

**PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA
CARBON BLACK DARI GAS ALAM
KAPASITAS 280.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Oleh:

Nama : Mey Lina Tri Setyaningsih

NIM : 18521206

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

2023

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA CARBON BLACK DARI GAS ALAM KAPASITAS 280.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Mey Lina Tri Setyaningsih

NIM : 18521206

Yogyakarta, 21 Februari 2024

Pembimbing I

Pembimbing II



Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D

Diana, Dr., S.T., M.Sc.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN
PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA
CARBON BLACK DARI GAS ALAM KAPASITAS 280.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Yogyakarta, 21 Februari 2024

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

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



Mey Lina Tri Setyaningsih

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA

CARBON BLACK DARI GAS ALAM KAPASITAS 280.000 TON/TAHUN

Oleh :

Nama : **Mey Lina Tri Setyaningsih**

NIM : **18521206**

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

Tim Penguji

Ketua Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D

Penguji I Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.

Penguji II Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri



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

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr., Wb.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad S.A.W, sahabat serta para pengikutnya.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Carbon Black dari Gas Alam dengan Kapasitas 280.000 Ton/Tahun”, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama dibangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Orang Tua dan Keluarga yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan yang tiada henti-hentinya.
2. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Diana, Dr., S.T., M.Sc.selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan banyak pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

6. Teman – teman Teknik Kimia 2018 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kerja samanya.
7. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, terutama bagi para pembaca serta penyusun, Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr., Wb.

Yogyakarta, 21 Februari 2024



LEMBAR PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada :

Assalamu 'alaikum Wr., Wb.

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas rahmatnya, karunianya kepada saya sehingga saya mendapatkan kesempatan untuk bisa menuntut ilmu dan dapat menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Terimakasih kepada kedua orang tua saya yang selalu memberikan doa tiada henti, semangat, motivasi dan kasih sayang yang luar biasa. Terima kasih banyak telah berjuang dan berkorban banyak hal untuk saya hingga saya bisa mencapai tahap ini dengan penuh kasih sayang. Terima kasih kepada Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Diana, Dr., S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir. Terima kasih atas waktu, ilmu, bimbingan, dan arahnya selama ini sehingga dapat menyelesaikannya tugas akhir dengan baik

Terima kasih atas waktu, ilmu, bimbingan, dan arahnya selama ini sehingga dapat menyelesaikannya tugas akhir dengan baik. Teknik Kimia UII 2018, almamater tercinta, yang punya andil besar didalam membentuk karakter pribadi menjadi lebih baik. Terimakasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini. Semoga kalian selalu sehat, bahagia, serta dapat meraih apa yang dicita-citakan.

(Mey Lina Tri Setyaningsih)

ABSTRAK

Carbon black merupakan bubuk halus berwarna hitam dengan luas permukaan tinggi yang mana digunakan sebagai bahan untuk penguatan karet, ban, dan sebagai pigmen warna hitam. Kebutuhan Carbon black di Indonesia tiap tahun mengalami fluktuasi yang dilihat dari data impor Carbon Black pada Badan Pusat Statistik tahun 2018 sampai 2021. Pra-rancangan pabrik Carbon Black dengan kapasitas 280.000 ton per tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan *Carbon Black* di Indonesia dan direncanakan didirikan di Cilegon, Banten di atas lahan seluas 42.035 m² pada tahun 2026. Pabrik ini akan dioperasikan selama 330 hari dalam setahun dengan karyawan berjumlah 176 orang. Bahan baku yang dibutuhkan untuk keperluan produksi berupa Gas Alam dan Oksigen berturut-turut sebanyak 137.000,76 kg/jam, dan 352.270,993 kg/jam dan menghasilkan produk utama berupa Carbon sebanyak 35.353,54 kg/jam dengan kemurnian 99,8%. Proses dioperasikan pada suhu 1700 °C dan tekanan 5 atm dengan menggunakan reaktor furnace dengan konversi yang dihasilkan sebesar 54%. Kebutuhan utilitas berupa air pendingin 60.132,161 kg/jam, air domestik 1.250,22 kg/jam, steam 172.718,11 kg/jam, dan bahan bakar 245,8137 kg/jam. Sedangkan, kebutuhan listrik dari PLN sebesar 1.699,9587 kW untuk memenuhi kebutuhan proses. Evaluasi ekonomi menunjukkan keuntungan yang diperoleh yaitu keuntungan sebelum pajak Rp 584.166.091.783,22 dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 467.332.873.426,57. Berdasarkan hasil studi kelayakan diperoleh *Break Even Point* (BEP) sebesar 55,02% (syarat BEP 40%-60%), *Shut Down Point* (SDP) sebesar 34,56%, dan *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR) sebesar 17,53%. Sementara itu *Return On Investment* sebelum pajak (ROIb) sebesar 21,98% (syarat ROIb pabrik berisiko tinggi > 44%) dan *Return On Investment* sesudah pajak (ROIa) sebesar 17,59%, *Pay Out Time* sebelum pajak (POTb) sebesar 3,34 tahun (syarat POTb untuk pabrik berisiko tinggi < 2 tahun) dan *Pay Out Time* sesudah pajak (POTa) sebesar 3,91 tahun. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi ini, dapat disimpulkan bahwa pabrik Carbon Black sebesar 280.000 ton/tahun secara ekonomi layak untuk didirikan.

Kata Kunci : Carbon Black, Gas Alam, Oksigen.

ABSTRACT

Carbon black is a fine black powder with a high surface area which is used as an ingredient to strengthen rubber, tires, and as a black pigment. The need for Carbon black in Indonesia experiences fluctuations every year as seen from Carbon Black import data from the Central Statistics Agency for 2018 to 2021. The pre-design of the Carbon Black factory with a capacity of 280,000 tons per year aims to meet the need for Carbon Black in Indonesia and is planned to be established in Cilegon , Banten on an area of 42,035 m² in 2026. This factory will operate 330 days a year with 176 employees. The raw materials needed for production purposes are 137,000.76 kg/hour and 352,270.993 kg/hour of Natural Gas and Oxygen respectively and produce the main product in the form of 35,353.54 kg/hour of Carbon with a purity of 99.8%. The process was operated at a temperature of 1700 °C and a pressure of 5 atm using a reactor furnace with a resulting conversion of 54%. Utility needs include air conditioning 60,132.161 kg/hour, domestic air 1,250.22 kg/hour, steam 172,718.11 kg/hour, and fuel 245.8137 kg/hour. Meanwhile, the electricity requirement from PLN is 1,699.9587 kW to meet process needs. The economic evaluation shows that the profits obtained are profits before tax of IDR 584,166,091,783.22 and profits after tax of IDR 467,332,873,426.57. Based on the results of the feasibility study, the Break Even Point (BEP) was 55.02% (BEP requirement 40%-60%), Shut Down Point (SDP) was 34.56%, and Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) was 17 .53%. Meanwhile Return On Investment before tax (ROIb) is 21.98% (ROIb requirement for high risk factories > 44%) and Return On Investment after tax (ROIa) is 17.59%, Pay Out Time before tax (POTb) is 3 .34 years (POTB requirement for high risk factories < 2 years) and Pay Out Time after tax (POTa) of 3.91 years. Based on the results of this economic evaluation, it can be concluded that the 280,000 ton/year Carbon Black factory is economically feasible.

Keywords: Black Carbon, Natural Gas, Oxygen.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik.....	1
1.3 Tinjauan Pustaka.....	8
1.4 Tinjauan Kinetika dan termodinamika.....	13
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	16
2.1 Spesifikasi Bahan baku dan produk.....	16
2.2 Pengendalian Kualitas.....	16
BAB III PERANCANGAN PROSES.....	19
3.1 Diagram Alir Proses dan Material	19
3.2 Uraian Proses	19
3.3 Spesifikasi Alat.....	21
3.4 Neraca Massa.....	28
3.5 Neraca Panas.....	32
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	35
4.1 Penentuan Lokasi Pabrik.....	35
4.2 Tata Letak Pabrik.....	37
4.3 Tata Letak Alat Proses	39
4.4 Organisasi Perusahaan	40
BAB V UTILITAS	53
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	53
5.2 Unit Kebutuhan Air.....	59
5.3 Unit Penyedia dan Pengolahan Air	61
5.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar	62
5.5 Unit Pembangkit Listrik.....	62
5.6 Unit Penyedia Udara Tekan	64
5.7 Unit Pengolahan Limbah.....	64
5.8 Spesifikasi Alat-Alat Utilitas	66
BAB VI ANALISA EKONOMI.....	83
6.1 Penaksiran Harga Alat	83
6.2 Dasar Perhitungan.....	85
6.3 Perhitungan Biaya.....	85
6.4 Analisa Kelayakan	86

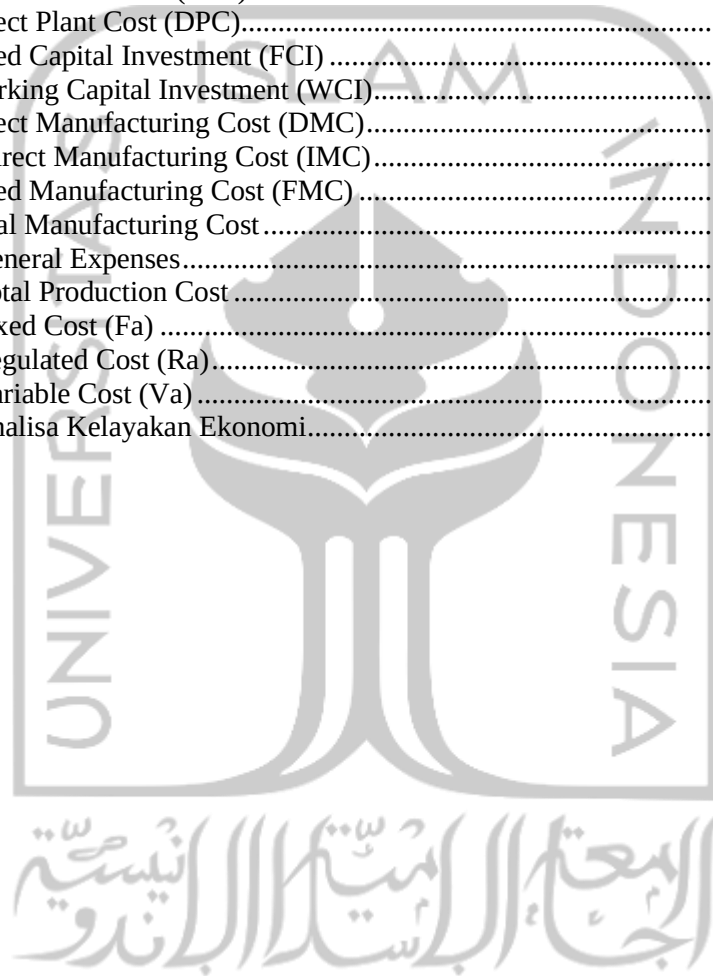
6.5 Hasil Perhitungan.....	88
6.6 Hasil Kelayakan Ekonomi.....	92
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....	95
7.1 Kesimpulan	95
7.2 Saran	95
DAFTAR PUSTAKA.....	xv
LAMPIRAN A.....	97
LAMPIRAN B.....	111
LAMPIRAN C.....	112



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor Carbon Black di Indonesia.....	2
Tabel 1. 2 Data Produksi Carbon Black di Indonesia	3
Tabel 1. 3 Data Ekspor Carbon Black di Indonesia	4
Tabel 1. 4 Data Konsumsi Carbon Black di Indonesia	5
Tabel 1. 5 Kapasitas Pabrik yang telah ada	7
Tabel 1. 6 Perbandingan Proses Pembuatan Carbon Black	11
Tabel 1. 7 Kegunaan Produk.....	12
Tabel 1. 8 Data nilai entalpi, energy bebas gibbs dan entropi	14
Tabel 2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	16
Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor	21
Tabel 3.2 Spesifikasi Filter Udara.....	21
Tabel 3.3 Spesifikasi Cyclone.....	22
Tabel 3.4 Spesifikasi Elektrostatic Presipitator	22
Tabel 3.5 Spesifikasi Bag Filter.....	23
Tabel 3.6 Spesifikasi Rotary Dryer.....	23
Tabel 3.7 Spesifikasi Kompresor.....	24
Tabel 3.8 Spesifikasi Expansion Valve.....	24
Tabel 3.9 Spesifikasi Tangki Penyimpanan	25
Tabel 3.10 Spesifikasi Silo	25
Tabel 3.11 Spesifikasi Belt Conveyor.....	26
Tabel 3.12 Spesifikasi Bucket Elevator	26
Tabel 3.13 Spesifikasi Heat Exchanger	27
Tabel 3.14 Neraca Massa Total.....	28
Tabel 3.15 Neraca Massa Furnace Reaktor	29
Tabel 3.16 Neraca Massa Quencher	30
Tabel 3.17 Neraca Massa Cyclone.....	30
Tabel 3.18 Neraca Massa Electrostatic Presipitator.....	31
Tabel 3.19 Neraca Massa Bag Filter	31
Tabel 3.20 Neraca Massa Peletizer	31
Tabel 3. 21 Neraca Massa Rotary Dryer.....	32
Tabel 3.22 Neraca Panas Kompresor 1 (K-01).....	32
Tabel 3.23 Neraca Panas Kompresor 2 (K-02).....	32
Tabel 3.24 Neraca Panas Cyclone (CY-01).....	32
Tabel 3.25 Neraca Panas Electrostatic Precipitator	33
Tabel 3.26 Neraca Panas Pelletizer (PL-01)	33
Tabel 3.27 Neraca Panas Rotary Dryer (RD-01).....	33
Tabel 3.28 Neraca Panas Rotary Dryer (RD-01).....	33
Tabel 3.29 Neraca Panas Heat Exchanger 2 (HE-02).....	34
Tabel 3.30 Neraca Panas Furnace Reaktor (R-01).....	34
Tabel 3.31 Neraca Panas Quencher (Q-01).....	34
Tabel 4.1 Rincian luas area pabrik.....	37
Tabel 4.2 Jadwal Pembagian Kelompok Shift	47
Tabel 4.3 Perincian Jabatan dan Gaji Karyawan	48
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Pendingin	60
Tabel 5.2 Kebutuhan Air Pembangkit Steam.....	60
Tabel 5.3 Kebutuhan Air untuk Air Servis	61
Tabel 5.4 Unit Pembangkit Listrik Proses	62
Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik Utilitas.....	62

Tabel 5.6 Spesifikasi Pompa Penyediaan Air	75
Tabel 5.7 Spesifikasi Pompa Penyediaan Air	75
Tabel 5.8 Spesifikasi Pompa Penyediaan Air	76
Tabel 5.9 Spesifikasi Pompa Penyediaan Air	77
Tabel 5.10 Spesifikasi Pompa Penyediaan Air	77
Tabel 5.11 Spesifikasi Pompa Penyediaan Air	78
Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Pengelolaan Limbah	81
Tabel 5.13 Spesifikasi Pompa Pengelolaan Limbah	81
Tabel 5.14 Spesifikasi Pompa Pengelolaan Limbah	82
Tabel 6. 1 Harga Indeks Pada Tahun Perancangan.....	84
Tabel 6.2 Pysical Plant Cost (PPC).....	88
Tabel 6.3 Direct Plant Cost (DPC).....	89
Tabel 6.4 Fixed Capital Investment (FCI)	89
Tabel 6.5 Working Capital Investment (WCI).....	89
Tabel 6.6 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	89
Tabel 6.7 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	90
Tabel 6.8 Fixed Manufacturing Cost (FMC)	90
Tabel 6.9 Total Manufacturing Cost	90
Tabel 6.10 General Expenses.....	90
Tabel 6.11 Total Production Cost	91
Tabel 6.12 Fixed Cost (Fa)	91
Tabel 6.13 Regulated Cost (Ra).....	91
Tabel 6.14 Variable Cost (Va).....	91
Tabel 6.15 Analisa Kelayakan Ekonomi.....	94



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor Carbon Black Tahun 2017-2021	2
Gambar 1. 2 Grafik Produksi Carbon Black di Indonesia	4
Gambar 1. 3 Grafik Ekspor Carbon Black di Indonesia	5
Gambar 1. 4 Grafik konsumsi carbon black di Indonesia	6
Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif	19
Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif	19
Gambar 4.1 Tata Letak Lokasi Pabrik	35
Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik	39
Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses	40
Gambar 4.4 Struktur Organisasi Pabrik Carbon Black	43
Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas	66
Gambar 6.1 Grafik Indeks Harga dan Tahun	84
Gambar 6. 2 Grafik BEP	93



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Carbon black didefinisikan secara umum sebagai bubuk halus berwarna hitam dengan luas permukaan tinggi yang mana digunakan sebagai bahan untuk penguatan karet, ban, dan sebagai pigmen warna hitam. *Carbon black* merupakan produk yang diperoleh dari gabungan proses teknologi rekayasa terbaru dan *control* proses serta memiliki asal berbeda dari karbon curah lain melalui dekomposisi termal dan pembakaran parsial hidrokarbon dalam fase uap. Pada dasarnya, *Carbon black* adalah karakteristik residu organik yang dapat diekstraksi dan terbebas dari kontaminan anorganik (Kirk dan Othmer, 1985).

Dewasa ini, PT Cabot Indonesia (PT CI) merupakan satu-satunya pabrik penghasil *carbon black* di Indonesia dengan total produksi 90.000 ton/tahun. Disamping itu, kebutuhan *carbon black* dalam negeri mencapai 230.000 ton/tahun yang mana sebesar 70% kebutuhan dari *carbon black* tersebut diperoleh dari luar negeri termasuk China dan India. Setiap tahunnya, permintaan konsumen Indonesia dan Asia Tenggara akan *carbon black* diperkirakan meningkat sekitar 4-5% per tahun (Siaran Pers, Menperin, 2019).

Berdasarkan hal di atas, dibutuhkan pembangunan pabrik carbon black dengan kapasitas sebesar 280.000 ton/tahun yang bertujuan untuk menutupi permintaan *carbon black* luar negeri. Selain itu, terdapat beberapa faktor pendukung alasan didirikannya pabrik ini, antara lain:

1. Menghasilkan industri yang mendukung substitusi impor.
2. Meningkatkan kapasitas produksi *carbon black* di luar negeri
3. Mendukung pertumbuhan industri yang menggunakan *carbon black* sebagai bahan baku seperti industri ban dan karet.
4. Membuka lapangan kerja baru.
5. Memacu industri yang berorientasi ekspor dan menambah devisa negara.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Kapasitas pabrik merupakan jumlah maksimum yang diproduksi suatu pabrik dengan rentang satuan waktu tertentu. Pada penentuan kapasitas prarancangan *carbon black* dari gas alam ini membutuhkan beberapa faktor pertimbangan seperti ketersediaan bahan baku, kebutuhan produk dan kapasitas pabrik yang telah beroperasi secara komersial.

1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor terpenting dalam penentuan

kapasitas pabrik. Bahan baku yang digunakan memiliki kriteria seperti mudah didapatkan, ramah lingkungan, harga yang murah dan aman digunakan. Bahan baku juga harus tersedia dengan jumlah cukup secara periodik.

Bahan baku yang digunakan pada pra-rancangan pabrik ini adalah gas alam yang akan disupply dari PT LNG Badak.

1.2.2 Kebutuhan produk (*carbon black*)

a. Supply

- Impor

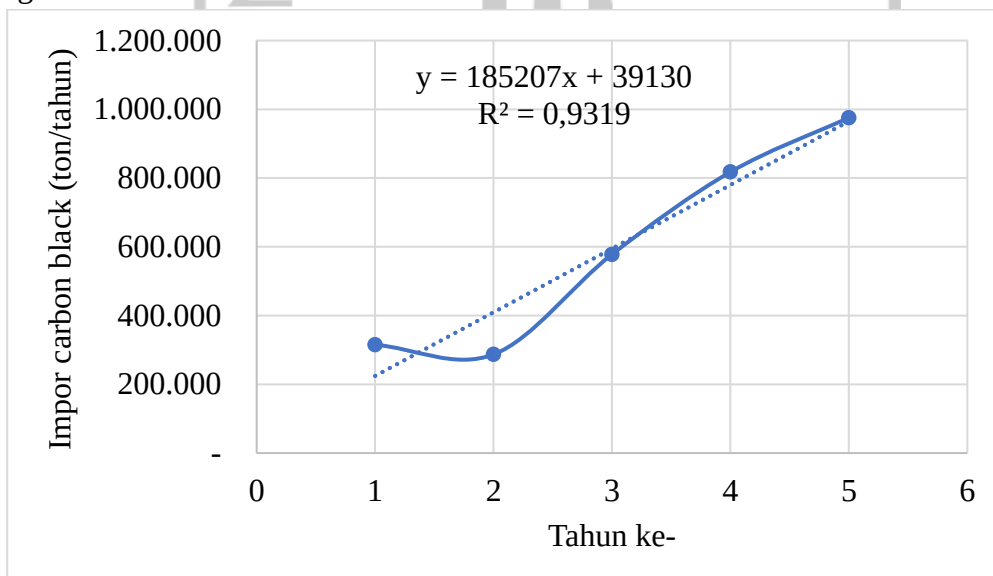
Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, besarnya nilai impor *carbon black* di Indonesia mengalami penurunan di tahun 2018. Berikut tabel impor *carbon black* di Indonesia dari tahun 2017-2021 pada tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Data Impor Carbon Black di Indonesia

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2017	315.111
2018	286.994
2019	578.152
2020	817.718
2021	975.786

(Sumber: BPS – Buletin Statistik Perdagangan Luar Negeri Impor)

Dari data impor di atas, dapat dibuat grafik linear antara data pada sumbu x dan data impor *carbon black* pada sumbu y. Hasil regresi linier dapat dilihat pada grafik gambar 1.1 berikut.



Gambar 1. 1 Grafik Impor Carbon Black Tahun 2017-2021

Dari grafik impor *carbon black* di atas, dalam memperkirakan jumlah impor *carbon black* dalam 5 tahun yang akan datang yaitu tahun 2026 dapat dihitung menggunakan persamaan regresi linier metode kuadrat terkecil. Sehingga persamaan menggunakan metode tersebut diperoleh yaitu: $y = 185207x + 39130$ dan dapat diperkirakan bahwa impor *carbon black* pada tahun 2026 (tahun ke 10): $(185207)(10) + 39130 = 1.891.200$ ton/tahun.

- Produksi

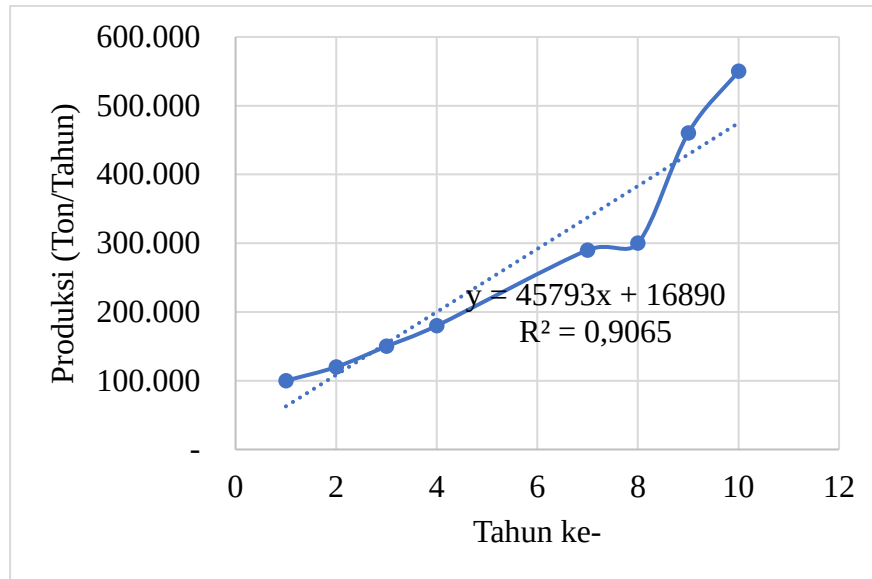
Berdasarkan data produksi, besarnya kapasitas produksi *carbon black* di PT. Cabot Indonesia dari tahun 2010-2019 mengalami peningkatan. Berikut data peningkatan data produksi *carbon black* di Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.2.

Tabel 1. 2 Data Produksi Carbon Black di Indonesia

Tahun	Kapasitas (Ton/Tahun)
2010	100.000
2011	120.000
2012	150.000
2013	180.000
2016	290.000
2017	300.000
2018	460.000
2019	550.000

(Sumber: Annual Report PT. Cabot Chemical, 2020)

Dari data produksi di atas, dapat dibuat grafik linear antara data pada sumbu x dan data produksi *carbon black* pada sumbu y. Hasil regresi linier dapat dilihat pada grafik gambar 1.2 berikut.



Gambar 1. 2 Grafik Produksi Carbon Black di Indonesia

Dari grafik produksi *carbon black* di atas, dalam memperkirakan jumlah produksi *carbon black* dalam 7 tahun yang akan datang yaitu tahun 2026 dapat dihitung menggunakan persamaan regresi linier metode kuadrat terkecil. Sehingga persamaan menggunakan metode tersebut diperoleh yaitu: $y = 45793x + 16890$ dan dapat diperkirakan bahwa impor *carbon black* pada tahun 2026 (tahun ke 17): $(45793)(18) + 16890 = 795.371$ ton/tahun.

b. Demand
- Ekspor

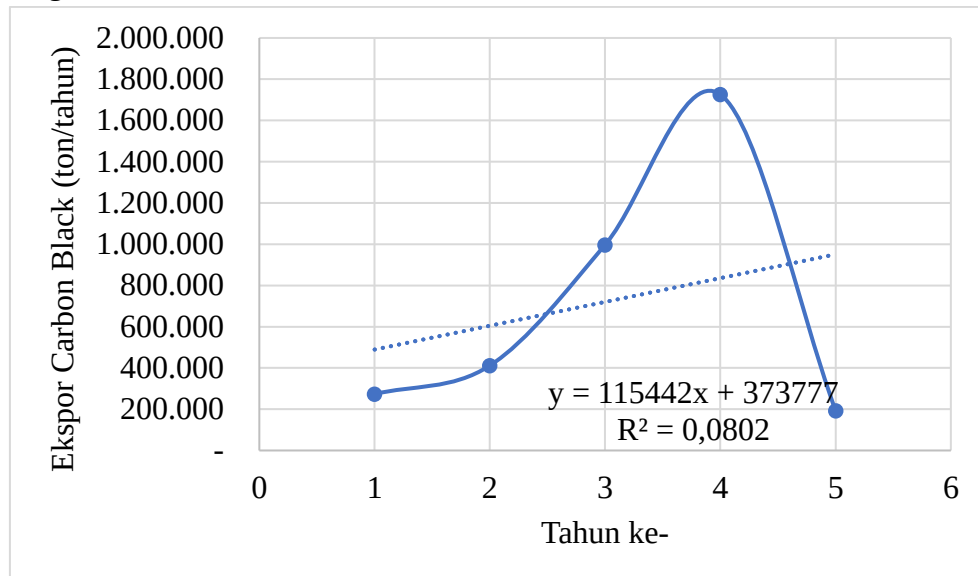
Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, besarnya nilai ekspor *carbon black* di Indonesia mengalami peningkatan dan penurunan yang signifikan terutama di tahun 2019, 2020, dan 2021. Berikut tabel ekspor *carbon black* di Indonesia dari tahun 2017-2021 pada tabel 1.3.

Tabel 1. 3 Data Ekspor Carbon Black di Indonesia

Tahun	Ekspor (Ton/Tahun)
2017	273.127
2018	411.462
2019	996.957
2020	1725.801
2021	193.167

(Sumber: BPS – Buletin Perdagangan Luar Negeri Ekspor)

Dari data ekspor di atas, dapat dibuat grafik linear antara data pada sumbu x dan data ekspor *carbon black* pada sumbu y. Hasil regresi linier dapat dilihat pada grafik gambar 1.3 berikut.



Gambar 1. 3 Grafik Ekspor Carbon Black di Indonesia

Dari grafik produksi *carbon black* di atas, dalam memperkirakan jumlah produksi *carbon black* dalam 5 tahun yang akan datang yaitu tahun 2026 dapat dihitung menggunakan persamaan regresi linier metode kuadrat terkecil. Sehingga persamaan menggunakan metode tersebut diperoleh yaitu: $y = 115442x + 373777$ dan dapat diperkirakan bahwa ekspor *carbon black* pada tahun 2026 (tahun ke 10): $(115442)(10) + 373777 = 1.528.197$ ton/tahun.

- Konsumsi

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, besarnya nilai konsumsi *carbon black* di Indonesia mengalami peningkatan dan penurunan yang signifikan terutama di tahun 2018, 2019, 2020. Berikut tabel konsumsi *carbon black* di Indonesia dari tahun 2017-2020 pada tabel 1.4.

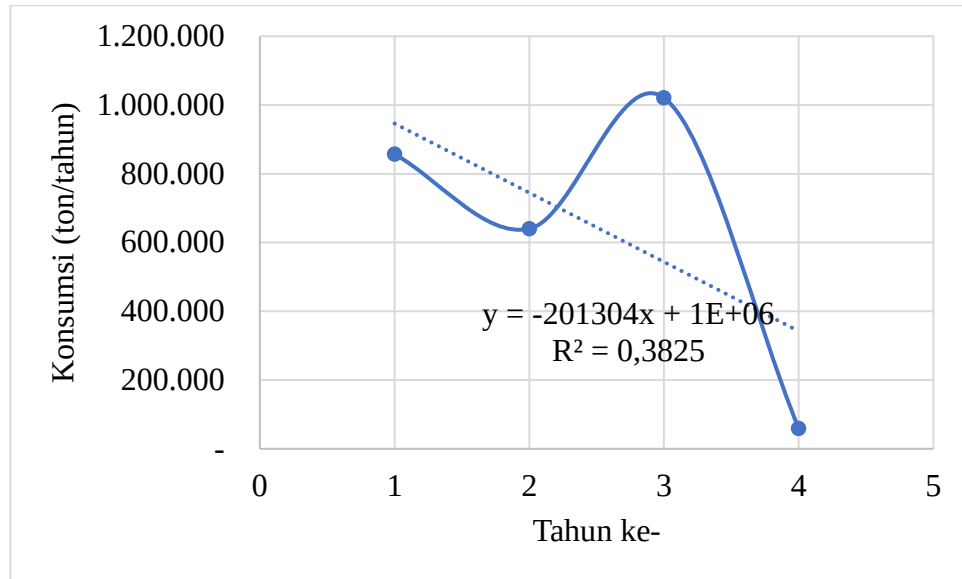
Tabel 1. 4 Data Konsumsi Carbon Black di Indonesia

Tahun	Konsumsi (Ton/Tahun)
2017	13.443,6
2018	12.294,755
2019	126.074,138
2020	58.986,64

(Sumber: BPS – Statistik Industri Manufaktur Indonesia)

Dari data konsumsi di atas, dapat dibuat grafik linear antara data pada sumbu x dan data ekspor *carbon black* pada sumbu y. Hasil regresi linier dapat dilihat pada

grafik gambar 1.4 berikut.



Gambar 1. 4 Grafik konsumsi carbon black di Indonesia

Dari grafik produksi *carbon black* di atas, dalam memperkirakan jumlah konsumsi *carbon black* dalam 6 tahun yang akan datang yaitu tahun 2027 dapat dihitung menggunakan persamaan regresi linier metode kuadrat terkecil. Sehingga persamaan menggunakan metode tersebut diperoleh yaitu: $y = 82000x + 675333$ dan dapat diperkirakan bahwa ekspor *carbon black* pada tahun 2026 (tahun ke 10): $(82000)(10) + 675333 = 885.333$ ton/tahun.

Berdasarkan data impor dan produksi *carbon black* di Indonesia pada tahun 2026 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai *supply carbon black* di Indonesia yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Supply} &= \text{impor} + \text{produksi} \\ &= (1.891.200 + 795.371) \\ &= 2.686.571 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan data ekspor dan konsumsi *carbon black* di Indonesia pada tahun 2026 yang telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai *demand carbon black* di Indonesia yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Demand} &= \text{ekspor} + \text{konsumsi} \\ &= (1.528.197 + 885.333) \\ &= 2.413.530 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan proyeksi kebutuhan impor, ekspor, konsumsi dan produksi pada tahun 2026, maka peluang kapasitas perancangan pabrik *carbon black* sebagai berikut:

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

= (2.413.530 – 2.686.571) ton/tahun

= -273.041 ton/tahun

Peluang hanya untuk ekspor yang nilainya -273.041 ton/tahun.

1.2.3 Kapasitas Pabrik Komersial

Pabrik *carbon black* dari gas alam mulai banyak dikembangkan di kawasan Asia dan Amerika Serikat dengan potensi gas alam yang cukup besar. Berdasarkan website perusahaan PT. Cabot Indonesia dan jurnal *carbon black* eia neshap proposal atau *Chemical Economics Handbook*, SRI International yang memproduksi *carbon black* dapat dilihat pada tabel 1.5.

Tabel 1. 5 Kapasitas Pabrik yang telah ada

No	Lokasi	Produsen/ Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	Cilegon, Banten, Indonesia	PT. Cabot Indonesia atau Cabot Chemical, PT	310.000
2	Boston, Massachusetts, USA	Cabot Corporation	497.500
3	Houston, Texas, USA	Continental Carbon	280.000
4	Marietta, Georgia, Indonesia	Columbian Chemicals	397.500
5	Parsippany, New Jersey, USA	Degussa Corporation	375.000
6	Addis, LA, USA	Sid Richardson	340.000
7	Mumbai, India	Aditya Birla	2.000.000
8	Kingwood, TX, United States	Orion Engineered Carbons	100.000
9	Jingmen, Hubei, Tiongkok	Longxing Chemical Stock Co.,Ltd	190.000
10	Yanti, Shandong, China	Shandong Huadong Rubber Materials Co., Ltd	500.000
11	Yunan, China	Baohua	280.000
12	Texas, USA	Engineed Carbon Corporation	285.000
13	The Woodlands, Texas, USA	Chevron Chemical	100.000

14	Los Angeles, CA, USA	General Carbon Company	500
15	Hiwassee, VA, USA	Hoover Color Corporation	500

(Sumber: website perusahaan PT. Cabot Indonesia dan jurnal *carbon black eianeshap proposal/ Chemical Economic Handbook*, SRI International)

Pendirian pabrik carbon black dari gas alam ini direncanakan untuk menggantikan impor *carbon black*, yaitu sebesar 280.000 ton/tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

Carbon black atau karbon hitam merupakan sebuah serbuk dengan luas permukaan sangat besar dan terdiri hanya dari atom karbon. Agregate atau material granular berukuran dari belasan hingga ratusan nanometer. Ukuran tertentu akan memberikan sifat tertentu pada komposit dimana *carbon black* digunakan (Imam Taufiq, 2018).

1.3.1 Proses Produksi

Pabrik pembuatan karbon hitam berlokasi strategis di seluruh dunia untuk memasok industri ban karet, yang menghabiskan 70% produksinya. Sekitar 20% digunakan untuk produk karet lainnya dan 10% digunakan untuk aplikasi nonkaret khusus. *Carbon black* merupakan produk yang digunakan pada industri sebagai penguat bahan karet, pemberi warna hitam dan digunakan pada beberapa alat elektrik (Kirk Othmer, 1985).

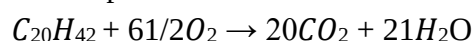
Pada proses carbon black pada manufaktur, terdapat empat proses berbeda yang digunakan untuk menghasilkan *carbon black* yaitu:

1. Oil – Furnace/ Furnace black

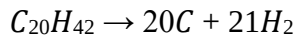
Proses *furnace black* cepat menggantikan saluran dominan (*impingement*) dan proses *gas-furnace* karena memberikan hasil *yield* lebih baik serta kualitas produk yang lebih baik. Bahan baku pada proses ini yaitu minyak aromatis atau minyak residu (*crude oil*) dimana bahan baku diumpankan bersama-sama dengan perbandingan tertentu pada salah satu ujung *furnace*. Pada *furnace* terjadi pembakaran parsial (sebagian) yang mana bahan baku menghasilkan panas untuk memanaskan bahan baku yang belum terbakar hingga mencapai suhu perengkahan 1200°C – 1900°C (Mcketta, 1976). Sementara pada pengumpanan terpisah, bahan baku dibakar dengan menggunakan udara kemudian umpan mengalami pemanasan awal lalu diumpankan dalam gas hasil pembakaran agar mengalami perengkahan lalu menghasilkan *carbon black* dan H₂ (Faith dan Keyes, 1965).

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

Reaksi pembakaran:



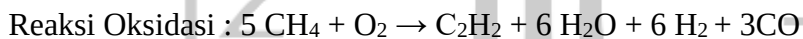
Reaksi Perengkahan:



2. *Thermal black*

Bahan baku yang digunakan pada proses ini berupa gas alam terdiri dari metana, etana, propana, butana, pentana, CO₂, O₂, H₂S, CO. Gas alam ini didapatkan dengan cara mudah didapat di alam, murah dan efisien. Carbon black pada proses ini digunakan dalam aplikasi karet dan plastik untuk sifat uniknya yaitu pita rendah, ekstensibilitas tinggi, set kompresi rendah, histeresis rendah, dan pemrosesan yang sangat baik. Penggunaan utamanya adalah cincin-O dan segel, selang, innerdaners ban, V-belt, lainnya barang mekanis, dan dalam polietilen ikatan silang untuk kabel listrik (Kirk Othmer, 1965). Bahan baku tersebut diumpankan ke *furnace* yang terdiri dua tungku yang berbentuk silinder yang mana untuk pembakaran, dengan udara dan gas panas kemudian dari scrubber hingga suhu mencapai 1300°C. Bahan baku dibakar menghasilkan panas refraktori yang mana gas alam dipecah menjadi karbon dan hidrogen. Dari *furnace carbon black* didinginkan di *spray tower*. Kemudian bergerak menuju *cyclone* dan *bag filter*. Debu *carbon black* dan gas panas yang tertangkap dijatuhkan ke *screw conveyor* kemudian diangkut ke unit *pelletizer*. Sedangkan gas panasnya dibawa ke *scrubber*. Pada scrubber gas yang tidak diserap oleh air dan kaya akan hydrogen didinginkan, dihumidifikasi, dan dikompresi lalu digunakan lagi pada *furnace*. sebagai gas panas. *Carbon black* yang dihasilkan dari *thermal process* memiliki rata-rata *yield* sebesar 60-90% dengan suhu 1100°C - 1650°C.

Adapun reaksi yang terjadi:



Kokas adalah bahan karbon padat abu-abu hingga hitam yang dihasilkan dari minyak bumi selama pemrosesan termal yang dicirikan oleh kandungan karbon yang tinggi (95%+ berat), penampakan sarang lebah, dan tidak larut dalam pelarut organik.

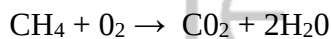
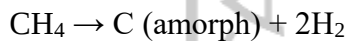
3. *Acetylene Black*

Bahan baku pada proses ini menggunakan asetilena dan prosesnya sama dengan *thermal black* yang mana dengan dekomposisi termal pada 800 hingga 1.000°C dalam *retort* berpendingin air berlapis refraktori. Proses carbon black ini tidak diubah menjadi *pellet*. Prosesnya terdiri dari mengumpankan asetilena ke dalam wadah panas. Reaksi eksotermik bersifat *self-staining* dan membutuhkan *water cording* untuk mempertahankan suhu aksi yang konstan. Aliran hidrogen bermuatan hitam kation kemudian didinginkan diikuti dengan pemisahan karbon dari gas ekor hidrogen. Gas tersebut dalamnya dibakar atau digunakan sebagai fuel.

Setelah pemisahan dari gas *strom acetylene black* sangat halus dengan densitas *hulk* hanya 19 kg/m^3 (1.2 b/ft^3). Sulit untuk dipadatkan dan tahan peletisasi. Kemudian dikompresi ke berbagai densitas *hulk* hingga 200 kg/m^3 . *Acetylene black* sangat murni dengan kandungan karbon 99,7%, memiliki luas permukaan sekitar $65 \text{ m}^2/\text{g}$, diameter partikel rata-rata 40 nm, dan struktur yang sangat tinggi namun agak lemah dengan nilai DBPA 250 mL/100 g. Fitur-fitur unik ini menghasilkan konduktivitas listrik dan termal yang tinggi, absorpsi maksimum yang rendah, dan penyerapan cairan yang tinggi (Kirk Othmer, 1965).

4. *Channel Black*

Bahan baku yang digunakan pada proses ini yaitu minyak antrasena. *Carbon black* diproduksi dengan cara pembakaran tidak sempurna dari gas alam pada nyala api kecil, yang mengenai saluran (*channel*) besi dingin. Reaksi yang terjadi pada fase gas, yaitu :



Pada proses ini menghasilkan *yield* sebesar 3-5% dengan massa jenis atau densitas sebesar 1-1,5 lb per 1000 cuft. Sebagian besar gas alam terdiri dari metana yang disalurkan melalui pipa berdiameter 1,25 in ke ruang pembakaran yang terdiri dari beberapa ribu lava-tipped pembakar. Gas alam dibakar dengan supply udara yang tidak berkecukupan. Jumlah udara dikontrol dengan dampers pada bagian atas dan bawah ruang pembakaran untuk menghasilkan nyala api yang bercahaya, yang mengenai bagian bawah bidang datar dari saluran (*channel*) besi dingin. Temperatur pembakaran berkisar antara $1000\text{-}1200^\circ\text{C}$ akan berkurang hingga 500°C dan carbon black akan terkumpul. Kumpulan carbon black dipindahkan ke unit pengantongan dengan dijatuhkan ke dalam hoppers dan dibawa dengan screw conveyors (Faith & Keyes, 1950).

5. *Lampblack*

Bahan baku yang digunakan yaitu tar coal (batu bara). Proses ini merupakan proses tertua dan masih banyak yang menggunakan. Pada dasarnya, proses pembakaran dilakukan di atas bahan baku cair dalam ukuran besar, terbuka, dangkal dengan diameter 0,5 hingga 2 m dan dibawah batu bata yang dilapisi dengan pasokan udara terbatas. Asap dari *homing pans* melewati ruang pengendapan dengan kecepatan rendah dimana kation hitam dibersihkan oleh bajak yang digerakkan motor. Dalam instalasi yang lebih modern, warna hitam dipisahkan oleh siklon dan *filter*. Dengan memvariasikan ukuran lintasan pembakar dan jumlah udara pembakaran, ukuran partikel dan luas permukaan dapat dikontrol dalam batas yang sempit. Lampblack memiliki sifat yang mirip dengan area rendah tungku hitam (*furnace black*) (Kirk Othmer, 1965).

1.3.2 Alasan Pemilihan Proses

Proses yang dipakai dalam tugas pra-rancangan pabrik carbon black ini adalah thermal black dengan gas alam sebagai bahan bakunya. Berikut perbandingan kondisi operasi pada setiap proses ditunjukkan pada

Tabel 1. 6 Perbandingan Proses Pembuatan Carbon Black

No	Keterangan	Jenis Proses				
		Thermal Black	Oil Furnace/ Furnace Black	Acetylene Black	Channel Black	Lampblack
1	Bahan baku utama	Gas alam ^b	Minyak residu (crude oil) ^b	Gas Asetilena ^b	Minyak Antrasena ^b	Cairan dan lelehan (tar coal) ^b
2	Suhu Operasi	1100 – 1650 °C ^a	1200 – 1900°C ^a	800 – 1000°C ^a	1000 – 1200°C ^a	1100 – 1800°C ^a
3	Yield	60 - 90% ^a	65 - 98% ^a	92% ^a	70-90% ^a	90% ^a
4	Tekanan	1,5 atmosferis ^a	1,5 atmosferis ^a	1,5 atmosferis ^a	1,5 atmosferis ^a	1,5 atmosferis ^a
5	Pemakaian katalis	-	-	-	-	-
6	Pemisahan	Bag Filter ^a	Bag Filter ^a	Bag Filter ^a	Bag Filter ^a	Bag Filter ^a
7	Konversi	-	-	-	-	-
8	Fase	Gas, Cair, Padat ^a	Gas, Cair, Padat ^a	Gas, Cair, Padat ^a	Gas, Cair, Padat ^a	Gas, Cair, Padat ^a

(Sumber: ^a : Kirk dan Othmer, 1968 dan ^b :jurnal *carbon black* eia neshap proposal/ *Chemical Economic Handbook*, SRI International)

Pemilihan proses pembuatan carbon black ini dengan membandingkan lima kriteria yaitu bahan baku utama, kondisi operasi dan besarnya yield. Pembuatan proses ini memilih jenis proses *thermal black* dengan beberapa alasan:

1. Meskipun menurut perhitungan ekonomi dengan harga yang relatif mahal, tetapi kini telah meningkat kapasitasnya dengan cepat.
2. Penggunaan thermal black ini ditujukan pada suatu penerapan yang khusus.
3. Menghasilkan nilai yield yang lebih kecil

4. Bahan baku berupa gas alam
5. Lokasi pabrik dapat disesuaikan dengan sumber bahan baku yaitu gas alam yang bebas didapatkan di alam seperti dekat di pantai/ laut dan juga didapatkan dengan biaya murah.
6. Pengoperasiannya mudah karena didukung teknologi modern/ terkini

1.3.3 Kegunaan Produk

Tabel 1. 7 Kegunaan Produk

No	Aplikasi	Peranan Carbon Black	Fungsi
1	Ban	Sebagai penguat dan pigmen pada ban	Memberikan warna hitam pada ban dan memperkuat perisai yang membantu untuk mengalihkan panas dari tapak dan kawasan sabuk, sehingga mengurangi kerusakan termal dan memperpanjang lifetime rata-rata dari ban.
2	Karet (sabuk selang dan sepatu)	Pengeras	Sebagai suatu pengeras (reinforcement) yang memperbaiki sifat-sifat karet yang dikehendaki
3	Tinta dan Cat (Pigment/Coloring Agent)	Pigmen/ pemberi warna	Sebagai pemberi warna hitam pada tinta maupun coloring agent lainnya seperti untuk percetakan agent lainnya seperti untuk percetakan berita di surat kabar.
4	Plastik	Pigmen dan proteksi (pemberi warna dan kewanaman)	Sebagai pemberi warna dan proteksi dari degradasi matahari. Dalam industry kabel listrik dari <i>polyethylene carbon black</i> berfungsi untuk memperpanjang proses deteorisasi.
5	Kertas (album paper, kulit, karton, kertas bungkus, opaque)	Pigmen (pemberi warna)	Sebagai pemberi warna hitam pada industry kertas.

	black untuk film photographic dan black dan black tape)		
--	---	--	--

(Sumber: <http://www.carbonblack.org>, 2016)

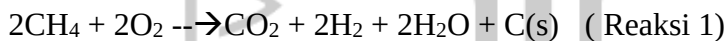
1.3.4 Tinjauan Proses Secara Umum

Karbon hitam ini adalah pengisi penguat utama yang digunakan dalam *rubber*. Karbon hitam dibuat dengan lima proses yaitu proses tungku, proses termal, proses lampu, proses asetilena dan proses saluran. Lebih dari 97% hitam dibuat oleh proses tungku. *Carbon black* atau karbon hitam adalah zat hitam, bubuk atau granular yang dibuat dengan membakar hidrokarbon secara terbatas pasokan udara. Ini menghasilkan asap hitam yang mengandung partikel karbon hitam yang sangat kecil dapat dipisahkan dari gas pembakaran untuk membentuk bubuk halus dengan warna hitam pekat. Karbon hitam digunakan sebagian besar sebagai bahan penguat untuk karet. Penggunaan karbon hitam terbesar ada di pembuatan ban mobil. Ini juga digunakan untuk mewarnai tinta cetak, lukisan, kertas, dan plastik (Santika, et.al, 2016).

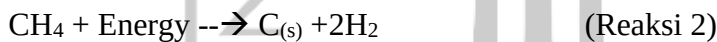
1.4 Tinjauan Kinetika dan termodinamika

1.4.1 Tinjauan Kinetika

Pembakaran metana (M. Moghiman, et.al, 2008)



Dekomposisi termal metana



$$R_{N,f} = n_0 + (f - g) n_N - g_0 n_S n_N, n_0 = a_0 c_F \exp(-E/RT) \quad (1)$$

$$dn_S / dt = (a - bn_S)n_N \quad (2)$$

$$a = 10^5 (1/s),$$

$$(f-g) = 10^2 (1/s),$$

$$b = 8 \cdot 10^{-8} (\text{m}^3/\text{particles}),$$

$$a_0 = 2,32 \cdot 10^{17} (\text{particle/kg-s}) \text{ dan}$$

$$E/R = 90 \cdot 10^4 \text{ K.}$$

$$k = A \cdot e^{-E/R.T}$$

$$A = a \cdot n_{A0}$$

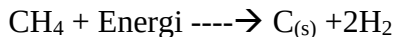
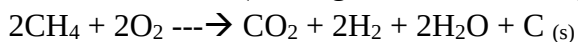
$$A = 2,32 \text{ particle/kg-s. } 6,02 \cdot 10^{23} \text{ partikel/kg.s. } M_r \text{ dari C}$$

$$A = 2,32 \text{ particle/kg-s. } 6,02 \cdot 10^{23} \text{ kmol/partikel} \cdot 12$$

$$= 167,6 \text{ kmol/kg.s}$$

1.4.2 Tinjauan Termodinamika

Persamaan reaksi (M.Moghiman et.al., 2008)



Data nilai entalpi, energi bebas gibbs, dan entropi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. 8 Data nilai entalpi, energy bebas gibbs dan entropi

Senyawa	$\Delta H_f^\circ 298$ (kJ/mol)	$\Delta G^\circ 298$ (kJ/mol)
CH ₄	-74,5	-50,5
CO ₂	-393,5	-394,4
H ₂	0	0
O ₂	0	0
H ₂ O	-241,8	-228,6
C	0	0

a. Panas Pembentukan Standar (ΔH_f°) (yaws, 1976 : 288)

Perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) bertujuan untuk mengetahui reaksi endotermis atau eksotermis dan reaksi berlangsung secara spontan atau tidak spontan serta arah reaksi (reversible/irreversible).

$$\Delta H^\circ 298 = \Sigma \Delta H_{\text{produk}} - \Sigma \Delta H_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta H^\circ 298 = (-635,3 \text{ kJ/mol}) - (-74,5 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta H^\circ 298 = -560 \text{ kJ/mol}$$

Harga ΔH_r yang dihasilkan bernilai negatif maka reaksi bersifat eksotermis.

b. Energi Bebas Gibbs (ΔG_f°) (yaws, 1976 : 314)

Perhitungan energy bebas gibbs (ΔG_f°) bertujuan untuk memprediksi reaksi kimia berlangsung secara spontan atau tidak spontan. Energi bebas gibbs bernilai positif maka reaksi kimia tersebut berlangsung tidak spontan dan membutuhkan banyak energi dari luar. Sedangkan energi bebas gibbs bernilai negatif maka reaksi kimia tersebut dapat berlangsung secara spontan dan sedikit membutuhkan energi.

$$\Delta G^\circ 298 = \Sigma \Delta G_{\text{produk}} - \Sigma \Delta G_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G^\circ 298 = (-622,6 \text{ kJ/mol}) - (-50,5 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta G^\circ 298 = -572,1 \text{ kJ/mol}$$

Harga ΔG_f° yang dihasilkan bernilai negatif maka reaksi berlangsung secara spontan

c. Konstanta Keseimbangan Reaksi (Maisaroh, Purwanto Wahyu, 2019)

Perhitungan harga konstanta keseimbangan pada keadaan standar:

$$\Delta G^\circ_{298} = -R T \ln K(298 \text{ K})$$

$$-572,1 \text{ kJ/mol} = -8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol.K} \times 298 \text{ K} \times \ln K(298)$$

$$K(298\text{K}) = \exp \left(\frac{-572,1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{-8,314 \times \frac{10^{-3} \text{kJ}}{\text{mol.K}} \times 298 \text{ K}} \right)$$

$$= \exp 230,912$$

$$= 1,93 \times 10^{100}$$

Pada suhu $T = 1700\text{K}$, menggunakan persamaan Van't Hoff dapat dihitung:

$$\ln \frac{K_1}{K_2} = \frac{-\Delta H_r}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\ln \frac{1,93 \times 10^{100}}{K_2} = \frac{-560 \text{ kJ/mol}}{8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol.K}} \left(\frac{1}{1700} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln \frac{1,93 \times 10^{100}}{K_2} = -68.811,64(-2,77 \times 10^{-3})$$

$$\ln \frac{1,93 \times 10^{100}}{K_2} = 190,61$$

$$K_2 = \ln 10,12 \times 10^{97}$$

$$K_2 = 225,67$$

Nilai konstanta keseimbangan yang diperoleh bernilai positif, sehingga merupakan reaksi irreversible.

Berdasarkan tinjauan termodinamika, reaksi dekomposisi termal gas alam untuk menghasilkan carbon black memiliki karakteristik sebagai berikut :

- Reaksi yang terjadi adalah reaksi spontan.
- Merupakan reaksi irreversible.
- Merupakan reaksi eksotermis.

BAB II PERANCANGAN PRODUK

Pada perancangan produk ini menggunakan beberapa variable yang akan dijadikan variable utama. Variabel tersebut seperti spesifikasi bahan baku, spesifikasi bahan pendukung, spesifikasi produk dan pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Bahan baku dan produk

Tabel 2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Parameter	Bahan Baku	Bahan Pendukung	Produk					
	Metana	Oksigen	Propana	Karbon	Karbondioksida	Hidrogen	Karbonmonoksida	Air
Rumus Molekul	CH ₄	O ₂	C ₃ H ₈	C	CO ₂	H ₂	CO	H ₂ O
Berat Molekul	16,05 g/mol	32 g/gmol	44,1 g/gmol	12 g/mol	44,010 g/mol	2 g/mol	28,01 g/gmol	18 kg/kmol
Wujud	Gas	Gas	Gas	Padat	Gas	Gas	Gas	Cair
Warna	Tidak berwarna	Tidak berwarna (gas). Biru (cairan dan padatan).	Tidak berwarna	Hitam	Tidak berwarna	Tidak berwarna	Tidak berwarna	Bening
Densitas	0,677 g/L	1,329 g/L	0,116 lb/ft ³		0,713 g/mL	0,08988 g/L	1,153 g/L	1,027 g/mL
Titik Didih	-161,48°C	-183°C	-42,1°C	4827°C	-56,42°C	-252,87°C	-191,52°C	100°C
Titik Lebur	-187,6°C	-218,4°C	-187,6°C	3.550°C	-79°C	-259,14°C	-211,6°C	0°C
Titik Nyala	-104°C		-104°C					-
Temperatur kritis	-82,45°C	-118,15°C	96,55°C		30,85°C	-240,15°C	-140,15°C	374,13°C

2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (quality control) diperlukan untuk menghasilkan produk (carbon black) yang sesuai spesifikasi yang diinginkan. Pengendalian kualitas ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses produksi dan pengendalian kualitas produk. Pengendalian kualitas ini harus dilakukan agar dapat memuaskan konsumen dalam memenuhi kebutuhannya. Dengan adanya pengendalian kualitas, kegagalan dalam proses produksi juga dapat diminimalkan. Selain pengendalian kualitas juga diperlukannya adanya pengawasan mutu bahan baku, bahan pendukung, produk setengah jadi maupun produk penunjang mutu proses.

2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku bertujuan untuk memastikan bahan baku

yang akan digunakan sudah sesuai dengan spesifikasi bahan baku yang telah ditentukan untuk proses produksi. Dalam proses ini bahan baku yang digunakan adalah metana dan oksigen dengan bersuhu 30°C dan bertekanan 1 atm. Pengendalian kualitas bahan baku berperan untuk menjaga kondisi bahan baku sebelum operasi, dapat dilakukan dengan cara melakukan pengujian terhadap bahan baku sebelum operasi serta memilih tangki penyimpanan yang sesuai untuk bahan baku tersebut agar kualitasnya tetap terjaga.

2.2.2 Pengendalian Proses Produksi

Untuk mengendalikan keluaran dari suatu proses agar mencapai kualitas yang diinginkan maka diperlukan disiplin rekayasa yang melibatkan mekanisme dan algoritma yang disebut dengan pengendalian proses. Pengendalian proses produksi dilakukan dengan rangkaian alat yang berpusat di ruang kendali (control room) dan menggunakan sistem control otomatis. Fungsi dari sistem controller ini adalah adanya pengawasan terhadap jalannya operasi sehingga jika terdapat indikasi penyimpangan proses, sistem secara otomatis akan memberikan sinyal indikator berupa bunyi, nyala lampu atau lain sebagainya sehingga operator dapat melakukan tindakan untuk mengatur kembali proses produksi sebagaimana mestinya.

Beberapa alat control/kendali yang dijalankan yaitu, control terhadap kondisi operasi temperature dan tekanan. Alat control tersebut meliputi:

a. Level control

Level control merupakan alat yang dipasang pada bagian atas tangki, jika belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, maka akan timbul tanda/syarat berupa suara dan nyala lampu.

b. Flow Control

Fungsi dari Flow Control adalah untuk mengendalikan laju aliran fluida baik aliran masuk maupun aliran keluar pada suatu alat. Secara umum, prinsip kerja alat ini adalah berdasarkan pada perbedaan tekanan dimana P1 lebih besar dari P2 sehingga diperoleh nilai ΔP yang kemudian akan dikalibrasikan sesuai dengan set point yang telah ditetapkan.

c. Temperature Control

Temperature control merupakan alat yang dipasang di dalam setiap alat proses. Jika belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, maka akan timbul tanda/isyarat berupa suara dan nyala lampu.

d. Pressure Control (PC)

Pressure Control sangat dibutuhkan pada sistem yang menggunakan aliran steam atau gas, PC dihubungkan dengan control valve pada aliran keluar steam atau gas. Fungsi dari Pressure Control adalah untuk mengendalikan tekanan operasi pada alat agar berjalan sesuai dengan tekanan yang telah ditetapkan.

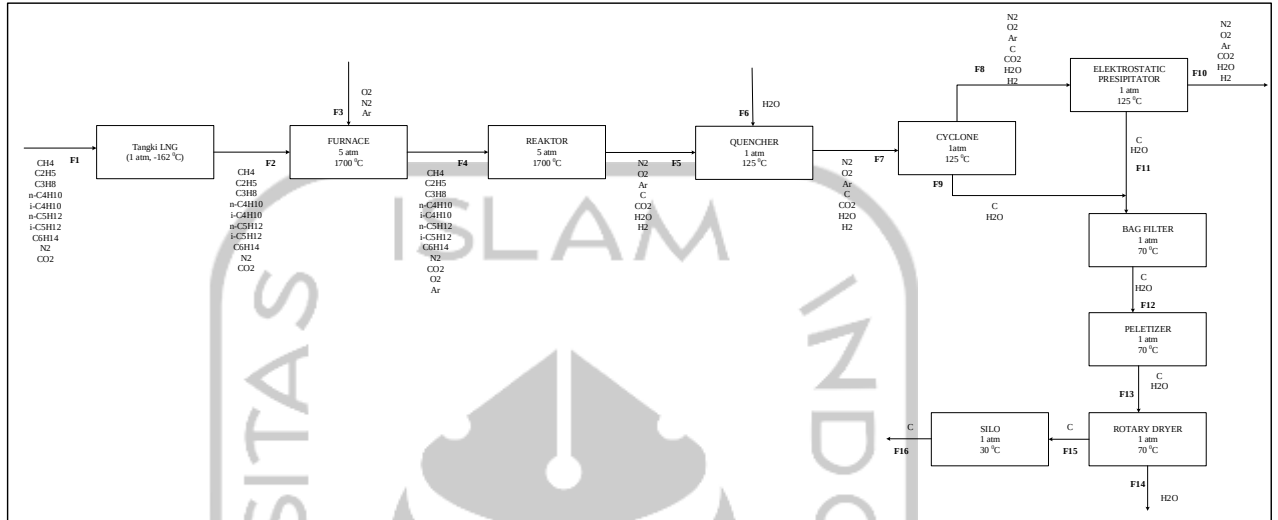
2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk bertujuan untuk memastikan produk sudah sesuai spesifikasi dan standar mutu yang diinginkan. Pengendalian kualitas produk dilakukan dengan cara melakukan pengujian terhadap produk yaitu uji kemurnian, komposisi, dan lain sebagainya. Hasil produk yang berkualitas dipengaruhi oleh proses-proses sebelumnya, sehingga untuk mendapatkan produk yang berkualitas harus dipilih bahan baku yang berkualitas dan adanya pengawasan dan pengendalian terhadap proses produksi.

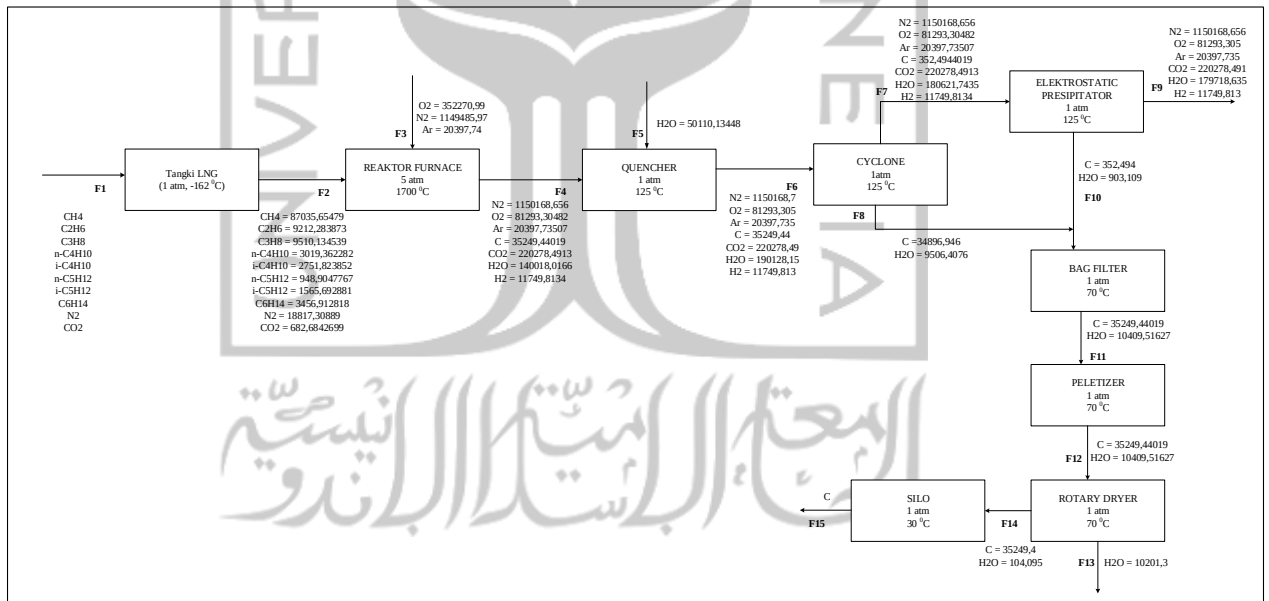


BAB III PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Pabrik pembentukan carbon black dari gas alam ini diproduksi dengan kapasitas 280.000 ton/tahun dari bahan baku gas alam (metana) dan oksigen. Pada proses produksi dengan metode thermal black ini terdapat dua mekanisme reaksi, yang pertama adalah

reaksi pembakaran sempurna yang menghasilkan produk berupa gas sintesis dan karbon dan yang kedua adalah reaksi dekomposisi termal yang menghasilkan produk berupa carbon black dan gas hydrogen. Secara keseluruhan proses yang terjadi dapat digolongkan menjadi beberapa tahap yaitu:

3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Udara sebagai bahan baku yang diambil dari lingkungan sekitar terlebih dahulu dibersihkan dari partikel-partikel pengotor menggunakan filter udara. Kemudian dinaikkan suhu dan tekanan menjadi 100 °C dan 5 atm menggunakan HE dan kompresor. Sedangkan bahan baku gas alam yang diambil dari PT. Badak LNG dan disimpan di tangki penyimpanan dengan suhu -162 °C. Kemudian udara dan gas alam tersebut dimasukkan ke dalam furnace untuk dilakukan pemanasan awal atau pre-heating dengan cara menaikkan suhunya menjadi 400 °C.

3.2.2 Tahap Pembuatan Carbon Black

Gas metana dan oksigen bersuhu 400 °C dari furnace dan diumpankan ke dalam reaktor. Reaksi antara gas alam dan udara terjadi di dalam reaktor. Reaktor yang digunakan adalah Reaktor Furnace berbentuk silinder dilengkapi dengan shell yang berfungsi untuk mengalirkan fluida pendingin. Bagian luar shell dilapisi isolasi dengan silika yang berguna untuk menahan panas yang hilang ke sekeliling.. Reaksi berjalan secara adiabatik dan eksotermis dengan tekanan operasi 5 atm dan suhu reaksi 1700 °C. Proses pembakaran tidak sempurna oleh oksigen menghasilkan gas hydrogen, uap air, gas karbondioksida dan hidrokarbon. Setelah energi digunakan kembali pada proses dekomposisi termal, maka menghasilkan gas hydrogen dan carbon black.

3.2.3. Tahap Pendinginan

Carbon Black dari hasil pembakaran antara gas alam dan udara dari reaktor didinginkan secara mendadak di dalam Quencher dengan menggunakan air sehingga suhunya turun dari 1700°C menjadi 95°C. Pendinginan ini bertujuan untuk menghentikan reaksi secara mendadak.

3.2.4 Tahap Pengumpulan

Dari Quencher, Carbon Black dan gas - gas sudah terbentuk dimasukkan ke dalam Cyclone. Carbon Black yang terikat oleh gas ditangkap oleh Elektropresipitator. Dengan demikian gas yang dibuang praktis tidak lagi mengandung Carbon Black. Carbon Black yang dihasilkan di dalam Elektropresipitator kemudian dijadikan satu dengan Carbon Black yang terkumpul di cyclone ke dalam bag filter. Kemudian carbon black tersebut dibawa ke unit peletizer.

3.2.5 Tahap Penyimpanan

Carbon Black yang sudah terkumpul selanjutnya dibawa ke Silo yang berguna dalam proses penyimpanan. Sebelum Carbon black dibawa ke Silo dibawa menggunakan Belt Conveyor dan Bucket Elevator. Setelah itu, carbon black dikirim ke unit pengemasan menggunakan belt conveyor dan siap didistribusikan kepada konsumen.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor

Nama Alat		Reaktor
Kode		R-01
Fungsi		Tempat terjadinya pembakaran gas alam bahan bakar dan perengkahan gas alam umpan menjadi <i>carbon black</i> dengan hidrogen
Jenis		Reaktor Furnace
Bahan Konstruksi		Carbon Steel SA-285A
Jumlah (buah)		1
Spesifikasi		
Kondisi Operasi	P (atm)	5
	T (°C)	1700
Zona Pembakaran	Diameter (m)	2,891718143
	Panjang (m)	3,373671167
	Volume (m3)	22,14544064
Zona Pencampuran	Bentuk	Kerucut Terpenggal
	Diameter (m)	0,2951
	Panjang (m)	17,1635
	Volume (m3)	10,30778442
Throat	Diameter (m)	0,9640
	Panjang (m)	0,7712
	Volume (m3)	0,562423889
Zona Reaksi	Diameter (m)	0,2951
	Panjang (m)	
	Volume (m3)	
Panjang reaktor (m)		4,4
Volume reaktor (L)		219315,9498
Isolator		
Jenis		Asbestos
Tebal (in)		88,34693293

3.3.2 Spesifikasi Alat Pendukung dan Pemisah

a. Filter Udara

Tabel 3.2 Spesifikasi Filter Udara

Nama Alat	Filter Udara
Kode	FU-01
Fungsi	Menyaring udara yang ada di udara bebas sebelum dialirkan oleh blower
Tipe	Dry Filter
Bahan	Carbon Steel
Kapasitas (ft ³ /menit)	1000
Rate Udara (ft ³ /jam)	46044364
Ukuran (in)	24x24
Jumlah (buah)	768

b. Cyclone

Tabel 3.3 Spesifikasi Cyclone

Nama Alat	Cyclone
Kode	CY-01
Fungsi	Memisahkan dan mengumpulkan padatan (Carbon Black dari aliran gas keluar quencher
Suhu (°C)	125
Tekanan desain (atm)	1
Kecepatan gas masuk (ft ³ /s)	14155,33431
Dimensi	Diameter silinder (DC) (ft)
	Panjang silinder (LC) (ft)
	Panjang konis (ZC) (ft)
	Diameter gas outlet (SC) (ft)
	Diameter inlet (BC) (ft)
	Diameter dust out (JC) (ft)
	Tinggi gas inlet (HC) (ft)
	Tinggi gas outlet (HC) (ft)
Jumlah (buah)	1

c. Elektrostatic Presipitator

Tabel 3.4 Spesifikasi Elektrostatic Presipitator

Nama Alat	Elektrostatic Presipitator
Kode	EP-01
Fungsi	Menangkap atau mengumpulkan partikel carbon black dari aliran gas Menara cyclone

Tipe	Plate sejajar
Luas pelat pengumpul (m ²)	37,5
Panjang pelat (cm)	25
Lebar pelat (cm)	15
Efisiensi (%)	99,76
Jarak antar pelat (cm)	5

d. Bag Filter

Tabel 3.5 Spesifikasi Bag Filter

Nama Alat	Bag Filter
Kode	BF-01
Fungsi	Menampung carbon black keluaran cyclone dan electrostatic presipitator
Jenis	Conical hopper
Suhu (°C)	70
Tekanan (atm)	1
Volume (ft ³)	1486,79
Dimensi (in)	269,79
Tinggi (m)	3,3288166
Tebal (in)	0,5

e. Rotary Dryer

Tabel 3.6 Spesifikasi Rotary Dryer

Nama Alat	Rotary Dryer
Kode	RD-01
Fungsi	Mengeringkan carbon black (C) dengan kapasitas umpan
Jenis	Direct contact-counter current rotary dryer
Bahan	Stainless steel SA 167 grade C
Kecepatan massa udara (kg/jam)	56.441
Beban panas (Kj/jam)	24.478.468
Diameter (m)	4,83
Panjang (m)	19,3
Kecepatan putar (rpm)	12,0
Sudut kemiringan (°)	4,5739
Power (HP)	40,0
Jumlah (buah)	1

f. Kompresor

Tabel 3.7 Spesifikasi Kompresor

Spesifikasi	Kompresor	
Kode	K-01	K-02
Fungsi	Menaikkan tekanan dari 1 atm ke 5 atm sebelum masuk furnace	Menaikkan tekanan dari 1 atm ke 5 atm sebelum masuk furnace
Tipe	Centrifugal multistage	Centrifugal multistage
Bahan	Carbon steel SA 203 Grade C	Carbon steel SA 203 Grade C
Jumlah (buah)	1	1
Kondisi Operasi		
P in (atm)	1	1
P out (atm)	5	5
T in (°C)	100	100
T out (°C)	116	100
Spesifikasi		
Jumlah Stage (buah)	2	2
Tenaga/ Power (HP)	624,0808	15,6704

g. Expansion Valve

Tabel 3.8 Spesifikasi Expansion Valve

Spesifikasi		Expansion Valve
Kode		EXV-01
Fungsi		Menurunkan tekanan keluaran furnace (F-01) sebelum masuk quencher dari 5 atm menjadi 1 atm
Jenis		Globe Valve
Kondisi Operasi	Tin (°C)	1973
	Pin (atm)	5
	Pout (atm)	1
Bahan		Commercial Stainless Steel AISI tipe 316
Jumlah (buah)		1
Kapasitas (kg/jam)		1659579,3978
Spesifikasi		
ID (in)		24,00
OD (in)		23,25

a't (in2)	425,00
Le (ft)	550,00

3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

a. Tangki Penyimpanan

Tabel 3.9 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Spesifikasi		Tangki Penyimpanan
Kode		T-01
Fungsi		Menyimpan kebutuhan gas alam dalam keadaan cair atau LNG
Fasa		Cair
Jumlah Tangki (buah)		1
Jenis Tangki		Tangki silinder tegak dengan torispherical head and flat bottom
Kondisi Operasi	Tekanan Operasi (atm)	1
	Suhu Operasi (°C)	-162
Spesifikasi		
Tipe atap tangki		torispherical
Bahan konstruksi		Carbon Steel 283 Grade C
Kapasitas tangki (kg)		23022009,1696
Volume tangki (m3)		7.687,02
Diameter (m)		24,3840
Tinggi (m)		16,4592
Course plate		9,0000
Tebal shell (plate ke-9) (in)		0,1875
Head & Bottom		
Tinggi Puncak Head (m)		3,6452
Tebal Head (in)		0,6250
Tinggi Total Tangki (m)		20,1044

b. Silo

Tabel 3.10 Spesifikasi Silo

Nama Alat	Silo
Kode	S-01
Fungsi	Menampung produk akhir carbon black dari keluaran rotary dryer
Tipe	Tangki silinder vertical dengan conical

	bottom head
Jenis tutup atas dan bawah	Tutup atas flange only dan tutup bawah conical
Jenis material dalam	Carbon stell SA-285A
Tipe las	Double welded butt joint
Total material C (kg)	313596,0667
Kapasitas Tangki (ft ³)	9411
Jumlah (buah)	1
Tinggi shell silo (ft)	36
Tinggi konis (ft)	3
Diameter silo (ft)	18
Tebal silinder (in)	3/8
Tebal tutup bawah (in)	3/8

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

a. Belt Conveyor

Tabel 3.11 Spesifikasi Belt Conveyor

Spesifikasi	Belt Conveyor		
Kode Alat	BC-01	BC-02	BC-03
Fungsi alat	Memindahkan Carbon black dari produk bawah cyclone menuju bag filter	Memindahkan Carbon black dari Bag Filter menuju pelletizer	Memindahkan Carbon Black dari RD menuju BE-01
Kapasitas (ton/jam)	44,40	45,66	35,35
Dimensi :			
Panjang (ft)	20	25	25
Lebar (ft)	2	2	2
Cross section (ft ²)	0,11	0,11	0,11
Belt plies	3	3	3
Belt speed (ft/min)	100	200	200
Power (hp)	3	3	3
Jumlah	1	1	1

b. Bucket Elevator

Tabel 3.12 Spesifikasi Bucket Elevator

Spesifikasi	Keterangan
-------------	------------

Fungsi	Mengangkut Carbon black dari rotary dryer menuju Silo
Jenis	<i>Continuous bucket elevator</i>
Bahan	<i>Carbon steel</i>
Jumlah	1
Tinggi <i>elevator</i>	25 ft
Ukuran <i>bucket</i>	8 x 5 x 5 1/2 in
Jarak antar <i>bucket</i>	14 in
<i>Bucket speed</i>	225 ft/min
Kecepatan putar	43 rpm
Lebar <i>belt</i>	9 in
Power poros	1,6 hp
Efisiensi	80%
Power total	3,25 hp

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. Heat Exchanger

Tabel 3.13 Spesifikasi Heat Exchanger

Spesifikasi	Keterangan	
Kode :	HE-01	HE-02
Fungsi :	Menaikkan temperatur umpan dari 30°C menjadi 100 C sebelum masuk furnace	Menaikkan temperatur umpan dari -162°C menjadi 100 C sebelum masuk furnace
Jumlah :	1 alat	1 alat
Tipe :	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jenis Bahan :	Carbon Stell SA-283 Grade C	Carbon Stell SA-283 Grade C
Jumlah Tube :	847 Buah	1240 Buah
Hot Fluid : Tube (Steam)		
BWG	18 in	18 in
IDt	0,6520 in ²	0,6520 in ²
ODt	0,7500 in	0,7500 in
Flow area	0,3340 in	0,3340 in
passes	1 (ft ² /ft)	1 (ft ² /ft)
Cold Fluid : Shell (Liquid)		
IDs	31 in	37 in
baffle	18,6 in ²	22,2 in ²
passes	2 in	2 in
A	4163,174 ft ²	6094,848 ft ²
Ud	190,3197	187,7548

Uc	347,8785 Btu/jam.ft ² .°F	1369,7913 Btu/jam.ft ² .°F
Rd	0,0024	0,0046
Rd min	0,0020	0,0040
Jumlah Alat	1 Unit	1 Unit

b.Quencher

Tabel 3.14 Spesifikasi Quencher

Spesifikasi	Keterangan	
Kode:	Q-01	
Fungsi:	Menurunkan suhu bahan sampai dengan 125 C	
Jumlah:	1 alat	
Tipe:	Tangki silinder tegak dengan torispherical head and bottom	
Kondisi Operasi:		
Tekanan Operasi	1 atm	14,7 psi
Suhu Operasi	95 C	368 K
Spesifikasi:		
Tipe Atap Tangki	torispherical	
Bahan Konstruksi	Carbon Steel 283 Grade C	
Kapasitas Tangki	1766719,2924 kg	
Volume Tangki	2377,45 m ³	
Diameter Standar Tangki	18,2944 m	
Tinggi Standar Tangki	9,1154 m	
Tinggi Puncak Head	2,9194 m	
Tebal Head Standar	2,7500 in	0,0699m
Tinggi Total Tangki	12,0348 m	

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3.15 Neraca Massa Total

Komponen	Input			Output			
	Arus 2	Arus 3	Arus 5	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 14
	massa (kg)	massa (kg)	massa (kg)	massa (kg)	massa (kg)	massa (kg)	massa (kg)
CH ₄	87.036	0	0	0	0	0	0
C ₂ H ₆	9.212	0	0	0	0	0	0
C ₃ H ₈	9.510	0	0	0	0	0	0

n-C4H10	3.019	0	0	0	0	0	0
i-C4H10	2.752	0	0	0	0	0	0
n-C5H12	949	0	0	0	0	0	0
i-C5H12	1.566	0	0	0	0	0	0
C6H14	3.457	0	0	0	0	0	0
CO2	18.817	0	0	0	220.279	0	0
N2	683	1.149.486	0	0	1.150.169	0	0
O2	0	352.271	0	0	81.293	0	0
Ar	0	20.398	0	0	20.398	0	0
H2	0	0	0	0	11.750	0	0
H2O	0	0	50110	9506	179.719	903	0
C	0	0	0	0	0	0	35.249
Sub Total	137.000	1.522.155	50110	9506	1663607	903	35.249
Total	1.659.156			1.659.156			

3.3.2 Neraca Massa Alat

3.2.2.1 Furnace Reaktor

Tabel 3.16 Neraca Massa Furnace Reaktor

Komponen	Input		Output
	Arus 2	Arus 3	Arus 4
CH4	87.036	0	0
C2H6	9.212	0	0
C3H8	9.510	0	0
n-C4H10	3.019	0	0
i-C4H10	2.752	0	0
n-C5H12	949	0	0
i-C5H12	1.566	0	0
C6H14	3.457	0	0
CO2	18.817	0	220.279
N2	683	1.149.486	1.150.169
O2	0	352.271	81.293
Ar	0	20.398	20.398
H2	0	0	11.750
H2O	0	0	140.018
C	0	0	35.249
Total	1.659.156		1.659.156

3.2.2.2 Quencher

Tabel 3.17 Neraca Massa Quencher

Komponen	Input		Output
	Arus 4	Arus 5	Arus 6
CH ₄	0	0	0
C ₂ H ₆	0	0	0
C ₃ H ₈	0	0	0
n-C ₄ H ₁₀	0	0	0
i-C ₄ H ₁₀	0	0	0
n-C ₅ H ₁₂	0	0	0
i-C ₅ H ₁₂	0	0	0
C ₆ H ₁₄	0	0	0
CO ₂	220.278	0	220.278
N ₂	1.150.169	0	1.150.169
O ₂	81.293	0	81.293
Ar	20.398	0	20.398
H ₂	11.750	0	11.750
H ₂ O	140.018	50.110,13448	190.128
C	35.249	0	35.249
Total	1.709.266		1.709.266

3.2.2.3 Cyclone

Tabel 3.18 Neraca Massa Cyclone

Komponen	Input	Output	
	Arus 6	Arus 7	Arus 8
CH ₄	0	0	0
C ₂ H ₆	0	0	0
C ₃ H ₈	0	0	0
n-C ₄ H ₁₀	0	0	0
i-C ₄ H ₁₀	0	0	0
n-C ₅ H ₁₂	0	0	0
i-C ₅ H ₁₂	0	0	0
C ₆ H ₁₄	0	0	0
CO ₂	220.278,4913	220.278,4913	0
N ₂	1.150.168,656	1.150.168,656	0
O ₂	81.293,30482	81.293,30482	0
Ar	20.397,73507	20.397,73507	0

H2	11.750	11.750	0
H2O	190.128	180.622	9.506
C	35.249	352	34.897
Total	1.709.266		1.709.266

3.2.2.4 Electrostatic Presipitator

Tabel 3.19 Neraca Massa Electrostatic Presipitator

Komponen	Input	Output	
	Arus 7	Arus 9	Arus 10
CH4	0	0	0
C2H6	0	0	0
C3H8	0	0	0
n-C4H10	0	0	0
i-C4H10	0	0	0
n-C5H12	0	0	0
i-C5H12	0	0	0
C6H14	0	0	0
CO2	220.279	220.279	0
N2	1.150.169	1.150.169	0
O2	81.293	81.293	0
Ar	20.398	20.398	0
H2	11.750	11.750	0
H2O	180.622	179719	903
C	352	0	352
Total	1.664.862		1.664.862

3.2.2.5 Bag Filter

Tabel 3.20 Neraca Massa Bag Filter

Komponen	Input	Output	
	Arus 8	Arus 10	Arus 11
H2O	9.506	903	10.410
C	34.897	353	35.249
Total	45.659		45.659

3.2.2.6 Peletizer

Tabel 3.21 Neraca Massa Peletizer

Komponen	Input	Output
----------	-------	--------

	Arus 11	Arus 12
H ₂ O	10.410	10.410
C	35.249	35.249
Total	45.659	45.659

3.2.2.7 Rotary Dryer

Tabel 3. 22 Neraca Massa Rotary Dryer

Komponen	Input		Output		
	Arus 12	Udara Kering	Udara Basah	Arus 13	Arus 14
H ₂ O	10.410	0	104	10.201	104
C	35.249	0	0	0	35.249
Udara	0	63.170	63.170	0	0
Total	108.829,0032		108.829		

3.5 Neraca Panas

a. Kompresor 1 (K-01)

Tabel 3.23 Neraca Panas Kompresor 1 (K-01)

Komponen	Masuk (KJ/Jam)	Keluar (KJ/Jam)
Input	115.246.661	0
Output	0	139.978.758
Q dibutuhkan	24.732.097	0
Total	139.978.758	139.978.758

b. Kompresor 2 (K-02)

Tabel 3.24 Neraca Panas Kompresor 2 (K-02)

Komponen	Masuk (KJ/Jam)	Keluar (KJ/Jam)
Input	214.463.259	0
Output	0	215.696.914
Q dibutuhkan	1.233.655	0
Total	215.696.914	215.696.914

c. Cyclone (CY-01)

Tabel 3.25 Neraca Panas Cyclone (CY-01)

Komponen	Masuk (KJ/Jam)	Keluar (KJ/Jam)
----------	----------------	-----------------

Q input	209.327.818	0
Q Output	0	209.327.818
Total	209.327.818	209.327.818

d. Electrostatic Precipitator (EP-01)

Tabel 3.26 Neraca Panas Electrostatic Precipitator

Komponen	Masuk (KJ/Jam)	Keluar (KJ/Jam)
Input	201.369.427	0
Output	0	201.369.427
Total	201.369.427	201.369.427

e. Pelletizer (PL-01)

Tabel 3.27 Neraca Panas Pelletizer (PL-01)

Komponen	Masuk (KJ/Jam)	Keluar (KJ/Jam)
Input	3.679.580	0
Output	0	3.679.580
Total	3.679.580	3.679.580

f. Rotary Dryer (RD-01)

Tabel 3.28 Neraca Panas Rotary Dryer (RD-01)

Komponen	Masuk (KJ/Jam)	Keluar (KJ/Jam)
C	1.186.313	2.062.780
H ₂ O	1.957.643	32.634
Qsupply	22.644.497	0
Q penguapan	0	23.693.040
Total	25.788.453	25.788.453

g. Heat Exchanger 1 (HE-01)

Tabel 3.29 Neraca Panas Rotary Dryer (RD-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Masuk	7.643.352	0
Keluar	0	115.024.486
Steam	107.381.135	0
Total	115.024.486	115.024.486

h. Heat Exchanger 2 (HE-02)

Tabel 3.30 Neraca Panas Heat Exchanger 2 (HE-02)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Masuk	-148.144.034	0
Keluar	0	139.625.084
Steam	287.769.117	0
Total	139.625.084	139.625.084

i. Furnace Reaktor (R-01)

Tabel 3.31 Neraca Panas Furnace Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (kJ)	Keluar (kJ)
Panas dari fuel (Q_{fuel})	4.498.711.690	0
Enthalpy masuk	329.604.228	0
Enthalpy keluar	0	4.818.324.851
Enthalpy reaksi	-3.398.982	0
Total panas hilang (Q_{loss})	0	6.592.085
Total	4.824.916.936	4.824.916.936

j. Quencher (Q-01)

Tabel 3.32 Neraca Panas Quencher (Q-01)

Komponen	Masuk (KJ/Jam)	Keluar (KJ/Jam)
Q input	4.818.329.044	0
Q Output	0	199.433.412
Qpendingin	0	4.618.895.632
Total	4.818.329.044	4.818.329.044

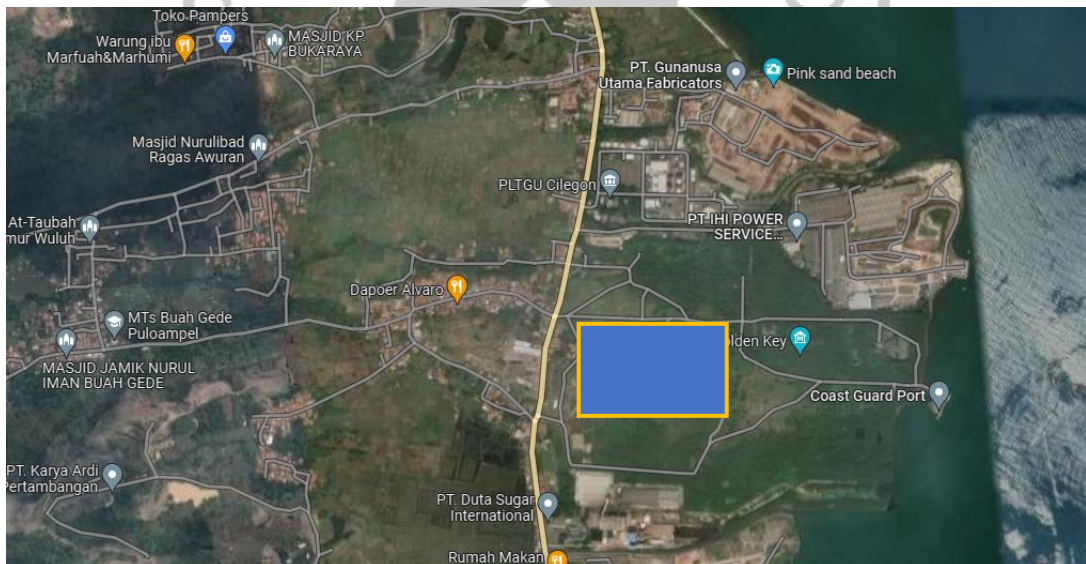
BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Penentuan Lokasi Pabrik

Salah satu faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam perancangan pabrik adalah pemilihan dan penentuan lokasi pabrik. Hal ini penting dilakukan mengingat keberlangsungan pabrik baik secara ekonomi sampai operasional mulai dari produksi hingga distribusi dan pemasaran. Beberapa aspek pertimbangan dalam pemilihan lokasi pendirian pabrik diantaranya ketersediaan bahan baku, pemasaran, transportasi, lingkungan sekitar ketersediaan sumber daya manusia (SDM), sarana pendukung dan sebagainya.

Pabrik Carbon Black dari Gas Alam dengan kapasitas 280.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan di Cilegon, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Lokasi pendirian pabrik dapat dilihat pada Gambar 4.1. Pemilihan lokasi ini berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut.



Gambar 4.1 Tata Letak Lokasi Pabrik

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer merupakan faktor yang harus dilalukan karena akan mempengaruhi tidak atau berjalannya operasional sesuai dengan yang diharapkan. Faktor primer meliputi:

1. Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan dan kemudahan dalam mendapatkan bahan baku sangat diperlukan dalam pendirian pabrik, salah satunya untuk

meminimalisir biaya transportasi. Lokasi pendirian pabrik yang dipilih tidak terlalu jauh dari industri bahan baku berupa Gas Alam Cair yang berasal dari PT. LNG Badak yang terletak di Kota Bontang, Kalimantan Timur. Selain itu, lokasi pabrik yang dipilih juga dekat dengan pelabuhan sehingga memudahkan mendapatkan bahan baku yang diambil dari perusahaan gas tersebut.

2. Penyediaan Utilitas

Lokasi pendirian pabrik yang dipilih memiliki sarana utilitas yang memadai karena terletak berdekatan dengan laut.

3. Transportasi

Dalam pendistribusian produk hasil produksi dapat melalui jalur laut dan darat. Sedangkan pembelian bahan baku dapat melalui jalur laut, karena lokasi pabrik yang strategis yaitu dekat dengan laut dan tersedianya pelabuhan di sekitar lokasi pabrik akan mempermudah penggunaan transportasi untuk mendistribusikan produk dan mengambil bahan baku.

4. Pemasaran

Pemasaran produk carbon black dari gas alam direncanakan akan didistribusikan ke perusahaan atau pabrik yang menggunakan produk carbon black seperti pabrik pembuatan ban, cat, plastik dan kertas sehingga pemasaran untuk produk carbon black tidak banyak mengalami kesulitan.

5. Ketersediaan Tenaga Kerja

Lokasi pabrik yang terletak di Kota Cilegon dan merupakan salah satu kota terbesar dengan urutan keempat di provinsi Banten dengan populasi penduduk sebanyak 442,8 ribu jiwa pada tahun 2020, tentu ini akan menjadi salah satu tujuan para tenaga kerja untuk mendapatkan pekerjaan. Selain itu, pendirian pabrik akan menjamin tersedianya lapangan kerja bagi masyarakat sekitar kota Cilegon, luar kota maupun luar provinsi.

6. Keadaan Iklim

Lokasi pabrik yang dekat dengan lau memiliki daerah alam yang sangat menunjang. Kota Cilegon merupakan derah tropis dengan suhu rata-rata berkisar antara 23-32°C, dengan kelembaban di wilayah ini berkisar antara 71% - 95%, sehingga kemungkinan operasi pabrik dapat berjalan dengan lancar.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder merupakan faktor yang secara tidak langsung berperan dalam proses operasional pabrik. Sehingga tersedia atau tidaknya faktor ini, operasional masih dapat berjalan meskipun dengan biaya ekstra atau besar. Faktor sekunder ini meliputi:

1. Perluasan Area Pabrik

Pendirian suatu pabrik harus mempertimbangkan perluasan pabrik dalam jangka waktu 10 sampai 20 tahun yang akan datang, dikarenakan jika permintaan dari tahun ke tahun meningkat memungkinkan ada perluasan pabrik dan tidak adanya mengalami kesulitan dalam mencari perluasan lahan. Di sekitar lokasi yang dipilih masih tersedia lahan kosong yang diperkirakan akan mencukupi perluasan dalam jangka waktu 10 sampai 20 tahun mendatang.

2. Lingkungan Masyarakat

Dalam pendirian pabrik ini, diperkirakan akan mendapatkan dukungan dari masyarakat dikarenakan akan membuka lapangan kerja bagi mereka dan juga pendirian pabrik ini tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya karena dampak sudah dipertimbangkan sebelum didirikan.

3. Perizinan

Beberapa industri yang sudah berdiri di Kota Cilegon akan memudahkan perizinan dalam pendirian pabrik, dikarenakan sudah dijadikan sebagai kawasan industri. Adapun faktor-faktor lain meliputi:

- Segi keamanan kerja terpenuhi.
- Tanah yang tersedia untuk pendirian pabrik masih cukup luas dengan harga terjangkau.
- Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.

4.2 Tata Letak Pabrik

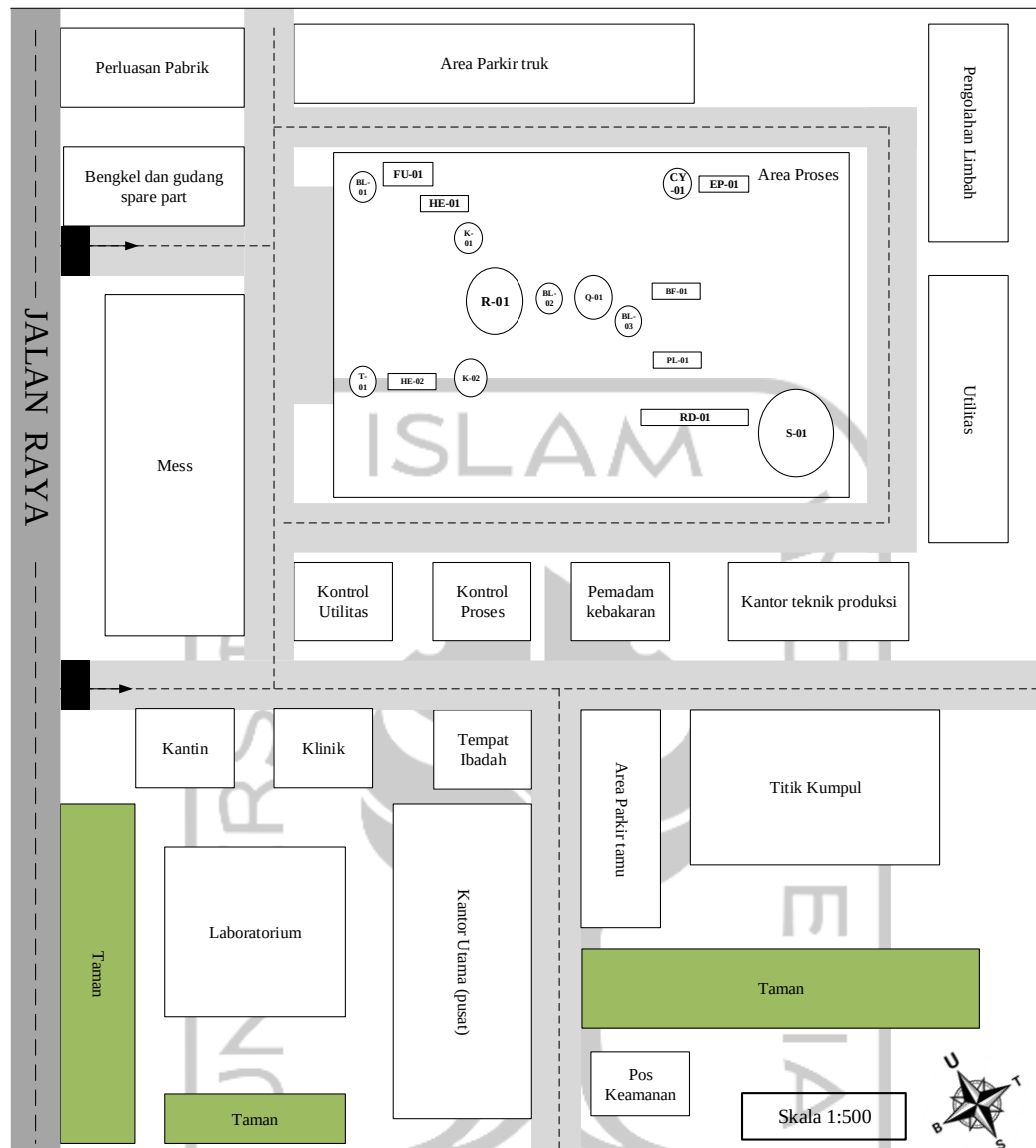
Tata letak pabrik atau plant layout merupakan penyusunan, pengaturan dan penempatan fasilitas-fasilitas produksi untuk menciptakan suatu system yang baik dalam suatu proses produksi agar kegiatan produksi berjalan dengan lancar, efektif dan efisien.

Rincian luas pabrik yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan tata letak pabrik (plant layout) dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Tabel 4.1 Rincian luas area pabrik

Kode	Lokasi	Tanah			Bangunan		
		Panjang	Lebar	Luas	Panjang	Lebar	Luas (m ²)
1	Pos keamanan	30	15	450	7	5	140
2	Masjid	40	25	1000	30	20	600
3	Taman	70	40	2800	60	30	1800
4	Kantin	30	30	900	20	20	400

5	Klinik	40	25	1000	30	20	600
6	Unit Pemadam kebakaran	40	40	1600	30	30	900
7	Bengkel	35	35	1225	30	30	900
8	Gudang peralatan	35	30	1050	30	25	750
9	Unit pengolahan limbah	65	40	2600	60	30	1800
10	Area mess	70	50	3500	60	40	2400
11	Kantor utama	24	15	360	20	10	200
12	Laboratorium	35	35	1225	20	20	400
13	Area Kontrol Utilitas	30	25	750	25	20	500
14	Area Utilitas	30	30	900	25	20	500
15	Area Kontrol Proses	28	25	700	25	20	500
16	Area Proses	65	54	3510	60	50	3000
17	Area Perluasan	40	30	1200	30	30	900
18	Parkir Utama	40	30	1200	30	25	750
19	Parkir Truk	45	25	1125	30	20	600
Luas Bangunan		14.940 m²					
Luas Tanah		27.095 m²					
Total		42.035 m²					



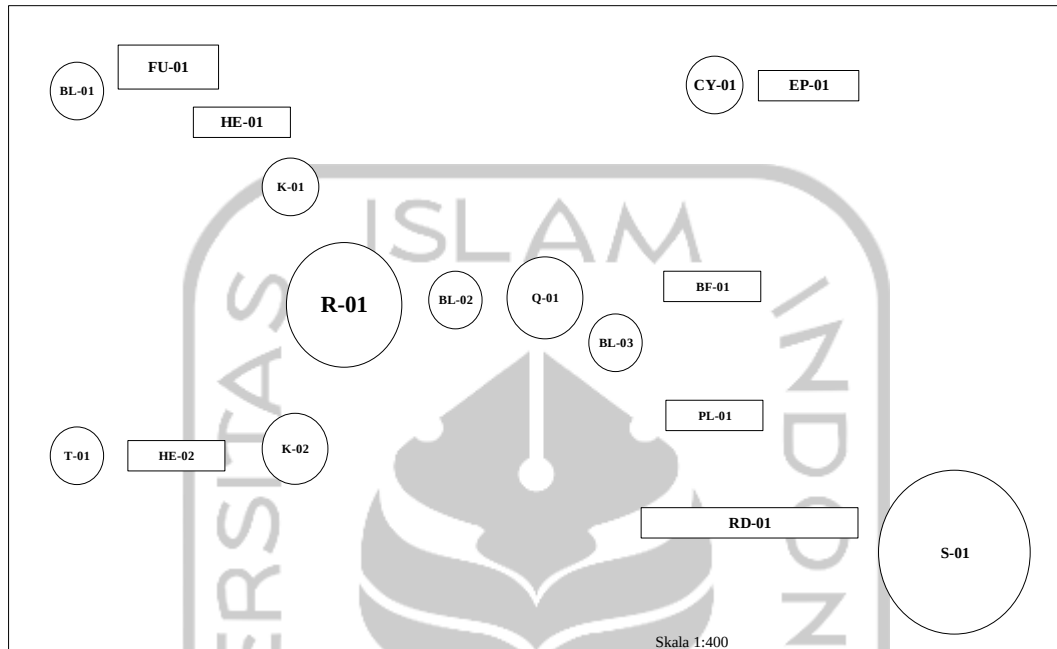
Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik

4.3 Tata Letak Alat Proses

Tata letak alat proses atau machines layout merupakan pengaturan yang optimum terhadap alat-alat proses pabrik. Perancangan tata letak alat proses yang optimum dapat menguntungkan secara ekonomi karena dapat meminimalisir biaya konstruksi dan kegiatan operasional produksi dapat berjalan secara efisien. Selain itu, hal ini menjadi penting karena berkaitan dengan keamanan, keselamatan dan kenyamanan karyawan selama bekerja. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam mengatur tata letak alat proses meliputi:

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

2. Aliran Udara
3. Pencahayaan
4. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan
5. Jarak Antar Alat Proses
6. Pertimbangan Ekonomi



Gambar 4.3 Tata Letak Alat Proses

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik Carbon Black direncanakan mempunyai bentuk usaha perseroan terbatas (PT). Menurut Undang-Undang No. 40 tahun 2007, perseroan terbatas 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.

Alasan pemilihan bentuk perusahaan ini disesuaikan dengan teori Widjaja (2003), sebagai berikut:

1. Modal mudah didapatkan dengan menjual saham perusahaan
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan beserta karyawan
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, yakni pemilik perusahaan adalah para pemegang saham, sedangkan pengurus perusahaan adalah direksi yang diawasi oleh dewan komisaris
4. Kelangsungan perusahaan lebih terjamin karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi, serta staf atau karyawan

5. Para pemegang saham dapat memilih dewan komisaris dan direktur utama
6. Bentuk perusahaan tersebut memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi

4.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan salah satu faktor penting yang dapat menunjang kelangsungan dan kemajuan perusahaan demi tercapainya kerja sama yang baik antara karyawan. Pada perancangan pabrik Carbon Black menggunakan asas menurut Widjaja (2003) sebagai pedoman untuk mendapatkan sistem organisasi yang baik, sebagai berikut:

1. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
2. Tujuan organisasi harus dipahami oleh setiap orang dalam organisasi
3. Tujuan organisasi harus diterima oleh setiap orang dalam organisasi
4. Adanya kesatuan arah (*unity of direction*)
5. Adanya kesatuan perintah (*unity of command*)
6. Adanya keseimbangan antara wewenang dan tanggung jawab
7. Adanya pembagian tugas (*distribution of work*)
8. Adanya koordinasi
9. Struktur organisasi disusun sederhana
10. Pola dasar organisasi harus relatif permanen
11. Adanya jaminan jabatan (*unity of tenure*)
12. Balas jasa yang diberikan kepada setiap orang harus setimpal dengan jasanya
13. Penempatan orang harus sesuai keahliannya

Maka, struktur organisasi yang dijalankan pada pabrik ini yaitu *line and staff*. Struktur organisasi ini memiliki garis kekuasaan lebih sederhana, praktis dan tegas sehingga seorang karyawan hanya akan bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Agar kelancaran produksi tetap terjaga, maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang ahli di bidangnya.

Sistem *line and staff* terdiri dari dua kelompok orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi perusahaan, yaitu:

1. Sebagai garis atau lini, yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan perusahaan.
2. Sebagai staf, yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas sesuai dengan keahliannya dan mempunyai fungsi untuk memberi saran-saran kepada unit operasional.

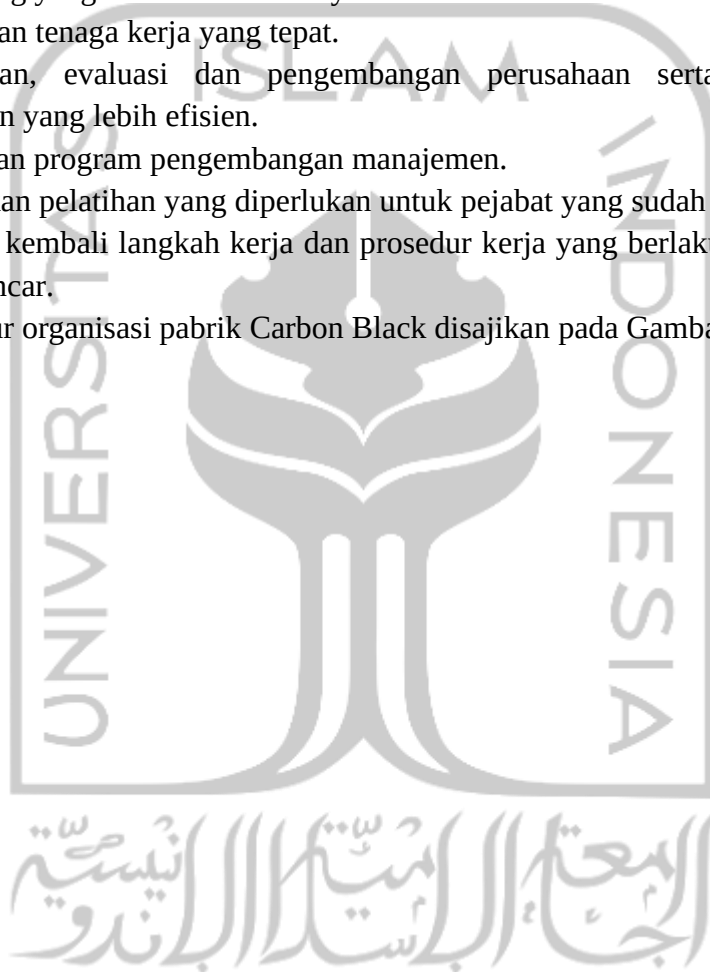
Para pemegang saham (pemilik perusahaan) dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh dewan komisaris. Tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama dibantu oleh Direktur Produksi serta Direktur Keuangan dan Umum. Kedua direktur ini membawahi kepala bagian yang akan bertanggung jawab atas bagian dalam perusahaan, sebagai bagian dari

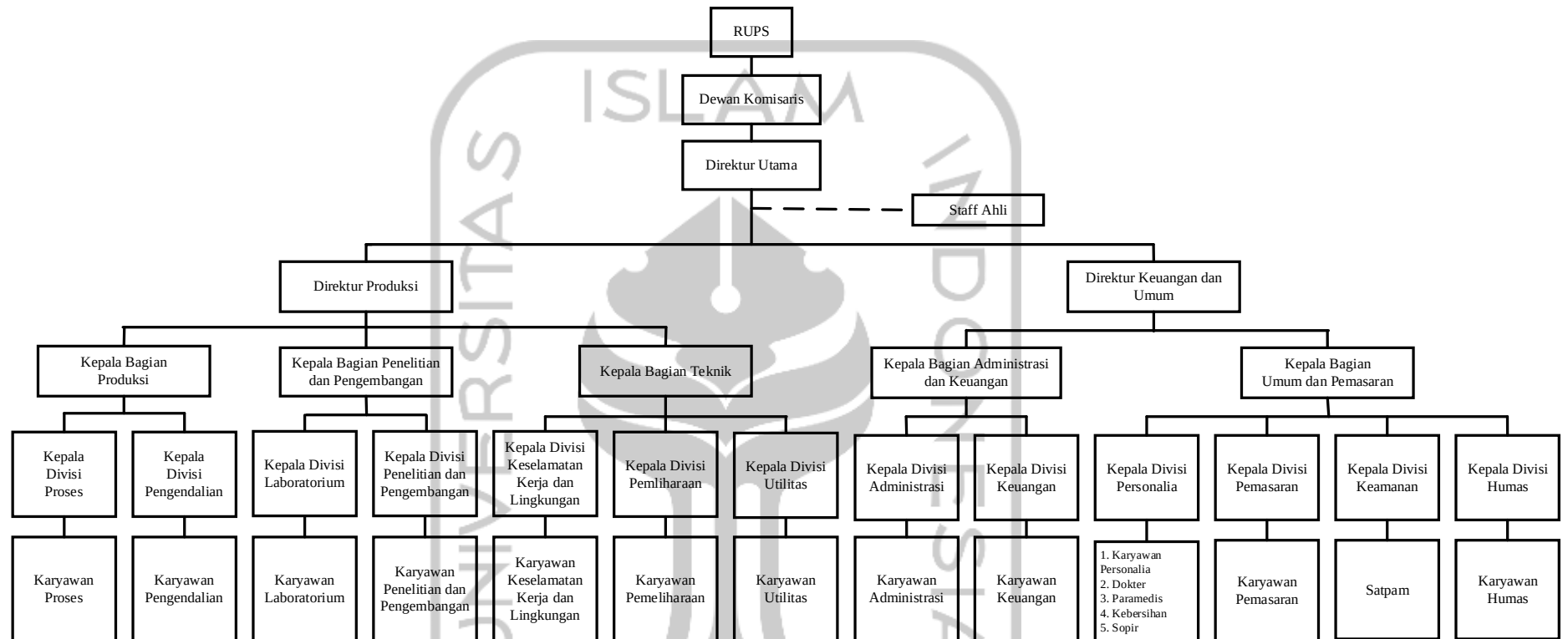
pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa divisi dan masing-masing divisi akan membawahi dan mengawasi para karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh seorang kepala regu dimana setiap kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas masing-masing seksi.

Manfaat adanya struktur organisasi adalah sebagai berikut :

1. Menjelaskan, membagi, dan membatasi pelaksanaan tugas dan tanggung jawab setiap orang yang terlibat di dalamnya.
2. Penempatan tenaga kerja yang tepat.
3. Pengawasan, evaluasi dan pengembangan perusahaan serta manajemen perusahaan yang lebih efisien.
4. Penyusunan program pengembangan manajemen.
5. Menentukan pelatihan yang diperlukan untuk pejabat yang sudah ada.
6. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.

Struktur organisasi pabrik Carbon Black disajikan pada Gambar 5.1.





Gambar 4.4 Struktur Organisasi Pabrik Carbon Black

4.4.3 Tugas dan Wewenang

4.4.3.1 Pemegang Saham

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

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
2. Mengangkat dan memberhentikan Direktur.
3. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

4.4.3.2 Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemilik saham sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab kepada pemilik saham. Dewan Komisaris bertanggung jawab kepada pemilik saham karena merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemilik saham. Dewan Komisaris mempunyai tugas-tugas meliputi:

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana, dan pengarahannya pemasaran.
2. Mengawasi tugas-tugas direksi.
3. Membantu direksi dalam tugas-tugas penting.

4.4.3.3 Dewan Direksi

Dewan Direksi adalah perwakilan para pemegang saham dalam menjalankan kepentingan perusahaan. Dewan Direksi dipimpin oleh seorang Direktur Utama yang merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap kemajuan perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Direktur Keuangan dan Umum.

Tugas dari Direktur Utama, antara lain:

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

Tugas dari Direktur Produksi, antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi, penelitian dan pengembangan, serta teknik.
2. Mengoordinasikan, mengatur, serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.
3. Memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi, penelitian dan pengembangan, serta teknik.

Tugas dari Direktur Keuangan dan Umum, antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang administrasi dan keuangan, serta bidang umum dan pemasaran.
2. Mengoordinasikan, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

4.4.3.4 Staf Ahli

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

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

4.4.3.5 Kepala Bagian

Secara umum tugas dari Kepala Bagian, yaitu mengoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Selain itu, Kepala Bagian dapat juga bertindak sebagai Staf Direktur. Terdapat lima kepala bagian dalam perusahaan ini, antara lain:

1. Kepala Bagian Produksi

Kepala Bagian Produksi mempunyai tanggung jawab kepada Direktur Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi, serta mengoordinir kepala-kepala divisi yang menjadi bawahannya. Kepala Bagian Produksi membawahi Divisi Proses dan Divisi Pengendalian.

2. Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan

Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan bertanggung jawab kepada Direktur Produksi dan membawahi Divisi Laboratorium dan Divisi Penelitian dan Pengembangan.

3. Kepala Bagian Teknik

Kepala Bagian Teknik bertanggung jawab kepada Direktur Produksi dalam

bidang peralatan dan utilitas serta mengoordinasi kepala-kepala divisi yang menjadi bawahannya. Kepala Bagian Teknik membawahi Divisi Keselamatan Kerja dan Lingkungan, Divisi Pemeliharaan, dan Divisi Utilitas.

4. Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan

Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan bertanggung jawab kepada Direktur Keuangan dan Umum dalam bidang administrasi dan keuangan serta membawahi dua divisi, yaitu Divisi Administrasi dan Divisi Keuangan.

5. Kepala Bagian Umum dan Pemasaran

Kepala Bagian Umum dan Pemasaran bertanggung jawab kepada Direktur Keuangan dan Umum dalam bidang personalia, hubungan masyarakat, keamanan dan pemasaran. Kepala bagian umum membawahi Divisi Personalia, Divisi Hubungan Masyarakat, Divisi Kemanan, dan Divisi Pemasaran.

4.4.3.6 Kepala Divisi

Kepala divisi merupakan pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh kepala bagian masing-masing agar diperoleh hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. kepala divisi bertanggung jawab kepada kepala bagian masing-masing sesuai dengan divisinya.

4.4.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik Carbon Black ini direncanakan beroperasi 330 hari dalam satu tahun dan proses produksi berlangsung 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perawatan, perbaikan, dan *shutdown*. Menurut Undang-Undang Pasal 77 Ayat 1 Nomor 13 Tahun 2003, pembagian jam kerja karyawan terbagi menjadi karyawan *shift* dan *non-shift* dengan jumlah jam kerja 40 dan 48 jam tiap minggu.

4.4.4.1 Karyawan Shift

Karyawan *shift* merupakan karyawan yang secara langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Karyawan *shift* terdiri dari karyawan proses, utilitas, laboratorium, pemeliharaan, pengendalian, *safety* dan lingkungan, serta keamanan. Karyawan *shift* pabrik ini berjumlah 84 orang yang akan bekerja secara bergantian selama 24 jam dengan rincian sebagai berikut:

- *Shift* Pagi : Jam 08.00-16.00
- *Shift* Sore : Jam 16.00-24.00
- *Shift* Malam : Jam 24.00-08.00

Karyawan *shift* ini dibagi dalam 4 regu (A, B, C, D) dimana dalam satu hari

kerja, hanya tiga kelompok masuk sehingga ada satu kelompok yang libur. Setiap *shift* bekerja 40 jam/minggu (8 jam/hari). Jumlah waktu kerja menurut Peraturan Pemerintah No. 35 tahun 2021 yaitu 40 jam/minggu. Pembayaran upah lembur mengikuti Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja.

Karyawan *shift* dibagi dalam empat regu yaitu regu A, B, C, dan D. Jadwal pembagian *shift* dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 4.2 Jadwal Pembagian Kelompok Shift

Group	Hari Ke-														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pagi	A	A	A	B	B	B	C	C	C	D	D	D	A	A	A
Siang	B	B	C	C	C	D	D	D	A	A	A	B	B	B	C
Malam	C	D	D	D	A	A	A	B	B	B	C	C	C	D	D
Off	D	C	B	A	D	C	B	A	D	C	B	A	D	C	B

Group	Hari Ke-														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Pagi	B	B	B	C	C	C	D	D	D	A	A	A	B	B	B
Siang	C	C	D	D	D	A	A	A	B	B	B	C	C	C	D
Malam	D	A	A	A	B	B	B	C	C	C	D	D	D	A	A
Off	A	D	C	B	A	D	C	B	A	D	C	B	A	D	C

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

4.4.4.2 Karyawan Non-shift

Karyawan *non-shift* merupakan karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Karyawan *non-shift* pabrik ini terdiri dari Direktur, Staf Ahli, Kepala Bagian, Kepala Divisi, serta bawahannya yang berada di kantor dengan jumlah 68 orang. Karyawan *non-shift* dalam 1 minggu akan bekerja selama 5 hari dengan pembagian kerja sebagai berikut:

Jam kerja:

- Hari Senin – Jumat : Pukul 08.00-16.00

Jam Istirahat:

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

4.4.5 Status Karyawan dan Sistem Upah

Sistem upah karyawan pada pabrik ini berbeda-beda tergantung pada status, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Ada tiga golongan karyawan menurut statusnya, yaitu:

4.4.5.1 Karyawan Tetap

Karyawan tetap merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian, dan masa kerjanya.

4.4.5.2 Karyawan Harian

Karyawan harian merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi tanpa Surat Keputusan (SK) direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

4.4.5.3 Karyawan Borongan

Karyawan borongan merupakan karyawan yang digunakan bila diperlukan saja dan menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

4.4.5.4 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji

Jumlah karyawan harus ditentukan secara tepat sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselesaikan dengan baik dan efisien. Jabatan, jumlah karyawan, dan gaji dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perincian Jabatan dan Gaji Karyawan

No.	Jabatan	Kualifikasi	Jumlah	Gaji/Bulan per Orang (IDR)	Total Gaji/Bulan (IDR)	Pendidikan
1	Direktur Utama	S3	1	55.000.000	55.000.000	Sarjana Ekonomi/Teknik
2	Direktur Produksi	S2/S3	1	40.000.000	40.000.000	Sarjana Teknik Kimia
3	Direktur Keuangan dan Umum	S2/S3	1	40.000.000	40.000.000	Sarjana Ekonomi/Akuntansi
4	Staf Ahli	S2/S3	2	20.000.000	40.000.000	Sarjana Ekonomi/Teknik
5	Kepala Bagian Produksi	S1	1	15.000.000	15.000.000	Sarjana Teknik Kimia
6	Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan	S1	1	15.000.000	15.000.000	Sarjana Teknik Kimia
7	Kepala Bagian Teknik	S1	1	15.000.000	15.000.000	Sarjana Teknik
8	Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan	S1	1	15.000.000	15.000.000	Sarjana Ekonomi/Akuntansi

9	Kepala Bagian Umum dan Pemasaran	S1	1	15.000.000	15.000.000	Sarjana Ekonomi/Hukum
10	Kepala Seksi Proses	S1	1	10.000.000	10.000.000	Sarjana Teknik
11	Kepala Seksi Pengendalian	S1	1	10.000.000	10.000.000	Sarjana Teknik
12	Kepala Seksi Laboratorium	S1	1	10.000.000	10.000.000	Sarjana Teknik
13	Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan	S1	1	10.000.000	10.000.000	Sarjana Teknik
14	Kepala Seksi Keselamatan Kerja dan Lingkungan	S1	1	10.000.000	10.000.000	Sarjana Teknik
15	Kepala Seksi Pemeliharaan	S1	1	10.000.000	10.000.000	Sarjana Teknik
16	Kepala Seksi Utilitas	S1	1	10.000.000	10.000.000	Sarjana Teknik
17	Kepala Seksi Administrasi	S1	1	10.000.000	10.000.000	Sarjana Ekonomi/Akuntansi
18	Kepala Seksi Keuangan	S1	1	10.000.000	10.000.000	Sarjana Ekonomi/Akuntansi
19	Kepala Seksi Personalia	S1	1	10.000.000	10.000.000	Sarjana Teknik
20	Kepala Seksi Humas	S1	1	10.000.000	10.000.000	Sarjana Teknik/Ekonomi/Manajemen
21	Kepala Seksi Keamanan	S1	1	10.000.000	10.000.000	Sarjana
22	Kepala Seksi Pemasaran	S1	1	10.000.000	10.000.000	Sarjana Ekonomi/Manajemen
23	Karyawan Proses (shift)	S1/D3	44	7.000.000	308.000.000	Sarjana/Ahli Madya
24	Karyawan Proses (non-shift)	S1/D3	2	6.500.000	13.000.000	Sarjana/Ahli Madya
25	Karyawan Pengendalian (shift)	S1/D3	8	6.500.000	52.000.000	Sarjana/Ahli Madya
26	Karyawan Pengendalian (non-shift)	S1/D3	2	6.000.000	12.000.000	Sarjana/Ahli Madya
27	Karyawan Laboratorium (shift)	S1/D3	8	6.500.000	52.000.000	Sarjana/Ahli Madya
28	Karyawan Laboratorium (non-shift)	S1/D3	2	6.000.000	12.000.000	Sarjana/Ahli Madya
29	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	S1/D3	3	6.500.000	19.500.000	Sarjana/Ahli Madya
30	Karyawan Keselamatan Kerja dan Lingkungan (shift)	S1/D3	8	6.500.000	52.000.000	Sarjana/Ahli Madya
31	Karyawan Keselamatan Kerja dan Lingkungan (non-shift)	S1/D3	2	6.000.000	12.000.000	Sarjana/Ahli Madya
32	Karyawan Pemeliharaan	S1/D3	4	6.500.000	26.000.000	Sarjana/Ahli Madya
33	Karyawan Utilitas (shift)	S1/D3	28	7.000.000	196.000.000	Sarjana/Ahli Madya

35	Karyawan Utilitas (non-shift)	S1/D3	2	6.500.000	13.000.000	Sarjana/Ahli Madya
36	Karyawan Administrasi	S1/D3	2	6.500.000	13.000.000	Sarjana/Ahli Madya
37	Karyawan Keuangan	S1/D3	2	6.500.000	13.000.000	Sarjana/Ahli Madya
38	Karyawan Personalia	S1/D3	3	6.500.000	19.500.000	Sarjana/Ahli Madya
39	Karyawan Hubungan Masyarakat	S1/D3	3	6.500.000	19.500.000	Sarjana/Ahli Madya
40	Karyawan Pemasaran	S1/D3	4	6.500.000	26.000.000	Sarjana/Ahli Madya
41	Sekretaris	S1	2	6.500.000	13.000.000	Sarjana
42	Dokter	S1	2	8.000.000	16.000.000	Sarjana Kedokteran
43	Paramedis	S1/D3	2	6.000.000	12.000.000	Sarjana/Ahli Madya
44	Sopir	SLTA/Sederajat	4	4.600.000	18.400.000	SLTA/Sederajat
45	Satpam (shift)	SLTA/Sederajat	8	4.600.000	36.800.000	SLTA/Sederajat
46	Petugas kebersihan	SLTA/Sederajat	8	4.600.000	36.800.000	SLTA/Sederajat
TOTAL			176	504.300.000	1.371.500.000	

4.4.6 Keselamatan dan Kesehatan Kerja

4.4.6.1 Keselamatan Kerja

Keamanan dan Keselamatan Kerja diatur dalam *Health, Safety, and Environment (HSE) Regulation*. Tujuan *HSE Regulation* adalah untuk mencapai *Zero Loss Time Accident (ZLTA)*. Regulasi ini berlaku untuk semua orang yang memasuki area pabrik, baik karyawan maupun non-karyawan. Setiap orang yang berada di area pabrik dilarang keras membawa rokok, korek api, kamera, atau benda lain yang dapat menimbulkan bunga api. Oleh karena itu, prosedur keamanan dan keselamatan kerja di perusahaan ini diatur dengan ketat. Hal ini bertujuan untuk menciptakan kondisi yang aman bagi lingkungan kerja, tenaga kerja, maupun peralatan proses demi tercapainya zero accident. Sistem keselamatan kerja yang diterapkan pada perusahaan ini adalah sebagai berikut:

1. Alat Pelindung Diri (APD)

APD juga disebut sebagai *Personal Protective Equipment (PPE)*. Pemakaian APD tergantung dari jenis pekerjaan yang akan dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja. Namun, secara umum semua karyawan produksi minimal harus menggunakan *safety shoes*, *safety helmet*, dan *spectacle* selama berada di area pabrik.

2. Jenis Pengaman

Jenis pengamanan terdiri dari peralatan yang berfungsi sebagai pelindung dan pencegah bahaya-bahaya lebih lanjut terhadap tenaga kerja, seperti *rotating unit cover* (penutup mesin yang berputar), pagar pengaman tangga pada daerah yang tinggi, *eye and body shower*, *traffic sign*, *grounding and bounding*, sikring, dan saklar alat pengatur tekanan.

3. Penanggulangan Kebakaran dan Keadaan Darurat

Pabrik Carbon Black mempunyai prosedur dalam penanggulangan kebakaran dan keadaan darurat. Upaya penyelamatan apabila terjadi suatu keadaan darurat, maka semua tenaga kerja harus menuju ke sebuah tempat yang dinamakan *Head Account Point* (HAP) yang terdapat di setiap gedung. HAP ini dipimpin oleh seorang *Building Warden* yang bertanggung jawab terhadap evakuasi keselamatan pekerja dalam gedung dan mencari tahu tentang peristiwa yang terjadi melalui *Handy Talky* (HT). Bila keadaan semakin darurat, maka semua karyawan yang telah berkumpul pada masing-masing HAP harus keluar bersama-sama ke suatu tempat yang disebut *Assembly Point* (AP). Selanjutnya, informasi keadaan darurat akan ditangani oleh *Emergency Response Team* yang terdiri dari *Security*, *Medical*, *Fireman*, *Auxiliary Fireman*, *Shift Superintendent* dan *Supervisor*.

Bagi para pekerja baru atau orang yang memasuki area pabrik harus mengetahui peraturan keselamatan kerja yang akan disampaikan melalui *Safety Induction*. Setiap tenaga kerja harus memiliki kebiasaan cepat tanggap dalam upaya penyelamatan saat keadaan darurat. Oleh karena itu, pelatihan keadaan darurat dilakukan setiap tiga bulan dan pengecekan sirine dilakukan setiap Sabtu, pukul 10.00 WIB.

4. Sistem Izin Kerja

Pabrik Carbon Black merupakan perusahaan yang cukup beresiko sehingga harus menggunakan ijin kerja sekalipun dalam keadaan darurat. Surat ijin kerja tersebut dikeluarkan oleh Supervisor Area (*Authorise Personal*) yang diketahui oleh *Safety Engineering*.

4.4.6.2 Kesehatan Kerja

Pelayanan kesehatan bagi seluruh karyawan dapat dilakukan di klinik yang terdapat di area pabrik. Tenaga kesehatan di klinik ini terdiri dari dua orang dokter, yaitu satu orang yang berstatus *on duty* dan orang lainnya berstatus *on call*, serta dua orang tenaga paramedis. Jenis pelayanan kesehatan meliputi:

1. Pemeriksaan kesehatan karyawan baru sebelum bekerja.
2. Pemeriksaan kesehatan secara berkala setahun sekali.
3. Pelayanan dan *training* kesehatan untuk setiap karyawan tetap.

Selain itu, ada kantin untuk memenuhi gizi para pekerja dengan menu yang disajikan tiap hari bervariasi, tetapi tetap sesuai dengan kandungan gizi yang disyaratkan.

4.4.6.3 Jaminan Sosial Tenaga Kerja

Menurut Undang-Undang No. 24 tahun 2011, Jaminan Sosial Tenaga Kerja adalah suatu perlindungan bagi tenaga kerja dalam bentuk santunan berupa uang sebagai pengganti sebagian dari penghasilan yang hilang atau berkurang dan pelayanan sebagai akibat peristiwa atau keadaan yang dialami oleh tenaga kerja

berupa kecelakaan kerja, sakit, hamil, bersalin, hari tua, dan meninggal dunia. Ruang lingkup jaminan sosial tenaga kerja pabrik Carbon Black mengikuti UU RI No.24, Tahun 2011 tentang Badan Penyelenggara Jaminan Sosial yang meliputi:

1. Jaminan Kecelakaan Kerja

Menurut Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Program Jaminan Kecelakaan Kerja dan Jaminan Kematian menyebutkan pekerja yang mengalami kecelakaan kerja atau penyakit akibat kerja berhak mendapatkan pelayanan kesehatan berupa pemeriksaan, perawatan, rehabilitasi, dan pelayanan medis lainnya. Pekerja juga mendapatkan santunan berupa uang meliputi penggantian biaya transportasi, santunan sementara tidak mampu bekerja, santunan cacat, santunan kematian dan biaya pemakaman, biaya rehabilitasi, serta beasiswa pendidikan untuk anak jika pekerja meninggal dunia atau cacat total.

2. Jaminan Hari Tua

Menurut Peraturan Pemerintah No. 46 tahun 2015 tentang Penyelenggaraan Program Jaminan Hari Tua menyebutkan pekerja yang menerima jaminan hari tua adalah pekerja yang mencapai usia pensiun, mengalami cacat total, dan meninggal dunia.

3. Jaminan Pensiun

Menurut Peraturan Pemerintah No. 45 tahun 2015 tentang Penyelenggaraan Program Jaminan Pensiun menyebutkan bahwa yang menerima jaminan pensiun adalah pekerja, satu orang istri atau suami sah, paling banyak dua orang anak, dan orang tua sejumlah satu orang. Jaminan ini bertujuan untuk mempertahankan derajat kehidupan yang layak bagi pekerja dan/atau ahli warisnya dengan memberikan penghasilan setelah pekerja memasuki usia pensiun, mengalami cacat total, atau meninggal dunia. Jaminan pensiun dibayarkan setiap bulan selama 30 tahun (paling lama).

4. Jaminan Kematian

Menurut Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Program Jaminan Kecelakaan Kerja dan Jaminan Kematian menyebutkan pekerja yang meninggal dunia dalam masa aktif kerja mendapat santunan sekaligus, santunan berkala, biaya pemakaman, dan beasiswa pendidikan bagi anak dari pekerja tersebut yang diberikan kepada ahli waris.

BAB V UTILITAS

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Unit penyedia dan pengolahan air ini dikenal dengan *Units Water Treatment System*. Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air bersih yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air dalam pabrik. Untuk memenuhi kebutuhan air pada suatu pabrik, air yang digunakan pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau, dan air laut. Kebutuhan air pada pabrik carbon black ini direncanakan akan dipenuhi oleh sumber air Laut Jawa yaitu yang terletak tidak jauh dari lokasi pendirian pabrik.

Air yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan operasional pada prarancangan pabrik Carbon Black masih mengandung pasir, mineral, ion-ion, dan kotoran yang harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan. Pengolahan air ini bertujuan untuk menjaga alat-alat proses agar tidak cepat rusak serta menjaga adanya kontaminan yang akan menyebabkan reaksi antara reaktan-reaktan yang terdapat dalam proses. Selain itu, pengolahan air dilakukan untuk menghindari fouling yang terjadi pada alat-alat penukar panas. Proses pengolahan air dapat dilakukan secara fisis dan kimia.

Pertimbangan pemilihan menggunakan air Laut Jawa sebagai sumber utama di pabrik carbon black sebagai berikut:

1. Lokasi pabrik yang sangat dekat dengan Laut Jawa $\pm$ 400 meter dari lokasi pabrik.
2. Air laut dapat diolah dan digunakan dalam jumlah yang besar.
3. Pengolahan air laut yang tergolong mudah untuk dilakukan.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk:

1. Air pendingin

Air pendingin yang digunakan harus memenuhi beberapa syarat sebagai berikut:

- a. Tidak boleh mengandung besi, karena dapat menyebabkan korosi.
- b. Tidak boleh mengandung silika, karena dapat menyebabkan kerak.
- c. Tidak boleh mengandung oksigen terlarut, karena dapat menyebabkan korosi.
- d. Tidak boleh mengandung minyak, karena dapat menyebabkan gangguan pada film *corrosion inhibitor*, penurunan *heat exchanger coefficient* dan menimbulkan endapan karena minyak dapat menjadi makanan bagi mikroba.

2. Air Umpan *Steam*

Uap atau *steam* dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas. Air umpan

steam disediakan dengan *excess* 20%. *Excess* merupakan pengganti steam yang hilang karena kebocoran transmisi 10% serta faktor keamanan sebesar 20%. Air yang digunakan untuk boiler harus memenuhi persyaratan agar air tidak merusak boiler. Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air umpan boiler, diantaranya:

- a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi. Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan karena air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti CO_2 , O_2 , H_2S , dan NH_3 . O_2 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.
- b. Zat-zat yang dapat menyebabkan kerak pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika. Adanya kerak akan mengakibatkan turunnya efisiensi operasi bahkan bisa mengakibatkan boiler tidak beroperasi sama sekali.
- c. Zat-zat yang dapat menyebabkan foaming air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan foaming pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan biasanya terjadi pada alkalinitas tinggi.

3. Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air sanitasi digunakan untuk keperluan perumahan, perkantoran, laboratorium, masjid dan lainnya. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

- a. Syarat Fisika, meliputi:
 - 1) Suhu: di bawah suhu udara.
 - 2) Warna: jernih.
 - 3) Rasa: tidak berasa.
 - 4) Bau: tidak berbau.
- b. Syarat Kimia, meliputi:
 - 1) pH netral (6,5 – 7,5).
 - 2) Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
 - 3) Tidak mengandung logam berat yang berbahaya seperti air raksa (Hg) dan timbal (Pb).
- c. Syarat Bakteriologis, meliputi:
 - 1) Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen.
 - 2) Tidak mengandung mikroba penghasil toksin.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Sumber air untuk pabrik carbon black adalah dari daerah aliran Laut Jawa. Dengan berlakunya baku mutu air untuk badan air, air limbah dan air bersih, maka dapat dilakukan penilaian kualitas air untuk berbagai kebutuhan. Di Indonesia

ketentuan mengenai standar kualitas air bersih mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 416 tahun 1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih. Berdasarkan SK Menteri Kesehatan 1990 Kriteria penentuan standar baku mutu air dibagi dalam tiga bagian yaitu:

1. Persyaratan kualitas air untuk air minum.
2. Persyaratan kualitas air untuk air bersih.
3. Persyaratan kualitas air untuk limbah cair bagi kegiatan yang telah beroperasi. (Harmiyati,2018)

Fasilitas penampungan air didirikan pada lokasi pengambilan air untuk menjamin kelangsungan penyediaan air, serta sebagai tempat pengolahan awal air Laut. Penyaringan sampah dan kotoran yang terbawa oleh air adalah bagian dari proses pengolahan ini. Setelah itu, air dipompa ke lokasi pabrik, dimana air tersebut diproses dan digunakan sesuai dengan kebutuhan pabrik. Tahapan yang digunakan dalam pengolahan air di pabrik adalah sebagai berikut:

1. Penyaringan/*Screening*
2. Sedimentasi
3. Klarifikasi
4. Filtrasi
5. Demineralisasi
6. Deaerasi

1. ***Screening***

Pengolahan awal limbah cair didefinisikan sebagai penghilangan unsur pada limbah cair yang berukuran besar yang dapat menyebabkan gangguan pada operasional atau pemeliharaan. Salah satu contoh dalam proses ini adalah proses penyaringan atau *screening* (Indrayani,2018). *Screening* adalah unit operasi pengolahan limbah cair tingkat pertama yang memisahkan material padatan berdasarkan ukuran tertentu yang relatif besar dari limbah cair. Proses *screening* menggunakan alat yang dinamakan bar screen. Alat tersebut umumnya terbuat dari logam yang dibentuk sedemikian rupa hingga memiliki struktur berongga dan diletakkan di area aliran masuk limbah cair menuju area utama kolam penampungan dan pengolahan limbah (Yuliwati,2020).

Pada *bar screen* yang berfungsi sebagai penangkap padatan kasar pada air buangan masih belum berjalan efektif karena padatan kasar masih dapat masuk ke proses berikutnya yang disebabkan oleh jarak bukaan antar batang berjarak 2 cm dengan batang yang berukuran 1 cm (Rarasari dkk, 2019).

2. ***Sedimentasi***

Sedimentasi merupakan proses pemurnian air dengan cara pengendapan bahan padat yang terdapat dalam air baku. Proses sedimentasi bisa menjadi zat yang terlarut didalam air baku memiliki masa yang lebih berat dari masa air baku.

Sehingga dengan sendirinya zat yang terlarut didalam air baku akan mengendap dan terpisah dari air. (Sutrisno dkk, 2002). Proses pengendapan ada yang bisa terjadi langsung tetapi ada pula yang memerlukan proses pendahuluan seperti koagulasi atau reaksi kimia. Prinsip sedimentasi adalah pemisahan bagian padat dengan memanfaatkan gaya gravitasi sehingga bagian yang padat dan memiliki masa yang lebih berat dari air berada didasar kolam pengendapan sedangkan air akan berada diatasnya (Harmiyati,2018).

Pengendapan dapat dibedakan menjadi 4 bagian (Juliana, 2016) :

- a) Pengendapan tipe 1 adalah (*Free Settling*)
Pengendapan tipe 1 adalah pengendapan dari partikel- partikel yang bukan merupakan flok. Contoh dari pengendapan tipe 1 adalah pengendapan benda pasir, batu halus, dan lainnya bukan merupakan hasil dari flokuasi. Material ini bisanya terbawa oleh pompa air baku atau pompa intake.
- b) Pengendapan tipe 2 (*Flocculent settling*)
Pengendapan tipe 2 adalah pengendapan yang merupakan partikel-pertikel yang berupa flok pada suatu spensi. Flok bisa terjadi karena adanya pencampuran zat-zat koagulasi dengan air yang memiliki kadar asam atau kekeruhan (*Turbidity*).
- c) Pengendapan tipe 3 (*Zone Hindred Settling*)
Pengendapan ini adalah pengendapan dari pertikel dengan kosentrasi sedang, partikel-partikel tersebut sangat berdekatan sehingga gaya antar partikel mencegah terjadinya pengendapan dari pertikel sekelilingnya. Partikel-partikel tersebut berada pada posisi yang tetap satu sama lain dan semua mengendap dengan kecepatan konstan.
- d) Pengendapan tipe 4 (*Copression Settling*)
Pengendapan ini adalah pengendapan dari pertikel yang memiliki kosentrasi tinggi dimana partikel saling bersentuhan satu sama lainnya dan pengendapan hanya bisa terjadi dengan cara melakukan kompresi terhadap masa tersebut.

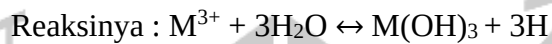
3. Klarifikasi

Koagulasi adalah proses pengolahan air dengan menggunakan sistem pengadukan cepat sehingga dapat mereaksikan bahan kimia (*koagulan*) secara seragam. Pada dasarnya proses koagulasi dapat dilakukan dengan penambahan bahan kimia kedalam air agar kotoran dalam air yang berupa padatan tersuspensi, misalnya zat warna organik, lumpur halus bakteri dan lain-lain dapat menggumpal dan cepat mengendap. Pada proses koagulasi ini yang banyak digunakan adalah kapur, tawas, dan kaporit. Banyaknya koagulan tergantung pada jenis dan kosentrasi ion-ion yang larut dalam air baku (Harmiyati, 2018).

Penambahan zat koagulan/flokulan tersebut bertujuan untuk membentuk agregat yang membentuk gumpalan yang terikat satu sama lain yaitu antara

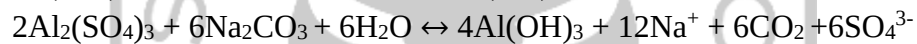
koagulan/flokulan tersebut dengan partikel polutan yang menjadi target eliminasi. Adapun prinsip mekanisme dalam proses ini adalah terciptanya koagulasi kimiawi yang melalui tahapan destabilisasi senyawa organik yang dilanjutkan proses pengikatan partikel polutan yang telah dikondisikan menjadi tidak stabil tersebut agar dapat membentuk agregat atau koloid yang memisahkan dari molekul air. Sebagian hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa proses ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan termasuk mereduksi kandungan polutan organik, mengurangi tingkat kekeruhan, zat pewarna, dan pathogen. Zat koagulan atau flokulan yang efektif digunakan antara lain adalah zat kapur (*lime*), magnesium, garam aluminium (*aluminum salts*), calcium oxide and *aluminium sulphate* (Martini, 2020).

Koagulan trivalent adalah koagulan yang paling sering digunakan. Reaksi hidrolisis akan terjadi.

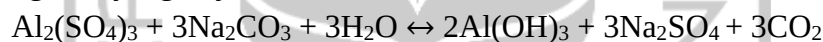


Dalam kasus ini, pH memainkan peran penting dalam eliminasi koloid.

Akan ada dua jenis reaksi, yakni:



Reaksi koagulasi yang terjadi:



Soda ash selain digunakan untuk menetralkan pH juga digunakan untuk menghilangkan kesadahan permanen dengan proses soda dingin. Setelah pencampuran dan pengadukan, flok akan terbentuk dan akan mengendap di dasar clarifier karena disebabkan oleh gaya gravitasi, sementara air bersih akan meluap (*overflow*) dan disaring pada saringan pasir.

4. Filtrasi

Penyaringan merupakan proses pemisahan antara padatan atau koloid dengan cairan. Proses penyaringan merupakan proses awal (*primary treatment*). Bahan padatan pada umumnya dapat dilihat secara langsung seperti potongan kayu potongan benda-benda lainnya. Bahan padatan dapat disaring secara kasar atau sedang melalui proses awal (*primary treatment*). Apabila air baku yang akan disaring berupa air yang mengandung butiran halus atau bahan-bahan yang larut maka sebelum proses penyaringan sebaiknya dilakukan proses koagulasi atau netralisasi terlebih dahulu yang menghasilkan endapan. Dengan demikian bahan-bahan tersebut dapat dipisahkan dari cairan melalui filtrasi. Menurut tipenya saringan dapat dibedakan menjadi tiga yaitu (Harmiyati, 2018):

1. *Single medium* yaitu saringan untuk menyaring air yang mengandung padatan dengan ukuran seragam.
2. *Dual medium* yaitu saringan yang menyaring air limbah yang didominasi oleh

ukuran pemadatan.

3. *Three medium* yaitu saringan yang menyaring air limbah yang mengandung ukuran padatan dengan ukuran beragam.

Proses filtrasi membran yang melibatkan mikrofiltrasi (MF), ultrafiltrasi (UF), dan nanofiltrasi (NF) dalam produksi air minum telah meningkat pesat selama dekade terakhir. MF dan UF digunakan untuk menghilangkan mikropartikel dan makromolekul, yang umumnya meliputi partikel anorganik, koloid organik (yaitu, mikroorganisme), dan dissolved organic matter (DOM). Namun, penggunaan proses membran tidak secara langsung menghilangkan masalah disinfection by-products (DBP); meskipun MF, UF, NF, atau reverse osmosis (RO) memiliki kinerja yang sangat baik dalam menghilangkan partikel mikroba, proses desinfeksi tetap diperlukan (Zularisam, dkk., 2006). Oleh karena itu, perancangan pabrik ini tidak merancang penyediaan air minum. Namun, hanya menyediakan keperluan domestik.

5. **Demineralisasi**

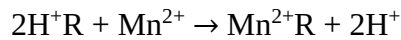
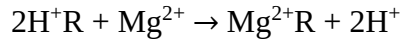
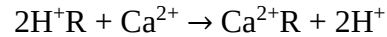
Demineralisasi adalah salah satu teknologi proses pengolahan air untuk menghilangkan mineral dari air. Proses yang terjadi ialah penyerapan kandungan ion-ion mineral di dalam air dengan menggunakan ion exchange. Alat yang digunakan pada proses demineralisasi meliputi :

1. Penukaran Kation (*Cation Exchanger*)

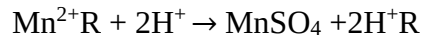
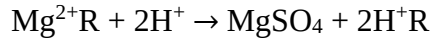
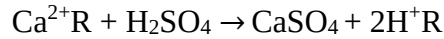
Bahan penukar ion merupakan suatu struktur organik/anorganik yang berupa gugus-gugus fungsional berpori. Kapasitas penukaran ion ditentukan oleh jumlah gugus fungsional per-satuan massa resin. Penukar ion positif (resin kation) ialah resin yang dapat mempertukarkan ion-ion positif. Resin kation mempunyai gugus fungsi asam, seperti sulfonat, sementara resin anion mempunyai gugus fungsi basa, seperti Amina. Resin penukar ion dapat digolongkan atas bentuk gugus fungsi asam kuat, asam lemah, basa kuat, dan basa lemah. Resin kation mengandung ion-ion positif yang *mobile*, seperti H^+ atau Na^+ yang terikat pada gugusgugus fungsional asam yang *immobile*, seperti SO_3^- atau COO^- .

Dalam proses pertukaran ion apabila elektrolit terjadi kontak langsung dengan resin penukar ion akan terjadi pertukaran secara stokiometri yaitu sejumlah ion yang muatannya sama akan dipertukarkan dengan ion yang muatannya sama pula dengan jumlah yang sebanding. Karena pertukaran ion yang terjadi secara terus menerus maka resin penukar ion akan mengalami keadaan jenuh, yang mana ion-ion mobile pada resin telah habis bertukar dengan ion-ion pengotor pada larutan. Bila keadaan ini terjadi maka resin harus segera diregenerasi untuk menggantikan ion-ion mobile yang telah habis. Regenerasi dilakukan dengan mencampur resin yang telah jenuh dengan larutan asam atau basa yang tergantung pada jenis resin. Regenerasi dengan asam (Kosim dkk, 2021).

Resin yang digunakan bertipe gel dengan merek IRR-122 (Lorch,1981).

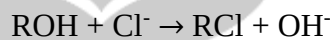
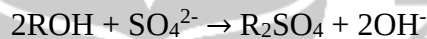


Untuk regenerasi dipakai H_2SO_4 dengan reaksi :

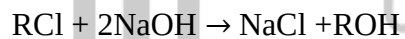
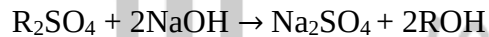


2. Penukar Anion (*Anion Exchanger*)

Penukar ion negatif ialah resin yang dapat mempertukarkan ion-ion negatif, resin anion dengan basa *immobile*, NH_2^+ yang terikat pada mobile anion, OH^- atau Cl^- . Resin anion basa kuat merupakan resin yang sering dipergunakan dalam mengambil ion-ion yang bermuatan negatif. Pada operasionalnya resin anion basa kuat ini dapat dioperasikan pada kondisi hidroksida ($\text{R}^+ \cdot \text{Cl}^-$). Resin anion basa lemah dipergunakan untuk mengambil asam-asam seperti asam klorida (HCl) atau asam sulfat (H_2SO_4) sehingga resin dikenal sebagai pengadsorpsi asam (*acid adsorbers*). Resin yang digunakan bermerek IRA-410. Resin ini merupakan kopolimer stirena DVB (Lorch,1981).



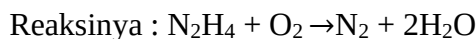
Untuk regenerasi dipakai larutan NaOH dengan reaksi :



6. Deaerator

Hasil proses demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut (oksigen dan karbon dioksida). Gas-gas tersebut harus dihilangkan untuk mencegah korosi. Teknik deaerasi digunakan untuk menghilangkan kadar oksigen dari udara. *Deaerator* difungsikan untuk sebagai penghilang gas-gas ini. Pada *deaerator* ditambahkan bahan-bahan kimia, yaitu :

Hidrazin sebagai pengikat oksigen.



Larutan ammonia berfungsi sebagai pengontrol pH. Air dari *deaerator* pHnya 8,5-9,5. Kedalam air umpan boiler disuntikkan fosfat (Na_2HPO_4) untuk mencegah terjadinya kerak silikat dan kalsium pada *steam drum* dan *tube boiler*. Sebelum diumpankan ke boiler air terlebih dahulu ditambahkan *dispersant* (Setyawan,2021).

5.2 Unit Kebutuhan Air

5.2.1 Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 5.1 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Quencher	Q-01	50.110,1345
Total		50.110,1345

- a. Total kebutuhan air pendingin : 50.110,1345 Kg/Jam
- b. Perancangan dibuat *over design* 20 % : 60.132,161 Kg/Jam
- c. Jumlah air yang menguap (We) : 1.124,4714 Kg/Jam
- d. Drift Loss (Wd) : 12,0264 Kg/Jam
- e. Blowdown (Wb) : 1.112,4450 Kg/Jam
- f. Make up Water (Wm) : 2.248,9428 Kg/Jam

5.2.2 Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Tabel 5.2 Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Heater-1	HE-01	39.113,1109
Heater-2	HE-02	104.818,6484
Total		143.931,7593

- a. Total kebutuhan air untuk *steam* : 143.931,7593 Kg/Jam
- b. Perancangan dibuat *over design* 20 % : 172.718,1111 Kg/Jam
- c. *Blowdown* (Wb) : 25.907,7167 Kg/Jam
- d. Jumlah air yang menguap (We) : 8.635,9056 Kg/Jam
- e. *Make up Water* (Wm) : 34.543,6222 Kg/Jam

5.2.3 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik meliputi kebutuhan air untuk karyawan/kantor dan kebutuhan air untuk tempat tinggal.

a. Kebutuhan Air Karyawan

Menurut standar WHO, kebutuhan air untuk 1 orang adalah 100-120 liter/hari, sehingga:

- Jumlah Karyawan : 176 karyawan
- Perkiraan Kebutuhan air tiap orang : 100 liter/hari
- Kebutuhan air tiap karyawan : 4,2626 Kg/Jam
- Kebutuhan air semua karyawan : 750,2158 Kg/Jam

b. Kebutuhan air untuk tempat tinggal

- Jumlah Mess : 30 Kamar

Perkiraan Penghuni Mess : 4 Orang
 Kebutuhan air tiap orang : 100 liter/hari
 Kebutuhan air untuk mess : 500 Kg/Jam
 : 12.000 Kg/Hari

5.2.4 Kebutuhan Air Untuk Air Servis

Kebutuhan *service water* diperkirakan sekitar 158 kg/jam. Perkiraan kebutuhan air ini nantinya akan digunakan untuk bengkel, laboratorium, pemadam kebakaran, kantin, dan lain –lain. Sehingga total kebutuhan air adalah sebesar 234.258,03 Kg/Jam dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 5.3 Kebutuhan Air untuk Air Servis

No.	Keperluan	Jumlah (kg/jam)
1	<i>Domestik Water</i>	1.250,22
2	<i>Service Water</i>	157,55
3	<i>Cooling Water</i>	60.132,16
4	<i>Steam Water</i>	172.718,11
Total		234.258,03

5.3 Unit Penyedia dan Pengolahan Air

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, dengan menyediakan ketel uap (boiler). Jumlah *steam* yang dibutuhkan adalah 143.931,7593 Kg/Jam. Maka, total kebutuhan *steam* setelah *over design* 20% sebagai faktor keamanan alat adalah 172.718,1111 kg/jam. Boiler dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis. Air yang berasal dari unit pengolahan air yang akan digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang masih terkandung dalam air umpan. Serta pengaturan pH sekitar 10-11 dikarenakan apabila pH yang terlalu tinggi nilai korosifitasnya akan tinggi.

Air sebelum masuk ke dalam boiler, terlebih dahulu dimasukkan ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari boiler. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 300°C, kemudian diumpankan ke boiler. Api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) memiliki tugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran akan masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air yang berada di dalam boiler menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa api maka air akan menjadi mendidih. Uap air yang terkumpul kemudian dialirkan ke steam header untuk didistribusikan ke area-area proses.

5.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar berfungsi untuk menyediakan bahan bakar yang diperlukan untuk proses pembakaran pada boiler. Bahan bakar yang digunakan untuk boiler dan generator yaitu solar. Solar memiliki *heating value* sebesar 1976 BTU/lb dengan efisiensi pembakaran 80%. Bahan bakar yang dibutuhkan sebesar 245,8137 kg/jam.

5.5 Unit Pembangkit Listrik

Unit pembangkit listrik berfungsi untuk menyediakan kebutuhan listrik pabrik yang meliputi peralatan proses, peralatan utilitas, dan kebutuhan perkantoran. Adapun rincian dari kebutuhan listrik adalah sebagai berikut:

a. Kebutuhan Listrik Proses

Beberapa peralatan proses menggunakan tenaga listrik sebagai penggerak motor. Daya yang dibutuhkan masing-masing alat dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut

Tabel 5.4 Unit Pembangkit Listrik Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa-01	P-01	3,000	2237,10
Pelletizer	PL-01	1,000	745,70
Rotary Dryer	RD-01	40	29828,00
Kompresor 1	K-01	623,92	465257,14
Kompresor 2	K-02	15,67	11685,12
Blower 1	BL-01	100	74570,00
Blower 2	BL-02	150	111855,00
Blower 3	BL-03	150	111855,00
Belt Conveyor 1	BC-01	3	2237,10
Belt Conveyor 2	BC-02	3	2237,10
Belt Conveyor 3	BC-03	3	2237,10
Belt Elevator	BE-01	3,25	2423,53
Total		1095,840	817167,888

b. Kebutuhan Listrik Utilitas

Sama halnya dengan peralatan proses, peralatan utilitas juga terdapat sejumlah daya yang dibutuhkan. Kebutuhan tersebut dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut.

Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt

Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	F-422	400	298280,00
Clarifier	F-431	1	745,70
Tangki Alum	F-420	3/4	559,28
Tangki Klorin	F-440	3/4	559,28
Tangki Kaporit	F-442	5	3728,50
Tangki H ₂ SO ₄	F-472	2 1/2	1864,25
Tangki NaOH	F-476	100	74570,00
Cooling Tower	P-462	7 1/2	5592,75
Kompresor Udara	G-490	4	2982,80
Pompa-01	L-410	22	16405,40
Pompa-02	L-412	22	16405,40
Pompa-03	L-414	15	11185,50
Pompa-04	L-421	2	1491,40
Pompa-05	L-430	15	11185,50
Pompa-06	L-432	15	11185,50
Pompa-07	L-434	15	11185,50
Pompa-08	L-436	7 1/2	5592,75
Pompa-09	L-441	1/8	93,21
Pompa-10	L-443	3/4	559,28
Pompa-11	L-445	3	2237,10
Pompa-12	L-451	3/4	559,28
Pompa-13	L-453	1/2	372,85
Pompa-14	L-461	2	1491,40
Pompa-15	L-463	2	1491,40
Pompa-16	L-471	1/4	186,43
Pompa-17	L-473	15	11185,50
Pompa-18	L-475	1/4	186,43
Pompa-19	L-477	15	11185,50
Pompa-20	L-479	5	3728,50
Pompa-21	L-481	1/4	186,43
Pompa-22	L-483	60	44742,00
Bak Aerasi	F-550	20	14914,00
Pompa Limbah	PPL-101	1	745,70
Pompa Limbah	PPL-102	1	745,70
Pompa Limbah	PPL-103	1	745,70
Pompa Limbah	PPL-104	3/4	559,28
Pompa Limbah	PPL-105	3/4	559,28
Pompa Limbah	PPL-106	1	745,70

Pompa Limbah	PPL-107	1	745,70
Pompa Limbah	PPL-108	3/4	559,28
Pompa Limbah	PPL-109	1	745,70
Total		768	572.790,8125

c. Kebutuhan Lain – lain

Kebutuhan listrik lain seperti alat-alat kontrol, penerangan, peralatan kantor, bengkel, laboratorium, dan perumahan adalah 310 Kw. Jadi total kebutuhan listrik adalah 1.699,9587 kW. Energi utama diperoleh dari listrik PLN dengan kekuatan 2500 kW.

5.6 Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan digunakan sebagai penggerak alat-alat kontrol dan bekerja secara *pneumatic*. Jumlah udara tekan yang dibutuhkan diperkirakan 32,2848 m^3/jam pada tekanan 5,5 atm. Alat pengadaan udara tekan menggunakan compressor yang dilengkapi dengan *dryer* yang berisi silica gel untuk menyerap kandungan air sampai maksimal 84 ppm.

5.7 Unit Pengolahan Limbah

Limbah industri mengandung banyak senyawa yang dapat membahayakan manusia dan lingkungan, sehingga diperlukan pengolahan yang tepat sebelum dibuang ke badan air atau ke atmosfer. Setiap pabrik harus memiliki unit pengolahan limbah (UKL-UPL) demi kelestarian lingkungan.

5.7.1 Jenis Limbah Yang Dihasilkan

Sumber-sumber limbah pabrik carbon black meliputi :

1. Limbah proses berupa limbah cair yaitu kondensat bekas yang tidak dapat digunakan kembali, limbah akibat zat-zat yang terbuang, bocor atau tumpah. Khusus limbah dari bahan baku monomer dan katalis, limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) dari sumber yang spesifik, maka dalam penanganannya harus dikirim ke pengumpul limbah B3 sesuai dengan Peraturan Republik Indonesia.
2. Limbah cair hasil pencucian peralatan pabrik. Limbah ini mengandung kotoran-kotoran maupun kerak yang melekat pada peralatan pabrik.
3. Limbah domestik dan kantor, limbah ini mengandung bahan organik sisa pencernaan yang berasal dari kamar mandi lokasi pabrik, serta limbah dari kantin seperti air cucian yang berupa limbah cair dan padat.
4. Limbah laboratorium, limbah yang berasal dari laboratorium ini mengandung bahan-bahan kimia yang digunakan untuk menganalisa mutu bahan baku yang dipergunakan dan mutu produk yang dihasilkan, serta yang dipergunakan untuk penelitian dan pengembangan proses. Limbah

laboratorium termasuk kategori limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) sehingga dalam penanganannya harus dikirim ke pengumpul limbah B3 sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. Pengolahan limbah B3 dikirim ke ,Indonesia

5.7.2 Pemilihan Sistem Pengolahan Limbah

Dinilai dari jenis limbah yang dihasilkan pabrik ini, diputuskan bahwa tidak diperlukan sistem pengolahan limbah yang khusus, karena jenis zat yang terlarut tidak bersifat ekstrim dan dapat terdegradasi secara alamiah.

Adapun dalam upaya pengelolaan limbah, dilakukan suatu tindakan seperti penyediaan tempat pembuangan akhir sementara. Satu unit pengolahan limbah berupa bak pengolahan selain tempat pembuangan sementara.

Perhitungan untuk sistem pengolahan limbah

Diperkirakan jumlah air buangan pabrik:

1. Limbah proses $= 0 \text{ m}^3/\text{jam} = 0 \text{ L/jam}$
2. Pencucian peralatan pabrik diperkirakan $= 80 \text{ L/jam}$ (Dahyat, 2011)
3. Laboratorium diperkirakan $= 15 \text{ L/jam}$ (Dahyat, 2011)
4. Limbah domestik dan kantor

Diperkirakan air buangan tiap orang untuk:

- Domestik $= 75 \text{ L/hari}$ (Tchobanoglous, 2003)
- Kantor $= 50 \text{ L/hari}$ (Tchobanoglous, 2003)

Jumlah karyawan $= 176/\text{orang}$

Jadi, jumlah limbah domestik dan kantor

Jumlah $= 176 \times ((75+50)\text{L/hari} \times (1 \text{ hari}/24 \text{ jam}))$

$= 916,67 \text{ L/jam}$

Total air buangan pabrik

Total $= 0,015 + 80 + 15 + 916,67 = 1011,68 \text{ L/jam}$

$= 1,01 \text{ m}^3/\text{jam}$



5.8 Spesifikasi Alat-Alat Utilitas

Nama Alat

= Screen

Kode

= H-411

Fungsi

= Menyaring partikel-partikel padat berukuran besar yang terdapat dalam air

Kapasitas

$$= 234258,0337 \text{ kg/jam}$$

Jumlah

= 1 buah

Ukuran

- Panjang = 1 m
- Lebar = 1 m
- Bar Spacing = 20 mm

Fungsi

= Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air laut dengan proses sedimentasi

Diskripsi alat

= Bak rectangular

Jumlah air yang diolah (w) = 234.258,03 kg/jam
 Volume = 3.300,2070 m³
 Panjang = 18,7582 m
 Lebar = 18,7582 m
 Tinggi = 9,3791 m

3. Bak Koagulasi dan flokulasi (F-422)

Fungsi = menggumpalkan kotoran yang tidak mengendap di bak sedimentasi dengan menambahkan alum dan soda kaustik

Diskripsi alat = Bak rectangular

Jumlah air yang diolah (w) = 234.248,01 kg/jam

Volume = 274,7719 m³

Diameter = 7,0475 m

Tinggi = 7,0475 m

Pengaduk = marine propeller 3 blade

Power = 400 hp

4. Tangki Larutan Alum (F-420) = tawas

Fungsi = Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5% untuk 2 minggu operasi

Jumlah = 1 Unit

Tipe = Tangki silinder tegak

Kondisi Operasi

Tekanan = 1 atm = 14,7 psi

Suhu = 30 °C = 303 K

Spesifikasi :

Bahan Konstruksi = Carbon Steel 283 Grade C

Volume Tangki = 0,0021 m³

Diameter Standar Tangki = 0,3048 m

Tinggi Standar Tangki = 0,2192 m

Tinggi Puncak Head = 0,1052 m

Tebal Head Standar = 0,1875 in = 0,0048 m

Tinggi Total Tangki = 0,8009 m

Daya motor = 0,7500 hp

5. Clarifier (F-431)

Nama Alat = Clarifier

Kode = F-431

Fungsi = Tempat terjadinya proses flokulasi, koagulasi, dan sedimentasi

Tipe = Circular clarifier

Bahan = Carbon steel SA 283 grade C
 Jumlah = 1 buah
 Diameter = 5,7531 m
 Tinggi = 10,290 m
 Daya pengaduk = 1 Hp

6. Sand Filter (H-433)

Nama Alat = Sand Filter
 Kode = H-433
 Fungsi = Menyaring kotoran yang masih terkandung dalam air atau yang lolos dari clarifier
 Bahan = Carbon steel SA-283 Grade C
 Jumlah = 1 buah
 Diameter = 2,2545 m
 Tinggi tangki = 3,3817 m
 Tinggi cairan = 2,7054 m

7. Bak Penampung Sementara (F-435)

Fungsi = Penampungan sementara
 Diskripsi alat = Bak persegi yang diperkuat beton bertulang dan dilapisi porselin
 Jumlah air yang diolah (w) = 234.248,01 kg/jam
 Volume = 274,7719 m³
 Panjang = 8,1909 m
 Lebar = 8,1909 m
 Tinggi = 4,0955 m

8. Tangki Klorinasi (F-442)

Fungsi = mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air
 Jumlah = 1 Unit
 Tipe = Tangki silinder tegak
 Kondisi Operasi
 Tekanan = 1 atm 14,7 psi
 Suhu = 30 °C = 303 K
 Spesifikasi :
 Bahan Konstruksi = Carbon Steel 283 Grade C
 Volume Tangki = 1,4671 m³
 Diameter Standar Tangki = 1,0160 m
 Tinggi Standar Tangki = 1,9553 m
 Tinggi Puncak Head = 0,2282 m

Tebal Head Standar	= 0,2500	in	= 0,0064	m
Tinggi Total Tangki	= 2,4694	m		
Daya motor	= 0,7500	hp		

9. Tangki Kaporit (F-440)

Fungsi = Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan kedalam tangki Klorinasi

Jumlah = 1 Unit

Tipe = Tangki silinder tegak

Kondisi Operasi

Tekanan = 1 atm = 14,7 psi

Suhu = 30 °C = 303 K

Spesifikasi :

Bahan Konstruksi = Carbon Steel 283 Grade C

Volume Tangki = 1,2253 m³

Diameter Standar Tangki = 1,2192 m

Tinggi Standar Tangki = 1,1600 m

Tinggi Puncak Head = 0,2883 m

Tebal Head Standar = 0,2500 in = 0,0064 m

Tinggi Total Tangki = 2,9960 m

Daya motor = 5 hp

10. Tangki Air Bersih (F-444)

Fungsi = Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga

Jumlah = 1 alat

Tipe head = Tangki silinder tegak dengan flat bottomed dan conical head

Kondisi Operasi :

Tekanan Operasi = 1 atm = 14,7 psi

Suhu Operasi = 30 °C = 303 K

Spesifikasi :

Tipe Atap Tangki = Conical

Bahan Konstruksi = Carbon Steel 283 Grade C

Kapasitas Tangki = 30005,1799 kg

Volume Tangki = 30,0052 m³

Diameter Standar Tangki = 3,0480 m

Tinggi Standar Tangki = 7,3152 m

Course Plate = 8,0000

Tebal Shell (plate ke-4) = 0,1875 in

Tinggi Puncak Head = 83,1384 in = 2,1117 m

Tebal Head Standar	= 0,1875	in	= 0,0048	m
Tinggi Total Tangki	= 9,4269	m		

11. Tangki Service Water (F-450)

Fungsi	=
Jumlah	= 1 alat
Tipe	= Tangki silinder tegak dengan flat bottomed dan conical head

Kondisi Operasi :

Tekanan Operasi	= 1,0	atm	= 14,7	psi
Suhu Operasi	= 30,0	oC	= 303,0	K
Spesifikasi :				
Tipe Atap Tangki	= Conical			
Bahan Konstruksi	= Carbon Steel 283	Grade C		
Kapasitas Tangki	= 3781	kg		
Volume Tangki	= 4,54	m ³		
Diameter Standar Tangki	= 3,0480	m		
Tinggi Standar Tangki	= 3,6576	m		
Course Plate	= 2			
Tebal Shell (plate ke-2)	= 0,1875	in		
Tinggi Puncak Head	= 41,5692	in	= 1,0559	m
Tebal Head Standar	= 0,1875	in	= 0,0048	m
Tinggi Total Tangki	= 4,7135	m		

12. Tangki Air Bertekanan (F-452)

Fungsi	= Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum
Jumlah	= 1 alat
Tipe	= Tangki silinder tegak dengan flat bottomed dan conical head

Kondisi Operasi :

Tekanan Operasi	= 1	atm	= 14,69	psi
Suhu Operasi	= 30	oC	= 303	K
Spesifikasi :				
Tipe Atap Tangki	= Conical			
Bahan Konstruksi	= Carbon Steel 283	Grade C		
Kapasitas Tangki	= 3781	kg		
Volume Tangki	= 3,7811	m ³		
Diameter Standar Tangki	= 3,0480	m		
Tinggi Standar Tangki	= 3,6576	m		

Course Plate	= 2,0000			
Tebal Shell (plate ke-2)	= 0,1875	in		
Tinggi Puncak Head	= 41,5692	in	= 1,0559	m
Tebal Head Standar	= 0,1875	in	= 0,0048	m
Tinggi Total Tangki	= 4,7135	m		

13. Bak air pendingin (F-460)

Fungsi	= Menampung kebutuhan air pendingin
Diskripsi alat	= Bak rectangular
Jumlah air yang diolah (w)	= 60.132,16 kg/jam
Volume	= 70,5348 m ³
Panjang	= 5,2057 m
Lebar	= 5,2057 m
Tinggi	= 2,6028 m

14. Penukar Kation/Cation Exchanger F-470

Fungsi	= Mengikat kation yang terdapat dalam air umpan ketel
Jumlah	= 1 Unit
Tipe	= Tangki silinder tegak
Kondisi Operasi	
Tekanan	= 1 atm = 14,7 psi
Suhu	= 30 °C = 303 K
Spesifikasi :	
Bahan Konstruksi	= Carbon Steel 283 Grade C
Diameter Standar Tangki	= 0,6604 m
Tinggi Standar Tangki	= 1,2192 m
Tinggi Puncak Head	= 0,1659 m
Tebal Head Standar	= 0,1875 in = 0,0048 m
Tinggi Total Tangki	= 1,6336 m

15. Tangki Pelarutan Asam Sulfat (H₂SO₄) (F-472)

Fungsi	= Membuat larutan asam sulfat
Jumlah	= 1 Unit
Tipe	= Tangki silinder tegak
Kondisi Operasi	
Tekanan	= 1 atm = 14,7 psi
Suhu	= 30 °C = 303 K
Spesifikasi :	
Bahan Konstruksi	= Carbon Steel 283 Grade C

Volume Tangki = 1,8806 m³
 Diameter Standar Tangki = 1,3716 m
 Tinggi Standar Tangki = 1,3381 m
 Tinggi Puncak Head = 0,2855 m
 Tebal Head Standar = 0,1875 in = 0,0048 m
 Tinggi Total Tangki = 3,2951 m
 Daya motor = 2,50 hp

16. Penukar Anion/Anion Exchanger F-474

Fungsi = Mengikat anion yang terdapat dalam air umpan ketel
 Jumlah = 1 Unit
 Tipe = Tangki silinder tegak
 Kondisi Operasi
 Tekanan = 1 atm = 14,7 psi
 Suhu = 30 °C = 303 K
 Spesifikasi :
 Bahan Konstruksi = Carbon Steel 283 Grade C
 Diameter Standar Tangki = 0,6604 m
 Tinggi Standar Tangki = 1,2192 m
 Tinggi Puncak Head = 0,1730 m
 Tebal Head Standar = 0,1875 in = 0,0048 m
 Tinggi Total Tangki = 1,6477 m

17. Tangki Pelarutan NaOH (F-476)

Fungsi = Melarutkan NaOH
 Jumlah = 1 Unit
 Tipe = Tangki silinder tegak
 Kondisi Operasi
 Tekanan = 1 atm = 14,7 psi
 Suhu = 30 °C = 303 K
 Spesifikasi :
 Bahan Konstruksi = Carbon Steel 283 Grade C
 Volume Tangki = 16,9705 m³
 Diameter Standar Tangki = 2,8956 m
 Tinggi Standar Tangki = 2,7857 m
 Tinggi Puncak Head = 0,5478 m
 Tebal Head Standar = 0,3750 in = 0,0095 m
 Tinggi Total Tangki = 6,8615 m
 Daya motor = 100,00 hp

18. Tangki Air Demin (F-478)

Fungsi = Menampung air bebas mineral sebagian air proses dan air umpan boiler.

Jumlah = 1 alat

Tipe = Tangki silinder tegak dengan flat bottomed dan conical head

Kondisi Operasi :

Tekanan Operasi = 1 atm = 14,6900 psi

Suhu Operasi = 30 °C = 303 K

Spesifikasi :

Tipe Atap Tangki = Conical

Bahan Konstruksi = Carbon Steel 283 Grade C

Kapasitas Tangki = 172718,1111 kg

Volume Tangki = 30952,4135 m³

Diameter Standar Tangki = 48,7680 m

Tinggi Standar Tangki = 18,2880 m

Course Plate = 4,0000

Tebal Shell (plate ke-8) = 0,1875 in

Tinggi Puncak Head = 207,8461 in = 5,2793 m

Tebal Head Standar = 0,1875 in = 0,0048 m

Tinggi Total Tangki = 23,5673 m

19. Deaerator (F-480)

Fungsi = Menghilangkan gas CO₂ dan O₂ yang terikat dalam feed water

Jumlah = 1 Unit

Tipe = Tangki silinder tegak

Kondisi Operasi

Tekanan = 1 atm = 14,7 psi

Suhu = 30°C = 303 K

Spesifikasi :

Bahan Konstruksi = Carbon Steel 283 Grade C

Volume Tangki = 207,2617 m³

Diameter Standar Tangki = 5,1816 m

Tinggi Standar Tangki = 10,1836 m

Tinggi Puncak Head = 0,9640 m

Tebal Head Standar = 0,3750 in = 0,0095 m

Tinggi Total Tangki = 12,2532 m

20. Tangki N₂H₄ (F-482)

Fungsi	= Menyimpan larutan N ₂ H ₄ (bahan kimia yang paling banyak digunakan sebagai pereduksi (pendonor elektron))		
Jumlah	= 1 Unit		
Tipe	= Tangki silinder tegak		
Kondisi Operasi			
Tekanan	= 1 atm	= 14,7 psi	
Suhu	= 30 °C	= 303 K	
Spesifikasi :			
Bahan Konstruksi	= Carbon Steel 283 Grade C		
Volume Tangki	= 105,3377	m ³	
Diameter Standar Tangki	= 5,1816	m	
Tinggi Standar Tangki	= 5,1196	m	
Tinggi Puncak Head	= 0,9386	m	
Tebal Head Standar	= 0,3750	in	= 0,0095 m
Tinggi Total Tangki	= 12,2024	m	
21. Boiler (P-484)			
Nama Alat	= Boiler		
Kode	= P-484		
Fungsi	= Menghasilkan steam		
Tipe	= water tube boiler		
Bahan	= Carbon steel		
Jumlah	= 1 buah		
Jumlah steam	= 172718,1111 kg/jam		
Power boiler	= 13500 Hp		
Jumlah tube	= 1075 buah		
Solar yang diperlukan	= 15101,5241 liter/jam		
22. Cooling Tower (P-462)			
Fungsi	= untuk menurunkan temperatur air pendingin bekas dari 50°C menjadi 28°C		
Jenis	= Mechanical draft cooling tower		
Bahan	= Carbon steel SA-53 Grade B		
Jumlah	= 1		
Kondisi Operasi			
Suhu air masuk Menara (TL2)	= 50 °C	= 122 °F	
Suhu air keluar menara (TL1)	= 20 °C	= 68 °F	
Kapasitas	= 60,938	m ³ /jam	
Luas menara	= 19,941	m ²	

Tinggi = 17,7795 m
 Daya = 7,5 hp

23. Pompa Pengolahan Air

Tabel 5.6 Spesifikasi Pompa Penyediaan Air

Kode	L-410	L-412	L-414	L-421
Fungsi	Mengalirkan air dari Laut menuju screening	Mengalirkan air Laut dari screening ke Reservoir/Se dimentasi (F-413)	Mengalirkan air dari Bak Reservoir (F-413) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (F-422)	Mengalirkan air dari Tangki Alum (F-420) menuju ke Bak Koagulasi dan Flokulasi (F-422)
Tipe	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage
Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller
Jumlah	1 Unit	1 Unit	1 Unit	1 Unit
OD (in)	12,750	12,750	12,750	0,405
ID (in)	12,090	12,090	12,090	0,269
NPS	12,000	12,000	12,000	0,125
Flow Area (in ²)	115,000	115,000	115,000	0,058
Kapasitas Pompa (ft ³ /jam)	9709,986	9709,986	9709,571	0,047
Power Motor (hP)	22,000	22,000	15,000	2,000

Tabel 5.7 Spesifikasi Pompa Penyediaan Air

Kode	L-430	L-432	L-434	L-436
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Koagulasi dan Flokulasi (F-422) menuju ke Clarifier (F-431)	Mengalirkan air dari clarifier menuju ke sand filter (H-433)	Mengalirkan air dari sand filter (H-433) menuju ke bak Penampung Sementara (F-435)	Mengalirkan air dari Bak Penampung Sementara (F-435) menuju ke area kebutuhan air

Tipe	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage
Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller
Jumlah	1 Unit	1 Unit	1 Unit	1 Unit
OD (in)	12,750	12,750	12,750	0,405
ID (in)	12,090	12,090	12,090	0,269
NPS	12,000	12,000	12,000	0,125
Flow Area (in ²)	115,000	115,000	115,000	0,058
Kapasitas Pompa (ft ³ /jam)	9709,571	8091,309	9709,571	9709,571
Power Motor (hP)	15,000	15,000	15,000	7,500

Tabel 5.8 Spesifikasi Pompa Penyediaan Air

Kode	L-441	L-443	L-445	L-451
Fungsi	Mengalirkan Kaporit dari Tangki Kaporit (F-440) menuju Tangki Klorinasi (F-442)	Mengalirkan air dari tangki klorinasi (F-442) ke tangki air bersih (F-444)	Mengalirkan air dari tangki air bersih menuju area domestik	Mengalirkan air dari Tangki air servis (F-450) Menuju ke Tangki Air bertekanan (F-452)
Tipe	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage
Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller
Jumlah	1 Unit	1 Unit	1 Unit	1 Unit
OD (in)	0,405	1,660	6,625	2,380
ID (in)	0,269	1,380	6,065	2,067
NPS	0,125	1,250	6,000	2,000
Flow Area (in ²)	0,058	1,500	28,900	3,350

Kapasitas Pompa (ft ³ /jam)	0,030	51,821	1243,713	156,726
Power Motor (hP)	0,125	0,750	3,000	0,750

Tabel 5.9 Spesifikasi Pompa Penyediaan Air

Kode	L-453	L-461	L-463	L-471
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki air bertekanan (F-452) menuju ke area kebutuhan servis	Mengalirkan air dari bak air dingin (F-460) menuju ke Cooling tower (P-462)	Mengalirkan air dari cooling tower (P-462) menuju recycle dari bak air dingin (F-460)	Mengalirkan H ₂ SO ₄ dari tangki penampung H ₂ SO ₄ (F-472) ke cation Exchanger (F-470)
Tipe	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage
Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller
Jumlah	1 Unit	1 Unit	1 Unit	1 Unit
OD (in)	2,380	6,625	6,625	0,405
ID (in)	2,067	6,065	6,065	0,269
NPS	2,000	6,000	6,000	0,125
Flow Area (in ²)	3,350	28,900	28,900	0,058
Kapasitas Pompa (ft ³ /jam)	156,726	2492,476	2492,476	0,395
Power Motor (hP)	0,500	2,000	2,000	0,250

Tabel 5.10 Spesifikasi Pompa Penyediaan Air

Kode	L-473	L-475	L-473	L-479
Fungsi	Mengalirkan air dari Kation	Mengalirkan NaOH dari tangki	Mengalirkan air dari Anion Exchanger ke	Mengalirkan air dari tangki air demin (F-478) menuju ke

	Exchanger menuju ke Anion Exchanger	penampung NaOH (F-476) ke Anion Exchanger (F-474)	Tangki Penampung Demineralisasi	Tangki Deaerator (F-480)
Tipe	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage
Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller
Jumlah	1 Unit	1 Unit	1 Unit	1 Unit
OD (in)	10,750	0,405	10,750	10,750
ID (in)	10,020	0,269	10,020	10,020
NPS	10,000	0,125	10,000	10,000
Flow Area (in ²)	78,800	0,058	78,8	78,8
Kapasitas Pompa (ft ³ /jam)	7159,159	0,278	7159,159	7159,159
Power Motor (hP)	15,000	0,25	5	5

Tabel 5.11 Spesifikasi Pompa Penyediaan Air

Kode	L-481	L-483
Fungsi	Mengalirkan Larutan Hydrazine dari tangki N ₂ H ₄ (F-482) ke tangki deaerator (F-480)	Mengalirkan air dari deaerator (F-480) menuju ke Boiler (P-484)
Tipe	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage
Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller
Jumlah	1 Unit	1 Unit
OD (in)	0,540	10,750

ID (in)	0,364	10,020
NPS	0,250	10,000
Flow Area (in ²)	0,104	78,800
Kapasitas Pompa (ft ³ /jam)	0,219	7159,159
Power Motor (hP)	0,250	60,000

24. Bak Penampung (BPL-101)

Nama Alat = Bak Penampung
 Kode = BPL-101
 Fungsi = Sebagai tempat penampungan sementara limbah cair
 Volume = 29,1360 m³
 Jumlah = 1 buah
 Ukuran
 - Panjang = 4,209 m
 - Lebar = 2,631 m
 - Tinggi = 2,631 m

25. Bak Pengendapan Awal (BPL-102)

Nama Alat = Bak Pengendapan Awal
 Kode = BPL-102
 Fungsi = Tempat pengendapan partikel-partikel padat yang masih tersisa dalam limbah cair.

Volume = 29,1360 m³
 Jumlah = 1 buah
 Ukuran
 - Panjang = 4,209 m
 - Lebar = 2,631 m
 - Tinggi = 2,631 m

26. Bak Netralisasi (BPL-103)

Nama Alat = Bak Netralisasi
 Kode = BPL-103
 Fungsi = Tempat untuk menstabilkan pH limbah dengan bantuan soda abu.

Volume = 29,1360 m³
 Jumlah = 1 buah
 Ukuran
 - Panjang = 4,209430058 m
 - Lebar = 2,630893787 m
 - Tinggi = 2,630893787 m

27. Tangki Nutrien dan Bakteri (BPL-104)

Nama Alat = Tangki Nutrien dan Bakteri
 Kode = BPL-104
 Fungsi = Tempat nutrien dan bakteri untuk pengolahan biologis
 Volume = 0,4229 m³
 Jumlah = 1 buah
 Bentuk = Silinder tegak dengan alas dan tutup datar
 Bahan = Carbon steel SA-285, Grade C
 Diameter = 0,81365265 m
 Tinggi = 0,81365265 m

28. Bak Aerasi (BPL-105)

Nama Alat = Bak Aerasi
 Kode = BPL-105
 Fungsi = Tempat terjadinya pengolahan limbah dengan sistem active sludge
 Volume = 34,4768 m³
 Jumlah = 1 buah
 Ukuran
 - Panjang = 5,171521673 m
 - Lebar = 2 m
 - Tinggi = 4 mm

29. Bak Sedimentasi (BPL-106)

Nama Alat = Bak Sedimentasi
 Fungsi = Tempat terjadinya proses sedimentasi flok yang terbentuk hasil dari proses aerasi
 Volume = 110,8380 m³
 Jumlah = 1 buah
 Ukuran
 - Panjang = 6,571173266 m
 - Lebar = 4,106983291 m

- Tinggi = 4,106983291 m

30. Pompa Limbah

Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Pengelolaan Limbah

Kode	PPL-101	PPL-102	PPL-103	PPL-104
Fungsi	Mengalirkan limbah cair ke dalam bak penampung pengolahan limbah	Mengalirkan limbah cair dari bak penampung ke bak pengendapan awal	Mengalirkan hasil pengendapan awal ke bak netralisasi	Mengalirkan soda abu menuju ke bak netralisasi
Tipe	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage
Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller
Jumlah	1 Unit	1 Unit	1 Unit	1 Unit
OD (in)	1,320	1,320	1,320	0,405
ID (in)	1,049	1,049	1,049	0,269
NPS	1,000	1,000	1,000	0,125
Flow Area (in ²)	0,864	0,864	0,864	0,058
Kapasitas Pompa (ft ³ /jam)	41,459	41,459	41,459	1,92E-04
Power Motor (hP)	1,000	1,000	1,000	0,750

Tabel 5.13 Spesifikasi Pompa Pengelolaan Limbah

Kode	PPL-105	PPL-106	PPL-107	PPL-108
Fungsi	Mengalirkan nutrisi dan bakteri ke bak aerasi	Mengalirkan dari bak aerasi menuju bak sedimentasi	Mengalirkan hasil dari bak aerasi menuju bak sedimentasi	Mengalirkan hasil samping dari proses Sedimentasi yang akan diproses kembali menuju Bak Aerasi
Tipe	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage	Centrifugal Pump single Stage

Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller	mixed Flow Impeller
Jumlah	1 Unit	1 Unit	1 Unit	1 Unit
OD (in)	0,540	2,880	2,380	0,840
ID (in)	0,364	2,469	2,067	0,622
NPS	40,000	2,500	2,000	0,500
Flow Area (in ²)	0,104	4,790	3,350	0,304
Kapasitas Pompa (ft ³ /jam)	0,530	209,926	140,389	168,467
Power Motor (hP)	0,750	1,000	1,000	0,750

Tabel 5.14 Spesifikasi Pompa Pengelolaan Limbah

Kode	PPL-109
Fungsi	Mengalirkan hasil pengolahan yang akan dialirkan menuju sungai
Tipe	Centrifugal Pump single Stage
Impeller	mixed Flow Impeller
Jumlah	1 Unit
OD (in)	2,380
ID (in)	2,067
NPS	2,000
Flow Area (in ²)	3,350
Kapasitas Pompa (ft ³ /jam)	157,727
Power Motor (hP)	1,000

BAB VI

ANALISA EKONOMI

Dalam pra-rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (*estimation*) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik. Dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas di mana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi ini faktor-faktor yang ditinjau adalah:

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

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

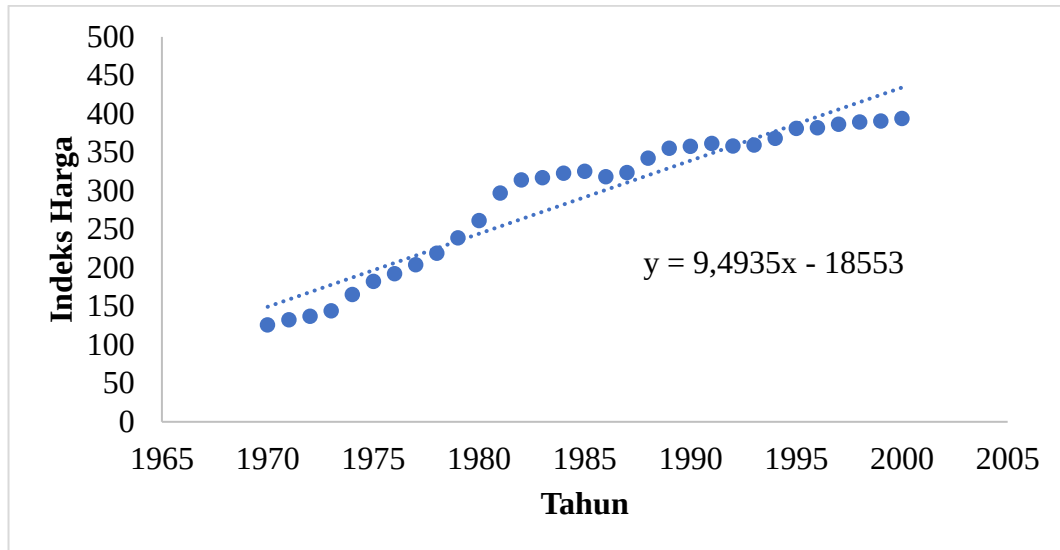
- 1) Penanaman Modal Industri (*Total Capital Investment*)
Meliputi:
 - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
- 2) Penentuan Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)Meliputi:
 - a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)
- 3) Pendapatan Modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

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

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga peralatan yang ada sekarang, dapat ditaksir dari harga tahun lalu berdasarkan indeks harga. Sumber (www.chemengonline.com) Berdasarkan data harga indeks tiap tahun tersebut, kemudian dilakukan regresi linear untuk mendapatkan harga indeks pada tahun perancangan pabrik yaitu tahun 2025. Regresi linear dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 6.1 Grafik Indeks Harga dan Tahun

Persamaan yang diperoleh adalah : $y = 9,4953x - 18553$ Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2025 adalah :

Tabel 6. 1 Harga Indeks Pada Tahun Perancangan

Tahun	Indeks
2023	652,3505
2024	661,844
2025	671,3375
2026	680,831
2027	690,3245

Jadi, indeks pada tahun 2025 adalah 671,3375 Harga – harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi (Peters dan Timmerhaus, pada tahun 1990 dan Aries dan Newton, pada tahun 1955). Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan:

$$E_x = E_y \left[\frac{I_x}{I_y} \right]$$

(Aries dan Newton, 1955)

Dalam hubungan ini :

E_x : Harga pembelian pada tahun 2025

E_y : Harga pembelian pada tahun referensi

N_x : Index harga pada tahun 2025

N_y : Index harga pada tahun referensi

6.2 Dasar Perhitungan

- a. Kapasitas Produksi Carbon Black = 280.000 Ton/Tahun
- b. Satu Tahun Operasi = 330 Hari
- c. Umur Pabrik = 10 Tahun
- d. Pabrik Didirikan Pada Tahun = 2027
- e. Kurs Mata Uang = Rp. 15.390,00
- f. Harga LNG = Rp. 3.078,00/kg
- g. Harga Jual = Rp. 21.546,00/kg

6.3 Perhitungan Biaya

6.3.1 *Capital Investment*

Modal atau *capital investment* adalah sejumlah uang yang harus disediakan untuk mendirikan dan menjalankan suatu pabrik. Ada 2 macam *capital investment*, yaitu :

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

b. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu. Modal biasanya didapatkan dari uang sendiri dan bisa juga berasal dari pinjaman dari bank. Perbandingan jumlah uang sendiri atau *equity* dengan jumlah pinjaman dari bank tergantung dari perbandingan antara pinjaman dan uang sendiri yaitu dapat sebesar 30:70 atau 40:60 atau kebijakan lain tentang rasio modal tersebut. Karena penanaman modal dengan harapan mendapatkan keuntungan dari modal yang ditanamkan, maka ciri-ciri investasi yang baik adalah:

- a. Investasi cepat kembali.
- b. Aman, baik secara hukum, teknologi, dan lain sebagainya.
- c. Menghasilkan keuntungan yang besar (maksimum)

6.1.2. *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut Aries dan Newton (Tabel 23), *Manufacturing Cost* meliputi :

1. *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

2. *Indirect Cost*

Indirect Cost adalah pengeluaran–pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena

operasi pabrik.

3. *Fixed Cost*

Fixed Cost adalah biaya – biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

6.1.1. *General Expenses*

General Expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran–pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*. *General Expense* meliputi:

a. *Administrasi*

Biaya yang termasuk dalam administrasi adalah *management salaries, legal fees and auditing*, dan biaya peralatan kantor. Besarnya biaya administrasi diperkirakan 2-3% hasil penjualan atau 3-6% dari *manufacturing cost*.

b. *Sales*

Pengeluaran yang dilakukan berkaitan dengan penjualan produk, misalnya biaya distribusi dan iklan. Besarnya biaya sales diperkirakan 3-12% harga jual atau 5-22% dari *manufacturing cost*. Untuk produk standar kebutuhan *sales expense* kecil dan untuk produk baru yang perlu diperkenalkan *sales expense* besar.

c. *Riset*

Penelitian diperlukan untuk menjaga mutu dan inovasi ke depan. Untuk industri kimia, dana riset sebesar 2,8% dari hasil penjualan.

6.4 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan digunakan untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah :

6.4.1 *Percent Return On Investment (ROI)*

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Jumlah uang yang diperoleh atau hilang tersebut dapat disebut bunga atau laba/rugi.

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

6.4.2 *Pay Out Time (POT)*

1. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.
2. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
3. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang

diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

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

6.4.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point merupakan titik impas produksi yaitu suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Jadi dapat dikatakan bahwa perusahaan yang mencapai titik *break even point* ialah perusahaan yang telah memiliki kesetaraan antara modal yang dikeluarkan untuk proses produksi dengan pendapatan produk yang dihasilkan.

Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP. Salah satu tujuan utama perusahaan adalah mendapatkan keuntungan atau laba secara maksimal bisa dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut :

1. Menekan sebisa mungkin biaya produksi atau biaya operasional sekecil-kecilnya, serendah-rendahnya tetapi tingkat harga, kualitas, maupun kuantitasnya tepat dipertahankan sebisanya.
2. Penentuan harga jual sedemikian rupa menyesuaikan tingkat keuntungan yang diinginkan/dikehendaki.
3. Volume kegiatan ditingkatkan dengan semaksimal mungkin.

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

Dimana :

Fa : Annual Fixed Manufacturing Cost pada produksi maksimum.

Ra : Annual Regulated Expenses pada produksi maksimum.

Va : Annual Variable Value pada produksi maksimum.

Sa : Annual Sales Value pada produksi maksimum.

6.4.4 Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point merupakan Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produksi yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.

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

Dimana :

Fa : Annual Fixed Manufacturing Cost pada produksi maksimum.

Ra : Annual Regulated Expenses pada produksi maksimum.
 Va : Annual Variable Value pada produksi maksimum.
 Sa : Annual Sales Value pada produksi maksimum.

6.4.5. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate of Return adalah salah satu metode untuk menghitung prospek pertumbuhan suatu instrument investasi dalam beberapa waktu kedepan. Konsep DCFR ini didasarkan pada pemikiran bahwa, jika anda menginvestasikan sejumlah dana, maka dana tersebut akan tumbuh sebesar sekian persen atau mungkin sekian kali lipat setelah beberapa waktu tertentu. Disebut *discounted cash flow* atau „ arus kas yang terdiskon“, karena cara menghitungnya adalah dengan mengestimasi arus dana dimasa mendatang untuk kemudian di *cut* dan menghasilkan nilai tersebut pada masa kini.

Biasanya seorang investor ingin mengetahui bahwa jika dia menginvestasikan sejumlah dana pada suatu instrumen investasi tertentu, maka setelah kurun waktu tertentu (misalnya setahun), dana tersebut akan tumbuh menjadi berapa. Untuk menghitungnya, maka digunakan Persamaan DCFR

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

Dimana :

FC : *Fixed capital*
 WC : *Working capital*
 SV : *Salvage value*
 C : *Cash flow*
 : *profit after taxes + depresiasi + finance*
 n : Umur pabrik = 10 tahun
 I : Nilai DCFR

6.5 Hasil Perhitungan

Perhitungan rencana pendirian pabrik Carbon Black memerlukan rencana PPC, PC, MC, serta General Expense. Hasil rancangan masing-masing disajikan pada Tabel sebagai berikut :

Tabel 6.2 Physical Plant Cost (PPC)

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp285.576.865.463,48	\$18.723.896,24
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp71.394.216.365,87	\$4.680.974,06
3	Instalasi cost	Rp47.366.813.962,76	\$3.105.613,29
4	Pemipaan	Rp158.378.735.145,41	\$10.384.128,98
5	Instrumentasi	Rp57.386.345.319,09	\$3.762.545,59

6	Insulasi	Rp11.060.018.270,43	\$725.152,00
7	Listrik	Rp28.557.686.546,35	\$1.872.389,62
8	Bangunan	Rp222.785.500.000,00	\$14.606.969,58
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp1.060.000.000.000,00	\$69.499.082,09
Total		Rp1.942.506.181.073,39	\$127.360.751,45

Tabel 6.3 Direct Plant Cost (DPC)

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Engineering and Constrution</i>	Rp388.501.236.214,68	\$25.472.150,29
2	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp2.331.007.417.288,07	\$152.832.901,74
Total		Rp2.719.508.653.502,74	\$178.305.052,03

Tabel 6.4 Fixed Capital Investment (FCI)

No	Fixed Capital	Biaya (Rp)	Biaya, \$
1	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp2.331.007.417.288,07	\$152.832.901,74
2	<i>Cotractor's fee</i>	Rp93.240.296.691,52	\$6.113.316,07
3	<i>Contingency</i>	Rp233.100.741.728,81	\$15.283.290,17
Jumlah		Rp2.657.348.455.708,39	\$174.229.507,98

Tabel 6.5 Working Capital Investment (WCI)

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp303.615.610.877,59	\$19.906.609,68
2	<i>Inproses Inventory</i>	Rp200.996.809.811,63	\$13.178.390,36
3	<i>Product Inventory</i>	Rp93.798.511.245,43	\$6.149.915,50
4	<i>Extended Credit</i>	Rp548.443.636.363,64	\$35.958.801,23
5	<i>Available Cash</i>	Rp401.993.619.623,26	\$26.356.780,73
Working Capital (WC)		Rp1.548.848.187.921,55	\$101.550.497,50

Tabel 6.6 Direct Manufacturing Cost (DMC)

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp3.339.771.719.653,48	\$218.972.706,51
2	<i>Labor</i>	Rp116.160.000.000,00	\$7.616.050,35
3	<i>Supervision</i>	Rp17.424.000.000,00	\$1.142.407,55
4	<i>Maintenance</i>	Rp159.440.907.342,50	\$10.453.770,48
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp23.916.136.101,38	\$1.568.065,57

6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp30.164.400.000,00	\$3.955.468,14
7	<i>Utilities</i>	Rp15.541.407.187,69	\$1.018.975,03
Direct Manufacturing Cost (DMC)		Rp3.702.418.570.285,05	\$244.727.443,63

Tabel 6.7 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp23.232.000.000,00	\$1.523.210,07
2	<i>Laboratory</i>	Rp17.424.000.000,00	\$1.142.407,55
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp81.312.000.000,00	\$5.331.235,25
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp301.644.000.000,00	\$19.777.340,68
Indirect Manufacturing Cost (IMC)		Rp423.612.000.000,00	\$27.774.193,55

Tabel 6.8 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp212.587.876.456,67	\$13.938.360,64
2	<i>Property taxes</i>	Rp26.573.484.557,08	\$1.742.295,08
3	<i>Insurance</i>	Rp26.573.484.557,08	\$1.742.295,08
Fixed Manufacturing Cost (FMC)		Rp265.734.845.570,84	\$17.422.950,80

Tabel 6.9 Total Manufacturing Cost

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp3.702.418.570.285,05	\$244.727.443,63
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp423.612.000.000,00	\$27.774.193,55
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp265.734.845.570,84	\$17.422.950,80
	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp4.391.765.415.855,89	\$289.924.587,98

Tabel 6.10 General Expenses

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp265.315.788.951,35	\$17.395.475,28

2	<i>Sales Expense</i>	Rp442.192.981.585,59	\$28.992.458,80
3	<i>Research</i>	Rp265.315.788.951,35	\$17.395.475,28
4	<i>Finance</i>	Rp84.123.932.872,60	\$5.515.600,11
General Expenses(GE)		Rp1.056.948.492.360,89	\$69.299.009,47

Tabel 6.11 Total Production Cost

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp4.391.765.415.855,89	\$289.924.587,98
2	<i>General Expenses(GE)</i>	Rp1.056.948.492.360,89	\$69.299.009,47
Total Production Cost (TPC)		Rp5.448.713.908.216,78	\$359.223.597,44

Tabel 6.12 Fixed Cost (Fa)

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Depresiasi	Rp212.587.876.456,67	\$13.938.360,64
2	Proerty Taxes	Rp26.573.484.557,08	\$1.742.295,08
3	Asuransi	Rp26.573.484.557,08	\$1.742.295,08
TOTAL Nilai Fa		Rp265.734.845.570,84	\$17.422.950,80

Tabel 6.13 Regulated Cost (Ra)

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Gaji Karyawan	Rp116.160.000.000,00	\$7.616.050,35
2	Payroll Overhead	Rp23.232.000.000,00	\$1.523.210,07
3	Supervision	Rp17.424.000.000,00	\$1.142.407,55
4	Plant Overhead	Rp81.312.000.000,00	\$5.331.235,25
5	Laboratorium	Rp17.424.000.000,00	\$1.142.407,55
6	General Expense	Rp1.056.948.492.360,89	\$69.299.009,47
7	Maintenance	Rp159.440.907.342,50	\$10.453.770,48
8	Plant Supplies	Rp23.916.136.101,38	\$1.568.065,57
TOTAL Nilai Ra		Rp1.495.857.535.804,77	\$98.076.156,29

Tabel 6.14 Variable Cost (Va)

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Raw Material	Rp3.339.771.719.653,48	\$218.972.706,51
2	Packaging and Shipping	Rp301.644.000.000,00	\$19.777.340,68
3	Utilities	Rp15.541.407.187,69	\$1.018.975,03

4	Royalty & Patent	Rp30.164.400.000,00	\$1.977.734,07
TOTAL Nilai Va		Rp3.687.121.526.841,17	\$241.746.756,28

6.6 Analisa Keuntungan

Annual Sales (Sa)	= Rp 6.032.880.000.000,00
Total Cost	= Rp 5.448.713.908.216,78
Keuntungan Sebelum Pajak	= Rp 584.166.091.783,22
Pajak Pendapatan	= 20 % (PERPU Nomor 1 Tahun 2020)
Keuntungan Setelah Pajak	= Rp 467.332.873.426,57

6.6 Hasil Kelayakan Ekonomi

6.6.1. Percent Return On Investment (ROI)

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

ROI Sebelum Pajak = 21,98 %

ROI Sesudah Pajak = 17,59 %

6.6.2. Pay Out Time (POT)

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

POT Sebelum Pajak = 3,34 tahun

POT Sesudah Pajak = 3,91 tahun

6.6.3. Break Even Point (BEP)

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

BEP = 55,02%

6.6.4 Shut Down Point (SDP)

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

SDP = 34,56%

6.6.5 Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Umur Pabrik	= 10 Tahun
Fixed Capital Investment	= Rp 2.657.348.455.708,39
Working Capital	= Rp 1.548.848.187.921,55
Salvage Value	= Rp 212.587.876.456,67

Cash Flow (CF) = Annual profit + depresiasi + finance
 = Rp 764.044.682.755,85

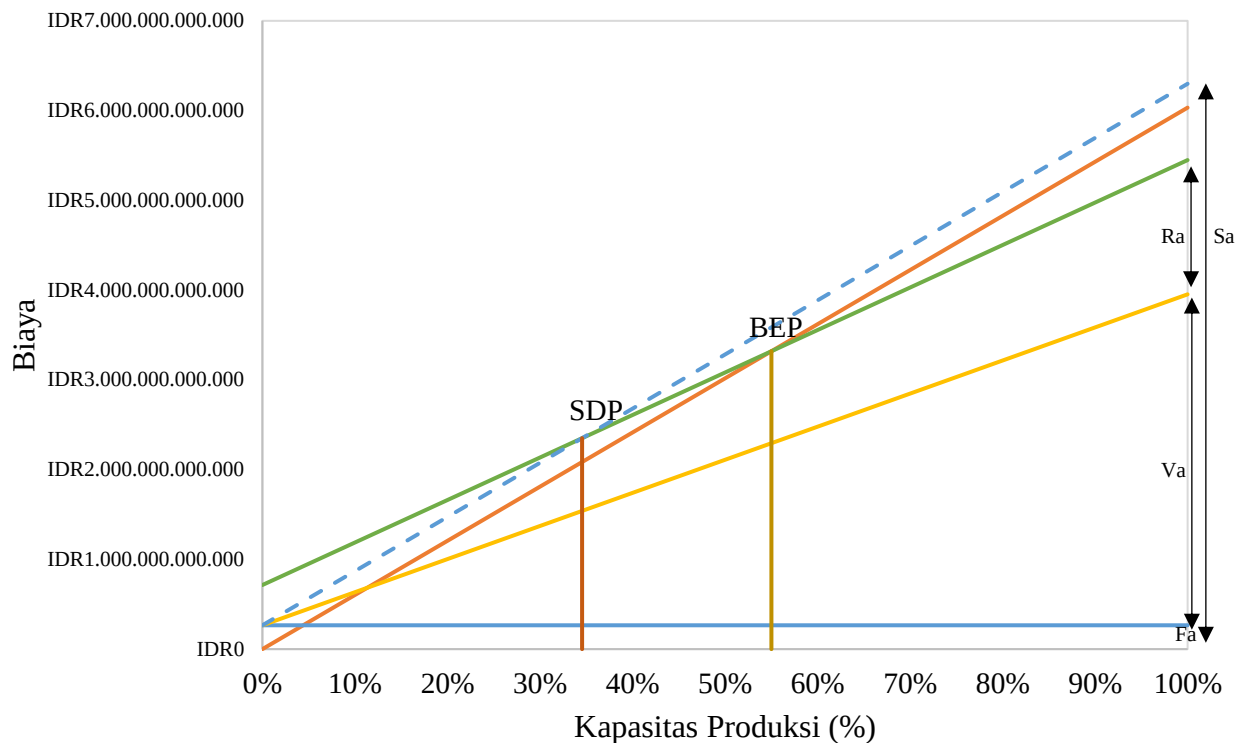
Discounted cash flow dihitung secara trial & error

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

R = Rp 20.824.880.671.600,60

S = Rp 20.824.880.671.600,60

Dengan trial & error diperoleh nilai $i = 17,35\%$



Gambar 6. 2 Grafik BEP

Pada Gambar 6.2 menunjukkan perolehan nilai BEP (*Break Even Point*) dan SDP (*Shut Down Point*) dimana didapat untuk nilai BEP dan SDP yang telah diketahui melalui perhitungan adalah 55,02% dan 34,56%. Dalam pembuatan grafik BEP diperlukan nilai-nilai seperti Ra, Va, Fa, dan Sa dimana diketahui berdasarkan perhitungan di analisa ekonomi. Grafik BEP digunakan untuk mengetahui berapa total kapasitas yang harus di produksi dari kapasitas keseluruhan pabrik untuk mengetahui posisi dimana pabrik dalam kondisi tidak untung dan tidak rugi atau dalam kata lain kembali modal. Ketika pabrik telah beroperasi menghasilkan produk dengan kapasitas diatas titik BEP maka pabrik akan di katakan untung namun sebaliknya apabila pabrik menghasilkan kapasitas dibawah titik BEP maka

dikatakan rugi. Sedangkan SDP adalah titik atau batas dimana pabrik tersebut harus di tutup karena mengalami kerugian yang besar.

Tabel 6.15 Analisa Kelayakan Ekonomi

Kriteria	Terhitung	Persyaratan
ROI sebelum pajak	21,98	ROI before taxes minimum low 11 %, high 44%
ROI setelah pajak	17,59	
POT sebelum pajak	3,34	POT before taxes maksimum, low 5 th, high 2th
POT setelah pajak	3,91	
BEP	55,02%	kisaran 40-60%
SDP	34,56%	> 20%
DCFRR	17,35%	> 1,5 bunga bank = minimum



BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan Perancangan Pabrik Carbon Black dari Gas Alam (LNG) dengan Kapasitas 280.000 ton/tahun, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pabrik Carbon Black didirikan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan import, memberikan lapangan pekerjaan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi
2. Pabrik akan didirikan di kawasan industri Cilegon, dengan pertimbangan mudah mendapatkan bahan baku, tenaga kerja, ketersediaan air dan listrik, serta mempunyai prospek pemasaran yang baik karena berlokasi di kawasan industri.
3. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :
 - a. Keuntungan yang diperoleh yaitu keuntungan sebelum pajak Rp 584.166.091.783,22 dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 467.332.873.426,57
 - b. *Return On Investment* (ROI) : Presentase ROI sebelum pajak sebesar 21,98%, dan ROI setelah pajak sebesar 17,59 %.
4. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 3,34 tahun dan setelah pajak adalah 3,91 tahun.
5. Nilai *Break Event Point* (BEP) adalah 55,02% dan *Shut Down Point* (SDP) adalah 34,56%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya sebesar 40%-60% dan SDP < BEP. (Aries & Newton, 1955)
6. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) adalah 17,35%
7. Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa Pabrik Carbon Black layak dikaji untuk didirikan karena memiliki indikator ekonomi yang menguntungkan.

7.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut :

1. Pemilihan alat proses maupun alat penunjang serta bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang akan didapatkan.
3. Pra rancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah juga, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan dengan pengolahan limbah secara tepat.
4. Produk Carbon Black dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi

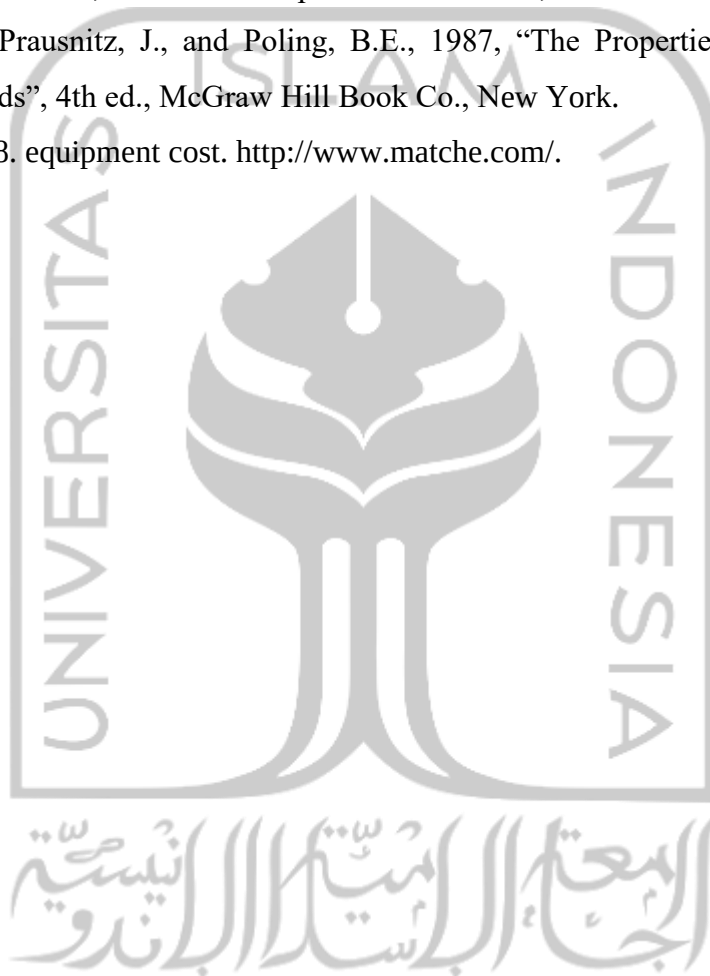
kebutuhan dalam negeri maupun ekspor di masa mendatang yang jumlahnya terus meningkat dan juga menunjang perekonomian di Indonesia



DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S., and R. D. Newton. 1955. Chemical Engineering Cost Estimation. New York: McGraw Hill Book Company.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Statistic Indonesia. www.bps.go.id. Diakses pada 3 April 2023 pukul 15.00 WIB
- Brownell, L E. Young, E H. (1959). Equipment Design. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Coulson, J. M., and J. F. Richardson. 1983. Chemical Equipment Design, Vol.6. New York: John Wiley and Sons. Inc.
- Geankoplis, C J (1993). Transport Processes and Unit Operations Third Edition. Prentice-Hall International, Inc. New Jersey.
- Gravley, 1989, "Process for Producing Carbon Black", US Patent 4,822,588.
- Griswold, J., 1946 "Fuels, Combustion and Furnaces", McGraw-Hill Book Company, Inc., New York
- Holman J. P., 1997, Perpindahan Kalor, Jakarta.
- Kern, D. Q. 1965. Process Heat Transfer. McGraw-Hill. Japan
- Levenspiel, O., 1999, "Chemical Reaction Engineering", 3rd edition. John Wiley and Sons : New York
- McCabe, W. L. and J. C. Smith. 1976. Unit Operation of Chemical Engineering, 3rd ed. Singapore: McGraw Hill, Kogakusha, Ltd.
- McKetta, J. J. 1976. Encyclopedia of Chemical Processing and Petrochemical Plant. Singapore: McGraw - Hill International Edition.
- Perry, H R. Green, D W. (1997) Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition. McGraw-Hill. New York
- Treybal, E. Robert. 1981. Mass-Transfer Operations 3rd Edition. McGraw-Hill. Singapore
- Cho, W., Lee, S. H., Ju, W. S., Baek, Y., & Lee, J. K. (2004). Conversion of natural gas to hydrogen and carbon black by plasma and application of plasma carbon black. *Catalysis Today*, 98(4), 633-638.

- Peters, M. S., and K. D. Timmerhaus. 1981. Plant Design Economic's for Chemical Engineering's, 4th ed. New York: McGraw Hill Co. Ltd.
- Smith, J. M., and H. C. Van Ness. 1987. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 4th ed. Singapore: McGraw Hill BookCompany.
- Ullmann, "Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry", Interscience Encyclopedia, Inc., New York, 1985
- Yaws, Carl. L. 1999, "Chemical Properties Handbook", McGraw-Hill, New York.
- Reid, R.C., Prausnitz, J., and Poling, B.E., 1987, "The Properties of Gas and Liquids", 4th ed., McGraw Hill Book Co., New York.
- Matche. 2018. equipment cost. <http://www.matche.com/>.



LAMPIRAN A

REAKTOR

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi pembentukan carbon black
Type alat : Reaktor Furnace (Gravley Reactor, US Patent 4822588)
Kondisi :

- Temperatur 1700 °C
- Tekanan 5 atm

Reaksi : $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2$

1. Reaksi Kimia

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

Reaksi pembakaran



Reaksi perengkahan



2. Bagian-Bagian Utama Reaktor

1. Ruang pembakaran
2. Ruang pencampuran
3. Throat
4. Ruang reaksi

3. Prinsip Kerja Reaktor

Gas alam bahan bakar dimasukan ke dalam ruang pembakaran lalu dibakar dengan O_2 30% excess. Kemudian gas hasil perengkahan dilewatkan kedalam ruang pencampuran dimana Gas Alam umpan perengkahan dimasukan. Diruang reaksi perengkahan terjadi pada suhu 1700°C dan tekanan 5 atm.

a) Menghitung Neraca Massa Reaktor

Komponen	Mr	Input		Output	
		Massa (kg)	Mol (kmol)	Massa (kg)	Mol (kmol)
CH ₄	16	87057,89	5441,1184		
C ₂ H ₆	30	9214,64	307,1546		
C ₃ H ₈	44	9512,56	216,1946		
n-C ₄ H ₁₀	58	3020,13	52,0713		
i-C ₄ H ₁₀	58	2752,53	47,4574		
n-C ₅ H ₁₂	72	949,15	13,1826		
i-C ₅ H ₁₂	72	1566,09	21,7513		
C ₆ H ₁₄	86	3457,80	40,2069		
CO ₂	44	18822,12	427,7754	220334,7760	5007,6085
N ₂	28	1150462,54	41087,9479	1150462,5422	41087,9479
O ₂	32	352361,00	11011,2812	81314,0766	2541,0649
Ar	40	20402,95	510,0737	20402,9470	510,0737
H ₂	2			11752,8157	5876,4078
H ₂ O	18			140053,7934	7780,7663
C	12			35258,4470	2938,2039
Sub Total		1659579,398	59176,2153	1659579,3978	65742,0731

4. Menghitung Neraca Panas

a) Data Kapasitas Panas Gas (CPg) perkomponen (Joule/mol.K)
(Yaws, 1999)

Komponen	A	B	C	D	E
CH ₄	34,492	-0,039957	0,00019184	-1,5303E-07	3,9321E-11
C ₂ H ₆	28,146	0,043447	0,00018946	-1,9082E-07	5,3349E-11
C ₃ H ₈	28,277	0,116	0,00019597	-2,3271E-07	6,8669E-11
n-C ₄ H ₁₀	20,056	0,28153	-0,000013143	-9,4571E-08	3,4149E-11
i-C ₄ H ₁₀	6,772	0,34147	-0,00010271	-3,6849E-08	2,0429E-11
n-C ₅ H ₁₂	26,671	0,32324	0,00004282	-1,6639E-07	5,6036E-11
i-C ₅ H ₁₂	-0,881	0,47498	-0,00024797	6,7512E-08	-8,5343E-12
C ₆ H ₁₄	25,924	0,41927	-0,000012491	-1,5916E-07	5,8784E-11
CO ₂	27,437	0,042315	-0,000019555	3,9968E-09	-2,9872E-13
N ₂	29,342	-0,0035395	0,000010076	-4,3116E-09	2,5935E-13
O ₂	29,526	-0,0088999	0,000038083	-3,2629E-08	8,8607E-12
Ar	20,786	0	0	0	0
H ₂	25,399	0,020178	-0,000038549	3,188E-08	-8,7585E-12
H ₂ O	33,933	-0,0084186	0,000029906	1,7825E-08	3,6934E-12

C	21,069	-0,00079119	5,0895E-07	-6,9132E-11	2,7021E-15
---	--------	-------------	------------	-------------	------------

b) Menghitung Qin F2 (panas masuk) Fase Gas

Tin (umpan) = 100 °C = 1973 K

Tref = 25 °C = 298 K

Komponen	Massa (kg)	Mol (kgmol)	Cp.dT	H (KJ/Jam)
CH4	87057,8938	5441,118362	3,747E+04	2,039E+08
C2H6	9214,63776	307,154592	1,074E+04	3,299E+06
C3H8	9512,564531	216,1946484	1,021E+04	2,208E+06
n-C4H10	3020,133778	52,07127203	1,171E+04	6,096E+05
i-C4H10	2752,526987	47,45736185	1,188E+04	5,640E+05
n-C5H12	949,147237	13,18260051	1,324E+04	1,746E+05
i-C5H12	1566,092941	21,75129085	1,289E+04	2,803E+05
C6H14	3457,796115	40,20693157	1,535E+04	6,171E+05
CO2	18822,11701	427,7753867	0,000E+00	0,000E+00
N2	682,8587066	24,38781095	1,181E+05	2,881E+06
Total	137035,769	6591,300	241635,957	214518057,864

c) Menghitung Qin F3 (panas masuk) Fase Gas

Tin (umpan) = 100 °C = 1973 K

Tref = 25 °C = 298 K

Komponen	Massa (kg)	Mol (kgmol)	Cp.dT	H (KJ/Jam)
N2	1149779,683	41063,56012	2,189E+03	8,989E+07
O2	352360,9984	11011,2812	2,224E+03	2,449E+07
Ar	20402,94702	510,0736755	1,562E+03	7,968E+05
Total	1522543,629	52584,915	5974,922	115170389,593

d) Menghitung Qout (panas keluar) Fase Gas

Tin (umpan) = 1700 °C = 1973 K

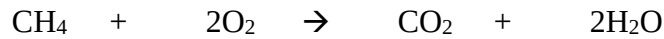
Tref = 25 °C = 298 K

Komponen	Massa (kg)	Mol (kgmol)	Cp.dT	H (KJ/Jam)
CO2	220334,776	5007,608544	8,995E+04	4,505E+08
N2	1150462,542	41087,94793	5,333E+04	2,191E+09
O2	81314,07656	2541,064893	5,903E+04	1,500E+08
Ar	20402,94702	510,0736755	3,482E+04	1,776E+07
H2	11752,81566	5876,407831	5,102E+04	2,998E+08
H2O	140053,7934	7780,766302	2,067E+05	1,608E+09
C	35258,44699	2938,203916	3,484E+04	1,024E+08

Total	1659579,398	65742,0731	4819556010,391
-------	-------------	------------	----------------

e) Menghitung panas reaksi (QR) standar pada 25 °C (298 K)

Reaksi 1



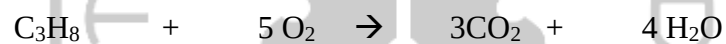
Reaksi 2



Reaksi 3



Reaksi 4



Reaksi 5



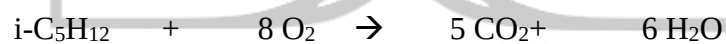
Reaksi 6



Reaksi 7



Reaksi 8



Reaksi 9



Komponen	ΔH_f 298 K
CH ₄	-74,5200
C ₂ H ₆	-84,6800
C ₃ H ₈	20,4200
n-C ₄ H ₁₀	-126,1500

i-C ₄ H ₁₀	-134,5200
n-C ₅ H ₁₂	-146,4400
i-C ₅ H ₁₂	-154,4700
C ₆ H ₁₄	-167,1900
CO ₂	-393,5000
N ₂	0,0000
O ₂	0,0000
Ar	0,0000
H ₂	0,0000
H ₂ O	-241,8000
G	0,0000
Total	

$$\Sigma Q_{\text{total}} = Q_{\text{keluar}} - Q_{\text{reaksi}} + Q_{\text{masuk}}$$

$$Q_{\text{reaksi}} = Q_{\text{produk}} - Q_{\text{reaktan}}$$

$$Q_{\text{reaksi produk}} = -3851883,2539 \text{ kJ/jam}$$

$$Q_{\text{reaksi reaktan}} = -452032,6306 \text{ kJ/jam}$$

$$Q_{\text{reaksi total}} = -3399850,6234 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{Asumsi } Q_{\text{loss}} = 2\% \text{ dari } H_{\text{in}}$$

$$\text{Heat combustion of methane} = 802,3 \text{ kJ/mol (Smith Vannes)}$$

$$\Delta H_{\text{in}} + Q_{\text{fuel}} = \Delta H_{\text{out}} + \Delta H_{\text{reaksi}} + Q_{\text{loss}}$$

$$H_{\text{in}} + H_{\text{c}} \times n = H_{\text{out}} + -3399850,6234 + Q_{\text{loss}}$$

$$329688447,5 + 802,3 \times n = 4819556010,39 + 3399850,6234 + 6593768,9$$

$$802,3 \times n = 4499861182,505$$

$$n = 5608701,46 \text{ kmol}$$

$$\text{Jadi, } Q_{\text{fuel}} = H_{\text{c}} \times n$$

$$= 802,3 \times 5608701,46$$

$$= 4499861182,5 \text{ kJ}$$

Massa methane yang dibutuhkan untuk pembakaran

$$m = n \times \text{BM methane} = 5608701,46 \text{ kmol} \times 16 \text{ kg/kmol}$$

$$= 89739223,38 \text{ kg}$$

Neraca panas reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (kJ)	Keluar (kJ)
----------	------------	-------------

Panas dari fuel (Q_{fuel})	4499861182,51	
Enthalpy masuk	329688447,46	
Enthalpy keluar		4819556010,39
Enthalpy reaksi	-3399850,62	
Total panas hilang (Q_{loss})		6593768,95
Total	4826149779,34	4826149779,34

5. Perancangan reaktor

a. Perancangan throat

Perancangan berdasarkan spesifikasi Furnace Black Reactor (Gravley Reactor, US Patent 4,822,588). Dimensi dari tiap bagian reaktor ditentukan berdasarkan diameter throat. Diameter throat dihitung pada kondisi standar yaitu 600 F, 1 atm dan satuan yang dipakai adalah SCFH (*Standard Cubic Feet per Hour*).

Jumlah gas-gas hasil pembakaran dari hasil perhitungan kebutuhan bahan bakar:

Komponen	BM	kg/jam	kmol/jam
CO ₂	44	220334,776	5007,608544
N ₂	28	1150462,542	41087,94793
O ₂	32	81314,07656	2541,064893
Ar	40	20402,94702	510,0736755
H ₂	2	0	0
H ₂ O	18	140053,7934	7780,766302
C	12	0	0
Total			56927,46135

Faktor kompresibilitas gas = 0,9988 (Reid, 1987)

Jumlah volumetrik gas yang melewati throat :

$$T = 60^{\circ}\text{F} = 15,56^{\circ}\text{C} = 288,71\text{ K}$$

$$P = 1\text{ atm}$$

$$R = 0,08206\text{ L atm/kmol K}$$

$$V_{\text{GHP}} = \frac{n.R.T}{P}$$

$$V_{\text{GHP}} = \frac{56927,46135\text{ kmol} \cdot 0,08206 \frac{\text{L.atm}}{\text{kmol.K}} \cdot 288,71\text{ K} \cdot 0,9988}{1\text{ atm}}$$

$$= 1346075,266\text{ L/jam}$$

$$= 47516,45689 \text{ ft}^3/\text{jam (SCFH)}$$

Range jumlah volumetrik gas melewati throat yang disyaratkan adalah $11000 R^2$ - $19000 R^2$ dengan R adalah jari-jari throat dalam inchi (US Patent 4,822,588).

Dipilih

$$V = 19000 R^2$$

$$47516,46 = 19000 R^2$$

$$R = \sqrt{\frac{47516,46}{19000}}$$

$$= 1,58 \text{ ft}$$

$$= 18,98 \text{ in}$$

$$D = 37,95 \text{ in}$$

$$= 0,9640 \text{ m}$$

Range panjang yang disyaratkan 0,2 – 2 kali diameter throat (US Patent 4,822,588).

Diambil :

$$\text{Panjang throat} = 0,8 \times \text{diameter throat}$$

$$= 0,7712 \text{ m}$$

$$\text{Volume throat} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L$$

$$= 0,5625 \text{ m}^3$$

$$\text{Panjang throat over design} = 1,2 \times 0,7712 \text{ m}$$

$$= 0,9255 \text{ m}$$

$$\text{Volume throat over design} = 1,2 \times 0,5625 \text{ m}^3$$

$$= 0,6752 \text{ m}^3$$

b. Perancangan ruang pembakaran

Diameter zona pembakaran 2 – 5 kali diameter throat (US Patent 4,822,588). Pada perancangan ini diambil diameter zona pembakaran 3 kali diameter throat.

$$\text{Diameter zona pembakaran} = 3 \times 0,9640 \text{ m}$$

$$= 2,8921 \text{ m}$$

Panjang zona pembakaran 3 – 3,5 kali diameter throat (US Patent 4,822,588). Pada perancangan ini diambil panjang zona pembakaran 3,5 kali diameter throat

$$\begin{aligned} \text{Panjang zona pembakaran} &= 3,5 \times 0,9640 \\ &= 3,3741 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume pembakaran} &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L \\ &= 22,1539 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan massa bahan bakar} = 89739223,38 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas Metana} = 438,900 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kecepatan massa udara} = 1522543,629 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} P &= 5 \text{ atm} \\ T &= 100^\circ\text{C} = 373 \text{ K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rapat massa udara} &= \frac{P \cdot BM}{R \cdot T} = \frac{5 \text{ atm} \cdot 28,8}{0,08206 \frac{\text{Latm}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \cdot 373 \text{ K}} = 4,7227 \text{ g/l} \\ &= 4,7227 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w &= \text{kecepatan massa bahan bakar} + \text{kecepatan massa udara} \\ &= 91261767,01 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_v &= \frac{\text{kecepatan massa bahan bakar}}{\rho_{\text{bahan bakar}}} + \frac{\text{kecepatan massa udara}}{\rho_{\text{udara}}} \\ &= 204463,9403 + 322385,0428 \\ &= 526848,9831 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang over design} = 4,0489 \text{ m}$$

$$\text{Volume overdesign} = 26,5847 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu tinggal } (\square) &= \frac{\text{Volume pembakaran}}{F_v} \\ &= \frac{26,5847}{526848,9831} \\ &= 5,046 \times 10^{-5} \text{ jam} \\ &= 0,1817 \text{ detik} \end{aligned}$$

c. Perancangan zona pencampuran

Bentuk: kerucut terpenggal

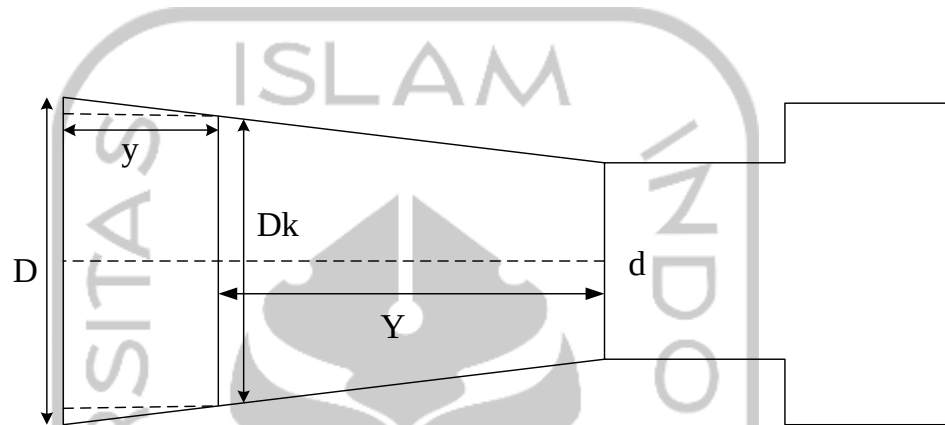
$$V = \frac{\pi Y}{12} \frac{D^3 - d^3}{D - d}$$

Dengan

Y = ruang pencampuran, m

D = diameter masuk ruang pencampur (dari ruang pembakaran, m)

d = diameter keluar ruang pencampuran (masuk ke throat, m)



Range Y yang diisyaratkan 2-5 kali diameter throat (US Patent 4,822,588).

Dipilih Y = 4 kali diameter Throat

Dengan

Y = 3,85612 m

D = 0,2951 m

d = 0,9640 m

Penentuan letak nozzle umpan menggunakan algoritma sebagai berikut:

1. Trial y
2. Hitung diameter masuk dengan perbandingan

$$Dk = D - y \frac{(D-d)}{Y}$$

3. Volume trial = $\frac{\pi y}{12} \frac{D^3 - Dk^3}{D - Dk}$

4. Volume oversdesign = 1,2 x volume pembakaran

5. Iterasi dilakukan hingga (Volume overdiseign – V trial) = 0

Hasil perhitungan diperoleh

1. Volume overdiseign = 26,5847 m³
2. Dk = 2,6036 m
3. Volume trial = 26,5847 m³
4. y = 13,3079 m
5. Y = 3,85612 m

$$\begin{aligned}\text{Panjang total ruang pencampuran} &= Y + y \\ &= 17,1640 \text{ m}\end{aligned}$$

Volume ruang pencampuran *nozzle*

$$\begin{aligned}V &= \frac{\pi Y Dk^3 - d^3}{12 Dk - d} \\ &= 10,3105 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$V_{\text{throat}} = 0,5626 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}V_{\text{total}} &= \text{Volume ruang pencampuran dari nozzle} + V_{\text{throat}} \\ &= 10,8731 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{umpan}} &= \frac{\text{massa umpan}}{\text{Densitas umpan}} \\ &= \frac{10332,0319 \text{ kg/jam}}{438,900 \text{ kg/m}^3} \\ &= 23,5407 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$P = 5 \text{ atm}$$

$$T = 1973 \text{ K}$$

$$V_{\text{GHP}} = \frac{n.R.T}{P}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{GHP}} &= \frac{56927,46135 \text{ kmol} \cdot 0,08206 \frac{\text{Latm}}{\text{kmol.K}} \cdot 1973 \text{ K}}{5 \text{ atm}} \\ &= 1842013,252 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$\text{Volume umpan} + \text{Volume GHP} = 1842036,793 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu tinggal } (\square) &= \frac{V_{\text{total}}}{\text{Volume umpan} + \text{Volume GHP}} \\ &= 5,9028 \times 10^{-6} \text{ jam}\end{aligned}$$

$$= 0,02125 \text{ detik}$$

6. Menentukan panjang reaktor

a. Menghitung konstanta reaksi

$$-r_A = k \cdot c_A$$



$$a = 10^5 (1/\text{s}),$$

$$(f-g) = 10^2 (1/\text{s}),$$

$$b = 8 \cdot 10^{-8} (\text{m}^3/\text{partikel}),$$

$$a_0 = 2,32 \cdot 10^{17} (\text{partikel}/\text{kg}\cdot\text{s}) \text{ dan}$$

$$E/R = 90 \cdot 10^4 \text{ K.}$$

$$k = A \cdot e^{-E/R \cdot T}$$

$$A = a \cdot n_{A0}$$

$$A = 2,32 \text{ partikel}/\text{kg}\cdot\text{s} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ partikel}/\text{kg}\cdot\text{s} \cdot \text{Mr dari C}$$

$$A = 2,32 \text{ partikel}/\text{kg}\cdot\text{s} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ kmol}/\text{partikel} \cdot 12$$

$$= 167,6 \text{ kmol}/\text{kg}\cdot\text{s}$$

Sehingga

$$k = 1,31 \times 10^{-196}$$

dengan

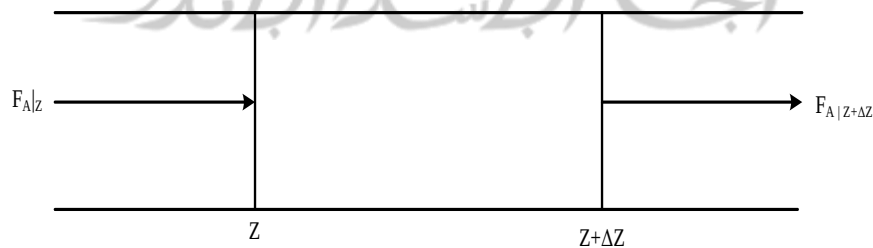
$$C_A = C_{A0} (1-x)$$

$$-r_A = k \cdot c_A = k \cdot C_{A0} (1-x)$$

b. Persamaan neraca massa pada elemen volume

Pemodelan neraca massa dilakukan pada pipa elemen volume sebesar $A \cdot \Delta Z$.

Perhitungan neraca massa dipakai untuk mencari konversi disepanjang reaktor.



Neraca Massa Komponen A (Metana) pada Elemen Volume

(rate of input) - (rate of output) + (rate of generation) = (rate of accumulation)
 Sehingga,

$$F_A|_z - F_A|_{z+\Delta z} + (-r_A) V = 0$$

$$F_A|_z - F_A|_{z+\Delta z} + r_A \left(\frac{\pi D^2}{4} \Delta Z \right) = 0$$

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{F_A|_{z+\Delta z} - F_A|_z}{\Delta Z} = -r_A \left(\frac{\pi D^2}{4} \right)$$

$$\frac{dF_A}{dz} = -r_A \left(\frac{\pi D^2}{4} \right)$$

Dimana

$$F_A = F_{A0} (1-x)$$

$$dF_A = F_{A0}.dx$$

$$F_{A0} \frac{d}{dz} (1-x) = -r_A \left(\frac{\pi D^2}{4} \right)$$

$$\frac{-dx}{dz} = -r_A \left(\frac{A}{F_{A0}} \right)$$

$$\frac{dx}{dz} = -r_A \frac{A}{F_{A0}}$$

$$\frac{dx}{dz} = \frac{k \cdot C_{A0} (1-x) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot ID^2}{F_{A0}}$$

Keterangan :

Z = panjang (m)

F_{A0} = laju alir CH_4

C_{A0} = konsentrasi awal CH_4

k = konstanta reaksi

ID = inside diameter

c. Persamaan Neraca Panas pada Elemen Volume

Pemodelan neraca panas pada elemen volume $A \cdot \Delta Z$. Perhitungan neraca panas dipakai untuk mencari temperatur disepanjang reaktor. Adapun asumsi-asumsi yang diambil :

1. Panas hilang cukup kecil sehingga dapat diisolasi
2. Kapasitas panas (C_p) dan Viskositas gas (μ) hanya fungsi suhu (T)



Neraca Panas Fase Gas pada Elemen Volume $A \cdot \Delta Z$

(heat of input) - (heat of output) + (heat of reaction) = (heat of accumulation)

$$\sum F_i \cdot C_{pi} \cdot T|_Z - \sum F_i \cdot C_{pi} \cdot T|_{Z+\Delta Z} + (-r'_A) \cdot A \cdot \rho_s \cdot \Delta Z \cdot (-\Delta H_R) = 0$$

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{\sum F_i \cdot C_{pi} \cdot T|_Z - \sum F_i \cdot C_{pi} \cdot T|_{Z+\Delta Z}}{\Delta Z} = (-r_A) \cdot A \cdot (-\Delta H_R)$$

$$\sum F_i \cdot C_{pi} \cdot \frac{dT}{dz} = (-r_A) \cdot A \cdot (-\Delta H_R)$$

$$\frac{dT}{dz} = \frac{k \cdot CA_0 (1-x) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot ID^2 \cdot Nt \cdot (-\Delta H_R)}{\sum F_i \cdot C_{pi}}$$

d. Pressure drop pada tiap satuan panjang tube

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L_n}{5,22 \times 10^{10} \cdot De \cdot S \cdot \Phi_t} \text{ (kern, p.148)}$$

Keterangan :

L_n = panjang(ft)

De = diameter ekuivalensi (ft)

$$De = \frac{D_2^2 - D_1^2}{D_1} \text{ (Kern, hal 105, Eq. 6.3)}$$

G_t = Kecepatan per luas penampang = F_{total} / A

f = friction factor aliran turbulent

ΔP_t = pressure drop (kPa)

$\Phi_t = 1$

s = spesific gravity = 0,68 (perry, table 1-12)

dengan

$De = 10,8453 \text{ ft}$

$f = 0,009 \text{ (fig.29 Kern)}$

$$G_t = 51815,4608 \text{ lb/hr ft}^2$$

$$L = 28,5419 \text{ ft}$$

Sehingga

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L_n}{5,22 \times 10^{10} \cdot D_e \cdot S \cdot \Phi_t} = 0,00179 \text{ psi} = 0,00012 \text{ atm}$$

$$P_{\text{out}} = 4,99987 \text{ atm}$$

Penyelesaian persamaan dengan menggunakan metode euler, dengan $\Delta Z = 0,5$.

Diperoleh data sebagai berikut :

z (m)	x	T (K)	dx/dz	dT/dz
0,000	0	1973,00000000000	0,1770147	6,5846,E-09
0,200	0,035403	1973,00000000013	0,1707479	6,3515,E-09
0,400	0,069553	1973,00000000026	0,1647029	6,1267,E-09
0,600	0,102493	1973,00000000038	0,1588719	5,9098,E-09
0,800	0,134267	1973,00000000050	0,1532474	5,7005,E-09
1,000	0,164917	1973,00000000061	0,1478220	5,4987,E-09
1,200	0,194481	1973,00000000072	0,1425887	5,3040,E-09
1,400	0,222999	1973,00000000083	0,1375406	5,1163,E-09
1,600	0,250507	1973,00000000093	0,1326713	4,9351,E-09
1,800	0,277041	1973,00000000103	0,1279743	4,7604,E-09
2,000	0,302636	1973,00000000113	0,1234436	4,5919,E-09
2,200	0,327325	1973,00000000122	0,1190734	4,4293,E-09
2,400	0,351140	1973,00000000131	0,1148578	4,2725,E-09
2,600	0,374111	1973,00000000139	0,1107915	4,1212,E-09
2,800	0,396270	1973,00000000147	0,1068692	3,9753,E-09
3,000	0,417643	1973,00000000155	0,1030857	3,8346,E-09
3,200	0,438261	1973,00000000163	0,0994361	3,6988,E-09
3,400	0,458148	1973,00000000170	0,0959158	3,5679,E-09
3,600	0,477331	1973,00000000178	0,0925201	3,4416,E-09
3,800	0,495835	1973,00000000184	0,0892446	3,3197,E-09
4,000	0,513684	1973,00000000191	0,0860851	3,2022,E-09
4,200	0,530901	1973,00000000198	0,0830374	3,0888,E-09
4,400	0,547508	1973,00000000204	0,0800977	2,9795,E-09

RESUME				
Konversi (X)	0,5475	54,8 %		Konversi (X)
Suhu gas masuk (Tin)	1973	K	1700,000000000	Suhu gas masuk (Tin)
Suhu gas keluar (Tout)	1973,00000000204	K	1700,0000000020	Suhu gas keluar (Tout)
Panjang Reaktor	4,4	m	173,2283	Panjang Reaktor

7. Penentuan dimensi reaktor

- a. Menghitung volume shell reaktor

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot z$$

$$V = 28,8898 \text{ m}^3$$

Volume dibuat oversize sebesar 20%, sehingga $V = 219,394 \text{ m}^3$

- b. Menghitung Diameter Shell Reaktor

$$D = \sqrt{\frac{4V/Z}{\pi}}$$

$$D = 3,1681 \text{ m} = 124,73 \text{ in}$$

- c. Menghitung Faktor Korosi

$$C'' = 0,125 \text{ in} \quad (\text{Peter, 1991, Hal 542})$$

- d. Menentukan Bahan Konstruksi

Bahan konstruksi yang di pakai = Carbon Steel SA-285A
(brownell and young, p.342)

- e. Menentukan allowable stress

$$f = 12650 \text{ psi} \quad (\text{brownell and young, hal 342})$$

- f. Menentukan Efisiensi Sambungan

$$e = 0,85 \quad (\text{brownell and young, hal 13.2})$$

- g. Menentukan Tekanan Perancangan

Dengan oversize 20%

$$P_{\text{design}} = 1.2 \times \text{Tekanan Operasi}$$

$$P_{\text{design}} = 6 \text{ atm} = 607,95 \text{ kPa} = 88,18 \text{ psi}$$

- g. Menentukan Jari-jari dalam

$$r = \frac{D}{2}$$

$$r = 1,584 \text{ m} = 62,36 \text{ in}$$

h. Menentukan tebal shell

$$ts = \frac{P_{gauge} \cdot Ro}{f \cdot e - 0.6 \cdot P_{design}} + C'$$

P_{gauge} : Tekanan desain max

f : Nilai tegangan material (psi) Allowable stress

e : efisiensi sambungan

Ro : Radius luar (in)

D : diameter luar (in)

ts : ketebalan dinding (in)

C'' : Faktor Korosi (in)

maka;

$$ts = 0,639 \text{ in}$$

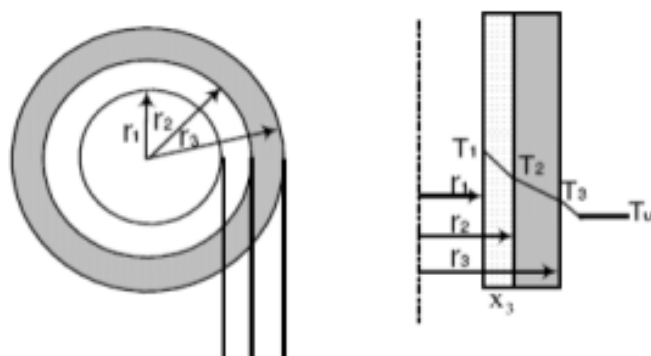
digunakan tebal standar = 0,75 in

Sehingga OD dari shell reaktor = $2 \cdot ts + D = 126,23 \text{ in}$

Dipilih OD standar = 132 in = 3,3528 m (brownell and young, hal 91)

8. Menentukan Tebal Isolasi

Perpindahan panas di dalam reaktor dapat dilihat pada berikut ini.



Perpindahan panas melalui tiap lapis dihitung dengan hukum Fourier dan $A = 2\pi L$, diperoleh (Holman, 1997, pers. 2-9):

$$Q = \frac{2\pi L (T_1 - T_u)}{\frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{k_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{k_3}}$$

Jika perpindahan panas disertai konveksi dan radiasi, maka persamaan di atas dapat dituliskan menjadi pers. 2-12:

$$Q = \frac{2\pi L (T_1 - T_u)}{\frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{k_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{k_3} + \frac{1}{(h_c + h_r)r_3}}$$

Jika diaplikasikan dalam perhitungan perancangan tangki maka diperoleh:

$$Q = \frac{2\pi L (T_1 - T_u)}{\frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{k_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{k_3} + \frac{1}{(h_c + h_r)r_3}}$$

Keterangan:

- x_3 = Tebal isolasi (m)
- r_1 = Jari-jari dalam tangki (m)
- r_2 = Jari-jari luar tangki (m)
- r_3 = Jari-jari luar isolasi (m)
- T_1 = Temperatur permukaan plat tangki bagian dalam ($^{\circ}\text{C}$)
- T_2 = Temperatur permukaan plat tangki bagian luar ($^{\circ}\text{C}$)
- T_3 = Temperatur luar isolasi ($^{\circ}\text{C}$)
- T_u = Temperatur udara ($^{\circ}\text{C}$)

Perpindahan panas dari reaktor ke sekeliling melalui dinding reaktor dan isolator terjadi melalui beberapa langkah, yaitu:

1. Perpindahan konveksi dari steam/pemanas dalam shell ke dinding shell dalam (Q_1)
2. Perpindahan konduksi dari dinding shell dalam ke dinding shell luar (Q_1)
3. Perpindahan konduksi dari dinding shell luar ke permukaan luar isolator (Q_2)
4. Perpindahan konveksi dan radiasi dari permukaan luar isolator ke udara bebas (Q_3)

Asumsi yang digunakan untuk menghitung tebal isolasi reaktor sebagai berikut:

1. Keadaan steady-state
2. Perpindahan panas konveksi dari steam dalam shell ke dinding shell dalam diabaikan
3. Suhu dinding dalam reaktor (T_1) sama dengan suhu pemanas rata-rata, yaitu
$$T_1 = \frac{1700}{2} = 850^{\circ}\text{C} = 1123,15\text{ K}$$
4. Suhu dinding luar isolator, $T_3 = 30^{\circ}\text{C} = 30^{\circ}\text{F} = 303,15\text{ K}$
5. Suhu udara luar, $T_u = 25^{\circ}\text{C} = 77^{\circ}\text{F} = 2998,15$

Data-data lain yang diperlukan:

$$r_1 = \frac{ID_s}{2} = 113,86 \text{ in} = 2,8921 \text{ m}$$

$$r_2 = \frac{OD_s}{2} = 57,18 \text{ in} = 1,4524 \text{ m}$$

$$L = 8,70 \text{ m}$$

a. Bahan Konstruksi Reaktor

Bahan konstruksi shell reaktor adalah carbon steel, Adapun sifat-sifat fisiknya adalah sebagai berikut (Tabel A.3.16, Geankoplis, 2003):

- Konduktivitas (k_1) = 18,9 W/m K = 10,9275 btu/jam.ft F
- Emisivitas (ϵ) = 0,444
- Densitas (ρ) = 7817 kg/m³

b. Bahan Isolator

Bahan isolasi yang digunakan adalah asbestos, Adapun sifat-sifat fisis dari magnesita 85% adalah (Tabel A.3.17 dan A.3.15, Geankoplis, 2003):

- Konduktivitas (k_2) = 0,168 W/m K = 0,0411 btu/jam.ft F
- Emisivitas (ϵ) = 0,96
- Densitas (ρ) = 577 kg/m³

c. Panas yang hilang dari dinding isolasi ke udara (Q_3)

- Koefisien perpindahan panas radiasi (h_r)

$$h_r = \frac{\sigma \times \epsilon \times (T_3^4 - T_u^4)}{(T_3 - T_u)} \text{ (Pers. 4.10-10, Geankoplis 2003)}$$

Keterangan:

h_r = Koefisien perpindahan panas secara radiasi (W/m².K)

σ = Konstanta Boltzman, $5,676 \times 10^{-8}$

ϵ = Emisivitas bahan isolator

T_3 = Temperatur permukaan luar isolator (K)

T_u = Temperatur udara (K)

Maka,

$$h_r = \frac{\sigma \times \epsilon \times (T_3^4 - T_u^4)}{(T_3 - T_u)} = 5,924 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

- Koefisien perpindahan panas konveksi (h_c)

$$T_f = \frac{1}{2} (T_3 + T_u) = \frac{1}{2} (303,15 + 298,15) \text{ K} = 300,65 \text{ K}$$

Sifat udara pada $T = 25^\circ \text{C}$ pada Geankoplis, (2003), Tabel A.3-3:

$$\rho_r = 1,187 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{pr} = 1,007 \text{ kJ/kg K}$$

$$\mu_r = 0,00001845 \text{ Pa.s}$$

$$\begin{aligned} k_r &= 0,026 \text{ W/mK} \\ b &= 0,003363 \text{ J/K} \end{aligned}$$

Persamaan umum perpindahan panas konveksi (h_c) (Tabel 4.7-2 hal 25, Geankoplis, 2003)

$$h_c = 1,37 \times \left(\frac{\Delta T}{L}\right)^{0,25}, N_{Ra} = 10^4 - 10^9$$

$$h_c = 1,24 \times (\Delta T)^{1/3}, N_{Ra} > 10^9$$

Keterangan:

h_c = Koefisien transfer panas konveksi, Btu/jam.ft².°F

$N_{Ra} = Gr \times Pr$

N_{Ra} = Bilangan Rayleigh

Gr = Bilangan Grasshoff

Pr = Bilangan Prandtl

Sehingga, diperoleh:

Maka,

$$Pr = \frac{C_{pr} \times \mu_r}{k_r} = 0,71458 \text{ (hal 238 pers 4.5-5)}$$

$$Gr = \frac{L^3 \times \rho r^2 \times \beta \times g \times \Delta T}{\mu r^2} = 449.081.361.836,47 \text{ (hal 255, Geankoplis)}$$

Jadi,

$$h_c = 1,24 \times \left(\frac{\Delta T}{L}\right)^{0,33} = 2,109$$

Panas yang hilang dari dinding isolasi ke udara (Q_3) adalah :

$$\begin{aligned} Q_3 &= (h_c + h_r) \times 2 \pi r_3 L \times (T_3 - T_u) \\ &= (2,109 + 5,924) \times 2(\pi)(r_3) (28,29985) (303,15 - 298,15) \\ &= 7137,93 r_3 \end{aligned}$$

- Tebal isolasi reaktor

Pada kondisi steady state $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4$ dengan Q adalah panas yang ditrasfer dari tiap lapisan. Perpindahan panas keseluruhan dari dinding bagian dalam reaktor hingga udara (Q) persamaannya adalah :

$$Q = \frac{2\pi L(T_1 - T_u)}{\frac{\ln(\frac{r_2}{r_1})}{k_1} + \frac{\ln(\frac{r_3}{r_2})}{k_2} + \frac{1}{(h_c + h_r)r_3}}$$

Dengan $Q_3 = Q$, maka:

$$7137,9316 r_3 = \frac{2\pi 28,29985 (1123,15 - 298,15)}{\frac{\ln(\frac{1,6764}{1,6637})}{18,9} + \frac{\ln(\frac{r_3}{1,6764})}{0,168} + \frac{1}{(2,1090 + 5,902)r_3}}$$

- Nilai r_3 dapat dicari dengan iterasi. Dengan menggunakan menu goal seek pada Microsoft Excell, maka diperoleh nilai:

$$r_3 = 3,696 \text{ m}$$

Sehingga tebal isolasi reaktor (x_3) adalah:

$$x_3 = r_3 - r_2$$

$$\begin{aligned}
 &= 2,244 \text{ m} \\
 &= 224,3827 \text{ cm} \\
 &= 88,3397 \text{ in}
 \end{aligned}$$

8. Burner

Dipilih jenis *Low Pressure Air Atomizing Burner* (Griswold, 1946) dengan

$$\begin{aligned}
 \text{kapasitas burner 500 ghp} &= 18925 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Densitas bahan bakar} &= 438,900 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Kecepatan bahan bakar} &= \frac{\text{Jumlah bahan bakar}}{\text{Densitas bahan bakar}} \\
 &= 204463,94 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah burner} = 10,8 = 11 \text{ buah}$$

9. Pipa Pengumpan dan Nozzle

a. Pipa Pengumpan Udara

Digunakan 2 buah pipa

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah massa mengalir} &= 0,03 \text{ kebutuhan udara total} \\
 \text{Kebutuhan udara} &= 1522543,629 \text{ kg/jam} = 422,9288 \text{ kg/s} \\
 \text{Jumlah massa mengalir} &= 12,68786357 \text{ kg/s}
 \end{aligned}$$

$$\text{Densitas udara} = 4,7227 \text{ kg/m}^3$$

$$D_{i,opt} = 260 \times G^{0.52} \times \rho^{-0.37}$$

dengan,

$D_{i, opt}$ = diameter dalam pipa optimum, mm

G = kecepatan aliran massa fluida, kg/s

ρ = densitas fluida, kg/m³

$$\begin{aligned}
 D_{i,opt} &= 548,6347 \text{ mm} \\
 &= 21,6162 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dipakai pipa standar (IPS) / *Dimensions of steel pipes*

NPS = 22 in

schedule number : 40,0000

$$\text{ID} = 21,25 \text{ in} = 1,7708 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{OD} &= 22 \text{ in} &= 1,8333 \text{ ft} \\ \text{a't} &= 355 \text{ in}^2 &= 2,4653 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

b. Nozzle Pengumpan Bahan Baku
Digunakan 8 buah nozzle

$$\text{Jumlah massa mengalir} = 0,75 \text{ kebutuhan bahan baku total}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan bahan baku} &= 137035,7689 \text{ kg/jam} \\ &= 38,06549135 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah massa mengalir} = 28,54911851 \text{ kg/s}$$

$$\text{Densitas bahan baku} = 478,896 \text{ kg/m}^3$$

$$D_{i,opt} = 260 \times G^{0.52} \times \rho^{-0.37}$$

dengan,

$D_{i, opt}$ = diameter dalam pipa optimum, mm

G = kecepatan aliran massa fluida, kg/s

ρ = densitas fluida, kg/m³

Dipakai pipa standar (IPS) / Dimensions of steel pipes

$$\text{NPS} = 6 \text{ in}$$

$$\text{schedule number} = 40$$

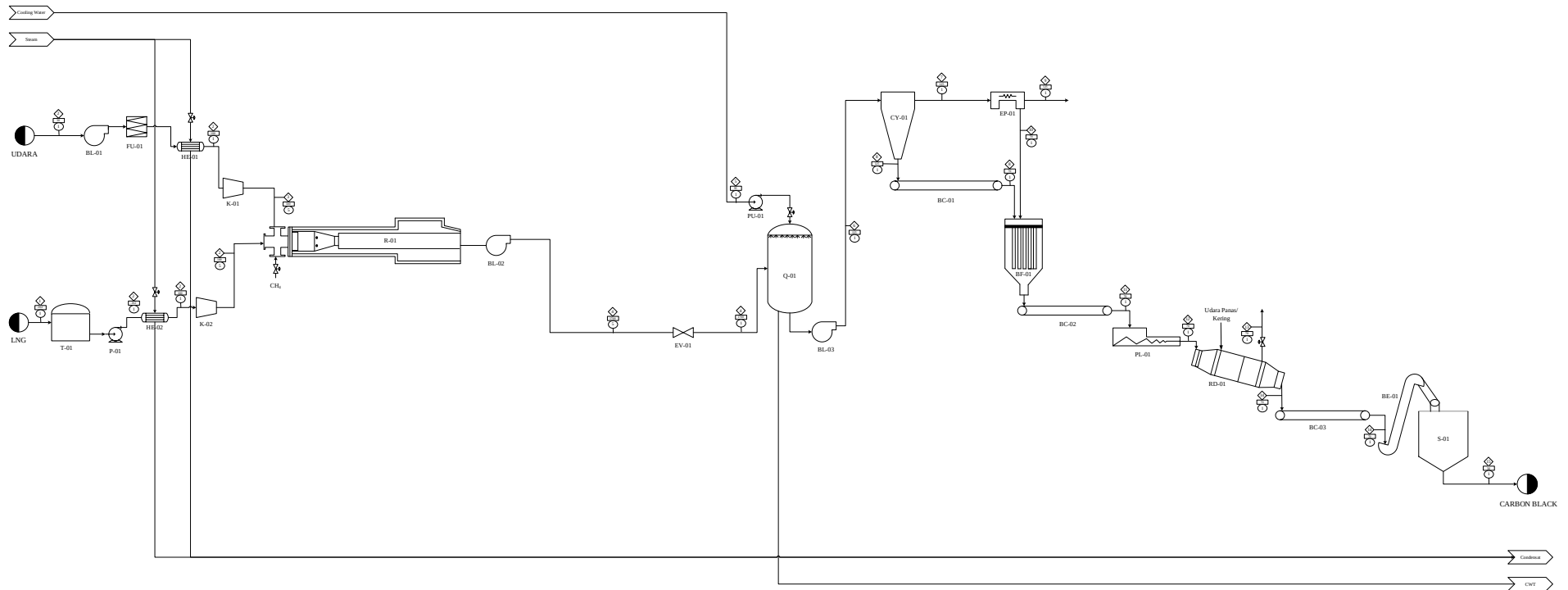
$$\text{ID} = 6,0650 \text{ in} = 0,5054 \text{ ft}$$

$$\text{OD} = 6,6250 \text{ in} = 0,5521 \text{ ft}$$

$$\text{a't} = 28,9000 \text{ in}^2 = 0,2007 \text{ ft}^2$$

LAMPIRAN B

Process Engineering Flow Diagram Pra-rancangan Pabrik Carbon Black dari Gas Alam dengan Kapasitas 280.000 Ton/Tahun



No	Komponen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	CH ₄	87.035,65	87.035,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	C ₂ H ₆	9.212,28	9.212,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	C ₃ H ₈	9.510,13	9.510,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	n-C ₄ H ₁₀	3.019,36	3.019,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	i-C ₄ H ₁₀	2.751,82	2.751,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	n-C ₅ H ₁₂	948,99	948,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	i-C ₅ H ₁₂	1.565,09	1.565,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	C ₆ H ₁₄	3.456,91	3.456,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	CO ₂	18.817,31	18.817,31	-	220.278,49	-	220.278,49	-	220.278,49	-	220.278,49	-	-	-	-
10	N ₂	682,69	682,69	1.149.485,97	1.150.168,66	-	1.150.168,66	-	1.150.168,66	-	1.150.168,66	-	-	-	-
11	O ₂	-	-	352.270,99	81.293,30	-	81.293,30	-	81.293,30	-	81.293,30	-	-	-	-
12	Ar	-	-	20.397,74	20.397,74	-	20.397,74	-	20.397,74	-	20.397,74	-	-	-	-
13	H ₂	-	-	11.749,81	-	-	11.749,81	-	11.749,81	-	11.749,81	-	-	-	-
14	H ₂ O	-	-	-	140.018,02	50.110,13	190.128,15	180.621,74	9.506,41	179.718,63	903,11	10.409,52	10.409,52	10.201,33	104,10
15	C	-	-	-	35.249,44	-	35.249,44	34.896,95	352,49	35.249,44	35.249,44	35.249,44	35.249,44	35.249,44	35.249,44
SUB TOTAL		137.880,76	1.522.154,69	1.639.155,46	50.110,13	1.709.265,59	1.664.862,24	44.403,35	1.663.696,63	1.255,60	45.658,96	45.658,96	10.201,33	35.353,54	

Keterangan Gambar

BC = Belt Conveyor
 BE = Bucket Elevator
 BF = Bag Filter
 BL = Blower
 CY = Cyclone
 EP = Electrostatic Precipitator
 EV = Expansion Valve
 FU = Filter Udara
 HE = Heat Exchanger
 K = Kompressor
 P = Pompa
 PL = Pelletizer
 PU = Pompa Utilitas
 R = Reaktor
 RD = Rotary Dryer
 Q = Quencher
 S = Silo
 T = Tangki Penyimpanan

Simbol

	Control Valve
	Temperature Control
	Flow Control
	Level Indicator
	Level Control
	Arus
	Suhu
	Tekanan
	Pipeline
	Arus Listrik
	Arus Pneumatik



PROCESS FLOW DIAGRAM PRA-RANCANGAN PABRIK
CARBON BLACK DARI GAS ALAM DENGAN KAPASITAS
280.000 TON/TAHUN

Disusun oleh :
Mey Lina Tri Setyaningsih (HS21206)

Pembimbing :
1) Ha Puapant, S.T., M.Eng., Ph.D.
2) Diana, Dr., S.T., M.Sc.

Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Mey Lina Tri Setyaningsih
No. MHS : 18521206
2. Nama Mahasiswa : Alfiah Rizki Utami
No. MHS : 18521201

Judul Prarancangan *)

**" PRARANCANGAN PABRIK CARBON BLACK DARI
GAS ALAM KAPASITAS 200.000 TON/
TAHUN "**

Mulai Masa Bimbingan : 13 Mei 2022

Batas Akhir Bimbingan : 9 November 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	20/07/2022	Bimbingan judul TA dan latar belakang	" Ifa Puspasari
2	2/3/2023	Pemilihan proses, tinjauan teknis	Ifa
3.	12/4/2023	Diagram alir kualitatif, Neraca Massa, dan Reaktor	Ifa
4.	31/8/2023	Perancangan Pabrik (Penentuan lokasi pabrik, tata letak pabrik)	" Ifa Puspasari
5	12/3/2024	Utilitas (Penyediaan & pengolahan air, kebutuhan air, penyediaan & pengolahan)	" Ifa Puspasari
6.	1/10/2024	Analisa Ekonomi	" Ifa Puspasari
7	16/1/2025	Kesimpulan dan saran	" Ifa Puspasari
8	16/1/2025	persetujuan Ujian	" Ifa Puspasari

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 16 Januari 2025

Pembimbing,

" Ifa Puspasari

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

*) Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy