agar proses produksi dapat berjalan, bahan tersebut berupa Minyak Bakar (MFO). Dalam perhitungan biaya bahan baku diambil asumsi sebagai berikut:

Berikut biaya dari bahan baku:

No	Tahun	Harga
1	2018	Rp. 9000
2	2019	Rp. 9450
3	2020	Rp. 7300
4	2021	Rp. 10.100

Sumber. *Infohargabbm.com* (2020)



Gambar 1. Grafik Linier Harga Minyak Bakar (MFO)

Sehingga, harga bahan bakar di tahun 2025, dengan nilai linier $y = 115x - 223280$, didapatkan harga minyak bakar (MFO) :

Harga = Rp 9590

Kebutuhan = 422.521.523,42 kg/tahun

Biaya = Rp 4.051.981.409.597/tahun

2. Operating Labour

Total biaya Operating Labour dapat dilihat pada tabel dibawah.

Dalam penentuan gaji operating labour diasumsikan tidak ada kenaikan gaji.

No	Posisi	Jumlah	Upah	Total
1	Dewan Komisaris	1	25.000.000	25.000.000
2	Wakil Presiden Direktur	1	20.000.000	20.000.000
3	Komite Audit	2	10.000.000	20.000.000
4	Sekretaris Perusahaan	2	8.000.000	16.000.000
5	Sumber Daya Manusia & Bagian Umum	4	5.000.000	20.000.000
6	Kepala Bagian Akuntansi & Pajak	1	8.000.000	8.000.000
7	Kustodian	4	5.000.000	20.000.000
8	Kepala Bagian Produksi	1	12.000.000	12.000.000
9	Kepala Bagian Utilitas	1	10.000.000	10.000.000
10	Kepala Bagian Pengendalian Mutu	1	10.000.000	10.000.000
11	Kepala Bagian Pemasaran	1	9.000.000	9.000.000
12	Kepala Bagian HRD	1	8.000.000	8.000.000
13	Kepala Bagian Inventory	1	8.000.000	8.000.000
14	Kepala Bagian <i>Maintenance</i>	1	10.000.000	10.000.000
15	Kepala Bagian Litbang	1	9.000.000	9.000.000
16	Kepala Bagian Managemen Resiko	1	8.500.000	8.500.000
17	Kepala Bagian Legal Hukum	1	8.000.000	8.000.000
18	Karyawan Produksi	60	5.000.000	300.000.000
19	Karyawan Utilitas	20	4.000.000	80.000.000
20	Karyawan Pengendalian Mutu	5	4.000.000	20.000.000

21	Karyawan Pemasaran	20	3.500.000	70.000.000
22	Karyawan HRD	6	3.500.000	21.000.000
23	Karyawan <i>Inventory</i>	10	3.500.000	35.000.000
24	Karyawan <i>Maintenance</i>	15	4.500.000	67.500.000
25	Karyawan Litbang	6	4.000.000	24.000.000
26	Karyawan Managemen Resiko	6	3.500.000	21.000.000
27	Karyawan Legal Hukum	4	3.500.000	14.000.000
28	Karyawan Kebersihan	15	2.000.000	30.000.000
29	Karyawan Keamanan	10	2.000.000	20.000.000
Total (Rp)		202	216.500.000	924.000.000

Total biaya operating labour

= Rp. 924.000.000/bulan

= Rp. 924.000.000/bulan x 12 bulan/tahun

= Rp. 11.088.000.000/tahun

3. Supervision

Beban pengawasan adalah gaji seluruh personel yang bertanggung jawab untuk pengawasan langsung operasi produktif. Skala gaji bervariasi dengan tingkat tanggung jawab yang diperlukan. Perkiraan cepat dapat dibuat dengan menerapkan presentase dari biaya tenaga kerja sebesar 10 persen untuk operasi sederhana dan 25 persen untuk prosedur yang kompleks (*Aries & Newton, 1955*). Rentang biaya *supervise* antara 10%-25%. Dalam perhitungan biaya *supervise* diambil 10% biaya karyawan:

= 10% x Rp. 11.088.000.000

= Rp. 1.108.800.000

4. Maintenance

Beban pemeliharaan termasuk biaya semua bahan dan tenaga kerja yang dipekerjakan dalam pemeliharaan rutin dan perbaikan insidental dan dalam beberapa kasus dalam revisi utama dari peralatan dan bangunan. Pemilihan biaya maintenance dapat dilihat di bawah ini. Dalam perhitungan biaya maintenance diasumsikan jenis operasinya dalam keadaan normal. (Aries & Newton, 1955).

$$\begin{aligned} \text{Diambil biaya } maintenance &= 2\% \text{ FCI} \\ \text{Biaya } maintenance &= 2\% \times \text{Rp. Rp. } 93.728.314.013 \\ &= \text{Rp. } 1.874.566.280 \end{aligned}$$

5. Plant Supplies

Dalam setiap operasi manufaktur, banyak persediaan aneka diperlukan untuk menjaga proses berfungsi secara efisien. Barang-barang seperti grafik, pelumas, uji bahan kimia, perlengkapan *custodian* dan perlengkapan yang tidak dapat dianggap sebagai bahan baku atau pemeliharaan dan perbaikan bahan, dan diklasifikasikan sebagai operasi persediaan. Biaya tahunan untuk jenis persediaan adalah sekitar 10 persen dari total biaya untuk jenis persediaan adalah sekitar 10 persen dari total biaya pemeliharaan dan perbaikan. (Peter & Timmerhaus, 1991)

$$\begin{aligned} \text{Biaya } plant \text{ supplies (10\% maintenance)} &= 10\% \times \text{Rp. } 1.874.437.126,8 \\ &= \text{Rp. } 187.456.628 \end{aligned}$$

6. Royalties and Patents

Banyak proses manufaktur yang dilindungi oleh hak paten, dan mungkin diperlukan untuk membayar jumlah yang ditetapkan untuk hak paten atau royalty berdasarkan jumlah bahan yang dihasilkan. Meskipun perkiraan kasar dari paten dan royalty biaya untuk proses di patentkan adalah 0 sampai 6 persen dari total biaya produk, insinyur harus menggunakan penilaian karena royalty bervariasi dengan seperti factor sebagai jenis produk dan industri. (Peter & Timmerhause, 1991). Digunakan 1%

$$\begin{aligned} &= 1\% \times \text{Rp } 7.276.943.550.000/\text{tahun} \\ &= \text{Rp. } 72.769.435.500 \end{aligned}$$

7. Utilities

Dalam penentuan biaya bahan utilitas diasumsikan tidak ada kenaikan harga pada masing – masing bahan utilitas tersebut

a. Asam Sulfat

Harga = Rp 10.856/kg
 Kebutuhan = 13.147,200kg/tahun
 Biaya = Rp 142.726.003,200

b. NaOH

Harga = Rp 8.142 /kg
 Kebutuhan = 15.681,6kg/tahun
 Biaya = Rp 127.679.587,2

c. Hidrazin

Harga = Rp 27.140/kg
 Kebutuhan = 5.235,12 kg/tahun
 Biaya = Rp 162.286.344

d. $Al_2(SO_4)_3$

Harga = Rp 3.850/kg
 Kebutuhan = 87,120/tahun
 Biaya = Rp 335.412

e. Bahan Bakar

Harga = Rp 9.400 /liter
 Kebutuhan = 2.027.361,6liter/tahun
 Biaya = Rp 19.057.199.040

Total biaya bahan utilitas = Rp. 19.495.226.386,4

No	Komponen	Biaya (Rp)
1	Biaya bahan baku	4.051.981.409.597
2	Biaya bahan Utilitas	19.495.226.386,4
3	<i>Operating Labour</i>	11.088.000.000
4	<i>Supervise</i>	1.108.800.000
5	<i>Maintenance</i>	1.874.566.280
6	<i>Plant supplies</i>	187.456.628
7	<i>Royalties and patents</i>	72.769.435.500

Jumlah	4.158.504.894.391,4
--------	---------------------

10. Indirect Manufacturing Cost

Biaya Indirect Manufacturing Cost terdiri dari :

1. Payroll overhead

Semua pengeluaran perusahaan yang terjadi melalui pension, pembayaran liburan, asuransi kelompok, cacat gaji, jaminan social, dan pajak pekerjaan di klasifikasikan gaji overhead. Sementara masing-masing item dapat diperkirakan secara individual, mereka dapat diperkirakan secara total sebagai jumlah yang setara dengan 10 sampai 20 persen dari biaya tenaga kerja (*Operating Labour*)(Aries& Newton, 1955)

$$= 15\% \times \text{Operating Labor}$$

$$= 15\% \times \text{Rp. 11.088.000.000}$$

$$= \text{Rp. 1.663.200.000}$$

2. Laboratory

Dalam proses kimia, pekerjaan laboratorium diperlukan untuk memastikan kontrol kualitas. Sementara biaya tentu saja akan tergantung pada jenis produk, biaya rata –rata setara dengan 10 sampai 20 persen dari biaya tenaga kerja dapat digunakan.(Aries& Newton, 1955)

$$= 10\% \text{ Operating labor}$$

$$= 10\% \times \text{Rp. 11.088.000.000}$$

$$= \text{Rp. 1.108.800.000}$$

3. Packaging & Shipping

Biaya wadah untuk kemasan tergantung pada sifat kimia dan fisik produk serta pada nilai.(Aries& Newton, 1955)

Dalam perhitungan biaya packaging diambil= 0,5% total penjualan

$$= 0,5\% \times \text{total penjualan}$$

$$= 0,5\% \times \text{Rp. 7.276.943.550.000/tahun}$$

$$= \text{Rp. 36.384.717.750}$$

4. Plant Overhead

Plant Overhead merupakan biaya pemeliharaan fungsi layanan tertentu yang dipersyaratkan secara tidak langsung oleh unit produktif, mencakup biaya pemeliharaan kesehatan, fasilitas rekreasi, pembelian, penggunaan ruangan, dan teknik. Nilai setara dengan 50 sampai 100 persen dari biaya tenaga kerja produktif. (Aries & Newton, 1955)

$$= 50\% \text{ Operating Labor}$$

$$= 50\% \times \text{Rp. } 11.080.000.000$$

$$= \text{Rp. } 5.544.000.000$$

Total Indirect Manufacturing Cost dapat dilihat pada tabel dibawah ini

No	Komponen	Biaya (Rp)
1	<i>Payroll overhead</i>	1.663.200.000
2	<i>Laboratorium</i>	1.108.800.000
3	<i>Plant Overhead</i>	5.544.000.000
4	<i>Packaging & Shipping</i>	36.384.717.750
Jumlah		44.700.717.750

11. Fixed Manufacturing Cost

Biaya fixed manufacturing cost terdiri dari:

1. Depreciation

Untuk menghitung biaya ini, penurunan nilai alat diasumsikan terjadi sepanjang tahun. Penurunan nilai ini disebut sebagai penyusutan (depresiasi) yang dapat diperoleh dari perbedaan antara biaya awal dan nilai sisa. (Peter & Timmerhause, 1991)

$$\text{Biaya depresiasi} = 10\% \text{ Fixed Capital Investment}$$

(Aries & Newton, 1955)

$$= 10\% \times \text{Rp. } 93.728.314.013$$

$$= \text{Rp. } 9.372.831.401$$

2. Property taxes

Besarnya pajak property local tergantung pada lokalitas tertentu dari pabrik dan peraturan daerah. Pajak property tahunan untuk pabrik di daerah padat penduduk, biasanya dalam kisaran 2 sampai 4 persen dari fixed-modal

investasi. Di daerah yang kurang penduduknya, pajak property local sekitar 1 sampai 2 persen dari investasi terikat-modal. (Peter & Timmerhause, 1991)

Biaya property taxes diambil 2% Fixed Capital Investment

$$= 2\% \times \text{Rp. } 93.728.314.013$$

$$= \text{Rp. } 1.874.566.280$$

3. Insurance

Tarif asuransi tergantung pada jenis proses yang dilakukan dalam manufaktur operasi dan pada sejauh mana fasilitas perlindungan yang tersedia. Pada secara tahunan, angka ini berjumlah sekitar 2 persen dari fixed-modal investasi.

(Peter & Timmerhaus, 1991)

Biaya asuransi diambil 2 % dari Fixed Capital Investment

$$= 2\% \times \text{Rp. } 93.728.314.013$$

$$= \text{Rp. } 1.874.566.280$$

Total Fixed Manufacturing Cost dapat dilihat pada table dibawah ini

No	Komponen	Biaya (Rp)
1	Depresiasi	9372831401
2	<i>Property Tax</i>	1874566280
3	Asuransi	1874566280
Jumlah		13.121.963.961

Dari perhitungan diatas maka dapat dihitung *Total Manufacturing Cost (TMC)*

Total Manufacturing Cost (TMC) dapat di lihat pada tabel dibawah ini.

No	Komponen	Biaya (Rp)
1	DMC	4.158.504.894.391,4
2	IMC	44.700.717.750
3	FMC	13.121.059.887
Jumlah		4.216.326.672.028,4

12. Penaksiran Modal Kerja Industri (*Working Capital*) dan Perhitungan Capital Investment (*Total Modal*)

A. Modal kerja industri (*Working Capital*)

1. Raw material inventory

Biaya yang dibebankan pada stok bahan baku yang diperlukan untuk pembuatan produk selama 1 bulan. Untuk memperkirakan tujuan 1 bulan pasokan pada nilai yang dibeli dapat digunakan(Aries & Newton,1955).

= Biaya bahan baku dalam 1 tahun (12 bulan)

= Rp. 4.051.981.409.597/ 12 bulan

= Rp. 337.665.117.466,4

2. In process inventory

Biaya yang dibebankan pada bahan baku yang diproses dalam alat produksi. Dapat diperkirakan sebagai satu setengah dari total biaya manufaktur yang terjadi selama periode setara dengan total menahan waktu yang dibutuhkan untuk diproses.(Aries & Newton,1955)

= $1,5 \times \text{Total Manufacturing Cost/Bulan}$

= $1,5 \times \text{Rp. 4.216.326.672.028,4/ 12 bulan}$

= Rp. 527.040.834.003,5

3. Product Inventory

Biaya yang dibebankan pada suatu produk, apabila produk tersebut tidak dapat langsung terjual. Atau biaya untuk mengantisipasi beberapa produk yang diproduksi dengan laju konstan dan dijual secara musiman, banyak komoditas mungkin rusak atau tidak stabil atau mungkin memerlukan fasilitas penyimpanan khusus. Karena tidak adanya data tertentu, persediaan produksi dapat diasumsikan sama dengan produksi 1 bulan senilai biaya produksi.(Aries & Newton,1955)

= $\text{Total Manufacturing Cost/Bulan}$

= Rp. 4.216.326.672.028,4/ 12 bulan

= Rp. 351.360.556.002,3

4. Available Cash

Merupakan biaya yang diperlukan untuk pembayaran upah dan jasa dan bahan. Kas yang tersedia dapat di perkirakan sebagai beban manufaktur 1 bulan. (Aries & Newton, 1955)

$$= \text{Total Manufacturing Cost/Bulan}$$

$$= \text{Rp. } 4.216.326.672.028,4/12 \text{ bulan}$$

$$= \text{Rp. } 351.360.556.002,3$$

5. *Extended Credit*

Biaya yang dibebankan pada suatu produk, apabila produk tersebut telah berada dipihak pembeli tetapi perusahaan belum menerima hasil penjualan. Kredit diperpanjang dapat diperkirakan produksi 1 bulan nilai penjualan atau dua kali biaya produksi. (Aries & Newton, 1955)

$$= 2 \times \text{Total Manufacturing cost/bulan}$$

$$= 2 \times \text{Rp. } 4.216.326.672.028,4/ 12 \text{ bulan}$$

$$= \text{Rp. } 702.721.112.004,7$$

Total biaya Working capital dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

No	Komponen	Biaya (Rp)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	337.665.117.466,4
2	<i>In Process Inventory</i>	527.040.834.003,5
3	<i>Product Inventory</i>	351.360.556.002,3
4	<i>Available Cash</i>	351.360.556.002,3
5	<i>Extended Credit</i>	702.721.112.004,7
	Jumlah	2.270.148.175.485,5

13. Total Modal (Capital Investment)

Total modal (Capital Investments) merupakan total dari biaya tetap dan modal kerja

$$= \text{Fixed Capital Investment} + \text{Working Capital}$$

$$= \text{Rp. } 93.721.856.337,98 + \text{Rp. } 2.270.148.175.485,5$$

$$= \text{Rp. } 2.363.870.031.823$$

14. General Expense dan Total Biaya Produksi

General expense adalah berbagai pengeluaran yang dikeluarkan oleh fungsi perusahaan selain manufaktur dikelompokkan ke dalam klasifikasi yang disebut beban umum. Ini mencakup biaya administrasi, penjualan, penelitian, dan keuangan. (Aries & Newton, 1955)

1. Administrasi

Biaya administrasi merupakan sebuah perusahaan berkaitan dengan pengeluaran seperti gaji manajemen, biaya hukum dan biaya audit yang terjadi atas semua pengelolaan semua tahap dari perusahaan. Untuk memperkirakan biaya administrasi tujuan dapat ditentukan sebagai jumlah yang setara dengan 2 sampai 3 persen dari harga jual atau 3 sampai 6 persen dari biaya produksi.

(Aries & Newton, 1955)

$$\begin{aligned} \text{Biaya administrasi diambil} &= 3\% \text{ Total Manufacturing Cost} \\ &= 3\% \times \text{Rp. } 4.216.326.672.028,4 \\ &= \text{Rp. } 126.489.800.160,85 \end{aligned}$$

2. Sales

Beban penjualan akan bervariasi tergantung pada jenis produk, metode penjuala dan distribusi, pasar pelanggan, dan tingkat iklan. Secara umum, biaya penjualan dapat diperkirakan secara kasar oleh staf proses menugaskan untuk itu dalam jumlah yang sama dengan 3 sampai 12 persen dari harga jual atau 5 sampai 22 persen dari biaya produksi (Aries & Newton, 1955)

$$\begin{aligned} \text{Biaya sales} &= 8\% \text{ Total Manufacturing Cost} \\ &= 8\% \times \text{Rp. } 4.216.326.672.028,4 \\ &= \text{Rp. } 337.306.133.762,27 \end{aligned}$$

3. Finance

Biaya finance 5% Working Capital ditambah Fixed Capital Investment

(Aries & Newton, 1955)

Biaya *finance* diambil 5% dari WC + FCI (Total Modal)

$$\begin{aligned} \text{Biaya } \textit{finance} &= 5\% \times (\text{Rp. } 2.363.870.031.823) \\ &= \text{Rp. } 118.193.501.591,1 \end{aligned}$$

4. Riset

Beban penelitian dapat diperkirakan sebagai setara dengan 2 sampai 4 persen dari harga jual atau 3,5-8 persen dari biaya produksi.

$$\begin{aligned} \text{Biaya riset} &= 2\% \text{ Total penjualan} \\ &= 2\% \times \text{Rp. } 7.276.943.550.000 \\ &= \text{Rp. } 145.538.871.000 \end{aligned}$$

Total biaya *general expense* dapat dilihat pada tabel dibawah ini

No	Komponen	Biaya (Rp)
1	Administrasi	126.489.800.160,85
2	<i>Sales expenses</i>	337.306.133.762,27
3	<i>Finance</i>	118.193.501.591,1
4	<i>Research</i>	145.538.871.000
	Jumlah	727.528.306.514,22

15. Total Biaya Produksi

$$\begin{aligned} \text{Total biaya produksi} &= \text{Total Manufacturing cost} + \text{General expense} \\ &= \text{Rp. } 4.216.326.672.028,4 + \text{Rp. } 727.528.306.514,22 \\ &= \text{Rp. } 4.943.854.978.542,62 \end{aligned}$$

Harga Jual dan Harga Dasar 2.363.870.031.823

a. Harga Dasar

Kapasitas produksi pertahun = 218.000.000 kg

$$\begin{aligned} \text{Harga dasar} &= \frac{\text{Total Modal}}{\text{Kapasitas}} \\ &= \frac{2.363.870.031.823}{218.000.000} \end{aligned}$$

$$= \text{Rp. } 10.843,44051/ \text{ kg}$$

b. Harga Jual

Harga jual karbon hitam 99% = Rp. 12.000/ kg

C. Analisa

1. Analisa Keuntungan

Perkiraan keuntungan didapat dari keuntungan pabrik. Keuntungan pabrik dapat dianalisa berdasarkan 2 bagian yaitu:

- a. Keuntungan sebelum pajak
 - = Total penjualan – Total Biaya Produksi
 - = Rp. 7.276.943.550.000 - Rp. 4.943.854.978.542,62
 - = Rp. 2.333.088.571.457,33/ tahun
- b. Keuntungan setelah pajak (20% keuntungan sebelum pajak)
Keuntungan produksi
 - = Keuntungan sebelum pajak x (100 – 20)%
 - = Rp 2.333.088.571.457,33/tahun x 80%
 - = Rp. 1.866.470.857.165/tahun

2. Analisis Kelayakan

Sebelum melakukan analisis kelayakan ekonomi terlebih dahulu dibutuhkan data-data biaya yang dikeluarkan untuk proses produksi pada pabrik Karbon Hitam. Pembagian biaya diambil dari Aries & Newton, 1955. Adapun biaya-biaya tersebut antara lain:

Fixed Cost (Fa):

1. Depresiasi (10% FCI)	= Rp. 9.372.185.634
2. Property tax (2% FCI)	= Rp. 1.874.437.127
3. Insurance (2% FCI)	= Rp. 1.874.437.127 +
	<hr/>
	= Rp. 13.121.059.887

Variable Cost (Va)

1. Biaya Bahan Baku	= Rp. 4.051.981.409.597
2. Packaging & Shipping	= Rp. 36.384.717.750
3. Utilitas	= Rp. 19.495.226.386,4
4. Royalty dan Patent	= Rp. 72.769.435.500
	<hr/>
	= Rp. 4.180.630.789.233

Regulated Cost (Ra)

1. Gaji Operating Labor	= Rp 11.080.000.000
2. Payroll Overhead	= Rp. 1.663.200.000
3. Plant Overhead	= Rp. 5.544.000.000
4. Supervisi	= Rp. 1.108.000.000
5. Laboratorium	= Rp. 1.108.000.000
6. General Expense	= Rp. 727.528.306.514,22
7. Maintenance	= Rp. 1.874.566.280
8. Plant Supplies	= Rp. 187.456.628 +
	<hr/>
	= Rp. 750.093.529.422,2

Setelah diketahui biaya-biaya yang dikeluarkan, maka perhitungan analisis ekonomi dapat dilakukan. Adapun analisis ekonomi yang ditinjau dari:

1. Return On Investment (ROI)

ROI adalah besarnya keuntungan yang diperoleh setiap tahun berdasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap. Perhitungan ROI sangat penting bagi perusahaan untuk mengetahui kapan modal-modal dapat dikembalikan.

$$\text{ROI} = \frac{\text{laba tahunan}}{\text{modal tetap}} \times 100\%$$

Perhitungan ROI :

a. Sebelum pajak

Persentase ini dihitung atas dasar sebelum pembayaran pajak

$$\text{FCI} = \text{Rp. } 93.721.856.337,98$$

$$\text{Laba sebelum pajak} = \text{Rp. } 2.333.088.571.457,33$$

$$\begin{aligned} \text{ROI} &= \frac{\text{laba tahunan}}{\text{modal tetap}} \times 100\% \\ &= \frac{2.333.088.571.457,33}{93.721.856.337,98} \times 100\% \\ &= 25\% \end{aligned}$$

b. Sesudah pajak

$$\text{Laba sesudah pajak} = \text{Rp. } 1.866.470.857.165$$

$$\begin{aligned} \text{ROI} &= \frac{\text{laba tahunan}}{\text{modal tetap}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp. } 1.866.470.857.165}{\text{Rp. } 93.721.856.337,98} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 19,92\%$$

2. Pay Out Time (POT)

POT adalah waktu minimum yang diperlukan untuk mengembalikan modal tetap

Fixed Capital Investment (FCI) berdasarkan keuntungan tiap tahun.

$$\text{POT} = \frac{\text{Investment}}{\text{cash return}} \times 1 \text{ tahun}$$

Cash Return meliputi annual profit dan depresiasi

Sebelum pajak:

$$\text{Laba sebelum pajak} = \text{Rp. } 2.333.088.571.457,33$$

$$\text{FCI} = \text{Rp. } 93.721.856.337,98$$

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

$$\text{POT sebelum pajak} = \frac{\text{Rp. } 93.721.856.337,98}{\text{Rp. } 2.333.088.571.457,33 + (0,1 \times \text{Rp. } 93.721.856.337,98)}$$

$$= 1,4 \text{ tahun}$$

Sesudah pajak:

$$\text{Laba sesudah pajak} = \text{Rp. } 1.866.470.857.165$$

$$\text{POT sesudah pajak} = \frac{\text{Rp. } 93.721.856.337,98}{\text{Rp. } 1.866.470.857.165 + (0,1 \times \text{Rp. } 93.721.856.337,98)}$$

$$= 1,6 \text{ tahun}$$

3. Break Event Point (BEP)

BEP adalah kondisi dimana jika pabrik berhasil menjual sebagian produk dari kapasitas produknnya, maka pabrik tidak mendapat keuntungan maupun menderita kerugian.

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

Besarnya BEP yang dapat diterima adalah 40-60%

Perhitungan BEP

$$\text{Fa} = \text{Rp } 13.121.059.887$$

$$\text{Ra} = \text{Rp } 750.093.529.422,2$$

$$\text{Sa} = \text{Rp } 7.276.943.550.000$$

$$\text{Va} = \text{Rp } 4.180.630.789.233$$

$$\text{BEP} = \frac{\text{Rp } 13.121.059.887,31 + (0,3 \times \text{Rp } 750.093.529.422,2)}{\text{Rp } 7.276.943.550.000 - \text{Rp } 4.180.630.789.233 - (0,7 \times 750.093.529.422,2)}$$

$$= 42,5\%$$

4. Shut down point (SDP)

SDP adalah kondisi dimana jika pabrik berhasil menjual sebagian dari kapasitas produksinya, maka pabrik baik berproduksi maupun tidak hanya dapat mengembalikan fixed capital investment.

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

Perhitungan SDP

$$\text{Fa} = \text{Rp } 13.121.059.887,31$$

$$\text{Ra} = \text{Rp } 35.160.328,58$$

$$\text{Sa} = \text{Rp } 7.276.943.550.000$$

$$\text{Va} = \text{Rp } 43.261.313.993,77$$

$$\text{SDP} = \frac{0,3 \times \text{Rp } 35.160.328,58}{\text{Rp } 79.096.940.000 - \text{Rp } 43.261.313.993,77 - (0,7 \times \text{Rp } 35.160.328,58)}$$

$$= 8,7 \%$$

5. Dicounted Cash Flow (DCF)

DFC merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi pabrik.

$$R = (\text{FCI} + \text{WC})(1 + i)^n - \text{SV} - \text{WC}$$

$$S = \text{CF}[(1 + i)^{n-1} + (1 + i)^{n-2} + \dots + (1 + i) + 1]$$

Dimana:

$$n = \text{Umur pabrik (10 tahun)}$$

$$R = \text{Cash Flow berdasarkan pendapatan akhir tahun}$$

$$S = \text{Nilai modal yang akan dating dikoreksi dengan salvage value dan working capital}$$

$$\text{CF} = \text{Cash flow setelah pajak}$$

$$\text{FCI} = \text{Fixed Capital Investment}$$

$$\text{WC} = \text{Working Capital}$$

$$\text{SV} = \text{Salvage Value (10\% FCI)}$$

i = Interest/ Discounted Cash Flow

FCI = Rp . 93.721.856.337,98

SV = Rp . 9.372.185.633,798

WC = Rp. 27.503.588.579,96

Depresiasi = Rp . 9.372.185.633,798

CF = keuntungan setelah pajak + depresiasi + finance

= 5.639.571.136,92+ Rp 9.372.185.633,798+ Rp 6.061.272.245,9

= Rp 21.073.029.016,61

Trial & error untuk mencari harga i .

Rumus perhitungan:

$(FCI + WC)(1 + i)^n - SV - WC = CF[(1 + i)^{n-1} + (1 + i)^{n-2} + \dots + (1 + i) + 1]$

$$R = S$$

Sehingga diperoleh:

Interest (i) = 13,7 %

Nilai bunga komersial di Indonesia saat ini berkisar 6,3% per tahun (<http://bi.go.id>) . Sehingga nilai interest pabrik lebih besar dibandingkan bunga bank.

BAB XII

KESIMPULAN

1. Perancangan Pabrik Karbon Hitam dari Minyak Bakar (MFO) kapasitas 218.000 Ton/Tahun direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri di Mamuju, kec. Kalukku dengan luas total 130.087 m². Pabrik beroperasi selama 330 hari efektif setiap tahun, dengan proses kontinu dan membutuhkan total jumlah tenaga kerja sebanyak 202 orang.
2. Setelah perhitungan evaluasi ekonomi, didapatkan :
 - a. ROI untuk pabrik karbon hitam sebelum pajak dan sesudah pajak adalah 25% dan 19,92%.
 - b. POT untuk pabrik karbon hitam sebelum pajak dan sesudah pajak adalah 1,4 Tahun dan 1,6 Tahun.
 - c. DCF yang dicapai sebesar 13,7% dengan kurs tahunan bank 6,3%
 - d. BEP pabrik karbon hitam ini adalah 42,5% dengan SDP sebesar 8,7%

Berdasarkan data analisa ekonomi tersebut, maka Perancangan Pabrik Karbon Hitam dari Minyak Bakar (MFO) memungkinkan dan layak untuk dikaji lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Asahi Carbon Co.,LTD. 2010. Carbon Black Manufacturing Process. https://www.asahicarbon.co.jp/global_site/product/cb/manufacturing.html (diakses 27 September 2020)
- Barus, Herry.2017. Pelabuhan Belang-Belang Dukung Sektor Logistik Sulawesi Barat. <https://www.industry.co.id/read/8298/pelabuhan-belang-belang-dukung-sektor-logistik-sulawesi-barat> (diakses 1 Oktober 2020)
- Byjus's Learning App.2020. Properties Of Water: Physical And Chemical. <https://byjus.com/chemistry/physical-and-chemical-properties-of-water/> (diakses 12 Oktober 2020)
- Hadi. 2018. Peraturan Terbaru IMO 2020 Tentang Bahan Bakar Kapal. <https://maritimindonesia.com/2018/09/28/peraturan-imo-sulphur-cap-2020/> (diakses 30 September 2020)
- Hukumcorner.2016. Apa Fungsi Legal Officer dalam perusahaan. <http://www.hukumcorner.com/apa-fungsi-legal-officer-dalam-perusahaan/> (diakses 03 Juli 2021)
- Info Harga BBM.2020. Harga Keekonomian BBM Solar Industri PT Pertamina (persero). <http://www.infohargabbm.com/> (diakses 11 Oktober 2020)
- Insight Talenta.2021. Ketahui Tugas dan Fungsi General Affair di Perusahaan. <https://www.talenta.co/blog/insight-talenta/tugas-dan-fungsi-general-affair/> (diakses 03 Juli 2021)
- International Carbon Black Association.2016. Carbon Black User's Guide. <http://www.carbon-black.org./index.php/carbon-black-uses/carbon-black-user-s-guide> (diakses 24 September 2020)
- KaryaOne. 2020. Tanggung Jawab, Job Desc dan Tugas General Affair. <https://www.karyaone.co.id/blog/tugas-general-affair/>. (diakses 03 Juli 2021)
- Kementrian Perindustrian Republik Indonesia.2019. Pabrik Karbon Hitam di Cilegon Bakal Tekan Impor Rp 1,5 Triliun.

- <https://kemenperin.go.id/artikel/21263/Pabrik-Karbon-Hitam-di-Cilegon-Bakal-Tekan-Impor-Rp-1,5-Triliun> (diakses 24 September 2020)
- Linntech.2020. Chemical properties of nitrogen & oxygen
<https://www.lenntech.com/periodic/elements/index.htm> (diakses 12 Oktober 2020)
- LinovHR.2021. Akuntan: Pengertian, Tugas dan Pedoman Kode Etik.
<https://www.linovhr.com/akuntan-tugas-dan-kode-etik/> (diakses 03 Juli 2021)
- Long, Christopher M., Marc A. Nascarella, Peter A. Valberg.2013. Carbon Black Vs. Black Carbon And Other Airborne Materials Containing Elemental Carbon: Physical And Chemical Distinctions. *Environmental Pollution* 181(1), hal.271
- Orion Engineered Carbons.2015. What is Carbon Black. 6 Route de Trèves, L-2633 Senningerberg, Luxembourg. Hal. 10-12
- Pertamina. 2008. Fuel Product.
<https://www.pertamina.com/industrialfuel/id/products-services/fuel-product/> (diakses 26 September 2020)
- Ramadhani, Putri.2015. Aplikasi Deteksi Dini Dalam Sistem Sirkulasi Udara Terhadap Polusi Asap. Skripsi. Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang, Indonesia
- Samiistansi. 2019. Macam-macam teknisi atau engineering di pabrik.
<https://samiinstansi.blogspot.com/2019/03/macam-macam-teknisi-atau-engineering-di-pabrik-industri.html> (diakses 03 Juli 2021)
- Satari,Armeini Uha. 2019. Modul 1 Pengertian dan Tujuan serta Tipe dan Struktur Organisasi Sosial. Modul. Universitas Negeri Jakarta, Indonesia
- Schroeder, E.D. 1977. *Water And Wastewater Treatment*. Mc Graw-Hill: 357 Pp.
- Sindonesia.2021. Tugas Manager Pemasaran dan Wewenang dalam Perusahaan.
<https://sindonesia.com/tugas-manajer-pemasaran/> (diakses 03 Juli 2021)
- Susana, Tjutju. 2003. Air Sebagai Sumber Kehidupan. *Oseana*, 28(3), Hal.18

Tobabara. 2021. Tata Kelola Perusahaan. <http://www.tobabara.com/id/tata-kelola-perusahaan/komite-audit/piagam-komite-audit/> (diakses 30 Maret 2021)

Xdana. 2021. Fungsi Bank Kustodian Adalah Penting dalam Investasi. <https://xdana.com/artikel/fungsi-bank-kustodian-adalah-penting-dalam-investasi/> (diakses 03 Juli 2021)



LAMPIRAN A NERACA MASSA

A. Perhitungan Pendahuluan

1. Menghitung kapasitas feed

Kapasitas produksi Karbon Hitam = 218.000 ton/tahun, dengan yield 35 - 65% (47, Infomil, 2002), dengan ketentuan sebagai berikut :

$$1 \text{ Tahun} = 330 \text{ Hari}$$

$$1 \text{ Hari} = 24 \text{ Jam}$$

$$\text{Sistem} = \text{Continuous}$$

Kapasitas produksi per-jam

$$= 218.000 \frac{\text{Ton}}{\text{Tahun}} \cdot \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \cdot \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}}$$

$$= 27.525,25 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}$$

Dengan yield 51,595%, sehingga nilai feedstock Minyak Bakar (MFO) adalah :

$$\begin{aligned} \text{Feedstock} &= \frac{\text{Produksi Karbon Hitam}}{\text{yield karbon hitam}} \\ &= \frac{27.525,25 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}}{51,595\%} \\ &= 53.348,6772 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \text{ dikonversi ke dalam liter} \end{aligned}$$

Berdasarkan Pertamina.com, densitas MFO :

$$= 991 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 0,991 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}$$

Sehingga, di dapatkan, konversi Kg ke Liter MFO :

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{53.348,6772 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}}{0,991 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}}$$

$$V = 53.833,1758 \frac{\text{L}}{\text{Jam}}$$

2. Menghitung mol MFO dan Air

Diketahui :

$$m_{\text{MFO}} = \frac{53.833,1758 \frac{\text{L}}{\text{Jam}}}{575}$$

$$= 93,6229 \text{ kmol/jam}$$

Diasumsikan volume air sama dengan feedstock yang digunakan, sehingga :

$$m_{\text{AIR}} = \frac{27.525,25 \frac{\text{L}}{\text{Jam}}}{18}$$

$$= 1.529,18 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}$$

B. Perhitungan Neraca Massa

14. Neraca Massa Reaktor (*Furnace Black*)

Fungsi : Pembentukan karbon hitam

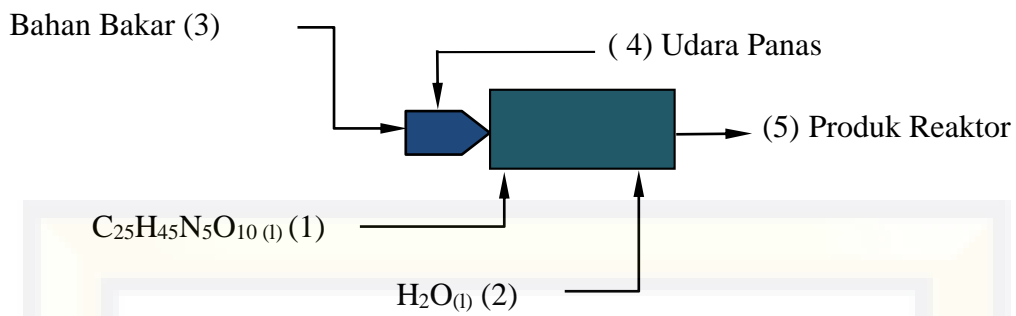
Reaksi : Pembakaran Minyak Bakar Tidak Sempurna dalam kmol/jam



M : 93,6229 608,5488

R : 93,6229 93,6229 46,8114 2.293,7611 2.106,5152 468,1145

S : 408,7319 → 46,8114 2.293,7611 2.106,5152 468,1145



Aliran 1 : Minyak Bakar (MFO) = $93,6229 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}$

Aliran 2 : Air (Quench Water) = $1.529,2 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}$

Aliran 5 : Produk Reaktor

a. Karbon Hitam = $2.293,7611 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times 12$

= $27.525,1332 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$

b. Karbon Monoksida = $46,8114 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times 28$

= $1.310,7192 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$

c. Nitrogen = $468,1145 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times 14$

= $6.553,603 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$

d. Uap Air = $2.106,5152 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} \times 18$

= $37.917,2736 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$

Karena digunakan sebagai faktor pendukung dan tidak mengalami reaksi secara langsung dengan feedstock maka nilai massanya dapat diabaikan :

Aliran 3 : Bahan Bakar

Aliran 4 : Uap Panas

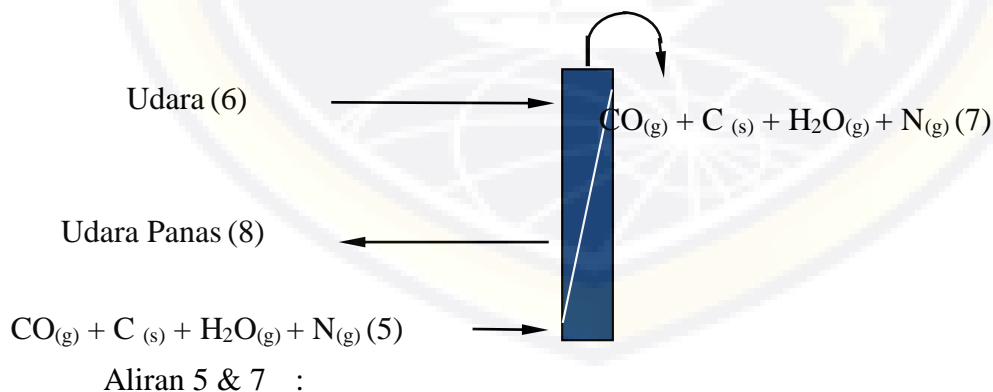
Neraca Massa Total : $F_1 + F_2 = F_5$

Komponen	Masuk				Keluar	
	Alir 1		Alir 2		Alir 5	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
$C_{25}H_{45}N_5O_{10} (l)$	93,6229	53.833,1675				
$H_2O(l)$			1.529,18	27.525,25	1.529,2	27.525,25
$CO(g)$					46,8114	1.310,7192
$C (s)$					2.293,7611	27.525,1332
$N(g)$					468,1145	6.553,603
$O_2(g)$	608,5488	19.473,5616				
$H_2O(g)$					2.106,5152	37.917,2737
Total	702,1717	73.306,7291	1.529,18	27.525,25	6.444,402	100.831,9791
	100.831,9791 kg/jam				100.831,9791 kg/jam	

15. Neraca Massa Heat Exchanger

Fungsi : Memasok udara panas ke dalam reaktor dan menurunkan suhu karbon hitam

Reaksi : Pertukaran Panas



a. Karbon Hitam = $27.525,1332 \frac{kg}{jam}$

b. Karbon Monoksida = $1.310,7192 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$

c. Nitrogen = $6.553,603 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$

d. Uap Air = $37.917,2736 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$

Aliran 6 : Udara

Asumsi udara masuk =

Aliran 8 : Udara Panas

Udara keluar =

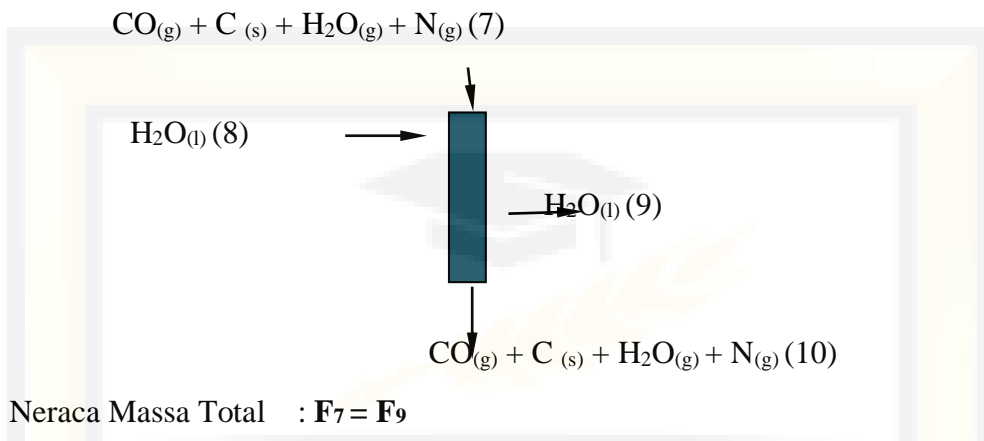
Neraca Massa Total : $F_5 + F_7$

Komponen	Masuk		Keluar	
	Alir 5		Alir 7	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CO_(g)	46,8114	1.310,7192	46,8114	1.310,7192
C_(s)	2.293,7611	27.525,1332	2.293,7611	27.525,1332
N_(g)	2.106,5152	37.917,2737	2.106,5152	37.917,2737
H₂O_(g)	46,8114	1.310,7192	46,8114	1.310,7192
Total	4.493,8991	73.306,729	4.493,8991	73.306,729

16. Neraca Massa Cooler

Fungsi : Menurunkan suhu karbon hitam dan gas buang

Reaksi : Penurunan Suhu

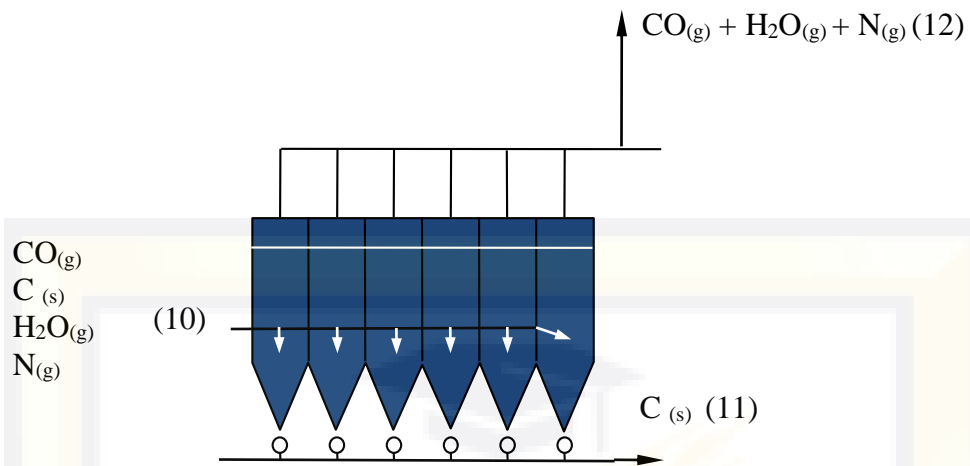


Komponen	Masuk		Keluar	
	Alir 5		Alir 7	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CO_(g)	46,8114	1.310,7192	46,8114	1.310,7192
C_(s)	2.293,7611	27.525,1332	2.293,7611	27.525,1332
N_(g)	2.106,5152	37.917,2737	2.106,5152	37.917,2737
H₂O_(g)	46,8114	1.310,7192	46,8114	1.310,7192
Total	4.493,8991	73.306,729	4.493,8991	73.306,729

17. Neraca Massa Big Filter

Fungsi : Memisahkan Karbon Hitam dan Gas Buang

Reaksi : Pemisahan



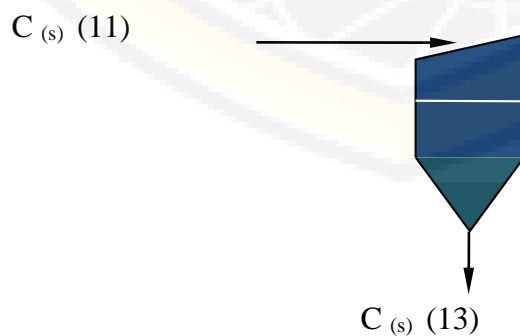
Neraca Massa Total : $F_9 = F_{10} + F_{11}$

Komponen	Masuk		Keluar			
	Alir 10		Alir 11		Alir 12	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CO(g)	46,8114	1.310,7192			46,8114	1.310,7192
C (s)	2.293,7611	27.525,1332	2.293,7611	27.525,1332		
N(g)	2.106,5152	37.917,2737			2.106,5152	37.917,2737
H₂O(g)	46,8114	1.310,7192			46,8114	1.310,7192
Total	4.493,8991	73.306,729	2.293,7611	27.525,1332	2.200,138	45.781,5958
	73.306,729 kg/jam		73.306,729 kg/jam			

18. Neraca Massa Grinder

Fungsi : Memompa karbon hitam ke Grinder

Reaksi : Pengangkutan



Neraca Massa Total : $F_{11} = F_{13}$

Komponen	Masuk		Keluar	
	Alir 11		Alir 13	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
C (s)	2.293,7611	27.525,1332	2.293,7611	27.525,1332
Total	2.293,7611	27.525,1332	2.293,7611	27.525,1332

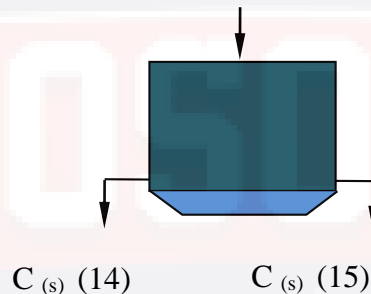
19. Neraca Massa Surge Tank

Fungsi : Penampungan Bubuk Karbon Hitam

Reaksi : Penampungan

Pembagian karbon hitam 50 : 50, sehingga :

$C_{(s)} (13)$



Aliran 14 :

$$\begin{aligned} \text{a. Massa karbon hitam} &= 27.525,1332 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 50\% \\ &= 13.762,5666 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \end{aligned}$$

$$\text{b. Mol karbon hitam} = 2.293,7611 \times 50\%$$

Aliran 14 :

$$\begin{aligned} \text{c. Massa karbon hitam} &= 27.525,1332 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 50\% \\ &= 13.762,5666 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \end{aligned}$$

$$\text{d. Mol karbon hitam} = 2.293,7611 \times 50\%$$

$$= 1.146,8805 \text{ kmol}$$

Neraca Massa Total : $F_{13} = F_{14} + F_{15}$

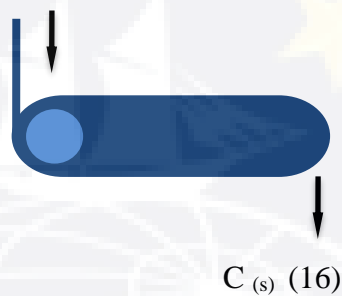
Komponen	Masuk		Keluar			
	Alir 13		Alir 14		Alir 15	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
C_(s)	2.293,7611	27.525,133	1.146,880	13.762,566	1.146,8805	13.762,5666
		2	5	6		
Total	2.293,7611	27.525,133	1.146,880	13.762,566	1.146,8805	13.762,5666
		2	5	6		
	27.525,1332 kg/jam		27.525,1332 kg/jam			

20. Neraca Magnetic Separator

Fungsi : Pemisahan impurities yang berasal dari alat dan bahan lain dari udara

Reaksi : Pemisahan dan pengangkutan

C_(s) (14)



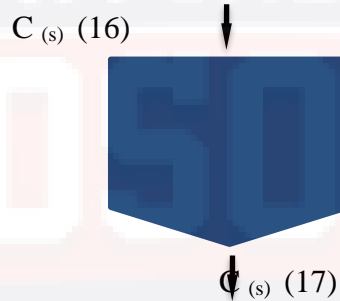
Neraca Massa Total : $F_{14} = F_{16}$

Komponen	Masuk		Keluar	
	Alir 14		Alir 16	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
C (s)	1.146,8805	13.762,5666	1.146,8805	13.762,5666
Total	1.146,8805	13.762,5666	1.146,8805	13.762,5666

21. Neraca Massa Silo-1

Fungsi : Menampung karbon hitam bubuk sebelum dipasarkan

Reaksi : Penyimpanan



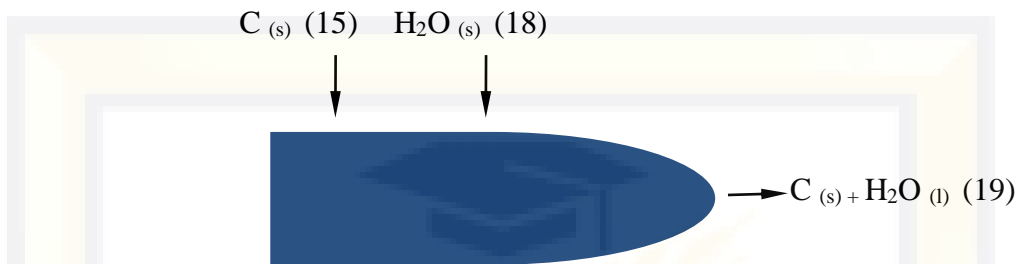
Neraca Massa Total : $F_{16} = F_{17}$

Komponen	Masuk		Keluar	
	Alir 16		Alir 17	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
C (s)	1.146,8805	13.762,5666	1.146,8805	13.762,5666
Total	1.146,8805	13.762,5666	1.146,8805	13.762,5666

22. Neraca Massa Pelletizer

Fungsi : Membentuk karbon hitam menjadi bentuk pellet

Reaksi : Granulasi



Menurut Claude V :

Pellet karbon hitam basah mengandung air berkisar 35%-60%.

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Kadar H}_2\text{O dalam slurry karbon hitam} &= \frac{35\%}{100\%} \times 13.762,5666 \text{ kg/jam} \\ &= 4.816,8983 \end{aligned}$$

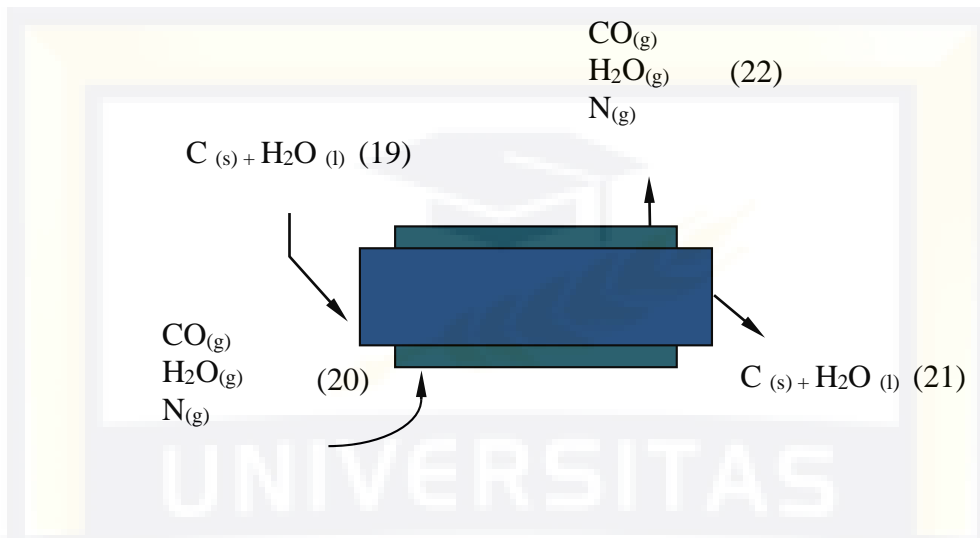
Neraca Massa Total : $F_{15} + F_{18} = F_{19}$

Komponen	Masuk				Keluar	
	Alir 15		Alir 18		Alir 19	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
C_(s)	1.146,880 5	13.762,566 6			1.146,8805	13.762,5666
H₂O_(l)			267,6054	4.816,8983	267,6054	4.816,8983
Total	1.146,880 5	13.762,566 6	267,6054	4.816,8983	1.414,4859	18.579,4649
	18.579,4649 kg/jam				18.579,4649 kg/jam	

23. Neraca Massa Dryer

Fungsi : Meringkan slurry karbon hingga

Reaksi : Pengurangan kadar air



Berdasarkan tabel 20.44 Perry Handbook, syarat moisturisasi untuk mengubah slurry menjadi pellet berkisar antara 13 - 13,9% air.

Menentukan massa air pada dryer :

$$\rho = \frac{m_w}{m_t}$$

Keterangan :

ρ = mass fraction (w%)

M_w = massa air

M_t = massa total

Berdasarkan Claude V, kandungan pellet kering karbon hitam tidak kurang dari 10% dan lebih dari 20%

Sehingga,

$$20\% = \frac{\text{massa air}}{13.762,5666}$$

$$\text{Massa H}_2\text{O}_{(l)} = 2.752,5133 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa H}_2\text{O}_{(g)} &= \text{massa air masuk} - \text{massa air keluar} \\
 &= 4.816,8983 - 2.752,5133 \text{ kg/jam} \\
 &= 2.064,3849 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Massa air gas pemanas

$$\text{Massa H}_2\text{O}_{(g)} = 1.310,7192 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total H}_2\text{O}_{(g)} &= 2.064,3849 \text{ kg/jam} + 1.310,7192 \text{ kg/jam} \\
 &= 3.375,1041 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

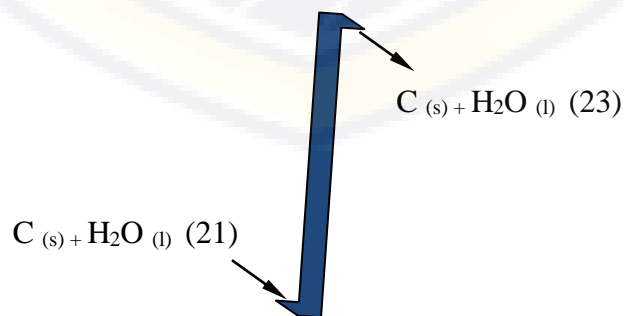
$$\text{Neraca Massa Total} : \mathbf{F_{19} + F_{20} = F_{21} + F_{22}}$$

Komponen	Masuk		Keluar	
	Kg/jam		Kg/jam	
	Alir 19	Alir 20	Alir 21	Alir 22
C_(s)	13.762,5666		13.762,5666	
CO_(g)		1.310,7192		1.310,7192
N_(g)		37.917,2737		37.917,2737
H₂O_(g)		1.310,7192		3.375,1041
H₂O_(l)	4.816,8983		2.752,5133	
Total	18.579,4649	40.538,7121	16.515,0799	42.603,097
	59.118,1769 kg/jam		59.118,1769 kg/jam	

24. Neraca Massa Bucket Elevator

Fungsi : Membawa karbon pellet menuju magnetic separator

Reaksi : Pengangkutan



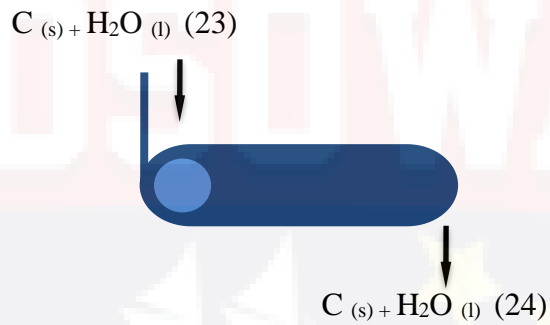
$$\begin{aligned} \text{Nilai kmol } \mathbf{H_2O(l)} &= 2.752,5133 : 18 \\ &= 152,9174 \end{aligned}$$

$$\text{Neraca Massa Total} : \mathbf{F_{21} = F_{23}}$$

Komponen	Masuk		Keluar	
	Alir 21		Alir 23	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
C (s)	1.146,8805	13.762,5666	1.146,8805	13.762,5666
H₂O(l)	152,9174	2.752,5133	152,9174	2.752,5133
Total	1.299,7979	16.515,0799	1.299,7979	17.587,08

25. Neraca Massa Magnetic Separator-2

Fungsi : Pemisahan impurities yang berasal dari alat dan bahan lain dari udara



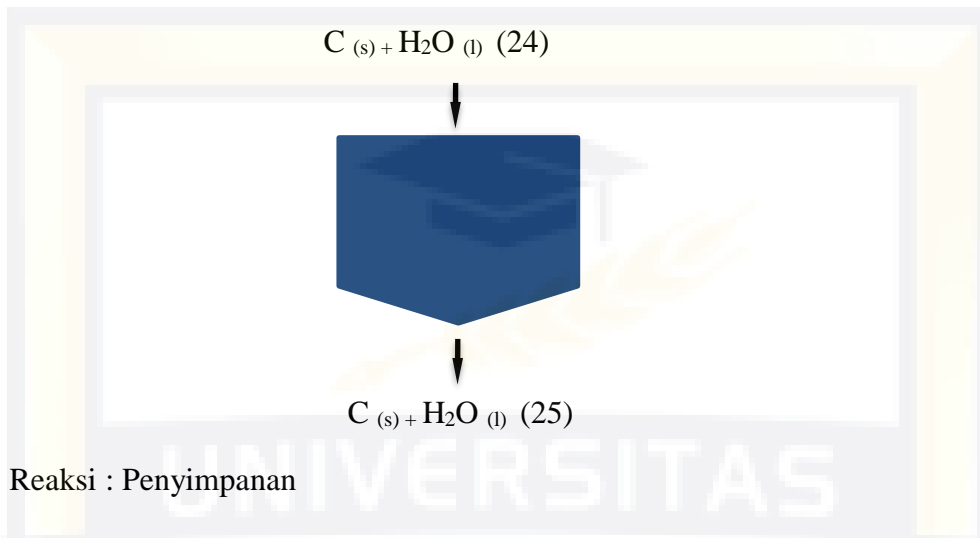
Reaksi : Pemisahan dan pengangkutan

$$\text{Neraca Massa Total} : \mathbf{F_{23} = F_{24}}$$

Komponen	Masuk		Keluar	
	Alir 23		Alir 24	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
C (s)	1.146,8805	13.762,5666	1.146,8805	13.762,5666
H₂O(l)	152,9174	2.752,5133	152,9174	2.752,5133
Total	1.299,7979	16.515,0799	1.299,7979	16.515,0799

26. Neraca Massa Silo-2

Fungsi : Menampung karbon hitam pellet sebelum dipasarkan



Reaksi : Penyimpanan

Neraca massa produk :

Komponen	Bubuk		Pellet	
	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam
C _(s)	1.146,8805	13.762,5666	1.146,8805	13.762,5666
H ₂ O _(l)			152,9174	2.752,5133
Total	1.146,8805	13.762,5666	1.299,7979	16.515,0799

$$\begin{aligned}
 \text{Total neraca massa karbon hitam} &= \text{bubuk} + \text{pellet} \\
 &= 13.762,5666 \text{ kg/jam} + 13.762,5666 \text{ kg/jam} \\
 &= 27.525,1332 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Per-tahunnya didapat} &= 27.525,1332 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\
 &= 218.000 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

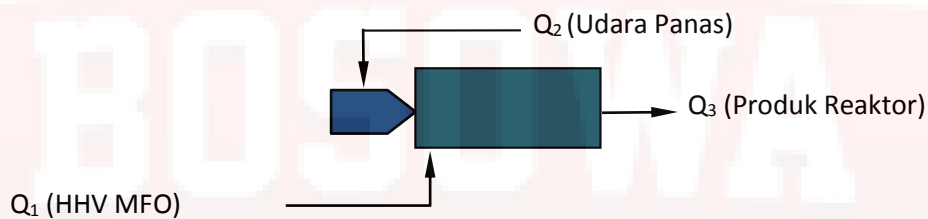
LAMPIRAN B
NERACA PANAS

Kapasitas : 218.000/Ton
Basis Perhitungan : 24 Jam
Tahun : 330 Hari
Satuan Panas : kkal

1. Neraca Panas Reaktor

Fungsi : Pembentukan karbon hitam

Reaksi : Pembakaran Minyak Bakar Tidak Sempurna dalam kmol/jam



Nilai Panas Reaksi (ΔH°_R) = $Q_{in} - Q_{out}$

Keterangan : Q_1 = Entalpi Umpan

Q_2 = Entalpi Reaksi pada kondisi standar

Q_3 = Entalpi Produk

a. Menghitung Panas Pembakaran *Marine Fuel Oil* (MFO)

Berdasarkan *The Energy and Fuel Data Sheet* Iain Staffel, Universitas Birmingham, UK :

HHV Minyak Bakar (MFO) = 40,42 MJ/L

= 9660,6119 Kkal/L

LHV Minyak Bakar (MFO) = 38,40 MJ/L

$$= 9177,82 \text{ Kkal/L}$$

$$Q_1 = \text{HHV MFO} \times \text{Massa MFO}$$

(Hougen, hal. 424)

$$= 9660,6119 \text{ Kkal/L} \times 53.833,1675 \text{ L}$$

$$= 520.061.339 \text{ Kkal}$$

b. Menghitung Udara Panas

$$T_1 \text{ referensi} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_2 \text{ Udara Masuk} = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

Mencari nilai Cp dari komponen a, b dan c dari udara.

(Hougen : 1959 , hal : 255)

$$A = 29,526000 \text{ kkal/kmol}$$

$$B = -0,008900 \text{ kkal/kmol}$$

$$C = 0,000038 \text{ kkal/kmol}$$

$$m \text{ O}_2 = 408,7319 \text{ kmol}$$

Cp udara dihitung dengan menggunakan rumus :

$$C_p \text{ udara} = a + b/2 (T_2 + T_1) + c/3 (T_2^2 + T_2T_1 + T_1^2)$$

Sehingga,

$$C_p = 29,526000 + \frac{-0,008900}{2} (303+298) + \frac{0,000038}{3} (303^2 + 303 \times 298 + 298^2)$$

$$= 30,283039 \text{ kkal/kmol.K}$$

$$Q_2 = m \times C_p \times dt$$

$$= 408,7319 \text{ kmol} \times 30,283039 \text{ kkal/kmol.K} \times (303 - 298) \text{ K}$$

$$= 61888,22 \text{ kkal}$$

c. Menghitung Panas Karbon Hitam

Diketahui :

$$\Delta H_r \text{ C} = 94051,8 \text{ kkal/kmol}$$

Hougen : 306

$$\text{Massa C} = 2.293,7611 \text{ kmol}$$

$$Q_3 = \Delta H_f C \times \text{Massa C}$$

$$= 215.732.360 \text{ kkal}$$

d. Menghitung Air Quench

$$T_1 \text{ referensi} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_2 \text{ Udara Masuk} = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

Mencari nilai C_p dari komponen a, b dan c dari udara.

(Hougen : 1959 , hal : 255)

$$A = 33,933000 \text{ kkal}$$

$$B = -0.008419 \text{ kkal}$$

$$C = 0,000030 \text{ kkal}$$

$$M \text{ H}_2\text{O} = 1.529,18 \text{ kmol}$$

C_p air quench dihitung dengan menggunakan rumus :

$$C_p \text{ air quench} = a + b/2 (T_2 + T_1) + c/3 (T_2^2 + T_2T_1 + T_1^2)$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} CP &= 33,933000 + \frac{-0.008419}{2} (303+298) + \frac{0,000030}{3} (303^2 + 303 \times 298 + 298^2) \\ &= 34,1121605 \text{ kkal/kmol.K} \end{aligned}$$

Maka,

$$Q_4 = m\text{H}_2\text{O} \times C_p \times dt$$

$$= 260.818,17 \text{ kkal}$$

e. Menghitung Uap Panas

$$T_1 \text{ referensi} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_2 \text{ Udara Masuk} = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

Mencari nilai C_p dari komponen a, b dan c dari udara.

(Hougen : 1959 , hal : 255)

$$A = 33,933000 \text{ kkal}$$

$$B = -0.008419 \text{ kkal}$$

$$C = 0,000030 \text{ kkal}$$

$$M_{H_2O} = 2.106,5152$$

Cp uap panas dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Cp \text{ uap panas} = a + b/2 (T_2 + T_1) + c/3 (T_2^2 + T_2T_1 + T_1^2)$$

Sehingga,

$$CP = 33,933000 + \frac{-0.008419}{2} (303+298) + \frac{0,000030}{3} (303^2 + 303 \times 298 + 298^2)$$

$$= 34,1121605 \text{ kkal/kmol.K}$$

Maka,

$$Q_5 = m_{H_2O} \times Cp \times dt$$

$$= 359.288,923 \text{ kkal}$$

f. Menghitung *Heat Loss* (Udara Panas Keluar)

$$Q_6 = Q_{\text{Input}} - Q_{\text{Output}}$$

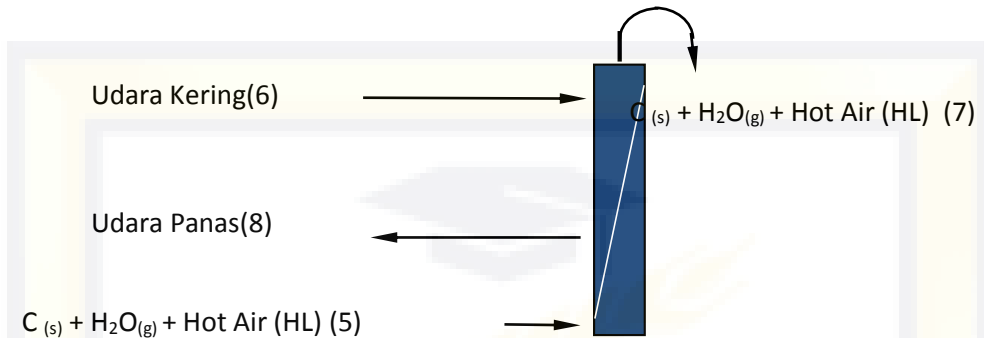
$$= 608.422.444,2 \text{ kkal}$$

Tabel 5.1 Total Panas Reaksi

Komponen	Input	Output
Panas Bahan	520061338,6	
C		215732360
Udara Panas	61888,21966	
H ₂ O (l)	304390866,6	
H ₂ O (g)		359288,92
Heat loss		608422444
Total (kkal)	824514093,3	824514093

2. Neraca Panas Heat Exchanger

Fungsi : Memasok udara panas ke dalam reaktor dan menurunkan suhu karbon hitam



Reaksi : Pertukaran Panas

Panas bahan masuk heat exchanger dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\Delta H = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Dimana :

ΔH = Panas Masuk Heat Exchanger (kJ)

m = massa komponen (kg)

C_p = konstanta panas komponen (kJ/kg K)

T_1 = Suhu Referensi (K)

T_2 = Suhu Bahan Masuk Heat Exchanger (K)

Data yang tercatat :

Komponen	Input
C	215732360
H ₂ O (g)	359288,92
Heat loss	608422444
Total (kkal)	824514093,3

T_1 referensi = 25°C = 298 K

T_2 Karbon Masuk = 1315°C = 131823,15 K

a. Menghitung Cp Karbon

Berdasarkan Hougen, nilai komponen karbon, sebagai berikut :

$$A = -0,832000 \text{ kkal}$$

$$B = 0,034846 \text{ kkal}$$

$$C = -0,000013 \text{ kkal}$$

$$m C = 2.293,7611 \text{ kmol}$$

Maka,

Cp karbon dihitung dengan menggunakan rumus :

$$C_p = a + b/2 (T_2 + T_1) + c/3 (T_2^2 + T_2T_1 + T_1^2)$$

Sehingga,

$$C_p = -0,832000 + \frac{0,034846}{2} (303 + 131823,15) + \frac{-0,000013}{3} (303^2 + 303 \times 131823,15 + 131823,15^2)$$

$$C_p = -73171,317 \text{ kkal}$$

Maka,

$$\Delta H = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$Q_1 = -2,20749E+13 \text{ (eksotermis)}$$

b. Menghitung Udara Masuk

$$T_1 \text{ referensi} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_2 \text{ Udara Masuk} = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

Mencari nilai Cp dari komponen a, b dan c dari udara.

(Hougen : 1959 , hal : 255)

$$A = 29,526000 \text{ kkal/kmol}$$

$$B = -0,008900 \text{ kkal/kmol}$$

$$C = 0,000038 \text{ kkal/kmol}$$

$$m O_2 = 408,7319 \text{ kmol}$$

Cp udara dihitung dengan menggunakan rumus :

$$C_p \text{ udara} = a + b/2 (T_2 + T_1) + c/3 (T_2^2 + T_2T_1 + T_1^2)$$

Sehingga,

$$CP = 29,526000 + \frac{-0,008900}{2} (303+298) + \frac{0,000038}{3} (303^2 + 303 \times 298 + 298^2)$$

$$= 30,283039 \text{ kkal/kmol.K}$$

$$Q_2 = m \times C_p \times dt$$

$$= 408,7319 \text{ kmol} \times 30,283039 \text{ kkal/kmol.K} \times (303 - 298) \text{ K}$$

$$= 61888,22 \text{ kkal}$$

$$\text{Heat Recovery} = 20\%$$

$$\begin{aligned} \text{Panas Keluar} &= HR \times (Q_1 + Q_2) \\ &= 20\% \times (2,20749 \cdot 10^{13} + 61888,22) \\ &= -4,41497 \text{E}+12 \text{ (eksotermis)} \end{aligned}$$

c. Menghitung *Supply* Udara

Untuk mencari supply udara, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta H \text{ masuk} + \Delta H \text{ suplai} = \Delta H_{\text{loss}}$$

$$-2,20749 \text{E}+13 + \Delta H \text{ suplai} = -4,41497 \text{E}+12$$

$$\Delta H \text{ suplai} = -1,76599 \text{E}+13 \text{ kkal}$$

Tabel 5.2 Panas *Heat Exchanger*

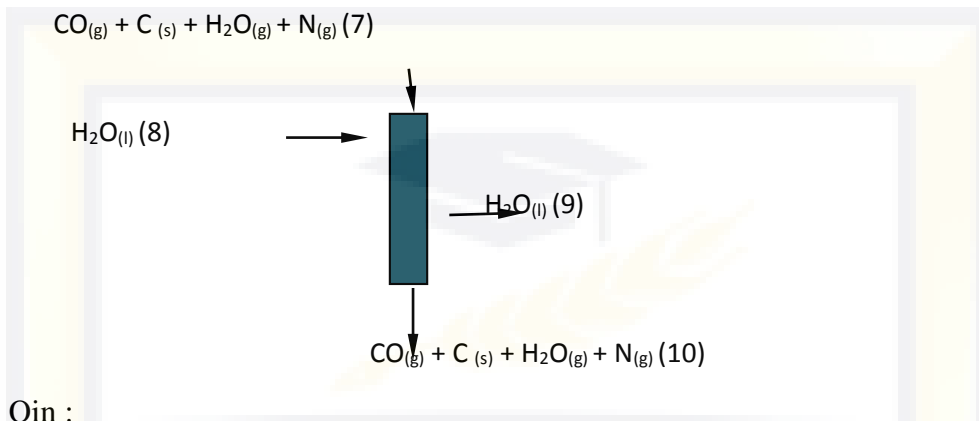
Komponen	Input	Output
C	-2,20749E+13	-4,41497E+12
H ₂ O (g)	-359288,923	-71857,7846
Udara		-1,76599E+13
Udara panas	-608422444,2	-121684488,8
Total (kkal)	-2,20755E+13	-2,2075E+13

Keterangan : *tanda minus menunjukkan bahwa sistem adalah eksotermis*

3. Neraca Panas Cooler

Fungsi : Menurunkan suhu karbon hitam dan gas buang

Reaksi : Penurunan Suhu



Qin :

a. Menghitung Panas Karbon

Berdasarkan Hougen, nilai komponen karbon, sebagai berikut :

$$A = -0,832000 \text{ kkal}$$

$$B = 0,034846 \text{ kkal}$$

$$C = -0,000013 \text{ kkal}$$

$$m C = 2.293,7611 \text{ kmol}$$

$$T1 \text{ referensi} = 25^{\circ}\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T2 \text{ Karbon Masuk} = 1052^{\circ}\text{C} = 1325,15 \text{ K}$$

Maka,

Cp karbon dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Cp = a + b/2 (T_2 + T_1) + c/3 (T_2^2 + T_2T_1 + T_1^2)$$

Sehingga,

$$CP = -0,832000 + \frac{0,034846}{2} (303 + 1325,15) + \frac{-0,000013}{3} (1325,15^2 + 303 \times 131823,15 + 298^2)$$

$$Cp = 17,74268382 \text{ kkal}$$

Maka,

$$\Delta H = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

$$Q_1 = 41.802.414,48 \text{ kkal}$$

b. Menghitung Udara Masuk

$$T_1 \text{ referensi} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_2 \text{ Udara Masuk} = 1052^\circ\text{C} = 1325,15 \text{ K}$$

Mencari nilai C_p dari komponen a, b dan c dari udara.

(Hougen : 1959 , hal : 255)

$$A = 29,526000 \text{ kkal/kmol}$$

$$B = -0,008900 \text{ kkal/kmol}$$

$$C = 0,000038 \text{ kkal/kmol}$$

$$m \text{ O}_2 = 408,7319 \text{ kmol}$$

C_p udara dihitung dengan menggunakan rumus :

$$C_p \text{ udara} = a + b/2 (T_2 + T_1) + c/3 (T_2^2 + T_2T_1 + T_1^2)$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} CP &= 29,526000 + \frac{-0,008900}{2} (1325,15+298) + \frac{0,000038}{3} (1325,15^2 + 303 \times 298 \\ &+ 298^2) \\ &= 50,67278465 \text{ kkal/kmol.K} \end{aligned}$$

$$Q_2 = m \times C_p \times dt$$

$$\begin{aligned} &= 408,7319 \text{ kmol} \times 50,67278465 \text{ kkal/kmol.K} \times (1325,15 - 298) \text{ K} \\ &= 21.273.903,04 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Qout :

c. Menghitung Panas Karbon

Berdasarkan Hougen, nilai komponen karbon, sebagai berikut :

$$A = -0,832000 \text{ kkal}$$

$$B = 0,034846 \text{ kkal}$$

$$C = -0,000013 \text{ kkal}$$

$$m \text{ C} = 2.293,7611 \text{ kmol}$$

$$T_1 \text{ referensi} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

T2 Karbon Masuk = 33°C = 306,15K

Maka,

Cp karbon dihitung dengan menggunakan rumus :

$$C_p = a + b/2 (T_2 + T_1) + c/3 (T_2^2 + T_2T_1 + T_1^2)$$

Sehingga,

$$C_p = -0,832000 + \frac{0,034846}{2} (306,15 + 1325,15) + \frac{-0,000013}{3} (306,15^2 + 303 \times 131823,15 + 298^2)$$

$$C_p = 8,507792519 \text{ kkal}$$

Maka,

$$\Delta H = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$Q_3 = 159.045,9747 \text{ kkal}$$

d. Menghitung Panas Udara

$$T_1 \text{ referensi} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_2 \text{ Udara Masuk} = 33^\circ\text{C} = 306,15 \text{ K}$$

Mencari nilai Cp dari komponen a, b dan c dari udara.

(Hougen : 1959 , hal : 255)

$$A = 29,526000 \text{ kkal/kmol}$$

$$B = -0,008900 \text{ kkal/kmol}$$

$$C = 0,000038 \text{ kkal/kmol}$$

$$m_{O_2} = 408,7319 \text{ kmol}$$

Cp udara dihitung dengan menggunakan rumus :

$$C_p \text{ udara} = a + b/2 (T_2 + T_1) + c/3 (T_2^2 + T_2T_1 + T_1^2)$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 CP &= 29,526000 + \frac{-0,008900}{2} (306,15K+298) + \frac{0,000038}{3} (306,15^2 + 303 \times 298 \\
 &+ 298^2) \\
 &= 30,30521645\text{kkal/kmol.K}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_4 &= m \times Cp \times dt \\
 &= 408,7319 \text{ kmol} \times 30,30521645\text{kkal/kmol.K} \times (306,15 - 298) \text{ K} \\
 &= 100951,6759\text{kkal}
 \end{aligned}$$

e. Menghitung Panas Serap

$$\begin{aligned}
 \text{Panas Serap} &= Q_{in} - Q_{out} \\
 &= 62.816.319,87\text{kkal}
 \end{aligned}$$

Untuk menyerap panas tersebut, dibutuhkan *cooling water* :

$$T1 \text{ referensi} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T2 \text{ Air Masuk} = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

Mencari nilai Cp dari komponen a, b dan c dari udara.

(Hougen : 1959 , hal : 255)

$$A = 33,933000 \text{ kkal}$$

$$B = -0,008419 \text{ kkal}$$

$$C = 0,000030 \text{ kkal}$$

$$M \text{ H}_2\text{O} = 1.529,18 \text{ kmol}$$

Cp air pendingin dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Cp \text{ air} = a + b/2 (T_2 + T_1) + c/3 (T_2^2 + T_2T_1 + T_1^2)$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 CP &= 33,933000 + \frac{-0,008419}{2} (303+298) + \frac{0,000030}{3} (303^2 + 303 \times 298 + 298^2) \\
 &= 34,1121605\text{kkal/kmol.K}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$Q_5 = m\text{H}_2\text{O} \times Cp \times dt$$

$$= 260.818,17 \text{ kkal}$$

Suhu air keluar selama penyerapan :

$$T1 \text{ referensi} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T2 \text{ Air Keluar} = 90^\circ\text{C} = 363,15 \text{ K}$$

Mencari nilai Cp dari komponen a, b dan c dari udara.

(Hougen : 1959 , hal : 255)

$$A = 33,933000 \text{ kkal}$$

$$B = -0.008419 \text{ kkal}$$

$$C = 0,000030 \text{ kkal}$$

$$M \text{ H}_2\text{O} = 1.529,18 \text{ kmol}$$

Cp air pendingin dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Cp \text{ air} = a + b/2 (T_2 + T_1) + c/3 (T_2^2 + T_2T_1 + T_1^2)$$

Sehingga,

$$CP = 33,933000 + \frac{-0.008419}{2} (363,15+298) + \frac{0,000030}{3} (363,15^2 + 363,15 \times 298 + 298^2)$$

$$= 34,4388953 \text{ kkal/kmol.K}$$

Maka,

$$Q_6 = m\text{H}_2\text{O} \times Cp \times dt$$

$$= 3.431.012,035 \text{ kkal}$$

Massa cooling water :

$$M \text{ H}_2\text{O} = Q_{\text{serap}} / CP$$

$$= 62.816.319,87 / 34,4388953 \text{ kkal/kmol.K}$$

$$= 1823993,462 \text{ kmol.K}$$

$$M \text{ H}_2\text{O} = 1823993,462 \text{ kmol.K} \times Mr \text{ H}_2\text{O}$$

$$= 32.831.882,32 \text{ L}$$

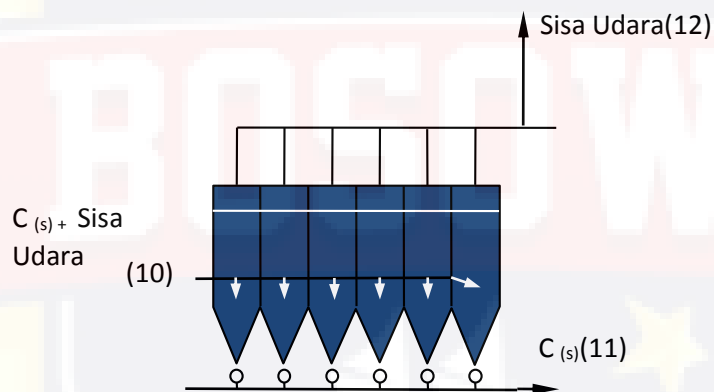
Tabel 5.3 Panas Cooler

Komponen	Input	Output
C	41802414,48	159045,9747
Udara	21273903,04	100951,6759
Q Serap		62816319,87
Air	3431012,035	3431012,035
Total (kkal)	66507329,56	66507329,56

4. Neraca Panas Bag Filters

Fungsi : Memisahkan Karbon Hitam dan Gas Buang

Reaksi : Pemisahan



Pada bagian ini, Reaksi panas tidak terjadi, sehingga :

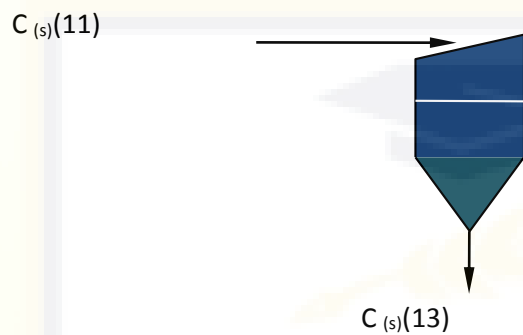
Tabel 5.4 Panas Bag Filters

Komponen	Input	Output
C	159045,9747	159045,9747
Udara	100951,6759	100951,6759
Total (kkal)	259997,6507	259997,6507

5. Neraca Panas Grinder

Fungsi : Memompa karbon hitam ke Grinder

Reaksi : Pengangkutan



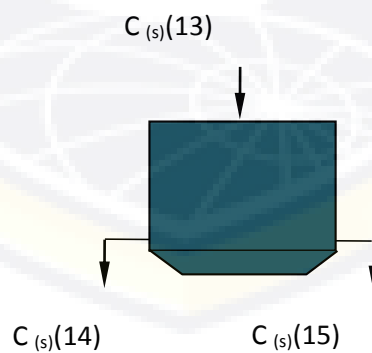
Tabel 5.5 Panas Grinder

Komponen	Input	Output
C	159045,9747	159045,9747
Total (kkal)	159045,9747	159045,9747

6. Neraca Panas *Surge Tank*

Fungsi : Penampungan Bubuk Karbon Hitam

Reaksi : Penampungan



Pembagian karbon hitam 50 : 50, sehingga :

Aliran 14 :

$$Q1 = 159045,9747 : 2 = 79522,98737 \text{ kkal}$$

Aliran 15

$$Q2 = 159045,9747 : 2 = 79522,98737 \text{ kkal}$$

Tabel 5.6 Panas Surge Tank

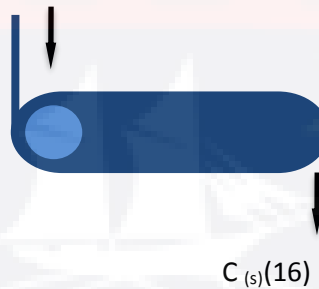
Komponen	Input	Output
C	159045,9747	79522,98737
		79522,98737
Total (kkal)	159045,9747	159045,9747

7. Neraca Panas Magnetic Separator

Fungsi : Pemisahan impurities yang berasal dari alat dan bahan lain dari udara

Reaksi : Pemisahan dan pengangkutan

$C_{(s)}(14)$



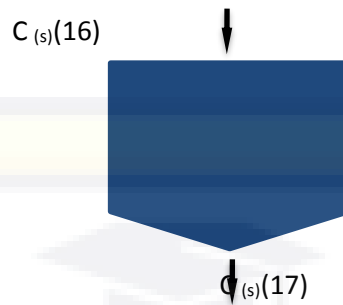
Panas pada alat ini hanya berasal dari bahan :

Tabel 5.7 Panas Surge Tank

Komponen	Input	Output
C	79522,98737	79522,98737
Total (kkal)	79522,98737	79522,98737

8. Neraca Panas Silo-01

Fungsi : Menampung karbon hitam bubuk sebelum dipasarkan



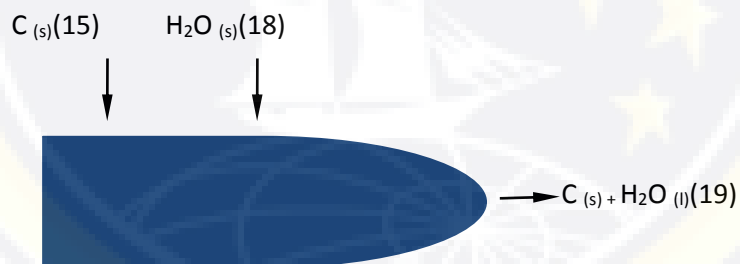
Tabel 5.8 Panas Silo-01

Komponen	Input	Output
C	79522,98737	79522,98737
Total (kkal)	79522,98737	79522,98737

9. Neraca Panas Pelletizer

Fungsi : Membentuk karbon hitam menjadi bentuk pellet

Reaksi : Granulasi



a. Menghitung Air Masuk

Untuk menyerap panas tersebut, dibutuhkan *air* :

$$T1 \text{ referensi} = 25^{\circ}\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T2 \text{ Air Masuk} = 30^{\circ}\text{C} = 303 \text{ K}$$

Mencari nilai C_p dari komponen a, b dan c dari udara.

(Hougen : 1959 , hal : 255)

$$A = 33,933000 \text{ kkal}$$

$$B = -0.008419 \text{ kkal}$$

$$C = 0,000030 \text{ kkal}$$

$$M \text{ H}_2\text{O} = 1.529,18 \text{ kmol}$$

Cp air pendingin dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Cp \text{ air} = a + b/2 (T_2 + T_1) + c/3 (T_2^2 + T_2T_1 + T_1^2)$$

Sehingga,

$$CP = 33,933000 + \frac{-0.008419}{2} (303+298) + \frac{0,000030}{3} (303^2 + 303 \times 298 + 298^2)$$

$$= 34,1121605 \text{ kkal/kmol.K}$$

Maka,

$$Q_1 = m\text{H}_2\text{O} \times Cp \times dt$$

$$= 260.818,17 \text{ kkal}$$

b. Panas Terbuang

$$Q_{\text{loss}} = Q_2 - Q_1$$

$$= 260.818,17 \text{ kkal} - 79522,98737$$

$$= 181295,1806$$

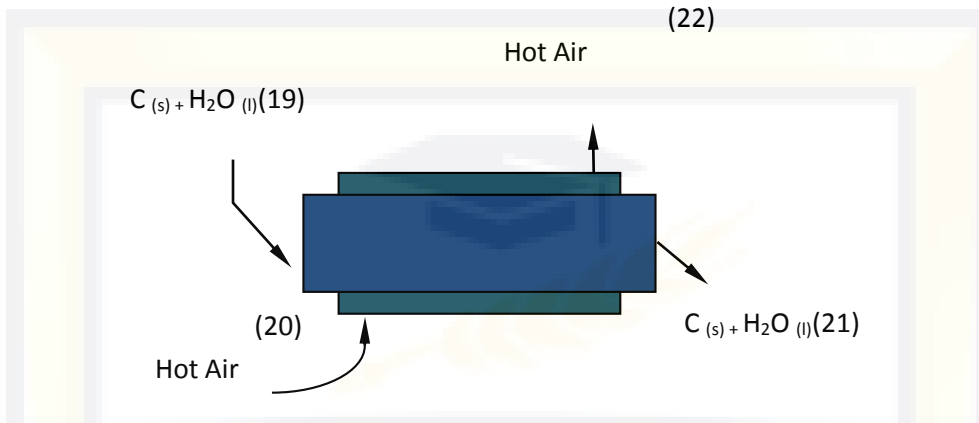
Tabel 5.9 Panas Pelletizer

Komponen	Input	Ouput
C	79522,98737	74743,47531
H2O	260818,168	260818,168
HL	181295,1806	186074.6906
Total (kkal)	521636,3359	521636,3359

10. Neraca Panas *Dryer*

Fungsi : Mengeringkan *slurry* karbon hingga

Reaksi : Pengurangan kadar air



a. Menghitung udara masuk

$$T1 \text{ referensi} = 25^{\circ}\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T2 \text{ Udara Masuk} = 40^{\circ}\text{C} = 313,15 \text{ K}$$

Mencari nilai C_p dari komponen a, b dan c dari udara.

(Hougen : 1959 , hal : 255)

$$A = 29,526000 \text{ kkal/kmol}$$

$$B = -0,008900 \text{ kkal/kmol}$$

$$C = 0,000038 \text{ kkal/kmol}$$

$$m \text{ O}_2 = 408,7319 \text{ kmol}$$

C_p udara dihitung dengan menggunakan rumus :

$$C_p \text{ udara} = a + b/2 (T_2 + T_1) + c/3 (T_2^2 + T_2T_1 + T_1^2)$$

Sehingga,

$$C_p = 29,526000 + \frac{-0,008900}{2} (313,15 \text{ K} + 298) + \frac{0,000038}{3} (313,15^2 + 313,15 \times 298 + 298^2)$$

$$= 30,35540039 \text{ kkal/kmol.K}$$

$$Q = m \times C_p \times dt$$

$$= 187.969,3902 \text{ kkal}$$

b. Menghitung Panas Karbon dan Air Keluar

Mendapatkan panas **karbon** yang keluar,

$$T_1 \text{ referensi} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_2 \text{ karbon keluar} = 40^\circ\text{C} = 313,15 \text{ K}$$

Mencari nilai C_p dari komponen a, b dan c dari karbon

(Hougen : 1959 , hal : 255)

$$A = -0,832000 \text{ kkal/kmol}$$

$$B = -0,034846 \text{ kkal/kmol}$$

$$C = -0,000013 \text{ kkal/kmol}$$

$$m_C = 1.146,8805 \text{ kmol}$$

C_p udara dihitung dengan menggunakan rumus :

$$C_p \text{ udara} = a + b/2 (T_2 + T_1) + c/3 (T_2^2 + T_2T_1 + T_1^2)$$

Sehingga,

$$C_p = 29,526000 + \frac{-0,008900}{2} (303+298) + \frac{0,000038}{3} (303^2 + 303 \times 298 + 298^2)$$

$$= -11,48006645 \text{ kkal/kmol.K}$$

$$Q_c = -199.468,9049 \text{ kkal}$$

Mendapatkan panas **air** yang keluar :

$$T_1 \text{ referensi} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_2 \text{ karbon keluar} = 40^\circ\text{C} = 313,15 \text{ K}$$

Mencari nilai C_p dari komponen a, b dan c dari karbon

(Hougen : 1959 , hal : 255)

$$A = 33,933000 \text{ kkal}$$

$$B = -0.008419 \text{ kkal}$$

$$C = 0,000030 \text{ kkal}$$

$$M \text{ H}_2\text{O} = 1.529,18 \text{ kmol}$$

Cp air pendingin dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Cp \text{ air} = a + b/2 (T_2 + T_1) + c/3 (T_2^2 + T_2T_1 + T_1^2)$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} CP &= 33,933000 + \frac{-0,008419}{2} (313,15+298) + \frac{0,000030}{3} (313,15^2 + 303 \times 298 + \\ &298^2) \\ &= 39,30749215 \text{ kkal/kmol.K} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} Q &= m\text{H}_2\text{O} \times Cp \times dt \\ &= 43364,92941 \text{ kkal} \end{aligned}$$

c. Menghitung Udara Keluar

$$T_1 \text{ referensi} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_2 \text{ Udara Masuk} = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

Mencari nilai Cp dari komponen a, b dan c dari udara.

(Hougen : 1959 , hal : 255)

$$A = 33,933000 \text{ kkal}$$

$$B = -0,008419 \text{ kkal}$$

$$C = 0,000030 \text{ kkal}$$

$$M \text{ H}_2\text{O} = 2.106,5152$$

Cp uap panas dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Cp \text{ uap panas} = a + b/2 (T_2 + T_1) + c/3 (T_2^2 + T_2T_1 + T_1^2)$$

Sehingga,

$$CP = 33,933000 + \frac{-0,008419}{2} (303+298) + \frac{0,000030}{3} (303^2 + 303 \times 298 + 298^2)$$

$$= 34,1121605 \text{ kkal/kmol.K}$$

Maka,

$$Q = m_{\text{H}_2\text{O}} \times C_p \times dt$$

$$= 359.288,923 \text{ kkal}$$

d. Menghitung panas serap

$$Q_s = Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}$$

$$= 78591,72385 \text{ kkal}$$

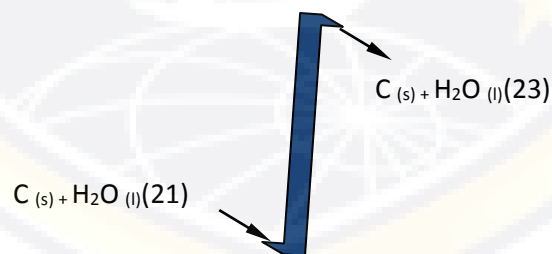
Tabel 5.10 Panas *Dryer*

Komponen	Input	Output
C	74743,47531	199468,9049
H ₂ O	260818,168	43364,92941
Udara	187969,3902	359288,923
Q _s	78591,72385	
Total (kkal)	602122,7573	602122,7573

14. Neraca Panas *Bucket Elevator*

Fungsi : Membawa karbon pellet menuju magnetic separator

Reaksi : Pengangkutan



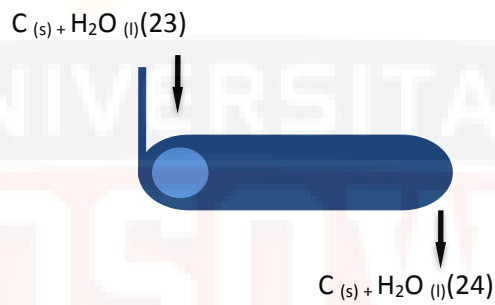
Pada alat ini, bahan hanya diangkut tanpa mengalami reaksi yang membutuhkan panas.

Tabel 5.11 Panas *Bucket Elevator*

Komponen	Input	Output
C	199468,9049	199468,9049
H2O	43364,92941	43364,92941
Total (kkal)	242833,8343	242833,8343

15. Neraca Panas Magnetic Separator-02

Fungsi : Pemisahan impurities yang berasal dari alat dan bahan lain dari udara



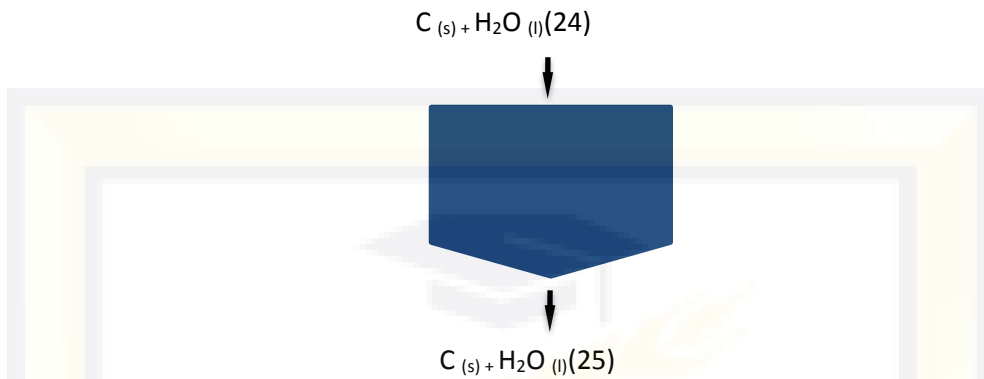
Pada alat ini, bahan hanya diangkut tanpa mengalami reaksi yang membutuhkan panas.

Tabel 5.11 Panas *Magnetic Separator*

Komponen	Input	Output
C	199468,9049	199468,9049
H2O	43364,92941	43364,92941
Total (kkal)	242833,8343	242833,8343

16. Neraca Panas Silo-02

Fungsi : Menampung karbon hitam pellet sebelum dipasarkan



Pada alat ini, bahan disimpan tanpa mengalami reaksi yang membutuhkan panas

Tabel 5.11 Panas *Silo-02*

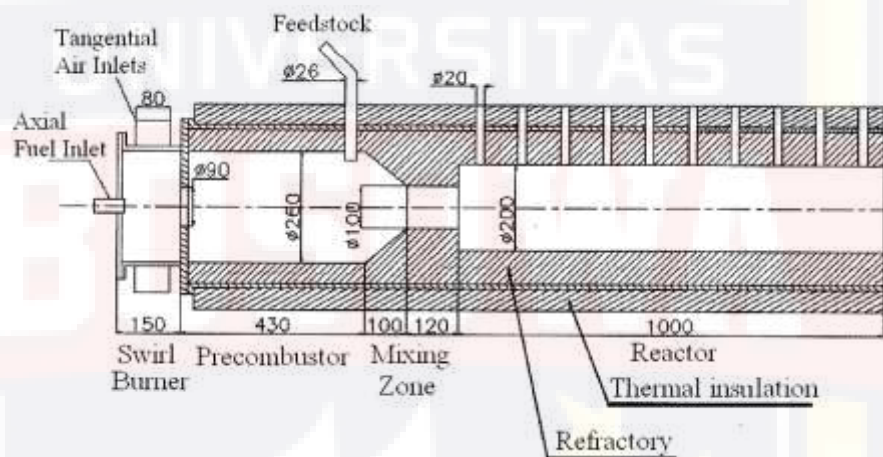
Komponen	Input	Output
C	199468,9049	199468,9049
H2O	43364,92941	43364,92941
Total (kkal)	242833,8343	242833,8343

LAMPIRAN C

SPESIFIKASI ALAT

A. Spesifikasi Peralatan *Furnace*

Jenis	: <i>Fire Tubed Furnace</i>
Fungsi	: Memanaskan suhu ruang hingga 1400°C dan membentuk karbon hitam dari proses pembakaran tidak sempurna
Kondisi Operasi	: Suhu = 1400 °C
Kode	: FN-01



Gambar C1. *Furnace*

Reaksi yang terjadi didalam reaktor:

Reaksi Utama :



1. Menentukan jenis reaktor

Dipilih reaktor *fire tubed furnace* dengan pertimbangan sebagai (Hill, 1997) berikut:

- a. zat pereaksi berupa fasa gas
- b. umur reaktor lama

- c. reaksi endotermis sehingga diperlukan luas perpindahan panas yang besar agar kontak dengan pemanas berlangsung optimal

2. Menentukan tebal dinding reaktor

Tebal dinding reaktor (*shell*) dihitung dengan persamaan (brownell,1980):

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

Dimana :

t_s = tebal *shell*, in

E = efisiensi pengelasan

f = maksimum *allowable stress* bahan yang digunakan (Brownell,tabel 13-1, p.251)

r = jari-jari dalam *shell*, in

C = faktor korosi, in

P = tekanan *design*, Psi

Dari tabel 11 Kern dipilih pipa dengan spesifikasi sebagai berikut :

Nominal pipe size = 3 in

Outside diameter = 9,44 in = 0,24 m

Schedule Number = 40

Inside Diamater = 84,64 in = 2,15 m

Flow Area per Pipe = 3,068 in²

Surface in per ft = 0,917 in²/ft

T_s = 1 in

Menentukan diameter dalam reaktor :

P = 1,25 x ODt

= 1,25 x 9,44

= 11,8 in

C = P – OD

$$= 11,8 - 9,44$$

$$= 2,36 \text{ in}$$

Bahan yang digunakan *Stainless steel SA 167 Grade 11 type 316*

E	0,85
F	18750 psi
C	2,36
R	ID/2 = (84,64 /2) in
P	44,1 psi

dipilih tebal dinding reaktor standar 3/4 in

$$\text{Diameter luar reaktor} = \text{ID} + 2t_s$$

$$= 84,64 \text{ in} + (2 \times 1)$$

$$= 86,64 \text{ in}$$

Sehingga dipilih diameter luar reaktor (Brownell,1959) sebesar 90 in.

a. Menghitung panjang furnace reaktor

$$Ods = 90 \text{ in}$$

$$t_s = 1 \text{ in}$$

didapat :

$$\text{irc} = 11,5 \text{ in}$$

$$r = 42,32 \text{ in}$$

$$a = \text{IDs}/2 = 41,06 \text{ in}$$

$$AB = a - \text{irc} = 29,56 \text{ in}$$

$$BC = r - \text{irc} = 30,82 \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2} = 8,72 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 33,6 \text{ in}$$

Tebal penutup dihitung berdasarkan persamaan (Brownell, 1979) :

$$t_h = \frac{P.ID}{2.f.E - 0,2.P} + C$$

- P = tekanan design, psi = 44,41 psi
 ID = diameter dalam reactor, in = 84,64 in
 F = maksimum allowable stress, psi = 18750 psi
 E = efisiensi pengelasan = 0,85
 C = faktor korosi, in = 0,25

$$\begin{aligned} t_p &= \frac{P.ID}{2.F.E - (0,2.P)} + C \\ &= \frac{44,41 \times 84,64}{2 \times 18.750 \times 0,85 - (0,2 \times 44,41)} + 0,25 \\ &= 0,12 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari tabel 5.6 Brownell p.88 dengan, ts 1 in didapat sf = 1,5 – 3 in perancangan digunakan sf = 2 in panjang pinggiran furnace dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} L_p &= t_p + b + sf \quad (6.5) \\ &= 35,28 \text{ in} \\ &= 0,89 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjang reaktor total = panjang *shell* + panjang pinggiran

$$\begin{aligned} PR &= 174,64 \text{ in} + 35,28 \text{ in} \\ &= 209,92 \text{ in} \\ &= 5,33 \text{ m} \approx 6 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Menghitung kapasitas over design

Laju Alir Umpan = 53.348,6772 kg/jam

Kapasitas Over Design 10 % dari laju alir umpan

$$= 53.348,67 \text{ kg/jam} \times 0,1$$

$$= 5.334,867 \text{ kg/jam}$$

Sehingga, kapasitas dalam 1 hari kerja adalah :

$$= 1.408,40 \text{ ton/hari}$$

3. Menentukan volume reactor

$$\text{Bahan Masuk} = 53.348,6772 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas bahan } (\rho) = 991 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik} &= \frac{\text{Bahan Masuk}}{\text{Densitas } (\rho)} \\ &= \frac{53.348,6772 \text{ kg/jam}}{991 \text{ kg/m}^3} \\ &= 53,83 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Asumsi Rate volumetric sama dengan volume furnace, maka :

Volume total untuk furnace reactor adalah 20% dari volume total,

$$\text{Volume total} = \text{Volume bahan} + \text{Volume Ruang Kosong}$$

$$\text{Volume ruang kosong} = 20\% \text{ Volume Total,}$$

Didapatkan :

$$\begin{aligned} \text{Volume total} &= \text{Volume bahan} + \text{Volume ruang kosong} \\ &= 53,83 \text{ m}^3 + 20\% \text{ Volume total} \end{aligned}$$

$$80\% \text{ volume total} = 53,83 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total} &= \frac{53,83}{0,8} \\ &= 67,28 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

4. Menentukan Nozzle

Nozzle H₂O :

$$\text{Rate umpan masuk} = 27.525,25 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas umpan } (\rho) = 997 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetric (Q)} &= \frac{27.525,25 \text{ kg/jam}}{997 \text{ kg/m}^3} \\ &= 27,61 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

dari Peter & Timerhause didapatkan di optimum:

$$\begin{aligned} \text{ID optimal} &= 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 27,61^{0,45} \times 997^{0,13} \\ &= 42,6 \text{ in} \\ &= 3,5 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dari data pada Geankapolis A-5 pada halaman 899, maka dipilih *nozzle* :

Ukuran pipa	= 1 in	= 0,083 ft
OD	= 1,315 in	= 0,11 ft
ID	= 42, 6 in	= 3,5 ft
A	= 0,8 in ²	= 0,005 ft ²

Nozzle MFO :

Rate umpan masuk	= 27.525,25 kg/jam
Densitas umpan (ρ)	= 991 kg/m ³
Rate volumetric (Q)	= $\frac{27.525,25 \text{ kg/jam}}{991 \text{ kg/m}^3}$
	= 27,77 m ³ /jam

dari Peter & Timerhause didapatkan di optimum:

ID optimal	= 3,9 Q ^{0,45} ρ ^{0,13}
	= 3,9 x 27,77 ^{0,45} x 991 ^{0,13}
	= 42,7 in
	= 3,6 ft

Dari data pada Geankapolis A-5 pada halaman 899, maka dipilih *nozzle* :

Ukuran pipa	= 1 in	= 0,083 ft
OD	= 1,315 in	= 0,11 ft
ID	= 42, 7 in	= 3,6 ft
A	= 0,8 in ²	= 0,005 ft ²

Tabel 1. Spesifikasi *Furnace*

No	Spesifikasi		Keterangan
1	Fungsi		Memanaskan suhu ruang hingga 1400°C dan membentuk karbon hitam dari proses pembakaran tidak sempurna.
2	Jenis		<i>Fire-tubed furnace</i>
3	Kode		FN-01
4	Kondisi		Suhu : ± 1000
5	Tebal dinding	ID	84,64 in
		OD	90 in
6	Tekanan		44 psi

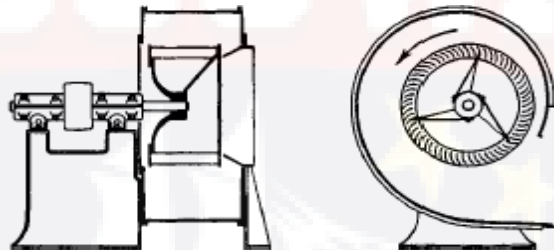
7	Kapasitas		1.408,40 ton/hari
8	Volume		67,28 m ³
9	Nozzle MFO	OD	0,11 ft
		ID	0,36 ft
		Rate	27,77 m ³ /jam
10	Nozzle H ₂ O	OD	0,11 ft
		ID	0,35 ft
		Rate	27,61 m ³ /jam
11	Jumlah		1 buah

B. Spesifikasi Peralatan *Blower*

Fungsi : Mengalirkan udara masuk ke dalam *Rotary Heat exchanger*

Tipe : *Centrifugal Multiblade Backward Curved Blower*

Dasar Pemilihan : Harganya lebih murah (Tabel 4-9, Ulrich : 120) dan efisiensinya tinggi (Banchero : 112)



Gambar 3. Blower

$$\begin{aligned} \text{Jumlah udara masuk (Gg)} &= 6264,8506 \text{ kg/jam} \\ &= 230,1936 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

1. Menentukan densitas (ρ)

$$\text{Temperatur udara masuk (T}_{G1}\text{)} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$\rho \text{ udara pada } 0 \text{ }^\circ\text{C, } 1 \text{ atm} = 1,2928 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ udara pada } 30 \text{ }^\circ\text{C, } 1 \text{ atm} &= \frac{273 \text{ K}}{(273+303)\text{K}} \times 1,2928 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,61 \text{ kg/ m}^3 \end{aligned}$$

2. Menentukan laju alir volumetrik udara (Q_u)

$$\begin{aligned} Q_u &= Gg/\rho \\ &= \frac{6264,8506 \text{ kg/jam}}{0,61 \text{ kg/ m}^3} \\ &= 10.270,25 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

3. Menentukan daya blower (P)

$$\text{Daya (P)} = 1,57 \times 10^{-4} \cdot Q_u \cdot p_{op} \quad (\text{Perry's 7}^{\text{ed}}, \text{ hal 10-46})$$

Ket :

$$Q_u = \text{Laju alir volumetric udara}$$

$$P_{op} = 5 \text{ in}$$

Maka daya teoritis blower adalah:

$$\begin{aligned} P_{\text{teoritis}} &= 1,57 \cdot 10^{-4} \times 10.270,25 \times 5 \\ &= 8,06 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi blower} = 40 \% - 80 \%, (\text{Perry's 7}^{\text{ed}}, \text{ hal 10-46})$$

Nilai efisiensi diambil 80 %, maka daya aktual blower adalah :

$$\begin{aligned} P_{\text{aktual}} &= \frac{P_{\text{teoritis}}}{\eta} \\ &= \frac{8,06}{0,8} \\ &= 10,1 \text{ hp} \end{aligned}$$

Tabel 2. Spesifikasi *Blower*

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Fungsi	Mengalirkan udara masuk ke dalam <i>Rotary Heat exchanger</i>
2	Jenis	<i>Centrifugal Multiblade Backward Curved Blower</i>
3	Kode	B-01
4	Kondisi	Suhu : 30°C

5	<i>Rate Volumetric</i>	10.270,25 m ³ /jam
6	ρ udara	0,61 kg/ m ³
7	<i>Power</i>	10,1 hp
8	Jumlah	1 buah

C. Spesifikasi Peralatan Pompa

Fungsi : Mengalirkan *air pendingin* menuju cooler

Tipe Pompa : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Fv = 88462,152 kg/jam = 195025,6614 lb/jam

Densitas Cairan (ρ) = 1,7339 kg/l = 108,24 lb/ft³

μ = 19,337582 cP = 0,01299 lb/ft.det

$$Q = \frac{Fv}{\rho}$$

$$= \frac{195025,6614}{108,24}$$

$$= 1801,789185 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,500497 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$= 224,638 \text{ gpm}$$

$$Di \text{ optimum} = 3,9 (Qf)^{0,45} x (\rho)^{0,13}$$

(Peter Timerhous edisi 4 fig 14-2 hal 498)

$$= 3,9 (0,500497)^{0,45} x (108,24)^{0,13}$$

$$= 5,25128615 \text{ in}$$

Pemilihan pipa

Standarisasi (Tabel 11, Kern, hal 844), diperoleh :

NPS = 4 in

OD = 4,5 in = 0,375 ft

ID = 4,026 in = 0,336 ft = 0,102 m

A (flow area) = 12,7 in² = 0,088 ft²

Schedule = 40

Menghitung kecepatan linier (v)

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,500497}{0,088}$$

$$= 5,687 \text{ ft/det}$$

$$= 1,7335 \text{ m/det}$$

Menentukan bilangan Reynold :

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot ID}{\mu}$$

$$= \frac{108,24 \times 5,687 \times 0,336}{0,01299} \quad (\text{Geankoplis pers 3.4-1, hal 144})$$

$$= 15923,43342 \quad (N_{Re} > 2100 \text{ maka aliran turbulen})$$

Dari Brown, fig.126 hal 141, bahan commercial steel didapat didapat

$$\frac{\epsilon}{D} = 0,00035$$

Dari Brown, fig.125 hal 140, didapat $f = 0,027$

Menentukan panjang pipa

Ukuran pipa didapatkan dari fig.127 hal 141 (Brown, 1950):

1. 1 sudden enlargement (Se) = (1 x 2,25) = 2,25 ft
2. 1 sudden contraction (Sc) = (1 x 2,25) = 2,25 ft
3. 5 standar elbow (el) = (5 x 5) = 25 ft
4. 1 gate valve (Gv) = (1 x 2,25) = 2,25 ft

$$L_e = (Se + Sc + el + Gv) = 31,75 \text{ ft} = 9,68 \text{ m}$$

Menghitung Head Pompa

Pressure head

$$\text{Tekanan asal } (P_1) = 1 \text{ atm} = 10332,275 \text{ kgf/m}^2$$

$$\text{Tekanan tujuan } (P_2) = 1,1 \text{ atm} = 10365,5 \text{ kgf/m}^2$$

$$\text{Densitas Cairan } (\rho) = 1733,9 \text{ kg/m}^3$$

$$H_p = \frac{P_2 - P_1}{\rho} = \frac{(10365,5 - 10332,275) \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}}{1733,9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{det}^2}}{9,81 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{kgf} \cdot \text{det}^2}}}$$

$$= 0,019 \text{ m}$$

$$= 0,062 \text{ ft}$$

Velocity head

$$H_v = \frac{(v^2 - v^1)}{2g} = \frac{(1,7335^2 - 0^2)}{2 \times 0,98}$$
$$= 1,533 \text{ m}$$
$$= 5,030 \text{ ft}$$

Friction head

$$H_f = \frac{f \cdot v^2 \cdot L}{2 \cdot g \cdot ID} = \frac{0,027 \times 1,7335^2 \times 9,68}{2 \times 0,98 \times 0,102}$$
$$= 3,928 \text{ m}$$
$$= 12,888 \text{ ft}$$

Total head pompa :

$$H = H_p + H_v + H_f$$
$$= 0,062 \text{ ft} + 5,030 \text{ ft} + 12,888 \text{ ft}$$
$$= 17,98 \text{ ft}$$

Menghitung kecepatan spesifik

Putaran pompa (N) = 1000 rpm

(Dipilih berdasarkan tabel 14.2 Ludwig, E.E., vol 3, ed III, hal 624)

Debit cairan = 224,638 gpm

Head total = 17,98 ft

$$N's = \frac{N \cdot (Q)^{0,5}}{h^{0,75}}$$

(Persamaan 5.2 hal 200 (Culson & Richardson, vol 6, ed III, 1999))

$$= \frac{1000 \times (224,638)^{0,5}}{(17,98)^{0,75}}$$
$$= 1716,521 \text{ rpm}$$

Menghitung brake horse power

$$\eta = 79 \%$$

(Diperoleh dari fig 14.37 Peters, M.S., K.D., Timmerhaus, ed IV, hal 520, 1991)

$$\text{BHP} = \frac{Q \cdot h}{3960 \cdot \eta}$$

$$= \frac{224,638 \times 17,98}{3960 \times 0,79}$$

$$= 1,291 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor 81%

(Diperoleh dari fig 14.38 Peters, M.S., K.D., Timmerhaus, ed IV, hal 521, 1991)

$$\text{BPM} = \frac{1,291}{0,81}$$

$$= 1,593 \text{ Hp}$$

Digunakan daya motor standar = 2 Hp (Ludwig, E.E., vol 3, ed III, hal 628)

Tabel 2. Spesifikasi *Pump*

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Fungsi	Mengalirkan <i>air pendingin</i> menuju cooler
2	Jenis	<i>Centrifugal pump</i>
3	Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
4	<i>Head</i> pompa	17,89 ft
5	<i>Rate Volumetric</i>	10.270,25 m ³ /jam
6	Kecepatan spesifik pompa (Ns)	1716,521 rpm
7	Panjang pipa	9,68 m
8	<i>Power</i>	2 Hp
9	Jumlah	1 buah

D. Spesifikasi Peralatan *Cooler*

Fungsi : Mendinginkan karbon hitam hasil keluaran *heat exchanger*

Tipe : *Double pipe heat exchanger*

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel*

Kebutuhan air pendingin

Suhu air pendingin masuk (t_1) = 30 °C = 303 K

Suhu air pendingin keluar (t_2) = 90 °C = 363,15 K

Cp air pendingin = 34,4388953 kkal/kmol.K

$$Q = 3.431.012,035 \text{ kkal}$$

$$W_a = \frac{Q}{C_p(t_2 - t_1)}$$

$$= \frac{3.431.012,035}{34,43 \times (363 - 303)}$$

$$= 1.660,86 \text{ kmol/jam}$$

Perhitungan luas transfer panas

Menentukan ΔT_{LMTD}

$$\text{Suhu pendingin masuk } (t_1) = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu pendingin keluar } (t_2) = 90 \text{ }^\circ\text{C} = 194 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu umpan masuk } (T_1) = 1052 \text{ }^\circ\text{C} = 1925,6 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu umpan keluar } (T_2) = 33 \text{ }^\circ\text{C} = 91,4 \text{ }^\circ\text{F}$$

Dari Kern, persamaan 5.14:

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$

$$= 366,38 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$= 185,76 \text{ }^\circ\text{C}$$

Overall heat transfer (UD)

Dari Kern, tabel 8 dipilih Ud untuk:

Hot fluid = Heavy organics

Cold fluid = Water

Untuk perancangan dipilih harga UD = 60 BTU/jam ft² °F

Luas transfer panas

Dari Kern, persamaan 5.15:

$$A = \frac{Q}{U_D \Delta T_{LMTD}}$$

$$= \frac{13.615.356,15}{60 \times 366,38}$$

$$= 619,36 \text{ ft}^2$$

Luas transfer panas > 200 ft², maka dipilih double pipe exchanger (Kern, hal 103).

Pemilihan pipa

Dari Kern, tabel 6.1 didapat ukuran standar pipa untuk double pipe exchanger:

TABLE 6.1. DOUBLE PIPE EXCHANGER FITTINGS

Outer pipe, IPS	Inner pipe, IPS
2	1½
2½	1¾
3	2
4	3

Dari Kern, tabel 11 dipilih pipa dengan spesifikasi

Spesifikasi	Outer pipe/Anulus	Inner pipe
IPS, in	2,5	1,25
OD, in	2,88	1,66
ID, in	2,469	1,38
at, in ²	4,79	1,5
ao, ft ² /ft	0,753	0,435
Sch. No	40	40

Menghitung panjang total (L)

$$L = \frac{A}{ao \text{ inner pipe}}$$

$$= \frac{619,36}{0,435}$$

$$= 1.423,8 \text{ ft}$$

Diambil panjang pipa standar = 20 ft

Hairpin terdiri dari 2 pipa (n = 2), banyaknya hairpin dihitung dengan:

$$h = \frac{L}{2 \times lt}$$

$$= \frac{1.423,8 \text{ ft}}{2 \times 20 \text{ ft}}$$

$$= 35,6 \approx 36 \text{ buah}$$

Menghitung UD terkoreksi

$$U_D \text{ terkoreksi} = \frac{Q}{n \cdot h \cdot L \cdot a_o \cdot \Delta T_{LMTD}}$$

$$= \frac{13.615.356,15}{2 \times 36 \times 1423,8 \times 0,435 \times 366,38}$$

$$= 0,83 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Inner pipe, cold fluid

Luas pipa

$$ID = 1,38 \text{ in} = 0,115 \text{ ft}$$

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

$$= \frac{\pi \times 0,115^2}{4}$$

$$= 0,01 \text{ ft}^2$$

Kecepatan massa air pendingin

$$W_a = 1.660,86 \text{ kmol/jam}$$

$$G_a = F_v/A_p$$

$$= 29.894,48 \text{ gr/jam} / 0,01 \text{ ft}^2$$

$$= 2.989.548 \text{ gr/ft}^2 \text{ jam}$$

$$= 6.590,82 \text{ lb/ft}^2 \text{ jam}$$

Bilangan Reynold

$$\mu = 0,82 \text{ cP} = 1,98 \text{ lb/ft jam}$$

Dari Kern, persamaan 7.3:

$$Re = \frac{G_a ID}{\mu}$$
$$= \frac{6590,82 \times 0,115}{1,98}$$
$$= 382,8$$

Menghitung h_i dan h_{io}

$$\text{Dari Kern, fig. 24 diperoleh } j_H = 300$$

$$\text{Panas spesifik (Cp)} = 1 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Konduktivitas panas (k)} = 4,25 \text{ BTU/jam ft } ^\circ\text{F}$$

$$h_i = j_H \left[\frac{k}{ID} \right] \left[\frac{C_p \mu}{k} \right]^{1/3} \quad (\text{Kern, pers 6.15a, hal 111})$$

$$= 300 \left[\frac{4,25}{0,115} \right] \left[\frac{1 \times 1,98}{4,25} \right]^{1/3}$$

$$= 8597,027958 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

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

$$= 8597,027958 \times \frac{1,38}{1,66}$$

$$= 7146,926856 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Outer pipe/Anulus, hot fluid

Luas pipa

$$\text{ODi} = 1,66 \text{ in} = 0,138 \text{ ft}$$

$$\text{ODO} = 2,88 \text{ in} = 0,24 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Aa} &= \frac{\pi (\text{ODO}^2 - \text{ODi}^2)}{4} \\ &= 0,0302 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Kecepatan massa umpan

$$\text{Fv} = 73.306,729 \text{ kg/jm} = 161.613,67 \text{ lb/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Gp} &= \text{Fv}/\text{Aa} \\ &= 5.351,446,02 \text{ lb/ft}^2 \text{ jam} \end{aligned}$$

Bilangan Reynold

$$\mu = 2,104 \text{ cP} = 5,089 \text{ lb/ft jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{\text{Gp ID}}{\mu} \\ &= 145.116,83 \end{aligned}$$

Menghitung ho

$$\text{Dari Kern, fig. 24 diperoleh } jH = 49$$

$$\text{Panas spesifik (Cp)} = 0,445 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Konduktivitas panas (k)} = 1,27 \text{ BTU/jam ft } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} h_o &= jH \left[\frac{k}{D} \right] \left[\frac{c_p \mu}{k} \right]^{1/3} \quad (\text{Kern, pers 6.15a, hal 111}) \\ &= 656,1927945 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

Menghitung Uc dan Rd

$$\text{Uc} = \frac{h_o \times h_o}{h_o + h_o} \quad (\text{Kern, pers. 6.38, hal 121})$$

$$= \frac{7146,926856 \times 656,1927945}{7146,926856 + 656,1927945}$$

$$= 601,0111489 \text{ BTU/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Rd min} = 0,002 \quad (\text{Kern, tabel 12, hal 845})$$

$$\text{Rd} = \frac{Uc - Ud}{Uc \times Ud} \quad (\text{Kern, pers. 6.13, hal 108})$$

$$= \frac{601,0111489 - 4,285714286}{601,0111489 \times 4,285714286}$$

$$= 0,231669471$$

$R_d > R_{d \text{ min}}$, maka alat layak digunakan

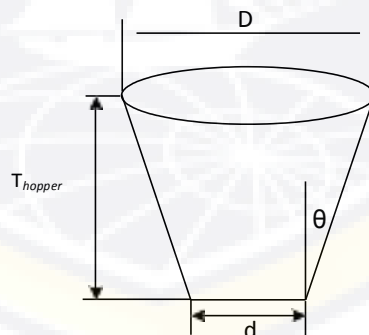
Tabel 4. Spesifikasi Cooler

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Fungsi	Mendinginkan karbon hitam hasil keluaran <i>heat exchanger</i>
2	Jenis	<i>Double pipe heat exchanger</i>
3	Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel</i>
4	Panjang pipa	20 ft
5	<i>Cold Fluid</i>	Air
6	Luas transfer panas (A)	619,36 ft ²
7	<i>Power</i>	2 Hp
8	Jumlah	1 Buah

E. Spesifikasi Peralatan *Bag Filters*

Fungsi : Menampung karbon hitam keluaran cooler (C-01) dan mengumpulkannya ke crusher (CR-01).

Kondisi : Temperatur = 30 °C
Tekanan = 15,4308 psi



Gambar 5. *Conical Hopper*

Keterangan:

T_{hopper} : Tinggi hopper

- D : Inlet diameter
d : Outlet diameter
 θ : Wall angle

a. Menentukan kapasitas bag filters

Diketahui data:

Densitas (ρ) bahan masuk = 991 kg/m³

Dirancang kapasitas untuk waktu penyimpanan selama 4 jam dalam hopper sehingga kapasitas *Hopper* selama 4 jam menjadi,
27.525,13 kg/jam x 4 jam = 110.100,53 kg

Sehingga,

Over design = 10 % (Rules of thumb, Walas, 1988. xix)

Kapasitas *Over Design* = 110.100,53 kg x 0,1
= 121.110,58 kg

$$\begin{aligned} \text{Laju alir volumetrik (Q)} &= \frac{\text{Kapasitas Over Design}}{\text{Densitas Bahan}} \\ &= \frac{121.110,58 \text{ kg/jam}}{991 \text{ kg/m}^3} \\ &= 122,21 \text{ jam/m}^3 \end{aligned}$$

Diasumsikan bahwa laju alir volumetrik umpan = volume hopper, sehingga:

Volume hopper = 122,21 m³
= 431.580,54 ft³

b. Menentukan dimensi hopper

Volume dan tinggi hopper mengikuti persamaan berikut:

$$\begin{aligned} V_{\text{hopper}} &= \pi \times h/12 \times (D^2 + D.d + d^2) \quad (\text{hal 627, Wallas, 1988}) \\ &= 0,262 \times h \times (D^2 + D.d + d^2) \end{aligned}$$

Keterangan :

D = diameter *shell* , ft

d = diameter ujung konis, ft

h = tinggi hopper, ft

θ = sudut hopper

Dimana,

$$h_{\text{hopper}} = \frac{\text{tg } \theta (D-d)}{2} \quad (\text{Hesse, pers 4-17, hal 92})$$

Diketahui *angle of repose* (sudut gelinding) $C = 30-45^\circ$, *Angle of repose* akan mempengaruhi *wall angle conical* (θ). Pada perhitungan ini diambil nilai $\theta = 45^\circ$, karena pada kemiringan tersebut, padatan masih bisa menggelinding.

$$\begin{aligned} h_{\text{hopper}} &= \frac{\text{tg } 45 (D-d)}{2} = \frac{1 (D-d)}{2} \\ &= 0,5 (D-d) \quad (1) \end{aligned}$$

Substitusi persamaan (1) ke dalam rumus volumetrik hopper, sehingga didapatkan :

$$V_{\text{hopper}} = 0,262 \times 0,5 (D-d) \times (D^2 + D \times d + d^2)$$

$$V_{\text{hopper}} = 0,131 \times (D-d) \times (D^2 + D \cdot d + d^2)$$

$$V_{\text{hopper}} = 0,131 \times (D^3 + D^2 \cdot d + D \cdot d^2 - D^2 \cdot d - D \cdot d^2 - d^3)$$

$$V_{\text{hopper}} = 0,131 \times (D^3 - d^3)$$

$$431.580,54 \text{ ft}^3 = 0,131 \times (D^3 - d^3)$$

Diameter efektif keluaran hopper (d_{eff}) berdasarkan

(Coulson Vol.2, 2002) :

$$\text{Nilai } d_{\text{eff}} = 0,64 \text{ ft}$$

Maka,

$$431.580,54 \text{ ft}^3 = 0,131 \times (D^3 - 0,64^3)$$

$$D^3 = 3.294.505,4 \text{ ft}^3$$

$$D = 148,8 \text{ ft}$$

$$= 45,4 \text{ m}$$

$$= 1.787,40 \text{ in}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 h_{\text{hopper}} &= 0,5 (D-d) \\
 &= 0,5 (45,4 \text{ m} - 0,19 \text{ m}) \\
 &= 22,61 \text{ m}
 \end{aligned}$$

c. Menentukan Tekanan Desain

P operasi = 1 atm (14,6960 psi)

Tekanan over desain yang digunakan 5 - 10 % dari kerja normal/absolut (Rules of thumb. Walas,1988) Tekanan desain dipilih 5 % dari tekanan operasi hopper.

$$P_D = ((P_{\text{operasi}}) \times 0,05) + P_{\text{operasi}}$$

$$\begin{aligned}
 P_D &= ((14,696 \text{ psi}) \times 0,05) + 14,696 \text{ psi} \\
 &= 15,4308 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

d. Menentukan Tebal Hopper

Untuk menghitung tebal hopper, digunakan persamaan berikut :

$$t_h = t_c = \frac{P \times D}{2 \cos \alpha (f \times E - 0,6P)} + C$$

Keterangan:

F : *allowable stress* = 12650 psi (Brownell and Young, Tabel 13.1)

E : *Welded Joint Efficiency* = 80% (Tabel 13.2 Brownell,1959)

P : Tekanan desain, psi

D : *Inlet diameter*, in

C : faktor korosi yaitu = 0,125 inci/10 tahun (Peters dan Timmerhaus, hal 542)

Wall angle conical (θ) = α = 45 °

Untuk karbon hitam digunakan material *carbon steel SA-7* karena karbon hitam tidak bersifat korosif.

$$t_h = t_c = \frac{15,4308 \times 1,787,40 \text{ in}}{2 \cos 45 \times ((12650 \times 0,8) - (0,6 \times 15,4308))} + 0,125 \text{ in}$$

= 1,93 in

Digunakan tebal standard $t_c = 7/3$ in

Tabel 5. Spesifikasi Cooler

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Fungsi	Menampung karbon hitam keluaran cooler (C-01) dan mengumpulkannya ke crusher (CR-01).
2	Jenis	<i>Conical Hopper</i>
3	Kondisi	Suhu : 30 Tekanan : 15,4308 psi
4	Volume	431.580,54 ft ³
5	Dimensi	1.787,40 in
6	Tinggi	22,61 m
7	Tebal	7/3 in
8	Jumlah	4 buah

F. Spesifikasi Peralatan *Grinder*

Fungsi : Untuk memperkecil ukuran karbon hitam menjadi 60 mesh

Type : *Crusher*

Dasar Perancangan :

Rate Volumetrik = Kapasitas Bahan Masuk / Densitas Bahan

Diketahui :

Kapasitas Bahan Masuk = 27.525,1332 kg/jam

Densitas Bahan = 991 kg/m³

Rate Vol = 27.525,1332 kg/jam : 991 kg/m³

= 27,8 m³/jam

$$\begin{aligned}
 \text{Power yang dikonsumsi} &= 1 \times m^{0,88} \times 35 \\
 &= 1 \times 27,8^{0,88} \times 35 \\
 &= 636,31 \text{ kw} \\
 &= 853,31 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

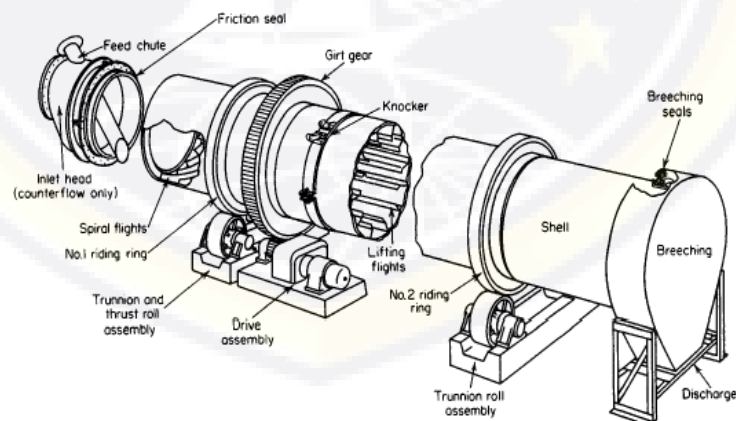
Tabel 6. Spesifikasi *Grinder*

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Fungsi	Untuk memperkecil ukuran karbon hitam menjadi 60 mesh
2	Jenis	<i>Crusher</i>
3	Kapasitas bahan masuk	27.525,1332 kg/jam
4	Rate volume	27,8 m ³ /jam
5	Power	853,31 HP
6	Jumlah	1 buah

G. Spesifikasi Peralatan *Dryer*

Fungsi : Menguapkan air yang terkandung dalam produk pelet karbon hitam hingga mencapai kadar air yang diinginkan

Bahan konstruksi : *Stainless steel* AISI 304 C



Gambar C. Rotary Dryer

Data :

T_1 = Temperatur umpan

$= 30\text{ }^{\circ}\text{C} = 86\text{ }^{\circ}\text{F}$
 T_2 = Temperatur produk
 $= 40\text{ }^{\circ}\text{C} = 104\text{ }^{\circ}\text{F}$
 T_{G1} = Temperatur udara masuk
 $= 40\text{ }^{\circ}\text{C} = 104\text{ }^{\circ}\text{F}$
 T_{G2} = Temperatur udara keluar
 $= 30\text{ }^{\circ}\text{C} = 86\text{ }^{\circ}\text{F}$
 T_w = Temperatur bola basah di dalam *dryer*
 $= 28\text{ }^{\circ}\text{C} = 82,4\text{ }^{\circ}\text{F}$
 Massa produk yang akan dikeringkan,
 S_s = **16.515,0799** kg/jam
 $= 36411,7233$ lb/jam
 Massa udara yang dibutuhkan, G_s = **40.538,7121**kg/jam
 $= 89.372,5617$ lb/jam

1. Menentukan luas penampang dan diameter rotary dryer

Berdasarkan Perry's 7^{ed}, hal 12-55, Range kecepatan *superficial* 369 – 3687 lb/jam.ft². dipilih 369 lb/jam.ft² sebagai standard kecepatan *superficial* rotary dryer ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang rotary dryer} &= \frac{G_s}{G} \\
 &= \frac{89.372,5617 \text{ lb/jam}}{369 \frac{\text{lb}}{\text{jam}} \cdot \text{ft}^2} \\
 &= 242,2 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Diketahui bahwa hubungan antara luas penampang *rotary dryer* dengan diameter *rotary dryer* adalah sebagai berikut :

$$S = \frac{\pi}{4} D^2$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 D &= \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} \\
 &= 9,91 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

2. Menentukan koefisien perpindahan panas *volumetric*

$$U_a = \frac{0,5 \times G^{0,67}}{D} \quad (\text{Mc.Cabe 5}^{\text{th}} \text{ ed, Pers. 24-28, page 796})$$

Keterangan :

U_a = Koefisien perpindahan panas *volumetric*, Btu/ ft³.hr.°F

G_G = Kecepatan *superficial* udara, lb/hr.ft²

D = Diamater *rotary dryer*, ft

Maka,

$$\begin{aligned} U_a &= \frac{0,5 \times G^{0,67}}{D} \\ &= \frac{0,5 \times 369^{0,67}}{9,91} \\ &= 2,65 \text{ btu/ft}^3 \cdot \text{hr.}^\circ\text{F} \end{aligned}$$

3. Menentukan Panjang *Rotary dryer*

Berdasarkan (Mc.Cabe 5th ed, Pers. 24-7, page 773)

$$\begin{aligned} \text{LMTD} &= \frac{(T_{g1} - T_{w1}) - (T_{g2} - T_{w1})}{\ln \frac{(T_{g1} - T_{w1})}{(T_{g2} - T_{w1})}} \\ &= \frac{(40 - 28) - (30 - 28)}{\ln \frac{(40 - 28)}{(30 - 28)}} \\ &= 10,88 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\text{NTU} = \frac{T_{G1} - T_{G2}}{(\Delta T)_m} \quad (\text{Perry's 7}^{\text{ed}}, \text{ pers 12-54, hal 12-54})$$

$$\begin{aligned} \text{NTU} &= \frac{40 - 30}{10,88} \\ &= 0,92 \text{ (terpenuhi)} \end{aligned}$$

Syarat NTU untuk *rotary dryer* = 0,5 – 2,5 (Perry's 7^{ed}, hal 12-54)

$$L = NTU \times \frac{G'g s}{Ua}, \quad (\text{Pers 10-18, Banchemo, hal 506})$$

Keterangan :

L = panjang *rotary dryer*, ft

G'g = Kecepatan *superficial* udara

S = Panas kelembaban

Ua = koefisien perpindahan panas volumetric

Maka,

$$L = NTU \times \frac{Gg \times s}{Ua}$$

$$= 0,92 \times \frac{369 \times 0,2479}{2,65}$$

$$= 31,28 \text{ ft}$$

$$= 9,53 \text{ m}$$

4. Menentukan Putaran *Rotary Dryer* (N)

Untuk putaran *rotary dryer* $N = 25/D - 35/D$ (Wallas, hal 247)

Diambil nilai untuk putaran sebesar $N = 30/D$

$$N = 30 / 9,91 = 3,03 \text{ rpm} \approx 4 \text{ rpm}$$

5. Menentukan jumlah *flight* dan tinggi *flight*

Jenis *flight* = *radial flight*

Jumlah *flight* = $2,4 D - 3 D$ (Perry's 7ed, hal 12-54)

Dipilih Jumlah *flight* = $2,5 \times D$, sehingga didapatkan :

$$= 2,5 \times 9,91$$

$$= 24,77 \approx 25 \text{ buah}$$

(dalam 1 bagian keliling lingkaran)

Berdasarkan Perry's ed.7th, hal.12-56, tinggi *flight* berkisar antara (D/12) – (D/8), dengan D = meter. Pada perhitungan ini diambil D/8, sehingga tinggi flight

$$= 3,02/8$$

$$= 0,4 \text{ m}$$

$$= 1,31 \text{ ft}$$

Jarak antar *flight* = $(\pi \times D) / \text{jumlah } \textit{flight}$

$$= 3,14 \times 9,91 / 25$$

$$= 1,25 \text{ ft}$$

6. Menentukan Daya *Rotary Dryer*

Berdasarkan Perry's 7ed hal 12-56, jumlah total daya untuk *fan*, penggerak *dryer* dan *conveyor* umpan maupun produk berkisar antara $0,5 D^2 - 1,0 D^2$ (kW). Pada perhitungan ini diambil total daya :

Sebesar $0,5 D^2$ sehingga $P = 0,5 \times 9,91^2$

$$= 49,1 \text{ hp}$$

7. Menentukan tebal *rotary dryer*

Diketahui bahwa tekanan operasi di dalam *rotary dryer* adalah 1 atm.

Diambil faktor keamanan 20 %, sehingga

Tekanan desain *rotary dryer* = $1,2 \times 1 \text{ atm}$

$$= 1,2 \text{ atm} = 17,64 \text{ psi}$$

Untuk menghitung tebal *rotary dryer* digunakan persamaan :

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

Keterangan :

f : Nilai tegangan material, psi digunakan material *Stainless steel* AISI 304 C (table 28-11 Perry's) 545 MPa (79045,536 psia)

E : *Welded Joint Efficiency* (Dipilih *Double welded butt joint maximum efficiency*) berdasarkan Table 13.2 Brownell and Young = 80 %

P : Tekanan desain, psi

r : Jari-jari *rotary dryer*

C : Korosi yang dipakai adalah faktor korosi terhadap udara luar, yaitu = 0,125 inci/10 tahun. (Peters dan Timmerhaus, hal 542).

Didapatkan,

$$t_s = \frac{17,64 \times 4,96}{(79045,54 \times 0,8) - (0,6 \times 17,64)} + 0,125$$

$$= 0,13 \text{ in}$$

Dari Brownell dan Young, Tabel 5.7, dipilih tebal *rotary dryer* yang mendekati nilai dari hasil perhitungan, yaitu **3/16 in**

Tabel 7. Spesifikasi *Rotary Dryer*

No	Spesifikasi	Keterangan	
1	Fungsi	Menguapkan air yang terkandung dalam produk pelet karbon hitam hingga mencapai kadar air yang diinginkan	
2	Jenis	<i>Rotary Dryer</i>	
3	Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel</i> AISI 304 C	
4	Dimensi	Diameter	9,91 ft
		Panjang	9,53 m
		Tebal <i>Shell</i>	3/16 in
		Putaran	4 rpm
		Jumlah <i>radial flight</i>	25 buah
		Tinggi <i>flight</i>	1,25 ft
		Daya	49,1 hp
5	Kondisi Operasi	T ₁	30 °C
		T ₂	40 °C
		T _{g1}	40 °C
		T _{g2}	30 °C
6	Jumlah	1 Buah	

H. Spesifikasi Peralatan *Magnetic Separator*

Fungsi : Memisahkan karbon hitam (C) dengan impuritis

Tipe : *Magnetic Screen*

Dasar Pemilihan : *Magnetic Screen* adalah jenis *Electrically Vibrating Screen*. *Electrically Vibrating Screen* dipilih karena sesuai untuk material bubuk (Perry,1999 hal 19-21).

Laju alir umpan : 13.762,5666 kg/jam

Kapasitas *over design* 20 % :

= 13.762,5666 kg/jam x 1,2

= 16.515,1 kg/jam

= 16,52 ton/jam

Dari Brown hal. 11, 1951, diketahui data untuk *magnetic screener* adalah sebagai berikut:

Bahan : *Carbon steel*

Cloth : *Medium carbon steel wire*

Inclination : 10 ° (untuk wet screening,Brown 1951,hal 11)

Kecepatan (N) : 125 getaran/sec
(N=25-125 getaran/menit Perry,1999, 19-21)

Untuk menghitung luas *screen* digunakan *Approximate capacity* (Brown,1951 hal 16)

Approximate capacity = luas *screen* x *capacity range* x *aperture*

Dari Tabel 3 Brown,untuk *magnetic screener*,

capacity range = 5-20 tons/sq ft area/mm aperture/24 hr.

diambil 5 tons/sq ft area/mm aperture/24 hr

aperture = 60 mesh = 0,25 mm (table 4 Brown)

Approximate capacity = 16,52 ton/jam

= 396,5 ton/24 jam

$$396,5 \text{ ton}/24 \text{ jam} = \text{luas screen} \times 5 \text{ ton}/\text{ft}^2 \text{ area}/\text{mm aperture}/24 \text{ jam} \times 0,25 \text{ mm}$$

$$\text{luas screen} = 317,2 \text{ ft}^2 \text{ area}$$

Tabel 8. Spesifikasi *Magnetic Separator*

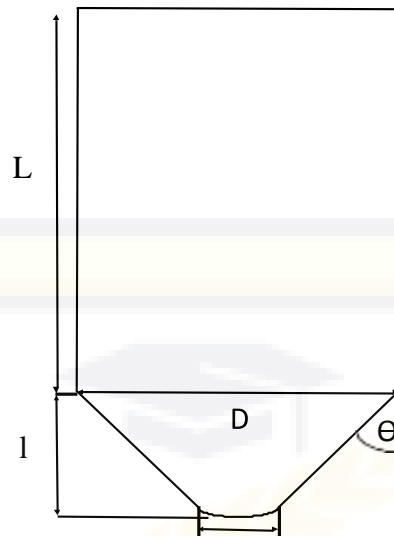
No	Spesifikasi	Keterangan
1	Fungsi	Memisahkan karbon hitam (C) dengan impuritis
2	Jenis	<i>Magnetic Screen</i>
3	Kapasitas bahan masuk	13.762,5666 kg/jam
4	Luas <i>screen</i>	317,2 ft ²
5	Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
6	Kecepatan (N)	125 getaran/sec
7	<i>Inclination</i>	10 °
8	Jumlah	2 buah

I. Spesifikasi Peralatan *Silo*

Fungsi : Menampung produk karbon hitam (C)) untuk kapasitas produksi selama 5 hari.

Tipe Alat : Silinder tegak dengan *Conical Bottom Head*.

Pemilihan : Kondisi Operasi pada tekanan 1 atm dan temperatur 40°C dan konstruksi lebih sederhana sehingga lebih ekonomis, sekaligus cocok sebagai tempat penyimpanan material padat.



Kapasitas dirancang untuk waktu operasi 5 hari.

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas massa (M)} &= 13.762,5666 \text{ kg/jam} \times 5 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} \\ &= 1.651.507,992 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Densitas padatan } (\rho) = 2100 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{M}{\rho} \\ &= \frac{1.651.507,992 \text{ kg}}{2100 \text{ m}^3} \\ &= 786,43 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Over design 20 %

$$\begin{aligned} V_t &= 1,2 \times 786,43 \text{ m}^3 \\ &= 786,43 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimensi silo

Ukuran silo

Diambil:

$$\text{Kedalaman shell (L)} = 4 \times \text{Diameter (D)}$$

$$\text{Ketinggian (H)} = \text{Diameter (D)}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L + \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{1}{3} \cdot H \\
 &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot 4 \cdot D + \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{1}{3} \cdot D \\
 &= \frac{13 \cdot \pi \cdot D^3}{12}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 D &= \left[\frac{12 \cdot V}{13 \cdot \pi} \right]^{1/3} \\
 D &= \left[\frac{12 \times 786,43}{13 \times 3,14} \right]^{1/3} \\
 &= 6,13 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter (D)} &= 6,13 \text{ m} \approx 7 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman (L)} &= 4 \times 6,13 \text{ m} \\
 &= 24,52 \text{ m} \approx 25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Menghitung tebal dinding shell

Digunakan bahan Carbon steel SA-283 grade C

$$\text{Tekanan operasi} = 14,7 \text{ psi}$$

$$\text{Allowable working stress} = 12650 \text{ psi}$$

$$\text{Diameter (D)} = 275,59 \text{ in}$$

$$\text{Jari-jari (r)} = 137,79 \text{ in}$$

Tebal dinding shell dihitung dengan pers. 13.1 Brownell & Young 1959.

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{P r_i}{f E - 0,6 P} + C \\
 &= \frac{14,7 \times 137,79}{12650 \times 0,85 - 0,6 \times 14,7} + 0,125 \\
 &= 0,11 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dipilih tebal standar 5/16 in

Menghitung dimensi konis

Tinggi conical bottom dihitung dengan persamaan:

$$\text{tg } \theta = \frac{h}{0,5D}$$

$$H = 0,5 \times D \times \text{tg } \theta$$

$$\theta = 45^\circ$$

$$\begin{aligned}
 D &= 7 \text{ m} \\
 H &= 0,5 \times D \times \text{tg } \theta \\
 &= 0,5 \times 7 \text{ m} \times \text{tg } 45^\circ \\
 &= 3,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi total silo} &= L + H \\
 &= (25 + 3,5) \text{ m} \\
 &= 28,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Menghitung tebal conical bottom

Dipilih bahan dinding conical bottom *Carbon steel SA-283 grade C*

$$\text{Diameter} = 7 \text{ m} = 275,59 \text{ in}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\text{Tekanan operasi} = 14,7 \text{ psi}$$

$$\text{Allowable working stress} = 12650 \text{ psi}$$

$$\text{Joint efficiency} = 0,85$$

$$\text{Corrosion factor} = 0,125$$

$$\begin{aligned}
 t_h &= \frac{PD}{2 \cos \alpha (fE - 0,6P)} \\
 &= \frac{14,7 \times 275,59}{(2 \times \cos 30^\circ \times (12650 \times 0,85 - 0,6 \times 14,7))} \\
 &= 0,22 \text{ in, dipilih tebal standar} = 5/16 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Tabel 9. Spesifikasi Silo

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Fungsi	Menampung karbon hitam berbentuk bubuk/pelet
2	Jenis	Tangki silinder tegak dengan conical bottom
3	Bahan konstruksi	Carbon steel SA-283 grade C
4	Diameter	7 m
5	Volume tanki	786,43 m ³
6	Tinggi	28,5 m
7	Tebal <i>shell</i>	5/16 in
8	Tebal <i>conical bottom</i>	5/16 in

9	Tekanan	14,7 psi
10	Jumlah	2 buah

J. Spesifikasi Peralatan *Belt Conveyor*

Fungsi : Mengangkut produk kristal trikloroasetaldehid monohidrat dari sentrifuse menuju hammer mill

Tipe : *Flat Belt On Continous Plate*

Kapasitas Bahan : 27.525,1332 kg/jam = 28 Ton/Jam

Perhitungan :

Kapasitas = 28 Ton/Jam

Lebar = 14 in = 35 cm

Panjang = 30 m

Kemiringan = 20°

Kecepatan = 30,5 m/min (*Perry ed. 7 tabel 21-7*)

Menentukan Power motor :

$$HP = \frac{F(L \times L_0)(T + 0,03Ws) + T \times \Delta Z}{990} \quad (G.G. Brown hal : 57)$$

Dimana :

F = faktor friksi (= 0.05) untuk plan bearing

L = panjang conveyor (ft)

L₀ = 100 ft untuk plan bearing

S = kecepatan bucket

T = rate material (ton/jam)

ΔZ = kenaikan elevasi material = 6 m 20 ft

W = berat bagian yg bergerak = 1 lb/in

lebar = 39,6 lb/in

Sehingga :

$$HP = (F(L + L_0)(T + 0,03Ws) + T \times \Delta Z) / 990$$

$$= (0,05 (98,42 + 100) (28 + 0,03.3900,6) + (28 \times 20) / 990$$

$$= 1938,72 / 990$$

$$= 1,95 \text{ HP}$$

Dengan $r_1 = 80\%$ maka,

$$\text{Power motor} = 1,95 / 0,8$$

$$= 2,4 \text{ HP}$$

Spesifikasi Alat :

Nama	: <i>Belt Conveyor</i>
Type	: <i>Flat Belt On Continuous Plate</i>
Kecepatan	: 30,5 m/min
Kapasitas	: 28 Ton/Jam
Lebar	: 39 lb/in
Panjang	: 30 m
Power House	: 2,4 HP
Jumlah	: 1

K. Spesifikasi Peralatan *Bucket Conveyor*

Fungsi	: Mengangkut produk karbon hitam ke magnetic separator
Tipe	: <i>Centrifugal-Discharge Buckets</i>
Kapasitas Bahan	: 16.515,0799 kg/jam = 17 Ton/Jam

Perhitungan :

Kapasitas	= 20 Ton/Jam
Tinggi Elevasi	= 25 ft
Bucket Spasing	= 12 in
Kecepatan	= 225 ft/min (<i>Perry ed. 7 tabel 21-8</i>)
Kecepatan Roll	= $(17 \times 225) / 20$ = 191,25 ft/min

Menghitung Power House :

$$\text{Power} = (Q \times H \times 2) / 1000$$

Dimana :

P = jarak tempuh bucket

h = tinggi elevasi

Q = kapasitas (ton/hari)

Effisiensi motor = 80%

Maka,

$$P = (672 \times 2 \times 25) / 1000$$

$$= 33,6$$

$$\text{Hp motor} = 33,6 / 80\%$$

$$= 42 \text{ HP}$$

Spesifikasi Alat :

Nama : *Bucket Conveyor*

Type : *Centrifugal-Discharge Buckets*

Kecepatan : 225 ft/min

Kapasitas : 20 Ton/Jam

Tinggi Elevasi : 25 ft

Bucket Spasing : 12 in

Power House : 42 HP

Jumlah : 1

LAMPIRAN D

UTILITAS

Utilitas berfungsi untuk menyediakan bahan-bahan penunjang yang mendukung kelancaran pada sistem produksi di pabrik. Unit-unit yang ada di utilitas terdiri dari :

1. Unit penyediaan dan pengolahan air (*water system*)
2. Unit penyediaan dan pembangkit listrik (*power generating and plant system*)

A. Unit penyedia Air

1. Perhitungan kebutuhan air

- a. Total kebutuhan air pendingin

Kebutuhan air pendingin meliputi penggunaan air pada beberapa alat proses seperti *furnace, cooler, dan pelletizer*.

Tabel 1. Kebutuhan air pendingin

No	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	<i>Furnace</i> - 01 (FN-01)	27.525,25	kg/jam
2	<i>Cooler</i> - 01 (CO-01)	32.831.882,32	kg/jam
3	<i>Pelletizer</i> -01 (EP-01)	4.816,89	kg/jam
Jumlah Kebutuhan		32.864.249,21	kg/jam
4	<i>Over design</i> 10%	36.150.674,14	kg/jam
5	<i>Recovery</i> 90%	29.577.824,29	kg/jam
6	<i>Make-up</i> 10%	3.615.067,41	kg/jam

- b. Total kebutuhan air umum (general)

Kebutuhan umum meliputi kebutuhan air karyawan kantor, perumahan dan sanitasi, kebersihan dan pertamanan, laboratorium dan pemadam kebakaran.

Tabel 3. Kebutuhan air umum

No	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	Air untuk karyawan & kantor = 15 L/orang/hari Jadi untuk 202 orang diperlukan air sejumlah	3.030	kg/hari

2	Air Untuk Laboratorium	20	kg/hari
3	Air Untuk Kebersihan dan Pertamanan	100	kg/hari
Total kebutuhan air bersih		3.150	kg/hari

Sehingga,

Total kebutuhan air dengan *treatment*

= *General uses + make up Cooling Water*

= (3.150 + 3.615,06) kg/jam

= 3.618,2174 kg/jam

Dengan *over design* 1,04

= 3.618,2174 1 x 1,04

= 3.716,2 kg/jam

Kebutuhan air dapat terpenuhi dari sungai das (Karama) Mamuju dengan debit air 7200 m³/jam.

2. Spesifikasi Peralatan Proses

a. Bak Sedimentasi (BS-01)

Fungsi : mengendapkan kotoran dan lumpur yang terdapat pada air sungai.

Jenis : Bak rektangular

Jumlah kebutuhan air *treatment* = 3.716,2 kg/jam

= 3,7162 m³/jam

= 981,7143 gal/jam

= 131,2361 ft³/jam

Waktu tinggal 1 – 3 jam

Diambil waktu tinggal 1,5 jam, sehingga dengan *Over design* 10%

Maka,

volumebak = 1,1 x 1,5 jam

Luas permukaanbak(A) = Qc/OR

Keterangan:

A = Luas permukaan bak (ft)

Qc = Laju Alir(gal/jam)

OR = Over flow rate, 500-1.000 gal/jam.ft²

Diambil overflowrate = 500gal/jam.ft²

Dipilih bak beton dengan ukuran sebagai berikut :

Asumsi: kedalaman bak (t) = 7ft

= 2,1336 m

Panjang/lebar(p/l) = 3 : 1 – 5 : 1

Diambilp/l = 4 : 1

Jadi,

Luas permukaanbak(A) = Qc/OR

$$L = \sqrt{\frac{v}{4D}}$$

$$P = 4 \times L$$

Asumsi *turbidity* = 850 ppm (Powell, 1954)

(*suspended solid*) = 42 % (Powell, 1954, gambar 4)

Drain = 42 % × 850ppm

= 357 ppm

Drain = 3,57 × 10⁻⁴ lb/gallonair

= 4,2771 × 10⁻⁵ kg/kg air × 3.687,1416 kg/jam

= 0,1577 kg/jam

Air treatment sisa = 3.687,1416 kg/jam – 0,1577 kg/jam

= 3.686,98 kg/jam

= 3,6869 m³/jam

Tabel D.4. Spesifikasi Bak sedimentasi (BS – 101)

Alat	Bak Sedimentasi
Kode	BS – 101
Fungsi	Mengendapkan lumpur dan kotoran air sungai sebanyak 3,7160 m ³ /jam dengan waktu tinggal 1,5 jam
Bentuk	Bak rectangular
Dimensi	Panjang = 3,3905m
	Lebar = 0.8476 m
	Kedalaman = 2,1336m
Jumlah	1 Buah

b. Bak Penggumpal (BP-01)

Fungsi : Menggumpalkan kotoran yang tidak mengendap di bak penampung awal dengan menambahkan alum $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, soda kaustik, dan klorin.

Jenis : Silinder tegak yang dilengkapi pengaduk.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah air sungai} &= 3,7160 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 3.716,2 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Over design 10 %.

Waktu tinggal dalam bak 20 –60 menit (Powell, 1954)

Diambil waktu tinggal 60 menit.

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= 1,1 \times 3,7160 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam} \\ &= 4,0876 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dimensi bak silinder tegak dengan

$$\begin{aligned}\text{H/D} &= 1 \quad V = \frac{1}{4} \pi D^2 H \\ 4,0876 \text{ m}^3 &= 0,7850 D^3 \\ \text{Sehingga,} \\ \text{H=D} &= 1,7333 \text{ m} \\ &= 5,6865 \text{ ft}\end{aligned}$$

Jumlah alum yang diijeksikan sebanyak 0,06 % dari air umpan.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan alum} &= 0,06 \% \times 3,7160 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,0022 \text{ m}^3/\text{jam}.\end{aligned}$$

Jumlah soda kaustik yang diijeksikan sebanyak 0,05 % dari air umpan.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan soda abu} &= 0,05 \% \times 3,7160 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,0019 \text{ m}^3/\text{jam}.\end{aligned}$$

Jumlah klorin yang diijeksikan sebanyak 1,2 % dari air umpan.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan klorin} &= 1,2 \% \times 3,7160 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,0446 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter impeller (Di)} &= 1/3 D \\ &= 0,5778 \text{ m} \\ &= 1.8955 \text{ ft}\end{aligned}$$

$$\text{Tinggicairan}(Z_1) = \frac{4 V}{\pi D^2}$$

$$\begin{aligned} \text{WELH} &= Z_1 \times sg \\ &= 1,5757 \times 1,0020 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Putaran pengaduk (N)} &= \frac{600 \times 0,3048}{\pi \times D_i} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 \times D_i}} \\ &= 35,9165 \text{rpm} \end{aligned}$$

Viskositas campuran = 0,0413 kg/m s.

Berdasarkan viskositas campuran < 10 kg/m s maka dipilih jenis *Impeller yaitu marine propeller*.

$$N_{re} = \frac{N \times D^2 \times \rho}{\mu}$$

Dari gambar 3.4-4 Geankoplis, 1993 hal 155 dengan menghubungkan N_{re} dan pengaduk jenis *marine propeller 3 blade* (4), didapatkan Bilangan Power (N_p) sebesar 0,8.

$$\text{Sehingga power (po)} = \frac{N_p \times P \times N^3 \times D^5}{550 \times 32,17}$$

$$\text{Efisiensi} = 80\%$$

$$\text{Power motor} = 0,0184 \text{ hp}$$

Power motor standar yang digunakan 0,5 hp

Tabel D.5. Spesifikasi Bak penggumpal (BP – 101)

Alat	Bak Penggumpal	
Kode	BP – 101	
Fungsi	Menggumpalkan kotoran yang tidak mengendap di bak penampung awal dengan menambahkan alum $Al_2(SO_4)_3$, klorin dan soda abu Na_2CO_3 .	
Bentuk	Silinder vertical	
Kapasitas	$4,0876 \text{m}^3$	
Dimensi	Diameter	= 1,7333m
	Tinggi	= 1,7333m

Pengaduk	<i>Marine propeller</i> Diameter pengaduk = 0,5778 m Power = 0,5hp
Jumlah	1 buah

c. Tanki Alum (TP-01)

Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan alum konsentrasi 26 % volum selama 1 hari untuk diinjeksikan ke dalam bakpenggumpal.

Kondisi Operasi: Temperatur = 30°C

Tekanan = 1atm

Tipe : Tangki silinder vertikal yang dilengkapi pengaduk
Konsentrasi alum yang diinjeksikan = 0,06 % dari air umpan ke dalam bakpenggumpal

Konsentrasi alum di tangki penyimpanan adalah 26 %

Kebutuhan alum = 0,06% × 3,7160 m³/jam
= 0,0022 kg/jam

Suplai alum ke bak penggumpal (sp) = $\frac{3.716,2}{26\%}$
= 14.293,07

ρ alum = 1,307 kg/m³

Laju alir alum = $\frac{Sp}{\rho}$
= 10.652,99 m³/jam

a. Menghitung Volume Tanki

Valum = Jumlah alum x Waktu tinggal
= 0,0065 m³/jam x 24 jam
= 0,1562 m³

Safety factor = 20 %

(Peter and Timmerhaus, 1991, Hal:37)

Volumetangki = 1,2 x Valum

$$= 1,2 \times 0,1562 \text{ m}^3$$

$$= 0,1875 \text{ m}^3$$

b. Menghitung Diameter dan Tinggi Tanki

Rasio $\frac{H_s}{D}$ yang dipilih = 1

Sehingga :

$$V_{\text{tangki}} = 1/4 \times \pi \times D^2 \times H$$

$$= 1/4 \times \pi \times D^3$$

$$V_{\text{tangki}} = 0,7821 D^3,$$

Sehingga :

$$D = 0,6204 \text{ m} = 2,0356 \text{ ft}$$

$$H = 0,6204 \text{ m} = 2,0356 \text{ ft}$$

Nilai standar (Brownell and Young, App. E, Item 1, Hal. 346) :

D	4,5 ft	1,3716 m	54 in
H	4,5 ft	1,3716 m	54 in

$$V_{\text{volumetangki}} = 71,5331 \text{ ft}^3$$

$$= 2,0257 \text{ m}^3$$

c. Menghitung Tekanan Design

$$H_{\text{liquid}} = (V_{\text{liquid}} / V_{\text{tangki}}) \times H_{\text{tangki}}$$

$$= (0,1562 \text{ m}^3 / 2,0257 \text{ m}^3) \times 1,3716 \text{ m}$$

$$= 0,1058 \text{ m}$$

$$= 0,3471 \text{ ft}$$

$$= 4,1651 \text{ in}$$

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{operasi}} = 14,7 \text{ psi}$$

$$D_{\text{imana}} = 1,307 \text{ kg/m}^3$$

$$= 81,5933 \text{ lb/ft}^3$$

Dimana,

$$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{\rho \times h_1 \times g}{gc}$$

$$= 0,1967 \text{ psi}$$

$$\text{Maka, } P_{\text{abs}} = 14,8967 \text{ psi}$$

Tekanan desain 5-10 % diatas tekanan absolut (Coulson, 1988, Hal:637). Tekanan desain yang dipilih 10 % diatasnya. Tekanan desain pada *ring* ke-1 (paling bawah) :

$$P_{\text{desain}} = 1,1 \times 14,8967 \text{ psi} = 16,3863 \text{ psi}$$

d. Menghitung Tebal Plate

$$t_s = \frac{P r i}{f E - 0,6 P} + C \text{ (Brownell and Young, 1959, Hal. 254)}$$

Keterangan:

$$F = 12,650 \text{ (Brownell and Young, 1959, Tabel 13.1)}$$

Untuk,

$$T = 20 - 650 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$E = 0,8 \text{ (Jenis sambungan las : single-but weld)}$$

$$C = 0,125 \text{ (Coulson, Vol 6, Hal. 217)}$$

Maka,

$$t_s = \frac{17,64 \times 4,96}{(79045,54 \times 0,8) - (0,6 \times 17,64)} + 0,125$$

$$t_s = 0,1688 \text{ in}$$

Diambil tebal *plate* standar = 0,1875

e. Menghitung Daya

Daya yang dibutuhkan = 0,0063 hP (Brownell and Young, 1959, Hal. 254)

$$\text{Efisiensi} = 80\%$$

$$\text{Power motor} = \frac{0,0063}{80\%}$$

$$\text{Digunakan daya motor} = 0,5 \text{ hP}$$

Tabel D.6. Spesifikasi Tangki Alum (TP – 01)

Alat	Tangki Alum
Kode	TP – 01
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan alum konsentrasi 55% volum selama 1 hari untuk diinjeksikan ke dalam bak penggumpal.
Bentuk	Silinder vertical

Kapasitas	0,1875m ³
Dimensi	Diameter = 0,6204m Tinggi = 0,6204m
Pengaduk	<i>Marine propeller</i> Diamaterpengaduk = 0,4572m Power = 0,5hp
Jumlah	1 buah

d. Tangki Klorin (TP –02)

Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan klorin konsentrasi 30 % volume selama 1 hari untuk diinjeksikan ke dalam bakpenggumpal.

Kondisi Operasi : Temperatur : 30°C

Tekanan : 1 atm

Tipe : Tangki silindervertical

Dengan perhitungan yang sama seperti Tangki Alum (TP– 101) maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

Tabel D.7.Spesifikasi Tangki Klorin (TP – 102)

Alat	Tangki Larutan Klorin
Kode	TP – 102
Fungsi	Menampung larutan klorin sebagai injeksi ke bak penggumpal selama 1 hari
Bentuk	Silinder vertical
Kapasitas	1,2214m ³
Dimensi	Diameter = 1,1588m Tinggi = 1,1588m
Pengaduk	<i>Marine propeller</i> Diamaterpengaduk = 0,8128 m Power = 2,5hp

Jumlah	1 buah
---------------	--------

e. Tangki Soda Kaustik (TP –03)

Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan soda kaustik konsentrasi 40 % volume selama 1 hari untuk diinjeksikan ke dalam bakpenggumpal.

Kondisi Operasi : Temperatur : 30°C

Tekanan : 1 atm

Tipe : Tangki silindervertical

Dengan perhitungan yang sama seperti Tangki Alum (TP– 101) maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

Tabel D.8.Spesifikasi Tangki Klorin (TP – 102)

Alat	Tangki Larutan Klorin
Kode	TP – 102
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan soda abu konsentrasi 40% volum selama 5 hari untuk diinjeksikan ke dalam bak penggumpal dan sebagai regenerasi <i>anion exchanger</i> .
Bentuk	Silinder vertical
Kapasitas	0.3799m ³
Dimensi	Diameter = 0,7851m Tinggi = 0,7851m
Pengaduk	<i>Marine propeller</i> Diamaterpengaduk = 0,5588 m = 0,1083hp
Jumlah	1 buah

f. Clarifier (CL –01)

Jenis : Bak berbentuk kerucut terpancung dengan waktu tinggal 60 menit.

Jumlahairsungai = 3,7160m³/jam

$$= 3.686,9839 \text{ kg/jam}$$

Over design 10 % dengan waktu tinggal 1 jam *Volumeclarifier*

$$= 1,1 \times 3,7160 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1\text{jam}$$

$$= 4,0876 \text{ m}^3$$

Digunakan,

$$H = 10\text{ft}$$

$$= 3,0480 \text{ m}$$

$$\text{Digunakan } D_2 = 0,61D_1$$

$$D_2 / D_1 = (y / y + h)$$

$$0,61 = (y / y + 3,0480)$$

$$y = 4,7674\text{m}$$

$$\text{Volumeclarifier} = \frac{1}{4} \pi D_1^2 (y + h) / 3 - \frac{1}{4} \pi D_2^2 (y + h) / 3$$

$$4,0876\text{m}^3$$

$$= \frac{1}{4} \pi D_1^2 (2,6052) - \frac{1}{4} \pi 0,61D_1^2 (2,6052)$$

$$\text{Diperoleh: } D_1 = 5,4315\text{m}$$

$$D_2 = 3,3132\text{m}$$

Jadi dimensi *clarifier*:

$$\text{Tinggi} = 3,0480\text{m}$$

$$\text{Diameteratas} = 5,4315\text{m}$$

$$\text{Diameterbawah} = 3,3132\text{m}$$

$$\text{Sludgedischarge} = \text{turbidity} + \text{alum} + \text{soda abu}$$

Asumsi:

$$\text{Turbidity} = 850\text{ppm}$$

$$\text{Alum} = 30\text{ppm}$$

$$\text{Sodaabu} = 30\text{ppm}$$

$$\text{TotalSludge} = 850 + 30 \text{ ppm} + 30\text{ppm}$$

$$= 4,2771 \cdot 10^{-5} \text{ kg sludge/kg air} \times 3.686,9839$$

$$\text{kg/jam}$$

$$= 0,1688 \text{ kg}$$

$$\text{Massaairsis} = (3.686,9839 - 0.1688) \text{ kg}$$

$$= 3.686,8151\text{kg/jam}$$

$$= 3,7159 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Tabel D.9. Spesifikasi *Clarifier* (CL-101)

Alat	<i>Clarifier</i>
Kode	CL – 101
Fungsi	Mengendapkan gumpalan-gumpalan kotoran dari bak penggumpal
Bentuk	Bak berbentuk kerucut terpancung
Kapasitas	4.0876 m ³
Dimensi	Tinggi = 3,0480m Diameteratas = 5,4315 m Diameterbawah = 3,3132 m
Jumlah	1 Buah

g. *Sand Filters* (SF-01)

Fungsi : Menyaring kotoran yang masih terdapat dalam air
Tipe : Silinder vertikal silinder tegak dengan tutup atas dan bawah *torispherical* dan dengan media penyaring pasir

Kondisi operasi: Tekanan = 70 kPa
Temperatur = 30 °C

(Perry's Handbook, 1997)

1) Menentukan luas dan dimensi *filter*

Kapasitastangki = total air masuk *filter*
= 3,7159 m³/jam
= 3.686,8151 kg/jam
= 16,3605 gpm

Laju filtrasi = 2 – 4 gpm/ft² (Banchemo, 1988)

Dipilih = 4 gpm/ft²

Luas penampang, A = $\frac{\text{Kapasitastangki}}{\text{Laju filtrasi}}$

Diameter tangki :

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

$$D = \left[\frac{4 \times A}{\pi} \right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{4 \times 36,1148}{3,14} \right]^{1/2}$$

$$= 2,2826 \text{ ft}$$

$$= 27,3914 \text{ in}$$

$$D_{\text{standar}} = 84,000 \text{ in}$$

$$= 7 \text{ ft}$$

$$= 2,1336 \text{ m}$$

Jari jari :

$$r = \frac{1}{2}D$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 7 \text{ ft}$$

$$= 3,5 \text{ ft}$$

Media *filter* terdiri atas:

- 1) *Antrachite*
- 2) *Fine sand*
- 3) *Coarse sand*
- 4) *Activated carbon*

Diameter efektif = 0,4-0,45mm (Powell, 1954)

Diambil = 0,45mm
= 0,0015ft

Porositas = 0,6

Spherisitas = 0,75

Tinggi tumpukan media *filter* = 2 -4 ft

(Powell, 1954)

Diambil = 2ft

$$= 0,6096 \text{ m}$$

Tinggi tumpukan kerikil (*gravel*) = 8 - 20 in

Diambil = 10in

$$= 0,254 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ruangkongong} &= \frac{1}{2} \text{ tinggibed} \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 0,6096 \\
 &= 0,3048 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi shell} &= \text{Tinggi media filter} + \text{ruangkongong} \\
 &= 0,9144 \text{ m} \\
 &= 36,0004 \text{ in}
 \end{aligned}$$

2) Menentukan volume total *filter*

Untuk $t_h = 1/4$ in, Dari Tabel 5.8 (Brownell and Young, 1959)

diperoleh:

$$sf = 1,5 - 2,25 \text{ in}$$

Digunakan:

$$sf = 2 \text{ in}$$

$$D = 42 \text{ in}$$

Volume tanpa bagian sf :

$$\begin{aligned}
 V &= 0,000049D^3 \\
 &= 0,000049 (42)^3 \\
 &= 0,0168 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

Volume pada sf:

$$\begin{aligned}
 V_{sf} &= \frac{\pi \times D^2 \times sf}{4} \\
 &= \frac{3,14 \times 42^2 \times 2}{4} \\
 &= 11.077,92 \text{ in}^3 \\
 &= 6,4108 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

Volume *head* :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{head}} &= 0,0168 + 6,4108 \\
 &= 6,4276 \text{ ft}^3 \\
 &= 0,1820 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume shell, V_s :

$$H_s = 36,0004 \text{ in}$$

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

$$V_{sf} = \frac{\pi \times D^2 \times sf}{4}$$

$$= \frac{\pi \times (2,1336)^2 \times 0,9114}{4}$$

$$= 3,2677 \text{ m}^3$$

Volume total filter :

$$V_{total} = V_s + 2V_{head}$$

$$= 3,2677 + (2 \times 0,1820)$$

$$= 3,6318 \text{ m}^3$$

3) Menentukan *backwashing*

$$\text{Internal back washing} = 8 \text{ jam}$$

(8-24 jam, Powell, 1954)

$$\text{Kecepatan backwash} = 15 \text{ gpm/ft}^2$$

(15-30 gpm/ft², Powell, 1954)

$$A = 38,4680 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan backwash} = 15 \text{ gpm/ft}^2 \times 38,4680 \text{ ft}^2$$

$$= 576,9750 \text{ gpm}$$

$$\text{Airuntuk backwash} = 0,5 - 5\% \quad (\text{Powell, 1954})$$

$$= 4\% \text{ air yang disaring}$$

$$\text{Airuntuk backwash} = 4\% \times 3,7159 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam}$$

$$= 1,1891 \text{ m}^3$$

$$= 314,1208 \text{ gallon}$$

$$\text{Waktu backwash} = \frac{\text{Airuntuk backwash}}{\text{Kecepatan backwash}}$$

$$= \frac{314,1208}{576,9750}$$

$$= 0.5444 \text{ menit}$$

$$= 0,0091 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Airtertinggal} &= 0,015\% \times \text{airmasuk} \\ &= (0,015/100) \times 3.7159 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,00056 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,5530 \text{ kg/jam} \\ \text{Massaairout} &= \text{massa air masuk} - \text{massa airtertinggal} \\ &= 3,7159 \text{ m}^3/\text{jam} - 0,00056 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 3,7153 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 3.686,2620 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel D.10. Spesifikasi *Sand Filter* (SF-101)

Alat	<i>Sand Filter</i>
Kode	SF-101
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang terbawa air
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan <i>head</i> berbentuk <i>torispherical</i> dan media penyaring pasir dan kerikil.
Kapasitas	3,6318 m ³
Dimensi	Diameter = 2,1336m Tinggi = 0,9144m Tebalshell (t _s) = 0,25in Tebalhead = 0,25in
Tekanan Desain	17,3806psi
Waktu <i>backwash</i>	0,5444 menit
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	2 Buah

h. *Tanki Air Filters* (TP-04)

Fungsi : Menampung kebutuhan air total sebanyak

3.7153 m³/jam

Kondisi Operasi : Temperatur : 30°C
Tekanan : 1 atm

TipeTangki : silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (*flatbottom*) dan atap (*head*) berbentuk kerucut (*conical*)

Dengan perhitungan yang sama seperti TP- 01, TP-02, dan TP-03 maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

Tabel D.11. Spesifikasi Tangki Air Filter (TP – 04)

Alat	Tangki Air Filter
Kode	TP – 104
Fungsi	Menampung air keluaran <i>sand filter</i> sebanyak 3,7153 m ³ /jam
Kapasitas	177,9265 m ³
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 6,0961 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 6,4771 m Tebal <i>shell</i> (ts) = 0,6250 in Tinggi <i>head</i> = 0,3810m Teballantai = 0,1875 in, bentuk <i>plate</i>
Tekanan Desain	18,5412 psi
Tebal <i>head</i>	0,3750 in
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 Buah

i. *Tanki Air Domestik* (TP-05)

Fungsi : Tempat penyimpanan bahan baku air untuk keperluan umum dansanitasi

Kondisi Operasi : Temperatur : 30°C
Tekanan : 1 atm

TipeTangki : silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (*flatbottom*) dan atap (*head*) berbentuk kerucut (*conical*)

Dengan perhitungan yang sama seperti TP– 01, TP-02, TP-03 dan TP-04 maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

Tabel D.12. Spesifikasi Tangki Air Domestik (TP – 05)

Alat	Tangki Penyimpanan Air Domestik
Kode	TP – 105
Fungsi	Tempat penyimpanan bahan baku air untuk keperluan umum dan sanitasi pada suhu 30°C dan pada tekanan atmosferik selama 1 <i>shift</i> (8 jam)
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>
Kapasitas	360,2880m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 1,9812 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 2,0292 m Tebal <i>shell</i> (ts) = 0,2500in Tinggi <i>head</i> = 0.0480m Teballantai = 0,1875 in, bentuk <i>plate</i> Jumlah <i>course</i> =1
Tutup atas	Bentuk <i>conical</i>
Tekanan Desain	18,4422 psi
Tebal <i>head</i>	0,3125 in
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 Buah

j. *Hot Basin* (HB–01)

Fungsi : Menampung air yang akan didinginkan di *cooling water*.

Tipe : Bak beton berbentuk*rectangular*

Jumlahairmasuk = 32.827,0798kg/jam

= 33,0857 m³/jam

= 8740,3246gal/jam

$$= 1.168,4115\text{ft}^3/\text{jam}$$

Waktu tinggal 1 –8 jam (<http://water.me.vccs.edu/>)

Diambil waktu tinggal 1 jam, sehingga dengan *Over design* 20 %
maka Maka,

$$\begin{aligned} \text{volumebak} &= 1,2 \times 1 \text{ jam} \times 33,0857\text{m}^3/\text{jam} \\ &= 39,7029\text{m}^3 \\ &= 471,0679 \text{ft}^3 \end{aligned}$$

Luas permukaan bak (A)=Qc/OR

(<http://water.me.vccs.edu/>)Keterangan:

A = Luas permukaan bak (ft²)

Qc = Laju Alir(gal/jam)

OR = Overflowrate, 500-1000 gal/jam.ft²

Diambil overflowrate = 500gal/jam.ft²

Dipilih bak beton dengan ukuran sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Asumsi: kedalamanbak(t)} &= 8\text{ft} \\ &= 2,4384 \text{m} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang/lebar(p/l)} = 3 : 1 - 5 : 1$$

$$\text{Diambilp/l} = 4 : 1$$

Jadi,

Luas permukaanbak(A) =Qc/OR

$$L = \sqrt{\frac{v}{4D}}$$

$$P = 4 \times L$$

Tabel D.13. *Hot Basin* (HB –101)

Alat	<i>Hot Basin</i>
Kode	HB – 101
Fungsi	Menampung air proses yang akan didinginkan di <i>cooling water</i> .
Bentuk	Bak rectangular
Kapasitas	39,7029 m ³

Dimensi	Panjang	= 4,6779m
	Lebar	= 1,1695 m
	Kedalaman	= 2,4384m
Jumlah	1Buah	

k. *Tanki Inhibitor Natrium Posfat (TP-06)*

Fungsi : Tempat penyimpanan inhibitor untuk diinjeksikan ke *cooling tower*

Kondisi Operasi : Tekanan = 1atm
Temperatur = 30°C = 86°F

Tipe Tangki : Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (*flat bottom*) dan *head* berbentuk *torrispherical*

Dengan perhitungan yang sama seperti TP- 01, TP-02, TP-03 dan TP-04 maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

Tabel D.14. Spesifikasi Tangki Inhibitor (TP-106)

Alat	Tangki Inhibitor
Kode	TP-106
Fungsi	Tempat penyimpanan inhibitor untuk diinjeksikan ke <i>cooling tower</i>
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>torrispherical</i>
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) : 4,8769 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) : 4,8769 m Tebal <i>shell</i> (ts) : 0,3750 in Tipe <i>head</i> : <i>Torrispherical Dished Head</i> Tebal <i>head</i> : 0,4375 in
Tekanan Desain	16.8199 psi
Jumlah	1 buah

l. Tanki *Dispersant* (TP-07)

Fungsi : Tempat penyimpanan dispersant untuk diinjeksikan ke *cooling tower*

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Temperatur = 30°C = 86°F

Tipe Tangki : Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (*flat bottom*) dan *head* berbentuk *torrispherical*

Dengan perhitungan yang sama seperti TP- 01, TP-02, TP-03 dan TP-04 maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

Tabel D.15. Spesifikasi Tangki Dispersant (TP-107)

Alat	Tangki dispersant
Kode	TP-107
Fungsi	Tempat penyimpanan dispersant untuk diinjeksikan ke <i>cooling tower</i>
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>torrispherical</i>
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) 3,6576 m
	Tinggi <i>shell</i> (Hs) 3,6576 m
	Tebal <i>shell</i> (ts) 0,3125 in
	Tinggi <i>head</i> 0,2448 m
	Tipe <i>head</i> <i>Torrispherical Dished Head</i>
	Tebal <i>head</i> 0,3750 in

m. *Cooling Tower* (CT-01)

Fungsi : Mendinginkan air pendingin yang telah digunakan oleh peralatan proses dengan menggunakan media pendingin udara dan mengolah dari temperatur 45 °C menjadi 30°C

Tipe : *Inducted Draft Cooling Tower*

Sistem : kontak langsung dengan udara didalam *cooling tower (fan)*

Ukuran *cooling tower* merupakan fungsi dari:

- Batasan pendingin (temperatur air panas minus temperatur airdingin).
- Pendekatan temperatur *wet bulb* (temperatur air dingin minus temperaturbasah).
- Kuantitas air yangdidinginkan
- Temperatur *wetbulb*
- Tinggimenara

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah air yang harus didinginkan (W)} &= \text{Jumlah airpendingin} \\
 &= 32.827,0798 \text{ kg/jam} \\
 &= 33,0857 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 145,6721 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

Digunakan udara sebagai pendingin dengan *relative humidity* 80

$$\% \text{Suhu airmasuk, } T_1 = 45^\circ\text{C} = 113^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu airkeluar, } T_2 = 30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu dry bulb udara, } T_{db} = 30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu wet bulb udara, } T_{wb} = 22^\circ\text{C} = 71,6^\circ\text{F}$$

$$\text{Temperature approach} = T_2 - T_{wb}$$

$$= 8^\circ\text{C}$$

$$= 46,4^\circ\text{F}$$

$$\text{Cooling range} = T_1 - T_2$$

$$= 15^\circ\text{C}$$

$$\text{Konsentrasi air, } C_w = 2 \text{ gal/min ft}^2$$

(Fig. 12.14, Perry's Handbook, 1997)

$$\text{Luas menara} = Q/C_w$$

$$= \frac{1.388,4236 \text{ gpm}}{2 \text{ gal/min ft}^2}$$

$$= 72,8360 \text{ ft}^2$$

$$= 6,7669 \text{ m}^2$$

Dimensi, P/L = 2 Sehingga diperoleh:

$$\text{Lebar menara, } L = 6,0347 \text{ ft}$$

$$= 1,8394 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang menara, } P &= 12,0695 \text{ ft} \\ &= 3,6788 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimensi Basin :

$$\text{Holdintime} = 0,5 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{jumlah air} \times \text{holdingtime} \\ &= 16,5429 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi} &= \frac{V}{P \times L} \\ &= \frac{157,6727 \text{ m}^3}{11,3575 \text{ m} \times 5,6787 \text{ m}} \\ &= 2,4447 \text{ m} \\ &= 8,0205 \text{ ft} \end{aligned}$$

Menghitung daya motor penggerak *Fan Cooling Tower*

$$\text{Fan Hp} = 0,031 \text{ hp/ft}^2 \quad (\text{Fig. 12.15, Perry's Handbook, 1997})$$

$$\begin{aligned} \text{Tenagayangdibutuhkan} &= \text{luas } \textit{cooling tower} \times 0,031 \text{ hp/ft}^2 \\ &= 72,8360 \text{ ft}^2 \times 0,031 \text{ hp/ft}^2 \\ &= 2,2579 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi fan} = 75\%$$

$$\begin{aligned} \text{Fan power} &= \frac{21,5206 \text{ hp}}{0,75} \\ &= 3,0106 \text{ hp} \end{aligned}$$

Efisiensi motor dipilih 85 %.

$$\begin{aligned} \text{Tenagamotor} &= \frac{28,6941 \text{ hp}}{0,85} \\ &= 3,5418 \text{ hp} \end{aligned}$$

Berdasarkan Perry's Handbook, 1997, jika temperature approach 8– 11 °C maka tinggi menara 4,6 – 6,1 m. Diambil tinggi menara 6,1 m.

Kebutuhan zataditif

$$\begin{aligned} \text{Dispersant} &= 0,05\% \times 33,0857 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,0165 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Inhibitor} &= 0,01\% \times 33,0857 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,0033 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Menghitung *make-upwater*

$$\text{Wc} = \text{aliran air sirkulasi masuk cooling tower} = 33,0857 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Water evaporation(We)

$$= 0,00085W_c(T_1-T_2) \quad (\text{Pers. 12.10, Perry's, 1997})$$

$$= 0,00085 \times 33,0857 \text{ m}^3/\text{jam} \times (113 - 86)$$

$$= 0,7593 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Water drift loss (Wd)

$$= 0,002 \times W_c$$

$$= 0,002 \times 33,0857 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0662 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Water blowdown(Wb)

S = rasio klorida dalam air sirkulasi terhadap air make up 3 – 5

Dipilih S = 5,0

$$\text{Waterblowdown}(W_b) = W_e / 2(S-1)$$

$$= 0,7593 / (2 \times 4) \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0949 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$W_m = W_e + W_d + W_b$$

$$= (0,7593 + 0,0662 + 0,0949) \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,9204 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Tabel D.16. Spesifikasi *Cooling Tower* (CT – 01)

Alat	<i>Cooling Tower</i>
Kode	CT –101
Fungsi	Mendinginkan air pendingin yang telah digunakan oleh peralatan proses dengan menggunakan media pendingin udara dan mengolah dari temperatur 45°C menjadi 30° C
Tipe	<i>Inducted Draft Cooling Tower</i>
Kapasitas	33,0857 m ³
Dimensi	Menara: Panjang = 3,6788m Lebar = 1,8394m Tinggi = 6,1000m
Tenaga motor	3,5418 hp
Bahan konstruksi	Beton
Jumlah	1 Buah

n. *Cold Basin* (CB–01)

Fungsi : Menampung air keluaran dari *cooling tower* dan *make up water* dari tangki airfilter.

Jenis : Bak beton berbentuk rectangular

Dengan cara perhitungan yang sama seperti pada Hot Basin (HB-101), diperoleh spesifikasi *Cold Basin* (CB – 101) sebagai berikut :

Tabel D.17. *Cold Basin* (CB – 101)

Alat	<i>Cold Basin</i>
Kode	CB – 101
Fungsi	Menampung air keluaran dari <i>cooling tower</i> dan <i>make up water</i> dari tangki air filter.
Bentuk	Bak rectangular
Kapasitas	43,6732 m ³

Dimensi	Panjang = 4,9062m
	Lebar = 1,2265 m
	Kedalaman = 2,4384m
Jumlah	1 Buah

o. Tanki *Air Condensat* (TP –08)

Fungsi : Tempat penyimpanan airkondensat

Jenis : Silinder vertikal dengan dasar datar (*flat bottom*) dan atap (*head*) berbentuk kerucut (*conical*).

Dengan perhitungan yang sama seperti pada tangki air filter (TP-104) maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

Tabel D.18. Spesifikasi Tangki Penyimpanan Air Kondensat (TP – 08)

Alat	Tangki Penyimpanan air kondensat
Kode	TP-108
Fungsi	Menampung air kondensat
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 6,0960 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 6,5548 m Tebal <i>shell</i> (ts) = 0,5000 in Tinggiatap = 0,4588m Tebal <i>head</i> = 0,1875in
Tutup atas	Bentuk <i>conical</i>
Tekanan Desain	16,5366 psi
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>

p. Tanki *Asam Sulfat* (TP –09)

Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan asam sulfat konsentrasi 4% volume selama 7 hari (21 regenerasi) sebagai regeneran resin penukar kation dan sebagai injeksi ke *kationexchange*.

= 344,6483kg/jam
 Siklusregenerasi = 8 jam = 480menit.
 Totalkation inlet = 62 ppm = (1 grain/gallon = 17,1 ppm)
 Total kation outlet = 0ppm
 Kationhilang = 100,00%
Kationexchanger = Asamsulfat
 Kondisi operasi :
 Temperatur = 30°C

(Tabel, 16-6, Perry's Handbook, 7th ed, 1997)

PH = 6-8

(Tabel, 16-19, Perry's Handbook, 7th ed, 1997)

Kapasitasresin = 0,75eq/L
 = 16,35 kgrain CaCO₃/ft³ resin

= 16,3500 kg/m³

Maksimum flow = 8 gpm/ft²

Densitas resin,

ρ = 0,95kg/L

= 59,3066lb/ft³

Jumlah mineral yang dihilangkan :

= kation hilang x jml.air x total kation inlet x siklus regenerasi

= 2,6617 kgrain CaCO₃

Kebutuhan volume resin = $\frac{\text{Jumlah mineral yang dihilangkan}}{\text{Kapasitasresin}}$

$= \frac{2,6617}{16,3500}$

= 0,1628 ft³

= 0,0046 m³

Luas permukaan resin = $\frac{1,5294}{8}$

= 0,1912 ft²

= 0,0178m²

$$\text{Tinggi bed resin} = \frac{\text{Kebutuhan volume resin}}{\text{Luas permukaan resin}}$$

$$= \frac{0,0046 \text{ m}^3}{0,0178 \text{ m}^2}$$

$$= 0,2596 \text{ m}$$

$$= 0,8515 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter tanki, D} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0178}{3,14}}$$

$$= 0,4935 \text{ ft}$$

$$= 0,1504 \text{ m}$$

$$\text{Ruangkosong} = 75 \% \times \text{tinggi bed resin}$$

(untuk ekspansi saat regenerasi)

$$= 75\% \times 0,8515$$

$$= 0,64 \text{ ft}$$

$$\text{Lapisan pasir} = 50 \% \times \text{tinggi bed resin}$$

$$= 0,4258 \text{ ft}$$

Graver dirancang dari anitrofit dengan tebal/tinggi 12-14 in
(Powell, 1954)

$$\text{Dipilih tinggi} = 12 \text{ in} = 0,3048 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bed total} = (0,2596 + 0,1298 + 0,3048) \text{ m}$$

$$= 0,6941 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tanki total} = (0,1947 + 0,6941) \text{ m}$$

$$= 0,8888 \text{ m}$$

$$= 2,9160 \text{ ft}$$

2) Menghitung tekanan desain

Menghitung tekanan vertikal bahan padat pada dasar tangki digunakan persamaan Jansen (Mc. Cabe and Smith, 1985) :

P_B = tekanan vertikal pada dasar tangki (psi)

ρ_B = densitas material, lb/ft³

$$= 59,3066 \text{ lb/ft}^3$$

μ = koefisien friksi, 0,35 - 0,55 dipilih,

$$\mu = 0,4$$

K = rasio tekanan, 0.3 -0.6 dipilih,

K =0,5

Z_T = tinggi total bahan dalam tangki,

= 2,2773 ft

R = jari-jari tangki = 1/2D,

= 0.2467 ft

e =2,7183

Diperoleh P_B= 35,6725 lb/ft² = 0,2477 psi

Tekanan lateral yg dialami dinding tangki

(P_L) = K × P_B

= 0,1239 psi

Tekanan total (P_T) = (0,2477 + 0,1239)psi

= 0,3716 psi

P_{operasi} = 14,7000psi

P_{design} = 1,1 x (P_{operasi} + P_T)

= 1,1 x (14,7000 + 0,3716)

= 16,5787 psi

3) Menghitung regenerasi resin

a) Kebutuhan *regenerant*

(Tabel, 16-19, Perry's Handbook, 7th ed, 1997)

Regenerant yang digunakan adalah asam sulfat konsentrasi 4% vol.

Kapasitas *regenerant* = 6,875 lb *regenerant*/ft³ resin

Kebutuhanteoritis = Kapasitas *regenerant* x Kebutuhan volume resin

= 6,875 lb *regenerant* /ft³ resin × 0,1628 ft³

= 1,1192 lb *regenerant*

Kebutuhanteknis = 110% × kebutuhanteoritis

= 1,2311 lb

= 0,5584 kg

b) Waktu regenerasi

Densitas *regenerant* = 1.021,6000 kg/m³

$$\begin{aligned}
 &= 8,5257 \text{ lb/gallon} \\
 \text{Flowrate regenerasi} &= 5 \text{ gpm/ft}^2 \quad (\text{Powell, 1954}) \\
 \text{Waktu pencucian} &= 10 \text{ menit} \\
 \text{Flowrate air pencuci} &= 5 \text{ gpm/ft}^2 \quad (\text{Powell, 1954}) \\
 \text{Volumeregeneran} &= \text{kebutuhan teknis /} \\
 &\text{densitasregeneran} \\
 &= 0,5584 \text{ kg regeneran/1021,6 kg/m}^3 \\
 &= 0,00055 \text{ m}^3 \\
 &= 0,1444 \text{ galon} \\
 \text{Waktu regenerasi} &= \frac{\text{Volumeregeneran}}{\text{flowrate x luas resin}} \\
 &= \frac{0,1444}{5 \times 0,151} \\
 &= 0,1511 \text{ menit} \\
 \text{Waktupembilasan} &= 5 \text{ menit} \\
 \text{Totalwaktu} &= 15,1511 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Tabel D.20. Spesifikasi *Cation Exchanger*

Alat	<i>Cation Exchanger</i>
Kode	CE – 01
Fungsi	Menghilangkan ion-ion positif yang terlarut dan menghilangkan kesadahan air
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan <i>head</i> berbentuk <i>torispherical</i> .
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 0.8636 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 1.3229 m Tebal <i>shell</i> (ts) = 0.1875in Tebal <i>head</i> (th) = 0.1875in
Tekanan Desain	16.5787 psi
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	2 Buah

r. *Anion Exchanger* (CE –01)

Fungsi : Menghilangkan ion-ion negatif yang terlarut dan menghilangkan kesadahanair

Tipe : Tangki silinder vertikal diisi dengan resin penukarian

1) Menghitung dimensitangki

Kapasitas produk yang akan diolah untuk air proses

$$= 0,3474 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 1,5294 \text{ gpm}$$

$$= 344,6483 \text{ kg/jam}$$

Siklusregenerasi = 8jam

Total *anion inlet* = 62 ppm = (1 grain/gallon = 17,1 ppm)

Total *anion outlet* = 0ppm

Anionhilang = 100,00%

Anion *exchanger* = basa lemah (*weakly basic*) aminopolisterena

(PK 9) Kondisi operasi :

Temperatur = 30 °C

(Tabel, 16-6, Perry's Handbook, 7th ed, 1997)

PH = 0– 7

(Tabel, 16-19, Perry's Handbook, 7th ed, 1997)

Kapasitas resin = 1,2eq/L

$$= 26,16 \text{ kgrain CaCO}_3/\text{ft}^3 \text{ resin}$$

Maksimum flow = 7gpm/ft²

Densitas resin, ρ = 0,67 kg/L

$$= 41,8267 \text{ lb/ft}^3$$

Jumlah mineral yang dihilangkan :

$$= 100\% \times 0,0036 \text{ kg/gal} \times 1,5294 \text{ gpm} \times 480 \text{ menit}$$

$$= 2.6617 \text{ kgrain CaCO}_3$$

$$\text{Kebutuhan volume resin} = \frac{\text{Jumlah mineral yang dihilangkan}}{\text{Kapasitasresin}}$$

$$= \frac{2,6617}{26,16}$$

$$= 0,1017 \text{ ft}^3$$

$$= 0,0029\text{m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan resin} &= \frac{1,5294}{7} \\ &= 0,2185 \text{ ft}^2 \\ &= 0,0203 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi } bed \text{ resin} = \frac{\text{Kebutuhan volume resin}}{\text{Luas permukaan resin}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,0029 \text{ m}^3}{0,0203 \text{ m}^2} \\ &= 0,1428 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Diameter tanki, } D = \sqrt{\frac{4 \times 0,0203}{3,14}}$$

$$= 0,1608 \text{ m}$$

$$= 0,5276 \text{ ft}$$

$$\text{Ruangkong} = 75 \% \times \text{tinggi } bed \text{ resin}$$

(untuk ekspansi saat regenerasi)

$$= 75\% \times 0,1428$$

$$= 0,1071 \text{ m}$$

$$\text{Lapisan pasir} = 50 \% \times \text{tinggi } bed \text{ resin}$$

$$= 0,0714 \text{ m}$$

Graver dirancang dari anitrofit dengan tebal/tinggi 12-14 in

(Powell, 1954)

$$\text{Dipilih tinggi} = 12 \text{ in} = 0,3048 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi } bed \text{ total} = 0,5177 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tangki total} = (0,1065 + 0,5177) \text{ m}$$

$$= 0,6242 \text{ m}$$

4) Menghitung tekanan desain

Menghitung tekanan vertikal bahan padat pada dasar tangki

digunakan persamaan Jansen (Mc. Cabe and Smith, 1985) :

P_B = tekanan vertikal pada dasar tangki (psi)

ρ_B = densitas material, lb/ft³

$$= 59,3066 \text{ lb/ft}^3$$

μ = koefisien friksi, 0,35 - 0,55 dipilih,

μ = 0,4

K = rasio tekanan, 0.3 - 0.6 dipilih,

K = 0,5

Z_T = tinggi total bahan dalam tangki,

= 2,2773 ft

R = jari-jari tangki = $1/2D$,

= 0,2638 ft

e = 2,7183

Diperoleh $P_B = 36,1339 \text{ lb/ft}^2 = 0,2509 \text{ psi}$

Tekanan lateral yg dialami dinding tangki

$(P_L) = K \times P_B$

= 0,1255 psi

Tekanan total (P_T) = $(0,2509 + 0,1255) \text{ psi}$

= 0,3764 psi

P_{operasi} = 14,7000 psi

P_{design} = $1,1 \times (P_{\text{operasi}} + P_T)$

= $1,1 \times (14,7000 + 0,3764)$

= 16,5840 psi

5) Menghitung regenerasi resin

a) Kebutuhan regenerant

(Tabel, 16-19, Perry's Handbook, 7th ed, 1997)

Regenerant yang digunakan adalah NaOH konsentrasi 70% vol.

Kapasitas regenerant = 4,375 lb regenerant/ft³ resin

Kebutuhanteoritis = Kapasitas regenerant x Kebutuhan

volume resin = 4,375 lb regenerant /ft³ resin ×

0,1017 ft³

= 0,4451 lb regenerant

Kebutuhanteknis = 110% × kebutuhanteoritis

= 0,4897 lb

b) Waktu regenerasi

Densitas *regenerant* = 8,7162 lb/gallon
 Flowrate regenerasi = 5 gpm/ft² (Powell, 1954)
 Waktu pencucian = 10 menit
 Flowrate air pencuci = 5 gpm/ft² (Powell, 1954)
 Volumeregeneran = kebutuhan teknis /
 densitasregeneran
 = 0,2221 kg *regeneran*/1044,4311
 kg/m³
 = 0,000212655 m³
 = 0,0562 gallon
 Waktu regenerasi = $\frac{\text{Volumeregeneran}}{\text{flowrate} \times \text{luas resin}}$
 = $\frac{0,0526}{5 \times 0,2185}$
 = 0,0514menit
 Waktupembilasan = 5menit
 Totalwaktu = 15,0514menit
 Tabel D.21. Spesifikasi *Anion Exchanger* (AE – 101)

Alat	<i>Anion Exchanger</i>
Kode	AE – 101
Fungsi	Menghilangkan ion-ion negatif yang terlarut dan menghilangkan kesadahan air
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan <i>head</i> berbentuk <i>torispherical</i> .
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 0,3969 m Tinggi <i>shell</i> = 0,8760 m Tebal <i>shell</i> (ts) = 0,1875in
Tekanan Desain	16,5840 psi
Tebal <i>head</i>	0,1875 in
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i> AISI tipe 316

Jumlah	1 buah
---------------	--------

s. Tangki Hidrazin(TP-110)

Fungsialat : Tempat menyiapkan dan menampung larutan hidrazin selama 7 hari untuk diinjeksikan kedeerator

Tipetangki : Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (*flat bottom*) dan atap (*head*) berbentuk *torrispherical*

Kondisioperasi : Tekanan = 101,1500 kPa = 1atm
 Temperatur = 30 °C = 86°F

Dengan cara perhitungan yang sama seperti pada Tangki Dispersant (TP- 107), diperoleh spesifikasi Tangki Hidrazin (TP-113) sebagai berikut :

Tabel D.22. Spesifikasi Tangki Hidrazin (TP-13)

Alat	Tangki Hidrazin
Kode	TP-410
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan hidrazin untuk diinjeksikan ke deaerator
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan <i>head</i> berbentuk <i>torrispherical</i>
Kapasitas	0.0692 m ³
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) 1,5240 m
	Tinggi <i>shell</i> (Hs) 1,5240 m
	Tebal <i>shell</i> (ts) 0,1875 In
	Tebal <i>head</i> (th) 0.1875 In
	Tinggi <i>head</i> 0,1069m
Tekanan Desain	15.4919 Psi
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i> AISI tipe 316
Jumlah	1 buah

t. *Deaerator* (DA -01)

Fungsi : menghilangkan gas-gas terlarut dalam air, seperti: O₂ dan CO₂, agar korosif dan kerak tidak terjadi, diinjeksikan *hydrazine* (O₂ scavanger) serta senyawaanfosfat.

Jenis : tangki horizontal dengan *head* berbentuk ellipsdilengkapi *sparger*.

Kondisi operasi : Tekanan = 1atm ; Temperatur = 30°C

1) Menghitung kapasitastangki

Air yang mengalami aerasi = 0,3474 m³/jam

Waktu tinggal :15 menit = 0,25jam

Safety factor =20%

(Peter and Timmerhaus,1991,hal. 37)

Vair = 0,3474 m³/jam x 0,25jam

= 0,0868 m³

Vtangki = 1,2 × 0.0868m³/jam

= 0,1042 m³/jam

2) Menentukan dimensitangki

Volume tutup atas *Torispherical Flanged and Dished Head*

V_d =0,1039

V_{tangki} = $\frac{1}{4} \pi D^2 H + 0,1039 D^3 + 0,1039D^3$

V_{tangki} = 4,1348 D³

DiambilH/D =5

D = 0,2932 m = 0,9619 ft = 11,5428in

Diameter standar :

D = 3 ft = 36 in = 0,9144 m

H_s = 15 ft = 180 in = 4,5721 m

3) Menghitung Tekanan Desain

Tekanan desain dihitung dengan :

P_{abs} = P_{operasi}+P_{hidrostatik}

$$= 14,7 + \frac{\rho \times (h-1)}{144}$$

$$= 14,7 + \frac{61,9399 \times (15-1)}{144}$$

$$= 20,7219 \text{ psi}$$

Tekanan desain 5 -10 % di atas tekanan kerja normal/absolut (Coulson, 1988 hal. 637). Tekanan desain yang dipilih 10 % di atasnya.

$$P_{\text{desain}} = 1,1 \times P_{\text{abs}}$$

$$= 1,1 \times 20,7219 \text{ psi}$$

$$= 22,7941 \text{ psi}$$

4) Menentukan tebal *shell*

Untuk menentukan tebal *shell*, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$t_s = \frac{P \cdot d}{2 \cdot (f \cdot E - 0,6 P)} + c \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, hal.256})$$

Dimana:

- T_s = Tebal *shell*, in
- P = Tekanan dalam tangki, psi
- f = Allowable stress, psi
- d = Diameter *shell*, in
- E = Efisiensi pengelasan
- c = Faktor korosi, in

Material yang direkomendasikan adalah *Carbon Steel SA-283 Grade C*

$$f = 12650 \text{ psi}$$

(Peters & Timmerhause, 1991, Tabel 4, hal538)

$$E = 80\%$$

(Brownell and Young, 1959, tabel13.2)

$$C = 0,125 \text{ in}$$

$$R_i = 18 \text{ in}$$

Didapatkan :

$$T_s = 0,1656 \text{ in}$$

Dipakai t_s standar $3/16 \text{ in} = 0,1875 \text{ in}$

$$OD = ID + (2 \times t_s)$$

$$= 36 \text{ in} + (2 \times 0,1875 \text{ in})$$

$$= 36,3750 \text{ in}$$

Diambil OD standar = 38 in

Tabel D.23. Spesifikasi *Deaerator* (DA – 01)

Alat	<i>Deaerator</i>
Kode	DA – 01
Fungsi	Menghilangkan gas-gas terlarut dalam air, seperti: O ₂ dan CO ₂ , agar korosif dan kerak tidak terjadi, diinjeksikan <i>hydrazine</i> (O ₂ <i>scavanger</i>) serta senyawaan fosfat.
Bentuk	Tangki horizontal dengan <i>head</i> berbentuk ellips dilengkapi <i>sparger</i> .
Kapasitas	0.0868 m ³
Dimensi	Diametershell (D) = 0,9144 m Tinggishell (Hs) = 4,5721 m Tebalshell (t _s) = 0,1875in
Tekanan Desain	22,7941 psi
Tebal head	0,25 in
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 Buah

3. Spesifikasi Pompa Utilitas

a. Pompa Utilitas 1(PU-01)

Fungsi : memompa air sungai sebanyak 3.687,1417 kg/jam ke bak sedimentasi (BS-01).

Jenis : *Centrifugal pump*

Alasan Pemilihan :

- i. Dapat digunakan *range* kapasitas yang besar dan tekanantinggi
- ii. Konstruksi sederhana sehingga harganya relatif lebihmurah
- iii. Kecepatan putarannyastabil

iv. Tidak memerlukan area yang luas

Friction loss yang perlu diperhitungkan antara lain :

- 1) Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa
- 2) Friksi pada pipalurus
- 3) Friksi pada elbow
- 4) Friksi pada valve

Asumsi :

- 1) Sifat-sifat fisis cairan dianggap tetap
- 2) Fluida incompressible

Menghitung Debit Cairan

Diketahui :

Laju alir massa, $G = 3.687,1417 \text{ kg/jam} (1,0242 \text{ kg/s})$

Densitas, $\rho = 992,1825 \text{ kg/m}^3$

$= 61,9379 \text{ lb/ft}^3$

Viskositas, $\mu = 0,0008 \text{ pa.s}$

$= 0,8285 \text{ cp}$

Overdesain $= 10\%$

$G = 1,1 \times 3.687,1417 \text{ kg/jam}$

$= 4.055,8559 \text{ kg/jam}$

$= 1,1266 \text{ kg/s}$

Debit, $Q :$

$$Q = \frac{G}{\rho}$$

$$= \frac{3.687,1417}{992,1825}$$

$$= 3,7162 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,001 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 15,8924 \text{ gpm}$$

Dari Fig. 7.14 a & b Walas dan Tabel 10.17 Coulson untuk kapasitas 15,8924 gpm digunakan pompa *centrifugal* tipe *single-suction*.

Menghitung Diameter Pipa

$$\begin{aligned}
 D_{op} &= 282 \times G^{0.52} \times \rho^{-0.37} \quad (\text{Pers. 5.14 Coulson, 1983}) \\
 &= 282 \times (1,1266)^{0.52} \times (992,1825)^{-0.37} \\
 &= 23,3577 \text{ mm} \\
 &= 0,9196 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

D_{opt} = Diameter pipa optimum (mm)

G = Laju alir massa (kg/s)

ρ = Densitas larutan (kg/m³)

Dari Tabel.11. Kern, 1950 diperoleh :

NPS = 3in

SCH = 40

ID = 3,0680 in (0,0779 m)

OD = 3,5000in

A = 7,3889in²

1) Menentukan Bilangan Reynold (N_{Re})

Bilangan reynold (N_{Re}) dapat dihitung dengan persamaan:

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot ID}{\mu} \quad (\text{Geankoplis pers 3.4-1, hal 144})$$

Keterangan :

N_{Re} = Bilangan Reynold

ρ = Densitas larutan (kg/m³)

ID = Diameter dalam pipa (m)

v = Kecepatan aliran (m/s)

μ = Viskositas larutan (kg/m.s)

Kecepatan aliran, v :

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{4Q}{\pi \times D^2} \\
 &= \frac{4 \times 0,001}{3,14 \times (0,0779)^2} \\
 &= 0,21 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Bilangan reynold, N_{Re} :

$$N_{Re} = \frac{992,1825 \times 0,0779 \times 0,21}{0,0008}$$
$$= 20.288,89$$

2) Menghitung Panjang *Equivalent*

Tabel. D.24. Panjang *equivalent* dari Tabel. 2.10-1 Geankoplis, 1983

Komponen	Jumlah	Le, ft	Le, m	Total, m
Pipa lurus	1	6414	500,0000	500,0000
<i>Standard elbow</i> 90°	3	35	2,7275	8,1824
<i>Globe valve</i>	1	475	37,0155	37,0155
<i>Gate valve fully open</i>	2	9	0,7013	1,4027
Total				546,6006

3) Menghitung *Friction Loss*

Friction loss dihitung dengan persamaan 2.10-18 Geankoplis, 1983 :

a) Friksi karena kontraksi dari sungai kepipa.

$$H_c = 0,55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right)^2 \frac{V^2}{2\alpha}$$

(Geankoplis, 1983. pers.2.10-16)

$$= K_c \frac{V^2}{2\alpha}$$

Keterangan :

H_c = *friction loss*

V = kecepatan pada bagian *downstream*

α = faktor koreksi, aliran turbulen =1

A_2 = luas penampang yang lebih kecil

$$A_1 = \text{luas penampang yang lebih besar}$$

$$A_2/A_1 = 0$$

$$K_c = 0,55$$

$$H_c = K_c \frac{V^2}{2\alpha}$$

$$= 0,55 \frac{0,21^2}{2 \times 1}$$

$$= 0,0121 \text{ J/kg}$$

b) Friksi pada pipa lurus

Diketahui:

$$N_{Re} = 20.288,8919$$

$$= 0,000046 \text{ m untuk pipa } \textit{comercialsteel}$$

(Gambar 2.10-3 Geankoplis, 1983)

$$ID = 3,0680 \text{ in } (0,0779\text{m})$$

$$\varepsilon/ID = 0,0006$$

$$f = 0,0045 \quad (\text{Gambar.2.10-3, Geankoplis, 1983})$$

$$\Delta L = 500\text{m}$$

Sehingga friksi pada pipa lurus :

$$F_f = 4f \frac{\Delta L V^2}{ID^2}$$

$$= 4 \times 0,0045 \frac{500 \times 0,21^2}{0,0079 \times 2}$$

$$= 2,5475 \text{ J/kg}$$

c) Friksi pada sambungan (*elbow*)

Diketahui:

$$\text{Jumlah } \textit{elbow} = 3$$

$$K_f = 0,75 \quad (\text{tabel 2.10-1, Geankoplis, 1983})$$

$$H_f = \sum K_f \left[\frac{V^2}{2} \right]$$

$$= 0,75 \left[\frac{0,21^2}{2} \right]$$

$$= 0,0496 \text{ J/kg}$$

Total friksi :

$$\begin{aligned} \Sigma F &= h_C + F_f + h_{f, \text{tee}} + h_{f, \text{elbow}} + h_e + h_{f, \text{valve}} \\ &= 0,0121 + 2,5475 + 0,0000 + 0,0496 + 0,0221 + \\ &\quad 0,217 \\ &= 2,8483 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

4) Menghitung tenaga pompa yang digunakan

Persamaan neraca energi yang dijelaskan melalui persamaan Bernaulli (pers. 2.7-28 Geankoplis, 1983) :

$$Z_1 = -2 \text{ m (asal pemompaan dari sungai)}$$

$$Z_2 = 5 \text{ m (tujuan pemompaan)}$$

$P_1 = 1 \text{ atm (101.325 N/m}^2\text{)}$, untuk fluida ditempat terbuka (Alfa Laval Pump Handbook, 2001)

$P_2 = 1 \text{ atm (101.325 N/m}^2\text{)}$, untuk tangki terbuka (Alfa Laval Pump Handbook, 2001)

$$v_1 = v_2 = 0,21 \text{ m/s}$$

$$\rho = 992,1825 \text{ kg/m}^3$$

$$\alpha = 1$$

$$g = 9,806 \text{ m/s}^2$$

$$\Sigma F = 2,8483 \text{ J/kg}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} -W_s &= \frac{0,21^2 - 0,21^2}{2 \times 1} + 9,806 (5 - (-2)) + \frac{101,325 - 101,325}{992,1825} + 2,8383 \\ &= 71,4483 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

Dari Gambar 10.62, Coulson, 1983, hal 380 untuk $Q = 3,7162 \text{ m}^3/\text{jam}$, maka efisiensi pompa (η) = 68 %.

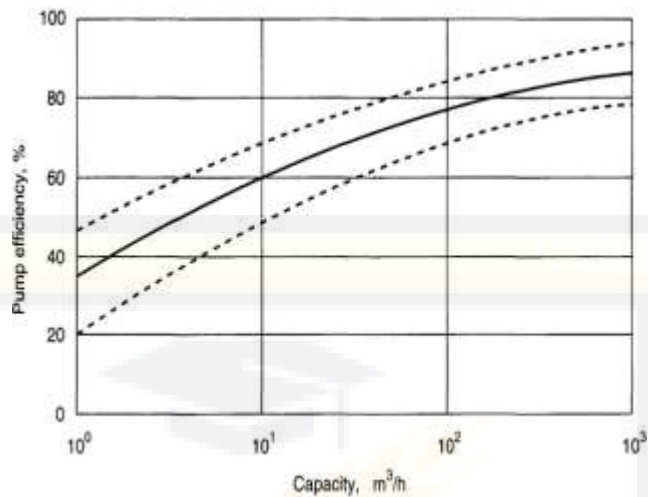


Figure 10.62. Efficiencies of centrifugal pumps

$$W_p = \frac{-W_s}{\eta} \text{ (Geankoplis, 1983. pers.3.3-1)}$$

$$= \frac{71,4483}{0,68}$$

$$= 105,071 \text{ J/kg}$$

Maka dapat diketahui besar daya yang digunakan pompa :

$$\begin{aligned} \text{Power} &= G \times W_p \quad \text{(Geankoplis, 1983. pers.3.3-2)} \\ &= 1,1266 \times 105,071 \\ &= 118,373 \text{ J/s} \\ &= 0,1184 \text{ kW} \\ &= 0,1587 \text{ hp} \end{aligned}$$

Jadi digunakan pompa dengan daya 7,5 hp.

5) Menghitung NSPH

Untuk mengatasi kavitasi, NPSH yang tersedia harus lebih besar dari NPSH yang dibutuhkan, $NPSHA > NPSHR$,

sehingga perlu dihitung NPSHA sebagai berikut:

NPSH (*Net Positive Suction Head*) available :

$$NPSHa = P_a \pm h_s - h_{fs} - P_{vp}$$

(Alfa Laval Pump Handbook, 2001:32)

Dimana P_a (*absolute pressure*)

$$= \frac{2,3 \times P_{\text{sistem}}}{\text{spesifik gravitasi}}$$

$$\text{Spesifik gravitasi} = \frac{61,9397}{62,5}$$

$$= 0,9910$$

$$h_s \text{ (static suction head)} = z_1$$

$$= -2 \text{ m} = -6,5617 \text{ ft}$$

$$P_{vd} \text{ (vapour pressure)} = 0,6185 \text{ psi} = 1,4288 \text{ ft hfs}$$

$$\text{(pressure loss due to friction)} = \frac{0,0823 \times SG \times f \times L \times V^2}{D}$$

$$f = 0,0045$$

$$L = 446,6006 \text{ m} = 1465,2205 \text{ ft}$$

$$v = 6,9004 \text{ ft/s}$$

$$SG = 0,9910$$

$$ID = 3,0680 \text{ in}$$

Maka :

$$H_{fs} = 8,3460 \text{ psi} = 19,4543 \text{ ft}$$

$$NPSH_a = 19,7862 \text{ ft} = 6,0308 \text{ m}$$

NPSHR (*Net Positive Suction Head*) Required : Dari gambar 7.2 b Walas :

$$N = 3.500S = 7.900 \text{ (single suction)}$$

$$Q = 15,8924 \text{ gal/menit}$$

$$NPSHR = \left(\frac{N \times Q^{0,5}}{S} \right)^{\frac{4}{3}}$$

$$= 2,1349 \text{ ft}$$

$$= 0,651 \text{ m}$$

NPSHA > NPSHR, pompa aman dari kavitasi

Keterangan :

NPSHR = *Net Positive suction head required* (ft)

NPSHA = *Net Positive suction head available* (ft)

Tabel D. 25. Spesifikasi Pompa (PU – 101)

Alat	Pompa
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai ke Bak Sedimentasi (BS-101)
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	15,8924 gpm
Efisiensi Pompa	68%
Dimensi	NPS = 3in Sch = 40in
Power motor	7,5 hp
NPSHA	6,0308 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

Dengan melakukan perhitungan yang sama seperti pada perhitungan pompa-101, maka diperoleh hasil perhitungan untuk pompa-102 hingga pompa-123 sebagai berikut :

b. Pompa Utilitas 2(PU-02)

Tabel. D.26. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 02)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa air keluaran BS-101 ke bak penggumpal (BP-101)
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	15,8924 gpm
Efisiensi Pompa	68%
Dimensi	NPS = 3in Sch = 40in
Power motor	1,5 hp
NPSH_A	8,1658 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

c. Pompa Utilitas 3(PU - 03)

Tabel. D.27. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 03)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa alum dari tangki penyimpanan alum (TP-101) ke BP-101.
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	0,0238 gpm
Efisiensi Pompa	35%
Dimensi	NPS = 0,1250in <i>Sch</i> = 40in
Power motor	0,5 hp
NPSH_A	6,4564 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

d. Pompa Utilitas 4(PU - 04)

Tabel. D.28. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 04)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa klorin dari tangki penyimpanan klorin (TP-102) ke BP-01.
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	0,1554 gpm
Efisiensi Pompa	35%
Dimensi	NPS = 0,125in <i>Sch</i> = 40in
Power motor	0,5 hp
NPSH_A	8,4516 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

e. Pompa Utilitas 5(PU - 05)

Tabel. D.29. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 05)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa NaOH dari TP-103 ke BP-01 dan <i>anion exchanger</i> (AE – 101).

Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	0,007gpm
Efisiensi Pompa	35 %
Dimensi	NPS = 0,125in Sch = 40in
Power motor	0,5 hp
NPSH_A	8,8759 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

f. Pompa Utilitas 6(PU - 06)

Tabel. D.30. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 06)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa air keluaran BP-101 ke <i>clarifier</i> (CF- 101)
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	15,8924 gpm
Efisiensi Pompa	68%
Dimensi	NPS = 3in Sch = 40in
Power motor	1,5 hp
NPSH_A	7,6658 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

g. Pompa Utilitas 7(PU - 07)

Tabel. D.31. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 07)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa air keluaran CF-101 ke <i>sand filter</i> (SF-01)
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	15,8924 gpm

Efisiensi Pompa	68%
Dimensi	NPS = 3in Sch = 40in
Power motor	0,5 hp
NPSH_A	6,0854 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

h. Pompa Utilitas 8(PU - 08)

Tabel. D.32. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 08)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa air keluaran SF-01 ke tangki air <i>filter</i> (TP-104)
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	15,8924 gpm
Efisiensi Pompa	68%
Dimensi	NPS = 3in Sch = 40in
Power motor	2 hp
NPSH_A	8,5964 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

i. Pompa Utilitas 9(PU - 09)

Tabel. D.33. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 09)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa air <i>make-up steam, make-up</i> air pendingin dan air hydrant ke CE-101, CT-101 dan hydrant
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	15,8924 gpm
Efisiensi Pompa	68%

Dimensi	NPS = 3in Sch = 40in
Power motor	1,5 hp
NPSHA	9,2811 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

j. Pompa Utilitas 10(PU – 10)

Tabel. D.34. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 10)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa air keluaran dari TP-105 menuju area (domestik)
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	0,0238 gpm
Efisiensi Pompa	40%
Dimensi	NPS = 0,375in Sch = 40in
Power motor	0,5 hp
NPSHA	6,0950 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

k. Pompa Utilitas 11(PU – 11)

Tabel. D.35. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 11)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa air pendingin yang telah digunakan ke <i>Hot Basin</i> (HB-101)
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	145,6721 gpm
Efisiensi Pompa	80 %
Dimensi	NPS = 3,5in Sch = 40in

Power motor	50 hp
NPSH_A	9,9720 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

l. Pompa Utilitas 12(PU – 12)

Tabel. D.36. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 12)

Alat	Pompa
Fungsi	Mengalirkan air dari HB-101 ke <i>cooling tower</i> (CT-101)
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	145,6721 gpm
Efisiensi Pompa	80 %
Dimensi	NPS = 3,5in Sch = 40in
Power motor	20 hp
NPSH_A	9,9720 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

m. Pompa Utilitas 13(PU – 13)

Tabel. D.37. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 13)

Alat	Pompa
Fungsi	Mengalirkan Na ₃ PO ₄ dari TP-106 ke CT-101
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	0,231 gpm
Efisiensi Pompa	35 %
Dimensi	NPS = 0,3750in Sch = 40in
Power motor	0,5 hp
NPSH_A	8,1881 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

n. Pompa Utilitas 14(PU – 14)

Tabel. D.38. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 14)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa dispersan dari TP-107 ke CT-101
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	0,061 gpm
Efisiensi Pompa	35 %
Dimensi	NPS = 0,25in Sch = 40in
Power motor	0,5 hp
NPSHA	9,4865 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

o. Pompa Utilitas 15(PU – 15)

Tabel. D.39. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 15)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa air dingin dari CT-101 ke <i>cold basin</i> (CB-101)
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	145,6721 gpm
Efisiensi Pompa	70 %
Dimensi	NPS = 3,5in Sch = 40in
Power motor	20 hp
NPSH_A	9,9720 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

p. Pompa Utilitas 16(PU – 16)

Tabel. D.40. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 16)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa air dingin dari CB-01 ke unit-unit yang membutuhkan air pendingin
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	133,4271 gpm
Efisiensi Pompa	70 %
Dimensi	NPS = 3,5in Sch = 40in
Power motor	20 hp
NPSH_A	9,9720 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

q. Pompa Utilitas 17(PU – 17)

Tabel. D.41. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 17)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa air kondensat ke TP-108
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	1,0526 gpm
Efisiensi Pompa	55 %
Dimensi	NPS = 1,5in Sch = 40in
Power motor	1,5 hp
NPSH_A	5,2608 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

r. Pompa Utilitas 18(PU – 18)

Tabel. D.42. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 18)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa air kondensat yang telah digunakan dari TP-108 ke <i>cation exchanger</i> (CE-101)
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	1,0526 gpm
Efisiensi Pompa	55 %
Dimensi	NPS = 1,5in Sch = 40in
Power motor	0,5 hp
NPSHA	9,0635 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

s. Pompa Utilitas 19(PU – 19)

Tabel. D.43. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 19)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa asam sulfat dari TP-109 ke CE-101
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	0,0002 gpm
Efisiensi Pompa	35 %
Dimensi	NPS = 0,125in Sch = 40in
Power motor	0,5 hp
NPSHA	5,2164 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

t. Pompa Utilitas 20(PU – 20)

Tabel. D.44. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 20)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa keluaran dari CE-101 ke <i>anion exchanger</i> (AE-101)
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	1,5294 gpm
Efisiensi Pompa	60 %
Dimensi	NPS = 1,5in Sch = 40in
Power motor	0,5 hp
NPSH_A	9,9720 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

u. Pompa Utilitas 21(PU – 21)

Tabel. D.45. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 21)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa keluaran dari AE-101 ke deaerator 101 (DA-101)
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	1,5294 gpm
Efisiensi Pompa	60 %
Dimensi	NPS = 2in Sch = 40in
Power motor	0,5 hp
NPSH_A	9,4525 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

v. Pompa Utilitas 22(PU – 22)

Tabel. D.46. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 22)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa hidrazin dari TP-110 ke DA-101
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	1,5294 gpm
Efisiensi Pompa	35 %
Dimensi	NPS = 0,25in Sch = 40in
Power motor	0,5 hp
NPSH_A	8,7001 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

w. Pompa Utilitas 21(PU – 21)

Tabel. D.47. Spesifikasi pompa utilitas (PU – 23)

Alat	Pompa
Fungsi	Memompa keluaran DA-101 ke TP-111
Jenis	<i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	1,2736 gpm
Efisiensi Pompa	60 %
Dimensi	NPS = 2in Sch = 40in
Power motor	0,5 hp
NPSH_A	9,5372 m
Jumlah	2 buah (1 cadangan)

B. Unit penyedia Listrik

3. Kebutuhan listrik

d. Listrik Untuk Penerangan

Dari *Chemical Engineer's Handbook, 3rd ed*, direkomendasikan untuk perhitungan penerangan digunakan satuan *lumen*. Dengan menetapkan jenis lampu yang digunakan, maka dapat dihitung jumlah listrik yang harus disediakan untuk penerangan. Untuk menentukan besarnya tenaga listrik digunakan persamaan :

$$L = \frac{a \times F}{u \times D}$$

Keterangan :

L : lumen peroutlet

a : luas area, ft²

F : *food candle* yang diperlukan (tabel 13, perry 3th)

U : Koefisien utilitas (tabel 16, perry 3th)

D : Effisiensi lampu (tabel 16, perry 3th)

4) Kebutuhan penerangan area dalam bangunan

Area Bangunan	Luas		F	U	D	Lumen
	(m ²)	(ft ²)				
Pos Keamanan	100	1076,3910	20	0,5	0,8000	53819,5500
Kantor	2000	21527,8200	20	0,58	0,8000	927923,2759
Mushola	500	5381,9550	10	0,55	0,8000	122317,1591
Klinik	300	3229,1730	20	0,55	0,8000	146780,5909
Kantin	1000	10763,9100	10	0,51	0,8000	263821,3235
<i>Control Room</i>	500	5381,9550	35	0,6	0,8000	392434,2188
Laboratorium	500	5381,9550	35	0,6	0,8000	392434,2188
Gudang	1000	10763,9100	35	0,52	0,8000	905617,4279
Total	5900	63507,069	185	4,41	6,4	3205147,7649

Sehingga :

Untuk semua area dalam bangunan direncanakan menggunakan lampu

fluorescent 40 Watt, dimana 1 buah *instant starting daylight* 40 Watt mempunyai 1960 lumen.

Jumlah listrik area dalam bangunan = 3205147,7649 Lumen Sehingga jumlah lampu yang dibutuhkan :

didapatkan :

$$\frac{3.205.147,7649}{1960} = 1.635,27 \approx 1.636 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= 1.636 \text{ buah} \times 40 \text{ Watt} \\ &= 71.984 \text{ Watt} \\ &= 71,98 \text{ kW} \end{aligned}$$

5) Kebutuhan penerangan area dalam bangunan

Area Non Bangunan	Luas		F	U	D	Lumen
	(m ²)	(ft ²)				
Proses	10000	107.639,1000	10	0.59	0.8000	2.280.489,4068
Utilitas	5000	53.819,5500	10	0.59	0.8000	1.140.244,7034
Area Pengembangan	5000	53.819,5500	0	0	0.8000	0,0000
Jalan dan taman	1500	16.145,8650	5	0.53	0.8000	190.399,3514
Areal Parkir	500	5.381,9550	10	0.49	0.8000	137.294,7704
Total	22000	236.806,02	35	220	40.000	3.748.428,2320

Sehingga :

Untuk semua area di luar bangunan direncanakan menggunakan lampu *mercury* 250 watt, dimana 1 buah *instant starting daylight* 250 Watt mempunyai 10000 lumen. Jumlah listrik area di luar bangunan sebesar 3.748.428,2320 Lumen

didapatkan :

$$\frac{3.748.428,2320}{10.000} = 374,84 \approx 375 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= 375 \text{ buah} \times 250 \text{ Watt} \\ &= 93.750 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$= 93,75 \text{ kW}$$

6) Kebutuhan listrik lainnya

Kebutuhan listrik lainnya (barang elektronik kantor : AC, komputer dll) diperkirakan sebesar 20.000 Watt

Total kebutuhan penerangan

= Kebutuhan area bangunan + Kebutuhan area luar bangunan + Kebutuhan listrik lain

$$= 71,98 \text{ kW} + 93,75 \text{ kW} + 20 \text{ kW} = 185,73 \text{ kW}$$

e. Listrik Untuk Kebutuhan Proses

No	Nama Alat	Jumlah	Daya	
			Hp	watt
1	B-01	1	10,1	75315,69
2	P-01	1	2,0	1491,4
3	HM-01	1	853,31	636313,157
4	RD-02	1	49,1	366138,6
5	BC-01	1	2,4	17896,8
6	BC-02	1	42	31319,4
	Total	6	958,91	1.128.475,047

Total kebutuhan listrik proses adalah 1.128,47 kW

f. Listrik Untuk Kebutuhan Utilitas

No	Nama Alat	Jumlah	Daya	
			Hp	watt
1	Fan CT-01	1	30,0000	22371,0000
2	Motor BP-01	1	0,5000	372,8500
3	Motor tangki soda kaustik	1	0,5000	372,8500
4	Motor tanki alum	1	0,5000	372,8500
5	Motor tanki korin	1	2,5000	1864,2500
6	Pompa 1	2	7,5000	5592,7500
7	Pompa 2	2	1,5000	1118,5500
8	Pompa 3	2	0,5000	372,8500

9	Pompa 4	2	0,5000	372,8500
10	Pompa 5	2	0,5000	372,8500
11	Pompa 6	2	1,5000	1118,5500
12	Pompa 7	2	0,5000	372,8500
13	Pompa 8	2	2,0000	1491,4000
14	Pompa 9	2	1,5000	1118,5500
15	Pompa 10	2	0,5000	372,8500
16	Pompa 11	2	50,0000	37285,0000
17	Pompa 12	2	20,0000	14914,0000
18	Pompa 13	2	0,5000	372,8500
19	Pompa 14	2	0,5000	372,8500
20	Pompa 15	2	20,0000	14914,0000
21	Pompa 16	2	20,0000	14914,0000
22	Pompa 17	2	1,5000	1118,5500
23	Pompa 18	2	0,5000	372,8500
24	Pompa 19	2	0,5000	372,8500
25	Pompa 20	2	0,5000	372,8500
26	Pompa 21	2	0,5000	372,8500
27	Pompa 22	2	0,5000	372,8500
28	Pompa 23	2	0,5000	372,8500
Total		51	166	123.786,2

Total kebutuhan listrik proses adalah 123,78 kW

Total Kebutuhan Listrik Pabrik

= Kebutuhan penerangan + Kebutuhan proses + Kebutuhan utilitas

= 185,73 kW + 1.128,47 kW + 123,78 kW

= 1.437,98 kW

Over Design : 20%

Totallistrik = 1,2 x 1.437,98kW

= 1.725,576 kW

= 1,73MW

Jadi total kebutuhan listrik pabrik ± **1,73 MW**

4. KebutuhanBahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan untuk menjalankan *generator* yaitu: Jenis bahan bakar = solar

$$\begin{aligned} \text{Heatingvalue (f)} &= 38,000 \text{ GJ/m}^3 \quad (\text{Tabel 6.3, Ulrich, 1984:332}) \\ &= 18.774,9415 \text{ Btu/lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi}(\eta) &= 80\% \\ \rho_{\text{solar}} &= 870 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$= 54,3123 \text{ lb/ft}^3$$

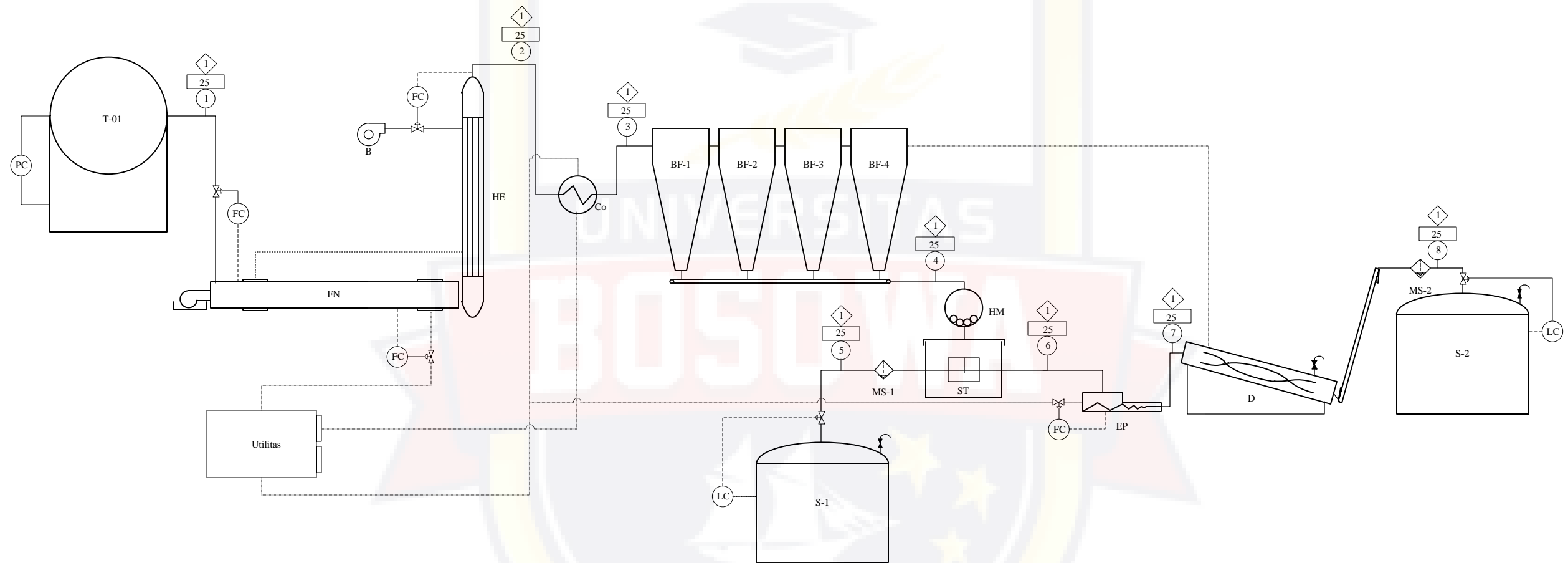
Kapasitas generator :

$$\begin{aligned} Q_{\text{generator}} &= \frac{1,73}{0,8} \\ &= 2,1625 \text{ MW} \\ &= 2162,5 \text{ kW} \\ &= 7.378.757,075 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

Kebutuhan bahan bakar generator :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan solar} &= \frac{Q}{\eta \times f \times \rho} \\ &= \frac{7.378.757,075}{0,8 \times 18.774,9415 \times 54,3123} \\ &= 9,04 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 255,98 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

PROCESS FLOW DIAGRAM (PFD)
PRARANCANGAN PABRIK KARBON HITAM DARI MINYAK BAKAR (MFO) KAPASITAS 218.000 TON/TAHUN



Komponen	Nomor Arus (Kg/Jam)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$C_{25}H_{45}N_5O_{10} (l)$	27.525,25	-	-	-	-	-	-	-
$H_2O (l)$	-	-	-	-	-	-	4.816,8983	2.752,5133
$CO (g)$	-	1.310,7192	1.310,7192	-	-	-	-	-
$C (s)$	-	27.525,1332	27.525,1332	27.525,1332	13.762,5666	13.762,5666	13.762,5666	13.762,5666
$N (g)$	-	37.917,2737	37.917,2737	-	-	-	-	-
$O_2 (g)$	-	-	-	-	-	-	-	-
$H_2O (g)$	-	1.310,7192	1.310,7192	-	-	-	-	-
Total	27.526,25	68.063,8453	68.063,8453	27.525,1332	13.762,5666	13.762,5666	18.579,4649	16.515,0799

Alat	Keterangan
T	Tank
FN	Furnace
HE	Heat Exchanger
B	Blower
Co	Cooler
BF	Bag Filters
HM	Hammer Mill
ST	Sludge Tank
MS	Magnetic Separator
EP	Extruding Pelletizer
D	Dryer
S	Silo

Simbol	Keterangan
FC	Flow Control
LC	Level Control
----	Electric Connection
⋈	Valve
.....	Utility Piping
◇	Tekanan, atm
◇	Suhu, C
○	Nomor Arus
f	Vent (Fentilasi)
—	Piping
—	Electric Press

	PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR 2021
	PROCESS FLOW DIAGRAM (PFD) PRARANCANGAN PABRIK KARBON HITAM DARI MINYAK BAKAR (MFO) KAPASITAS 218.000 TON/TAHUN
Dikerjakan oleh : <p style="text-align: center;">DEDY MUSTARI</p>	
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. Zulfikar Syaiful, MT 2. Al Gazali, ST, MT	