

No: <Identifikasi>

**PRA RANCANGAN PABRIK
CARBON BLACK DARI RESIDUAL OIL
DENGAN KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

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



Oleh :

Nama : Echa Febriyana FN Nama : Intan Eta Hidayati

No. Mahasiswa : 17521084 No. Mahasiswa : 17521094

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

2021

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRA RANCANGAN PABRIK *CARBON BLACK* DARI *RESIDUAL OIL*
DENGAN KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Echa Febriyana FN Nama : Intan Eta Hidayati
No. Mahasiswa : 17521084 No. Mahasiswa : 17521094

Yogyakarta, 31 Juli 2021

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangan 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.


Echa Febriyana FN
17521084


Intan Eta Hidayati
17521094

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK *CARBON BLACK* DARI *RESIDUAL OIL*
DENGAN KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN

Nama : Echa Febriyana FN Nama : Intan Eta Hidayati
No. Mahasiswa : 17521084 No. Mahasiswa : 17521094

Pembimbing I

Pembimbing II


Farham H.M. Saleh, Dr., Ir., MSIE.


Lilis Kistrivani, S.T., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK *CARBON BLACK* DARI *RESIDUAL OIL* DENGAN KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Echa Febriyana FN

No. Mahasiswa : 17521084

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, 31 Juli 2021

Tim Penguji,
Dr. Ir. Farham HM Saleh, MSIE.
Ketua Penguji

26/8/2021

Dra. Kamariah Anwar, M.S.
Penguji 1

26/08/2021

Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.
Penguji 2

24/8/2021

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK *CARBON BLACK* DARI *RESIDUAL OIL* DENGAN KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Intan Eta Hidayati

No. Mahasiswa : 17521094

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, 31 Juli 2021

Tim Penguji,
Dr. Ir. Farham HM Saleh, MSIE.
Ketua Penguji

26/8/2021

Dra. Kamariah Anwar, M.S.
Penguji 1

26/08/2021

Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.
Penguji 2

24/8/2021

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr., Wb.

Alhamdulillahirabbil alamin, puji dan syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas semua karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pra rancangan Pabrik *Carbon Black* dari *Residual Oil* dengan Kapasitas 55.000 Ton/Tahun”** dengan baik dan tepat waktu. Sholawat serta salam tak lupa kami haturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat waib untuk memperoleh gelar Strata-1 sesuai dengan kurikulum yang telah ditetapkan oleh program studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis mengalami banyak hambatan dan rintangan yang dihadapi, namun penulis dapat melewatinya berkat adanya bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua Orangtua yang tiada hentinya memberikan doa dan dukungan yang tiada hentinya.
2. Bapak Dr. Suharno Rusdi, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Farham H.M. Saleh, Dr. Ir., MSIE., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan serta penulisan Tugas Akhir.
4. Ibu Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan serta penulisan Tugas Akhir.
5. Seluruh Dosen, Laboran, dan Administrasi Jurusan Teknik Kimia atas ilmu, arahan, dan bantuannya selama ini.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia 2017, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

7. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu selama pelaksanaan penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak hal yang perlu diperbaiki dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, kritik maupun saran yang membangun sangat penulis harapkan. Dengan harapan yang besar semoga Laporan Tugas Akhir yang telah penulis selesaikan ini dapat bermanfaat bagi kita semua baik pembaca maupun penulis.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 31 Juli 2021

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xvii
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku	2
1.2.2 Kebutuhan <i>Carbon Black</i>	2
1.2.3 Kapasitas Komersial	9
1.3 Tinjauan Pustaka	9
1.3.1 Proses Produksi	9
1.3.2 Alasan Pemilihan Proses	12
1.3.3 Kegunaan Produk.....	13
1.3.4 Tinjauan Proses Secara Umum	14
BAB II.....	16
PERANCANGAN PRODUK	16
2.1 Spesifikasi Produk.....	16
2.1.1 <i>Carbon Black</i>	16
2.2 Spesifikasi Bahan Baku.....	17
2.2.1 <i>Residual Oil</i>	17
2.2.2 Oksigen (dari Udara).....	17

2.3 Spesifikasi Bahan Pembantu	18
2.3.1 Air	18
2.3.2 <i>Molasses</i>	18
2.4 Pengendalian Kualitas.....	18
2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan.....	19
2.4.2 Pengendalian Kualitas Proses	20
2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk	20
BAB III	21
PERANCANGAN PROSES	21
3.1 Uraian Proses	21
3.1.1 Tahapan Persiapan Bahan Baku.....	21
3.1.2 Tahapan Reaksi	21
3.1.3 Tahapan Penyimpanan	22
3.2 Spesifikasi Alat	22
3.2.1 Reaktor (R-01)	22
3.2.2 <i>Quencher</i> (Q-01).....	23
3.2.3 <i>Cyclone</i> (CY-01).....	24
3.2.4 <i>Pelletizer</i> (PLT-01)	25
3.2.5 <i>Rotary Dryer</i> (RD-01).....	26
3.2.6 Tangki Penyimpanan Bahan Bakar (T-01)	26
3.2.7 Tangki Penyimpanan Bahan Baku (T-02).....	27
3.2.8 Tangki <i>Molasses</i> (T-03).....	28
3.2.9 Tangki Pencampuran <i>Molasses</i> (T-04)	29
3.2.10 Tangki Pencampuran (T-05)	30
3.2.11 <i>Silo</i> (S-01)	31
3.2.12 <i>Hopper</i> (H-01).....	32
3.2.13 <i>Waste Heat Boiler</i> (WHB-01).....	32
3.2.14 <i>Separator Drum</i> (SD-01)	33
3.2.15 <i>Heat Exchanger</i> (HE-01)	34
3.2.16 <i>Heat Exchanger</i> (HE-02)	35
3.2.17 <i>Heat Exchanger</i> (HE-03).....	36

3.2.18 <i>Heat Exchanger</i> (HE-04).....	37
3.2.19 Pompa (P-01)	39
3.2.20 Pompa (P-02)	39
3.2.21 Pompa (P-03)	40
3.2.22 Pompa (P-04)	41
3.2.23 Pompa (P-05)	42
3.2.24 Pompa (P-06)	42
3.2.25 Pompa (P-07)	43
3.2.26 <i>Pneumatic Conveyor</i> (PC-01)	44
3.2.27 <i>Screw Conveyor</i> (SC-01).....	44
3.2.28 <i>Belt Conveyor</i> (BC-01).....	45
3.2.29 <i>Bucket Elevator</i> (BE-01).....	46
3.2.30 <i>Blower</i> (B-01)	46
3.2.31 <i>Compressor</i> (C-01)	47
3.2.32 <i>Fan</i> (F-01).....	47
3.2.33 <i>Fan</i> (F-02).....	48
3.2.34 Pompa <i>Batch</i> (PB-01)	48
3.2.35 Pompa <i>Batch</i> (PB-02)	49
3.2.36 Pompa <i>Batch</i> (PB-03)	49
3.3 Perencanaan Produksi	50
3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku	50
3.3.2 Perencanaan Bahan Baku dan Peralatan Proses.....	51
BAB IV	53
PERANCANGAN PABRIK	53
4.1 Lokasi Pabrik.....	53
4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	53
4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	54
4.2 Tata Letak Pabrik	55
4.3 Tata Letak Alat Proses	59
4.4 Aliran Proses dan Material.....	61
4.4.1 Diagram Alir Proses.....	61

4.4.2 Neraca Massa	64
4.4.3 Neraca Panas	67
4.5 Perawatan (<i>Maintenance</i>).....	70
4.6 Utilitas	72
4.6.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>).....	72
4.6.2 Unit Pembangkit <i>Steam</i> (<i>Steam Generation System</i>).....	79
4.6.3 Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>).....	80
4.6.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar	81
4.6.5 Spesifikasi Alat Utilitas	82
4.7 Organisasi Perusahaan.....	111
4.7.1 Bentuk Perusahaan.....	111
4.7.2 Struktur Organisasi Perusahaan	112
4.7.3 Tugas dan Wewenang	115
4.7.4 Sistem Kerja	118
4.7.5 Jumlah dan Tingkat Pendidikan Tenaga Kerja	120
4.8 Evaluasi Ekonomi	122
4.8.1 Harga Jual dan Harga Beli Bahan Baku Produksi	123
4.8.2 Penafsiran Harga Peralatan	123
4.8.3 Dasar Perhitungan	126
4.8.4 Perhitungan Biaya	127
4.8.5 Analisa Keuntungan.....	131
4.8.6 Analisa Kelayakan	131
BAB V.....	137
PENUTUP.....	137
5.1 Kesimpulan	137
5.2 Saran.....	138
DAFTAR PUSTAKA	139
LAMPIRAN.....	142

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Impor <i>Carbon Black</i> di Indonesia	2
Tabel 1.2 Data Produksi <i>Carbon Black</i> di Indonesia	4
Tabel 1.3 Data Ekspor <i>Carbon Black</i> di Indonesia	6
Tabel 1.4 Data Pemakaian atau Konsumsi <i>Carbon Black</i> di Indonesia	7
Tabel 1.5 Kapasitas Pabrik <i>Carbon Black</i>	9
Tabel 1.6 Perbandingan Proses Pembuatan <i>Carbon Black</i>	12
Tabel 1.7 Kegunaan Produk	13
Tabel 2.1 Komposisi <i>Residual Oil</i>	17
Tabel 2.2 Komposisi Udara	17
Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor (R-01)	22
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>Quencher</i> (Q-01)	23
Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CY-01)	24
Tabel 3.4 Spesifikasi <i>Pelletizer</i> (PLT-01)	25
Tabel 3.5 Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> (RD-01)	26
Tabel 3.6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Bakar (T-01)	26
Tabel 3.7 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Baku (T-02)	27
Tabel 3.8 Spesifikasi Tangki <i>Molasses</i> (T-03)	28
Tabel 3.9 Spesifikasi Tangki Pencampuran <i>Molasses</i> (T-04)	29
Tabel 3.10 Spesifikasi Tangki Pencampuran (T-05)	30
Tabel 3.11 Spesifikasi <i>Silo</i> (S-01)	31
Tabel 3.12 Spesifikasi <i>Hopper</i> (H-01)	32
Tabel 3.13 Spesifikasi <i>Waste Heat Boiler</i> (WHB-01)	32
Tabel 3.14 Spesifikasi <i>Separator Drum</i> (SD-01)	33
Tabel 3.15 Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (HE-01)	34
Tabel 3.16 Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (HE-02)	35
Tabel 3.17 Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (HE-03)	36
Tabel 3.18 Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (HE-04)	37
Tabel 3.19 Spesifikasi Pompa (P-01)	39
Tabel 3.20 Spesifikasi Pompa (P-02)	39

Tabel 3.21 Spesifikasi Pompa (P-03)	40
Tabel 3.22 Spesifikasi Pompa (P-04)	41
Tabel 3.23 Spesifikasi Pompa (P-05)	42
Tabel 3.24 Spesifikasi Pompa (P-06)	42
Tabel 3.25 Spesifikasi Pompa (P-07)	43
Tabel 3.26 Spesifikasi <i>Pneumatic Conveyor</i> (PC-01).....	44
Tabel 3.27 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-01)	44
Tabel 3.28 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> (BC-01)	45
Tabel 3.29 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-01)	46
Tabel 3.30 Spesifikasi <i>Blower</i> (B-01)	46
Tabel 3.31 Spesifikasi <i>Compressor</i> (C-01).....	47
Tabel 3.32 Spesifikasi <i>Fan</i> (F-01)	47
Tabel 3.33 Spesifikasi <i>Fan</i> (F-02)	48
Tabel 3.34 Spesifikasi Pompa <i>Batch</i> (PB-01).....	48
Tabel 3.35 Spesifikasi Pompa <i>Batch</i> (PB-02).....	49
Tabel 3.36 Spesifikasi Pompa <i>Batch</i> (PB-03).....	49
Tabel 4.1 Rincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik	56
Tabel 4.2 Neraca Massa Total.....	64
Tabel 4.3 Neraca Massa di Reaktor (R-01).....	64
Tabel 4.4 Neraca Massa di <i>Quencher</i> (Q-01)	65
Tabel 4.5 Neraca Massa di <i>Cyclone</i> (CY-01).....	66
Tabel 4.6 Neraca Massa di Tangki Pencampuran (T-05).....	66
Tabel 4.7 Neraca Massa di <i>Pelletizer</i> (PLT-01).....	67
Tabel 4.8 Neraca Massa di <i>Rotary Dryer</i> (RD-01)	67
Tabel 4.9 Neraca Panas Pembakaran di Reaktor (R-01)	67
Tabel 4.10 Neraca Panas Perengkahan di Reaktor (R-01)	68
Tabel 4.11 Neraca Panas di <i>Quencher</i> (Q-01)	69
Tabel 4.12 Neraca Panas di <i>Cyclone</i> (CY-01)	69
Tabel 4.13 Neraca Panas di Tangki Pencampuran (T-05).....	70
Tabel 4.14 Neraca Panas di <i>Pelletizer</i> (PLT-01).....	70
Tabel 4.15 Neraca Panas di <i>Rotary Dryer</i> (RD-01).....	70

Tabel 4.16 Kebutuhan Air dalam Pabrik <i>Carbon Black</i>	72
Tabel 4.17 Kebutuhan Listrik Pabrik	80
Tabel 4.18 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-01)	82
Tabel 4.19 Spesifikasi <i>Screening</i> (FU-01)	82
Tabel 4.20 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-02)	83
Tabel 4.21 Spesifikasi Bak Sedimentasi (R-01).....	84
Tabel 4.22 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-03)	84
Tabel 4.23 Spesifikasi Tangki Larutan Aluminium Sulfat $Al_2(SO_4)_3$ (TU-01)	85
Tabel 4.24 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-04)	85
Tabel 4.25 Spesifikasi Tangki Larutan Tawas Na_2CO_3 (TU-02)	86
Tabel 4.26 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-05)	87
Tabel 4.27 Spesifikasi Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-01).....	87
Tabel 4.28 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-06)	88
Tabel 4.29 Spesifikasi Bak Pengendap I (BU-02)	89
Tabel 4.30 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-07)	89
Tabel 4.31 Spesifikasi Bak Pengendap II (BU-03)	90
Tabel 4.32 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-08)	91
Tabel 4.33 Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (FU-02)	91
Tabel 4.34 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-09)	92
Tabel 4.35 Spesifikasi Bak Penampung Sementara (BU-04).....	93
Tabel 4.36 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-10)	93
Tabel 4.37 Spesifikasi Tangki Kaporit (TU-04)	94
Tabel 4.38 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-11)	94
Tabel 4.39 Spesifikasi Tangki Klorinasi (TU-03).....	95
Tabel 4.40 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-12)	96
Tabel 4.41 Spesifikasi Tangki Air Bersih (TU-05).....	96
Tabel 4.42 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-13)	97
Tabel 4.43 Spesifikasi Tangki <i>Service Water</i> (TU-06)	98
Tabel 4.44 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-14)	98
Tabel 4.45 Spesifikasi Tangki Air Bertekanan (TU-07)	99
Tabel 4.46 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-15)	99

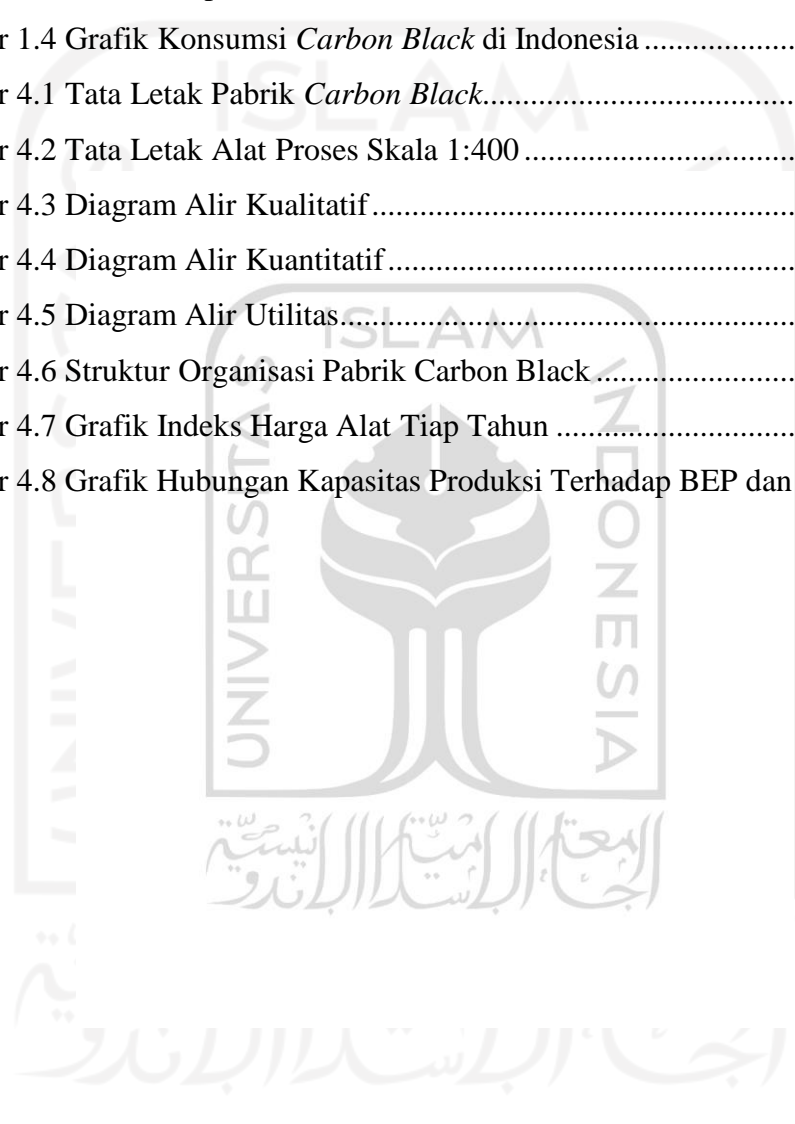
Tabel 4.47 Spesifikasi Bak Air Pendingin (BU-05).....	100
Tabel 4.48 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-16)	101
Tabel 4.49 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-01).....	101
Tabel 4.50 Spesifikasi <i>Blower Coolong Tower</i> (BL-01)	102
Tabel 4.51 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-17)	102
Tabel 4.52 Spesifikasi Tangki NaCl (TU-09)	103
Tabel 4.53 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-18)	103
Tabel 4.54 Spesifikasi <i>Mixed Bed</i> (TU-08).....	104
Tabel 4.55 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-19)	105
Tabel 4.56 Spesifikasi Tangki Air Demin (TU-10)	105
Tabel 4.57 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-20)	106
Tabel 4.58 Spesifikasi Tangki N ₂ H ₄ (TU-11).....	107
Tabel 4.59 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-21)	107
Tabel 4.60 Spesifikasi <i>Deaerator</i> (De-01).....	108
Tabel 4.61 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-22)	108
Tabel 4.62 Spesifikasi <i>Boiler</i> (Bo-01).....	109
Tabel 4.63 Spesifikasi <i>Boiler</i> (Bo-02).....	109
Tabel 4.64 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-23)	110
Tabel 4.65 Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (TU-12).....	111
Tabel 4.66 Jam Kerja Karyawan <i>Non Shift</i>	118
Tabel 4.67 Jam Kerja Karyawan <i>Shift</i>	119
Tabel 4.68 Jadwal Pembagian <i>Shift</i>	119
Tabel 4.69 Jumlah dan Tata Belakang Pendidikan Karyawan.....	120
Tabel 4.70 Indeks Harga	124
Tabel 4.71 Indeks Harga Berdasarkan Persamaan Regresi	125
Tabel 4.72 <i>Physical Plant Cost</i> (PPC).....	127
Tabel 4.73 <i>Direct Plant Cost</i> (DPC).....	128
Tabel 4.74 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	128
Tabel 4.75 <i>Working Capital Investment</i> (WCI).....	128
Tabel 4.76 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC)	129
Tabel 4.77 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC)	129

Tabel 4.78 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	130
Tabel 4.79 <i>Total Manufacturing Cost (MC)</i>	130
Tabel 4.80 <i>General Expense (GE)</i>	130
Tabel 4.81 <i>Total Production Cost (TPC)</i>	131
Tabel 4.82 Analisa Kelayakan	135



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Impor <i>Carbon Black</i> Tahun 2014-2018.....	3
Gambar 1.2 Grafik Produksi <i>Carbon Black</i> di Indonesia	5
Gambar 1.3 Grafik Ekspor <i>Carbon Black</i> di Indonesia	6
Gambar 1.4 Grafik Konsumsi <i>Carbon Black</i> di Indonesia	8
Gambar 4.1 Tata Letak Pabrik <i>Carbon Black</i>	58
Gambar 4.2 Tata Letak Alat Proses Skala 1:400	60
Gambar 4.3 Diagram Alir Kualitatif	62
Gambar 4.4 Diagram Alir Kuantitatif	63
Gambar 4.5 Diagram Alir Utilitas.....	76
Gambar 4.6 Struktur Organisasi Pabrik <i>Carbon Black</i>	114
Gambar 4.7 Grafik Indeks Harga Alat Tiap Tahun	125
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Kapasitas Produksi Terhadap BEP dan SDP.....	136



ABSTRAK

Pra rancangan pabrik *Carbon Black* bertujuan untuk memenuhi kebutuhan *Carbon Black* dalam negeri dan juga mengurangi impor *Carbon Black*. *Carbon black* digunakan sebagai bahan baku untuk industri ban, karet, tinta dan cat, kertas dan plastik. Pabrik ini didirikan di Cilacap, Jawa Tengah pada tahun 2026 dengan kapasitas 55.000 ton/tahun.

Carbon black dihasilkan dari proses *oil furnace* pada suhu perengkahan 1600 °C dan tekanan 10 atm. Konversi yang dihasilkan sebesar 90%. Reaktor yang digunakan adalah jenis reactor furnace. Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi *Carbon Black* membutuhkan *residual oil* sebanyak 10332,03 kg/jam, bahan bakar *residual oil* sebanyak 5703,31 kg/jam, *molasses* sebanyak 208,33 kg/jam. Utilitas yang diperlukan terdiri dari air sebanyak 56030,42 kg/jam, *marine fuel oil* 3468,59 m³/jam, dan daya listrik sebesar 827,06 kW dipenuhi dari PLN dengan cadangan 1 buah generator 1600 kW dengan bahan bakar solar *marine fuel oil* sebesar 157,32kg/jam.

Evaluasi ekonomi menunjukkan bahwa *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 24,14%, sesudah pajak 18,10%, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 2,93 tahun, setelah pajak 3,56 tahun. *Break Event Point* (BEP) 47,61%, *Shut Down Point* (SDP) 19,40%, dan *Discounted Cash Flow of return* (DCFR) 20,52%.

Pabrik *Carbon Black* ini termasuk pabrik yang beresiko rendah dan disimpulkan bahwa pabrik *Carbon Black* dari *Residual Oil* dengan kapasitas 55.000 ton/tahun cukup menarik untuk dikaji lebih lanjut.

Kata kunci : *Carbon Black, Residual Oil, Oil Furnace*

ABSTRACT

The pre-design of the Carbon Black factory aims to meet the domestic demand for Carbon Black and also reduce imports of Carbon Black. Carbon black is used as a raw material for the tire, rubber, ink and paint, paper and plastic industries. This factory was established in Cilacap, Central Java in 2026 with a capacity of 55,000 tons/year.

Carbon black is produced from the oil furnace process at a cracking temperature of 1600 and a pressure of 10 atm. The resulting conversion is 90%. The reactor used is a type of reactor furnace. The raw materials used to produce Carbon Black require residual oil as much as 10332.03 kg/hour, residual oil fuel as much as 5703.31 kg/hour, molasses as much as 208.33 kg/hour. The required utilities consist of water as much as 56030.42 kg/hour, marine fuel oil 3468.59 m³/hour, and electrical power of 827.06 kW fulfilled from PLN with a reserve of 1 generator 1600 kW with diesel fuel marine fuel oil of Rp. 157.32 kg/hour.

Economic evaluation shows that Return on Investment (ROI) before tax 20.17%, after tax 15.13%, Pay Out Time (POT) before tax 3.31 years, after tax 3.98 years. Break Event Point (BEP) 51.53%, Shut Down Point (SDP) 20.29%, and Discounted Cash Flow of return (DCFR) 18.63%.

This Carbon Black plant is considered a low-risk plant and it is concluded that the Carbon Black plant from Residual Oil with a capacity of 55,000 tons/year is quite interesting for further study.

Keywords : Carbon Black, Residual Oil, Oil Furnace

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Carbon black merupakan *important member of the family of industrial carbons*. *Carbon black* merupakan produk penting dalam industri terutama dalam industri pembuatan ban, hampir 90 % produksi *carbon black* digunakan sebagai pemasok bahan campuran pembuatan karet ban (Kirk dan Orthmer, 1985). Dalam pengembangan industri kimia, *carbon black* menjadi salah satu produk unggulan. Sebagian besar *carbon black* dimanfaatkan sebagai bahan baku atau pembantu untuk pembuatan ban, karet, toner pada printer laser dan cat yang dibutuhkan masyarakat. Di Indonesia, permintaan *carbon black* semakin meningkat seiring dengan berkembangnya industri-industri tersebut. Permintaan konsumen Indonesia dan Asia Tenggara meningkat sekitar 4-5% setiap tahunnya (Kementrian Perindustrian RI).

Mengingat kebutuhan *carbon black* yang di prediksi akan terus meningkat maka pendirian pabrik *carbon black* dengan kapasitas 55.000 ton/tahun ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan *carbon black* di Indonesia. Ketersediaan bahan baku pembuatan *carbon black* (minyak berat) yang melimpah di Indonesia juga menjadi salah satu alasan pendirian pabrik ini. Selain itu, faktor penunjang berdirinya pabrik *carbon black* ini adalah:

- a. Membuka lapangan kerja baru.
- b. Menambah pengetahuan teknologi dan pengalaman.
- c. Untuk mencukupi kebutuhan *carbon black* di Indonesia serta menambah devisa negara.
- d. Menunjang perkembangan industri lain yang menggunakan bahan baku *carbon black*.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam penentuan kapasitas pra rancangan pabrik *carbon black*, diperlukan beberapa pertimbangan yaitu ketersediaan bahan baku, kebutuhan produk dan kapasitas pabrik minimal yang telah beroperasi.

1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor yang penting untuk kelangsungan hidup pabrik. Untuk menjamin berlangsungnya produksi di pabrik, bahan baku harus mendapat perhatian yang serius dengan tersedianya secara periodik dalam jumlah yang cukup.

Bahan baku yang digunakan adalah *residual oil*, yang di suplai dari PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit (RU) IV Cilacap.

1.2.2 Kebutuhan *Carbon Black*

a. *Supply*

- Impor

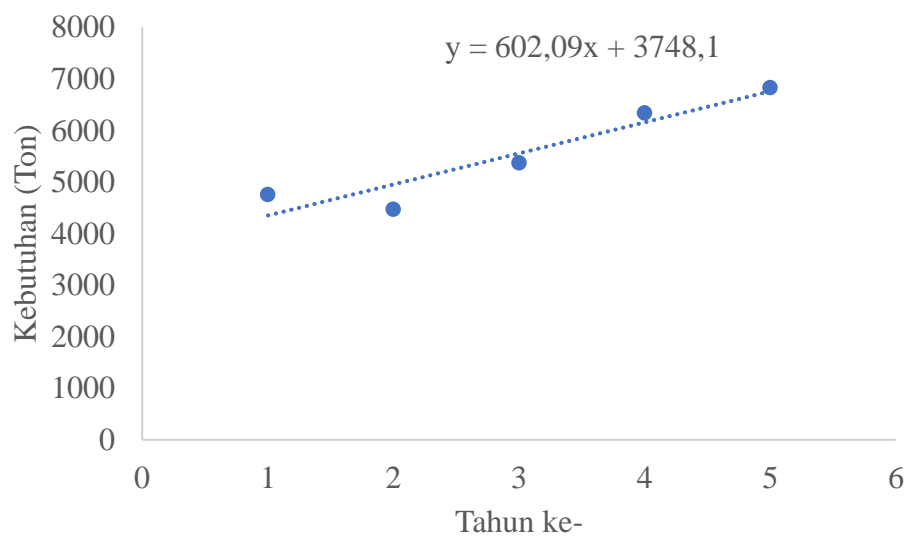
Dengan adanya pertumbuhan dalam dunia industri, jumlah kebutuhan *carbon black* di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Hal ini dapat dilihat dari tabel impor *carbon black* di Indonesia dari tahun 2014-2018 pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Impor *Carbon Black* di Indonesia

Tahun	Impor (Ton/ Tahun)
2014	4.756,292
2015	4.471,033
2016	5.373,029
2017	6.338,704
2018	6.832,930

(Sumber: UN Data 2014-2018)

Dari data impor di atas, dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data impor *carbon black* pada sumbu y. Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik Impor *Carbon Black* Tahun 2014-2018

Dari grafik impor *carbon black* di atas, untuk memperkirakan jumlah impor *carbon black* pada 5 tahun mendatang yaitu tahun 2026 dapat dihitung dengan persamaan regresi linear metode kuadrat terkecil, sehingga diperoleh suatu persamaan $y = ax + b$.

Dimana $a = 602,09$

$b = 3748,1$

$y =$ Jumlah Kebutuhan

$(\text{Ton/Tahun})x =$ Tahun

sehingga :

$$y = 602,09 x - 3.748,1$$

$$y = 602,09 (13) - 3.748,1$$

$$y = 11.575 \text{ ton/tahun}$$

- Produksi

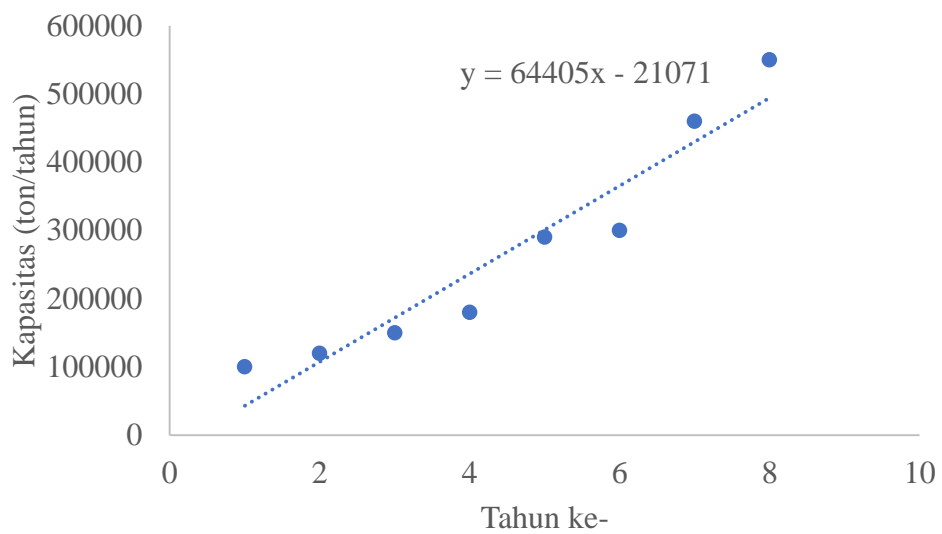
Perkembangan produksi *carbon black* di Indonesia menurut data produksi dalam negeri *carbon black* di PT. Cabot Chemical dari tahun ke tahun mengalami kenaikan kapasitas produksi. Perkembangan data produksi *carbon black* di Indonesia pada tahun 2010-2019 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

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 *carbon black* di atas, dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data produksi *carbon black* pada sumbu y. Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Grafik Produksi *Carbon Black* di Indonesia

Berdasarkan grafik di atas, perkiraan produksi *carbon black* di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 64405x - 21071$ di mana x sebagai tahun dan y sebagai jumlah produksi *carbon black*. Dengan persamaan di atas, diperkirakan produksi *carbon black* pada tahun 2026 di Indonesia sebesar:

$$y = 64.405x - 21.071$$

$$y = 64.405 \cdot 13 - 21.071$$

$$y = 751.789 \text{ ton/tahun}$$

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:

$$\begin{aligned} \text{Supply} &= \text{Impor} + \text{Produksi} \\ &= (11.575 + 751.789) \text{ ton/tahun} \\ &= 763.364 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

b. Demand

- Ekspor

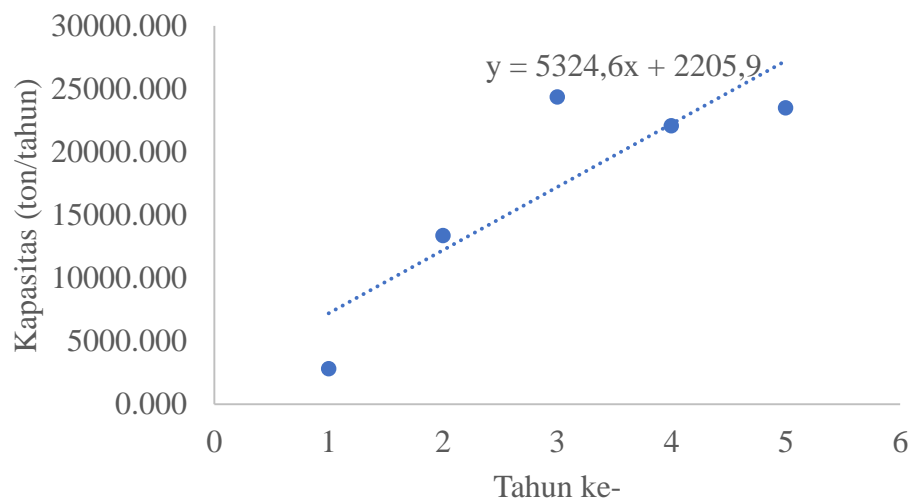
Data ekspor *carbon black* di Indonesia menurut UN Data 2014 - 2018 dari tahun ke tahun mengalami kenaikan kapasitas ekspor. Perkembangan data ekspor *carbon black* di Indonesia pada tahun 2014-2018 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data Ekspor *Carbon Black* di Indonesia

Tahun	Ekspor (Ton/Tahun)
2014	2.823,884
2015	13.362,477
2016	24.348,253
2017	22.070,600
2018	23.492,668

(Sumber: UN Data 2014-2018)

Dari data ekspor *carbon black* di atas, dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data ekspor *carbon black* pada sumbu y. Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Grafik Ekspor *Carbon Black* di Indonesia

Berdasarkan grafik di atas, perkiraan ekspor *carbon black* di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 5324,6x + 2205,9$ di mana x sebagai tahun dan y sebagai jumlah ekspor *carbon black*. Dengan persamaan di atas, diperkirakan ekspor *carbon black* pada tahun 2026 di Indonesia sebesar:

$$y = 5.324,6x + 2.205,9$$

$$y = 5.324,6 \cdot 13 + 2.205,9$$

$$y = 71.418 \text{ ton/tahun}$$

- **Konsumsi Dalam Negeri**

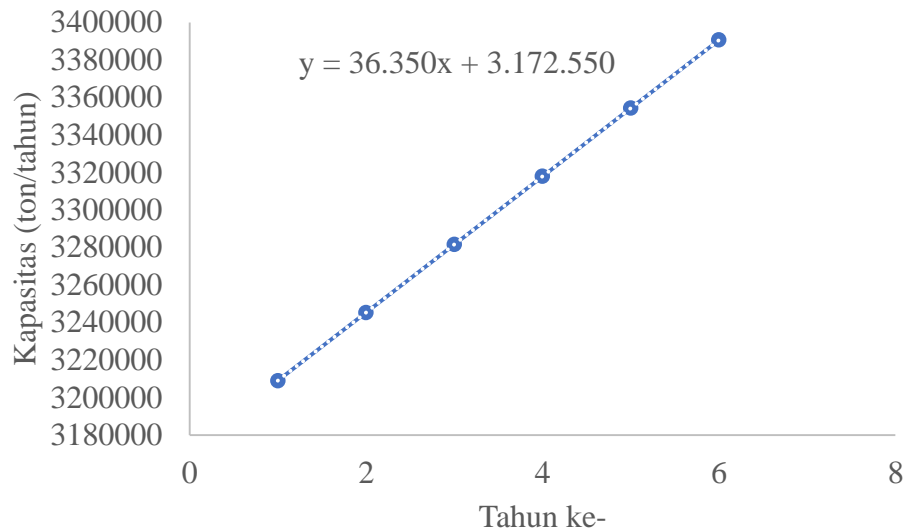
Konsumsi *carbon black* dalam negeri menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat. Data konsumsi atau pemakaian akan *carbon black* di Indonesia pada tahun 2014 - 2019 dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Data Pemakaian atau Konsumsi *Carbon Black* di Indonesia

Tahun	Konsumsi (Ton/Tahun)
2014	3208900,00
2015	3245250,00
2016	3281600,00
2017	3317950,00
2018	3354300,00
2019	3390650,00

(Sumber: BPS)

Dari data konsumsi *carbon black* di atas, dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data konsumsi *carbon black* pada sumbu y . Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Grafik Konsumsi *Carbon Black* di Indonesia

Berdasarkan grafik di atas, perkiraan konsumsi *carbon black* di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 36.350x + 3.172.550$ di mana x sebagai tahun dan y sebagai jumlah ekspor *carbon black*. Dengan persamaan di atas, diperkirakan ekspor *carbon black* pada tahun 2026 di Indonesia sebesar:

$$y = 36.350x + 3.172.550$$

$$y = 36.350 \cdot 12 + 3.172.550$$

$$y = 3.608.750 \text{ ton/tahun}$$

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:

$$\begin{aligned} \text{Demand} &= \text{Ekspor} + \text{Konsumsi} \\ &= (71.418 + 3.608.750) \text{ ton/tahun} \\ &= 3.680.168 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Peluang} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\ &= (3.680.168 - 763.364) \text{ ton/tahun} \\ &= 2.916.804 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Pabrik carbon black ini akan dibangun dengan kapasitas 2% dari jumlah peluang, yaitu 55.000 ton/tahun.

1.2.3 Kapasitas Komersial

Penentuan kapasitas pabrik *carbon black* ini sangatlah penting untuk memenuhi kebutuhan dan persaingan pasar global. Saat ini pabrik *carbon black* yang telah beroperasi ditunjukkan pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Kapasitas Pabrik *Carbon Black*

Produsen	Kapasitas (Ton/Tahun)
Cabot Corporation	451.000
PT. Cabot Indonesia	90.000
Columbian Chemicals Co.	361.000
Continental Carbon Co.	254.000
Degussa-ECI	484.000
Sid Richardson Carbon Co.	340.000

Pendirian pabrik *carbon black* dari *residual oil* ini direncanakan untuk memenuhi sebagian kebutuhan *carbon black* dalam negeri pada tahun 2026, yaitu sebesar 55.000 ton/tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

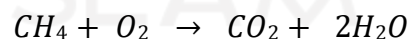
1.3.1 Proses Produksi

Carbon black adalah produk penting dalam industri karbon. Hampir 90% konsumsi *carbon black* dipergunakan dalam produk-produk karet terutama ban, tinta cat, dan pigmentasi (Shreve, 1977). Partikel *carbon black* berbentuk bola dan membentuk sistem kristal heksagonal turbostatik. Secara kimiawi, *carbon black* merupakan unsur karbon murni. Hanya sekitar 1% unsur-unsur lainnya (Kirk dan Othmer, 1985).

Proses pembuatan *carbon black* terbagi menjadi empat cara, yaitu :

a. *Channel Black*

Carbon black di produksi dengan cara pembakaran tidak sempurna dari gas alam pada nyala api kecil, yang mengenai saluran (*channel*) besi dingin. Reaksi di fase gas, yaitu:



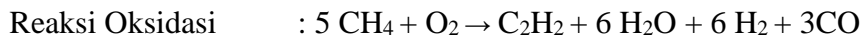
Proses ini menghasilkan *carbon black* sebanyak 3-5% (*yield*). Gas alam sebagian besar terdiri dari *methane* disalurkan melalui pipa berdiameter 1,25 in ke rumah pembakaran yang terdiri dari beberapa ribu *lava-tipped* pembakar. Gas alam dibakar dengan *supply* udara yang tidak berkecukupan. Jumlah udara di kontrol dengan *dampers* pada bagian atas dan bawah rumah pembakaran untuk menghasilkan nyala api yang bercahaya, yang mengenai bagian bawah bidang datar dari saluran (*channel*) besi dingin. Suhu pembakaran berkisar antara 1000°C - 1200°C akan berkurang hingga 500°C dan *carbon black* akan terkumpul. Kumpulan *carbon black* dipindahkan ke unit pengantongan dengan dijatuhkan kedalam *hoppers* dan dibawa dengan *screw conveyor* (Faith dan Keyes,1950).

b. *Thermal Black*

Proses ini menggunakan bahan baku gas alam yang terdiri dari *Ethane* atau minyak aromatik berat. Bahan baku berupa gas alam diumpankan ke *furnace* yang terdiri dari dua *furnace* yang berbentuk silinder, untuk pembakaran dengan udara dan gas panas dari kolom *scruber* hingga suhu 1300°C. Panas dari refraktori mengurai gas alam menjadi *black carbon* dan *hydrogen*. 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 *scruber*. Pada *scruber* 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 40 - 50% dengan suhu 1100°C - 1650°C.

Adapun reaksi yang terjadi:



c. *Acetylene Black*

Menggunakan asetilena dan prosesnya sama seperti *thermal black*. Yang membedakan proses ini dengan *thermal black* adalah *carbon black* tidak diubah menjadi pellet.

d. *Furnace Black (Oil Furnace)*

Furnace combustion process merupakan kombinasi pembakaran dan perengkahan secara termal dalam *furnace*. Berdasarkan cara pengumpanan bahan bakunya, proses dibedakan menjadi:

1. Pengumpanan bersama-sama

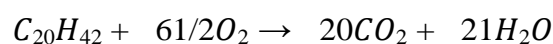
Bahan baku dan udara diumpankan bersama-sama dengan perbandingan tertentu pada salah satu ujung *furnace*. Di dalam *furnace* akan terjadi pembakaran sebagian bahan baku yang akan menghasilkan panas yang akan dimanfaatkan untuk memanaskan bahan baku yang tidak terbakar hingga mencapai suhu perengkahan 1371°C – 1650°C (Mcketta,1976).

2. Pengumpanan terpisah

Bahan bakar dibakar dengan udara di dalam suatu ruang pembakaran kemudian umpan yang sudah mengalami pemanasan awal diumpankan dalam gas hasil pembakaran untuk mengalami perengkahan menjadi *carbon black* dan H_2 (Faith dan Keyes, 1965).

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

Reaksi pembakaran:





Reaksi Perengkahan:



1.3.2 Alasan Pemilihan Proses

Proses yang dipakai dalam tugas pra-rancangan pabrik *carbon black* ini adalah *Oil Furnace* dengan residual oil sebagai bahan bakunya. Berikut perbandingan kondisi operasi pada setiap proses ditunjukkan pada Tabel 1.6.

Tabel 1.6 Perbandingan Proses Pembuatan *Carbon Black*

No.	Keterangan	Jenis Proses	
		<i>Oil Furnace</i>	<i>Thermal Black</i>
1	Bahan baku utama	Minyak residu	Gas alam
2	Kondisi Operasi	1200 - 1600°C	1300°C
3	<i>Yield</i>	65 - 98%	60 - 90%

(Sumber: Kirk dan Otmer, 1968)

Pemilihan proses berdasarkan kondisi operasi ini dengan membandingkan bahan baku utama, suhu operasi dan *yield*. Pada *Oil Furnace*, *yield* yang dihasilkan lebih besar dibandingkan proses *thermal black*.

Alasan menggunakan *Oil Furnace* :

1. Dari hasil perhitungan ekonomi kasar paling menguntungkan.
2. Bahan baku berupa minyak berat tersedia banyak dan harganya relatif murah.
3. *Yield* yang dihasilkan dapat lebih besar.
4. Nilai *entalphi* reaksi paling kecil sehingga energi yang dibutuhkan palingsedikit.
5. Cara pengumpanan bahan bakar dan bahan baku perengkahan dapat dilakukan secara terpisah sehingga memudahkan proses kontrol hasil yang diinginkan.

1.3.2 Kegunaan Produk

Tabel 1.7 Kegunaan Produk

No.	Aplikasi	Peranan <i>Carbon Black</i>	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 <i>lifetime</i> rata-rata dari ban
2	Karet (sabuk, selang dan sepatu)	Pengeras	Sebagai suatu pengeras (<i>reinforcement</i>) yang memperbaiki sifat-sifat karet yang dikehendaki
3	Tinta dan Cat (<i>Pigment/ Coloring Agent</i>)	Pigmen	Sebagai pemberi warna hitam pada tinta maupun <i>coloring agent</i> lainnya seperti untuk percetakan berita di surat kabar
4	Plastik	Pigmen dan proteksi	Sebagai pemberi warna dan proteksi dari degradasi matahari. Dalam industri kabel listrik dari <i>polyethylene carbon black</i> berfungsi untuk memperpanjang proses deteorisasi

Lanjutan Tabel 1.7 Kegunaan Produk

5	Kertas (<i>album paper</i> , karton, bungkus, <i>opaque black paper</i> untuk film <i>photographic</i> dan <i>black tape</i>)	Pigmen	Sebagai pemberi warna hitam pada industri kertas
---	---	--------	--

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

1.3.3 Tinjauan Proses Secara Umum

Karbon industri yang tidak di fabrikasi antara lain jelaga lampu, jelaga karbon, karbon aktif, grafit dan industri intan. Tiga yang pertama diatas merupakan contoh *carbon amorph*. Jelaga lampu (*lamp black*) terbentuk dari pembakaran tak sempurna zat padat atau zat cair. Jelaga lampu sekarang berangsur – angsur digantikan oleh jelaga karbon (*carbon black*) yang merupakan *carbon amorph* yang paling penting dan juga merupakan produk dari pembakaran tak sempurna.

Carbon black didefinisikan sebagai bahan hitam yang berbentuk bubuk atau granula. Terbentuk melalui proses pembakaran bahan bakar hidrokarbon seperti minyak, gas, atau *acetylene* dengan suplai udara berlebih. Proses ini dilakukan pada temperatur antara 1200-1900°C (650-1040°F). Hal ini menghasilkan asap hitam yang komposisi nya sebagian besar adalah *carbon black* dalam bentuk partikel kecil dan disertai gas buangnya (*tail gas*).

Carbon black merupakan hasil reaksi *combustion* tak sempurna dari petroleum berat seperti *Fluid Catalytic Cracking (FCC) tar*, *coal tar*, *ethylene cracking tar*, dan dari minyak nabati dalam jumlah kecil. *Carbon black* bukanlah *soot* (jelaga) atau *black carbon* karena merupakan hasil pembakaran tidak

sempurna, yang mana keduanya dalam bentuk umum diaplikasikan untuk produk yang dihasilkan dari reaksi pembakaran yang tidak sempurna dari karbon yang mengandung material seperti minyak, *fuel oil* atau *gasoline*, batubara, kertas, karet, plastik dan material limbah. *Soot* dan *black carbon* juga mengandung diklorometana dalam jumlah besar dan *toluene* sebagai material tetap, dan kandungan abu sebesar 50 % atau lebih.

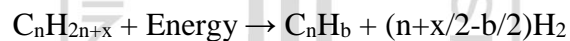
Kualitas *carbon black* dipengaruhi oleh ukuran partikel, *surface area*, dan pH. Penelitian mengungkapkan bahwa lebih kecil partikel *carbon black* yang memberikan kualitas ketahanan abrasi yang lebih baik bila dibandingkan dengan partikel yang lebih besar. *Carbon black* banyak digunakan dalam industri *rubber*.

Carbon black dapat diproduksi melalui reaksi oksidasi parsial dan dekomposisi *thermal* dari hidrokarbon cair maupun gas. Reaksi yang terjadi pada oksidasi parsial meliputi tiga langkah sebagai berikut.

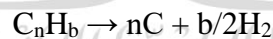
1. *Combustion*



2. *Cracking*



3. *Synthesis*



(Kirk dan Othmer, 2005)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1 Carbon Black

Rumus	: C
Berat Molekul	: 12 kg/kmol
Bentuk	: Pellet
Warna	: Hitam
Sifat	: Amorph
Diameter Partikel	: 400 Å – 500 Å
Surface Area	: 40 -50 m ² /gr N ₂ adsorption
pH (derajat keasaman)	: 8 – 9
Oil Absorption	: 0,9 – 1,1 cm ² /gr
Kekuatan Pewarnaan (Kirk Othmer, Vol 4, Tabel 3, 255)	: 150% - 180% (skala FF)
Specific Grafity	: 1,8 – 2,1 gr/cm ³
Melting Point	: > 3500°C
Boiling Point	: 4200°C
Solubility in water (Perry 7ed, T.2-1)	: tidak larut
Ukuran rata-rata	: 2 mm
Komposisi	
C	: 97%
H ₂ O	: 1%
Molasses	: 2%

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

2.2.1 Residual Oil

Rumus Kimia	: $C_{20}H_{42}$
Warna	: Hitam atau Cokelat Gelap
Bentuk	: Cairan Kental atau Semi Padat
<i>Specific Gravity</i>	: 0,93 - 1
Titik Didih	: $343^{\circ}C$
<i>Flash Point</i>	: $60^{\circ}C$
Digunakan untuk	: <i>Fuel, Carbon Black</i>
Komposisi Residual Oil	:

Tabel 2.1 Komposisi *Residual Oil*

Komponen	% Berat	Ar
$C_{20}H_{42}$	87,75	12
H_2O	10,49	2
S	0,84	32
O_2	0,64	32
N_2	0,28	28
Total	100	

2.2.2 Oksigen (dari udara)

Komposisi udara :

Tabel 2.2 Komposisi Udara

Komponen	% Berat
N	79
O_2	21
Total	100

Rumus Kimia	: O ₂
Berat Molekul	: 32 kg/kmol
Titik Didih Normal	: -183°C
Suhu Kritis	: 154,6 K
Tekanan Kritis	: 50,5 bar
Kenampakan	: Gas Tidak Berwarna

2.3 Spesifikasi Bahan Pembantu

2.3.1 Air

Rumus Molekul	: H ₂ O
Berat Molekul	: 18 kg/kmol
<i>Density</i>	: 1000 kg/m ³
Titik Didih	: 100°C

2.3.2 Molasses

<i>Specific Gravity</i>	: 1,17
Berat Molekul	: 180,1577 g/mol
Titik Didih	: 102°C

2.4 Pengendalian Kualitas

Setelah perencanaan produksi disusun dan diproses dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standar, berkualitas baik, dapat dipasarkan dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal.

Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat pada *control room*, dilakukan dengan cara *automatic control* yang menggunakan *indicator*. Apabila terjadi penyimpangan pada *indicator* dapat diketahui dari sinyal atau tanda (nyala lampu, alarm) dan penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada posisi set yang telah ditentukan di awal baik secara manual atau otomatis.

Alat *control* yang harus diatur pada kondisi tertentu antara lain:

a. *Level Controller*

Level Controller merupakan alat yang dipasang pada bagian dinding tangki berfungsi sebagai pengendalian volume cairan tangki / *vessel*.

b. *Flow Rate Controller*

Flow Rate Controller merupakan alat yang dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk, dan aliran keluar proses.

c. *Temperature Controller*

Alat ini mempunyai set point/ batasan nilai suhu yang dapat diatur. Jika belum sesuai dengan set pointnya maka akan timbul sinyal/ tanda (nyala lampu, alarm).

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pra-rancangan pabrik *carbon black* ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, dan pengendalian kualitas produk.

2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan

Pengendalian kualitas bahan baku digunakan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai standar spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Oleh karena itu sebelum dilakukannya proses produksi, maka harus dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku dengan tujuan agar bahan baku yang digunakan dalam proses produksi dapat berjalan dengan baik di dalam pabrik. Kualitas bahan baku akan memengaruhi kualitas produk akhir yang akan di produksi. Dalam pra rancangan ini, jika proses produksi dilaksanakan secara wajar dengan bahan baku yang baik akan diperoleh produk akhir yang baik. Pendekatan bahan baku merupakan pendekatan terhadap kualitas bahan baku yang akan digunakan dalam proses produksi. Bahan baku berupa *residual oil* disimpan di dalam tangki penampung.

2.4.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas proses perlu diperhatikan karena walaupun bahan baku yang dipergunakan memiliki kualitas yang tinggi, akan tetapi jika kualitas proses tidak mengikuti persyaratan yang telah ditentukan, maka kemungkinan besar kualitas produk akhir tidak memuaskan. Kualitas proses produksi sangat memengaruhi kualitas produk akhir sehingga untuk pengawasannya perlu ditekankan pada pengendalian kualitas proses yang sedang berlangsung. Sebelum menjalankan proses, bahan baku terlebih dahulu dipanaskan untuk mempermudah proses pembakaran. Bahan baku *residual oil* dari tangki penampung diumpungkan ke dalam *furnace* bersama udara dari blower.

2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk dilakukan dengan pengujian dan pengetesan terhadap produk akhir sebagai upaya pembentukan kualitas produk akhir. Sehingga dapat diyakinkan bahwa produk yang diproduksi perusahaan merupakan produk yang dapat dipertanggungjawabkan kualitasnya. Produk yang dihasilkan adalah *carbon black* dengan berbentuk pellet. Pellet yang sudah dikeringkan di *rotary dryer* ditampung pada *silo*.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Pabrik *carbon black* merupakan pabrik yang berbahan baku *residual oil*. Pabrik ini dirancang dengan kapasitas produksi 55.000 ton/tahun dan beroperasi selama 24 jam dan 330 hari dalam setahun.

3.1.1 Tahapan Persiapan Bahan Baku

Bahan bakar berupa *residual oil* dialirkan dari Tangki Penyimpanan Bahan Bakar (T-01) menuju *Heat Exchanger* (HE-01) untuk dinaikkan suhunya dari 60°C menjadi 170°C. Kemudian *residual oil* umpan perengkahan dialirkan dari Tangki Penyimpanan Bahan Baku (T-02) menuju *Heat Exchanger* (HE-02) untuk mendapatkan pemanasan sehingga suhunya naik menjadi 300°C. Udara pembakaran dialirkan menuju *Heat Exchanger* (HE-03) untuk dinaikkan suhunya menjadi 300°C.

3.1.2 Tahapan Reaksi

Residual oil umpan dan udara panas diumpankan bersamaan menuju Reaktor (R-01) untuk dibakar. *Residual oil* dimasukkan pada ruang pencampuran dalam reaktor sehingga bertemu gas panas hasil pembakaran untuk diuapkan dan dinaikkan suhunya menjadi suhu perengkahan. Reaksi perengkahan bereaksi pada suhu 1600°C dan tekanan 9,914 atm, kemudian menghasilkan *carbon* dan gas H₂. Reaksi perengkahan :



Reaksi perengkahan diberhentikan pada suhu 1447°C dengan pendinginan menggunakan air jenuh dengan suhu 180°C tekanan 9,914 atm pada *Quencher* (Q-01). Campuran gas dan *cabon black* kemudian dimasukkan ke dalam Siklon (CY-01) di mana *carbon black* akan dipisahkan dari campuran gas. Dari Siklon (CY-01) *carbon black* diumpankan ke *Pelletizer* (P-01) untuk dijadikan *pellet 2*

mm.

3.1.3 Tahap Penyimpanan

Pellet carbon black dikeringkan dalam *Rotary Dryer* (RD-01) sehingga kadar airnya turun. Kemudian melalui *Belt Conveyor* (BC-01) dan *Bucket Elevator* (BE-01), *pellet carbon black* di simpan dalam *Silo* (S-01).

3.2 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat pada pabrik *carbon black* dirancang dengan beberapa pertimbangan efisiensi dan optimasi proses. Adapun spesifikasi pada masing-masing alat yang digunakan dalam pabrik *carbon black* yaitu :

3.2.1 Reaktor (R-01)

Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor (R-01)

REAKTOR (R-01)	
Fungsi	Tempat terjadinya pembakaran <i>residual oil</i> bahan bakar dan perengkahan <i>residual oil</i> umpan menjadi <i>carbon black</i> dan gas H ₂
Jenis	Reaktor <i>Furnace</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	P : 9,91 atm T : 1600 °C
Bahan Konstruksi	Bata Tahan Api : 0,40 m Isolasi <i>Fiber Blanket</i> : 0,26 m <i>Carbon Steel</i> : 0,01 m
Zona Pembakaran	Diameter : 0,66 m Panjang : 0,96 m Volume : 0,30 m ³
Zona Pencampuran	Bentuk : Kerucut Terpenggal

Lanjutan Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor (R-01)

	Diameter : 0,69 m
	Panjang : 1,27 m
	Volume : 0,24 m ³
Throat	Diameter : 0,23 m
	Panjang : 0,22 m
	Volume : 0,01 m ³
Zona Reaksi	Diameter : 0,34 m
	Panjang : 4,80 m
	Volume : 0,44 m ³
Harga	US\$ 1.434.634 /Buah

3.2.2 Quencher (Q-01)

Tabel 3.2 Spesifikasi Quencher (Q-01)

QUENCHER (Q-01)	
Fungsi	Melakukan pendinginan langsung terhadap gas hasil perengkahan
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	P : 9,91 atm
	T : 1447 °C
Bahan Konstruksi	Bata Tahan Api : 0,40 m
	Isolasi <i>Fiber Blanket</i> : 0,26 m
	<i>Carbon Steel</i> : 0,01 m
Spesifikasi	Diameter : 1,37 m

Lanjutan Tabel 3.2 Spesifikasi *Quencher* (Q-01)

	Panjang : 2,16 m
	Volume : 3,19 m ³
Harga	US\$ 842.580 /Buah

3.2.3 Siklon (CY-01)

Tabel 3.3 Spesifikasi Siklon (CY-01)

Siklon (CY-01)	
Fungsi	Memisahkan butiran <i>carbon black</i> dari campuran gaskeluar WHB-01
Jenis	<i>Centrifugal Cyclones</i>
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>
Kapasitas	25084,68 m ³ /jam
Kondisi Operasi	P : 9 atm
	T : 250 °C
Spesifikasi	Diameter (Dc) : 1,52 m
	Tinggi <i>Inlet Duct</i> (Hc) : 0,76 m
	Lebar <i>Inlet Duct</i> (Bc) : 0,30 m
	Diameter Pipa Keluar Gas (De) : 0,76 m
	Diameter Pipa Keluar Padatan (Jc) : 0,57 m
	Panjang Zona Tangensial (Zc) : 3,81 m

	Panjang Zona <i>Duct</i> (Lc)	: 2,29 m
--	-------------------------------	----------

Lanjutan Tabel 3.3 Spesifikasi Siklon (CY-01)

	Jarak <i>Duct</i> dengan Pipa Keluar Gas (Sc)	: 0,19 m
	Luas <i>Duct</i> (A1)	: 0,23 m ²
	Luas Pipa Keluar	: 0,46 m ²
Harga	US\$ 25.700 /Buah	

3.2.4 Pelletizer (PLT-01)

Tabel 3.4 Spesifikasi Pelletizer (PLT-01)

PELLETIZER (PLT-01)	
Fungsi	Membuat pasta <i>carbon clack</i> menjadi pellet <i>carbon clack</i>
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>
Kapasitas	17,48 m ³ /jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 70 °C
Spesifikasi	Diameter : 0,76 m
	Panjang : 2,00 m
	Luas Penampang : 0,45 m ²
	Tebal <i>Shell</i> : 0,19 m
	Panjang <i>Shell</i> : 2,00 m
Harga	US\$ 31.636 /Buah

3.2.5 Rotary Dryer (RD-01)

Tabel 3.5 Spesifikasi Rotary Dryer (RD-01)

ROTARY DRYER (RD-01)	
Fungsi	Mengeringkan <i>pellet carbon black</i>
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 70 °C
Spesifikasi	Diameter : 2,50 m
	Panjang : 16,10 m
	Volume : 79,03 m ³
	Kecepatan Putar : 2,29 rpm
	<i>Slope</i> : 2,00 mm
	Daya Listrik : 9 Hp
	Jenis <i>Flight</i> : <i>Radial Flight</i>
	Tinggi <i>Flight</i> : 0,25 m
	Jumlah : 50
	Jarak : 0,02 m
Harga	US\$ 499.846 /Buah

3.2.6 Tangki Penyimpanan Bahan Bakar (T-01)

Tabel 3.6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Bakar (T-01)

TANGKI PENYIMPANAN BAHAN BAKAR (T-01)	
Fungsi	Menyimpan <i>residual oil</i> bahan bakar selama 7 hari
Jenis	<i>Flat Bottomed and Cone Roof</i>

Lanjutan Tabel 3.6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Bakar (T-01)

Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	507618,20 m ³
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 60 °C
Spesifikasi	Diameter : 60 ft
	Tinggi : 24 ft
	<i>Number of Courses</i> : 4
	θ : 18,59
	α : 71,40
	Tebal <i>Head</i> : ¼ inchi
Harga	US\$ 328.267 / Buah

3.2.7 Tangki Penyimpanan Bahan Baku (T-02)

Tabel 3.7 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Baku (T-02)

TANGKI PENYIMPANAN BAHAN BAKU (T-02)	
Fungsi	Menyimpan <i>residual oil</i> bahan baku perengkahan selama 7 hari
Jenis	<i>Flat Bottomed and Cone Roof</i>
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	863655,97 m ³

Lanjutan Tabel 3.7 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Baku (T-02)

Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 60 °C
Spesifikasi	Diameter : 70 ft
	Tinggi : 30 ft
	<i>Number of Courses</i> : 5
	θ : 15,09
	α : 74,90
	Tebal <i>Head</i> : ¼ inchi
Harga	US\$ 249.346 /Buah

3.2.8 Tangki *Molasses* (T-03)

Tabel 3.8 Spesifikasi Tangki *Molasses* (T-03)

TANGKI MOLASSES (T-03)	
Fungsi	Menyimpan <i>molasses</i> selama 15 hari
Jenis	<i>Flat Bottomed and Cone Roof</i>
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>
Kapasitas	28201,01 m ³
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Diameter : 20 ft
	Tinggi : 12 ft

Lanjutan Tabel 3.8 Spesifikasi Tangki *Molasses* (T-03)

	<i>Number of Courses</i> : 2
	θ : 12
	α : 80
	Tebal <i>Head</i> : 3/16 inchi
Harga	US\$ 31.627 /Buah

3.2.9 Tangki Pencampur *Molasses* (T-04)

Tabel 3.9 Tangki Pencampur *Molasses* (T-04)

TANGKI PENCAMPUR MOLASSES (T-04)	
Fungsi	Mencampur <i>molasses</i> dengan air hingga diperoleh konsentrasi <i>molasses</i> sebesar 3%
Jenis	<i>Flat Bottomed, Dome Roof</i> , dan Berpengaduk
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>
Kapasitas	881,29 m ³
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Diameter : 5 ft
	Tinggi : 6 ft
	<i>Number of Courses</i> : 1
	Θ : 3,55

Lanjutan Tabel 3.9 Tangki Pencampur *Molasses* (T-04)

	α : 86,44
	Tebal <i>Head</i> : 3/16 inchi
Harga	US\$ 3.226 /Buah

3.2.10 Tangki Pencampuran (T-05)

Tabel 3.10 Spesifikasi Tangki Pencampuran (T-05)

TANGKI PENCAMPURAN (T-05)	
Fungsi	Tempat pencampuran antara <i>carbon black</i> keluar dari CY-01 dengan larutan <i>molasses</i>
Jenis	<i>Cylindrical Vessel</i>
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>
Kapasitas	6,31 m ³
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 80 °C
Spesifikasi	Sudut Dasar : 45
	Diameter : 5,74 ft
	Tinggi <i>Shell</i> : 8,61 ft
	Tinggi <i>Bottom</i> : 2,87 ft
	Tebal : 3/16 in
	<i>Power</i> Pengadukan : 62 Hp
Impeller	Jenis : <i>Curve Blade Impeller</i>

Lanjutan Tabel 3.10 Spesifikasi Tangki Pencampuran (T-05)

	Diameter : 0,30 m
Nozzle	Jumlah : 4
	Size of Nozzle : ½ inchi
Harga	US\$ 7.588 /Buah

3.2. 11 Silo (S-01)

Tabel 3.11 Spesifikasi Silo (S-01)

SILO (S-01)	
Fungsi	Menyimpan <i>carbon black</i> denganlaju produksi 10731.0413 kg/jam untuk produksi selama 7 hari
Jenis	<i>Cylindrical Vessel</i> dengan dasar <i>Conical</i>
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	3025,95 m ³
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Sudut dasar : 45
	Diameter : 9,74 m
	Tinggi <i>Shell</i> : 19,49 m
	Tinggi <i>Bottom</i> : 4,87 m
	Tinggi total : 24,36 m
Harga	US\$ 109.403 /Buah

3.2.12 Hopper (H-01)

Tabel 3.12 Spesifikasi Hopper (H-01)

HOPPER (HO-01)	
Fungsi	Mengatur <i>carbon black</i> masuk Silo
Jenis	Tangki persegi empat tegak dengan bagian bawah mengecil
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	4,91 m ³
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Panjang : 1,35 m
	Lebar : 1,35 m
	Tinggi : 2,02 m
	Tebal : 3/16 inchi
Harga	US\$ 14.823 /Buah

3.2.13 Waste Heat Boiler (WHB-01)

Tabel 3.13 Spesifikasi Waste Heat Boiler (WHB-01)

WASTE HEAT BOILER (WHB-01)	
Fungsi	Membangkitkan <i>steam</i> dengan memanfaatkan panas dari gas output <i>Quencher</i> (Q-01)
Jenis	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	2 buah

Lanjutan Tabel 3.13 Spesifikasi Waste Heat Boiler (WHB-01)

Bahan	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11</i>
Kondisi Operasi	P : 9,91 atm
	T : 808,04 °C
Spesifikasi Shell	Fluida : <i>Flue Gas</i>
	Suhu : 808,04 °C - 250 °C
	ID : 25 inchi
	<i>Passes</i> : 1
Spesifikasi Tube	Fluida : Air
	Suhu : 30 °C - 220 °C
	OD : ¾ inchi 16 BWG
	Panjang : 16 ft
	Jumlah : 422
	<i>Passes</i> : 4
	<i>Pitch</i> : 1 inchi <i>Triangular Pitch</i>
Harga	US\$ 150.118 /Buah

3.2.14 Separator (SD-01)

Tabel 3.14 Spesifikasi Separator (SD-01)

SEPARATOR (SD-01)	
Fungsi	Memisahkan campuran uap-cair H ₂ O keluar <i>Waste Heat Boiler</i> (WHB-01)
Jenis	Silinder Vertikal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11</i>
Kondisi Operasi	P : 15,35 atm
	T : 200 °C

Lanjutan Tabel 3.14 Spesifikasi Separator (SD-01)

Spesifikasi	Diameter : 0,76 m
	Tinggi : 2,40 m
	Volume : 0,54 m ³
	Tebal : 5/8 inchi
Harga	US\$ 6.348 /Buah

3.2.15 Heat Exchanger (HE-01)

Tabel 3.15 Spesifikasi Heat Exchanger (HE-01)

HEAT EXCHANGER (HE-01)	
Fungsi	Memaskan bahan bakar dengan <i>steam</i> jenuh 10 atm
Jenis	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11</i>
Kondisi Operasi	P : 10 atm
	T : 200 °C
Spesifikasi Shell	Fluida : <i>Residual Oil</i>
	Suhu : 60 °C - 170 °C
	ID : 21 ¼ inchi
	<i>Bafflespace</i> : 12,25 inchi
	<i>Passes</i> : 1
Spesifikasi Tube	Fluida : <i>Steam</i>

Lanjutan Tabel 3.15 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-01)

	Suhu : 200 °C
	OD : 1 ½ inchi 16 BWG
	Panjang : 16 ft
	Jumlah : 66
	Passes : 2
	Pitch : 1 7/8 inchi <i>Triangular Pitch</i>
Harga	US\$ 20.000 /Buah

3.2.16 *Heat Exchanger* (HE-02)

Tabel 3.16 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-02)

HEAT EXCHANGER (HE-02)	
Fungsi	Memanaskan <i>residual oil</i> bahan baku dengan <i>steam</i> jenuh 10 atm
Jenis	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11</i>
Kondisi Operasi	P : 10 atm
	T : 320 °C
Spesifikasi Shell	Fluida : <i>Residual Oil</i>
	Suhu : 60 °C - 300 °C
	ID : 25 inchi
	<i>Bafflespace</i> : 15 inchi

Lanjutan Tabel 3.16 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-02)

	<i>Passes</i> : 1
Spesifikasi Tube	Fluida : <i>Steam</i>
	Suhu : 320 °C
	<i>OD</i> : 1 ½ inchi 16 BWG
	Panjang : 16 ft
	Jumlah : 66
	<i>Passes</i> : 2
	<i>Pitch</i> : 1 7/8 inchi <i>Triangular Pitch</i>
Harga	US\$ 36.800 /Buah

3.2.17 *Heat Exchanger* (HE-03)

Tabel 3.17 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-03)

HEAT EXCHANGER (HE-03)	
Fungsi	Memanaskan udara pembakaran dengan <i>steam</i> jenuh 10 atm
Jenis	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11</i>
Kondisi operasi	P : 10 atm
	T : 320 °C
Spesifikasi Shell	Fluida : Udara pembakaran

Lanjutan Tabel 3.17 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-03)

	Suhu : 86 °C - 300 °C
	<i>ID</i> : 29 inchi
	<i>Bafflespace</i> : 17,40 inchi
	<i>Passes</i> : 1
Spesifikasi Tube	Fluida : <i>Steam</i>
	Suhu : 320 °C
	<i>OD</i> : ¾ inchi 16 BWG
	Panjang : 16 ft
	Jumlah : 745
	<i>Passes</i> : 1
	<i>Pitch</i> : 1 inchi <i>Triangular Pitch</i>
Harga	US\$ 81.500 /Buah

3.2.18 *Heat Exchanger* (HE-04)

Tabel 3.18 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-04)

HEAT EXCHANGER (HE-01)	
Fungsi	Memanaskan air pendingin <i>Quencher</i> (Q-01) dengan <i>steam</i> jenuh 10 atm
Jenis	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11</i>

Lanjutan Tabel 3.18 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-04)

Kondisi Operasi	P : 10 atm
	T : 200 °C
Spesifikasi <i>Shell</i>	Fluida : Air
	Suhu : 30 °C - 180 °C
	<i>ID</i> : 27 inchi
	<i>Bafflespace</i> : 16,2 inchi
	<i>Passes</i> : 1
Spesifikasi <i>Tube</i>	Fluida : <i>Steam</i>
	Suhu : 200 °C
	<i>OD</i> : ¾ inchi 16 BWG
	Panjang : 16 ft
	Jumlah : 559
	<i>Passes</i> : 1
	<i>Pitch</i> : 1 inchi <i>Triangular Pitch</i>
Harga	US\$ 74.400 /Buah

3.2.19 Pompa (P-01)

Tabel 3.19 Spesifikasi Pompa (P-01)

POMPA (P-01)	
Fungsi	Mengalirkan bahan bakar dari Tangki Penyimpanan Bahan Bakar (T-01) ke HE-01 sebanyak 5703,31 kg/jam
Jenis	Pompa <i>Reciprocating</i>
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kapasitas	6.75 m ³ /jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 60 °C
Spesifikasi	NPS : 1 ¼ inchi
	Sch : 40
	<i>Power Motor</i> : 5 Hp
	Efisiensi : 0,70
Harga	US\$ 3.700 /Buah

3.2.20 Pompa (P-02)

Tabel 3.20 Spesifikasi Pompa (P-02)

POMPA (P-02)	
Fungsi	Mengalirkan bahan bakar dari Tangki Penyimpanan Bahan Baku (T-02) ke HE-02 sebanyak 10332,03 kg/jam
Jenis	Pompa <i>Reciprocating</i>

Lanjutan Tabel 3.20 Spesifikasi Pompa (P-02)

Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kapasitas	12,22 m ³ /jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 60 °C
Spesifikasi	NPS : 2 inchi
	Sch : 40
	<i>Power Motor</i> : 8 Hp
	Efisiensi : 0,75
Harga	US\$ 4.900 /Buah

3.2.21 Pompa (P-03)

Tabel 3.21 Spesifikasi Pompa (P-03)

POMPA (P-03)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Utilitas ke HE-03
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11</i>
Kapasitas	27,05 m ³ /jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	NPS : 3 inchi

Lanjutan Tabel 3.21 Spesifikasi Pompa (P-03)

	Sch : 40
	<i>Power Motor</i> : 15 Hp
	Efisiensi : 0,78
Harga	US\$ 11.400 /Buah

3.2.22 Pompa (P-04)

Tabel 3.22 Spesifikasi Pompa (P-04)

POMPA (P-04)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Utilitas ke WHB-01
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11</i>
Kapasitas	1,66 m ³ /jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	NPS : ¾ inchi
	Sch : 40
	<i>Power Motor</i> : 3 Hp
	Efisiensi : 0,7
Harga	US\$ 4.900 /Buah

3.2.23 Pompa (P-05)

Tabel 3.23 Spesifikasi Pompa (P-05)

POMPA (P-05)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Utilitas ke Tangki Pencampur <i>Molasses</i> (T-04)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11</i>
Kapasitas	3,82 m ³ /jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	NPS : 1 ¼ inchi
	Sch : 40
	<i>Power Motor</i> : 1 Hp
	Efisiensi : 0,70
Harga	US\$ 6.700 /Buah

3.2.24 Pompa (P-06)

Tabel 3.24 Spesifikasi Pompa (P-06)

POMPA (P-06)	
Fungsi	Mengalirkan <i>molasses</i> dari <i>Tangki Molasses</i> (T-03) ke Tangki Pencampur <i>Molasses</i> (T-04)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah

Lanjutan Tabel 3.24 Spesifikasi Pompa (P-06)

Bahan	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11</i>
Kapasitas	0,23 m ³ /jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	NPS : ¼ inchi
	Sch : 40
	<i>Power Motor</i> : 1 Hp
	Efisiensi : 0,70
Harga	US\$ 1.400 /Buah

3.2.25 Pompa (P-07)

Tabel 3.25 Spesifikasi Pompa (P-07)

POMPA (P-07)	
Fungsi	Mengalirkan larutan <i>molasses</i> dari Tangki Pencampur <i>Molasses</i> (T-04) ke Tangki Pencampuran (T-05)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11</i>
Kapasitas	4,05 m ³ /jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	NPS : 1 inchi

Lanjutan Tabel 3.25 Spesifikasi Pompa (P-07)

	Sch : 40
	Power Motor : 1 Hp
	Efisiensi : 0,70
Harga	US\$ 3.200 /Buah

3.2.26 Pneumatic Conveyor (PC-01)

Tabel 3.26 Spesifikasi *Pneumatic Conveyor* (PC-01)

PNEUMATIC CONVEYOR (PC-01)	
Fungsi	Mengangkut <i>carbon black</i> dari <i>Cyclone</i> (CY-01) menuju Tangki Pencampuran (T-05)
Jumlah	1 Rangkaian
Spesifikasi	Diameter Pipa : 6 inchi
	Panjang Ekuivalen : 32,5 m
	Power : 27 Hp
Harga	US\$ 148.800 /Buah

3.2.27 Screw Conveyor (SC-01)

Tabel 3.27 Spesifikasi *Screw Conveyor* (SC-01)

SCREW CONVEYOR (SC-01)	
Fungsi	Mengangkut pasta <i>carbon black</i> dari Tangki Pencampuran (T-05) menuju <i>Pelletizer</i> (PLT-01)
Jumlah	1 Buah
Kapasitas	15 ton/jam

Lanjutan Tabel 3.27 Spesifikasi *Screw Conveyor* (SC-01)

Spesifikasi	Panjang : 3,66 m
	<i>Diameter of Flights</i> : 10 inchi
	<i>Diameter of Pipe</i> : 2 ½ inchi
	<i>Diameter of Shaft</i> : 2 inchi
	<i>Power</i> : 10 Hp
Harga	US\$ 3.700 /Buah

3.2.28 *Belt Conveyor* (BC-01)

Tabel 3.28 Spesifikasi *Belt Conveyor* (BC-01)

<i>BELT CONVEYOR (BC-01)</i>	
Fungsi	Mengangkut pellet <i>carbon black</i> dari <i>Rotary Dryer</i> (RD-01) menuju <i>Silo</i> (S-01)
Jenis	<i>Troughed Belt on 20-deg Idlers</i>
Jumlah	1 Buah
Kapasitas	10,37 ton/jam
Spesifikasi	Panjang : 213,25 ft
	Kecepatan <i>Belt</i> : 100 fpm
	Lebar : 16 inchi
	<i>Power</i> : 2 Hp
Harga	US\$ 79.500 /Buah

3.2.29 *Bucket Elevator (BE-01)*

Tabel 3.29 Spesifikasi *Bucket Elevator (BE-01)*

<i>BUCKET ELEVATOR (BE-01)</i>	
Fungsi	Mengangkut <i>carbon black</i> dari <i>Rotary Dryer (RD-01)</i> ke <i>Silo (S-01)</i>
Jumlah	1 Buah
Kapasitas	10,73 ton/jam
Spesifikasi	Ukuran <i>Bucket</i> : 6 × 4 × 4 1/4 inchi
	Kecepatan <i>Bucket</i> : 225 fpm
	Jarak antar <i>Bucket</i> : 12 inchi
	Lebar <i>Belt</i> : 7 inchi
	Elevasi : 94,68 ft
	<i>Power</i> : 3 Hp
Harga	US\$ 23.000 /Buah

3.2.30 *Blower (B-01)*

Tabel 3.30 Spesifikasi *Blower (B-01)*

<i>BLOWER (B-01)</i>	
Fungsi	Mengalirkan udara masuk <i>Pneumatic Conveyor (PC-01)</i>
Jenis	<i>Rotary Blower</i>
Jumlah	1 Buah
Kapasitas	1699,01 m ³ /jam
Bahan	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>

Lanjutan Tabel 3.30 Spesifikasi *Blower* (B-01)

Daya Motor Aktual	22 Hp
Harga	US\$ 29.100/ Buah

3.2.31 *Compressor* (C-01)

Tabel 3.31 Spesifikasi *Compressor* (C-01)

COMPRESSOR (C-01)	
Fungsi	Menekan udara proses
Jumlah	1 buah
Kapasitas	68565,39 m ³ /jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Daya Motor Aktual	424 Hp
Harga	US\$ 141.900 /Buah

3.2.32 *Fan* (F-01)

Tabel 3.32 Spesifikasi *Fan* (F-01)

FAN (F-01)	
Fungsi	Mengalirkan udara pengering masuk ke <i>Rotary Dryer</i> (RD-01)
Jumlah	1 Buah
Kapasitas	76273,05 m ³ /jam
Daya Motor Aktual	6 Hp
Harga	US\$ 6.100 /Buah

3.2.33 Fan (F-02)

Tabel 3.33 Spesifikasi Fan (F-01)

FAN (F-02)	
Fungsi	Menghisap udara pengering keluar <i>Rotary Dryer</i> (RD-01)
Jumlah	1 Buah
Kapasitas	117725,92 m ³ /jam
Daya Motor Aktual	8 Hp
Harga	US\$ 8.374 /Buah

3.2.34 Pompa Batch (PB-01)

Tabel 3.34 Spesifikasi Pompa Batch (PB-01)

POMPA BATCH (PB-01)	
Fungsi	Mengalirkan bahan bakar ke Tangki Bahan Bakar (T-01)
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Carbon Steel SA 283</i>
Kapasitas	94,44 m ³ /jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	NPS : 6 inchi
	Sch : 40
	<i>Power Motor</i> : 2 Hp
	Efisiensi : 0,95
Harga	US\$ 13.500 /Buah

3.2.35 Pompa Batch (PB-02)

Tabel 3.35 Spesifikasi Pompa Batch (PB-02)

POMPA BATCH (PB-02)	
Fungsi	Mengalirkan bahan bakar ke Tangki Bahan Baku (T-02)
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Carbon Steel SA 283</i>
Kapasitas	171,09 m ³ /jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	NPS : 8 inchi
	Sch : 40
	Panjang pipa lurus : 10 m
	Beda ketinggian : 2 m
	<i>Power Motor</i> : 3 Hp
	Efisiensi : 0,80
Harga	US\$ 15.200 /Buah

3.2.36 Pompa Batch (PB-03)

Tabel 3.36 Spesifikasi Pompa Batch (PB-03)

POMPA BATCH (PB-03)	
Fungsi	Mengalirkan bahan bakar ke Tangki <i>Molasses</i> (T-03)
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Carbon Steel SA 283</i>
Kapasitas	20,63 m ³ /jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C

Lanjutan Tabel 3.36 Spesifikasi Pompa *Batch* (PB-03)

Spesifikasi	NPS	: 2 ½ inchi
	Sch	: 40
	Panjang pipa lurus	: 10 m
	Beda ketinggian	: 2 m
	<i>Power Motor</i>	: 1 Hp
	Efisiensi	: 0,70
Harga	US\$ 3.900 /Buah	

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Dasar pemilihan kapasitas perencanaan yaitu pada kebutuhan *carbon black* di Indonesia, ketersediaan bahan baku, dan ketentuan kapasitas minimal. Kebutuhan *carbon black* dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa industri kimia di Indonesia berkembang pesat. Diperkirakan kebutuhan *carbon black* akan terus meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan perkembangan industri-industri yang menggunakan *carbon black* sebagai bahan baku maupun bahan tambahan. Sehingga memungkinkan impor *carbon black* meningkat. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah sebesar 55.000 ton/tahun.

Hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan kapasitas produksi, yaitu :

1. Proyeksi Kebutuhan Dalam Negeri

Berdasarkan data statistik yang diterbitkan BPS (Badan Pusat Statistik) tentang kebutuhan *carbon black* di Indonesia cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Sehingga, dengan kapasitas tersebut diharapkan :

- Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri
- Dapat menghemat devisa negara karena laju Impor *carbon black* dapat

ditekan se-minimal mungkin

2. Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku pada pembuatan *carbon black* adalah penting dan harus diperhatikan dalam menentukan kapasitas pabrik. Diharapkan kebutuhan bahan baku berupa *residual oil* dapat diperoleh dari PT. Pertamina (Persero) *Refinery Unit* (RU) IV Cilacap.

3.3.2 Perencanaan Bahan Baku dan Peralatan Proses

Dalam penyusunan rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang harus di perhatikan, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang bersangkutan dengan kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

1. Kemampuan Pasar

Dibagi menjadi dua kemungkinan, yaitu :

- Kemampuan pasar lebih besar dari kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- Kemampuan pasar lebih kecil dari kemampuan pabrik. Sehingga perlu alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya :
 - a. Rencana produksi sesuai kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar, dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
 - b. Rencana produksi tetap dengan pertimbangan bahwa kelebihan produksi di simpan dan juga dipasarkan di tahun berikutnya.
 - c. Mencari daerah pemasaran.

2. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

a. Material (Bahan Baku)

Dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan terdapat target produksi yang diinginkan.

b. Manusia (Tenaga Kerja)

Tenaga kerja yang kurang terampil akan menimbulkan kerugian pada pabrik, sehingga perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat.

c. Mesin (Peralatan)

Terdapat dua hal yang memengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu. Kemampuan mesin adalah kemampuan suatu alat dalam proses produksi.



BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik dapat berpengaruh terhadap kelangsungan dan keberhasilan kegiatan industri. Untuk itu pemilihan lokasi pabrik perlu dipertimbangkan agar dapat memberikan biaya produksi dan distribusi minimum. Dalam menentukan lokasi pabrik pada prinsipnya ditentukan berdasarkan pertimbangan pada letak geografis, teknis, ekonomis dan lingkungan sehingga dapat memberikan keuntungan yang maksimal.

Dari pertimbangan tersebut lokasi pabrik dari pra-rancangan pabrik *carbon black* ini dipilih di daerah Cilacap, Jawa Tengah. Adapun faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik antara lain :

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

a. Ketersediaan Bahan Baku dan Pemasaran Produk

Lokasi pabrik sebaiknya tidak terlalu jauh dari tempat persediaan bahan baku dan tempat pemasaran produk untuk menghemat biaya, transportasi dan waktu produksi.

b. Sarana dan Prasarana Transportasi

Lokasi pabrik sebaiknya didirikan di wilayah yang memiliki sistem transportasi yang baik sehingga memperlancar dalam pengiriman maupun pemasukan barang.

c. Ketersediaan Tenaga Kerja

Lokasi pabrik juga harus memperhatikan kondisi lingkungan masyarakat sosial dan budaya. Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan memperlancar proses produksi.

d. Utilitas

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam suatu pabrik, baik digunakan untuk proses, pendingin, kantor dan kebutuhan sehari-hari. Untuk pemilihan lokasi pabrik harus mengutamakan yang dekat dengan sumber air seperti sungai, danau atau air laut.

Untuk persediaan bahan bakar, tenaga listrik harus cukup dan mudah untuk mendapatkannya.

e. Peraturan Pemerintah

Peraturan pemerintah juga berkaitan dengan perizinan untuk mendirikan pabrik di lokasi tersebut.

Berdasarkan pertimbangan faktor-faktor di atas, maka lokasi pabrik pembuatan *carbon black* yaitu di daerah Cilacap, Jawa Tengah. Untuk mendapatkan keuntungan yang optimal baik secara teknis maupun ekonomis, sehingga pemilihan lokasi ini didasarkan atas pertimbangan sebagai berikut :

1. *Residual oil* diperoleh dari PT. Pertamina (persero) Refinery Unit IV Cilacap.
2. Di Cilacap tersedia sarana transportasi darat dan laut yang memadai sehingga mempermudah dalam pengadaan peralatan pabrik dan pemasaran produk.
3. Lokasi pabrik dipilih pada daerah kawasan industri, sehingga dapat mempermudah dalam pengurusan surat perizinannya.
4. Mudah untuk mendapatkan tenaga kerja yang terampil dan terdidik, karena mengingat banyaknya sekolah menengah atas maupun perguruan tinggi di Jawa Tengah.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Hal yang harus diperhatikan agar mencapai kondisi optimal dalam menentukan tata letak pabrik, sebagai berikut :

1. Area perluasan pabrik dan penambahan alat perlu dipersiapkan supaya tidak ada masalah di kemudian hari saat penambahan kapasitas produksi pabrik atau untuk memproduksi bahan baku sendiri dan pemanfaatan luas area tanah se-efisien mungkin. Pabrik akan didirikan di daerah kawasan industri

Cilacap yaitu kawasan yang jauh dari kepadatan penduduk sehingga tersedia lahan yang cukup luas.

2. Faktor keamanan harus diperhatikan, seperti penataan instalasi listrik, bahan yang mudah terbakar, penempatan alat pemadam kebakaran sehingga terjaga dari bahaya kebakaran.
3. Pada saat proses produksi maupun perbaikan alat dapat dilakukan dengan mudah dan aman.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan suatu pengaturan dari fasilitas-fasilitas fisik sebuah perusahaan yang terdiri dari susunan departemen pusat kerja dan peralatan pabrik. Tata letak yang tepat sangat penting untuk mendapatkan efisiensi, keselamatan dan kelancaran kerja para pekerja serta keselamatan proses. Tempat karyawan bekerja, tempat penyimpanan bahan baku, tempat produksi dan tempat kegiatan lainnya harus ditempatkan sesuai prosedur keamanan.

Secara garis besar tata letak (*lay out*) pabrik dibagi menjadi beberapa bagian sebagai berikut :

1. Bagian Perkantoran dan Administrasi

Daerah pusat kegiatan perkantoran dan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran pabrik.

2. Bagian Laboratorium dan Ruang Kontrol

Laboratorium merupakan pusat kontrol kualitas bahan baku, produk dan limbah proses. Sedangkan ruang kontrol merupakan pusat kontrol berjalannya proses yang diinginkan (kondisi operasi, misalnya suhu dan tekanan). Bagian ini diletakkan dekat dengan bagian proses agar apabila terdapat masalah pada proses mudah untuk langsung diperbaiki.

3. Bagian Proses

Bagian tempat alat proses diletakkan dan proses berlangsung.

4. Bagian Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Tempat untuk tangki penyimpanan bahan baku dan produk yang berada di luar unit proses.

5. Bagian Gudang Bengkel (*Maintenance*) dan Garasi

Tempat penyimpanan peralatan pabrik dan tempat untuk keperluan perawatan alat proses.

6. Bagian Utilitas

Daerah di mana tempat penyediaan bahan pendukung untuk jalannya proses produksi. Ditempatkan dengan bagian proses agar sistem pemipaan lebih ekonomis dan jarak antara area utilitas dengan area proses kurang lebih 15 meter.

7. Bagian Fasilitas Umum

Daerah penunjang segala aktivitas pabrik dalam pemenuhan kepentingan pekerja, seperti tempat parkir, tempat ibadah, kantin dan pos keamanan.

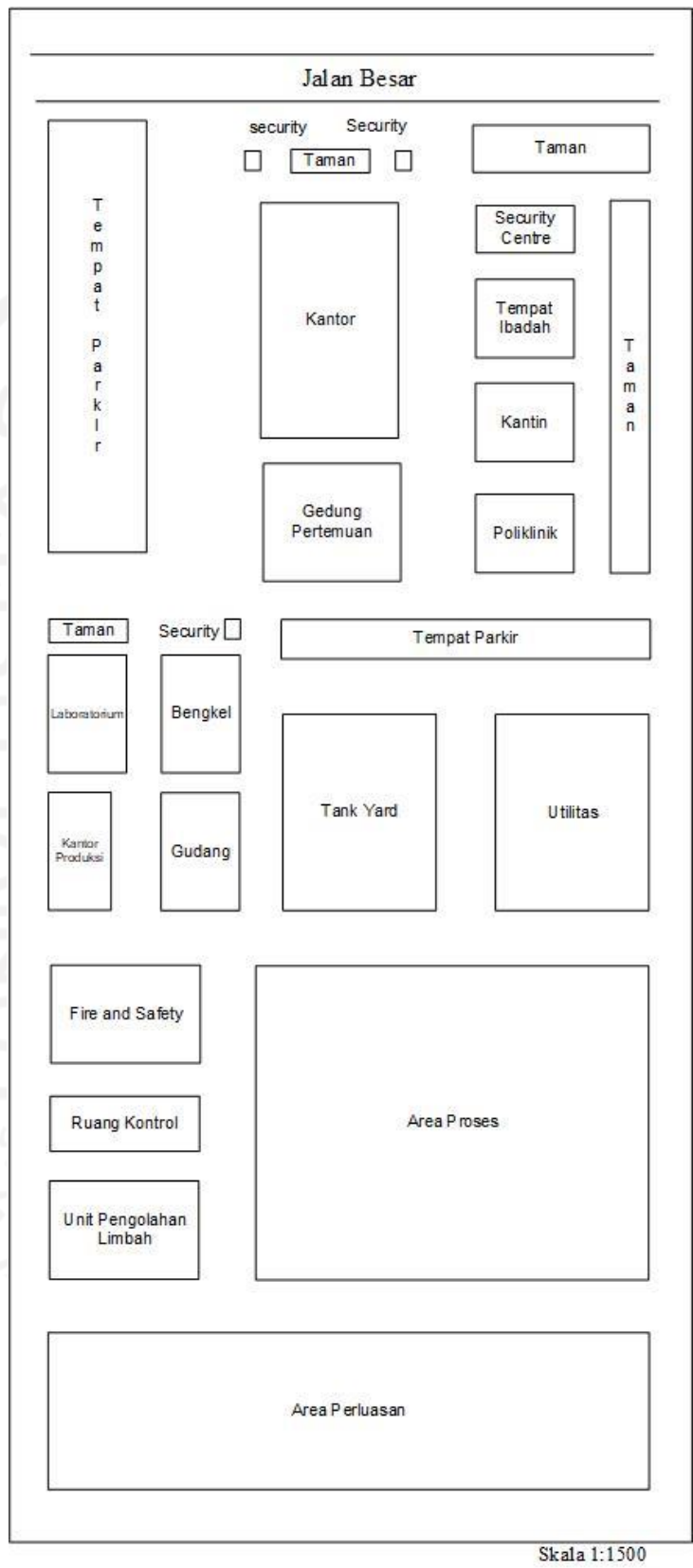
Perincian *lay-out* pabrik yang akan didirikan ditunjukkan pada Tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Rincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

No	Lokasi	Panjang	Lebar	Luas
		m	m	m ²
1	Jalan	160	12	1920
2	Parkir Utama	25	110	2750
3	Parkir Truk	94	10	940
4	Pos keamanan 1	4	5	20
5	Pos keamanan 2	4	5	20
6	Pos Keamanan 3	4	5	20
7	Taman 1	20	6	120
8	Taman 2	45	12	540
9	Taman 3	10	95	950

Lanjutan Tabel 4.1 Rincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

10	Taman 4	20	6	120
11	Kantor Utama	35	60	2100
12	Gedung Pertemuan	35	30	1050
13	Security Center	25	12	300
14	Tempat Ibadah	25	20	500
15	Kantin	25	20	500
16	Poliklinik	25	20	500
17	Laboratorium	20	30	600
18	Bengkel	20	30	600
19	Kantor Produksi	16	30	480
20	Gudang	20	30	600
21	Tank Yard	39	50	1950
22	Utilitas	39	50	1950
23	Area Proses	100	80	8000
24	Fire and Safety	38	25	950
25	Ruang Kontrol	38	14	532
26	Unit Pengolahan Limbah	38	25	950
27	Area Perluasan	153	40	6120
28	Mess (25 unit)	25	15	375
Luas Tanah				35457
Luas Bangunan				21997
Total		1102	847	57454



Gambar 4.1 Tata Letak Pabrik *Carbon Black* (Skala 1 : 1500)

4.3 Tata Letak Alat Proses

Hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan *lay-out* peralatan proses produksi, sebagai berikut : (Vilbrant,1959)

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat dapat menunjang kelancaran dan keamanan produksi serta dapat memberikan keuntungan ekonomi yang besar.

2. Aliran Udara

Adanya stagnasi udara atau udara tidak mengalir pada suatu tempat dapat menyebabkan akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat mengancam keselamatan para pekerja untuk itu perlu diperhatikan kelancaran aliran udara pada unit proses dan sekitarnya serta perhatikan arah hembusan angin.

3. Lalu Lintas Manusia

Tata letak peralatan pabrik perlu diperhatikan agar para pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat. Hal ini bertujuan apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Selain itu, keamanan para pekerja selama menjalani tugasnya harus diprioritaskan.

4. Cahaya

Adanya penerangan seluruh pabrik harus memadai dan untuk tempat-tempat proses yang berbahaya dan beresiko tinggi perlu penerangan tambahan.

5. Pertimbangan Ekonomi

Dalam penempatan alat-alat proses pada pabrik diusahakan dapat menekan biaya operasi dan menjamin keamanan dan kelancaran produksi pabrik.

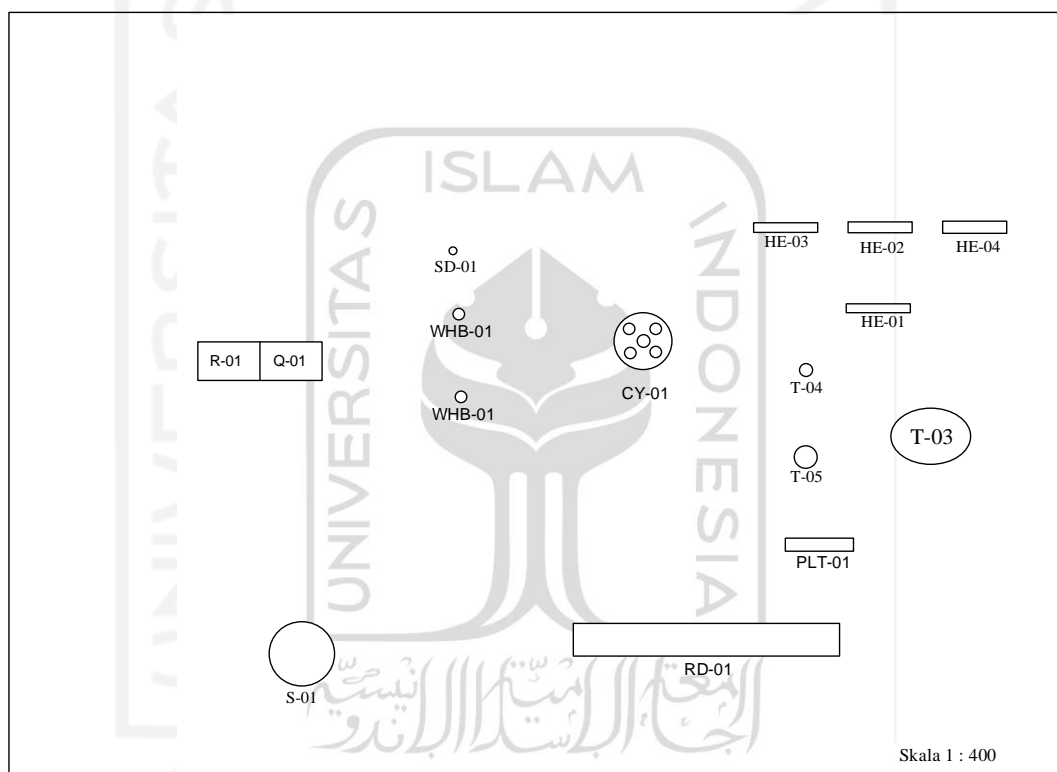
6. Jarak Antar Alat Proses

Apabila terdapat alat proses dengan suhu dan tekanan yang tinggi untuk penempatan sebaiknya di pisah dengan alat proses lainnya. Sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, maka tidak akan membahayakan unit proses lainnya.

Tata letak (*lay-out*) alat proses harus dibuat dengan baik, sehingga :

- Kelancaran proses produksi dapat terjamin.
- Dapat mengefektifkan lahan yang tersedia.
- Karyawan mendapat kepuasan kerja agar dapat meningkatkan produktifitas kerja.

Tata letak alat proses pabrik *carbon black* dari *residual oil* ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Tata Letak Alat Proses Skala 1: 400

Keterangan :

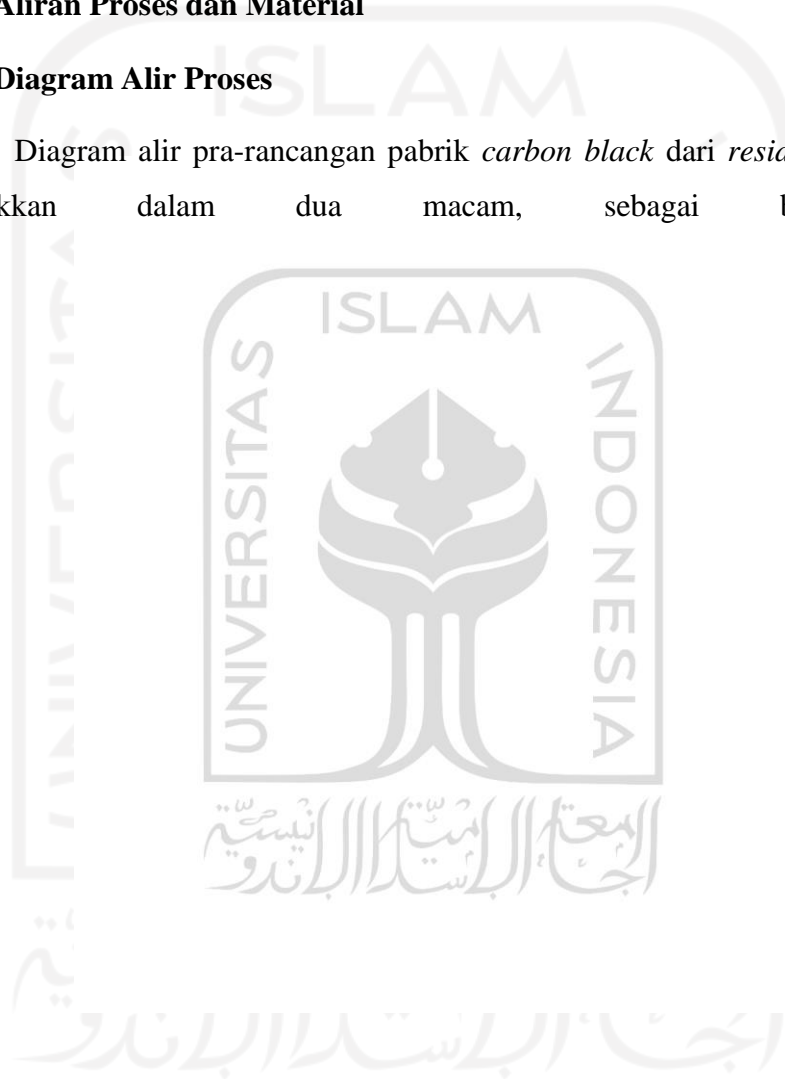
- R-01 : Reaktor *Furnace*
 Q-01 : *Quencher*
 WHB-01 : *Waste Heat Boiler*
 CY-01 : Siklon
 SD-01 : *Separator Drum*
 P : *Pelletizer*
 RD-01 : *Rotary Dryer*

- S-01 : *Silo*
T-03 : Tangki *Molasses*
T-04 : Tangki Pencampur *Molasses*
T-05 : Tangki Pencampuran

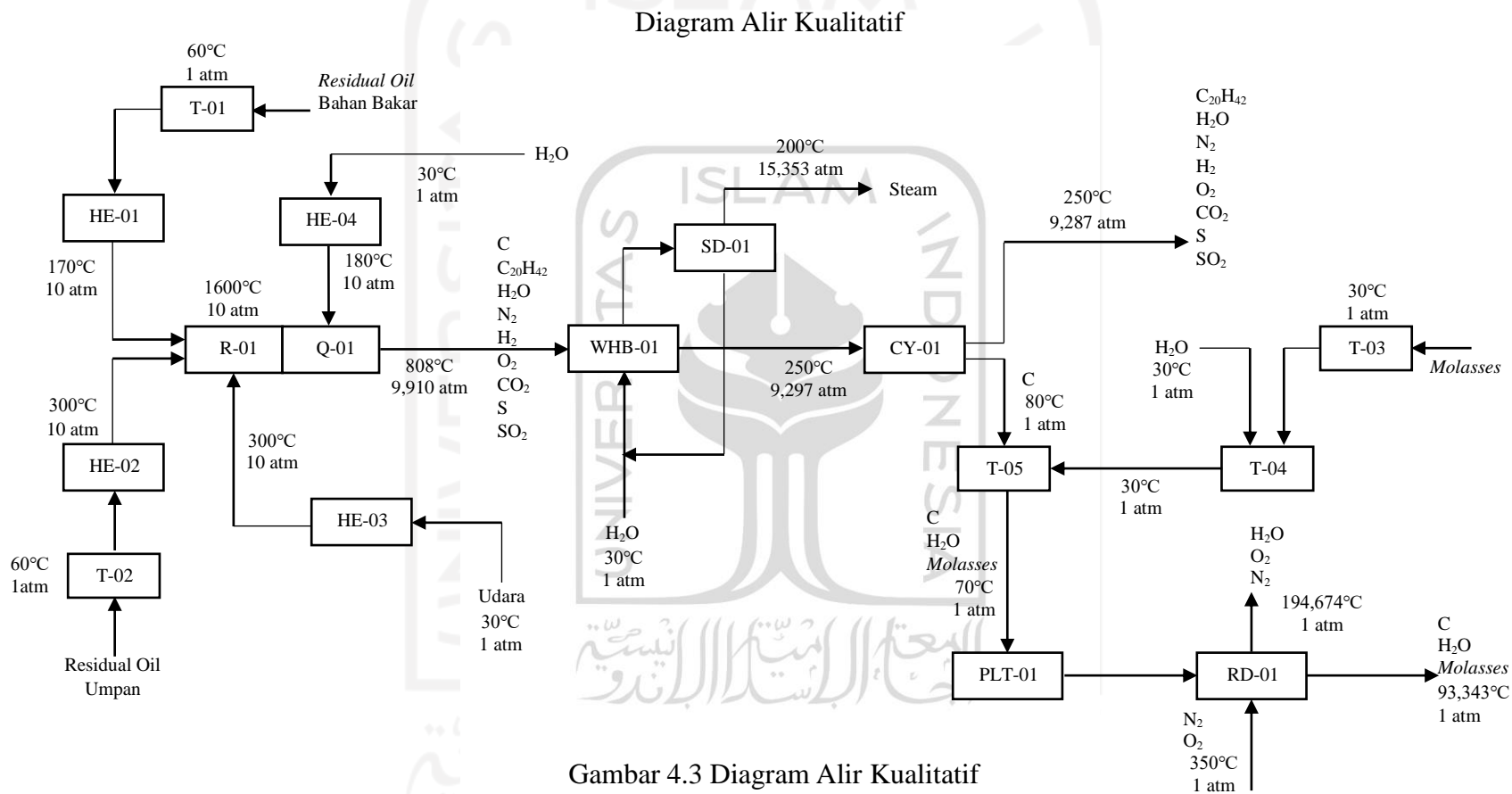
4.4 Aliran Proses dan Material

4.4.1 Diagram Alir Proses

Diagram alir pra-rancangan pabrik *carbon black* dari *residual oil* dapat ditunjukkan dalam dua macam, sebagai berikut :

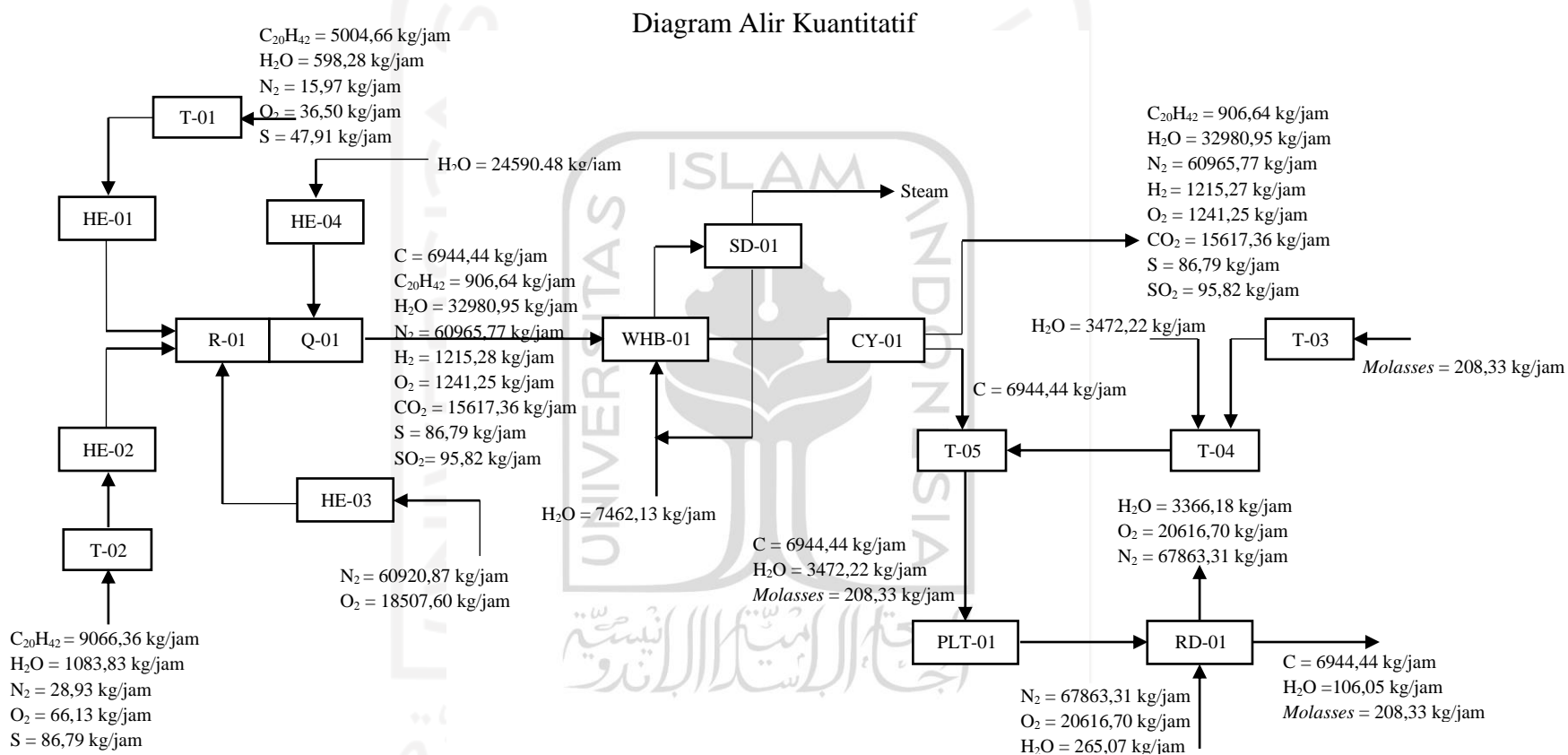


a. Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.3 Diagram Alir Kualitatif

b. Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4.4 Diagram Alir Kuantitatif

4.4.2 Neraca Massa

4.4.2.1 Neraca Massa Total

Neraca massa total produksi ditunjukkan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
C ₂₀ H ₄₂	14071,01	906,63
H ₂ O _(l)	29744,80	106,04
S	134,70	86,79
H ₂ O _(g)		36347,13
O ₂	39226,94	21857,95
N ₂	128829,08	128829,08
CO ₂		15617,36
SO ₂		95,82
H ₂		1215,28
C		6944,44
<i>Molasses</i>	208,33	208,33
Total	212214,86	212214,86

4.4.2.2 Neraca Massa Alat

Neraca massa masing-masing alat ditunjukkan pada Tabel 4.3 – 4.8.

Tabel 4.3 Neraca Massa di Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
C ₂₀ H ₄₂	14071,01	906,64
H ₂ O	1682,11	8390,48
S	134,70	86,79

Lanjutan Tabel 4.3 Neraca Massa di Reaktor (R-01)

O ₂	18610,23	1241,25
N ₂	60965,77	60965,77
C		6944,44
H ₂		1215,28
CO ₂		15617,36
SO ₂		95,82
Total	95463,82	95463,82

Tabel 4.4 Neraca massa di *Quencher* (Q-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
C ₂₀ H ₄₂	906,64	906,64
H ₂ O _(g)	8390,48	32980,95
H ₂ O _(l)	24590,48	0,00
S	86,79	86,79
O ₂	1241,25	1241,25
N ₂	60965,77	60965,77
C	6944,44	6944,44
H ₂	1215,28	1215,28
CO ₂	15617,36	15617,36
SO ₂	95,82	95,82
Total	120054,30	120054,30

Tabel 4.5 Neraca massa di *Cyclone* (CY-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Bagian Atas	Bagian Bawah
C ₂₀ H ₄₂	906,64	906,64	
H ₂ O	32980,95	32980,95	
S	86,79	86,79	
O ₂	1241,25	1241,25	
N ₂	60965,77	60965,77	
C	6944,44		6944,44
H ₂	1215,28	1215,28	
CO ₂	15617,36	15617,36	
SO ₂	95,82	95,82	
	120054,29	113109,85	6944,44
Total	120054,29	120054,29	

Tabel 4.6 Neraca Massa di Tangki Pencampuran (T-05)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
C	6944,44	6944,44
<i>Molasses</i>	208,33	208,33
H ₂ O	3472,22	3472,22
Total	10625,00	10625,00

Tabel 4.7 Neraca massa di *Pelletizer* (PLT-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
C	6944,44	6944,44
<i>Molasses</i>	208,33	208,33
H ₂ O	3472,22	3472,22
Total	10625,00	10625,00

Tabel 4.8 Neraca Massa di *Rotary Dryer* (RD-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
<i>Pellet Carbon Black</i>	6944,44	6944,44
H ₂ O _(l)	3472,22	106,04
<i>Molasses</i>	208,33	208,33
O ₂	20616,70	20616,70
N ₂	67863,31	67863,31
H ₂ O _(g)		3366,18
Total	99105,01	99105,01

4.4.3 Neraca Panas

Neraca panas masing-masing alat ditunjukkan pada Tabel 4.9 – 4.15.

Suhu Referensi : 25°C

Tabel 4.9 Neraca Panas Pembakaran di Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk(kJ/jam)	Keluar(kJ/jam)
Panas Bahan Bakar	1783053,18	
Panas Udara	20347227,63	
Panas Umpan	6895982,49	

Lanjutan Tabel 4.9 Neraca Panas Pembakaran di Reaktor (R-01)

Panas Hilang		5772327,95
Panas Untuk Menaikkan Suhu Umpan		59646884,84
Panas Gas Hasil Pembakaran		171327774,55
Panas Dibawa Uap <i>Residual Oil</i>		58765392,82
Panas Pembakaran	266486116,87	
Total	295512380,16	295512380,16

Tabel 4.10 Neraca Panas Perengkahan di Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk(kJ/jam)	Keluar(kJ/jam)
Panas Hilang	5772327,95	
Panas Untuk Menaikkan Suhu Umpan	59646884,84	
Panas Gas Hasil Pembakaran	171327774,55	
Panas Dibawa Uap <i>Residual Oil</i>	58765392,82	
CO ₂		27157548,33
H ₂ O		27299729,72
N ₂		94263153,91
O ₂		1789441,10
SO ₂		112827,10
H ₂ O		26576973,02
C		16320522,02
C ₂₀ H ₄₀		2491301,12
S		84173,55
Perengkahan dan <i>Loss</i>		99416710,28
Total	295512380,16	295512380,16

Tabel 4.11 Neraca Panas di *Quencher* (Q-01)

Komponen	Masuk(kJ/jam)	Keluar(kJ/jam)
CO ₂	27157548,33	13443499,86
H ₂ O	27299729,72	13711240,89
N ₂	94263153,91	51135370,81
O ₂	1789441,10	992424,96
SO ₂	112827,10	58229,23
H ₂	26576973,02	14134422,99
C	16320522,02	7676801,80
C ₂₀ H ₄₂	2491301,12	1158105,13
S	84173,55	47257,04
H ₂ O Pendingin	12362220,00	26473126,06
Panas Penguapan		32612220,00
Panas Hilang		47015191,11
Total	208457889,88	208457889,88

Tabel 4.12 Neraca Panas di Siklon (CY-01)

Komponen	Masuk(kJ/jam)	Keluar(kJ/jam)
CO ₂	3157635,91	3157635,91
H ₂ O	10631461,97	10631461,97
N ₂	13978822,97	13978822,97
O ₂	264676,00	264676,00
SO ₂	14742,41	14742,41
C	1661019,28	
H ₂	3837323,15	3837323,15
C ₂₀ H ₄₂	227876,43	227876,43
S	14000,98	14000,98
C Hasil Bawah		1661019,28
Total	33787559,09	33787559,09

Tabel 4.13 Neraca Panas di Tangki Pencampuran (T-05)

Komponen	Masuk(kJ/jam)	Keluar(kJ/jam)
C	512905,29	253813,29
H ₂ O	2977230,87	3231322,30
Molasses	599,45	5600,02
Total	3490735,61	3490735,61

Tabel 4.14 Neraca Panas di *Pelletizer* (PLT-01)

Komponen	Masuk(kJ/jam)	Keluar(kJ/jam)
C	253813,29	253813,29
H ₂ O	293626,81	293626,81
Molasses	119,89	119,89
Total	547559,99	547559,99

Tabel 4.15 Neraca Panas di *Rotary Dryer* (RD-01)

Komponen	Masuk(kJ/jam)	Keluar(kJ/jam)
N ₂	23268550,87	12033610,57
O ₂	6446824,39	3287920,10
H ₂ O _(l)	205803,44	117304,27
<i>Pellet Carbon Black</i>	547559,99	853530,55
Panas Pengeringan		14176373,23
Total	30468738,70	30468738,70

4.5 Perawatan (*Maintenance*)

Maintenance berguna untuk menjaga saran atau fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktifitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi produk yang diharapkan.

Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat-alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

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

a. *Over Haul* 1x1 Tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta levelling alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak, kemudian kondisi alat dikembalikan seperti kondisi semula.

b. *Repairing*

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

Faktor yang memengaruhi *maintenance*, sebagai berikut :

a) Umur Alat

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

b) Bahan Baku

Penggunaan bahan baku yang kualitasnya kurang akan menyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

c) Tenaga manusia

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

4.6 Utilitas

Utilitas merupakan unit penunjang utama untuk memperlancar jalannya suatu proses produksi dalam pabrik. Karena jika suatu pabrik tersebut tidak ada utilitas maka proses produksi tidak dapat berjalan dengan baik.

Berdasarkan kebutuhannya, utilitas pada pabrik pembuatan *carbon black* dari *residual oil* sebagai berikut :

4.6.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

4.6.1.1 Unit Penyediaan Air

Kebutuhan air diperoleh dari sungai yang terdekat dari lokasi pabrik, yaitu sungai Serayu. Penggunaan air sungai ini sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Pengolahan air sungai relatif mudah, sederhana dan biaya pengolahannya relatif lebih murah dibandingkan dengan air laut yang cenderung lebih rumit, dan biaya pengolahan mahal.
2. Air sungai adalah sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangannya dapat dihindari.
3. Jumlah air sungai lebih banyak dibandingkan dengan air dari sumur.
4. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi berdirinya pabrik

Kebutuhan air dalam pabrik *carbon black* ini meliputi :

Tabel 4.16 Kebutuhan Air dalam Pabrik *Carbon Black*

No.	Keperluan	Jumlah (kg/jam)
1	<i>Domestik Water</i>	1.889,3885
2	<i>Service Water</i>	700,0000
3	<i>Cooling Water</i>	28.394,5560
4	<i>Steam Water</i>	30.528,8086
5	<i>Demin Water</i>	3.472,2220
Total		64.984,9751

Unit ini merupakan unit yang berfungsi menyediakan untuk memenuhi kebutuhan air sebagai berikut:

a. Air untuk Penyediaan Umum dan Sanitasi

Air untuk keperluan umum adalah air yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan pegawai seperti untuk mandi, cuci, kakus (MCK) dan untuk kebutuhan kantor lainnya, serta kebutuhan rumah tangga. Air sanitasi diperlukan untuk pencucian atau pembersihan peralatan pabrik, utilitas, laboratorium dan lainnya.

Air untuk keperluan sanitasi harus memenuhi syarat tertentu, yaitu:

- Syarat Fisika

Suhu : Di bawah suhu udara 30°C
Warna : Tidak berwarna
Rasa : Tidak berasa
Bau : Tidak berbau
Tingkat Kekeruhan : <1 mg SiO₂/Liter

- Syarat Kimia

Kandungan : Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air

- Syarat Biologis

Kandungan : Tidak mengandung bakteri terutama bakteri patogen

b. Air Pendingin

Air pendingin merupakan air yang diperlukan untuk proses-proses pertukaran/perpindahan panas dalam *heat exchanger* dengan tujuan untuk memindahkan panas suatu zat di dalam aliran ke dalam air pendingin tersebut.

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut:

- Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- Tidak terdekomposisi.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penyediaan air pendingin adalah:

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

c. Air Umpan Boiler

Air ini digunakan sebagai umpan *boiler* yang akan memproduksi *steam*.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah sebagai berikut:

- Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi di dalam *boiler* disebabkan karena air mengandung larutan-larutan asam dan gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , dan H_2S .

- Zat yang dapat menyebabkan kerak

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

- 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 terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

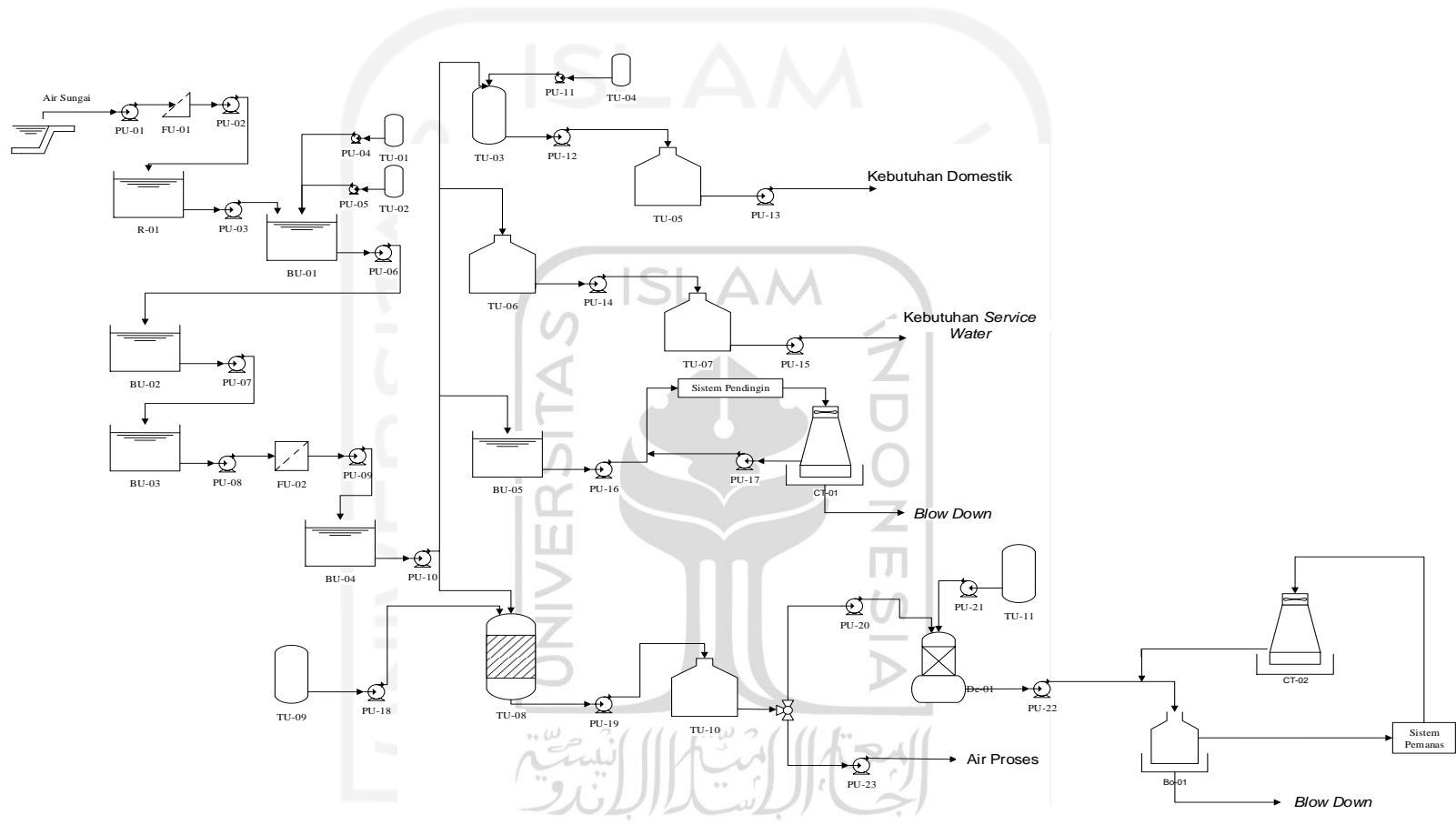
d. Air Pemadam Kebakaran (*Hydrant*)

Kebutuhan air ini sangat diperlukan jika suatu saat terjadi musibah kebakaran yang menimpa salah satu bagian dari pabrik. Jadi, penggunaan air untuk keperluan ini tidak dilakukan secara kontinyu tetapi hanya bersifat *incidental* hanya bila terjadi kebakaran.

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

4.6.1.2 Unit Pengolahan Air

Diagram alir utilitas untuk pengolahan air pada pabrik *Carbon Black* ditunjukkan pada Gambar 4.5 berikut:



Gambar 4.5 Diagram Alir Utilitas

Untuk mendapatkan spesifikasi air sesuai dengan baku mutu yang ada maka dilakukan pengolahan dengan beberapa tahap. Adapun tahap-tahap proses pengolahan air yang dilakukan meliputi:

a. Penghisapan

Untuk pengambilan air dari sungai dilakukan dengan cara memompakan air sungai yang kemudian dialirkan ke penyaringan (*screening*) dan langsung dimasukkan ke dalam *reservoir*.

b. Penyaringan (*Screening*)

Padatan yang besar akan tersaring tanpa bantuan bahan kimia, sedangkan untuk partikel padatan yang lebih kecil akan tersaring dan ikut bersama air menuju ke unit pengolahan selanjutnya. Penyaringan ini dilakukan agar kotoran-kotoran yang bersifat kasar atau besar tidak terikut ke sistem pengolahan air lainnya, sehingga sisi isap pompa dipasang saringan (*screen*) yang dilengkapi dengan fasilitas pembilasan apabila *screen* tersebut kotor.

c. Bak Sedimentasi

Bak sedimentasi yang berfungsi untuk mengendapkan lagi partikel-partikel padatan kecil yang masih terikut.

d. Pengendapan dengan cara Koagulasi dan Flokulasi

Air dari bak sedimentasi kemudian dialirkan menuju bak koagulasi. Pada tahap koagulasi ini ditambahkan larutan soda ash Na_2CO_3 sebesar 5% dan larutan aluminium sulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 5 %. Larutan alum ini digunakan untuk menggabungkan partikel-partikel kecil menjadi lebih besar, yang disebut dengan flok. Serta larutan soda ash berfungsi untuk membuat flok yang sudah terbentuk menjadi lebih besar lagi, sehingga lebih mudah untuk diendapkan. Bak ini digunakan flokulasi dengan pengaduk flokulator bak.

e. Pemisahan dengan *Sand Filter*

Air dari *clarifier* kemudian dipisahkan dari partikel-partikel yang belum mengendap di dalam *sand filter*. Air keluaran dari *sand filter* dialirkan menuju ke bak penampungan air bersih. Air bersih dari bak penampungan ini dapat digunakan sebagai air proses, air sanitasi, air konsumsi, dan air untuk umpan *boiler*.

f. Demineralisasi

Untuk mengumpankan ke ketel (*boiler*) sehingga membutuhkan air murni yang memenuhi persyaratan yang bebas dari garam-garam murni yang mudah terlarut. Proses demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan ion yang terkandung pada *filtered water* sehingga konduktivitasnya $> 0,3 \Omega$ dan kandungan *silica* $< 0,02$ ppm.

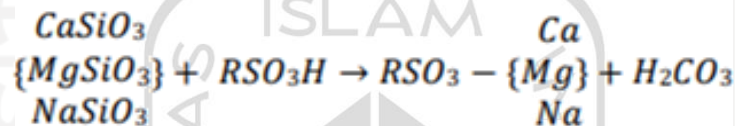
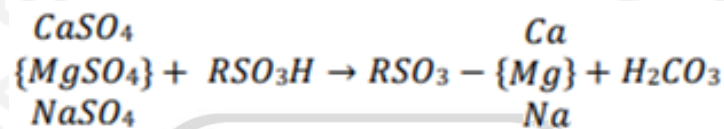
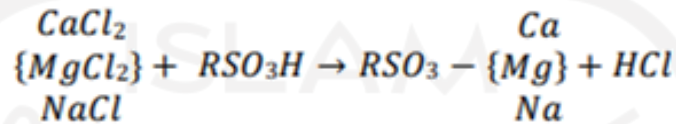
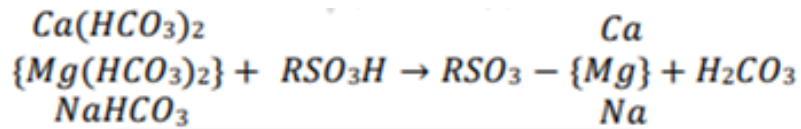
Proses *kation exchanger* dan *anion exchanger* berlangsung pada resin *mixed bed*. Resin *mixed bed* adalah kolom resin campuran antara resin *kation* dan resin *anion*. Air yang mengandung *kation* dan anion bila dilewatkan ke resin *mixed bed* tersebut, *kation* akan terambil oleh resin *kation* dan *anion* akan terambil oleh resin *anion*. Saat resin *anion* dan *kation* telah jenuh oleh ion-ion, resin penukar *anion* dan *kation* akan diregenerasi kembali.

Adapun beberapa tahapan proses pengolahan air untuk umpan *boiler* sebagai berikut :

1) *Kation Exchanger*

Dalam *kation exchanger* terjadi penyerapan ion-ion positif oleh resin *kation*.

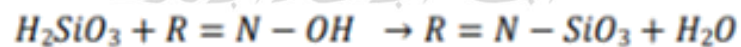
Reaksi :



2) *Anion Exchanger*

Pada *anion tower* terjadi proses penyerapan ion-ion negative (SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-}) oleh *resin anion*.

Reaksi :

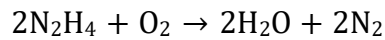


Saat resin *anion* dan *kation* telah jenuh, maka resin penukar diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl.

g. *Deaerasi*

Proses pembebasan air umpan *boiler* dari oksigen. Air yang sudah mengalami demineralisasi dipompakan ke dalam *deaerator* dan diinjeksikan hidrazin (N_2H_4) untuk mengikat oksigen yang terkandung di dalam air sehingga

dapat mencegah terbentuknya kerak pada *tube boiler*. Reaksinya sebagai berikut:



Air yang keluar dari *deaerator* ini dialirkan dengan memompakan sebagai air umpan *boiler*.

4.6.2 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler* (Bo-01)) dengan spesifikasi :

Kapasitas	: 30528,80 kg/jam
Tekanan	: 111,5 atm
Suhu <i>Steam</i>	: 320°C dan 200°C
Jenis	: <i>Water Tube Boiler</i> dengan bahan bakar <i>Fuel Oil</i>
Jumlah	: 1 unit

Steam yang digunakan adalah *Saturated Steam*. (*Steam table*, Coulson)

4.6.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Kebutuhan listrik pada pabrik ini dipenuhi oleh PLN dan generator diesel sebagai cadangan listrik apabila PLN mengalami gangguan.

Tabel 4.17 Kebutuhan Listrik Pabrik

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	Kebutuhan <i>Plant</i>	
	a. Proses	457,11
	b. Utilitas	69,95
2	a. Listrik Ac	20
	b. Listrik Penerangan	150
3	Laboratorium dan Bengkel	100
4	Instrumentasi	30

Total	827,06
--------------	---------------

Sumber listrik cadangan yang dibutuhkan adalah :

Jenis : AC Generator
 Kapasitas : 1600 kW
 Jumlah : 1 Buah

Prinsip kerja dari diesel ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Listrik ini di distribusikan ke panel yang selanjutnya akan dialirkan ke unit pemakai. Pada operasi sehari-hari digunakan tenaga listrik dari PLN, tetapi apabila listrik padam, operasinya akan menggunakan tenaga dari diesel.

4.6.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada generator dan *boiler*.

- a. Bahan bakar yang digunakan untuk Generator adalah solar *Marine Fuel Oil* (MFO) yang diperoleh dari PT. Pertamina Cilacap sebesar 157,32 m³/jam, dengan spesifikasi:

Heat Value : 19676 Btu/lb
 Densitas : 836,63 kg/m³
 Efisiensi : 80%

- b. Bahan bakar yang digunakan untuk Boiler (Bo-01) adalah *Marine Fuel Oil* (MFO) yang diperoleh dari PT. Pertamina Cilacap sebesar 3468,59 kJ/jam, dengan spesifikasi :

Heat Value : 19676 Btu/lb
 Densitas : 857,35 kg/m³

4.6.5 Spesifikasi Alat Utilitas

4.6.5.1 Water Treatment System

1. Pompa Utilitas (PU-01)

Tabel 4.18 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-01)

POMPA UTILITAS (PU-01)	
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai menuju <i>Screening</i> (FU-01)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	72411,22 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 46,94 ft.lbf/lbm
	ID : 7,981 inchi
	Daya : 10 Hp
Harga	US\$ 9100 /Buah

2. *Screening* (FU-01)

Tabel 4.19 Spesifikasi *Screening* (FU-01)

SCREENING (FU-01)	
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran besar yang terkandung dalam air sungai
Jenis	<i>Bar Screen</i>

Jumlah	1 buah
Bahan	Aluminium



Lanjutan Tabel 4.19 Spesifikasi *Screening* (FU-01)

Laju Massa	72411,22 kg/jam
Spesifikasi	Diameter : 0,01 cm
	Panjang : 10 ft
	Lebar : 8 ft
Harga	US\$ 23800 /Buah

3. Pompa Utilitas (PU-02)

Tabel 4.20 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-02)

POMPA UTILITAS (PU-02)	
Fungsi	Mengalirkan air dari <i>Screening</i> (FU-01) menuju Bak Sedimentasi (R-01)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	68790,66 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 46,84 ft.lbf/lbm
	ID : 7,981 inchi
	Daya : 10 Hp
Harga	US\$ 9100 /Buah

4. Bak Sedimentasi (R-01)

Tabel 4.21 Spesifikasi Bak Sedimentasi (R-01)

BAK SEDIMENTASI (R-01)	
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terkandung di dalam air sungai
Jenis	Bak Persegi
Jumlah	1 buah
Bahan	Beton Bertulang
Kebutuhan Air	68790,66 kg/jam
Spesifikasi	Volume : 646,08 m ³
	Panjang : 10,89 m
	Lebar : 10,89 m
	Tinggi : 5,45 m
Harga	US\$ 5962 /Buah

5. Pompa Utilitas (PU-03)

Tabel 4.22 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-03)

POMPA UTILITAS (PU-03)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Sedimentasi (R-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-01)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	65351,1230 kg/jam
Spesifikasi	Head : 44,34 ft.lbf/lbm

Lanjutan Tabel 4.22 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-03)

	<i>ID</i> : 6,065 inchi
	Daya : 10 Hp
Harga	US\$ 7000 /Buah

6. Tangki Larutan Aluminium Sulfat $Al_2(SO_4)_3$ (TU-01)

Tabel 4.23 Spesifikasi Tangki Larutan Aluminium Sulfat $Al_2(SO_4)_3$ (TU-01)

TANGKI LARUTAN ALUMINIUM SULFAT $Al_2(SO_4)_3$ (TU-01)	
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan Aluminium Sulfat $Al_2(SO_4)_3$ 5%
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Jumlah	1 buah
Kebutuhan	0,0016 kg/jam
Spesifikasi	Volume : 0,01 m ³
	Diameter : 0,07 m
	Tinggi : 0,15 m
Harga	US\$ 19152 /Buah

7. Pompa Utilitas

Tabel 4.24 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-04)

POMPA UTILITAS (PU-04)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Alum (TU-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-01)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>

Lanjutan Tabel 4.24 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-04)

Laju Massa	0,55 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 16,40 ft.lbf/lbm
	ID : 0,269 inchi
	Daya : 0,5 Hp
Harga	US\$ 1100 /Buah

8. Tangki Larutan Soda Ash Na₂CO₃ (TU-02)

Tabel 4.25 Spesifikasi Tangki Larutan Soda Ash Na₂CO₃ (TU-02)

TANGKI LARUTAN SODA ASH NA₂CO₃ (TU-02)	
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan Na ₂ CO ₃ 5%
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Jumlah	1 buah
Kebutuhan	0,0016 kg/jam
Spesifikasi	Volume : 0,01 m ³
	Diameter : 0,07 m
	Tinggi : 0,15 m
Harga	US\$ 19152 /Buah

9. Pompa Utilitas (PU-05)

Tabel 4.26 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-05)

POMPA UTILITAS (PU-05)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Tawas Larutan Tawas Na_2CO_3 (TU-02) menuju BakKoagulasi dan Flokulasi (BU-01)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	0,55 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 16,40 ft.lbf/lbm
	ID : 0,269 inchi
	Daya : 0,75 Hp
Harga	US\$ 1100 /Buah

10. Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-01)

Tabel 4.27 Spesifikasi Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-01)

BAK KOAGULASI DAN FLOKULASI (BU-01)	
Fungsi	Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan, untuk menggumpalkan kotoran, dengan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ dan Na_2CO_3 sebagai penggumpal
Jenis	Bak Silinder Tegak
Jumlah	1 buah
Kebutuhan Air	65351,12 kg/jam

Lanjutan Tabel 4.27 Spesifikasi Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-01)

Daya	6 Hp
Spesifikasi Bak	Volume : 76,66 m ³
	Diameter : 4,61 m
	Tinggi : 4,61 m
Spesifikasi Pengaduk	Di : 1,54 m
	Zi : 1,15 m
	Zt : 4,14 m
Harga	US\$ 5962 /Buah

11. Pompa Utilitas (PU-06)

Tabel 4.28 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-06)

POMPA UTILITAS (PU-05)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-01) menuju Bak Pengendap I (BU-02)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	65351,12 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 47,62 ft.lbf/lbm
	ID : 6,065 inchi
	Daya : 10 Hp
Harga	US\$ 7000 /Buah

12. Bak Pengendap I (BU-02)

Tabel 4.29 Spesifikasi Bak Pengendap I (BU-02)

BAK PENGENDAP I (BU-02)	
Fungsi	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)
Jenis	Bak Persegi
Jumlah	1 buah
Bahan	Beton Bertulang
Kebutuhan Air	65351,12 kg/jam
Spesifikasi	Volume : 613,79 m ³
	Panjang : 10,71 m
	Lebar : 10,71 m
	Tinggi : 5,36 m
Harga	US\$ 5962 /Buah

13. Pompa Utilitas (PU-07)

Tabel 4.30 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-07)

POMPA UTILITAS (PU-07)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Pengendap I (BU-02) menuju Bak Pengendap II (BU-03)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	62083,57 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm

Lanjutan Tabel 4.30 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-07)

	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 47,46 ft.lbf/lbm
	ID : 6,065 inchi
	Daya : 10 Hp
Harga	US\$ 7000 /Buah

14. Bak Pengendap II (BU-03)

Tabel 4.31 Spesifikasi Bak Pengendap II (BU-03)

BAK PENGENDAP I (BU-02)	
Fungsi	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi ke 2)
Jenis	Bak Persegi
Jumlah	1 buah
Bahan	Beton Bertulang
Kebutuhan Air	62083,57 kg/jam
Spesifikasi	Volume : 583,10 m ³
	Panjang : 10,53 m
	Lebar : 10,53 m
	Tinggi : 5,27 m
Harga	US\$ 5962 /Buah

15. Pompa Utilitas (PU-08)

Tabel 4.32 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-08)

POMPA UTILITAS (PU-08)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Pengendap II (BU-03) menuju <i>Sand Filter</i> (FU-02)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	58979 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 14,58 ft.lbf/lbm
	ID : 6,065 inchi
	Daya : 3 Hp
Harga	US\$ 7000 /Buah

16. *Sand Filter* (FU-02)

Tabel 4.33 Spesifikasi *Sand Filter* (FU-02)

SAND FILTER (FU-02)	
Fungsi	Menghilangkan warna, rasa dan bau dari air sungai tersebut
Jenis	Bak Berbentuk Balok
Jumlah	1 buah
Kebutuhan Air	58979,39 kg/jam
Spesifikasi	Volume : 8,10 m ³

Lanjutan Tabel 4.33 Spesifikasi *Sand Filter* (FU-02)

	Panjang	: 2,53 m
	Lebar	: 2,53 m
	Tinggi	: 1,27 m
Harga	US\$ 15841 /Buah	

17. Pompa Utilitas (PU-09)

Tabel 4.34 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-09)

POMPA UTILITAS (PU-09)	
Fungsi	Mengalirkan air dari <i>Sand Filter</i> (F-01) menuju Bak Penampung Sementara (BU-04)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	56030 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 24,93 ft.lbf/lbm
	ID : 6,065 inchi
	Daya : 5 Hp
Harga	US\$ 7000 /Buah

18. Bak Penampung Sementara (BU-04)

Tabel 4.35 Spesifikasi Bak Penampung Sementara (BU-04)

BAK PENAMPUNG SEMENTARA (BU-04)	
Fungsi	Menampung sementara <i>raw water</i> setelah di saring di <i>Sand Filter</i> (FU-02)
Jenis	Bak Persegi
Jumlah	1 buah
Bahan	Beton Bertulang
Kebutuhan Air	56030,42 kg/jam
Spesifikasi	Volume : 65,72 m ³
	Panjang : 5,08 m
	Lebar : 5,08 m
	Tinggi : 2,54 m
Harga	US\$ 5962 /Buah

19. Pompa Utilitas (PU-10)

Tabel 4.36 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-10)

POMPA UTILITAS (PU-10)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Penampung Sementara (BU-04) menuju ke area kebutuhan air
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	56030 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm

Lanjutan Tabel 4.36 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-10)

	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 12,47 ft.lbf/lbm
	ID : 6,065 inchi
	Daya : 3 Hp
Harga	US\$ 7000 /Buah

4.6.5.2 Sanitasi

20. Tangki Kaporit (TU-04)

Tabel 4.37 Spesifikasi Tangki Kaporit (TU-04)

TANGKI KAPORIT (TU-04)	
Fungsi	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Jumlah	1 buah
Kebutuhan	0,0136 kg/jam
Spesifikasi	Volume : 0,005 m ³
	Diameter : 0,19 m
	Tinggi : 0,19 m
Harga	US\$ 3739 /Buah

21. Pompa Utilitas (PU-11)

Tabel 4.38 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-11)

POMPA UTILITAS (PU-11)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Kaporit (TU-04) menuju Tangki Klorinasi (TU-03)

Lanjutan Tabel 4.38 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-11)

Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	0,01 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 8,20 ft.lbf/lbm
	ID : 0,269 inchi
	Daya : 0,05 Hp
Harga	US\$ 1100 /Buah

22. Tangki Klorinasi (TU-03)

Tabel 4.39 Spesifikasi Tangki Klorinasi (TU-03)

TANGKI KLORINASI (TU-03)	
Fungsi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga
Jenis	Tangki Silinder Berpengaduk
Jumlah	1 buah
Kebutuhan Air	1889,39 kg/jam
Kebutuhan Kaporit	0,0136 kg/jam
Spesifikasi	Volume : 2,27 m ³
	Diameter : 1,42 m
	Tinggi : 1,42 m
Harga	US\$ 3739 /Buah

23. Pompa Utilitas (PU-12)

Tabel 4.40 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-12)

POMPA UTILITAS (PU-12)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Klorinasi (BU-03) menuju Tangki Air Bersih (TU-05)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	1889 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 26,37 ft.lbf/lbm
	ID : 1,380 inchi
	Daya : 0,75 Hp
Harga	US\$ 1400 /Buah

24. Tangki Air Bersih (TU-05)

Tabel 4.41 Spesifikasi Tangki Air Bersih (TU-05)

TANGKI AIR BERSIH (TU-05)	
Fungsi	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Jumlah	1 buah
Kebutuhan Air	1889,39 kg/jam
Spesifikasi	Volume : 54,41 m ³

Lanjutan Tabel 4.41 Spesifikasi Tangki Air Bersih (TU-05)

	Diameter : 4,11 m
	Tinggi : 4,11 m
Harga	US\$ 128924 /Buah

25. Pompa Utilitas (PU-13)

Tabel 4.42 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-13)

POMPA UTILITAS (PU-13)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Air Bersih (TU-05) menuju Area Domestik
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	1889 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 26,37 ft.lbf/lbm
	ID : 1,380 inchi
	Daya : 0,75 Hp
Harga	US\$ 1400 /Buah

4.6.4.3 Service Water

26. Tangki Service Water (TU-06)

Tabel 4.43 Spesifikasi Tangki Service Water (TU-06)

TANGKI SERVICE WATER (TU-06)	
Fungsi	Menampung air untuk keperluan layanan umum
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Jumlah	1 buah
Kebutuhan Air	700 kg/jam
Spesifikasi	Volume : 20,16 m ³
	Diameter : 2,95 m
	Tinggi : 2,95 m
Harga	US\$ 2816 /Buah

27. Pompa Utilitas (PU-14)

Tabel 4.44 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-14)

POMPA UTILITAS (PU-14)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Air Service (TU-06) menuju Tangki Air Bertekanan (TU-07)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	700 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 12,57 ft.lbf/lbm

Lanjutan Tabel 4.44 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-14)

	<i>ID</i> : 1,049 inchi
	Daya : 0,5 Hp
Harga	US\$ 1000 /Buah

28. Tangki Air Bertekanan (TU-07)

Tabel 4.45 Spesifikasi Tangki Air Bertekanan (TU-07)

TANGKI AIR BERTEKANAN (TU-07)	
Fungsi	Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Jumlah	1 buah
Kebutuhan Air	700 kg/jam
Spesifikasi	Volume : 20,16 m ³
	Diameter : 2,95 m
	Tinggi : 2,95 m
Harga	US\$ 17000 /Buah

29. Pompa Utilitas (PU-15)

Tabel 4.46 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-15)

POMPA UTILITAS (PU-15)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Air Bertekanan (TU-07) menuju Area Kebutuhan Servis
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah

Lanjutan Tabel 4.46 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-15)

Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	700 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 10,56 ft.lbf/lbm
	ID : 1,049 inchi
	Daya : 0,33 Hp
Harga	US\$ 1000 /Buah

4.6.5.4 Air Pendingin

30. Bak Air Pendingin (BU-05)

Tabel 4.47 Spesifikasi Bak Air Pendingin (BU-05)

BAK AIR PENDINGIN (BU-05)	
Fungsi	Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	Bak Persegi Panjang
Jumlah	1 buah
Kebutuhan Air	19440 kg/jam
Spesifikasi	Volume : 23,33 m ³
	Panjang : 3,6 m
	Lebar : 3,6 m
	Tinggi : 1,8 m
Harga	US\$ 200342 /Buah

31. Pompa Utilitas (PU-16)

Tabel 4.48 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-16)

POMPA UTILITAS (PU-16)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Air Dingin (BU-05) menuju <i>Cooling Tower</i> (CT-01)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	19440 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 11,01 ft.lbf/lbm
	ID : 4,026 inchi
	Daya : 1 Hp
Harga	US\$ 4900 /Buah

32. *Cooling Tower* (CT-01)

Tabel 4.49 Spesifikasi *Cooling Tower* (CT-01)

COOLING TOWER (CT-01)	
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Jumlah	1 buah
Kapasitas	19,44 m ³ /jam
Luas <i>Tower</i>	3,05 m ²
Spesifikasi	Panjang : 1,75 m
	Lebar : 1,75 m

Lanjutan Tabel 4.49 Spesifikasi *Cooling Tower* (CT-01)

	Tinggi : 2,09 m
Harga	US\$ 72156 /Buah

33. *Blower Cooling Tower* (BL-01)

Tabel 4.50 Spesifikasi *Blower Cooling Tower* (BL-01)

BLOWER COOLING TOWER (BL-01)	
Fungsi	Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan
Jumlah	1 buah
Kebutuhan Udara	490926,27 ft ³ /jam
Ws	17,46 ft
Daya	2 Hp
Harga	US\$ 86172 /Buah

34. Pompa Utilitas (PU-17)

Tabel 4.51 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-17)

POMPA UTILITAS (PU-17)	
Fungsi	Mengalirkan air dari <i>Cooling Tower</i> (CT-01) menuju <i>recycle</i> dari Bak Air Dingin (BU-05)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	19440 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C

Lanjutan Tabel 4.51 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-17)

Spesifikasi	Head : 10,35 ft.lbf/lbm
	ID : 4,026 inchi
	Daya : 1 Hp
Harga	US\$ 4900 /Buah

4.6.5.5 Steam

35. Tangki NaCl (TU-09)

Tabel 4.52 Spesifikasi Tangki NaCl (TU-09)

TANGKI NaCl (TU-09)	
Fungsi	Menampung larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi <i>kation exchanger</i>
Jenis	Tangki Silinder
Jumlah	1 buah
Kebutuhan NaCl	188,62 kg/jam
Spesifikasi	Volume : 9,43 m ³
	Diameter : 2,29 m
	Tinggi : 2,29 m
Harga	US\$ 2918 /Buah

36. Pompa Utilitas (PU-18)

Tabel 4.53 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-18)

POMPA UTILITAS (PU-18)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Penampung NaCl (TU-09) menuju <i>Mixed Bed</i> (TU-08)
Jenis	Pompa Sentrifugal

Lanjutan Tabel 4.53 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-18)

Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	189 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 8,37 ft.lbf/lbm
	ID : 0,824 inchi
	Daya : 0,08 Hp
Harga	US\$ 700 /Buah

37. *Mixed Bed* (TU-08)

Tabel 4.54 Spesifikasi *Mixed Bed* (TU-08)

<i>MIXED BED</i> (TU-08)	
Fungsi	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO ₄ , dan NO ₃
Jenis	Silinder Tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	1 buah
Kapasitas	34 m ³ /jam
Spesifikasi	Volume : 83,17 ft ³
	Luas Penampang : 24,95 ft ²
	Diameter : 5,64 ft
	Tinggi : 4 ft
	Tebal : 3/16 inchi

Lanjutan Tabel 4.54 Spesifikasi *Mixed Bed* (TU-08)

Harga	US\$ 115754 /Buah
--------------	-------------------

38. Pompa Utilitas (PU-19)

Tabel 4.55 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-19)

POMPA UTILITAS (PU-19)	
Fungsi	Mengalirkan air dari <i>Mixed Bed</i> (TU-08) menuju Tangki Air Demin (TU-10)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	34001 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 33,29 ft.lbf/lbm
	ID : 6,065 inchi
	Daya : 5 Hp
Harga	US\$ 7000 /Buah

39. Tangki Air Demin (TU-10)

Tabel 4.56 Spesifikasi Tangki Air Demin (TU-10)

TANGKI AIR DEMIN (TU-10)	
Fungsi	Menampung air bebas mineral sebagian air proses dan air umpan <i>boiler</i>
Jenis	Tangki Silinder Tegak

Lanjutan Tabel 4.56 Spesifikasi Tangki Air Demin (TU-10)

Jumlah	1 buah
Kebutuhan Air	34001,03 kg/jam
Spesifikasi	Volume : 979,23 m ³
	Diameter : 10,76 m
	Tinggi : 10,76 m
Harga	US\$ 9315 /Buah

40. Pompa Utilitas (PU-20)

Tabel 4.57 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-20)

POMPA UTILITAS (PU-20)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Air Demin (TU-10) menuju Tangki <i>Deaerator</i> (De-01)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	34001 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 11,97 ft.lbf/lbm
	ID : 6,065 inchi
	Daya : 1,5 Hp
Harga	US\$ 7000 /Buah

41. Tangki N₂H₄ (TU-11)

Tabel 4.58 Spesifikasi Tangki N₂H₄ (TU-11)

TANGKI N₂H₄ (TU-11)	
Fungsi	Menyimpan larutan N ₂ H ₄
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Jumlah	1 buah
Kebutuhan N₂H₄	1,02 kg/jam
Spesifikasi	Volume : 41,47 m ³
	Diameter : 3,75 m
	Tinggi : 3,75 m
Harga	US\$ 9315 /Buah

42. Pompa Utilitas (PU-21)

Tabel 4.59 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-21)

POMPA UTILITAS (PU-21)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki N ₂ H ₄ (TU-11) menuju Tangki <i>Deaerator</i> (De-01)
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	1,02 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 4,92 ft.lbf/lbm
	ID : 0,269 inchi

Lanjutan Tabel 4.59 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-21)

	Daya : 0,08 Hp
Harga	US\$ 1100 /Buah

43. Deaerator (De-01)

Tabel 4.60 Spesifikasi Deaerator (De-01)

DEAERATOR (De-01)	
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam <i>feed water</i> yang menyebabkan karat pada <i>reboiler</i> dan <i>turbin trip</i>
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Jumlah	1 buah
Kapasitas	34 m ³ /jam
Spesifikasi	Volume : 40,80 m ³
	Diameter : 3,73 m
	Tinggi : 3,73 m
Harga	US\$ 3863 /Buah

44. Pompa Utilitas

Tabel 4.61 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-22)

POMPA UTILITAS (PU-22)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Deaerator (De-01) menuju ke Boiler
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>

Lanjutan Tabel 4.61 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-22)

Laju Massa	30529 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 35,51 ft.lbf/lbm
	ID : 6,065 inchi
	Daya : 5 Hp
Harga	US\$ 7000 /Buah

45. *Boiler* (Bo-01)

Tabel 4.62 Spesifikasi *Boiler* (Bo-01)

BOILER (Bo-01)	
Fungsi	Membuat <i>saturated steam</i>
Jenis	<i>Water Tube Boiler</i>
Jumlah	1 buah
Kapasitas	30528,81 kg/jam
Luas Perpindahan Panas	283,63 m ²
Harga	US\$ 305100 /Buah

46. *Cooling Tower* (CT-02)

Tabel 4.63 Spesifikasi *Cooling Tower* (CT-02)

COOLING TOWER (CT-01)	
Fungsi	Menurunkan suhu steam setelah digunakan
Jumlah	1 buah
Kapasitas	30,53 m ³ /jam

Lanjutan Tabel 4.63 Spesifikasi *Cooling Tower* (CT-02)

Luas Tower	4,79 m ²
Spesifikasi	Panjang : 2,19 m
	Lebar : 2,19 m
	Tinggi : 5,22 m
Harga	US\$ 82615 /Buah

47. Pompa Utilitas (PU-23)

Tabel 4.64 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-23)

POMPA UTILITAS (PU-23)	
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Air Demin (TU-10) menuju Air Proses
Jenis	Pompa Sentrifugal
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Comercial Steel</i>
Laju Massa	3472 kg/jam
Kondisi Operasi	P : 1 atm
	T : 30 °C
Spesifikasi	Head : 25,55 ft.lbf/lbm
	ID : 2,067 inchi
	Daya : 1 Hp
Harga	US\$ 2600 /Buah

48. Tangki Bahan Bakar (TU-12)

Tabel 4.65 Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (TU-12)

TANGKI BAHAN BAKAR (TU-12)	
Fungsi	Menampung bahan bakar boiler untuk persediaan 3 hari
Jenis	<i>Fixed Roof</i>
Jumlah	1 buah
Bahan	<i>Carbon Steel SA 240</i>
Bahan Bakar	<i>Fuel Oil</i>
Spesifikasi	Volume : 349,23 m ³
	Diameter : 8,87 m
	Tinggi : 17,75 m
Harga	US\$ 6700 /Buah

4.7 Organisasi Perusahaan

4.7.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik *carbon black* yang akan didirikan direncanakan mempunyai klasifikasi sebagai berikut :

- 1) Bentuk Perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)
- 2) Produksi : Industri Carbon Black
- 3) Kapasitas : 55.000 ton/tahun
- 4) Lokasi Pabrik : Cilacap, Jawa Tengah

Bentuk organisasi yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) yang berbentuk badan hukum. Badan hukum ini disebut perseroan karena modal badan hukum terdiri dari saham-saham. Perseroan terbatas harus didirikan dengan menggunakan akte autentik. Bentuk perusahaan ini dipimpin oleh seorang direksi yang terdiri dari seorang direktur utama yang dibantu oleh direktur-direktur per departemen. Bentuk organisasi ini adalah suatu bentuk

usaha berbadan hukum yang dapat memiliki, mengatur, dan mengolah kekayaannya sendiri, serta dapat mengumpulkan modal secara efektif.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas sebagai berikut :

- a. Bentuk perusahaan yang berbadan hukum yang pendiriannya harus sesuai dengan perusahaan tertulis dalam UU No. 40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas.
- b. Perseroan Terbatas (PT) berdiri dengan akta pendirian notaris berdasarkan Kitab Undang-Undang Hukum Dagang.
- c. Besarnya modal ditentukan dalam akta pendiri yang terdiri dari saham-saham.
- d. Dipimpin oleh direksi yang dipilih oleh para pemegang saham.
- e. Perseroan Terbatas (PT) tidak memperoleh fasilitas apapun dari negara.
- f. Setiap pemegang saham memiliki tanggung jawab atas perusahaan sebanyak modal saham yang ditanamkan.
- g. Karyawan perusahaan berstatus sebagai pegawai perusahaan swasta

4.7.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur Organisasi merupakan suatu sistem yang mendefinisikan suatu hierarki dalam suatu organisasi. Kerangka dan pola hubungan dalam sistem ini bertujuan untuk tercapainya hubungan kerja sama yang baik antar karyawan satu sama lain sehingga terbentuk kesatuan dalam usaha mencapai tujuan.

Berdasarkan strukturnya, pola hubungan kerja dan lalu lintas wewenang dapat dibedakan menjadi 3 sistem organisasi sebagai berikut :

1. Organisasi Garis

Organisasi yang sederhana, jumlah karyawan sedikit dan mempunyai hubungan darah, serta kepemimpinan yang bersifat diktator.

2. Organisasi *Line and Staff*

Memiliki 2 kelompok yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi. *Line* sebagai orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi untuk mencapai tujuan perusahaan dan *staff* sebagai orang-orang yang melakukan tugas

sesuai dengan keahliannya di dalam hal yang bertujuan untuk memberikan saran kepada unit operasional.

3. Organisasi Fungsional

Bentuk organisasi yang dibentuk berdasarkan fungsi yang telah dibuat sesuai dengan kepentingan organisasi.

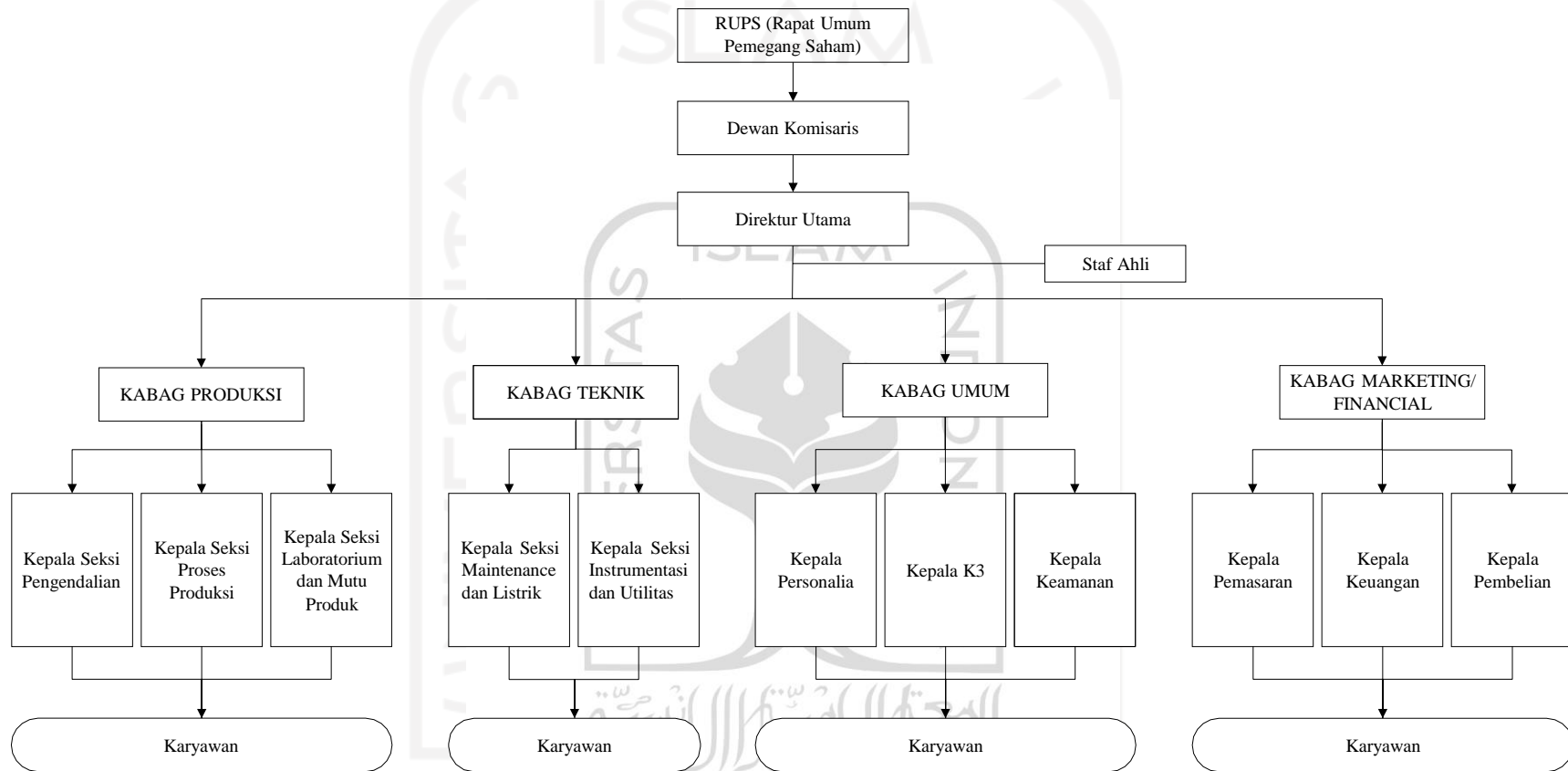
Pada pabrik *carbon black* ini dipilih bentuk sistem organisasi *Line and Staff*, bentuk ini memiliki kelebihan yaitu :

1. Pembagian tugas, tanggung jawab, dan wewenang menjadi jelas karena dibagi berdasarkan garis pimpinan dan spesialisasi anggotanya.
2. Pelaksanaan tugas bawahan menjadi lebih lancar karena sesuai dengan spesialisasinya.
3. Pelaksanaan tugas atasan menjadi lebih lancar karena seluruh pekerjaan sudah dilakukan bawahan sehingga atasan dapat berfokus pada koordinasi saja.
4. Pembagian tugas yang jelas mempermudah koordinasi.
5. Spesialisasi karyawan dapat berkembang secara optimal.

Manfaat struktur organisasi sebagai berikut :

- a. Membantu mencapai target atau tujuan perusahaan lebih cepat.
- b. Deskripsi pekerjaan karyawan yang jelas.
- c. Koordinasi, wewenang dan tanggung jawab jelas
- d. Mampu mengurangi masalah internal yang bisa terjadi dalam perusahaan.
- e. Meningkatkan moral dan juga motivasi karyawan karena ada jenjang karir yang jelas.

Struktur organisasi pabrik *carbon black* kapasitas 55.000 ton/tahun ditunjukkan pada Gambar 4.6 berikut :



Gambar 4.6 Struktur Organisasi Pabrik *Carbon Black*

4.7.3 Tugas dan Wewenang

1. Pemegang Saham

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

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
- b. Mengangkat dan memberhentikan Direktur.
- c. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pelaksana dari pemilik saham dan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas Dewan Komisaris meliputi :

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

3. Direktur Utama (Direksi)

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam suatu perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju mundurnya perusahaan. Direktur utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Kepala Bagian di masing-masing bagian. Tugas Direktur Utama sebagai berikut :

- a. Melaksanakan kebijakan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya secara berkala atau pada saat masa akhir pekerjaannya dengan pemilik saham.

- b. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membuat kelangsungan hubungan baik antar pemilik saham pimpinan karyawan dan konsumen.
- c. Mengangkat dan memberhentikan Kepala Bagian dengan persetujuan dari rapat pemegang saham.
- d. Mengkoordinir kerja sama antara Kepala Bagian di masing-masing bagian seperti (Kabag Produksi, Kabag Teknik, Kabag SDM dan Kabag Marketing).

4. *Staff Ahli*

Staff ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu Direktur Utama dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. *Staff ahli* bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing.

Tugas dan wewenang *staff ahli* sebagai berikut :

- a. Memberikan nasihat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
- b. Mengadakan evaluasi teknik dan ekonomi perusahaan.
- c. Memberikan saran dalam bidang produksi.

5. Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala Bagian juga dapat bertindak sebagai staff Direktur bersama-sama dengan staff ahli. Kepala Bagian bertanggung jawab kepada Direktur Utama. Kepala bagian ini terdiri dari :

a. Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab dalam bidang mutu dan kelancaran produksi serta mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya. Kepala Bagian Produksi membawahi :

- Seksi Proses yang bertugas mengawasi jalannya proses produksi,

menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang.

- Seksi Pengendalian yang bertugas menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.
- Seksi Laboratorium yang bertugas mengawasi dan menganalisis mutu bahan baku, bahan pembantu dan produk, mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan buangan pabrik, dan membuat laporan berkala pada Kepala Bagian Produksi.

b. Kepala Bagian Teknik

Bertanggung jawab dalam mengkoordinir kepala-kepala seksi yang di bawahnya. Kepala Bagian Teknik membawahi :

- Seksi Pemeliharaan yang bertugas melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik dan memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.
- Seksi Utilitas yang bertugas melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, kebutuhan air, uap air dan listrik.

c. Kepala Bagian Umum

- Seksi Keselamatan Kerja yang bertugas mengatur, menyediakan dan mengawasi kegiatan yang berhubungan dengan keselamatan kerja dan untuk melindungi pabrik dari bahaya kebakaran.
- Seksi Personalia yang bertugas mengusahakan kedisiplinan kerja yang tinggi agar terciptanya suasana kerja yang tenang dan aman antara pekerja dan lingkungan, melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.
- Seksi Keamanan yang bertugas mengawasi keluar masuknya orang-orang baik itu karyawan maupun bukan karyawan yang berada di lingkungan pabrik, menjaga dan memelihara bangunan pabrik, fasilitas pabrik dan kerahasiaan yang berhubungan dengan internal perusahaan.

d. Kepala Bagian *Marketing*

- Seksi Keuangan yang bertugas menghitung penggunaan uang perusahaan,

mengamankan uang dan mengadakan perhitungan tentang gaji serta intensif karyawan.

- Seksi Pemasaran yang bertugas merencanakan strategi penjualan hasil produksi dan mengatur distribusi hasil produksi dari Gudang.
- Seksi Pembelian yang bertugas melaksanakan pembelian barang dan peralatan-peralatan yang dibutuhkan oleh perusahaan, mengenai harga pasaran dari suatu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari Gudang.

4.7.4 Sistem Kerja

Pabrik *Carbon Black* berkapasitas 55.000 ton/tahun beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun dan proses produksi berlangsung selama 24 jam dalam sehari. Jam kerja karyawan dibedakan menjadi 2 golongan yaitu sebagai berikut :

1) Karyawan *Non Shift*

Karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan *Non Shift* yaitu Direktur Utama, *Staff Ahli*, Kepala Bagian serta karyawan yang bekerja di kantor. Bekerja 5 hari dalam 1 minggu dan libur pada hari sabtu dan minggu, serta hari besar. Dengan jam kerja sebagai berikut :

Tabel 4.66 Jam Kerja Karyawan *Non Shift*

No	Hari	Jam kerja	Jam Istirahat
1	Senin - Kamis	08.00 – 17.00	12.00 – 13.00
2	Jumat	07.30 – 16.00	11.30 – 13.00

2) Karyawan *Shift*

Karyawan yang secara langsung menangani proses produksi dan mengatur bagian-bagian tertentu dari pihak yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran proses produksi. Yang termasuk karyawan *shift* yaitu operator produksi, bagian teknik, bagian gedung dan mengatur bagian-bagian yang harus selalu siaga dalam menjaga keselamatan dan keamanan pabrik.

Karyawan *Shift* akan bekerja selama 24 jam secara bergantian dengan pembagian jam kerja sebagai berikut :

Tabel 4.67 Jam Kerja Karyawan *Shift*

No	<i>Shift</i>	Jam Kerja
1	Pagi	07.00 – 15.00
2	Sore	15.00 – 23.00
3	Malam	23.00 – 07.00

Karyawan *Shift* terdiri dari 4 kelompok *shift* yaitu A, B, C dan D dengan 3 kelompok *shift* bekerja bergantian dalam 1 hari sedangkan 1 kelompok *shift* lainnya libur kerja. Untuk hari libur atau hari besar yang di tetapkan pemerintah, kelompok yang bertugas tetap masuk kerja. Jadwal pembagian sebagai berikut :

Pembagian jam kerja pekerja *shift*, asumsi terdapat 30 hari.

Tabel 4.68 Jadwal Pembagian *Shift*

Tanggal	Pagi	Siang	Malam	Libur atau Cuti
1	A	C	B	D
2	A	C	B	D
3	B	A	D	C
4	B	A	D	C
5	C	D	A	B
6	C	D	A	B
7	D	B	C	A
8	D	B	C	A
9	A	C	B	D
10	A	C	B	D
11	B	A	D	C
12	B	A	D	C
13	C	D	A	B

Lanjutan Tabel 4.68 Jadwal Pembagian Shift

14	C	D	A	B
15	D	B	C	A
16	D	B	C	A
17	A	C	B	D
18	A	C	B	D
19	B	A	D	C
20	B	A	D	C
21	C	D	A	B
22	C	D	A	B
23	D	B	C	A
24	D	B	C	A
25	A	C	B	D
26	A	C	B	D
27	B	A	D	C
28	B	A	D	C
29	C	D	A	B
30	C	D	A	B

4.7.5 Jumlah dan Tingkat Pendidikan Tenaga Kerja

Jabatan dalam struktur organisasi diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan yang sesuai dengan jabatan dan tanggung jawab. Jenjang Pendidikan karyawan yang diperlukan berkisar dari sarjana S-1 sampai lulusan SMP. Perinciannya sebagai berikut :

Tabel 4.69 Jumlah dan Tata Belakang Pendidikan Karyawan

No	Jabatan	Pendidikan	Jumlah
1	Direktur Utama	Magister Teknik Kimia	1

2	Staff Ahli	Magister Teknik Kimia	2
3	Kepala Bagian Produksi	Sarjana Teknik Kimia	1

Lanjutan Tabel 4.69 Jumlah dan Tata Belakang Pendidikan Karyawan

4	Kepala Bagian Teknik	Sarjana Teknik Kimia	1
5	Kepala Bagian Umum	Sarjana Umum	1
6	Kepala Bagian <i>Marketing</i>	Sarjana Ekonomi	1
7	Kepala Seksi Pengendalian	Sarjana Teknik Industri	1
8	Kepala Seksi Proses Produksi	Sarjana Teknik Kimia	1
9	Kepala Seksi Laboratorium	Sarjana Ilmu Kimia	1
10	Kepala Seksi <i>Maintenance</i>	Sarjana Teknik Mesin	1
11	Kepala Seksi Utilitas	Sarjana Teknik Kimia	1
12	Kepala Personalia	Sarjana Ilmu Komunikasi	1
13	Kepala K3	Sarjana Teknik Kimia	1
14	Kepala Keamanan	Sarjana Umum	1
15	Kepala Pemasaran	Sarjana Ekonomi	1
16	Kepala Keuangan	Sarjana Ekonomi	1
17	Kepala Pembelian	Sarjana Ekonomi	1
18	Karyawan Personalia	Ahli Madya Umum	4
19	Karyawan Pemasaran	Ahli Madya Umum	4
20	Karyawan Pembelian	Ahli Madya Umum	4
21	Karyawan Proses Produksi	Sarjana Teknik Kimia	15
22	Karyawan Laboratorium	Sarjana Ilmu Kimia	5
23	Karyawan Utilitas	Sarjana Teknik Kimia	8
24	Karyawan <i>Maintenance</i>	Sarjana Teknik Mesin	6
25	Karyawan Pengendalian	Sarjana Teknik Industri	6
26	Karyawan Keuangan	Ahli Madya Ekonomi	3
27	Karyawan K3	Sarjana Teknik Kimia	3
28	Operator Proses Produksi	Ahli Madya Teknik Kimia	20

29	Operator Utilitas	Ahli Madya Teknik Kimia	20
30	<i>Security</i>	Lulusan SMA/Sederajat	15

Lanjutan Tabel 4.69 Jumlah dan Tata Belakang Pendidikan Karyawan

31	Sopir	Lulusan SMP/Sederajat	4
32	<i>Cleaning Service</i>	Lulusan SMA/Sederajat	10
33	Dokter	Dokter	2
34	Perawat	Ahli Madya Keperawatan	3
Jumlah Tenaga Kerja			150

4.8 Evaluasi 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:

- a. *Return on Investment*
- b. *Pay Out Time*
- c. *Discounted Cash Flow*
- d. *Break Even Point*
- e. *Shut Down Point*

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

- a. Penanaman Modal Industri (*Total Capital Investment*)

Meliputi:

1. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
2. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
 - b Penentuan Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)

Meliputi:

1. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
2. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)
 - c. Pendapatan Modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

1. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)
2. Biaya Variabel (*Variabel Cost*)
3. Biaya Mengambang (*Regulated Cost*)

4.8.1 Harga Jual dan Harga Beli Bahan Baku Produksi

Sales :

- *Carbon Black* : 1,40 \$/kg = 20.241,20 Rp/kg

Raw Material :

- *Residual Oil* = 20 \$/bbl = 289.160 Rp/bbl
- *Molasses* = 0,97 \$/kg = 14.000 Rp/kg

4.8.2 Penafsiran Harga Peralatan

Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun diperlukan metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan proses pada tahun tersebut.

Harga indeks tahun 2026 diperkirakan secara garis dengan menggunakan data indeks dari tahun 1970 sampai 2000 disajikan pada tabel 4. Harga indeks

didapat dari *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI) (www.che.com).

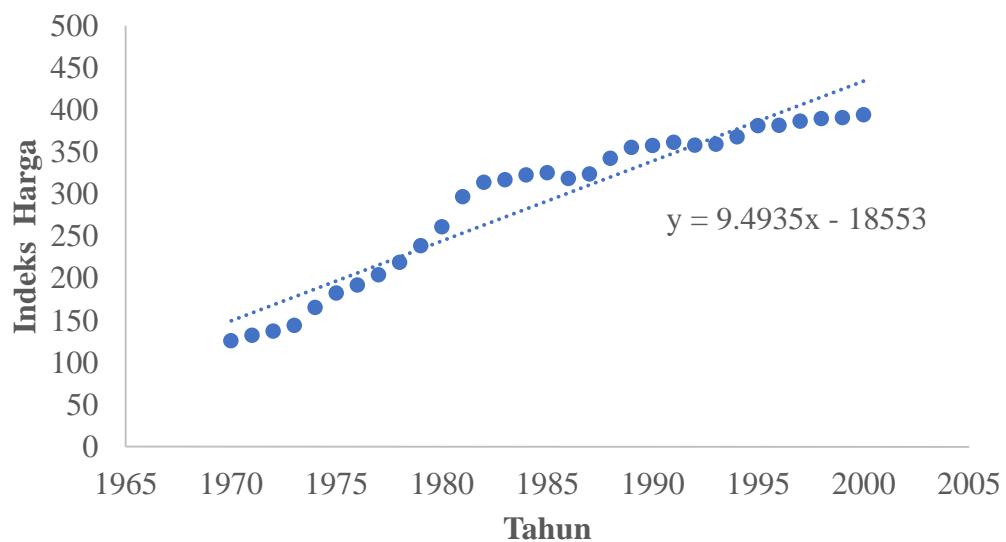
Tabel 4.70 Indeks Harga

(Xi)	Indeks (Yi)
1970	125,7
1971	132,3
1972	137,2
1973	144,1
1974	165,4
1975	182,4
1976	192,1
1977	204,1
1978	218,8
1979	238,7
1980	261,2
1981	297,0
1982	314,0
1983	317,0
1984	322,7
1985	325,3
1986	318,4
1987	323,8
1988	342,5
1989	355,4
1990	357,6
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1

1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5

Lanjutan Tabel 4.70 Indeks Harga

1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1



Gambar 4.7 Grafik Indeks Harga Alat Tiap Tahun

Dengan asumsi kenaikan indeks linear, maka dapat diturunkan persamaan *least square* sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$y = 9,4935x - 18553$$

dengan

y = indeks harga

x = tahun pembelian

dari persamaan tersebut diperoleh indeks harga pada tahun sebagai berikut :

Tabel 4.71 Indeks Harga Berdasarkan Persamaan Regresi

Tahun	Index
2020	623,870
2021	633,363
2022	642,857

Lanjutan Tabel 4.71 Indeks Harga Berdasarkan Persamaan Regresi

2023	652,350
2024	661,844
2025	671,337
2026	680,831

Pra-rancangan pabrik pada tahun = 2021 Pabrik didirikan tahun = 2024

Pabrik beroperasi tahun = 2026

Harga alat pada tahun akan didirikan (metode indeks) dengan persamaan sebagai berikut :

$$EX = EY \frac{NX}{NY}$$

Dimana : NX = Indeks harga pada tahun pembelian

EX = Harga tahun pembelian

EY = Harga tahun referensi

NX = Indeks harga pada tahun pembelian

NY = Indeks harga pada tahun referensi

Jika kapasitas alat tidak ada referensi, maka harga alat dihitung menggunakan metode *six tenths factor* :

$$Eb = Ea \left(\frac{Cb}{Ca} \right)^{0,6}$$

(Aries dan Newton, 1955)

Dimana:

Ea = Harga alat a

Eb = Harga alat b

Ca = Kapasitas alat a

Cb = Kapasitas alat b

4.8.3 Dasar Perhitungan

- a. Kapasitas produksi : 55.000 ton/tahun
- b. Pabrik beroperasi : 330 hari kerja
- c. Umur alat : 10 tahun
- d. Nilai kurs : 1 US \$ = Rp. 14.458
- e. Gaji buruh asing : \$20/man hour
- f. Gaji karyawan Indonesia : Rp. 25.000
- g. 5 % tenaga asing : 95% tenaga Indonesia

4.8.4 Perhitungan Biaya

4.8.4.1 Capital Investment

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya.

Capital investment terdiri dari:

- a. *Fixed Capital Investment*, yaitu biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

- *Physical Plant Cost* (PPC)

Tabel 4.72 *Physical Plant Cost* (PPC)

No	Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	156.364.240.740	10.815.067,14
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	39.091.060.185	2.703.766,79
3	Instalasi Cost	27.921.345.361	1.931.203,86
4	Pemipaan	89.014.956.668	6.156.796,01
5	Instrumentasi	39.537.657.568	2.734.656,08
6	Insulasi	6.366.127.047	440.318,65
7	Listrik	15.636.424.074	1.081.506,71

8	Bangunan	60.491.750.000	4.183.963,90
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	115.235.250.000	7.970.345,14
Physical Plant Cost (PPC)		549.658.811.643	38.017.624,27

- *Direct Plant Cost (DPC)*

Tabel 4.73 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	109.931.762.328	7.603.524,85
Total (DPC + PPC)		659.590.573.971	45.621.149,12

Tabel 4.74 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	<i>Fixed Capital</i>	Harga (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	659.590.573.971	45.621.149,12
2	<i>Cotractor's fee</i>	52.767.245.917,72	3.649.691,93
3	<i>Contingency</i>	65.959.057.397,14	4.562.114,91
Fixed Capital Investment (FCI)		778.316.877.286,30	53.832.955,96

- b. *Working Capital Investment*, yaitu biaya yang diperlukan untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

Tabel 4.75 *Working Capital Investment (WCI)*

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	28.348.809.958	1.960.770
2	<i>Inproses Onventory</i>	97.499.692.578	6.743.650
3	<i>Product Inventory</i>	70.908.867.330	4.904.473
4	<i>Extended Credit</i>	101.206.000.000	7.000.000
5	<i>Available Cash</i>	70.908.867.330	4.904.473
Working Capital (WC)		368.872.237.196	25.513.365

4.8.4.2 *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk.



Menurut Aries & Newton, 1955 *Manufacturing Cost* meliputi:

- a. *Direct Manufacturing Cost* (DMC), yaitu pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

Tabel 4.76 *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	311.836.909.543	21.568.468
2	<i>Labor</i>	12.858.000.000	889.335
3	<i>Supervision</i>	1.285.800.000	88.933
4	<i>Maintenance</i>	54.482.181.410	3.768.307
5	<i>Plant Supplies</i>	8.172.327.212	565.246
6	<i>Royalty and Patents</i>	22.265.320.000	1.540.000
7	<i>Utilities</i>	202.609.008.415	14.013.626
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		613.509.546.580	2.433.915

- b. *Indirect Manufacturing Cost* (IMC), yaitu pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

Tabel 4.77 *Indirect Manufacturing Cost* (IMC)

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	1.928.700.000	133.400
2	<i>Laboratory</i>	1.285.800.000	88.933
3	<i>Plant Overhead</i>	6.429.000.000	444.667
4	<i>Packaging and Shipping</i>	55.663.300.000	3.850.000
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		65.306.800.000	4.517.001

- c. *Fixed Manufacturing Cost* (FMC), yaitu biaya-biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 4.78 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	77.831.687.729	5.383.296
2	<i>Propertu taxes</i>	15.566.337.546	1.076.659
3	<i>Insurance</i>	7.783.168.773	538.330
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		101.181.194.047	6.998.284

Tabel 4.79 *Total Manufacturing Cost (MC)*

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	613.509.546.580	42.433.915
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	65.306.800.000	4.517.001
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	101.181.194.047	6.998.284
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		779.997.540.627	53.949.200

4.8.4.3 *General Expense*

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

Tabel 4.80 *General Expense (GE)*

No	<i>Type of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	22.265.320.000	1.540.000
2	<i>Sales Expense</i>	55.663.300.000	3.850.000
3	<i>Research</i>	44.530.640.000	3.080.000
4	<i>Finance</i>	22.943.782.290	1.586.926
<i>General Expenses(GE)</i>		145.403.042.290	10.056.926

Tabel 4.81 *Total Production Cost (TPC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	779.997.540.626,955	53.949.200
2	<i>General Expenses(GE)</i>	145.403.042.289,652	10.056.926
Total Production Cost (TPC)		925.400.582.916,606	64.006.127

4.8.5 Analisa Keuntungan

Keuntungan = Total penjualan produk – Total biaya produksi

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan = Rp 1.113.266.000.000
 Total *production cost* = Rp 925.400.582.917
 Keuntungan sebelum pajak = Rp 187.865.417.083

b. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak (25% keuntungan) = Rp 46.966.354.271
 Keuntungan setelah pajak = Rp 140.899.062.813

4.8.6 Analisa Kelayakan

Untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat di kategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak, maka dilakukan suatu analisa atau evaluasi kelayakan. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan, yaitu:

4.8.6.1 *Percent Return On Investment*

Return On Investment merupakan tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

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

a. ROI Sebelum Pajak (ROI b) = 24,14 %

- b. ROI Setelah Pajak (ROI a) = 18,10 %

4.8.6.2 Pay Out Time (POT)

Pay Out Time (POT) adalah:

- 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.
- Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

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

- POT Sebelum Pajak (POT b) = 2,93 tahun
- POT Setelah Pajak (POT a) = 3,56 tahun

4.8.6.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah :

- Titik impas produksi (suatu kondisi di mana pabrik mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
- Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya pengeluaran dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
- Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan total *cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi di bawah BEP dan akan untung jika beroperasi di atas BEP.

- *Fixed manufacturing cost* (Fa) = Rp 101.181.194.047
- *Regulated cost* (Ra) = Rp 231.844.850.911

- *Variabel cost* (V_a) = Rp 592.374.537.958
- Penjualan produk (S_a) = Rp 1.113.266.000.000

$$\text{BEP} = \frac{(F_a + 0,3R_a)}{S_a - V_a - 0,7R_a} \times 100\%$$

$$\text{BEP} = 47,61\%$$

4.8.6.4 *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point (SDP) adalah:

- a. 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 ekonomis nya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan *profit*).
- b. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
- c. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.
- d. Merupakan titik produksi di mana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

$$\text{SDP} = \frac{(0,3R_a)}{S_a - V_a - 0,7R_a} \times 100\%$$

$$\text{SDP} = 19,40\%$$

4.8.6.5 *Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) adalah:

- a. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak Kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
- b. Laju bunga maksimal di mana suatu proyek dapat membayar setiap pinjaman

beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

- c. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

$$(FCI + WCI)(1 + i)^N = \sum_{n=0}^{n=N-1} C_k(1 + i)^N + WC + SV$$

Dimana :

FC : *Fixed Capital*

WC : *Working Capital*

SV : *Salvage Value*

C : *Cash Flow (profit after taxes + depresiasi + finance)*

N ; Umur pabrik

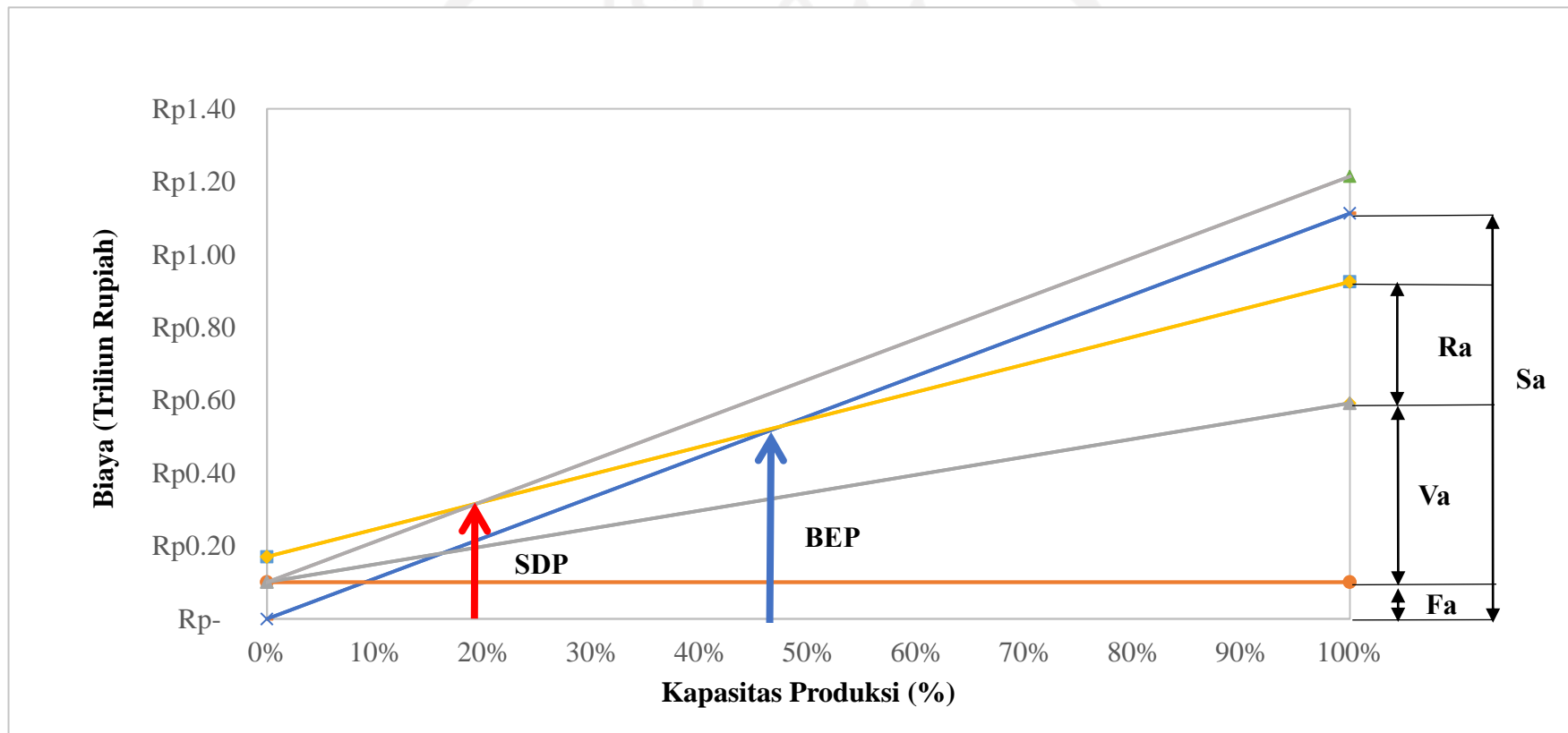
I : Nilai DCFR

- Umur pabrik : 10 tahun
- Depresiasi : Rp 77.831.687.729
- *Cash flow (CF)* : Rp 241.647.532.831
- *Working Capital Investment (WCI)* : Rp 368.872.237.196
- *Fixed Capital Investment (FCI)* : Rp 778.316.877.286
- DCFR : 20,52 %
- Suku bunga bank tahun 2021 : 3,5 %

Tabel 4.82 Analisa Kelayakan

No	Kriteria	Terhitung	Syarat
1	<i>Return on Investment</i> ROI sebelum pajak ROI setelah pajak	24,14 % 18,10 %	Minimal 11% untuk pabrik beresiko rendah
2	<i>Pay Out Time</i> POT sebelum pajak POT setelah pajak	2,93 3,56	Maksimal 5 tahun untuk pabrik beresiko rendah
3	<i>Break Event Point</i>	47,61 %	40 – 60%
4	<i>Shut Down Point</i>	19,40 %	
5	<i>Discounted Cash Flow Rate Of Return</i>	20,52 %	>1,5 suku bunga bank tahun 2021

Dari perhitungan evaluasi ekonomi, maka dapat digambarkan grafik hubungan kapasitas produksi terhadap BEP dan SDP sebagai berikut :



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Kapasitas Produksi Terhadap BEP dan SDP

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pabrik *Carbon Black* dari *residual oil* dengan kapasitas 55.000 ton/tahun, yang akan didirikan di daerah Cilacap, Jawa Tengah.

1. Berdasarkan tujuan proses, kondisi operasi, lokasi pabrik, sifat-sifat bahan baku dan produk. Pabrik ini tergolong pabrik yang beresiko rendah.
2. Bahan baku yang digunakan untuk membangun pabrik *Carbon Black* yaitu *residual oil* sebesar 10332,03 kg/jam dan *molasses* sebesar 208,33 kg/jam.
3. Kebutuhan listrik yang di suplai oleh PLN Cilacap sebesar 827,06 kW/jam termasuk generator listrik, sedangkan kebutuhan air yang diperoleh dari aliran sungai 56030,42 kg/jam, untuk kebutuhan air pendingin 19440 kg/jam sedangkan air untuk *steam* sebesar 30528,81 kg/jam. Dan kebutuhan bahan bakar *fuel oil* sebesar 3468,59 kg/jam.
4. Berdasarkan hasil analisis ekonomi sebagai berikut :
 - a. Keuntungan yang diperoleh
Keuntungan sebelum pajak Rp 187.865.417.083/tahun
Keuntungan setelah pajak Rp 140.899.062.813/tahun
 - b. *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 24,14 %, ROI setelah pajak sebesar 18,10 %. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11 % (Aries dan Newton).
 - c. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu selama 2,93 tahun, POT setelah pajak yaitu selama 3,56 tahun.
 - d. *Break Event Point* (BEP) yaitu 47,61 % dan *Shut Down Point* (SDP) yaitu 19,40 %.
 - e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 20,52 %. Suku bunga pinjaman bank saat ini adalah 3,5 % (BI 17 Juni 2021).

Dari hasil Analisa ekonomi diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik

tersebut layak didirikan dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

5.2 Saran

Pra rancangan suatu pabrik kimia membutuhkan konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik diantaranya sebagai berikut :

1. Pemilihan alat proses maupun alat penunjang serta bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang akan didapatkan.
2. Penentuan kondisi operasi yang tepat juga harus diperhatikan pada pendirian pabrik *Carbon Black* ini.
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 Newton, R.D., 1955, "*Chemical Engineering Cost Estimation*", Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York.
- Brown, G.G., 1973, "*Unit Operatios*", John Wiley and Sons Inc., New York.
- Brownell, L.E. and Young, E.H., 1979, "*Process Equipment Design*", Wiley Eastern Limited, New Delhi.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 1989, "*Chemical Engineering*", vol.6, Pergamon Press, Oxford.
- Dolinger, R.E., 1977, "*Carbon Black Pelletizing Apparatus*", US Patent 4,010,001 Evans, F.L., 1974, "*Equipment Design Hand Book for Refineries and Chemical Plant*", Gulf Publishing Company, Houston.
- Faith, W.L., Keyes, D.B., dan Donald, B., 1950, "*Industrial Chemistry*", John Wiley and Sons, London.
- Faith, W.L, Keyes, D.B. & Clark, R.I, 1960, "*Industrial Chemical*", 4ed, John Wiley & Sons Inc, N.Y.,
- Faith, W.L, Keyes, D.B. & Clark, R.I, 1966, "*Industrial Chemical*", vol 4, John Wiley & Sons Inc, N.Y.,
- Faith, W.L, Keyes, D.B. & Clark, R.I, 1967, "*Industrial Chemical*", vol 6, John Wiley & Sons Inc, N.Y.,5
- 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.
- Kern, D.Q., 1965, "*Process Heat Transfer*", McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Lewis, W.H. and Adcock, R.E., 1989, "*Regulation of The Flow-Rate of Carbon Black into A Pelletizer*", US Patent 4,808,005.
- McKetta, J.J., and Cunningham, W.A., 1976, "*Encyclopedia of Chemical Processing and Design*", vol.6, Marcel Dekker, Inc., New York.

- Nelson, W.L., 1985, "*Petroleum Refinery Engineering*", 4th ed., McGraw-Hill Book Company, New York.
- Othmer, K., 1978, "*Encyclopedia of Chemical Technology*", vol. 4, 3 ed., Wiley and Sons, Inc., New York.
- Perry, R.H. and Green, D.W., 1997, "*Perry's Chemical Engineering Handbooks*", 7th ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Peters, Max. S dan Klaus D. Timmerhaus., 1991, "*Plant Design and Economic for Chemical Engineers*". 4 Ed. McGraw-Hill Book Co. Tokyo.
- Rase, H.F. and Barrow, M.H., 1957, "*Project Engineering for Process Plant*", John Wiley and Sons, Inc., 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.
- Shreve, 1997, "*Chemical Process Industries*", 5th ed., McGraw Hill Book Co., Tokyo.
- Smith, J.M. and Van Ness, H.J., 1996, "*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*", 5th ed., McGraw Hill Book Company, New York.
- Treybal, R.E., 1981, "*Mass Transfer Operations*", 3th ed., McGraw Hill, Kogakusha Ltd., Tokyo.
- Vogler, 2000, "*Carbon Black Pellets and A Process for The Production Thereof*", US Patent 6,132,876.
- Yaws, C.L., 1999, "*Chemical Properties Handbook*", McGraw Hill Book Company, New York.
- <https://accurate.id/bisnis-ukm/pengertian-pt/>, diakses pada 16 Juni 2021.
- <https://www.kajianpustaka.com/2020/09/struktur-organisasi.html>, diakses pada 16 Juni 2021.
- <https://ajajib.co.id/ini-kelebihan-dan-kekurangan-bentuk-struktur-organisasi/>, diakses pada 16 Juni 2021.
- <https://smartpresence.id/blog/hr/pentingnya-struktur-organisasi-perusahaan>, diakses pada 16 Juni 2021.
- <http://alibaba.com/harga-alat.html>, diakses pada 14 Juli 2021.

<http://matche.com/equipcost/EquipmentIndex.html>, diakses pada 6 Juli 2021.

<http://www.carbonblack.org>, diakses pada 20 Maret 2021.

<https://accurate.id/bisnis-ukm/pengertian-pt/>, diakses pada 16 Juni 2021.

<https://www.kajianpustaka.com/2020/09/struktur-organisasi.html>, diakses pada 16 Juli 2021.

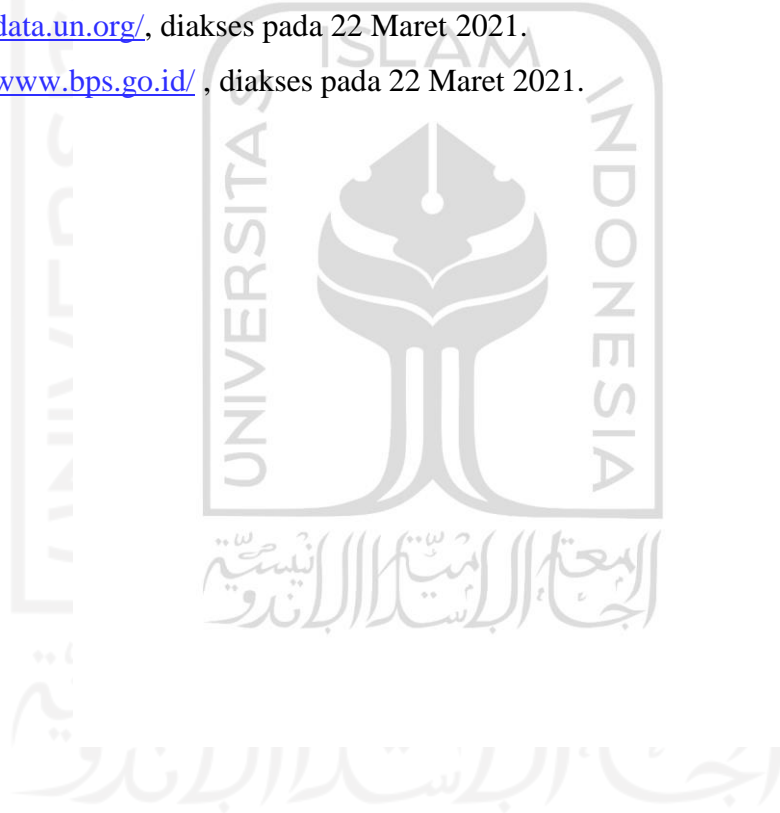
<https://ajaib.co.id/ini-kelebihan-dan-kekurangan-bentuk-struktur-organisasi/> _
diakses pada 16 Juli 2021.

<https://smartpresence.id/blog/hr/pentingnya-struktur-organisasi-perusahaan> diakses
pada 16 Juli 2021.

<http://kemenperin.go.id>, diakses pada 29 Maret 2021.

<https://data.un.org/>, diakses pada 22 Maret 2021.

<https://www.bps.go.id/> , diakses pada 22 Maret 2021.



LAMPIRAN

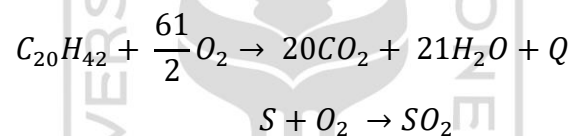
REAKTOR (R-01)

Tugas	: Merengkahkan <i>residual oil</i> menjadi <i>carbon black</i> dengan proses <i>thermal cracking</i>
Alat	: Reaktor <i>Furnace</i> (Gravley Reactor, US Patent 4,822,588)
Kondisi operasi	: Tekanan : 9,914 atm Suhu : 1371°C - 1650 °C

1. Reaksi Kimia

Reaksi perengkahan *residual oil* oleh panas (*thermal cracking*) terjadi pada suhu 1370°C - 1650 °C (Mc Ketta,1997) dengan tekanan 9,914 atm (US Patent 4,822,588). 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
5. Ruang *quenching*

3. Prinsip Kerja Reaktor

Residual oil bahan bakar dimasukan ke dalam ruang pembakaran lalu dibakar dengan O_2 10% *excess*. Kemudian gas hasil perengkahan dilewatkan kedalam ruang pencampuran dimana *residual oil* umpan perengkahan dimasukan.

Diruang reaksi perengkahan terjadi pada suhu 1371°C - 1650 °C dan tekanan 9,914 atm. Di ruang quenching campuran dikontakkan dengan air jenuh yang menyebabkan terjadinya penurunan suhu sekaligus menghentikan reaksi perengkahan.

4. Sifat-Sifat Fisis

a. Kapasitas Panas

- 1) Kapasitas Panas Gas (Coulson and Richardson, 1989)

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^2 \quad (R-1)$$

C_p = kapasitas panas, J/gmol.K

T = suhu, K

Nilai-nilai konstanta A, B, C dan D

Gas	A	B	C	D
CO ₂	19,795	7,343.10 ⁻²	-5,601.10 ⁻⁵	1,715.10 ⁻⁸
H ₂ O	32,243	1,923.10 ⁻²	1,055.10 ⁻⁵	-3,596.10 ⁻⁹
N ₂	31,150	-1,356.10 ⁻²	2,679.10 ⁻⁵	-1,168.10 ⁻⁸
SO ₂	23,852	6,698.10 ⁻²	-4,961.10 ⁻⁵	1,328.10 ⁻⁸
O ₂	28,106	-3,680.10 ⁻²	1,745.10 ⁻⁵	-1,065.10 ⁻⁸

- 2) Kapasitas Panas Minyak Berat (Griswold,1946)

Uap

$$C_p = A + BT + CT^2, \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F} \quad (R-2)$$

dengan

$$A = 0,045K - 0,233 = 0,295850532$$

$$B = (0,44 + 0,0177K) * 1.10^{-3} = 0,000648015$$

$$C = -0,153.10^{-6} = -0,000000153$$

Cair

$$C_p = (A + BT) * C, \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F} \quad (\text{R-3})$$

dengan

$$A = 0,355 + 1280 * \text{API} * 1.10^{-6} = 0,381432688$$

$$B = (503 + 1,17 * \text{API}) * 1.10^{-6} = 0,000527161$$

$$C = 0,05K + 0,41 = 0,997611702$$

dimana

$$K = \text{Faktor Karakteristik} = 11,75223405$$

$$\text{API} = 20,7$$

3) Kapasitas Panas Hidrogen (Smith, 1996)

$$C_p = (3,249 + 4,22 \cdot 10^{-4}T - 8,3 \cdot 10^{-3}T^{-2})8,314 \quad (\text{R-4})$$

dengan

$$C_p = \text{Kapasitas Panas, J/gmol.K}$$

$$T = \text{Suhu, K}$$

4) Kapasitas Panas Sulfur (Yaws, 1999)

$$C_p = 24,624 - 5,0402 \cdot 10^{-3}T + 2,4244 \cdot 10^{-6}T^2 - 4,2197 \cdot 10^{-3}T^4 \quad (\text{R-5})$$

dengan

$$C_p = \text{Kapasitas Panas, J/gmol.K}$$

$$T = \text{Suhu, K}$$

5) Kapasitas Panas Carbon (Smith, 1996)

$$C_p = (1,771 + 0,771 \cdot 10^{-3}T - 0,867 \cdot 10^{-5}T^{-2})8,314 \quad (\text{R-6})$$

dengan

$$C_p = \text{Kapasitas Panas, J/gmol.K}$$

$$T = \text{Suhu, K}$$

b. Panas Laten

Panas laten minyak berat, (Griswold, 1946)

$$\lambda = T_b \cdot (7,58 + 4,57 \log T_b), \text{ Btu/lbmol} \quad (\text{R.7})$$

$$= 28487,21586 \text{ Btu/lbmol}$$

dengan

T_b = molar average boiling point, $^{\circ}\text{R} = 1305,6 \text{ }^{\circ}\text{R}$

5. Kebutuhan Bahan Baku

Basis : 100 kg bahan baku

Komponen	%berat	kg/jam	kmol/jam
$\text{C}_{20}\text{H}_{42}$	87,75	87,75	0,31
H_2O	10,49	10,49	0,58
S	0,84	0,84	0,03
O_2	0,64	0,64	0,02
N_2	0,28	0,28	0,01
Total	100	100	0,95

Konversi = 0,9

Carbon black = $0,9 \times 20 \times 0,31 \text{ kmol/jam}$
 = 5,6011 kmol/jam = 67,2128 kg/jam

Kapasitas produksi = 55000 ton/tahun

$$= 55000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \times \frac{12 \text{ kg}}{1 \text{ kmol}}$$

$$= 6944,4444 \text{ kg/jam}$$

Perbandingan antara *carbon black* berdasarkan basis umpan 100 kg dengan kapasitas produksi yang diinginkan :

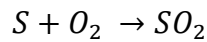
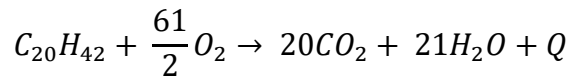
$$\text{Perbandingan} = \frac{6944,4444 \text{ kg/jam}}{67,2128 \text{ kg/jam}}$$

$$= 103,3203$$

Sehingga umpan yang diperlukan untuk menghasilkan *carbon black* sesuai kapasitas produksi = $103,3203 \times 100$
 = 10332,03 kg/jam

6. Kebutuhan Bahan Bakar

Asumsi : pembakaran berlangsung sempurna



Basis : 100 g bahan bakar

Komponen	BM	Residual Oil		Udara		O ₂ yang Bereaksi		Hasil Reaksi	
		gram	gmol	gram	gmol	gram	gmol	gram	gmol
C ₂₀ H ₄₂	282	87,75	0,3112			303,7021	9,4907		
O ₂	32	10,49	0,3278	324,5063	10,1408			30,4542	0,9517
S	32	0,84	0,0263			0,8400	0,0263		
H ₂ O	18	0,64	0,0356					118,2623	6,5701
N ₂	28	0,28	0,0100	1068,1667	38,1488			1068,4467	38,1588
CO ₂	44							273,8298	6,2234
SO ₂	64							1,6800	0,0263
Total		100,0000	0,7108	1392,6730	48,2896	304,5421	9,5169	1492,6730	51,9303

$$O_2 \text{ excess} = 1,1 * O_2 \text{ untuk pembakaran}$$

$$O_2 \text{ dari udara} = O_2 \text{ excess} - O_2 \text{ yang ada di bahan bakar}$$

$$O_2 \text{ dari udara} = ((9,4907 + 0,0263) * 1,1 - 0,3278) \text{ gmol} \\ = 10,1408 \text{ gmol}$$

$$O_2 \text{ dari udara} = 10,1408 \text{ gmol} / 100 \text{ g bahan bakar}$$

$$N_2 \text{ dari udara} = \frac{79}{21} \cdot \text{gmol } O_2 / 100 \text{ g bahan bakar}$$

$$N_2 \text{ dari udara} = 38,1488 \text{ gmol} / 100 \text{ g bahan bakar}$$

Faktor konversi:

$$1 \text{ Btu/lb} = 2,324 \text{ J/g}$$

Neraca panas ruang pembakaran dan pencampuran :

1) Panas yang dibawa bahan bakar masuk (cair)

Bahan bakar yang dipakai adalah minyak berat pada 170 °C (338F)

Kapasitas panas minyak berat cair :

$$\Delta H = m \int_{T_s}^{T_{input}} C_{p_{MB.air}} dT \quad (R-8)$$

$$\Delta H = m \int_{77}^{338} [(0,381432688 + 0,000527161T)0,997611702]dT. 2,324$$

2) Panas yang dibawa udara pembakaran

$$\text{Suhu udara} = 300^{\circ}\text{C} = 673\text{K}$$

$$\Delta H_2 = \Delta H_{O_2} + \Delta H_{N_2} \quad (\text{R-9})$$

$$\Delta H_{O_2} = m \frac{10,1408}{100} \int_{298}^{673} (28,106 - 3,680 \cdot 10^{-2}T + 1,745 \cdot 10^{-5}T^2 - 1,065 \cdot 10^{-8}T^3) dT$$

$$\Delta H_{N_2} = m \frac{38,1488}{100} \int_{298}^{673} (31,150 - 1,356 \cdot 10^{-2}T + 2,679 \cdot 10^{-5}T^2 - 1,168 \cdot 10^{-9}T^3) dT$$

3) Panas reaksi pembakaran

Grafik 5.22 Nelson, 1985

API = 20,7 dengan faktor karakteristik 11,75 didapat $\Delta H_R = -19100 \text{ Btu/}$

lb (Nelson, 1985)

$$\Delta H_R = m\lambda \quad (\text{R-10})$$

$$\Delta H_R = m x - 19100 x 2,324$$

4) Panas hilang

Panas yang hilang diasumsikan 2% dari panas input total (panas dibawa bahan bakar + panas dibawa udara pembakaran + panas reaksi)

$$\Delta H_L = 2\% \cdot (\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_R) \quad (\text{R-11})$$

5) Panas yang dibawa *residual oil* umpan perengkahan

$$\text{Suhu umpan residual oil} = 300^{\circ}\text{C} = 573\text{K}$$

$$\Delta H_5 = u \int_{T_R}^{T_{input}} C_{p_{MB.cair}} dT \quad (\text{R-12})$$

$$\Delta H_5 = 10332031,94 \text{ g} \int_{77}^{573} [(0,381432688 + 0,000527161T)0,997611702]dT. 2,324$$

$$\Delta H_5 = 6,5512 \cdot 10^9 \text{ J/jam}$$

6) Panas yang dibawa gas-gas hasil perengkahan

$$\text{Suhu gas-gas hasil pembakaran} = 1600^{\circ}\text{C} = 1873 \text{ K}$$

$$\Delta H_{CO_2} = m \frac{6,2234}{100} \int_{98}^{1873} (19,795 + 7,343 \cdot 10^{-2}T - 5,601 \cdot 10^{-5}T^2 + 1,715 \cdot 10^{-8}T^3) dT$$

$$\Delta H_{H_2O} = m \frac{6,5701}{100} \int_{298}^{1873} (32,243 + 1,923 \cdot 10^{-2}T + 1,055 \cdot 10^{-5}T^2 - 3,596 \cdot 10^{-9}T^3) dT$$

$$\Delta H_{SO_2} = m \frac{0,0263}{100} \int_{98}^{1873} (23,852 + 6,698 \cdot 10^{-2}T - 4,961 \cdot 10^{-5}T^2 + 1,328 \cdot 10^{-8}T^3) dT$$

$$\Delta H_{O_2} = m \frac{10,1408}{100} \int_{298}^{1873} (28,106 - 3,680 \cdot 10^{-2}T + 1,745 \cdot 10^{-5}T^2 - 1,065 \cdot 10^{-8}T^3) dT$$

$$\Delta H_{N_2} = m \frac{38,1488}{100} \int_{298}^{1873} (31,150 - 1,356 \cdot 10^{-2}T + 2,679 \cdot 10^{-5}T^2 - 1,168 \cdot 10^{-9}T^3) dT$$

$$\Delta H_6 = \sum n_i \cdot C_{p_i} \cdot dT = \sum n_i \cdot \int_{T_R}^{T_{out}} C_{p_i} \cdot dT \quad (R-13)$$

$$\Delta H_6 = \Delta H_{CO_2} + \Delta H_{H_2O} + \Delta H_{SO_2} + \Delta H_{O_2} + \Delta H_{N_2} \quad (R-14)$$

7) Panas untuk menaikkan suhu *residual oil* umpan perengkahan

$$\text{Suhu umpan} = 300 \text{ }^\circ\text{C} = 572 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu didih} = 343 \text{ }^\circ\text{C} = 649,4 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu perengkahan} = 1600 \text{ }^\circ\text{C} = 2912 \text{ }^\circ\text{F}$$

a. Panas untuk menaikkan umpan *residual oil* cair ke titik didih

$$\Delta H_a = u \int_{T_{input}}^{T_{didih}} C_{p_{MB.cair}} dT \quad (R-15)$$

$$\Delta H_a = 10332031,94 \text{ g} \int_{572}^{649,4} [(0,381432688 + 0,000527161T)0,997611702] dT \cdot 2,324$$

$$\Delta H_a = 1,3041 \cdot 10^9 \text{ J/jam}$$

b. Panas laten

$$\Delta H_b = u \cdot \lambda_{MB} \quad (R-16)$$

$$u = \frac{10332031,94 \text{ g/jam}}{105,2412 \text{ lb/lbmol}} \times \frac{1 \text{ lb}}{454 \text{ g}}$$

$$u = 216,2440 \text{ lbmol}$$

$$\Delta H_b = 216,2440 \text{ lbmol} \times 28487,21586 \frac{\text{Btu}}{\text{lbmol}} \times 1,055,1 \text{ J/Btu}$$

$$\Delta H_b = 6,4996 \cdot 10^9 \text{ J/jam}$$

c. Panas untuk menaikkan umpan *residual oil* uap ke titik perengkahan

Kapasitas *residual oil* uap :

$$\Delta H_c = u \int_{T_{didih}}^{T_{reaksi}} C_{p_{MB.uap}} dT \quad (R-17)$$

$$\Delta H_c = 10332031,94 \text{ g} \int_{649,4}^{2912} [(0,381432688 + 0,000527161T)0,997611702] dT \cdot 2,324$$

$$\Delta H_c = 4,8861 \cdot 10^{10} \text{ J/jam}$$

$$\Delta H_7 = \Delta H_a + \Delta H_b + \Delta H_c \quad (R-18)$$

$$\Delta H_7 = 1,3041 \cdot 10^9 \text{ J/jam} + 6,4996 \cdot 10^9 \text{ J/jam} + 4,8861 \cdot 10^{10} \text{ J/jam}$$

$$\Delta H_7 = 5,6665 \cdot 10^{10} \text{ J/jam}$$

8) Panas yang dibawa umpan *residual oil* ke suhu perengkahan

$$\Delta H_8 = u \int_{T_R}^{T_{out}} C_{p_{MB.uap}} dT \quad (R-19)$$

$$\Delta H_8 = 10332031,94 \text{ g} \int_{298}^{2912} [(0,381432688 + 0,000527161T)0,997611702] dT \cdot 2,324$$

$$\Delta H_8 = 5,5827 \cdot 10^{10} \text{ J/jam}$$

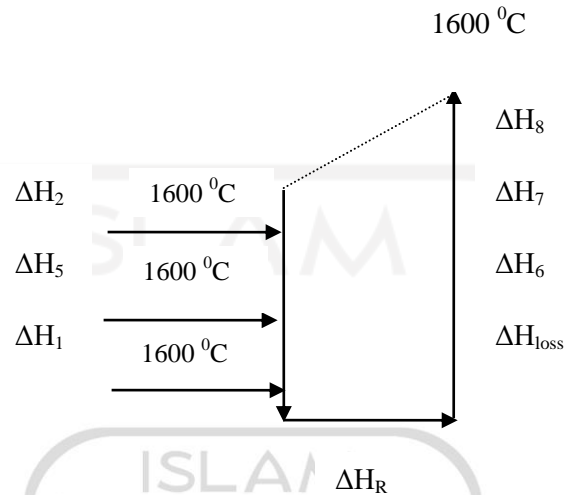
Neraca Panas Total

$$\text{In} - \text{Out} - \text{Reaction} = \text{Acc}$$

(Panas bahan bakar + Panas udara + Panas umpan) – (Panas hilang + Panas untuk menaikkan suhu umpan + Panas dibawa gas hasil pembakaran + Panas dibawa

uap minyak berat) – Panas reaksi = 0

$$(\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_5) - (\Delta H_L + \Delta H_7 + \Delta H_6 + \Delta H_8) - \Delta H_R = 0 \quad (R-20)$$



Algoritma Perhitungan

Proses perhitungan dilakukan dengan men-trial jumlah bahan bakar yang diperlukan agar persamaan (R.20) dapat terpenuhi.

Dari hasil perhitungan diperoleh

Kapasitas produksi	=	55000	ton/tahun
Umpan residual oil	=	10332,0319	kg/jam
Kebutuhan bahan bakar	=	5703,3110	kg/jam
Kebutuhan udara pembakaran	=	79428,4753	kg/jam
O ₂ udara pembakaran	=	60920,8694	kg/jam
N ₂ udara pembakaran	=	18507,6059	kg/jam

Panas Masuk, J/jam		Panas Keluar, J/jam	
ΔH_1	$= 1,6939 \cdot 10^9$	ΔH_L	$= 5,4837 \cdot 10^9$
ΔH_2	$= 1,9330 \cdot 10^{10}$	ΔH_7	$= 5,6665 \cdot 10^{10}$
ΔH_5	$= 6,5512 \cdot 10^9$	ΔH_R	$= -2,5316 \cdot 10^{11}$
		ΔH_8	$= 5,5827 \cdot 10^{10}$
		ΔH_G	$= 1,6276 \cdot 10^{11}$
ΔH_{masuk}	$= 2, 7575 \cdot 10^{10}$	ΔH_{keluar}	$= 2, 7575 \cdot 10^{10}$

Susunan gas keluar zona pembakaran

Komponen	kg/jam
CO ₂	15.617,3645
H ₂ O	7.306,6452
N ₂	60.936,8387
SO ₂	95,8156
O ₂	1.175,1223

7. 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 60⁰F, 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	kg/jam	BM	kmol/jam
CO ₂	16,439.3310	44	373.6211591
SO ₂	100.8586	64	1.575915625
O ₂	1,306.5762	32	40.83050625
N ₂	64,174.4930	28	2291.946179
H ₂ O	8,832.0794	18	490.6710778
Total			3198.6448

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

Jumlah volumetrik gas yang melewati throat :

$$V_{GHP} = \frac{n.R.T}{P} \quad (R-21)$$

$$V_{GHP} = \frac{3198,6448 \text{ kmol} \cdot 0,082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \cdot 288,5 \text{ K} \cdot 0,9988}{1 \text{ atm}}$$

$$= 75579,5365 \text{ liter/jam}$$

$$= 2669,0661 \text{ SCFH}$$

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

Dipilih :

$$V = 19000R^2 \quad (R-22)$$

$$2669,0661 \text{ SCFH} = 19000R^2$$

$$R = \sqrt{\frac{2669,0661}{19000} \text{ inchi}}$$

$$R = 4,4976 \text{ inchi}$$

$$D = 2 \times 4,4976 \text{ inchi} = 8,9953 \text{ inchi} = 0,2285 \text{ m}$$

Range diameter throat disyaratkan 5 – 10 inchi (US Patent 4,822,588), maka diameter yang didapatkan sudah sesuai dengan range yang disyaratkan)

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

Diambil :

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

$$\text{Panjang throat} = 0,8 \times 0,2285 \text{ m}$$

$$= 0,1828 \text{ m}$$

$$\text{Volume throat} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L \quad (R-23)$$

$$= \frac{\pi}{4} \cdot 0,2285^2 \cdot 0,1828$$

$$= 0,0075 \text{ m}^3$$

$$\text{Panjang throat over design} = 1,2 \times 0,1828 \text{ m}$$

$$= 0,2193 \text{ m}$$

$$\text{Volume throat over design} = 1,2 \text{ kali volume throat}$$

$$= 1,2 \times 0,0075 \text{ m}^3$$

$$= 0,0089 \text{ m}^3$$

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.

$$\begin{aligned} \text{Diameter zona pembakaran} &= 3 \times 0,2285 \text{ m} \\ &= 0,6854 \text{ m} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Panjang zona pembakaran} &= 3,5 \times 0,2285 \text{ m} \\ &= 0,7997 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume pembakaran} &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L && \text{(R-24)} \\ &= \frac{\pi}{4} \cdot 0,6854^2 \cdot 0,7997 \\ &= 0,2951 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan massa bahan bakar} = 5703,31 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas residual oil} = 930 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kecepatan massa udara} = 79428,48 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Rapat massa udara} &= \frac{P \cdot BM}{R \cdot T} && \text{(R-25)} \\ &= \frac{9,914 \text{ atm} \cdot 28,8 \text{ g/gmol}}{0,082 \text{ L} \cdot \frac{\text{atm}}{\text{gmol}} \cdot K \cdot 573 \text{ K}} \\ &= 5,5242 \text{ g/liter} \\ &= 5,5242 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w &= \text{kecepatan massa bahan bakar} + \text{kecepatan massa udara} && \text{(R-26)} \\ &= 5703,31 \text{ kg/jam} + 79428,48 \text{ kg/jam} \\ &= 83131,79 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$F_v = \frac{\text{kec.mass} \text{ bahan bakar}}{\rho \text{ bahan bakar}} + \frac{\text{kec.mass} \text{ udara}}{\rho \text{ udara}} \quad \text{(R-27)}$$

$$F_v = \frac{5703,31 \text{ kg/jam}}{930 \text{ kg/m}^3} + \frac{79428,48 \text{ kg/jam}}{5,5242 \text{ kg/m}^3}$$

$$F_v = 14384,41253 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang over design} &= 1,2 \times 0,7997 \text{ m} \\ &= 0,9596 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume over design} &= 1,2 \text{ kali volume pembakaran} \\ &= 1,2 \times 0,2951 \text{ m}^3 \\ &= 0,3540 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu tinggal } (\theta) &= \text{volume pembakaran}/F_v && \text{(R-28)} \\ &= (0,3540 \text{ m}^3) / (14384,41253 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}) \\ &= 0,000025 \text{ jam} = 0,0886 \text{ detik} \end{aligned}$$

Komposisi massa masuk zona pembakaran

$$\begin{aligned} \text{Massa bahan bakar} &= 5,703.31 \text{ kg/jam} \\ \text{Massa N}_2 &= 60,920.86943 \text{ kg/jam} \\ \text{Massa O}_2 &= 18,507.6059 \text{ kg/jam} \\ \text{Massa umpan} &= 10,332.03194 \text{ kg/jam} \\ \text{total} &= 95,463.8183 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Komposisi massa keluar zona pembakaran

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} &= 7,306.6452 \text{ kg/jam} = 405.9247333 \text{ kmol/jam} \\ \text{O}_2 &= 1,175.1223 \text{ kg/jam} = 36.72257188 \text{ kmol/jam} \\ \text{CO}_2 &= 15,617.3645 \text{ kg/jam} = 354.9401023 \text{ kmol/jam} \\ \text{SO}_2 &= 95.8156 \text{ kg/jam} = 1.49711875 \text{ kmol/jam} \\ \text{N}_2 &= 60,936.8387 \text{ kg/jam} = 2176.315668 \text{ kmol/jam} \\ \text{total} &= 85,131.7863 \text{ kg/jam} = 2975.400194 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

c. Perancangan zona pencampuran

Bentuk : kerucut terpenggal

$$V = \frac{\pi Y}{12} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D - d} \quad \text{(R-29)}$$

Dengan

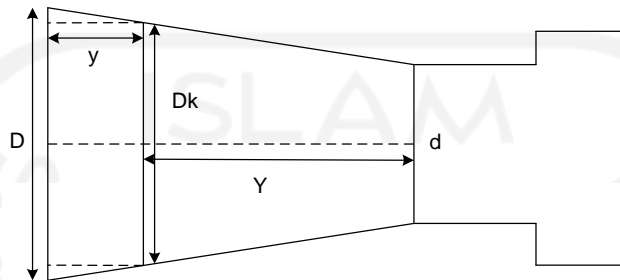
Y = ruang pencampuran, m

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



Penentuan letak *nozzle* umpan menggunakan algoritma sebagai berikut:

1. Trial y
2. Hitung diameter masuk dengan perbandingan

$$D_k = D - y \frac{(D - d)}{Y} \quad (R-30)$$

3. Volume trial = $\frac{\pi \cdot y}{12} \frac{(D^3 - D_k^3)}{(D - D_k)}$ (R-31)

4. Volume *over design* = 0,2 volume pembakaran
= 0,2 x 0,2951 m³
= 0,3541 m³

5. Iterasi dilakukan hingga (volume *over design* - V trial) = 0

Hasil perhitungan yang diperoleh

$$y = 0,3546 \text{ m}$$

$$D_k = 0,8567 \text{ m}$$

$$Y = 0,9139 \text{ m}$$

sehingga

$$\text{Panjang total ruang pencampuran} = Y + y \quad (R-32)$$

$$= (0,9139 + 0,3546) \text{ m}$$

$$= 1,2685 \text{ m}$$

$$\text{Diameter masuk} = 0,2951 \text{ m}$$

$$\text{Diameter keluar} = 0,2285 \text{ m}$$

Volume ruang pencampuran dari *nozzle*

$$V = \frac{\pi Y}{12} \cdot \frac{D_k^3 - d^3}{D_k - d} \quad (\text{R-33})$$

$$V = \frac{\pi Y}{12} \cdot \frac{0,8567^3 - 0,2285^3}{0,8567 - 0,2285}$$

$$\text{Volume ruang oencampuran dari nozzle} = 0,2349 \text{ m}^3$$

$$V \text{ throat} = 0,0075 \text{ m}^3$$

$$V \text{ total} = \text{Volume ruang pencampuran dari nozzle} + V \text{ throat}$$

$$= (0,2349 + 0,0075) \text{ m}^3$$

$$= 0,2424 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{umpan}} = \frac{\text{massa umpan}}{\text{densitas umpan}} \quad (\text{R-34})$$

$$V_{\text{umpan}} = \frac{10332,0319 \text{ kg/jam}}{930 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 11,1097 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Menurut persamaan (R-31)

$$V_{GHP} = \frac{3198644,837 \frac{\text{gmol}}{\text{jam}} \cdot 0,082 \frac{\text{Latm}}{\text{gmol}} \cdot K \cdot 1873K}{9,914 \text{ atm}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ m}^3}$$

$$= 54585,2295 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Volume umpan} + \text{Volume GHP} = 11,1097 \text{ m}^3/\text{jam} + 54585,2295 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 54596,3393 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{waktu tinggal } (\theta) = \frac{V \text{ total}}{V \text{ umpan} + V \text{ GHP}} \quad (\text{R-35})$$

$$\text{waktu tinggal } (\theta) = \frac{0,2424 \text{ m}^3/\text{jam}}{54596,3393 \text{ m}^3}$$

$$= 0,000004 \text{ jam}$$

$$= 0,0159 \text{ detik}$$

Komposisi massa masuk zona pencampuran

$$\text{H}_2\text{O} = 7306,6452 \text{ kg/jam} = 405,9247333 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{O}_2 = 1175,1223 \text{ kg/jam} = 36,72257188 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{CO}_2 = 15617,3645 \text{ kg/jam} = 354,9401023 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{SO}_2 = 95,8156 \text{ kg/jam} = 1,49711875 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{N}_2 = 60936,8387 \text{ kg/jam} = 2176,315668 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{Total} = 85131,7863 \text{ kg/jam} = 2975,400194 \text{ kmol/jam}$$

Komposisi massa keluar ruang zona pencampuran

$$\text{H}_2\text{O} = 7306,6452 \text{ kg/jam} = 405,9247333 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{O}_2 = 1175,1223 \text{ kg/jam} = 36,72257188 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{CO}_2 = 15617,3645 \text{ kg/jam} = 354,9401023 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{SO}_2 = 95,8156 \text{ kg/jam} = 1,49711875 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{N}_2 = 60936,8387 \text{ kg/jam} = 2176,315668 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{Residual oil umpan} = 10332,0319 \text{ Kg/jam} = 98,1747 \text{ Kmol/jam}$$

$$\text{Total} = 95463,8182 \text{ kg/jam} = 3073,5749 \text{ kmol/jam}$$

d. Perancangan zona perengkahan

Komposisi gas masuk ruang perengkahan

	kg/jam	kmol/jam	fraksi mol
C₂₀H₄₂	9,066.358	32.15020567	0.010460199
S	86.789	2.712158438	0.0008824116788
O₂	1,241.247	38.78897938	0.01262015078
N₂	60,965.768	2177.348871	0.7084092309
H₂O	8,390.475	466.1375217	0.1516597214
CO₂	15,617.364	354.9401011	0.1154811925
SO₂	95.816	1.497119219	0.0004870937719

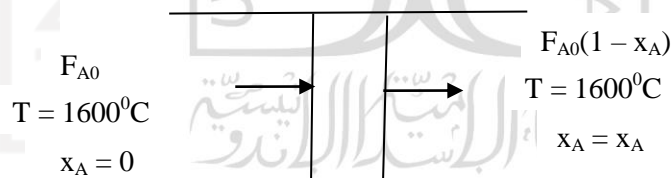
Fo	95,463.818	3073.574957	1
-----------	-------------------	--------------------	----------

Reaksi :



Perubahan komposisi gas pada ruang perengkahan

Gas Masuk	Xa = 0		Xa	
C ₂₀ H ₄₂	0.010460199	Fo	0.010460199	Fo(1-X)
S	0.0008824116788	Fo	0.0008824116788	Fo
O ₂	0.01262015078	Fo	0.01262015078	Fo
N ₂	0.7084092309	Fo	0.7084092309	Fo
H ₂ O	0.1516597214	Fo	0.1516597214	Fo
CO ₂	0.1154811925	Fo	0.1154811925	Fo
SO ₂	0.0004870937719	Fo	0.0004870937719	Fo
C	0	Fo	0.2092039799	FoX
H ₂	0	Fo	0.2196641789	FoX
	1	Fo	Fo	(1+0,4393X)



Neraca massa A pada elemer z li $z + \Delta z$

$$\text{In} - \text{Out} - \text{Reaction} = \text{Acc}$$

$$F_A|_z - [F_A|_{z+\Delta z} + (-r_A) \cdot A \cdot \Delta z.] = 0$$

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

$$\Delta z \rightarrow 0$$

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

(R-36)

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

$$dF_A = -F_{A0} \cdot x_A$$

$$-dF_A = F_{A0} \cdot dx_A$$

$$-\frac{dF_A}{dz} = F_{A0} \cdot \frac{dx_A}{dz}$$

$$F_{A0} \frac{dx_A}{dz} = (-r_A) \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$\frac{dx_A}{dz} = \frac{(-r_A) \cdot \pi \cdot D^2}{4 \cdot F_{A0}} \quad (R-37)$$

Dengan

$$D = 0,3427 \text{ m}$$

$$F_{A0} = 32,1502 \text{ kmol/jam}$$

$$\frac{dX_A}{dz} = \frac{(-r_A) \pi (0,3427 \text{ m})^2}{4 \cdot 32,1502 \text{ kmol/jam}}$$

Menurut Nelson, 1985:

Reaksi dekomposisi termal merupakan reaksi orde 1 dengan persamaan kecepatan reaksi:

$$-r_A = k \cdot C_A \quad (R-39)$$

Konstanta kecepatan reaksi merupakan fungsi temperatur yang mengikuti persamaan:

$$k = 1,0686 \cdot 10^{13} \cdot \exp\left(\frac{-30196,275}{T}\right) \quad (R-40)$$

Dengan T = temperatur absolut, ⁰K

Fraksi mol C₂₀H₄₂

$$y_A = \frac{F_A}{F_{total}} \quad (R-41)$$

Berdasarkan tabel perubahan komposisi gas pada zona perengkahan

$$F_A = 0,01046 (1 - X_A) F_0 \quad (R-42)$$

$$F_{total} = (1 + 0,4393 X_A) F_0 \quad (R-43)$$

Substitusi persamaan (R-42) dan (R-43) ke (R-41)

$$y_A = \frac{0,01046 (1 - X_A) F_0}{(1 + 0,4393 X_A) F_0}$$

$$y_A = \frac{0,01046 (1-X_A)}{(1+0,4393X_A)} \quad (\text{R-44})$$

Konsentrasi $C_{20H_{42}}$

$$C_A = y_A \cdot \frac{P}{RT} \quad (\text{R-45})$$

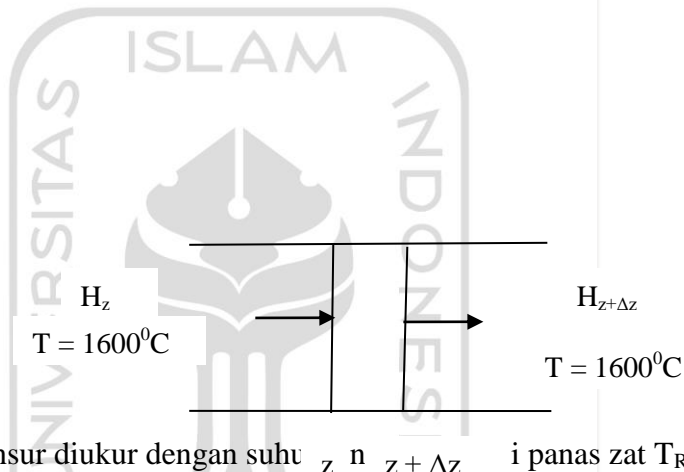
Substitusi persamaan (R-44) ke (R-45)

$$C_A = \frac{0,01046 (1-X_A)}{(1+0,4393X_A)} \times \frac{9,914 \text{ atm}}{0,08206 \text{ m}^3 \cdot \frac{\text{atm}}{\text{kmol}} \cdot K \cdot T(K)} \quad (\text{R-46})$$

Neraca panas ruang perengkahan

Asumsi :

1. Adiabatis
2. *Steady state*



Entalpi semua unsur diukur dengan suhu $T = 1600^\circ\text{C} = 298^\circ\text{K}$.

Neraca panas pada elemen volume:

$$\text{In} - \text{Out} - \text{Reaction} = \text{Acc}$$

$$[\sum(F_i \cdot H_i)|_z] - [\sum(F_i \cdot H_i)|_{z+\Delta z}] = 0$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{F_i \cdot H_i|_{z+\Delta z} - F_i \cdot H_i|_z}{\Delta z} = 0$$

$$\Delta z \rightarrow 0$$

$$\frac{d(\sum(F_i \cdot H_i))}{dz} = 0 \quad \sum \frac{d(F_i \cdot H_i)}{dz} = 0$$

$$\sum \left(F_i \cdot \frac{dH_i}{dT} \cdot \frac{dT}{dz} \right) + \sum \left(H_i \cdot \frac{dF_i}{dz} \right) = 0$$

$$\left(\sum F_i \cdot C_{p,i} \right) \frac{dT}{dz} + \sum \left(H_i \cdot \frac{dF_i}{dz} \right) = 0 \quad (\text{R-47})$$

$$\begin{aligned} \Sigma \left(H_i \cdot \frac{dF_i}{dz} \right) &= H_{MB} \frac{dF_{MB}}{dz} + H_C \frac{dF_C}{dz} + H_{H_2} \frac{dF_{H_2}}{dz} + H_{CO_2} \frac{dF_{CO_2}}{dz} + H_{H_2O} \frac{dF_{H_2O}}{dz} \\ &+ H_{O_2} \frac{dF_{O_2}}{dz} + H_{SO_2} \frac{dF_{SO_2}}{dz} + H_{N_2} \frac{dF_{N_2}}{dz} \end{aligned} \quad (R-48)$$

$$\frac{dF_{CO_2}}{dz} = \frac{dF_{H_2O}}{dz} = \frac{dF_{O_2}}{dz} = \frac{dF_{SO_2}}{dz} = \frac{dF_{N_2}}{dz} = 0 \quad (R-49)$$

Substitusi persamaan (R.46) ke (R.45)

$$\Sigma \left(H_i \cdot \frac{dF_i}{dz} \right) = H_{MB} \frac{dF_{MB}}{dz} + H_C \frac{dF_C}{dz} + H_{H_2} \frac{dF_{H_2}}{dz} \quad (R-50)$$

Berdasarkan persamaan (R.49)

$$\frac{dF_{MB}}{dz} = \frac{dF_A}{dz} = \frac{0,01046F_0 dX_A}{dz} \quad (R-51)$$

Berdasarkan tabel perubahan komposisi gas pada ruang perengkahan

$$F_C = 0,2092039 F_0 X_A \quad (R-52)$$

$$F_{H_2} = 0,2196642 F_0 X_A \quad (R-53)$$

Sehingga

$$\frac{dF_C}{dz} = \frac{0,2092039F_0 dX_A}{dz} \quad (R-54)$$

$$\frac{dF_{H_2}}{dz} = \frac{0,2196642F_0 dX_A}{dz} \quad (R-55)$$

Substitusi persamaan (R-51), (R-52) dan (R-53) ke (R-50)

$$\Sigma \left(H_i \frac{dF_i}{dz} \right) = (0,01046H_{MB} + 0,2092039 H_C + 0,2196642 H_{H_2})F_0 \frac{dX_A}{dz} \quad (R-56)$$

Substitusi persamaan (R-56) ke (R-47)

$$\Sigma (F_i C_{pi}) \frac{dT}{dz} + F_0 \frac{dX_A}{dz} (0,01046H_{MB} + 0,2092039 H_C + 0,2196642 H_{H_2}) = 0$$

$$\Sigma (F_i C_{pi}) \frac{dT}{dz} + F_0 \frac{dX_A}{dz} (20H_C + 21H_{H_2} - H_{MB}) = 0 \quad (R-57)$$

Panas reaksi perengkahan minyak berat (*residual oil*)

$$\Delta H_R = (20 H_C + 21H_{H_2} - H_{MB}) \quad (R-58)$$

Substitusi persamaan (R-58) ke (R-57)

$$\Sigma (F_i C_{pi}) \frac{dT}{dz} + F_0 (\Delta H_R) \frac{dX_A}{dz} = 0$$

$$\sum (F_i C_{pi}) \frac{dT}{dz} = -F_0(\Delta H_R) \frac{dX_A}{dz}$$

$$\frac{dT}{dz} = \frac{-F_0(\Delta H_R) \frac{dX_A}{dz}}{(\sum F_i C_{pi})} \quad (R-59)$$

Dengan

Panas reaksi ΔH_{RT} pada suhu reaksi T adalah

$$\Delta H_{RT} = \Delta H_R^0 + \int_{TR}^T (20Cp_C + 21Cp_{H_2} - Cp_{MB})dT \quad (R-60)$$

Dan

$$\begin{aligned} (\sum F_i C_{pi}) = & F_{MB} \cdot Cp_{MB} + F_C \cdot Cp_C + F_{H_2} \cdot Cp_{H_2} + F_{CO_2} \cdot Cp_{CO_2} + F_{H_2O} \cdot Cp_{H_2O} + F_{O_2} \cdot Cp_{O_2} \\ & + F_{SO_2} \cdot Cp_{SO_2} + F_{N_2} \cdot Cp_{N_2} \end{aligned}$$

Dari tabel perubahan komposisi gas pada zona perengkahan

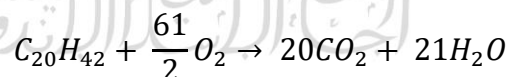
$$\begin{aligned} (\sum F_i C_{pi}) = & 0,0104602F_0(1 - X_A)Cp_{MB} + 0,2092039F_0xCp_C + 0,2196642F_0xCp_{H_2} + \\ & 0,1154812F_0Cp_{CO_2} + 0,1516597F_0Cp_{H_2O} + 0,0126202F_0Cp_{O_2} + \\ & 0,0004871F_0Cp_{SO_2} + 0,7084092F_0Cp_{N_2} \end{aligned} \quad (R-61)$$

Panas Reaksi ΔH_{RT}

Pada reaksi ΔH_{RT} dapat dicari melalui perhitungan dari data panas pembakaran dan entalpi pembentukan standar yang diperoleh.

Panas pembakaran

Reaksi Pembakaran



ΔH combustion = -19100 Btu/lb (Nelson,1985)

ΔH_f^0 pada 298 K : (Coulson Appendix C 4th edition)

Komponen	del Hf , kJ/gmol
C	716.7
C ₂₀ H ₄₂	-415.87
H ₂	0

Panas Reaksi Standar

Reaksi Perengkahan



$$\begin{aligned}\Delta H_R^0(298K) &= \Delta H^0_{produk} - \Delta H^0_{reaktan} & (R-62) \\ &= (\Delta H^0_C + \Delta H^0_{H_2}) - \Delta H^0_{C_{20}H_{42}} \\ &= (716,7+0) - (-415,87) \\ &= 1132,57 \text{ kJ/gmol}\end{aligned}$$

Penyelesaian Persamaan Diferensial Ordiner Simultan

Persamaan (R-36) dan (R-56) diselesaikan secara simultan dengan metode numeris Runge-Kutta sebagai berikut:

$$\frac{dx_A}{dz} = f_1(x, T) \quad (R-63)$$

$$\frac{dT}{dz} = f_2(x, T) \quad (R-64)$$

$$k_1 = f_1(x_0, T_0) \cdot \Delta z \quad (R-65)$$

$$l_1 = f_2(x_0, T_0) \cdot \Delta z \quad (R-66)$$

$$k_2 = f_1\left(x_0 + \frac{k_1}{2}, T_0 + \frac{l_1}{2}\right) \Delta z \quad (R-67)$$

$$l_2 = f_2\left(x_0 + \frac{k_1}{2}, T_0 + \frac{l_1}{2}\right) \Delta z \quad (R-68)$$

$$k_3 = f_1\left(x_0 + \frac{k_2}{2}, T_0 + \frac{l_2}{2}\right) \Delta z \quad (R-69)$$

$$l_3 = f_2\left(x_0 + \frac{k_2}{2}, T_0 + \frac{l_2}{2}\right) \Delta z \quad (R-70)$$

$$k_4 = f_1(x_0 + k_3, T_0 + l_3) \cdot \Delta z \quad (R-71)$$

$$l_4 = f_2(x_0 + k_3, T_0 + l_3) \cdot \Delta z \quad (R-72)$$

$$x_1 = x_0 + \frac{(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)}{6} \quad (\text{R.73})$$

$$T_1 = T_0 + \frac{(l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4)}{6} \quad (\text{R.74})$$

Algoritma Perhitungan Reaktor

Proses perhitungan dilakukan menggunakan metode Runge-Kutta dengan algoritma sebagai berikut :

Dari iterasi Runge-kutta diperoleh :

Diameter zona perengkahan = 0,342720 m

Panjang zona perengkahan = 3,80 m

Panjang over design = 1,2 x 3,80 m

= 4,56 m

Suhu gas keluar zona perengkahan = 1720,3494 K

Komposisi gas keluar ruang perengkahan:

Komponen	kgmol/jam	kg/jam	fraksi mol
C ₂₀ H ₄₂	3,1555	889,8530	0,0007
H ₂ O	466,1375	8390,4754	0,1101
S	2,7122	86,7891	0,0006
O ₂	38,7890	1241,2473	0,0092
N ₂	2177,3489	60965,7684	0,5143
SO ₂	1,4971	95,8156	0,0004
CO ₂	354,9401	15617,3645	0,0838
C	579,8940	6958,7276	0,1370
H ₂	608,8887	1217,7773	0,1438
Total	4233,3629	95463,8183	1,0000

8. Penentuan Tebal Isolasi pada Dinding Reaktor

Spesifikasi Bahan Dinding Reaktor

a. Lapisan Bata Tahan Api (Perry,1977)

Bahan baku : Silikon Carbide (Si-C)

Titik lebur : 2573 K

Konduktivitas thermal : 6,3 Btu/(hr.ft².R)

b. Lapisan Isolasi

Bahan baku : fiber blanket

Konduktivitas thermal : 0,028 Btu/(hr.ft².R)

c. Lapisan *Carbon Steel*

Konduktivitas thermal : 26 Btu/(hr.ft².R)

Asumsi :

1. Steady state

2. Koefisien perpindahan panas konduksi bernilai tetap

3. Perpindahan panas hanya terjadi pada arah radial

- Tebal bata tahan api = 0,5 (D pembakaran – D reaksi) + tebal standar
= 0,5 (68,5439 cm – 34,2719 cm) + 22,5 cm
= 39,64 cm = 0,3964 m

- Tebal lapisan baja

$$t = \frac{p \cdot r}{f \cdot E - 0,6p} + C \quad (R-75)$$

dengan

P = *design pressure* (1,1 kali operating design)

r = jari-jari reaktor

f = *maximum allowable stress*

E = efisiensi sambungan

C = *corrosion allowance*

Dimana

Operating pressure = 9,914 atm

= 1,1 x 9,914 atm x 14,7 psia

$$= 145,7358 \text{ psia}$$

$$= 145,6094 \text{ psig}$$

$$r = 19,634747 \text{ inchi}$$

$$f = 18333,33 \text{ psi}$$

$$E = 0,8$$

$$C = 2 \text{ mm} = 0,07874 \text{ inchi}$$

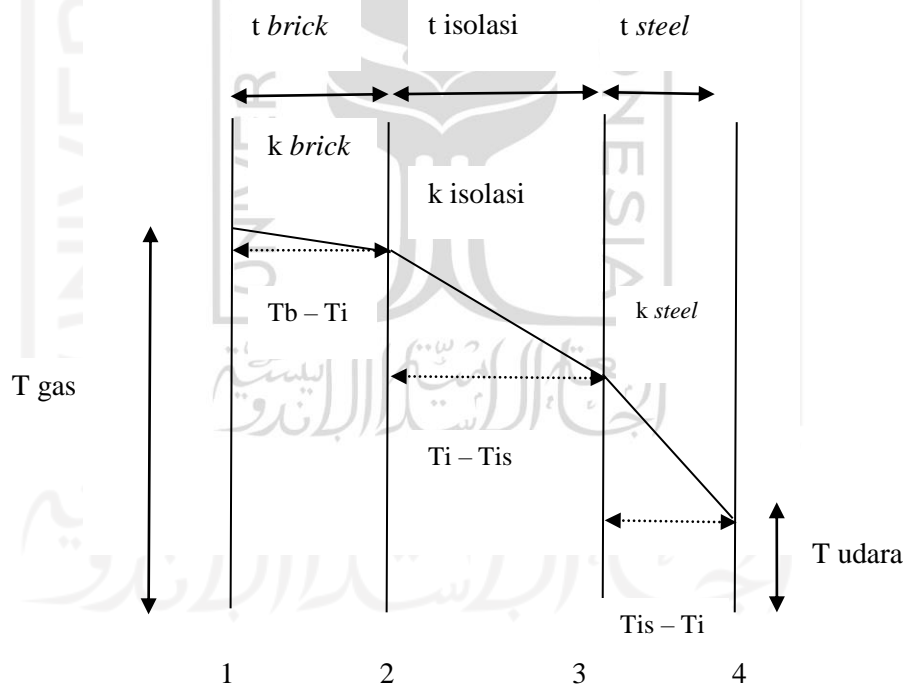
$$t = \frac{145,7358 \text{ psi} \cdot 19,634747 \text{ inchi}}{18333,33 \text{ psi} \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 145,7358 \text{ psi}} + 0,07874 \text{ inchi}$$

$$t = 0,2748 \text{ inchi}$$

$$\text{tebal standar} = 0,5 \text{ inchi (range size 0,5 inchi - 6 inchi)}$$

$$= 0,0127 \text{ m}$$

Berdasarkan geometri pipa



$$q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q_{total}$$

$$Q_1 = U_1 \cdot A_1 \cdot (T_{gas} - T_{udara})$$

$$Q_2 = h_{udara} \cdot A_4 \cdot (T_{steel} - T_{udara})$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$U_1 = \frac{h_{udara} \cdot R_4 \cdot (T_{steel} - T_{udara})}{R_1 (T_{gas} - T_{udara})} \quad (R-76)$$

$$\frac{q_r}{A_1 \cdot (T_{gas} - T_{ud})} = \frac{1}{\frac{1}{h_{gas} \cdot R_1} + \frac{\ln(R_2 / R_1)}{k_{brick}} + \frac{\ln(R_3 / R_2)}{k_{isolasi}} + \frac{\ln(R_4 / R_3)}{k_{steel}} + \frac{1}{R_4 \cdot h_{ud}}}$$

$$U_1 = \frac{1}{\frac{1}{h_{gas}} + \frac{R_1 \cdot \ln(R_2 / R_1)}{k_{brick}} + \frac{R_1 \cdot \ln(R_3 / R_2)}{k_{isolasi}} + \frac{R_1 \cdot \ln(R_4 / R_3)}{k_{steel}} + \frac{R_1}{R_4 \cdot h_{ud}}} \quad (R-77)$$

Keterangan :

R_1	=	Jari-jari ruang perengkahan	,	m
R_2	=	R_1 + tebal bata tahan api	,	m
R_3	=	R_2 + tebal isolasi	,	m
R_4	=	R_3 + tebal lapisan <i>carbon steel</i>	,	m
U_1	=	Koefisien perpindahan panas berdasar diameter ruang perengkahan	,	m
T_{steel}	=	Suhu permukaan <i>carbon steel</i>	,	K
T_{gas}	=	Suhu reaksi perengkahan	,	K
T_{ud}	=	Suhu udara luar	,	K

Koefisien Perpindahan Panas Gas dalam Reaktor

Menurut Griswold, 1946

$$h_{gas} = 1,6 \cdot (G)^{2/3} \cdot (T_{gas})^{0,3} \cdot (D)^{-1/3}, \text{ Btu}/(\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{R}) \quad (R-78)$$

Dimana

G = kecepatan gas pada luas tampang terkecil, $\text{lb}/\text{ft}^2 \cdot \text{s}$

T_{gas} = suhu gas, F

D = Diameter ruang perengkahan, in

$$\begin{aligned} h_{gas} &= 1,6(52,5026)^{2/3}(3372)^{0,3}(13,4929)^{-1/3} \\ &= 107,7883 \text{ Btu}/\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{R} \end{aligned}$$

Koefisien Perpindahan Panas Dinding Luar dengan Udara

Menurut Griswold, 1946

$$h_c = \frac{0,53.C.(T_{steel} - T_{udara})^{0,27}}{T_{av}^{0,18}}, \text{ Btu}/(\text{hr.ft}^2.\text{R}) \quad (\text{R-79})$$

$$h_c = \frac{0,53.C.(564 - 546)^{0,27}}{555^{0,18}}$$

$$h_c = 0,6639 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} . \text{ft}^2 . \text{R}$$

Dimana

C = konstanta bentuk = 1,79 untuk furnace arch

T_{av} = suhu rata-rata aritmatik antara permukaan dinding dengan udara,R

$$h_r = 0,173.\varepsilon. \frac{\left[\left(\frac{T_{steel}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{udara}}{100} \right)^4 \right]}{(T_{steel} - T_{udara})}, \text{ Btu}/\text{hr.ft}^2.\text{R} \quad (\text{R-80})$$

ε = 0,8 (Griswold, 1946)

$$h_r = 0,173 \times 0,8 \times \frac{\left(\frac{564}{100} \right)^4 - \left(\frac{546}{100} \right)^4}{564 - 546}$$

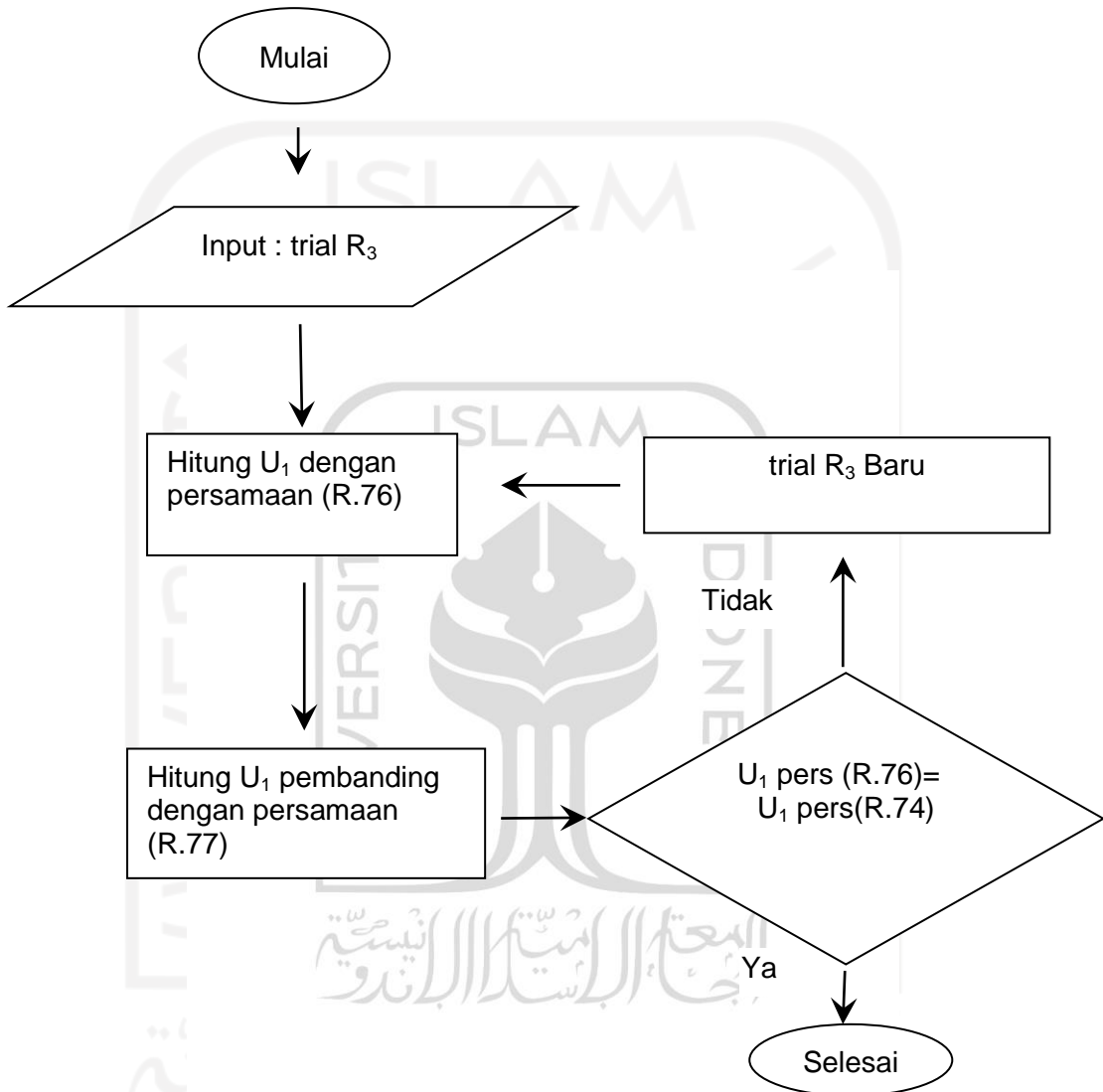
$$= 0,9466 \text{ Btu}/\text{hr.ft}^2.\text{R}$$

$$h_{udara} = h_c + h_r \quad (\text{R-81})$$

$$= (0,6639 + 0,9466) \text{ Btu}/\text{hr.ft}^2.\text{R}$$

$$= 1,6105 \text{ Btu}/\text{hr.ft}^2.\text{R}$$

Algoritma Perhitungan



Hasil perhitungan sebagai berikut :

Tebal isolasi	= 0,2584 m
U	= 0,0302 Btu/ft ² .hr.F
R1	= 0,3429 m
R2	= 0,7396 m
R3	= 0,9980 m
R4	= 1,0108 m

9. Pressure Drop Reaktor

Menurut Kern, 1965

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G^2 \cdot L \cdot n}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot D \cdot S \cdot \phi_t} \text{, psi} \quad (\text{R-82})$$

ΔP_t	=	Pressure drop	, psi
L	=	Panjang	, ft
D	=	Diameter	, ft
A	=	Luas penampang	, ft ²
F total	=	Kecepatan total	, lb/hr
G	=	Kecepatan per luas penampang	, lb/hr.ft ²
	=	$\frac{F_{total}}{A}$	
S	=	Specific Gravity	
ϕ_t	=	ϕ_t	
μ	=	Viskositas	, lb/ft.hr
Re	=	Bilangan Reynolds	
	=	$\frac{G \cdot D}{\mu}$	
f	=	Faktor Friksi	

a. Ruang Pembakaran

L	=	0,7997 m	=	2,6236 ft
D	=	0,6854 m	=	2,2488 ft
A	=	3,9789 ft ²		
F total	=	187514,9479 lb/jam		
G	=	47210,4104 lb/hr.ft ²		
S	=	4,2345		
Φ_t	=	1		

$$\mu = 0,0751 \text{ lb/ft.hr}$$

$$\text{Re} = 1413074,973$$

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

$$\Delta P_t = \frac{0,0009 \times 47210,4104^2 \times 2,6236 \times 1}{5,22 \cdot 10^{10} \times 2,2488 \times 4,2345 \times 1}$$

$$\Delta P_t = 1,06 \cdot 10^{-6} \text{ psi}$$

$$= 7,20 \cdot 10^{-8} \text{ atm}$$

$$P_{\text{out}} = 9,914 \text{ atm}$$

b. Ruang Pencampuran

$$L = 0,9139 \text{ m} = 2,9984 \text{ ft}$$

$$D_{\text{in}} = 0,6854 \text{ m} = 2,2488 \text{ ft}$$

$$D_{\text{out}} = 0,2285 \text{ m} = 0,7496 \text{ ft}$$

$$D = 1,4992 \text{ ft}$$

$$A = 1,7653 \text{ ft}^2$$

$$F_{\text{total}} = 210272,7274 \text{ lb/jam}$$

$$G = 119115,2451 \text{ lb/hr.ft}^2$$

$$S = 0,101867$$

$$\Phi_t = 1$$

$$\mu = 0,0842 \text{ lb/ft.hr}$$

$$\text{Re} = 2121480,607$$

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

$$\Delta P_t = \frac{0,0009 \times 119115,2451^2 \times 2,9984 \times 1}{5,22 \cdot 10^{10} \times 2,2488 \times 0,101867 \times 1}$$

$$\Delta P_t = 3,20 \cdot 10^{-3} \text{ psi}$$

$$= 2,18 \cdot 10^{-4} \text{ atm}$$

$$P_{\text{out}} = 9,914 \text{ atm}$$

c. Throat

$$L = 0,1828 \text{ m} = 0,5996 \text{ ft}$$

$$D = 0,2285 \text{ m} = 0,7496 \text{ ft}$$

$$A = 0,4413 \text{ ft}^2$$

$$F_{\text{total}} = 210272,7274 \text{ lb/jam}$$

$$G = 476460,9802 \text{ lb/hr.ft}^2$$

$$S = 0,1018645$$

$$\Phi_t = 1$$

$$\mu = 0,0842 \text{ lb/ft.hr}$$

$$Re = 4242961,214$$

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

$$\Delta P_t = \frac{0,0009 \times 476460,9802^2 \times 0,5996 \times 1}{5,22 \cdot 10^{10} \times 0,7496 \times 0,1018645 \times 1}$$

$$\Delta P_t = 3,07 \cdot 10^{-2} \text{ psi}$$

$$= 2,09 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$$

$$P_{\text{out}} = 9,912 \text{ atm}$$

d. Ruang Perengkahan

$$L = 3,8 \text{ m} = 12,4671 \text{ ft}$$

$$D = 0,3427 \text{ m} = 1,1244 \text{ ft}$$

$$A = 0,9929 \text{ ft}^2$$

$$F_{\text{total}} = 95463,8182 \text{ lb/jam}$$

$$G = 96139,23778 \text{ lb/hr.ft}^2$$

$$S = 0,101843$$

$$\Phi_t = 1$$

$$\mu = 0,08312 \text{ lb/ft.hr}$$

$$Re = 1300385,601$$

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

$$\Delta P_t = \frac{0,0009 \times 96139,23778^2 \times 12,4671 \times 1}{5,22 \cdot 10^{10} \times 1,1244 \times 0,101843 \times 1}$$

$$\Delta P_t = 1,73 \cdot 10^{-2} \text{ psi}$$

$$= 1,18 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$$

$$P_{\text{out}} = 9,910 \text{ atm}$$

10. Burner

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

$$\text{kapasitas burner 500 ghp} = 1,8925 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Densitas Residual oil} = 930 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kecepatan bahan bakar} = \text{Jumlah bahan bakar/densitas residual oil}$$

$$= \frac{5703,31 \text{ kg/jam}}{930 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 6,1326 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Jumlah burner} = \frac{6,1326 \text{ m}^3/\text{jam}}{1,8925 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$= 3,240$$

$$= 4$$

11. Pipa Pengumpan dan Nozzle

a. Pipa Pengumpan Udara

Digunakan 2 buah pipa

$$\text{Jumlah massa mengalir} = 0,5 \text{ kebutuhan udara total}$$

$$\text{Kebutuhan udara} = 79428,48 \text{ kg/jam}$$

$$= 22,0635 \text{ kg/s}$$

$$\text{Jumlah massa mengalir} = 11,0317 \text{ kg/s}$$

$$\text{Rho udara} = 5,5242 \text{ kg/m}^3$$

$$D_{opt} = 226 \cdot W^{0,5} \cdot \rho^{-0,35} \tag{R-83}$$

$$D_{opt} = 226 \cdot 11,0317^{0,5} \cdot 5,5242^{-0,35}$$

$$D_{opt} = 412,7015 \text{ mm} = 16,2480 \text{ in}$$

Digunakan

$$\text{NPS} : 18 \text{ in}$$

$$\text{Sch} : 80$$

$$\text{ID} : 16,126 \text{ in}$$

$$\text{Tebal} : 0,938 \text{ in}$$

b. *Nozzle* Pengumpan Bahan Bakar

Digunakan 8 buah *nozzle*

Jumlah massa mengalir = 0,125 kebutuhan bahan bakar total

Kebutuhan bahan bakar = 5703,31 kg/jam
= 1,5842 kg/s

Jumlah massa mengalir = 0,1980 kg/s

Rho *residual oil* = 930 kg/m³

$$D_{opt} = 226 \cdot 0,1980^{0,5} \cdot 930^{-0,35}$$

$$D_{opt} = 9,1940 \text{ mm} = 0,3619 \text{ in}$$

Digunakan

NPS : 0,5 in

Sch : 80

ID : 0,546 in

Tebal : 0,147 in

c. *Nozzle* Pengumpan Bahan Baku

Digunakan 8 buah *nozzle*

Jumlah massa mengalir = 0,125 kebutuhan bahan baku total

Kebutuhan bahan baku = 10332,03194 kg/jam
= 2,8700 kg/s

Jumlah massa mengalir = 0,3587 kg/s

Rho *residual oil* = 930 kg/m³

$$D_{opt} = 226 \cdot 2,3587^{0,5} \cdot 930^{-0,35}$$

$$D_{opt} = 12,3747 \text{ mm} = 0,4871 \text{ in}$$

Digunakan

NPS : 0,5 in

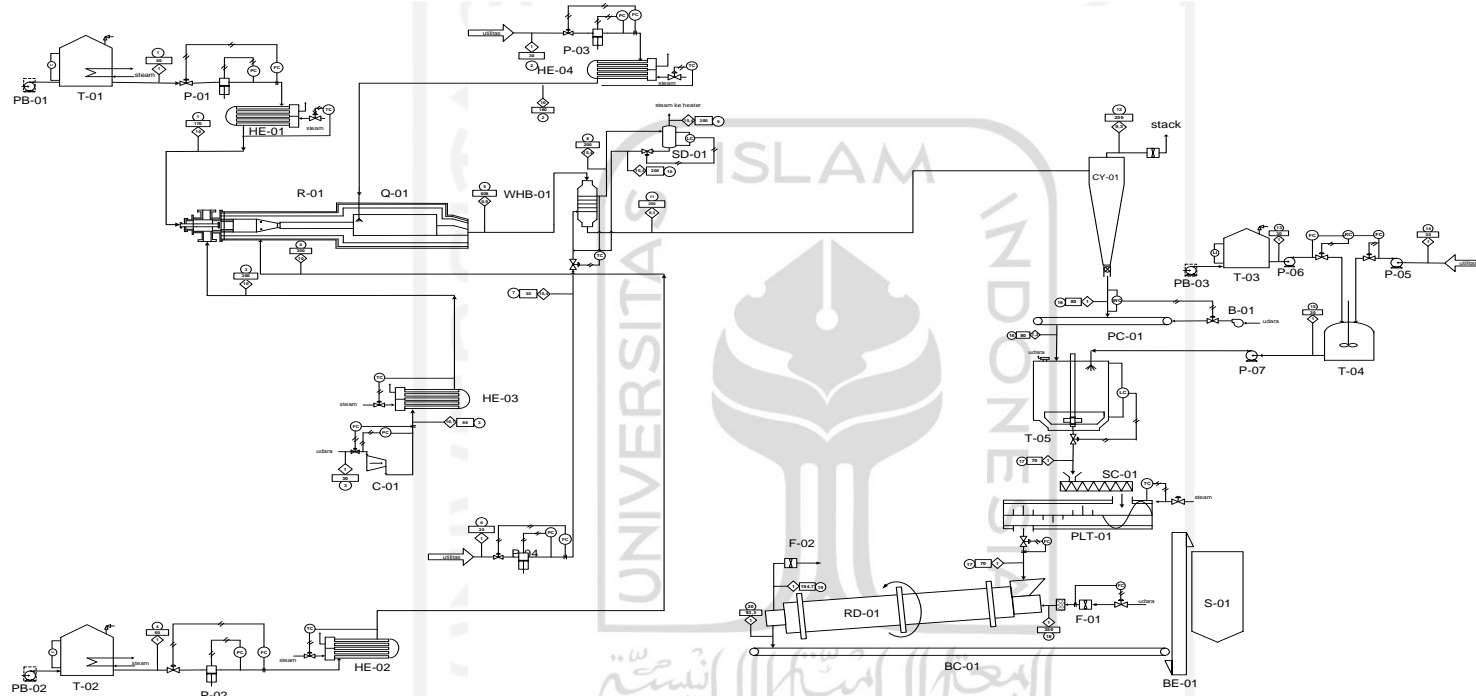
Sch : 80

ID : 0,546 in

Tebal : 0,147 in



**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK CARBON BLACK DARI RESIDUAL OIL
DENGAN KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN**



Komponen	Nomor Arus (Kg/Jam)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
C					6944,44						6944,44					6944,44	6944,44			6344,44
C ₁₀ H ₂₂	5004,66			9066,36	906,64						906,64	906,64								
H ₂ O	598,28	24590,48		1083,83	32391	7462,13	9327,66	9327,66	7462,13	1865,53	32391	32391	3472,22		3472,22		3472,22	265,07	3366,40	106,05
N ₂	15,97	60920,87		28,93	60965,8						60965,8	60965,8						67963,3	20616,7	
H ₂					1213,28						1213,28	1213,28								
O ₂	36,50	18507,60		66,13	1241,25						1241,25	1241,25								
CO ₂					15617,4						15617,4	15617,4							20616,7	67963,3
S	47,91			86,79	86,79						86,79	86,79								
SO ₂					95,82						95,82	95,82								
Molasses														208,33	208,33		208,33			208,33

KETERANGAN GAMBAR	
BC	Belt Conveyor
SC	Screw Conveyor
PC	Pneumatic Conveyor
BE	Bucket Elevator
CY	Cyclone
RD	Rotary Dryer
R	Reactor
Q	Quencher
P	Pompa
PLT	Pelubang
HE	Heat Exchanger
WHB	Water Heat Boiler
SD	Separator Drum
S	Silo
B	Blower
F	Fan
RC	Ratio Controller
WC	Weight Controller
TC	Temperature Controller
FC	Flow Controller
PC	Pressure Controller
○	Nomor Arus
□	Temperature, °C
◇	Tekanan, Atm
—	Mechanical Signal
—	Electric Signal
—	Udara Instrumen

	JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA 2021
	PROCESS ENGINEERING: FLOW DIAGRAM PABRIK CARBON BLACK DARI RESIDUAL OIL KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN
Disusun oleh: 1. Echa Fitriyana FN 17521084 2. Tama Dwi Halayati 17521084	Dosen Pembimbing: 1. Farkhan H.M. Soeb, Dr., Ir., MSIE 2. Laila Kusumayanti, S.T., M.Eng

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Echa Febriyana FN
No. MHS : 17521084
2. Nama Mahasiswa : Intan Eta Hidayati
No. MHS : 17521094
- Judul Pra rancangan)* : PRA RANCANGAN PABRIK *CARBON BLACK*
DARI *RESIDUAL OIL* DENGAN KAPASITAS
55.000 TON/TAHUN
- Mulai Masa Bimbingan : 14 April 2021
Selesai Masa Bimbingan : 11 Oktober 2021

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	15 Juni 2021	Neraca massa carbon black	
2	26 Juni 2021	Revisi neraca massa carbon black	
3	3 Juli 2021	Neraca Panas dan Perancangan alat besar	
4	7 Juli 2021	Perancangan alat kecil	
5	11 Juli 2021	Revisi bab 3	
6	14 Juli 2021	Evaluasi ekonomi	
7	15 Juli 2021	Utilitas	
8	28 Juli 2021	Bab 4	
9	2 Agustus 2021	Pengesahan naskah	

Disetujui Draft Penulisan :
Yogyakarta, 2 Agustus 2021
Pembimbing,



Farham

H.M.Saleh,Dr.,Ir.,MSIE.

)* **Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN

3. Nama Mahasiswa : Echa Febriyana FN
No. MHS : 17521084
4. Nama Mahasiswa : Intan Eta Hidayati
No. MHS : 17521094
- Judul Pra rancangan)* : PRA RANCANGAN PABRIK *CARBON BLACK*
DARI *RESIDUAL OIL* DENGAN KAPASITAS
55.000 TON/TAHUN
- Mulai Masa Bimbingan : 14 April 2021
Selesai Masa Bimbingan : 11 Oktober 2021

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	1 Mei 2021	Pengajuan Judul Prarancangan Pabrik	f
2	3 Mei 2021	Menentukan kapasitas, proses dan diagram blok	f
3	12 Mei 2021	Revisi kapasitas dan kondisi operasi	f
4	31 Mei 2021	Revisi Grafik kapasitas	f
5	5 Juli 2021	Revisi bab 1 dan bab 2	f
6	31 Juli 2021	Bab 3, bab 4 dan bab 5	f

Disetujui Draft Penulisan :
Yogyakarta, 1 Agustus 2021
Pembimbing,



Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.

)* **Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy