

**PRARANCANGAN PABRIK TITANIUM DIOKSIDA DARI
ILMENTIT DENGAN PROSES KLORIDA
KAPASITAS 100.000 TON / TAHUN**

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



Oleh :

Nama : Nisa Aulia Rahma

Nama : Raisa Syahrani

NIM : 19521021

NIM : 19521023

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

2023

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

PRA RANCANGAN PABRIK TITANIUM DIOKSIDA DARI ILMENIT DENGAN PROSES KLOORIDA KAPASITAS 100.000 TON / TAHUN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nisa Aulia Rahma

NIM : 19521021

Nama : Raisa Syahrani

NIM : 19521023

Yogyakarta, 7 Juni 2023

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian 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.

Tanda tangan



METERAI
TEKNIK
DAFAKX395440480

Nisa Aulia Rahma

NIM.19521021

Tanda tangan



METERAI
TEKNIK
660AKX395440480

Raisa Syahrani

NIM.19521023

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRA RANCANGAN PABRIK TITANIUM DIOKSIDA DARI ILMENIT
DENGAN PROSES KLOORIDA KAPASITAS 100.000 TON / TAHUN
PRACANGAN PABRIK

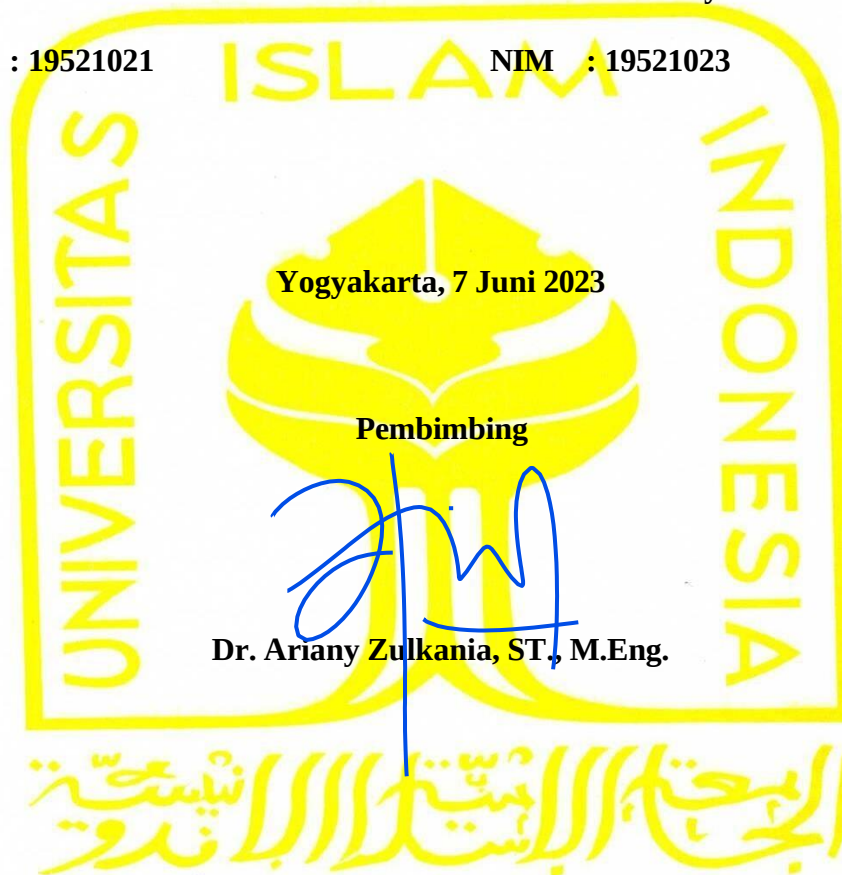
Oleh:

Nama : Nisa Aulia Rahma

Nama : Raisa Syahrani

NIM : 19521021

NIM : 19521023



**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI PRAPERANCANGAN PABRIK
TITANIUM DIOKSIDA DARI ILMENIT DENGAN PROSES KLOORIDA
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**

Oleh :

Nama : Nisa Aulia Rahma

Nama : Raisa Syahrani

NIM : 19521021

NIM : 19521023

**Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu
Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta 27 Juni 2023**

Tim Penguji

Dr. Ariany Zulkania, ST., M.Eng.
Ketua

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

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

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Cholita Tamzysi, S.T., M.Eng.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Fe₂

Tugas akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Titanium Dioksida dari Ilmenit Dengan Proses Klorida Kapasitas 100.000 Ton/Tahun”, disusun sebagai penerapan dari ilmu Teknik Kimia Yang telah didapat selama kuliah, serta merupakan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena ini, melalui kesempatan ini penyusun mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Hidayah dan Karunia-Nya
2. Kedua orang tua tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan dan motivasi selama menempuh pendidikan S1 Teknik Kimia di Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Ifa Puspitasari, ST., M.Eng., ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

4. Ibu Ariany Zulkania, ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman Teknik Kimia 2019 yang selalu memberikan dukungan, semangat serta doa.
6. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu, dalam membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk menyempurnakan laporan ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, Amin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 7 Juni 2023

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN



Assalamualaikum Wr.Wb

Alhamdulillahirobbilalaim dengan mengucapkan syukur atas rahmat Allah SWT sebagai ungkapan terimakasih atas segala pertolongan dan kemudahan yang diberikan dalam setiap kesulitan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir perancangan ini.

Saya mengucapkan terimakasih kepada kedua orangtua saya Bapak Subardi dan Ibu Widi Qodariyani yang selalu mendukung saya, memberi semangat, menjadi tempat ternyaman, menjadi motivasi hidup saya, serta doa mereka yang tak pernah berhenti untuk saya. Terkhusus untuk Ibu, terimakasih sebesar apapun mungkin tidak bisa membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Terimakasih sudah selalu memberikan kepercayaan kepada saya. Semoga Allah SWT selalu memberi kesehatan dan kebahagiaan untuk kedua orangtua saya.

Terima Kasih kepada Ibu Ariany Zulkania, ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan, arahan, masukan dan saran yang telah diberikan kepada kami selama tugas akhir perancangan ini sehingga kami dapat menyelesaikannya dengan baik.

Untuk Raisa Syahrani teman yang hebat dan pantang menyerah, saya mengucapkan terimakasih sudah menjadi teman sejak awal perkuliahan hingga sekarang. Saya bersyukur bisa bertemu dengan dia. Saya minta maaf apabila seringkali membuat kesalahan. Saya selalu mendoakan agar semua mimpi dan cita-citanya dapat tercapai. Semoga Allah SWT selalu melindungi dan memberikan kebahagiaan untuk hidupnya.

Terimakasih untuk Clarissa Yessica Fadilla dan Ajeng Catra Jingga yang telah menjadi teman sejak awal perkuliahan, menjadi tempat bercerita, dan menjadi teman yang baik untuk saya. Semoga Allah SWT selalu memberikan kemudahan dan perlindungan dalam hidupnya.

Untuk keluarga cemara, Falih, Genta, Catra, Clarissa, Andyan, Ecak dan Ridho saya mengucapkan terimakasih sudah mewarnai dan membersamai selama perkuliahan dan selalu menjadi teman yang menyenangkan. Semoga segala kebaikan menjadi pahala dan dibalas oleh Allah SWT.

Seluruh teman Teknik Kimia 2019 saya ucapkan terimakasih untuk segala kebaikan yang telah diberikan dan semoga kita bisa meraih kesuksesan untuk masa depan.

Yang terakhir untuk diri saya, terimakasih selalu bertahan dalam keadaan apapun dan selalu percaya untuk bisa keluar dari kesulitan.

Walaikumsalam Wr.Wb

Nisa Aulia Rahma

Teknik Kimia 2019

LEMBAR PERSEMBAHAN



Assalamualaikum Wr.,Wb

Alhamdulillahirabbil alamin dengan memanjatkan syukur kepada Allah SWT. Tak lupa shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Atas berkat rahmat-Nya saya dapat menikmati kesempatan menuntut ilmu pada bangku perkuliahan.

Penyusunan tugas akhir perancangan ini disusun sebagai penerapan ilmu teknik yang diperoleh selama masa perkuliahan dan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri di Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini, saya mengucapkan terimakasih kepada Bapak Katmansyah dan Ibu Diana Puspita Sari selaku orang tua saya, yang tidak pernah berhenti mendoakan yang terbaik untuk saya. Terimakasih atas segala pemenuhan kebutuhan baik secara finansial dan non finansial. Semoga segala upaya dibalas Allah dengan kebahagiaan yang berlipat ganda dan dicukupkan atas segala yang telah diberikan oleh Allah SWT.

Untuk Rachmadsyah Ramadhan selaku kayak saya yang tidak pernah berhenti mendoakan yang terbaik untuk saya, saya ucapkan terima kasih telah memberikan nasihat-nasihat terbaik untuk saya, selalu memahami kondisi saya dan selalu mendukung saya. Semoga kebaikannya dibalas oleh Allah SWT.

Terima Kasih kepada Ibu Ariany Zulkania, ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan, arahan dan dukungan yang telah diberikan kepada kami selama tugas akhir perancangan ini sehingga dapat selesai dengan baik.

Untuk Ajeng Catra Jingga terimakasih sudah kebersamai sejak awal perkuliahan hingga tugas akhir ini. Serta menjadi tempat berkeluh kesah selama ini. Semoga kita semua diberikan kelancaran dalam menjalani kehidupan ini.

Tidak lain dan tidak bukan Nisa Aulia Rahma yang merupakan wanita tangguh, terimakasih sudah kebersamai sejak awal perkuliahan hingga tugas akhir ini. Tiada kata selain maaf dan terimakasih atas kesabaran dalam menghadapi

perubahan sikap saya. Semoga ilmu serta pengalaman luar biasa ini dapat diterapkan di masa yang akan datang. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan dibalas oleh Allah SWT.

Catra, Clarissa, Aul, Falih, Genta, Andyan dan Ridho merupakan member grup keluarga cemara, saya ucapkan terimakasih telah memberikan dukungan dan mewarnai dunia perkuliahan. Terimakasih atas segala bantuan terutama dalam memberikan kekuatan mental menghadapi tugas akhir ini. Semoga kebaikan kalian semua dilipat gandakan oleh Allah SWT.

Seluruh teman-teman Teknik Kimia 2019 yang memberikan dukungan, dan afirmasi positif dalam penyusunan tugas akhir prarancangan. Semoga kita semua sukses dengan prosesnya masing-masing.

Terakhir tapi bukan paling akhir, terimakasih untuk diri saya sendiri telah berjuang dalam melakukan segala hal dan telah berani keluar dari zona nyaman.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Raisa Syahrani

Teknik Kimia 2019

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Pabrik	1
1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik	2
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku	4
1.2.3 Kapasitas Produksi Pabrik Titanium Dioksida.....	5
1.2.4 Kapasitas Produksi Pabrik Titanium Dioksida di Indonesia	6
1.3 Tinjauan Pustaka.....	8
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	13
1.4.1 Tinjauan Kinetika.....	13
1.4.2 Tinjauan Termodinamika	16
PERANCANGAN PRODUK.....	23
2.1 Spesifikasi Produk	23
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung	23
2.3 Pengendalian Kualitas.....	29
BAB III PERANCANGAN PROSES	34
3.1 Diagram alir proses	34
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif	34
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif	35
3.2 Uraian Proses	39

3.3 Spesifikasi Alat Utama	43
3.3.1 Spesifikasi Reaktor (R-01)	43
3.3.2 Spesifikasi Reaktor (R-02)	46
3.4 Spesifikasi Alat Penukar Panas	48
3.4.1 <i>Furnace</i> (F-01)	48
3.4.2 Spesifikasi <i>Furnace</i> (F-02)	49
3.4.3 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CL-01)	50
3.4.4 Spesifikasi Heat Exchanger (HE-01)	52
3.4.5 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CL-03)	54
3.4.6 Spesifikasi <i>Pneumatic Conveyor</i>	61
3.4.7 Spesifikasi Condensor Parsial (CP-01)	62
3.4.8 Spesifikasi <i>Waste Heat Boiler</i> 1 (WHB-01)	63
3.4.9 Spesifikasi <i>Waste Heat Boiler</i> 2 (WHB-02)	65
3.4.10 Spesifikasi <i>Vaporizer</i> (VP-01)	68
3.4.11 Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-01)	70
3.5 Spesifikasi Alat Pemisah	72
3.5.1 Spesifikasi Absorber (AB-01)	72
3.5.2 Spesifikasi <i>Stripper</i> (ST-01)	73
3.5.3 Spesifikasi Separator Vertikal 1 (SP-01)	75
3.5.4 Spesifikasi Separator Vertikal 2 (SP-02)	76
3.5.5 Spesifikasi <i>Cyclone</i> Separator (CS-01)	77
3.5.6 Spesifikasi <i>Cyclone</i> Separator (CS-02)	79
3.6 Tangki Penyimpanan	80
3.6.1 Spesifikasi Tangki Cl ₂ (T-01)	80
3.6.2 Spesifikasi Silo (S)	82
3.7 Alat Transportasi	83
3.7.1 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC)	83
3.7.2 Spesifikasi Pompa (P)	84
3.7.3 <i>Expansion Valve</i> (EV)	88
3.7.4 <i>Blower</i> (B)	89
3.8 Neraca Massa	90

3.8.1 Neraca Massa Total	91
3.8.2 Neraca Panas	105
1. Reaktor (R-01)	105
2. <i>Waste Heat Boiler</i> (WHB-01).....	107
3. <i>Condensor</i> Parsial (CP-01).....	108
4. <i>Vaporizer</i> (VP-01).....	108
5. Reaktor (R-02)	109
6. <i>Waste Heat Boiler</i> (WHB-02).....	110
7. <i>Cooler</i> (CL-01)	111
8. Absorber (AB-01)	112
9. <i>Heat Exchanger</i> (HE-01)	113
10. <i>Stripper</i> (ST-01).....	113
11. <i>Reboiler</i> (RB-01).....	114
12. <i>Cooler</i> (CL-03)	114
13. <i>Cooler</i> (CL-04)	115
14. <i>Cooler</i> (CL-05)	115
PERANCANGAN PABRIK	116
4.1 Lokasi Pabrik	116
4.1.2 Faktor Sekunder	118
4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	119
4.2.2 Perkantoran/Administrasi	120
4.2.3 Proses	120
4.2.4 Instalasi dan Utilitas	120
4.2.5 Fasilitas Umum	120
4.2.6 Keamanan.....	121
4.2.7 Pengolahan Limbah.....	121
4.2.8 Perluasan	121
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines Layout</i>).....	124
4.3.2 Aliran Bahan Baku dan Produk.....	125
4.3.3 Aliran Udara.....	125
4.3.4 Pencahayaan.....	125

4.3.5 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan.....	125
4.3.6 Jarak Antar Alat Proses	126
4.3.7 Pertimbangan Ekonomi.....	126
4.4 Organisasi Perusahaan	127
4.4.2 Bentuk Perusahaan	127
4.4.3 Struktur Organisasi.....	128
4.4.4 Tugas dan Wewenang	129
4.4.5 Pembagian Jam Kerja.....	132
4.4.6 Penggolongan Karyawan, Jumlah dan Tingkat Pendidikan	135
4.4.7 Sistem Gaji Karyawan.....	139
4.4.8 Kesejahteraan Sosial Karyawan	144
4.4.9 Kesehatan Kerja	146
4.4.10	Keselam
atan Kerja	147
BAB V.....	148
UTILITAS	148
5.1 Unit Penyediaan Air.....	146
5.1.1 Unit Pengolahan Air.....	150
5.2 Unit Pembangkit <i>Steam</i>	153
5.3 Unit Pembangkit Listrik	153
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan.....	158
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar	158
5.6 Unit Pengolahan Limbah	158
5.7 Spesifikasi Alat dan Utilitas.....	159
1. Spesifikasi Bak Pengendapan Awal (BP-01)	159
2. Spesifikasi Bak Pencampuran Cepat (BPC-01)	160
3. Spesifikasi Klarifier (KL-01)	161
4. Spesifikasi Saringan Pasir (SF-01).....	163
5. Spesifikasi Bak air bersih (BAB-01).....	163
6. Spesifikasi Bak Air Minum (BAM-01).....	165
7. Spesifikasi Tangki Penukar Kation (TK-01).....	166
8. Spesifikasi Tangki Penukar Anion (TA-01).....	167

9. Spesifikasi Tangki NaCl (TNaCl-01).....	168
10. Spesifikasi Tangki NaOH (TNaOH-01).....	169
11. Spesifikasi Tangki Umpan Boiler (TBFW-01)	170
12. Spesifikasi Tangki Kondensat (TKD-01).....	171
13. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU) KL-01	172
BAB VI.....	177
EVALUASI EKONOMI	177
6.1 Evaluasi Ekonomi	177
6.2 Penaksiran Harga Peralatan	178
6.3 Perhitungan Biaya.....	181
6.3.1 Dasar Perhitungan	181
6.3.2 Total <i>Capital Investment</i>	181
6.3.3 Total <i>Production Cost</i>	184
6.4 Analisa Keuntungan.....	188
6.4.1 <i>Return Of Investment (ROI)</i>	188
6.4.2 <i>Pay Out Time (POT)</i>	189
6.4.3 <i>Break Even Point (BEP)</i>	190
6.4.4 <i>Shut Down Point (SDP)</i>	193
6.4.5 <i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)</i>	193
BAB VII	196
KESIMPULAN DAN SARAN	196
7.1 Kesimpulan.....	196
7.2 Saran	197
DAFTAR PUSTAKA.....	199
LAMPIRAN	207

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Struktur Molekul Titanium Dioksida.....	8
Gambar 1.2 Model Shrinking Core	14
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif.....	34
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif.....	35
Gambar 4.1 Lokasi Pendirian Pabrik Titanium Dioksida.....	116
Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout) 1:1000.....	124
Gambar 4.3 Tata Letak Mesin.....	127
Gambar 5. 1 Unit Utilitas	144
Gambar 6.1 Grafik Harga Alat	180

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Impor Titanium Dioksida.....	3
Tabel 1.2 Data Impor Titanium Dioksida Negara Tetangga.....	3
Tabel 1.3 Data Pabrik Titanium Dioksida di Dunia.....	5
Tabel 1.4 Data Ekspor Titanium Dioksida Indonesia.....	6
Tabel 1.5 Perbandingan Proses Klorida dan Proses Sulfat Dalam Pembuatan Titanium Dioksida	11
Tabel 1.6 Perbandingan Ruti dan Anatase.....	12
Tabel 1.7 Nilai ΔH_f° dan ΔG_f° masing-masing komponen.....	16
 Tabel 2. 1 Identifikasi Hazard Bahan Baku dan Produk dalam Proses.....	 28
 Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor (R-01)	 43
Tabel 3.2 Spesifikasi Reaktor (R-02)	46
Tabel 3.3 Spesifikasi Furnace (F-01)	48
Tabel 3.4 Spesifikasi Furnace (F-02)	49
Tabel 3.5 Spesifikasi Cooler (CL-01).....	50
Tabel 3.6 Spesifikasi Cooler (CL-02).....	52
Tabel 3.7 Spesifikasi Cooler (CL-03).....	54
Tabel 3.8 Spesifikasi Cooler (CL-04).....	56
Tabel 3.9 Spesifikasi Cooler (CL-05).....	59
Tabel 3.10 Spesifikasi Pneumatic Conveyor (PC-01)	61
Tabel 3.11 Spesifikasi Condensor (CP-01).....	62
Tabel 3.12 Spesifikasi Waste Heat Boiler 1 (WHB-01).....	63
Tabel 3.13 Spesifikasi Waste Heat Boiler 2 (WHB-02).....	65
Tabel 3.14 Spesifikasi Vaporizer (VP-01).....	68
Tabel 3.15 Spesifikasi Reboiler (RB-01).....	70
Tabel 3.16 Spesifikasi Absorber (AB-01)	72
Tabel 3.17 Spesifikasi Stripper (ST-01)	73
Tabel 3.18 Spesifikasi Separator Vertikal (SP-01)	75
Tabel 3.19 Spesifikasi Separator Vertikal (SP-02)	76
Tabel 3.20 Spesifikasi Cyclone Separator (CS-01)	77
Tabel 3.21 Spesifikasi Tangki Cl_2 (T-01).....	80
Tabel 3.22 Spesifikasi Silo (S).....	82
Tabel 3.23 Spesifikasi Screw Conveyor (SC)	83
Tabel 3.24 Spesifikasi Pompa (P).....	84
Tabel 3.25 Expansion Valve (EV).....	88
Tabel 3.26 Blower (B).....	89
Tabel 3.27 Neraca Massa Total	91
Tabel 3.28 Neraca Massa Reaktor (R-01)	93
Tabel 3.29 Neraca Massa Waste Heat Boiler 1(WHB-01)	96
Tabel 3.30 Neraca Massa Separator Vertikal (SP-01)	97
Tabel 3.31 Neraca Massa Vaporizer (VP-01).....	98

Tabel 3.32 Neraca Massa Separator Vertikal (SP-02).....	98
Tabel 3.33 Neraca Massa Reaktor (R-02)	99
Tabel 3.34 Neraca Massa Cyclone Separator (CS-01)	100
Tabel 3.35 Neraca Massa Waste Heat Boiler 2 (WHB-02)	101
Tabel 3.36 Neraca Massa Absorber (AB-01)	101
Tabel 3.37 Neraca Massa Stripper (ST-01)	103
Tabel 3.38 Neraca Massa Pneumatic Conveyor (PC-01)	103
Tabel 3.39 Neraca Massa Cyclone Separator (CS-02)	104
Tabel 3.40 Neraca Panas Reaktor (R-01)	105
Tabel 3.41 Neraca Panas Waste Heat Boiler (WHB-01).....	107
Tabel 3.42 Neraca Panas Condensor (CP-01)	108
Tabel 3.43 Neraca Panas Vaporizer (VP-01).....	108
Tabel 3.44 Neraca Panas Reaktor (R-02)	109
Tabel 3.45 Neraca Panas Waste Heat Boiler (WHB-02).....	110
Tabel 3.46 Neraca Panas Cooler (CL-01).....	111
Tabel 3.47 Neraca Panas Absorber (AB-01)	112
Tabel 3.48 Neraca Panas Cooler (CL-02).....	113
Tabel 3.49 Neraca Panas Stripper (ST-01)	113
Tabel 3.50 Neraca Panas Reboiler (RB-01).....	114
Tabel 3.52 Neraca Panas Cooler (CL-04).....	115
Tabel 3.53 Neraca Panas Cooler (CL-5)	115
Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah	121
Tabel 4.2 Jadwal Kerja Karyawan s]Shift.....	134
Tabel 4.3 Penggolongan Karyawan, Jumlah dan Tingkat Pendidikan.....	135
Tabel 4.4 Sistem Gaji Karyawan.....	140
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik.....	147
Tabel 5.2 Kebutuhan Air Pendingin	148
Tabel 5.3 Kebutuhan Air Proses.....	149
Tabel 5.4 Kebutuhan Air	149
Tabel 5.5 Kebutuhan Air Steam	153
Tabel 5.6 Kebutuhan Listrik Alat Proses.....	154
Tabel 5.7 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas	155
Tabel 5.8 Kebutuhan Listrik Alat Penunjang	156
Tabel 5. 9 Kebutuhan Listrik Total	157
Tabel 5.10 Spesifikasi Bak Pengendap Awal (BP-01)	159
Tabel 5.11 Spesifikasi Bak Pencampuran Cepat	160
Tabel 5.12 Spesifikasi Klarifier (KL-01).....	161
Tabel 5.13 Spesifikasi Saringan Pasir (SF-01).....	163
Tabel 5.14 Spesifikasi Bak Air Bersih (BAB-01)	163
Tabel 5.15 Spesifikasi Bak Air Minum (BAM-01)	165
Tabel 5.16 Spesifikasi Tangki Penukar Kation (TK-01).....	166
Tabel 5.17 Spesifikasi Tangki Penukar Anion (TA-01).....	167

Tabel 5.18 Spesifikasi Tangki NaCl (TNaCl-01).....	168
Tabel 5.19 Spesifikasi Tangki NaOH (TNaOH-01)	169
Tabel 5.20 Spesifikasi Tangki Umpan Boiler (TBFW-01).....	170
Tabel 5.21 Spesifikasi Tangki Kondensat (TKD-01)	171
Tabel 5.22 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU)	172
Tabel 6.1 Indeks Harga.....	178
Tabel 6.2 Physical Plant Cost (PPC)	182
Tabel 6.3 Direct Plant Cost (DPC)	182
Tabel 6.4 Fixed Capital Investment (FCI).....	183
Tabel 6.5 Working Capital Investment (WCI)	184
Tabel 6.6 Manufacturing Cost	185
Tabel 6.7 Indirect Manufacturing Cost.....	186
Tabel 6.8 Fixed Manufacturing Cost (FMC).....	186
Tabel 6.9 Manufacturing Cost (MC)	187
Tabel 6.10 General Expense.....	188
Tabel 6.11 Production Cost	188
Tabel 6.12 Fixed Cost (Fa).....	191
Tabel 6.13 Regulated Cost (Ra)	191
Tabel 6.14 Variable Cost (Va).....	192
Tabel 6.15 Sales Price (Sa).....	192
Tabel 6. 16 Kesimpulan Evaluasi Ekonomi	195

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perancangan Reaktor

Lampiran 2. *Process Engeneering Flow Diagram*

Lampiran 3. Kartu Konsultasi Bimbingan Perancangan Pabrik

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	: Temperatur, °C
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
P	: Tekanan, atm
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, kg/m ³
Qs	: Kebutuhan Steam, kg
Ms	: Massa Steam, kg
A	: Luas bidang penampang, ft ²
m	: Massa, kg
π	: Jari-jari, m
P	: Power motor, Hp
Sg	: Spesifik graviti
x	: Konversi, %
TC	: Titik kritis, °C
TB	: Titik didih, °C
HV	: Panas penguapan, joile/mol
VS	: Volume shell, m3
Vh	: Volume head, m3
Vt	: Volume total, m3
Dopt	: Diameter optimal, m3
ID	: Inside diameter, in

OD : Outside diameter, in
 Re : Bilangan Reynold
 F : Normal heating value, Btu/lb
 E : Efisiensi pengelasan
 f : Allowable stress, psia
 rc : Jari – jari dish, in
 icr : Jari – jari sudut dalam, in
 W : Tinggi pengaduk, m
 B : Lebar baffle, m
 L : Lebar pengaduk, m
 N : Kecepatan putaran, rpm
 BWG : *Birmingham wire gauge*
 UD : Koefisien perpindahan panas menyeluruh setelah ada zat pengotor pada
 HE, Btu/jam ft²°F
 UC : Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada awal HE dipakai, Btu/jam
 ft²°F
 Rd : Faktor pengkotor
 H : EfisiensiWf : Total head, in
 P : Panjang, m
 l : Lebar, m
 ts : Tebal shell, in
 th : Tebal head, in
 k : Konduktivitas termal, Btu/jam ft²°F

c : Panas spesifik, Btu/jam ft²°F

jH : Heat transfer factor

h_i : Inside film coeficien, Btu/jam ft²°F

h_o : Outside film coeficien, Btu/jam ft²°F

LMTD : Long mean temperature different, °F

K : Konstanta kinetika reaksi, /menit

N_t : Jumlah tube

BS : Baffle spacing, in

PT : Tube pitch, in

ABSTRAK

Titanium dioksida merupakan salah satu sektor industri yang sedang berkembang di Indonesia maupun di dunia. Titanium dioksida merupakan senyawa organik dengan rumus kimia TiO_2 . Titanium dioksida biasanya digunakan pada industry cat, plastik, hingga kosmetik. Perancangan pabrik dengan kapasitas 100.000 ton/tahun diharapkan mampu memenuhi kebutuhan titanium dioksida dalam negeri maupun luar negeri. Proses pembuatan yang digunakan adalah proses klorida dan terbagi menjadi 3 tahapan. Tahap pertama yaitu persiapan bahan baku, kedua yaitu proses klorida didalam reaktor *fluidized bed* dengan suhu 1050 °C pada tekanan 1,5 atm dan proses oksidasi pada reaktor alir pipa (RAP) dengan suhu 1100°C pada tekanan 1,5 atm. Tahap ketiga merupakan pemurnian dan pemisahan produk. Dengan kebutuhan bahan baku ilmenit sebesar 202.020 ton/tahun, kokas sebesar 31.898 ton/tahun dan klorin sebesar 188.729 ton/tahun. Lokasi pendirian pabrik titanium dioksida direncanakan didirikan di Pangkal Pinang, Bangka Belitung dengan lahan seluas 479.318 m². Terdapat air untuk proses utilitas dan listrik dari PLTU, serta generator sebagai cadangan. Analisis kelayakan pabrik dapat dilihat dari nilai *return of Investment* (ROI) setelah pajak sebesar 31,05%, *pay Out Time* (POT) setelah pajak sebesar 2,4 tahun, *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR) sebesar 16,28 %, *Break Event Point* (BEP) sebesar 41,12%, dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 23,86%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik titanium dioksida ini layak didirikan.

Kata-kata kunci: Titanium dioksida, ilmenit, proses klorida.

ABSTRACT

Titanium dioxide is one of the industrial sectors that is currently developing in Indonesia and in the world. Titanium dioxide is an organic compound with the chemical formula TiO_2 . Titanium dioxide is usually used in the paint, plastic, and cosmetic industries. The design of the factory with a capacity of 100,000 tons/year is expected to be able to meet domestic and foreign demand for titanium dioxide. The manufacturing process used is the chloride process and is divided into 3 stages. The first stage is the preparation of raw materials, the second is the chloride process in a fluidized bed reactor with a temperature of 1050 °C at a pressure of 1.5 atm and the oxidation process in a pipe flow reactor (PFR) with a temperature of 1100°C at a pressure of 1.5 atm. The third stage is purification and product separation. With the need for ilmenite raw materials of 202,020 tons/year, coke of 31,898 tons/year and chlorine of 188,729 tons/year. The location for the titanium dioxide factory is planned to be built in Pangkal Pinang, Bangka Belitung with an area of 479,318 m². There is water for utility processes and electricity from the PLTU, as well as a generator as a backup. Factory feasibility analysis can be seen from the value of return on investment (ROI) after tax of 31.05%, pay out time (POT) after tax of 2.4 years, discounted cash flow rate of return (DCFR) of 16.28%, Break Event Point (BEP) of 41.12%, and Shut Down Point (SDP) of 23.86%. So it can be concluded that the titanium dioxide factory is feasible to establish.

Key words: Titanium dioxide, ilmenite, chloride process.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pabrik

Titanium Dioksida (TiO_2) merupakan bahan kimia yang memiliki nilai komoditas tinggi di berbagai macam industri. Titanium dioksida (TiO_2) memiliki sifat di antaranya adalah indeks bias yang tinggi, sifat-sifat semikonduktor, konstanta dielektrik yang tinggi dan kestabilan kimia. Mineral sumber dasar titanium berada dalam bentuk anatase dan rutil (keduanya merupakan TiO_2), ilmenit (FeTiO_3) dan leukosen. Ilmenit dan leukosen banyak ditemukan pada pasir pantai sebagai mineral yang cukup berat. Tidak seperti mineral lainnya, titanium tidak dapat digunakan secara luas dalam bentuk murninya tetapi dalam bentuk pigmen TiO_2 (Asokan dkk., 2007) Konsumsi TiO_2 terbesar digunakan oleh industri pigmen dan hanya sekitar 6% TiO_2 yang kemudian diolah menjadi logam titanium. Titanium dioksida (TiO_2) merupakan senyawa anorganik yang dapat diaplikasikan pada pembuatan pigmen putih yang berkualitas terbaik, sebagai filler pada pabrik karet, pabrik plastik dan pabrik kertas serta sebagai fluk pada industri gelas.

Titanium dioksida mempunyai tiga struktur kristal, yaitu rutil, anatase dan brookite. Kristal rutil dihasilkan pada suhu mulai dari 400 °C. TiO_2 tipe rutil ini banyak digunakan pada pigmen warna putih dalam industri cat, industri makanan dan kosmetik. Pigmen TiO_2 mempunyai kelebihan yaitu bersifat tahan korosif dan

tahan terhadap sinar UV. Pada struktur anatase dihasilkan pada suhu 350 °C. Sedangkan brookite dihasilkan pada suhu dan tekanan yang tinggi (Saripuddin, 2013).

Dalam pembuatan titanium dioksida dapat berasal dari ilmenit. Ilmenit adalah pasir atau batu hitam yang mempunyai rumus kimia FeTiO_3 . Umumnya di dalam pasir ilmenit terdapat impuritis berupa besi oksida bervalensi tiga dan silika. Kandungan TiO_2 di dalam ilmenit bervariasi antara 45%-65% tergantung asal ilmenit tersebut (Fadli, 2018). Ilmenit merupakan salah satu sumber utama unsur titanium (Ti) yang banyak terdapat di alam. Di Indonesia pengolahan ilmenit belum dilakukan secara maksimal yang mengakibatkan masih tingginya nilai impor yang dilakukan Indonesia. Ilmenit terbentuk menjadi mineral utama dalam batuan beku mafik, terkonsentrasi dalam suatu lapisan dan ditemukan sebagai limbah dari pertambangan timah atau pertambangan pasir zirconium. Dengan meningkatkan pengolahan titanium dioksida berbahan dasar ilmenit dapat mengurangi nilai impor serta menunjang kebutuhan industri dalam negeri mengingat manfaat ilmenit yang begitu besar serta kebutuhan industri dalam pemanfaatan titanium dioksida yang begitu banyak dengan begitu dapat meningkatkan nilai ekonomi.

1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik

Penentuan kapasitas perancangan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain:

1.2.1 Kebutuhan Titanium Dioksida di Indonesia

Penentuan kapasitas produksi berdasarkan pada kebutuhan impor titanium dioksida untuk memenuhi kapasitas minimu pabrik dapat dilihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Impor Titanium Dioksida

Tahun	Impor (ton)	Pertumbuhan Impor (%)
2017	5857,718	
2018	4196,62	-28.3574
2019	3690,304	-12.0648
2020	3160,078	-14.3680
2021	4231,519	33.9055
total	21.136,239	-20.8847

(comtradeplus.un.org)

Direncanakan pabrik akan melakukan ekspor ke beberapa negara tetangga seperti Malaysia, Singapura, Thailand, dan China. Berikut data impor titanium dioksida dari negara tetangga.

Tabel 1.2 Data Impor Titanium Dioksida Negara Tetangga

Tahun	Impor (ton/tahun)					Pertumbuhan Impor (%)
	Malaysia	Singapura	Thailand	China	Total	
2017	0,2	500,582	0,006	1156,508	616,296	
2018	114,5	81,909	0,150	1029,805	1226,364	82,7634

Tabel 1.2...(lanjutan)

2019	112,811	0,210	0,100	885,214	998,335	-18,5939
2020	88,511	1,289	20,91	750,683	861,393	-13,7170
2021	112,531	1,839	-	941,793	94b2849,163	109.356,3294
Total						109.406,7819

(comtradeplus.un.org)

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Cadangan ilmenit di Indonesia sangat besar, kurang lebih 40.000.000 ton yang sebagian besar berasal dari Provinsi Bangka Belitung. Bahan baku berupa ilmenit (FeTiO_3) diperoleh dari PT. Irvan Prima Pratama dan gas klorin (Cl_2) akanZdibeli dari PT. Ashahimas Chemical dengan kapasitas 612.500 ton/tahun. Kokas yang digunakan sebagai agen reduksi akan dibeli dari PT. Asahimas Chemical. dengan kebutuhan titanium ilmenit yang akan digunakan sebesar 202.020 ton/tahun, kokas sebesar 31.898 ton/tahun dan klorin 188.729 ton/tahun.

1.2.3 Kapasitas Produksi Pabrik Titanium Dioksida

Di Indonesia pabrik titanium dioksida yang sudah beroperasi adalah PT MultiverseAnugrah Chemindo dengan kapasitas produksi titanium dioksida (TiO_2) sebesar 100.000 ton/tahun dan PT Tambang Timah dengan kapasitas 120 ton/bulan. Untukproduksi titanium dioksida di dunia dapat dilihat pada tabel 1.3 berikut.

Tabel 1.3 Data Pabrik Titanium Dioksida di Dunia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)	Sumber
Zhejiang Ningbo Xinfu Titanium Dioxide Chemical Co., Ltd.	Shanghai, China	100.000	http://www.xinfutio2.com/en/
Nanjing Titanium Dioxide Chemical Co., Ltd	Jiangsu, China	80.000	http://www.nthcl.com/enindex.html
Kronos Worldwide Inc	Cranbury, New Jersey	168.000	http://kronostio2.com
CNNC Hua Yuan Titanium Dioxide Co., Ltd	Shanghai, China	496.040	https://cg-pigment.com/about-us/cht/
Jiangxi Tikon Titanium.co. ltd	Jiangxi, China	20.000	https://www.echemi.com/shopus20180832100010997/index.html

Dari Tabel 1.3 dapat diketahui produksi minimum titanium dioksida sebesar 20.000 ton/tahun sedangkan produksi maksimum titanium dioksida sebesar 496.040 ton/tahun. Hal ini dapat dijadikan pertimbangan dalam pemilihan kapasitas perancangan pabrik yang dinilai dapat memberikan keuntungan.

1.2.4 Kapasitas Produksi Pabrik Titanium Dioksida di Indonesia

Indonesia melakukan ekspor titanium dioksida sehingga dapat menambah devisa negara. Sehingga terdapat pertumbuhan data ekspor titanium dioksida seperti pada table 1.4.

Tabel 1.4 Data Ekspor Titanium Dioksida Indonesia

Tahun	Ekspor (ton)	Pertumbuhan ekspor (%)
2017	457	-
2018	1188,058	160
2019	4779	302
2020	2376	-50
2021	5203,1	119
Total	14.003,158	531

(comtradeplus.un.org)

$$m = P (1+i)^n$$

m = jumlah produk pada tahun 2026 (kg/tahun)

P = produk pada tahun 2021 (kg/tahun)

i = pertumbuhan rata-rata per tahun (%)

n = selisih tahun yang diperhitungkan = 5 tahun

Perkiraan nilai ekspor pada tahun 2026:

$$m_4 = P (1+i)^n$$

$$= 5203,1 (1+1,062)^5$$

$$= 193.957,008 \text{ ton/tahun}$$

Perkiraan impor dalam negeri pada tahun 2026:

$$m_1 = P (1+i)^n$$

$$= 4231,519 (1+(-0,0418))^5$$

$$= 342,1005 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Kapasitas pabrik} = (\text{ekspor} + \text{konsumsi}) - (\text{impor} + \text{produksi})$$

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

$$m_3 = (193.957,008 + 0) - (342,1005 + 100.000)$$

$$m_3 = 93.614,906 \text{ ton/tahun}$$

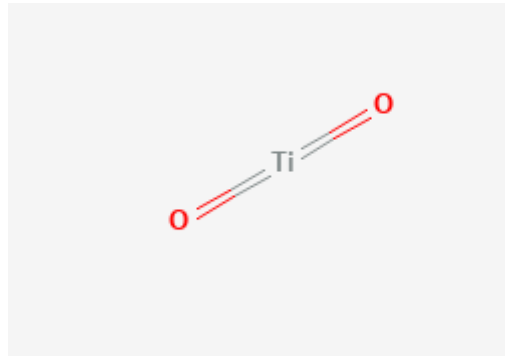
Titanium dioksida merupakan komoditas yang sangat dibutuhkan di Indonesia. Potensi yang ada dan cadangan bahan baku berupa ilmenit sangat besar, maka pendirian pabrik titanium dioksida di Indonesia sangat memungkinkan. Berdasarkan data-data yang diperoleh maka perancangan pabrik titanium dioksida ini dipilih dengan kapasitas 100.000 ton/tahun. Sehingga sebanyak 6.385,094 akan diekspor ke negara tetangga seperti Thailand.

Prarancangan pabrik titanium dioksida ini memiliki pertimbangan sebagai berikut:

1. Mencukupi kebutuhan titanium dioksida di dalam negeri
2. Menambah devisa negara dengan melakukan ekspor ke negara-negara tetangga
3. Membuka lapangan kerja sehingga dapat menurunkan jumlah pengangguran
4. Mengurangi nilai impor yang dilakukan Indonesia
5. Mencukupi kebutuhan titanium dioksida di dalam negeri

1.3 Tinjauan Pustaka

Titanium dioksida (TiO_2) adalah bubuk serbuk berwarna putih dengan karakteristik tidak larut dalam air, tidak mudah terbakar, dan tidak bersifat korosif. Titanium dioksida termasuk kedalam logam ketujuh yang dimana keberadaannya melimpah di seluruh bumi. Ditemukan pada hampir semua batuan dan sedimen, serta terdapat pada tumbuhan, hewan, dan alam. Mineral utama yang mengandung titanium yaitu rutil, ilmenit, dan leucoxene.



Gambar 1.1 Struktur Molekul Titanium Dioksida

(pubchem.ncbi.nlm.nih.gov)

Titanium dioxide dapat diproduksi dengan menggunakan bahan baku ilmenit yang dimana mengandung TiO_2 sebesar 40-65%. Ilmenit merupakan batu mineral hitam yang tidak mudah terbakar, tidak beracun, dan tidak termasuk dalam agen berbahaya atau *non hazardous*. Ada dua cara dalam pemrosesan untuk produksi pigmen TiO_2 yaitu proses sulfat dan proses klorida. Proses klorida adalah teknologi yang lebih baru dan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan proses

sulfat, menghasilkan lebih sedikit limbah, menggunakan lebih sedikit energi dan klorin dapat langsung didaur ulang ke proses produksi (Tronox, 2007).

Dalam proses klorida digunakan rutil dari ilmenit yang memiliki kualitas tinggi direaksikan gas klorin sehingga akan menghasilkan tetraklorida. Tetraklorida dimurnikan kemudian akan mengalami oksidasi setelah terjadinya proses pendinginan, pemisahan gas dan padatan sehingga akan memperoleh titanium dioksida (TiO_2). Sedangkan pada proses sulfat bubuk ilmenit direaksikan dengan sulfat pekat sehingga menghasilkan titanil sulfat. Titanil sulfat dihidrolisis sehingga menjadi asam metatitanat, kemudian diklasinaskan dan dihancurkan sehingga menjadi produk berupa bubuk putih titanium dioksida. Penggunaan utama titanium dioksida adalah sebagai pigmen untuk cat, pasta gigi, plastik, kertas, kosmetik, tinta, dll (Moodley, S., 2011). Terdapat beberapa macam proses dalam pembuatan titanium dioksida, antara lain:

a. Proses Sulfat

Proses sulfat merupakan proses yang pertama kali dikomersialkan oleh Du Pont pada awal 1950 dengan kelebihan dari pada proses sulfat yaitu limbah yang dihasilkan, energi dan kualitas (Braun, JH et al., 1992). Pada proses ini, ilmenit (40%-60% TiO_2) atau titanium slag (72% - 85 % TiO_2) direaksikan dengan asam sulfat agar dapat membentuk titanil sulfat dan besi sulfat. Larutan di kristalisasi untuk mengubah besi ferri menjadi besi ferro.

Larutan didinginkan untuk mengkristalisasi besi sebagai besi sulfat heptahidrat dimana, larutan ini mengalami hidrolisis dan padatan yang dihasilkan

akan mengalami kalsinasi untuk menghasilkan TiO_2 anhidrat. Konsentrat ilmenit berbentuk butiran halus (minimum 44% TiO_2) atau *slag* titanium yang dapat disulfat (78% TiO_2) diolah dalam asam sulfat dan *cake* yang digunakan dilarutkan dalam air dingin dilanjutkan dengan menyaring sisa besi sulfat ($FeSO_4$ dan H_2O). Di Dalam filtrat terdapat titanil sulfat dimana dipanaskan dengan kristal biji untuk menghasilkan asam sulfat (asam regenerasi) bersama dengan 96% TiO_2 . Endapan dicuci, diolah, dan dikalsinasi untuk menghasilkan anatase atau titanium dioksida (TiO_2) (Gazquez, Manuel Jesus, et al, 2014).

b. Proses Klorida

Dalam proses dapat menggunakan berbagai bahan baku, seperti rutil, rutil sintetis, ilmenit atau terak bermutu tinggi. Pemilihan bahan baku ini bergantung pada industrinya tetapi yang banyak digunakan adalah ilmenit, rutil dan rutil sintetis dikarenakan untuk menghindari limbah besi sulfat yang bermasalah.

Proses klorida dilakukan dengan pencampuran bahan baku dengan gas klorin pada suhu sekitar $700^{\circ}C$ - $1400^{\circ}C$ dalam reaktor fluidized bed dengan adanya kokas sebagai reduktor (Paul G, 1996). Aliran gas yang dihasilkan mengandung titanium tetraklorida ($TiCl_4$), oksida karbon dan semua logam pengotor dari bahan baku berupa logam klorida, tetapi pengotor seperti silika dan zirkonium mungkin tidak terklorinasi dan tetap terakumulasi dalam reaktor (McNulty, G.S., (2007). Sejumlah besar gas klorin diperlukan untuk bahan baku dengan kandungan TiO_2 yang rendah. Terdapat beberapa pertimbangan yang untuk memilih proses seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.5.

Tabel 1.5 Perbandingan Proses Klorida dan Proses Sulfat Dalam Pembuatan Titanium Dioksida

Aspek	Klorida	Sulfat
Proses	Kontinyu	<i>Batch</i>
Reaktor	Reaktor 1 P = 1,5 atm T = 1323,15 K Reaktor 2 P = 1,5 atm T = 1373,15 K	Reaktor 1 P = 1,5 atm T = 493,15K Reaktor 2 P = 1 atm T = 363,15 K
Bahan baku	Rutil, slag titanium yang merupakan TiO ₂ dengan bermutu tinggi.	Menggunakan TiO ₂ dengan nilai.
Limbah	Limbah terbentuk dengan toksisitas kecil yaitu Cl ₂ dan <i>TiCl₄</i>	Limbah yang terbentuk merupakan FeSO ₄ dalam
Proses	Kontinyu	<i>Batch</i>
Limbah	Tidak teberntuk limbah dalam jumlah besar	Terbentuk limbah dalam jumlah besar
Kualitas produk	Hanya menghasilkan titanium dioksida jenis rutil.	Menghasilkan titanium dioksida jenis anatase dan rutil.

Melalui pertimbangan diatas, maka pabrik titanium dioksida akan menggunakan proses klorida dikarenakan akan menghasilkan titanium dioksida

jenis rutil yang merupakan jenis titanium dioksida tinggi (99,8% TiO_2). Limbah yang terbentuk dalam proses klorida lebih sedikit dan dapat dinetralkan dengan kapur maupun batu kapur. Komposisi rutil dan anatase dapat dilihat pada tabel 1.6.

Tabel 1.6 Perbandingan Rutil dan Anatase

Aspek	Rutil	Anatase
Warna	Putih	Merah tua
Aktivitas optik	Positif	Negatif
<i>Occurrence</i>	Melimpah	Kurang melimpah
Penyerapan UV	Tinggi	Rendah
Kekerasan (<i>Mohs</i>)	5,5 - 6	6 - 7
Berat jenis	8 - 3,9	4,2 - 4,3
Struktur kristal	Persegi	Kerucut
Harga	Tinggi / mahal	Rendah / murah
Penggunaan	Agen pewarna, kosmetik, Pelapis dan kaca	Kertas, tinta, kain, keramik dan agen <i>sunscreen</i>

(nanografi.com)

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Kinetika

1. Peningkatan Ilmenit agar dapat digunakan sebagai bahan baku, persamaan reaksinya sebagai berikut:

- a. Reaksi pembakaran kokas, merupakan reaksi samping yang terjadi dikarenakan suhu di reaktor yang sangat tinggi.



Dari Nakasa (2012) persamaan laju reaksi sebagai berikut:

$$r_{Cc} = k_c \cdot C_c \cdot p_A$$

$$k_c = 10^{-7} \text{ Pa}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

Dimana:

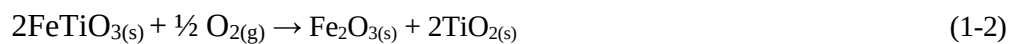
$$r_{Cc} = \text{laju reaksi karbon, mol/m}^3 \text{ s}$$

$$k_c = \text{konstanta laju reaksi, Pa}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$C_c = \text{konsentrasi karbon, mol/m}^3$$

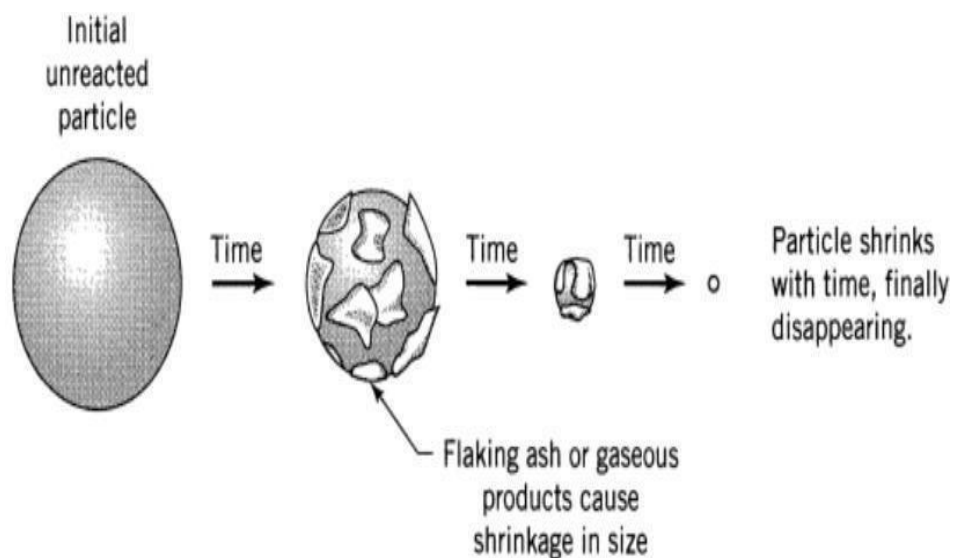
$$p_A = \text{tekanan parsial oksigen, Pa}$$

- b. Reaksi pada ilmenit



Dalam hal ini tidak ditemukan kinetik reaksi sehingga didekati dengan transfer massa yang berpengaruh sebesar $1,21 \text{ s}^{-1}$. Berdasarkan reaksiditas ilmenit di reduksi sehingga menghasilkan titanium *slag*.

Reaksi ini dapat dianalisis dengan menggunakan model *shrinking-core*, seperti pada gambar 1.2. Fase pada reaksi ini adalah gas dengan solid. Pada gambar berikut divisualisasikan bahwa reaksi pertama akan terjadi di kulit paling luar partikel. Zona reaksi kemudian bergerak ke padat meninggalkan material yang terkonversi dan gas inert. Pada gambar 1.2 FeTiO_3 akan mengalami penyusutan ukuran dikarenakan bereaksi dengan gas O_2 .



Gambar 1.2 Model Shrinking Core

(Levenspiel, O. (1998). *Chemical reaction engineering*

2. Reaksi ilmenit dengan Cl_2 dan kokas dengan persamaan sebagai berikut:



Dari Hai T.D (2021) persamaan laju reaksi sebagai berikut:

$$r = k p_{CO} \cdot p_{Cl_2}$$

$$k = 1424 \exp \left(\frac{-124.544}{RT} \right)$$

Dimana:

r = Reaction rate (min^{-1})

k = Rate constant ($\text{g/cm}^2 \cdot \text{min}$)

k^0 = Pseudo Frequency factor ($\text{g/cm}^2 \cdot \text{min} \cdot \text{Pa}$)

p_{Cl_2} = Tekanan parsial Cl_2 (Pa)

p_{CO} = Tekanan parsial CO (Pa)

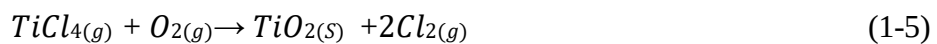
E_a = Energi aktivasi (J/mol)

R = Konstanta gas (J/mol.K)

T = Suhu (K)

Pada reaksi tersebut didapatkan titanium tetraklorida dengan bentuk gas dikondensasi sehingga menghasilkan titanium tetraklorida dengan bentuk cairan yang akan dilanjutkan ke dalam reaktor berikutnya.

3. Reaksi oksidasi $TiCl_4$ menggunakan oksigen dengan persamaan sebagai berikut:



Dari persamaan tersebut dapat ditentukan konstanta laju reaksi $TiCl_4$

dengan persamaan dari Spincer (2022) sebagai berikut:

$$\frac{dc}{dt} = -kC = -k_s A C$$

$$k = 8,26 \times 10^4 \exp\left(\frac{-10.681}{T}\right)$$

$$k_s = 4,9 \times 10^3 \exp\left(\frac{-8.993}{T}\right)$$

Dimana:

C : konsentrasi $TiCl_{4(g)}$ (mol/cm³)

t : waktu (s)

A : konsentrasi luas permukaan partikel TiO_2 (cm²/cm³)

k : konstanta laju oksidasi keseluruhan dari $TiCl_4$ (1/s)

k_g : konstanta laju reaksi gas (1/s)

k_s : konstanta laju reaksi permukaan (cm/s)

T: suhu (K)

1.4.2 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika berfungsi untuk mengetahui sifat reaksi (*endothermis/eksotermis*) dan arah reaksi (*reversible/irreversible*). Panas reaksi yang bersifat *endothermis* maupun *eksotermis* dapat ditentukan dengan menggunakan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada tekanan 1 atm dan suhu 298 K, dengan masing-masing nilai ΔH_f° dan nilai ΔG_f° berasal dari yaws, 1999. Nilai ΔH_f° dan nilai ΔG_f° dapat dilihat pada tabel 1.7.

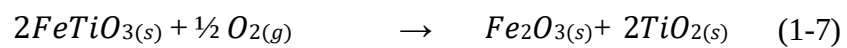
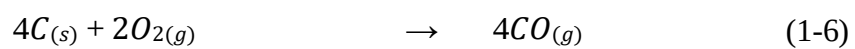
Tabel 1.7 Nilai ΔH_f° dan ΔG_f° masing-masing komponen

Komponen	ΔH_f° , kJ/mol	ΔG_f° , kJ/mol
$FeTiO_{3(s)}$	-1246,4	-1153,9
$TiO_{2(s)}$	-944,7472	-889,5184
$O_{2(g)}$	0	0
$Cl_{2(g)}$	0	0
$C(s)$	0	0
$TiCl_{4(g)}$	-763,2	-726,3
$CO(g)$	-110,54	-137,28
CO_2	-393,51	-394,38
$Fe_2O_{3(s)}$	-6964,59	-742,2

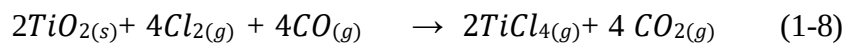
Pada pembentukan titanium dioksida terjadi reaksi sebagai berikut:

Pada reaktor 1 terdapat dua tahapan proses yaitu proses:

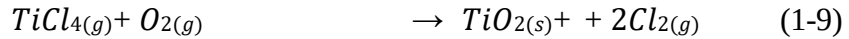
1. Pembakaran



2. Pembentukan titanium tetraklorida



Proses oksidasi pada reaktor 2



Perhitungan panas reaksi standar pada tabel 1.8 dapat menggunakan rumus

$$\Delta H_R^\circ = \sum \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$\Delta G_f^\circ = \sum \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \Delta G_f^\circ \text{ reaktan}$$

Reaksi di furnace



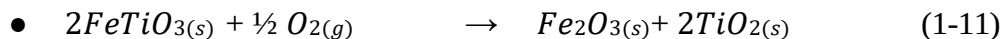
$$\Delta H_R^\circ = \sum \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$\Delta H_R^\circ = (4 \cdot \Delta H_f \text{ CO}) - (4 \cdot \Delta H_f \text{ C} + 2 \cdot O_2)$$

$$= (4(-110,54)) - (4(0) - 2(0))$$

$$= -442,16 \text{ kJ/mol}$$

Diperoleh nilai ΔH_R° diperoleh hasil negatif maka dapat disimpulkan reaksi bersifat eksotermis.



$$\Delta H_R^\circ = \sum \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$\Delta H_R^\circ = \sum \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$= (2 \cdot \Delta H_f \text{ TiO}_2 + 1 \cdot \Delta H_f \text{ Fe}_2\text{O}_3) - (2 \cdot \Delta H_f \text{ FeTiO}_3 + 1 \cdot \Delta H_f \frac{1}{2}$$

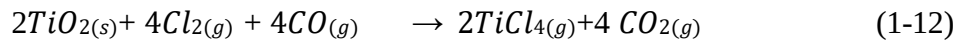
$$O_{2(g)})$$

$$= (2(-944,7472) + 1(-6964,59)) - (2(-1246,4) + 1/2(0))$$

$$= -6361,2844 \text{ kJ/mol}$$

Diperoleh nilai ΔH_R° diperoleh hasil negatif maka dapat disimpulkan reaksi bersifat eksotermis.

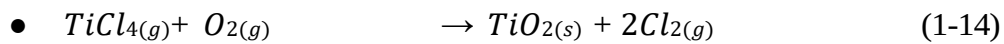
Reaksi di *fluidized bed chlorinator*



$$\begin{aligned}\Delta HR^\circ &= \sum \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= (2 \cdot \Delta H_f TiCl_4 + 4 \cdot \Delta H_f CO_2) - (2 \cdot \Delta H_f TiO_2 + 4 \cdot \Delta H_f Cl_2 + \\ &\quad 3 \cdot \Delta H_f CO) \\ &= (2(-763,2) + 4(-394,38)) - (2(-944,7472) + 4(0) + 4(\\ &\quad 110,54)) \\ &= -158304 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Diperoleh nilai ΔHR° negatif maka dapat disimpulkan reaksi bersifat eksotermis.

Reaksi di *oksidator reaktor*



$$\begin{aligned}\Delta HR^\circ &= \sum \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= (1 \cdot \Delta H_f TiO_2 + 2 \cdot \Delta H_f Cl_2) - (1 \cdot \Delta H_f TiCl_4 + 1 \cdot \Delta H_f O_2) \\ &= (1(-944,7472) + 2(0)) - (1(763,2) + 1(0)) \\ &= -163,2184 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Nilai ΔHR° yang didapatkan bernilai negatif, maka dapat disimpulkan reaksi bersifat eksotermis.

Perhitungan kesetimbangan (K) pada keadaan standar

$$\Delta G_f^\circ = -RT \ln K$$

Dimana:

$$\Delta G_f^\circ = \text{Energi pada keadaan standar (T = 298K, 1atm)}$$

$$R = \text{Ketetapan gas ideal (8,314 J/mol K)}$$

T = Suhu

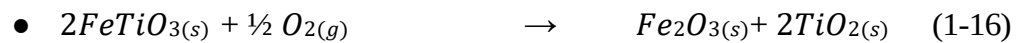
K = Konstanta kesetimbangan

Reaksi di furnace



$$\begin{aligned}\Delta G^{\circ} &= \sum \Delta G^{\circ} \text{ produk} - \Delta G^{\circ} \text{ reaktan} \\ &= (4\Delta G^{\circ} CO) - (4\Delta G^{\circ} C + 2\Delta G^{\circ} O_2) \\ &= (4(-137,27704) - 4(0) + (2(0)) \\ &= -549,12 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

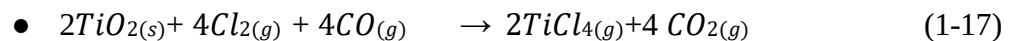
Diperoleh ΔG° negatif maka reaksi bersifat spontan.



$$\begin{aligned}\Delta G^{\circ} &= \sum \Delta G^{\circ} \text{ produk} - \Delta G^{\circ} \text{ reaktan} \\ &= (2\Delta G^{\circ} TiO_2 + 1\Delta G^{\circ} Fe_2O_3) - (2\Delta G^{\circ} FeTiO_3 + \frac{1}{2}\Delta G^{\circ} O_2) \\ &= (2(-889,5184) + 1(-742,2)) - ((2(-1153,9) + \frac{1}{2}(0)) \\ &= -213,4368 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Diperoleh ΔG° negatif maka reaksi bersifat spontan.

Reaksi di *fluidized bed chlorinator*



$$\begin{aligned}\Delta G^{\circ} &= \sum \Delta G^{\circ} \text{ produk} - \Delta G^{\circ} \text{ reaktan} \\ &= (2\Delta G^{\circ} TiCl_4 + 4\Delta G^{\circ} CO_2) - (2\Delta G^{\circ} TiO_2 + 4\Delta G^{\circ} Cl_2 \\ &\quad + 4\Delta G^{\circ} CO) \\ &= (2(-726,3) + 4(-394,40)) - (2(-889,5184) + 4(0) + 4(0))\end{aligned}$$

$$137,28))$$

$$= -701,9632$$

Diperoleh ΔG_f° negatif maka reaksi bersifat spontan

Pada reaksi (1-17) dapat ditentukan nilai $K_{298,15}$ berdasarkan persamaan

Smith Van Ness (2001):

$$\Delta G_f^\circ = -RT \ln K$$

$$\ln K_{298,15} = -\frac{\Delta G_f^\circ}{RT}$$

$$= -\frac{-701963,2 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol} \times 298 \text{ K}}$$

$$= 283,32706$$

$$K_{298,15} = 1,115271 \times 10^{123}$$

Berdasarkan (Hai, 2021) reaksi berlangsung pada suhu 1050°C atau

1323,15 K, maka nilai konstanta kesetimbangan dapat dihitung:

$$\ln \frac{K}{K'} = -\frac{\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T'} \right)$$

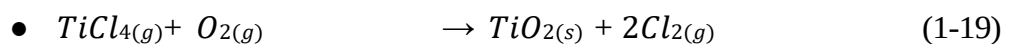
$$\ln \frac{K}{K_{298,15}} = -\frac{-158304 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol.K}} \left(\frac{1}{298,15} - \frac{1}{1323,15} \right)$$

$$\ln K_{1323,15} = 49472,2701$$

$$K_{1323,15} = 134.497,5728$$

Didapatkan nilai K yang besar sehingga reaksi ini bersifat *irreversible*.

Reaksi dioksidasi reaktor



$$\Delta G_f^\circ = \sum \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \Delta G_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$= (1\Delta G_f^\circ TiO_2 + 2\Delta G_f^\circ 2Cl_2) - (1\Delta G_f^\circ TiCl_4 + 2\Delta G_f^\circ O_2)$$

$$= (1(-889,5184) + 2(0)) - (1(-726,3) + 2(0))$$

$$= -163218,4 \text{ kJ/mol}$$

Diperoleh ΔG° negatif maka reaksi bersifat spontan.

Pada reaksi (1-19) dapat ditentukan nilai $K_{298,15}$ berdasarkan persamaan

Smith Van Ness (2001):

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

$$\ln K_{298,15} = -\frac{\Delta G^\circ}{RT}$$

$$= -\frac{-163218,4 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol} \times 298,15 \text{ K}}$$

$$= 65,8452$$

$$K_{298} = 3,9429 \times 10^{60}$$

Reaksi berlangsung pada suhu 1100°C atau 1373,15 K, maka nilai konstanta kesetimbangan dapat dihitung:

$$\ln \frac{K}{K'} = -\frac{\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T'} \right)$$

$$\ln \frac{K}{K_{298,15}} = -\frac{-1707947,2 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol.K}} \left(\frac{1}{298,15} - \frac{1}{1373,15} \right)$$

$$\ln K_{1373,15} = 138,4865$$

$$K_{1373,15} = 1,3929 \times 10^{60}$$

Didapatkan nilai K yang besar sehingga reaksi ini bersifat *irreversible*

(Smith and Van Ness, 2001)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

1. Titanium Dioksida

Sifat fisis

- a. Rumus kimia : TiO_2
- b. Berat Molekul, g/mol : 79,87
- c. Warna : Putih
- d. Titik lebur/ titik beku, °C : 1,855
- e. Kemurnian : 99,9%
- Impuritas H_2O : 0,01%

Sifat kimia

- a. Tidak larut dalam air
- b. Tidak mudah terbakar
- c. Tidak korosif

(Titanium Dioksida MSDS, 2019)

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

1. Batu Ilmenit

Sifat Fisis:

- a. Rumus Kimia : $FeTiO_3$
- b. Berat molekul, g/mol : 15,75

- c. Warna : Hitam
- d. Lapisan : Hitam
- e. Kilau : Metalik, Submetallik
- f. Diafanitas : Buram
- g. Pembelahan : Tidak ada
- h. Kekerasan Mohs : 5-6
- i. Berat Jenis : 4,7 - 4,8
- j. Sistem Kristal : Segitiga
- k. Ketahanan : Rapuh
- l. Ukuran : 150 μm
- m. Kemagnetan : Magnetik lemah

Sifat Kimia

- a. Tidak mudah terbakar
- b. Tidak beracun
- c. Tidak termasuk dalam agen berbahaya atau *non hazardous*

Komposisi Kimia:

Fe_2O_3	: 48,100%
TiO_2	: 44,533%
V_2O_3	: 0,35%
P_2O_5	: 0,116%
SiO_2	: 1,307%
MnO	: 0,817%
MgO	: 2,827%
CaO	: 0,687%

Al_2O_3 : 0,823%

Co_3O_4 : 0,037%

ZrO_2 : 0,021%

Nb_2O_5 : 0,010%

(Iluka Ilmenit *Sand*, MSDS, October 2003)

2. Besi Oksida

Sifat fisis:

- a. Rumus kimia : Fe_2O_3
- b. Berat molekul : 159,69 g/mol
- c. Titik leleh : 1565 °C
- d. Densitas : 5,24 g/cc

Sifat kimia:

- a. Tidak larut dalam air
- b. Paramagnetik

(LTS Research Laboratories MSDS, 2015)

3. Karbon Monoksida

Sifat fisis:

- a. Rumus kimia : CO
- b. Berat molekul, g/mole : 28,01
- c. Titik leleh : -211,6°C
- d. Titik didih : -191,52 °C
- e. Titik kritis : -140,15°C
- f. Densitas gas, lb/ft³ : 0,072

Sifat kimia:

- a. Mudah terbakar
- b. Larut dalam beberapa pelarut organik seperti etil asetat, kloroform, dan asam asetat.

(Airgas MSDS, 2020)

4. Klorin

Sifat fisis:

- a. Rumus kimia : Cl_2
- b. Berat molekul, g/mol : 70,91
- c. Tekanan uap, psig : 85,3
- d. Densitas gas, lb/ft³ : 0,185
- e. Titik leleh pada 1 atm, °C : -101,6
- f. Titik didih pada 1 atm, °C : -34,6
- g. Titik kritis, °C : 143,85
- h. Bau : Tajam
- i. Kemurnian : 99,5%
 - Impuritas H_2O : 0,5%

Sifat Kimia

- a. Beracun
- b. Korosif
- c. Mudah terbakar
- d. Sukar larut dalam bahan air dingin

(Airgas MSDS, 2001)

6. Kokas

Sifat Fisis:

- a. Rumus molekul : C
- b. Berat molekul : 12,01 g/mol
- c. Specific gravity : 0,37 – 0,51
- d. Energi Gibbs : 0,685
- e. *Auto Ignition Temperature* : 390 – 425°C
- f. Ukuran : 150 μm
- g. Kemurnian : 100%

Sifat Kimia:

- a. Dapat bereaksi dengan oksigen maupun air
- b. Terdekomposisi pada suhu 400°C
- c. Tidak korosif

(Teck MSDS, 2015)

7. Titanium Tetraklorida

Sifat fisis

- a. Rumus kimia : TiCl_4
- b. Berat molekul : 189,68 g/mol
- c. Densitas pada 20 °C, g/cm³ : 1,73
- d. Warna : kuning muda
- e. Keadaan fisik : cair
- f. Titik lebur, °C : -24,1
- g. Titik didih pada 1.013 hPa, °C : 136,4
- h. Titik Kritis, K : 507,4

Sifat kimia

- a. Beracun
- b. Korosif
- c. Bersifat berbahaya

(Merck Millipore MSDS,2022)

8. Udara

Komposisi kimia:

- Udara kering : 78,09%
- Nitrogen : 20,95%
- Oksigen : 0,93%

Tabel 2. 1 Identifikasi Hazard Bahan Baku dan Produk dalam Proses

Komponen	Hazard				
	<i>Explosive</i>	<i>Flammable</i>	<i>Toxic</i>	<i>Corrosive</i>	Iritan
TiO ₂					
FeTiO ₃					
Cl ₂	✓	✓	✓	✓	✓
C					✓
CO	✓	✓	✓		

Tabel 2.1...(lanjutan)

Komponen	Hazard				
	<i>Explosive</i>	<i>Flammable</i>	<i>Toxic</i>	<i>Corrosive</i>	Iritan
CO ₂					
Fe ₂ O ₃			✓		✓
<i>TiCl₄</i>			✓	✓	
N ₂					
O ₂		✓			

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah proses yang digunakan untuk menjamin tingkat kualitas suatu produk. Kualitas produk merupakan salah satu hal yang penting dalam suatu proses produksi baik untuk produk yang dijual didalam negeri maupun produk yang dijual untuk tujuan ekspor. Pengendalian kualitas perlu dilakukan oleh perusahaan agar produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan perusahaan maupun standar yang ditetapkan oleh badan lokal atau internasional yang mengelola tentang standarisasi mutu/kualitas. Pengendalian kualitas yang dilakukan meliputi pengawasan mutu bahan baku, bahan pembantu, produk setengah jadi maupun produk jadi. Selain itu pengawasan mengenai mutu

air yang digunakan penting dilakukan guna menunjang mutu proses. Semua pengendalian dan pengawasan operasi dapat dilakukan di *control room*, dengan *automatic control* dimana jika terjadi penyimpangan pada indikator yang telah ditetapkan atau diset pada kondisi operasi dan temperatur tertentu. Pengendalian kualitas pada pabrik titanium dioksida meliputi:

1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian bahan baku bertujuan untuk mengetahui apakah kualitas bahan baku telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan oleh alat proses. Sebelum bahan baku digunakan akan dilakukan pengujian terhadap kualitas ilmenit, gas klorin dan kokas. Pengawasan terhadap mutu bahan baku dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol.

2. Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas proses dilakukan pada setiap proses mulai dari bahan baku hingga menjadi produk. Pengendalian ini meliputi mutu bahan baku, bahan pembantu, produk penunjang dan produk akhir. Pengendalian dan pengawasan terhadap proses produksi dilakukan dengan alat pengendali yang berada di *control room*. Beberapa alat kontrol yang digunakan yaitu, kontrol terhadap kondisi operasi baik tekanan maupun temperatur. Alat kontrol yang harus diset pada kondisi tertentu antara lain:

- a. Level Control (LC)

Level control memiliki fungsi untuk mengetahui dan mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat agar tidak melebihi batas yang

ditentukan. Apabila terdapat kondisi yang tidak sesuai maka akan timbul tanda isyarat berupa nyala lampu dan suara.

b. Temperature Control (TC)

Temperature control ini berfungsi untuk mengendalikan suhu operasi suatu alat berdasarkan suhu operasi yang telah ditetapkan.

c. Pressure Control (PC)

Pressure control berfungsi untuk mengendalikan dan mengatasi tekanan operasi agar selalu sesuai dengan kondisi yang ditentukan. Pressure control sangat dibutuhkan untuk sistem yang menggunakan aliran *steam* atau gas.

d. Weight Control (WC)

Weight Control berfungsi untuk mengontrol rate massa padatan yang melalui suatu alat dan bila terjadi perubahan aliran dapat melakukan pengendalian terhadap laju aliran tersebut.

e. Volume Meter (VM)

Volume meter berfungsi untuk mengetahui volume cairan pada tangki.

f. Level Indicator (LI)

Level indicator berfungsi untuk mengukur ketinggian permukaan cairan dan akan menampilkan hasil ukur secara langsung.

3. Pengendalian Kualitas Produk

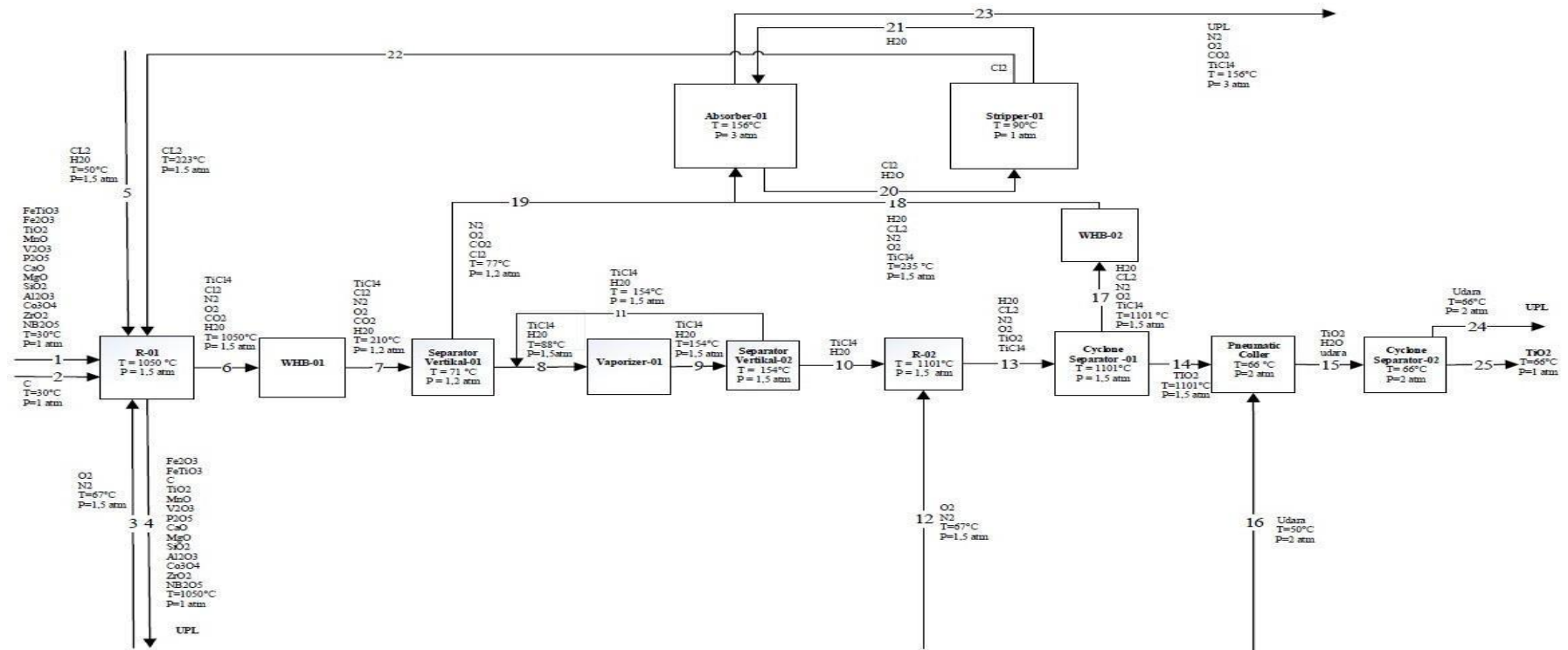
Memperoleh produk dengan kualitas baik dan menjaga kualitasnya juga dipengaruhi oleh biaya kualitas. Semakin baik penggunaan biaya kualitas maka

akan meningkatkan kualitas produk. Peningkatan kualitas dapat mempengaruhi keunggulan pasar sehingga dapat meningkatkan profitabilitas. Upaya peningkatan kualitas juga dapat mengurangi kegagalan produksi pada produk.

BAB III PERANCANGAN PROSES

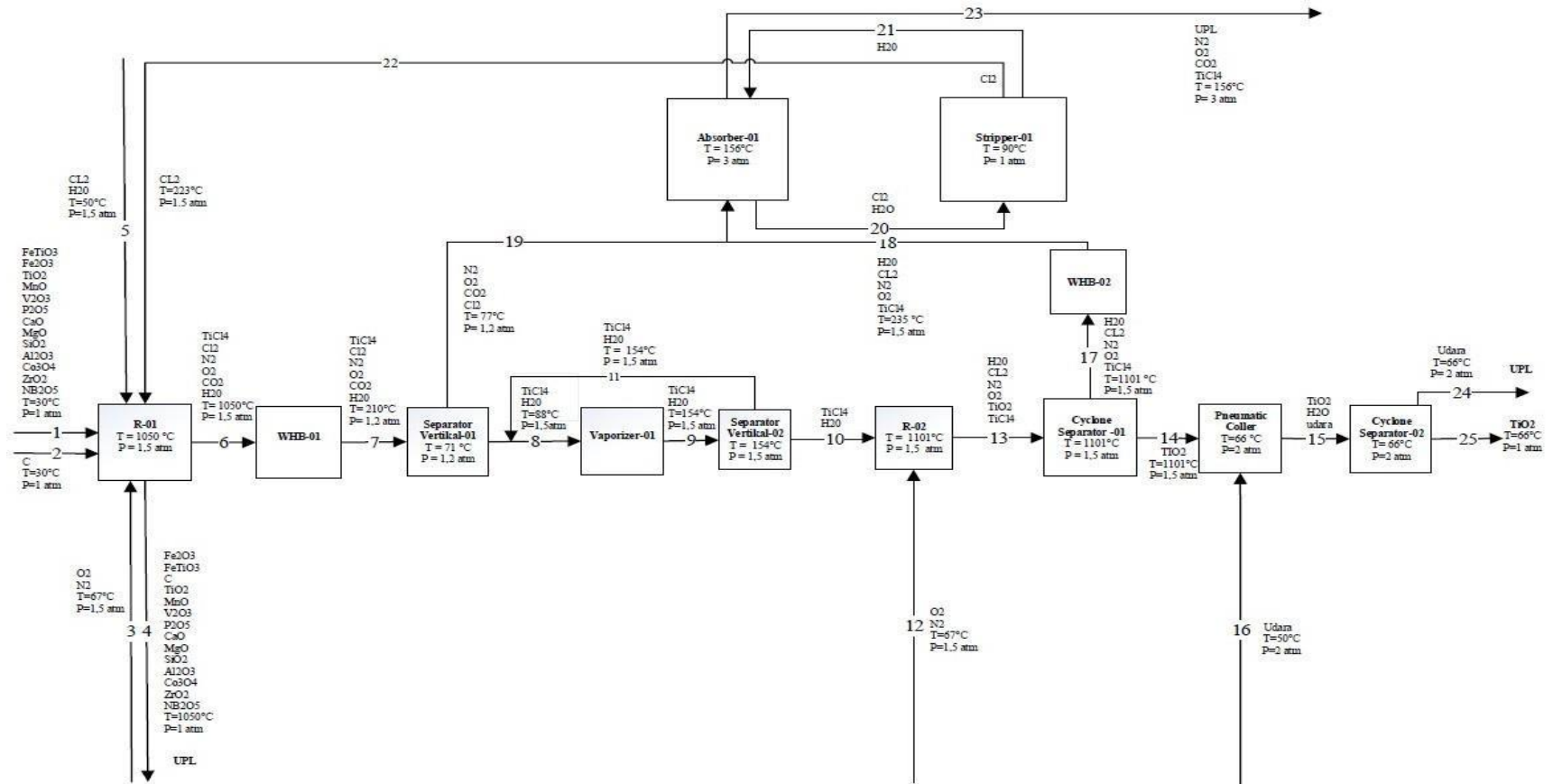
3.1 Diagram alir proses

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

Kompo- nen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Udara															841, 751									841,7 51	
N ₂			265 14,4 803			265 14,4 803	265 14,4 803					201 51,0 050	201 51, 005 0				201 51,0 050	201 51,0 050	265 14,4 803						
O ₂			805 5,03 20			167 8,13 17	167 8,13 17					612 1,82 43	107 1,3 193				107 1,31 93	107 1,31 93	167 8,13 17				2749,4 509		
CO ₂						140 29,1 807	140 29,1 807												140 29,1 807				14029, 1807		
Cl ₂					22 6,3 80 0	119 1,47 35	119 1,47 35						224 11, 616 2				224 11,6 162	224 11,6 162	119 1,47 35	236 03,0 896		236 03,0 896			
TiCl ₄						302 90,2 765	302 90,2 765	302 90,2 765	380 97,3 733	302 90,2 765	756 8,8 677		302 ,90 28				302, 902 8	302, 902 8					302,90 28		
C		402 7,5 160		201, 375 8																					

H ₂ O					1,1 37 6	112, 621	1,13 76	1,13 76	1,21 12	1,13 76	0,0 876		1,1 376			84 1,7 51	1,13 76			6431 51,5 349	6431 51,5 349		46665, 4853		12,63 2
FeTiO ₃	255 07,6 013			127 5,38 01																					
Fe ₂ O ₃	107 5,13 78			138 28,9 384																					
TiO ₂	134 25,0 533			134 25,0 533									126 26, 262 6	126 26,2 626	126 26,2 626										12626 ,26
MnO	246, 295 3			105, 512 1																					
V ₂ O ₃	105, 512 1			105, 512 1																					
P ₂ O ₅	34,9 697			34,9 697																					
CaO	207, 105 1			207, 105 1																					
MgO	852, 236 0			852, 236 0																					

SiO ₂	394, 012			394, 012																						
Al ₂ O ₃	248, 104 1			248, 104 1																						
Co ₃ O ₄	11,1 541			11,1 541																						
ZrO ₂	6,33 07			6,33 07																						
Nb ₂ O ₅	3,01 46			3,01 46																						

Gambar 3. 3 Diagram Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Proses produksi titanium dioksida melalui beberapa proses yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku

Bahan baku klorin (Cl_2) disimpan dalam tangki horizontal (T-01) dengan kondisi operasi pada suhu 30°C dengan tekanan 8 atm dengan fase cair. Gas klorin yang digunakan adalah klorin dengan kemurnian 99,5%. Penggunaan klorin dengan kemurnian tinggi bertujuan untuk menjaga kemurnian produk titanium dioksida untuk memperoleh kemurnian tinggi. Cairan klorin kemudian dilewatkan pada *expansion valve* dengan tujuan untuk menekan cairan klorin agar tekanan berubah menjadi 1,5 atm sehingga fase klorin akan berubah menjadi gas kemudian akan digunakan sebagai umpan reaktor (R-01).

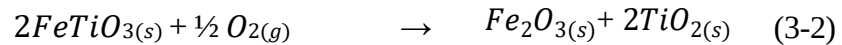
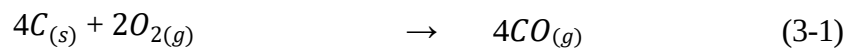
Bahan baku kokas disimpan pada silo (S-02) dengan kondisi operasi pada suhu 30°C dengan tekanan 1 atm. Kokas disimpan pada ukuran diameter 150 μm . Kemudian kokas didistribusikan menggunakan *screw conveyor* (SC-02) sebagai umpan reaktor (R-01).

Bahan baku ilmenit disimpan dengan kondisi operasi pada suhu 30°C dengan tekanan 1 atm. Ilmenit disimpan dalam silo (S-01) dengan ukuran diameter 150 μm . Kemudian kokas didistribusikan menggunakan *screw conveyor* (SC-03) sebagai umpan reaktor (R-01). Udara diambil dari lingkungan sekitar dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm, kemudian diumpankan ke reaktor (R-01) dan reaktor (R-02).

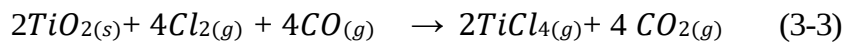
2. Tahap reaksi

Reaktor yang digunakan adalah *fluidized bed* dan reaktor alir pipa (RAP). reaksi yang terjadi dalam reaktor *fluidized bed* (R-01):

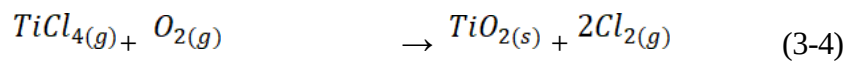
a. Pembakaran



b. Pembentukan titanium tetraklorida



Proses oksidasi pada reaktor 2



Reaktor (R-01) merupakan reaktor *fluidized bed*. Sebelum O_2 dan Cl_2 diumpankan ke reaktor (R-01) dilakukan *preheating* menggunakan *furnace* (F-01) bertujuan untuk menaikkan suhu agar sama seperti suhu operasi reaktor (R-01). *Furnace* (F-01) beroperasi pada suhu 1764 °C dengan tekanan 2,5 atm. Kemudian kokas dan oksigen diumpankan ke dalam reaktor (R-01) pada bagian sektor kokas yang dimana terjadi proses oksidasi. Reaktor (R-01) beroperasi pada suhu 1050°C dengan tekanan 1,5 atm. Kemudian karbon oksida bereaksi dengan ilmenit, dan klorin membentuk titanium tetraklorida dengan konversi reaksi 95% (Robin,2005).

Titanium tetraklorida diumpankan ke reaktor (R-02) untuk dilakukan proses oksidasi. Reaktor beroperasi pada suhu 1100°C dengan tekanan 1,5 atm. Reaktor (R-02) berada di dalam *furnace* (F-02) dengan jumlah reaktor (R-02) sebanyak 5000 buah dan jumlah *furnace* (F-02)

sebanyak 5 buah. *Furnace* (F-02) beroperasi pada suhu 3527°C dengan tekanan 2,5 atm. Proses oksidasi titanium tetraklorida menghasilkan titanium dioksida dengan konversi 99% (Zhang,2011).

3. Tahap pemurnian dan pemisahan produk

Unit pembentukan titanium dioksida terdiri:

- a. Reaktor pembentukan TiCl_4
- b. Reaktor pembentukan TiO_2

Titanium dioksida dihasilkan dari reaksi antara bijih titanium dioksida yang terkandung dalam ilmenit dengan gas klorin di dalam reaktor (R-01) pembentukan TiCl_4 dengan penambahan kokas sebagai agen reduksi. Impuritas bijih ilmenit yang belum bereaksi akan terpisah melalui aliran gas pada bagian bawah reaktor (R-01) kemudian dilanjutkan ke unit pengolahan lanjut (UPL) dengan screw conveyor yang dilengkapi pendingin. Aliran utama gas produk keluar reaktor (R-01) berupa TiCl_4 , Cl_2 , N_2 , O_2 , CO_2 dan H_2O dilarikan ke *waste heat boiler* (WHB-01) dimana panasnya akan dimanfaatkan untuk turbin pembangkit listrik. Aliran gas produk kemudian didinginkan untuk memisahkan TiCl_4 dan H_2O dari gas lain melalui proses kondensasi pada kondensor parsial (CP-01). Suhu keluaran kondensor parsial (CP-01) adalah 71°C sehingga TiCl_4 dan H_2O berfase cair. Dilanjutkan menuju separator untuk pemisahan cairan TiCl_4 dan H_2O dengan gas N_2 , O_2 , CO_2 dan Cl_2 . Kemudian TiCl_4 dan H_2O menuju *vaporizer* (VP-01) dengan tujuan merubah fase cair menjadi gas. Sedangkan gas buang berupa N_2 , O_2 , CO_2 dan Cl_2 menuju absorber dengan suhu

operasi 50°C dan tekanan 3 atm dimana dilakukan penambahan H₂O untuk memisahkan Cl₂ dengan gas lainnya sehingga Cl₂ dapat di *recycle* menuju reaktor (R-01). Penggunaan absorber (AB-01) bertekanan tinggi memiliki tujuan yaitu agar H₂O sebagai absorben tidak menguap dikarenakan suhu yang tinggi.

TiCl₄ yang sudah menjadi gas diumpankan ke dalam reaktor oksidasi (R-02) berjenis reaktor alir pipa (RAP). Di dalam reaktor, TiCl₄ berfase gas mengalami reaksi oksidasi dengan oksigen pada suhu 1100°C dengan tekanan 1,5 atm untuk membentuk titanium dioksida dan gas klorin. Titanium dioksida dan gas klorin serta gas sisa lainnya dipisahkan ke dalam *cyclone* separator. Gas buang berupa H₂O, Cl₂, N₂, O₂ dan TiCl₄ dengan suhu 1100°C dibawa menuju *waste heat boiler* (WHB-02) dimana panas akan dimanfaatkan untuk pembangkit listrik dengan turbin. Keluar dari WHB-02 gas buang berupa H₂O, Cl₂, N₂, O₂ dan TiCl₄ dengan suhu 235°C akan diarahkan menuju absorber (AB-01).

Arus yang menuju absorber (AB-01) yaitu arus dari *waste heat boiler* (WHB-02) dan separator vertikal (SP-01) yang sebelumnya didinginkan terlebih dahulu menggunakan *cooler* (CL-01), sehingga suhunya menjadi 50°C. Gas buang absorber (AB-01) dengan suhu 50°C dan tekanan 1 atm akan dialirkan menuju UPL. Cl₂ dan H₂O cair yang telah terpisah pada absorber (AB-01) dengan suhu 50°C dialirkan menuju *heat exchanger* (HE-02) untuk dinaikkan suhunya sebelum masuk ke stripper (ST-01). Suhu keluaran *heat exchanger* (HE-01) adalah 90 °C dengan tekanan atmosferik sedangkan suhu keluar pada stripper (ST-01)

adalah 90 °C dengan tekanan atmosferik. Diasumsikan alat pada *heat exchanger* (HE-01) dan *stripper* (ST-01) bekerja secara isothermal sehingga memiliki suhu yang sama. *Stripper* dibantu oleh *reboiler* (RB-01) dalam memisahkan klorin dengan air. Air dari *stripper* (ST-01) dipanaskan oleh *reboiler* (RB-01) dan dikembalikan ke *stripper*. Air keluaran *reboiler* (RB-01) di *recycle* menuju absorber melalui *cooler* (CL-02). Klorin dari *stripper* (ST-01) di *recycle* menuju reaktor (R- 01). Sedangkan padatan titanium dioksida hasil dari pemisahan pada *cyclone* separator (CS-01) dengan suhu 1100°C diteruskan ke tahap pendinginan akhir menggunakan *pneumatic* conveyor (PC-01) hingga suhumenjadi 66°C. Selanjutnya padatan titanium dioksida dipisahkan dari udarapada *cyclone* separator (CS-02) kemudian disimpan dalam silo (S-03).

3.3 Spesifikasi Alat Utama

3.3.1 Spesifikasi Reaktor (R-01)

Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor (R-01)

Spesifikasi Umum Reaktor (R-01)	
Kode	R-01
Fungsi	Mereaksikan kokas dengan oksigen dan ilmenit dengan karbon monoksida dan klorin
Tipe/jenis	Reaktor fluidized bed
Mode Operasi	Kontinyu

Tabel 3.1...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Reaktor (R-01)	
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	1050
Tekanan (atm)	1,5
Kondisi Proses	Non-isothermal
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	Titanium steel
Sektor kokas	
Jenis <i>Head</i>	<i>hemispherical</i>
Bubble diameter (m)	0,1956
Kecepatan fluidisasi minimum (m/s)	5,23 E-03
Superficial velocity (m/s)	0,21
Tinggi zona fluidisasi (m)	5,29
Transport disengaging height	Tidak ada

Tabel 3.1...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Reaktor (R-01)	
Sektor ilmenit	
Jenis <i>Head</i>	<i>Hemispherical</i>
Bubble diameter (m)	0,0520
Kecepatan fluidisasi minimum (m/s)	0,2618
Superficial velocity (m/s)	0,27
Tinggi zona fluidisasi (m)	6,02
Transport disengaging height	Tidak ada
Tebal (m)	0,114
Tinggi total (m)	20
Isolator	
Bahan	Glass Fiber
Konduktivitas panas (W/m K)	0,043
Tebal isolasi (m)	0,0207

3.3.2 Spesifikasi Reaktor (R-02)

Tabel 3.2 Spesifikasi Reaktor (R-02)

Spesifikasi Umum Reaktor (R-02)	
Kode	R-02
Fungsi	Mereaksikan TiCl_4 gas dengan Oksigen menjadi TiO_2
Tipe/jenis	Reaktor Alir Pipa (RAP)
Mode Operasi	Kontinyu
Jumlah	5000 buah
Kondisi Operasi	
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	1100
Tekanan (atm)	1,5
Kondisi Proses	non-isothermal
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	Titanium steel
Diameter (ID) (m)	0,6096
Tebal (m)	0,0276
Tinggi total (m)	5,7838

Tabel 3.2...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Reaktor (R-02)	
Tinggi total (m)	5,7838
Jenis <i>Head</i>	Hemispherical
Isolator	
Bahan	Glass Fiber
Konduktivitas panas (W/m K)	0,043
Tebal isolasi (m)	0,0207

3.4 Spesifikasi Alat Penukar Panas

3.4.1 *Furnace* (F-01)

Tabel 3.3 Spesifikasi Furnace (F-01)

Spesifikasi Umum Furnace (F-01)	
Fungsi	Untuk memanaskan ilmenite, kokas, chlorine dan udara
Tipe	<i>Box furnace</i>
Kapasitas (kJ/s)	17430
<i>Fuel Type</i>	LNG
<i>Temperature (°C)</i>	1764

Tabel 3.3...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Furnace (F-01)	
<i>Temperature (°C)</i>	1764
<i>Boiling exhaust (m)</i>	8
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	<i>Fire bricks</i>
Diameter <i>stack</i> (m)	5,31

3.4.2 Spesifikasi Furnace (F-02)

Tabel 3.4 Spesifikasi Furnace (F-02)

Spesifikasi Umum Furnace (F-02)	
Fungsi	Untuk memanaskan TiCl_4 dan H_2O
Tipe	<i>Box furnace</i>
Kapasitas (kJ/s)	2964
Fuel Type	LNG
Working pressure (atm)	2,5
Temperature (°C)	3527
Boiling exhaust (m)	1,8
Konstruksi dan Material	

Tabel 3.4...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Furnace (F-02)	
Bahan konstruksi	<i>Fire bricks</i>
Diameter <i>stack</i> (m)	4,175

3.4.3 Spesifikasi Cooler (CL-01)

Tabel 3.5 Spesifikasi Cooler (CL-01)

Spesifikasi Umum Cooler (CL-01)				
Kode	CL-01			
Fungsi	Mendinginkan keluaran WHB-01 dan WHB-02			
Tipe/jenis	Shell and Tube Heat Exchanger			
Jumlah	1			
Kondisi Operasi				
Fluid type	Shell		Tube	
	Hot		Cold	
	In	Out	In	Out
Liquid Flow Rate (kg/s)	0		52,3834	
Vapor flow rate (kg/s)	24,2642		0	
Suhu (°C)	154	50	30	40

Tabel 3.5...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Cooler (CL-01)		
Tekanan (atm)	1,2	3
Konstruksi dan Material		
Bahan konstruksi	Baja karbon	
	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
<i>Length</i> (m)	1,8288	
<i>Passes</i>	-	1
ID (m)	0,4572	0,01473
OD (m)	0,4667	0,0191
<i>Baffle Space</i> (m)	0,4752	-
<i>Number</i>	-	241
A (m ²)	-	162,471
BWG	-	14
<i>Pitch</i> (m)	-	0,0238

Tabel 3.5...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Cooler (CL-01)		
ΔP (Pa)	0,0067	77,7274
R_d (kJ/m ² s K)	0,5632	

3.4.4 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-01)

Tabel 3.6 Spesifikasi *Heat Exchanger* (HE-01)

Spesifikasi Umum <i>Heat Exchanger</i> (HE-01)				
Kode	HE-01			
Fungsi	Memanaskan keluaran absorber (AB-01)			
Tipe/jenis	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>			
Jumlah	1			
Kondisi Operasi				
	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid type</i>	<i>Cold</i>		<i>Hot</i>	
<i>Fluid type</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>

Tabel 3.6...(lanjutan)

Spesifikasi Umum <i>Heat Exchanger</i> (HE-01)				
<i>Liquid Flow Rate</i> (kg/s)	16,6783		185,2096	
<i>Vapor flow rate</i> (kg/s)	0		0	
Suhu (°C)	50	90	150	150
Tekanan (atm)	3		3	
Konstruksi dan Material				
Bahan konstruksi	Baja karbon			
	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length</i> (m)	3,048			
<i>Passes</i>	-		1	
ID (m)	1,1430		0,01473	
OD (m)	1,1523		0,0191	
<i>Baffle Space</i> (m)	1,1430		-	
<i>Number</i>	-		1960	

Tabel 3.6...(lanjutan)

Spesifikasi Umum <i>Heat Exchanger</i> (HE-01)		
A (m ²)	1,1285	0,0334
BWG	-	14
<i>Pitch</i> (m)	-	1,1430
ΔP (Pa)	122,7232	8106,9817
Rd (kJ/m ² s K)	0,7131	

3.4.5 Spesifikasi *Cooler* (CL-02)

Tabel 3.7 Spesifikasi *Cooler* (CL-02)

Spesifikasi Umum Cooler (CL-02)		
Kode	CL-02	
Fungsi	Mendinginkan keluaran reboiler (RB-01)	
Tipe/jenis	Shell and Tube Heat Exchanger	
Jumlah	1	
Kondisi Operasi		
	Shell	Tube

Tabel 3.7...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Cooler (CL-02)				
Fluid type	Hot		Cold	
	In	Out	In	Out
Liquid Flow Rate (kg/s)	11,5831		58,8829	
Vapor flow rate (kg/s)	0		0	
Suhu (°C)	100	90	30	35
Tekanan (atm)	3		3	
Konstruksi dan Material				
Bahan konstruksi	Baja karbon			
	Shell		Tube	
Length (m)	1,8288			
Passes	-		1	
ID (m)	0,2032		0,01473	
OD (m)	0,0213		0,0191	

Tabel 3.7...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Cooler (CL-02)		
<i>Baffle Space</i> (m)	0,2032	-
<i>Number</i>	-	241
A (m ²)	-	5,6199
BWG	-	14
<i>Pitch</i> (m)	-	0,0238
ΔP (pa)	0,0308	85,4388
Rd (kJ/m ² s K)	1,13446	

3.4.6 Spesifikasi Cooler (CL-03)

Tabel 3.9 Spesifikasi Cooler (CL-03)

Spesifikasi Umum Cooler (CL-03)				
Kode	CL-03			
Fungsi	Mendinginkan udara dari <i>blower</i> (B-01)			
Tipe/jenis	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>			
Jumlah	1			
Kondisi Operasi				
Posisi	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid Flow Rate</i> (kg/s)	0		1,3062	
<i>Vapor flow rate</i> (kg/s)	1,1707		0	
Suhu (°C)	96	50	30	40
Tekanan (atm)	2		3	
Konstruksi dan Material				

Tabel 3.9...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Cooler (CL-03)		
Bahan konstruksi	Baja karbon	
	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
<i>Length</i> (m)	1,8288	
<i>Passes</i>	-	1
ID (m)	0,2032	0,01473
OD (m)	0,0238	0,0191
<i>Baffle Space</i> (m)	0,2032	-
<i>Number</i>	-	42
A (m ²)	-	31,2780
BWG	-	14
<i>Pitch</i> (m)	-	0,0238
ΔP (Pa)	0,1930	11,1216
Rd (kJ/m ² s K)	2,6687	

3.4.7 Spesifikasi *Pneumatic Conveyor*

Tabel 3.10 Spesifikasi *Pneumatic Conveyor* (PC-01)

Spesifikasi Umum <i>Pneumatic Conveyor</i>		
Kode	PC-01	
Fungsi	Mendinginkan titanium dioksida	
Tipe/jenis	<i>Pneumatic Conveyor</i>	
Jumlah	5	
Kondisi Operasi	Padatan	Gas
Suhu masuk (°C)	1100	50
Suhu keluar (°C)	66	66
Tekanan (atm)	2	2
Konstruksi dan Material		
Panjang (m)	24,0300	
ID (m)	0,1023	
OD (m)	0,1143	
A (m ²)	0,00841	

Tabel 3.10...(lanjutan)

Spesifikasi Umum <i>Pneumatic Conveyor</i>	
Jumlah <i>stage</i>	1

3.4.8 Spesifikasi Condensor Parsial (CP-01)

Tabel 3.11 Spesifikasi Condensor Parsial CP-01

Spesifikasi Umum Condensor Parsial (CP-01)		
Kode	CP-01	
Fungsi	Mengembunkan dan mendinginkan titanium tetraklorida hasil reaktor (R-01)	
Tipe/jenis	Shell and Tube Heat Exchanger	
Jumlah	1	
Bahan	Titanium steel	
Kondisi Operasi		
Tekanan (atm)	1,2	
Posisi	Shell	Tube
Fluid type	Hot	Cold

	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
Suhu (°C)	210	71	30	50
Kontruksi dan Maaterial				
	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
ID (m)	0,2032		0,0147	
OD (m)	0,0191		0,0191	
<i>Flow Area</i> (m ²)	0,0083			
Rd (m ² s K/ kJ)	1,7			
ΔP (atm)	0,03		1,8	

3.4.9 Spesifikasi Waste Heat Boiler 1 (WHB-01)

Tabel 3.12 Spesifikasi Waste Heat Boiler 1 (WHB-01)

Spesifikasi Umum Waste Heat Boiler 1 (WHB-01)	
Kode	WHB-01
Fungsi	Mendinginkan gas yang keluar dari reaktor (R-01)
Tipe/jenis	Ketel Boiler (saturated)
Jumlah	1
Bahan	Titanium steel

Tabel 3.12...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Waste Heat Boiler 1 (WHB-01)		
P (atm)	1,5	
Kapasitas (kg/s)	6,5955	
Steam kapasitas (kg/s)	7,3284	
Spesifikasi	<i>Shell (cold fluid)</i>	<i>Tube (hot fluid)</i>
ID (m)	0,83282	0,0166
OD (m)	0,8477	0,0191
Flow Area (m ²)	-	77,4041
ΔP (atm)	-	0,3 atm
Rd (m ² s K/ kJ)	8777	

3.4.10 Spesifikasi Waste Heat Boiler 2 (WHB-02)

Tabel 3.13 Spesifikasi Waste Heat Boiler 2 (WHB-02)

Spesifikasi Umum Waste Heat Boiler 2 (WHB-02)	
Kode	WHB-02
Fungsi	Mendinginkan gas yang keluar dari cyclone separator
Tipe/jenis	Ketel Boiler (saturated)
Jumlah	1

Tabel 3.13...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Waste Heat Boiler 2 (WHB-02)		
Bahan	Titanium steel	
P (atm)	1,5	
Kapasitas (kg/s)	315,033	
Steam Kapasitas (kg/s)	0,1350	
Spesifikasi	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
ID (m)	1,0160	0,01587
OD (m)	1,0255	0,0190
<i>Flow Area</i> (m ²)		13,117
ΔP (atm)	-	0,3
Rd (m ² s K/ kJ)	43444,916	

3.4.11 Spesifikasi Vaporizer (VP-01)

Tabel 3.14 Spesifikasi Vaporizer (VP-01)

Spesifikasi Umum Vaporizer (VP-01)	
Kode	VP-01
Fungsi	Menguapkan titanium tetraklorida dari separator vertikal(SP-01)
Tipe/jenis	<i>Shell and Tube</i>
Jumlah	1

Tabel 3.14...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Vaporizer (VP-01)		
Bahan	Titanium <i>steel</i>	
Kapasitas (kg/s)	8,4143	
<i>Steam</i> kapasitas (kg/s)	1,8269	
Kondisi Operasi		
Suhu (°C)	88	
Tekanan (atm)	1,5	
Spesifikasi	<i>Shell (cold fluid)</i>	<i>Tube (hot fluid)</i>
ID (m)	0,7366	0,0148
OD (m)	0,7461	0,0191
Flow Area (m2)	-	615,4980
ΔP (pa)	0,04126	9,4528
Rd (m² s K/ kJ)	8777	

3.4.12 Spesifikasi Reboiler (RB-01)

Tabel 3.15 Spesifikasi Reboiler (RB-01)

Spesifikasi Umum Reboiler (RB-01)	
Kode	RB-01
Fungsi	Menguapkan air yang berasal dari <i>stripper</i> (ST-01)
Tipe/jenis	Ketel <i>Boiler (saturated)</i>

Tabel 3.15...(lanjutan)

Spesifikasi Umum <i>Reboiler</i> (RB-01)		
Jumlah	1	
Bahan	Titanium <i>steel</i>	
Kapasitas (kg/s)	11,5931	
<i>Steam</i> Kapasitas (kg/s)	5,4584	
Spesifikasi	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
ID (m)	1,0668	0,0191
OD (m)	1,0763	0,01483
<i>Flow area</i> (m ²)	-	192,6310
ΔP (pa)	-	0,3401
Rd (m ² s K/ kJ)	0,0836	

3.5 Spesifikasi Alat Pemisah

3.5.1 Spesifikasi Absorber (AB-01)

Tabel 3.16 Spesifikasi Absorber (AB-01)

Spesifikasi Umum Absorber (AB-01)	
Kode	AB-01
Fungsi	Menyerap klorin dengan absorben air

Tabel 3.16...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Absorber (AB-01)	
Tipe/jenis	<i>Packed columns</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
Tekanan	3 atm
Kondisi Proses	Adiabatis
Suhu (°C)	156
Konstruksi dan Material	
Menara	
a. Diameter dalam (m)	3
b. Tinggi (m)	3,4
c. Tebal (m)	0,125
<i>Head</i>	
a. Jenis	<i>Ellipsoidal</i>
b. Tebal (m)	0,0033

Tabel 3.16...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Absorber (AB-01)	
Jenis <i>packing</i>	70 IMTP <i>packing</i>
Bahan konstruksi <i>packing</i>	<i>Metal packing</i>
Susunan <i>packing</i>	<i>Random</i>
Diameter <i>Packing</i> (m)	0,0635

3.5.2 Spesifikasi *Stripper* (ST-01)

Tabel 3.17 Spesifikasi *Stripper* (ST-01)

Spesifikasi Umum <i>Stripper</i> (ST-01)	
Kode	ST-01
Fungsi	Memisahkan klorin dari air
Tipe/jenis	Packed columns
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
Spesifikasi Umum <i>Stripper</i> (ST-01)	
Suhu (°C)	156
Tekanan (atm)	1
Konstruksi dan Material	
Menara	

Tabel 3.17...(lanjutan)

Spesifikasi Umum <i>Stripper</i> (ST-01)	
a. Diameter dalam (m)	2,7432
b. Tinggi (m)	8
c. Tebal (m)	0,003
<i>Head</i>	
a. Jenis	<i>Ellipsoidal</i>
b. Tebal (m)	0,0032
Jenis <i>packing</i>	70 IMTP <i>packing</i>
Bahan konstruksi <i>packing</i>	<i>Metal packing</i>
Susunan <i>packing</i>	<i>Random</i>
Diameter <i>Packing</i> (m)	0,0635

3.5.3 Spesifikasi Separator Vertikal 1 (SP-01)

Tabel 3.18 Spesifikasi Separator Vertikal (SP-01)

Spesifikasi Umum Separator Vertikal (SP-01)	
Kode	SP-01
Fungsi	Memisahkan gas lain dari gas titanium tetraklorida
Tipe/jenis	Separator vertikal
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	

Tabel 3.18...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Separator Vertikal (SP-01)	
Suhu (°C)	71
Tekanan (atm)	1 ,2
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	Baja karbon
<i>Shell</i>	
Diameter luar (m)	2,5
Tinggi (m)	4,5
Tebal (m)	0,0048
<i>Head</i>	
<i>b. Tinggi (m)</i>	0,2490
<i>c. Tebal (m)</i>	0,0032

3.5.4 Spesifikasi Separator Vertikal 1 (SP-01)

Tabel 3.18 Spesifikasi Separator Vertikal (SP-01)

Spesifikasi Umum Separator Vertikal (SP-01)	
Kode	SP-01
Fungsi	Memisahkan gas lain dari gas titanium tetraklorida
Tipe/jenis	Separator vertikal

Tabel 3.18...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Separator Vertikal (SP-01)	
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	71
Tekanan (atm)	1 ,2
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	Baja karbon
<i>Shell</i>	
Diameter luar (m)	2,5
Tinggi (m)	4,5
Tebal (m)	0,0048
<i>Head</i>	
b. Tinggi (m)	0,2490
c. Tebal (m)	0,0032

3.5.5 Spesifikasi Separator Vertikal 2 (SP-02)

Tabel 3.19 Spesifikasi Separator Vertikal (SP-02)

Spesifikasi Umum Separator Vertikal (SP-02)	
Kode	SP-02
Fungsi	Memisahkan H_2O dan $TiCl_4$ gas dengan H_2O dan $TiCl_4$ yang masih berfase <i>liquid</i>

Tabel 3.19...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Separator Vertikal (SP-02)	
Tipe/jenis	Separator vertikal
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	154
Tekanan (atm)	1 ,5
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	Baja karbon
<i>Shell</i>	
Diameter luar (m)	3,5
Tinggi (m)	9
Tebal (m)	0,0048
<i>Head</i>	
Jenis	<i>Ellipsoidal</i>
Tebal (m)	0,0032

3.5.6 Spesifikasi *Cyclone Separator* (CS-01)

Tabel 3.20 Spesifikasi *Cyclone Separator* (CS-01)

Spesifikasi Umum <i>Cyclone Separator</i> (CS-01)	
Kode	CS-01
Fungsi	Memisahkan titanium dioksida dari gas lainnya
Tipe/jenis	<i>Reverse Flow Cyclone Separator</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	1100
Tekanan (atm)	1,5
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	Baja karbon
<i>Shell</i>	
Diameter luar (m)	4,5300
Tinggi (m)	18,1218
Tebal (m)	0,0249
<i>Buttom</i>	
Tebal (m)	0,0249 m
Isolator	
Bahan	<i>Glass Fiber</i>

Tabel 3.20...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Cyclone Separator (CS-01)	
Konduktivitas panas (W/m K)	0,043
Tebal isolasi (m)	0,0207

3.5.7 Spesifikasi Cyclone Separator (CS-02)

Tabel 3.21 Spesifikasi Cyclone Separator (CS-02)

Spesifikasi Umum Cyclone Separator (CS-02)	
Kode	CS-02
Fungsi	Memisahkan titanium dioksida dari udara
Tipe/jenis	<i>Reverse Flow Cyclone Separator</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	1100
Tekanan (atm)	2
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	Baja karbon
Spesifikasi Umum Cyclone Separator (CS-02)	
<i>Shell</i>	
Diameter luar (m)	0,7596
Tinggi (m)	3,03862
Tebal (m)	0,0249
<i>Buttom</i>	
Tebal (m)	0,0249 m

3.6 Tangki Penyimpanan

3.6.1 Spesifikasi Tangki Cl₂ (T-01)

Tabel 3.22 Spesifikasi Tangki Cl₂ (T-01)

Spesifikasi Umum Tangki Cl ₂ (T-01)	
Kode	T-01
Fungsi	Menyimpan Cl ₂ cair
Jenis	Tangki horizontal
Bahan	Carbon steel SA 167 Grade 11 tipe 316
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	30
Tekanan (atm)	8
Dimensi	
Diameter (m)	15,24
Tinggi (m)	9,144
Volume (m ³)	986,724
Tebal shell (m)	0,0048
Jumlah course	5
Head	

Tabel 3.22...(lanjutan)

-Tebal head (m)	0,0445
-Tinggi head (m)	4,1
Tinggi total tangki (m)	13,148

3.1.1 Spesifikasi Silo (S)

Tabel 3.23 Spesifikasi Silo (S)

Spesifikasi Umum Silo (S)			
Kode	S-01	S-02	S-03
Fungsi	Menyimpan kebutuhan ilmenit	Menyimpan kebutuhan kokas	Menyimpan produk berupa titanium dioksida
Jenis	Silinder tegak dengan tutup datar dan alas berbentuk kerucut		
Bahan	Stainless Steel SA-167 type 309		
Jumlah	2	1	2
Lama penyimpanan	7 hari	15 hari	8 jam
Kondisi Operasi			
Suhu (°C)	30		
Tekanan (atm)	1		
Dimensi			
Diameter (m)	10,4	5,5	10,4

Tabel 3.23...(lanjutan)

Tinggi (m)	25,9	13,7	26,03
Tebal (m)	0,0048		
Volume (m^3)	2176,55	281,57	1815,11

3.2 Alat Transportasi

3.2.1 Spesifikasi *Screw Conveyor* (SC)

Tabel 3.24 Spesifikasi *Screw Conveyor* (SC)

Spesifikasi Umum <i>Screw Conveyor</i> (SC)			
Kode	SC-01	SC-02	SC-03
Fungsi	Mengangkut $FeTiO_3$ menuju reaktor	Mengangkut kokas menuju reaktor	Mengangkut impuritas dari reaktor
Fungsi	(R-01)	(R-01)	(R-01)
Bahan	Baja komersial	Baja komersial	Baja komersial
Jumlah	1	1	1
Jenis	<i>Helicoid Flight</i>	<i>Helicoid Flight</i>	<i>Helicoid Flight</i>
Kapasitas (kg/s)	11,6990	1,1299	4,4830
Kondisi Operasi			

Tabel 3.24...(lanjutan)

Spesifikasi Umum <i>Screw Conveyor</i> (SC)			
Suhu (°C)	30	30	1050
Tekanan (atm)	1	1	1
Dimensi			
Diameter <i>flight</i> (m)	0,2286	0,2286	0,2286
Diameter pipa(m)	0,0635	0,0635	0,0635
Panjang(m)	18,288	18,288	18,288
Kecepatan (rpm)	40	40	40
Efisiensi motor (%)	80	80	80
<i>Power</i> motor (Hp)	0,5	0,5	1

3.2.2 Spesifikasi Pompa (P)

Tabel 3.25 Spesifikasi Pompa (P)

Spesifikasi Umum Pompa (P)		
Kode	P-01	P-02
Fungsi	Mengalirkan Cl_2 dari tangki	Mengalirkan H_2O dan TiCl_4

Tabel 3.25...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Pompa (P)		
Fungsi	penyimpanan (T-01) menuju rekator (R-01)	dari separator (SP-01) menuju vaporizer (VP-01)
Jenis	Pompa sentrifugal	
Bahan	Besi komersial	
Jumlah	1	
Kondisi Operasi		
Kapasitas (gpm)	0,1687	40,5016
Pump head (m)	0,1178	2,9476
Suhu fluida °C	30	71
Tekanan (atm)	1	1,5
Dimensi		
-Flow Area (m²)	0,00019	0,0062
-OD (m)	0,0304	0,0779
-ID (m)	0,0158	0,0889
-NPSH (m)	60,0657	0,39
-No.Sch	40 ST	40ST
Power Motor (Hp)	0,5	0,5

Tabel 3.25...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Pompa (P)		
Kode	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan H_2O dari absorber (AB-01) ke cooler (CL-02)	Mengalirkan H_2O dari reboiler (RB-01) menuju absorber (AB-01)
Jenis	Pompa sentrifugal	
Bahan	Besi komersial	
Jumlah	1	
Kondisi Operasi		
Kapasitas (gpm)	189,7689	79,6182
Pump head (m)	14,3934	21,1257
Suhu fluida °C	156	100
Tekanan (atm)	3	
Dimensi Pompa		
-Flow Area (m²)	0,0129	0,0064
-OD (m)	0,1413	0,1016
-ID (m)	0,1281	0,0901
-NPSH (m)	14,5260	1,4638
-No.Sch	40ST	40ST
Power Motor (Hp)	5	3

3.2.3 Expansion Valve (EV)

Tabel 3.26 *Expansion Valve* (EV)

Spesifikasi Umum <i>Expansion Valve</i> (EV)	
Kode	EV-01
Fungsi	Menurunkan tekanan gas daritangki penyimpanan (T-01)
Kapasitas (kg/jam)	227,5176
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-333 Grade C</i>
Tipe	<i>Globe Valve Half Open</i>
Kondisi Operasi	
-Suhu (°C)	-25
-Tekanan (atm)	1,5
Jumlah	1
Dimensi	
-ID (m)	0,0089
-OD (m)	0,75

3.1.1 Blower (B)

Tabel 3.27 *Blower (B)*

Spesifikasi Umum Blower (B)		
Kode	B-01	B-02
Fungsi	Menekan udara menuju <i>Pneumatic conveyor (PC-01)</i>	Menekan udara menuju reaktor(R-01)
Tipe	<i>Centrifugal Blower</i>	
Bahan Konstruksi	Carbon Steel SA 285 Grade C	
Jumlah	1	1
Kapasitas (kg/jam)	4209	34570
Spesifikasi Umum Blower (B)		
Kode	B-03	B-04
Fungsi	Menekan gas campuran menuju absorber (AB-01)	Menekan gas Cl_2 <i>recycle</i> menuju reaktor (R-01)
Daya (HP)	200	2000
Tipe	<i>Centrifugal Blower</i>	
Bahan Konstruksi	Carbon Steel SA 285 Grade C	
Jumlah	1	1
Kapasitas (kg/jam)	87351	23603
Daya (HP)	3000	600

3.2 Neraca Massa

Produk : Titanium dioksida

Kapasitas perancangan : 100.000 ton/tahun

Waktu operasi selama 1 tahun : 330 hari

Waktu operasi selama 1 hari : 24 jam

3.2.1 Neraca Massa Total

Tabel 3.28 Neraca Massa Total

No	Komponen	Input	Output	
		Umpan (kg/jam)	Produk (kg/jam)	Limbah (kg/jam)
1	FeTiO ₃	25507,6013		1275,3801
2	Fe ₂ O ₃	1075,1378		13828,9384
3	TiO ₂	13425,0533	12613,6364	13425,0533
4	C	4027,5160		201,3758
5	O ₂	14176,8563		2749,4509
6	Cl ₂	226,3800		
7	N ₂	46665,4853		46665,4853
8	TiCl ₄			302,9028
9	CO ₂			14029,1807
10	H ₂ O	1,1376	12,6362	1,1376
11	MnO	246,2953		246,2953

Tabel 3.28...(lanjutan)

No	Komponen	<i>Input</i>	<i>Output</i>	
		Umpan (kg/jam)	Produk (kg/jam)	Limbah (kg/jam)
12	V ₂ O ₃	105,5121		105,5121
13	P ₂ O ₅	34,9697		34,9697
14	CaO	207,1051		207,1051
15	MgO	852,2360		852,2360
16	SiO ₂	394,0122		394,0122
17	Al ₂ O ₃	248,1041		248,1041
18	Co ₃ O ₄	11,1541		11,1541
19	ZrO ₂	6,3307		6,3307
20	NB ₂ O ₅	3,0146		3,0146
21	Udara	840,9091		840,9091
Subtotal		108053,6728	12626,2626	95427,4012
Total		108053,6728	108053,6728	

3.2.2 Neraca Massa Alat

1. Reaktor (R-01)

Tabel 3.29 Neraca Massa Reaktor (R-01)

No	Kompo -nen	Input (kg/jam)					Output (kg/jam)	
		1	2	3	5	22	4	6
1	C		4027,51 60				201,375 8	
2	O ₂			8055,03 20				1678,13 17
4	N ₂			26514,4 803				26514,4 803
5	CO							
6	FeTiO ₃	25507,6 013					1275,38 01	
7	Fe ₂ O ₃	1075,13 78					13828,9 384	
8	TiO ₂	13425,0 533					13425,0 533	

Tabel 3.29...(lanjutan)

No	Kompo -nen	Input (kg/jam)					Output (kg/jam)	
		1	2	3	5	22	4	6
9	CO ₂							14029,1 807
10	Cl ₂				226,380 0	23603,0 896		1191,47 35
11	TiCl ₄							30290,2 765
12	H ₂ O				1,1376			112,621 2
13	MnO	246,295 3					105,512 1	
14	V ₂ O ₃	105,512 1					105,512 1	
15	P ₂ O ₅	34,9697					34,9697	
16	CaO	207,105 1					207,105 1	
17	MgO	852,236 0					852,236 0	
18	SiO ₂	394,012 2					394,012 2	
19	Al ₂ O ₃	248,104 1					248,104 1	
20	Co ₃ O ₄	11,1541					11,1541	
21	ZrO ₂	6,3307					6,3307	

Tabel 3.29...(lanjutan)

No	Kombo -nen	Input (kg/jam)					Output (kg/jam)	
		1	2	3	5	22	4	6
22	NB ₂ O ₅	3,0146					3,0146	
Subtotal		42116,5	4027,51	34569,5	227,517	23603,0	30839,4	73816,1
		264	60	122	5	896	815	638
Total		104544,1617					104544,1617	

1. Waste Heat Boiler 1 (WHB-01)

Tabel 3.30 Neraca Massa Waste Heat Boiler 1 (WHB-01)

No	Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
		6	7
1.	O ₂	1678,1317	1678,1317
2.	Cl ₂	1191,4735	1191,4735
3.	N ₂	26514,4803	26514,4803
4.	TiCl ₄	30290,2765	30290,2765
5.	CO ₂	14029,1807	14029,1807
6.	H ₂ O	1,1376	1,1376
Subtotal		73704,6802	73704,6802
Total		73704,6802	73704,6802

2. Separator Vertikal (SP-01)

Tabel 3.31 Neraca Massa Separator Vertikal (SP-01)

No	Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
		7	8	19
1	TiCl ₄	30290,2765	30290,2765	
2	H ₂ O	1,1376	1,1376	
3	Cl ₂	1191,47348		1191,47348
4	N ₂	26514,4803		26514,4803
5	O ₂	1678,1317		1678,1317
6	CO ₂	14029,1807		14029,1807
Subtotal		73704,6802	30291,4141	43413,2661
Total		73704,6802	73704,6802	

1. Vaporizer (VP01)

Tabel 3.32 Neraca Massa Vaporizer (VP-01)

No	Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
		8	11	9
1	TiCl ₄	30290,2765	7568,8677	38097,3733
2	H ₂ O	1,1376	0,0876	1,2112
Subtotal		30291,4141	7568,9553	38098,5856
Total		37860,3694		37860,3694

2. Separator Vertikal (SP-02)

Tabel 3.33 Neraca Massa Separator Vertikal (SP-02)

No	Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
		9	10	11
1	TiCl ₄	38097,3733	30290,2765	7568,8677
2	H ₂ O	1,21123	1,1376	0,0876
Subtotal		38098,5856	37860,3694	7568,9553
Total		37860,3694	37860,3694	

1. Reaktor (R-02)

Tabel 3.34 Neraca Massa Reaktor (R-02)

No	Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
		10	12	13
1	TiCl ₄	30290,2765		302,9028
2	TiO ₂			12626,2626
3	Cl ₂			22411,6162
4	O ₂		6121,8243	1071,3193
5	N ₂		20151,0050	20151,0050
6	H ₂ O	1,1376		1,1376
Subtotal		37860,3694	26272,8293	56564,2432
Total		56564,2432		56564,2432

2. Cyclone Separator (CS-01)

Tabel 3.35 Neraca Massa *Cyclone Separator* (CS-01)

No	Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
		13	17	14
1.	TiCl ₄	302,9028	302,9028	
2.	TiO ₂	12626,2626		12626,2626
3.	Cl ₂	22411,6162	22411,6162	
4.	O ₂	1071,3193	1071,3193	
5.	N ₂	20151,005	20151,0050	
6.	H ₂ O	1,1376	1,1376	
Subtotal		56564,2434	43937,9808	12626,2626
Total		56564,2434	56564,2434	

1. Waste Heat Boiler 2 (WHB-02)

Tabel 3.36 Neraca Massa *Waste Heat Boiler 2* (WHB-02)

No	Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
		17	18
1..	TiCl ₄	302,9028	302,9028
2.	O ₂	1071,3193	1071,3193
3.	Cl ₂	22411,61 62	22411,6162
4.	N ₂	20151,00	20151,0050

Tabel 3.36...(lanjutan)

No	Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
		17	18
5.	H_2O	1,1376	1,1376
Subtotal		43937,9808	43753,6865
Total		43937,9808	43937,9808

2. Absorber (AB-01)

Tabel 3.37 Neraca Massa Absorber (AB-01)

No	Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)	
		19	18	21	20	23
1.	$TiCl_4$		302,9028			302,9028
2.	CO_2	14029,1807				14029,1807
3.	Cl_2	1191,4735	22411,6162		23603,0896	
4.	O_2	1678,1317	1071,3193			2749,4509
5.	N_2	26514,4803	20151,0050			46665,4853
6.	H_2O		1,1376	643151,5349	643151,5349	
Subtotal		43413,2661	43937,9808	643151,5349	666754,6246	63747,0196
Total		730502,7818			730502,7818	

3. Stripper (ST-01)

Tabel 3.38 Neraca Massa *Stripper* (ST-01)

No	Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
		20	21	22
1	Cl ₂	23603,0896		23603,0896
2	H ₂ O	643151,5349	643151,5349	
Subtotal		41699,2812	643151,5349	23603,0896
Total		666754,6246	666754,6246	

4. Pneumatic Conveyor (PC-01)

Tabel 3.39 Neraca Massa *Pneumatic Conveyor* (PC-01)

No	Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
		14	16	15
1	TiO ₂	12626,2626		12613,6364
2	H ₂ O			12,6262
3	Udara		840,9091	840,9091

3.39...(lanjutan)

No	Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
		14	16	15
Subtotal		12626,2626	841,751	13468,0135
Total		13468,0135		13468,0135

5. Cyclone Separator (CS-02)

Tabel 3.40 Neraca Massa Cyclone Separator (CS-02)

No	Komponen	Input	Output	
		15	25	24
1	TiO ₂	12613,6364	12613,6364	
2	H ₂ O	12,6262	12,6262	
3	Udara	840,9091		840,9091
Subtotal		13468,0135	12626,2626	840,9091
Total		13468,0135	13468,0135	

3.8.2 Neraca Panas

1. Reaktor (R-01)

Tabel 3.41 Neraca Panas Reaktor (R-01)

No	Komponen	Q_{input} (kJ/jam)	Q_{output} (kJ/jam)
1d	C	6041358,7261	302067,9363
2	O ₂	8604692,2686	1792644,2226
3	N ₂	30056732,0916	30056732,0916
4	CO	-	-
5	FeTiO ₃	21669217,4268	1083460,8713
6	Fe ₂ O ₃	255382,1455	3284847,8339
7	TiO ₂	732756190,2921	732756190,2921
8	CO ₂	-	16314949,9918
9	Cl ₂	129260161,5746	646303,0787
10	TiCl ₄	-	89209106,9918
11	H ₂ O	19511,4049	19511,40489
12	MnO	245664,0378	245664,0378
13	V ₂ O ₃	300,2020	300,2020

Tabel 3.41...(lanjutan)

No	Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput (kJ/jam)
14	P ₂ O ₅	19,9283	19,9283
15	CaO	628,1496	628,1496
16	MgO	63531,5244	63531,5244
17	SiO ₂	1436,7833	1436,7833
18	Al ₂ O ₃	578,8987	578,8987
19	Co ₃ O ₄	19,5297	19,5297
20	ZrO ₂	69,9212	69,9212
21	NB ₂ O ₅	2,4200	2,4200
22	Panas reaksi	-51.523.895.912. 228.8300	
23	Panas <i>furnace</i>	51.523.895.975.180. 100	
Total		875533216,3942	875533216,3942

2. Waste Heat Boiler (WHB-01)

Tabel 3.42 Neraca Panas Waste Heat Boiler (WHB-01)

No	Komponen	Qinput(kJ/jam)	Qoutput (kJ/jam)
1	O ₂	1830585,1027	292457,40648
2	Cl ₂	640465,3412	108189,4091

Tabel 3.42...(lanjutan)

No	Komponen	$Q_{input}(\text{kJ/jam})$	$Q_{output}(\text{kJ/jam})$
3	N ₂	30421328,5192	5126082,3784
4	TiCl ₄	26968974,6560	2947063,9040
5	CO ₂	16944726,4713	2428540,0056
6	H ₂ O	2594,6687	400,6446
7	Qpendingin	561208,1352	525549786,1094
8	Panas penguapan	459082632,9635	-
Total		536452519,8578	536452519,8578

3. Condensor Parsial (CP-01)

Tabel 3.43 Neraca Panas Condensor Parsial (CP-01)

No	Komponen	$Q_{input}(\text{kJ/jam})$	$Q_{output}(\text{kJ/jam})$
1	O ₂	64306,2642	64306,2066
2	Cl ₂	23727,9736	23727,9524
3	N ₂	1137838,8743	1137838,8735
4	TiCl ₄	15907936,3198	522001,7908
5	CO ₂	2436895,3171	378291,0098
6	H ₂ O	3655,9095	53,5183
7	Qpendingin	5437765,6665	27188828,3323
8	Panas pengembunan	4302921,3587	-
Total		29315047,6837	29315047,6837

4. Vaporizer (VP-01)

Tabel 3.44 Neraca Panas Vaporizer (VP-01)

No	Komponen	<i>Qinput</i> (kJ/jam)	<i>Qoutput</i> (kJ/jam)
1	TiCl ₄ (<i>liquid</i>)	16260181,9301	3110092,6362
2	TiCl ₄ (gas)	-	7198441255,7427
3	H ₂ O (<i>liquid</i>)	1272984,0673	201,8975
4	H ₂ O (gas)	-	2533180,8738
5	Qsteam	200120565,3350	61192308,9503
6	Panas penguapan	7047623309	-
Total		7265277040,1004	7265277040,1004

5.Reaktor (R-02)

Tabel 3.45 Neraca Panas Reaktor (R-02)

No	Komponen	<i>Qinput</i> (kJ/jam)	<i>Qoutput</i> (kJ/jam)
1	TiCl ₄	17486284,6556	209292,2665
2	TiO ₂	-	8282,781764
3	Cl ₂	-	10523252,4456
4	O ₂	28197,0132	1004868,8405
5	N ₂	104618,2025	20088129,1762

Tabel 3.45...(lanjutan)

No	Komponen	<i>Qinput</i> (kJ/jam)	<i>Qoutput</i> (kJ/jam)
6	<i>H₂O</i>	5776117,4659	2199,8866
7	Panas reaksi	279651935	-
8.	Panas <i>furnace</i>	-241729139	-
Total		38055611,1316	38055611,1316

6. Waste Heat Boiler (WHB-02)

Tabel 3.46 Neraca Panas Waste Heat Boiler (WHB-02)

No	Komponen	<i>Qinput</i> (kJ/jam)	<i>Qoutput</i> (kJ/jam)
1	TiCl ₄	270042,7949	6115,6185
2	O ₂	1206607,9675	40860,8272
3	Cl ₂	12522263,2995	442718,9279
4	N ₂	24072753,8648	863718,9382
5	<i>H₂O</i>	2675,0023	87,9670
6	Qpendingin	136732,7016	99358833,2413
7	Panas penguapan	62501259,3496	-
Total		100712334,9800	100712334,9800

7. Cooler (CL-01)

Tabel 3.47 Neraca Panas Cooler (CL-01)

No	Komponen	Q_{input} (kJ/jam)	Q_{output} (kJ/jam)
1	O ₂	332413,0408	64456,1100
2	N ₂	6277559,2894	1217241,8118
3	CO ₂	1675164,5876	324820,5686
4	Cl ₂	1487548,2700	288441,0752
5	H ₂ O	278,0776	53,9203
6	TiCl ₄	20212,0579	3919,1923
7	Qpendingin	3954801,6608	11849044,3060
Total		13747976,9841	13747976,9841

8. Absorber (AB-01)

Tabel 3.48 Neraca Panas Absorber (AB-01)

No	Komponen	Q_{input} (kJ/jam)	Q_{output} (kJ/jam)
1	TiCl ₄	19970,586	3677,7204
2	CO ₂	1659713,2327	309369,2137
3	Cl ₂	1480835,3463	15327290,1123
4	O ₂	331412,0968	63455,1660
5	N ₂	6272299,4989	1230860,2514
6	H ₂ O (gas)	277,4100	-

Tabel 3.48...(lanjutan)

No	Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput (kJ/jam)
7	H_2O (liquid)	9827700,8040	1107864726,1327
9	Panas absorpsi	1243152781,6128	-
Total		1262744990.5965	1262744990.5965

9. Heater (HE-01)

Tabel 3.49 Neraca Panas Cooler (CL-02)

No	Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput (kJ/jam)
1	Cl_2	635757,0524	2247025,1351
2	H_2O	60358619,0946	4999426,3215
3	Qpemanas	3690523,1008	11057235,0990
Total		180303686,555	180303686,555

10. Stripper (ST-01)

Tabel 3.50 Neraca Panas Stripper (ST-01)

No	Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput (kJ/jam)
1	Cl_2	1187786,9641	167060495,8203
2	H_2O	3403152,1987	9991111,1890
4	Panas pelepasan	172460667,8465	-
Total		177051607,0093	177051607,0093

11. Reboiler (RB-01)

Tabel 3.51 Neraca Panas *Reboiler* (RB-01)

No	Komponen	<i>Qinput</i> (kJ/jam)	<i>Qoutput</i> (kJ/jam)
1	H_2O	1146134,4817	5673194,3477
2	<i>Qsteam</i>	10337603,1457	4603210717,9016
3	Panas laten	4597415527,2728	-
Total		4619217264,9001	4619217264,9001

12. Cooler (CL-03)

Tabel 3.51 Neraca Panas *Cooler* (CL-03)

No	Komponen	<i>Qinput</i> (kJ/jam)	<i>Qoutput</i> (kJ/jam)
1	H_2O	5687109,8935	4928828,5744
2	<i>Qpendingin</i>	13667601,5701	27316665,3146
Total		32245493,8890	32245493,8890

13. Cooler (CL-04)

Tabel 3.52 Neraca Panas *Cooler* (CL-04)

No	Komponen	<i>Qinput</i> (kJ/jam)	<i>Qoutput</i> (kJ/jam)
1	N_2	6378898,371	1217347,017
2	$TiCl_4$	18465,06298	3523,86698
3	O_2	337843,6004	64473,96955
4	CO_2	1863201,118	355572,7325
5	<i>Qpendingin</i>	166202,7018	10436235,85
Total		32245493,8890	32245493,8890

14. Cooler (CL-05)

Tabel 3.53 Neraca Panas Cooler (CL-5)

NO	Komponen	<i>Qinput</i> (kJ/jam)	<i>Qoutput</i> (kJ/jam)
1	N ₂	238938,1132	84133,1385
2	O ₂	64896,9294	22851,0315
3	Qpendingin	98425,4363	295276,3090
Total		402260,4789	402260,4789

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pabrik titanium dioksida akan didirikan di Pangkal Pinang, Bangka Belitung. Terdapat faktor primer dan sekunder dalam penentuan lokasi pabrik, antara lain:



Gambar 4.1 Lokasi Pendirian Pabrik Titanium Dioksida

4.1.1 Faktor Primer

a. Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku sangat menunjang pada kelancaran proses produksi. Cadangan ilmenit di Indonesia sangat besar, kurang lebih 40.000.000 ton yang sebagian besar berasal dari Provinsi Bangka Belitung.

Bahan baku berupa ilminet (FeTiO_3) akan dibeli dari PT. Irvan Prima Pratama dan gas klorin (Cl_2) akan dibeli dari PT. Asahimas Chemical dengan kapasitas 612.500 ton/tahun. Kokas yang digunakan sebagai agen reduksi akan dibeli dari PT. Asahimas Chemical.

b. Pemasaran

Pemasaran menjadi aspek penting dalam kelangsungan pabrik. Dengan pemasaran yang tepat dapat memberikan keuntungan. Titanium dioksida merupakan bahan yang banyak digunakan dalam industri cat, kosmetik, plastik, kertas dan sebagainya. Produk titanium dioksida direncanakan akan didistribusikan untuk kebutuhan dalam negeri dan akan dilakukan ekspor ke beberapa negara tetangga. Pendirian pabrik ini cukup strategis karena berada di dekat pelabuhan sehingga dapat mengurangi biaya transportasi dari pabrik menuju kapal pengangkut dan pemasaran dapat dilakukan melalui jalur darat atau jalur laut.

c. Utilitas

Utilitas merupakan sarana dalam menunjang proses produksi. Perlu diperhatikan tentang adanya sarana pendukung mengenai ketersediaan air pada sekitar lokasi pabrik. Air yang digunakan pada pabrik titanium dioksida ini menggunakan air sungai yang kemudian akan diolah agar layak untuk digunakan. Pada pabrik titanium dioksida ini memanfaatkan steam yang akan digunakan sebagai pembangkit listrik. Steam diperoleh dari pengolahan proses produksi dikarenakan pada proses pabrik ini menggunakan suhu tinggi.

d. Transportasi

Transportasi yang akan digunakan pada proses produksi dan pendistribusian dipilih yang aman dalam pengangkutan. Sarana transportasi menjadi faktor penting karena berkaitan dengan proses transportasi bahan baku, pengangkutan, dan pengiriman produk. Lokasi pendirian pabrik dekat dengan jalan utama sehingga dapat mempermudah proses distribusi kepada konsumen. Selain itu, lokasi pabrik dipilih pada lokasi yang strategis karena berada pada kawasan industri dan dekat dengan sarana transportasi yang menghubungkan dengan berbagai kota. Diharapkan dengan adanya sarana yang baik dapat memberikan kelancaran pada proses produksi dan pemasaran.

e. Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang berpendidikan dan terampil diperlukan untuk dapat menjalankan proses pada pabrik dengan baik. Dengan pendirian pabrik ini diharapkan dapat mengurangi jumlah pengangguran pada masyarakat.

4.1.2 Faktor Sekunder

a. Perluasan Pabrik

Pada perluasan pabrik perlu diperhatikan untuk mengantisipasi adanya penambahan kapasitas di masa yang akan datang. Oleh karena itu perlu disediakan lahan kosong sebagai antisipasi.

b. Perizinan

Adanya perizinan menjadi faktor penting dalam pendirian pabrik. Pada perizinan suatu industri adalah izin mendirikan bangunan, pajak dan undang-undang daerah setempat antara lain:

- Sistem birokrasi daerah setempat
- Undang-undang atau aturan yang berlaku di daerah setempat
- Pejabat daerah setempat

c. Lingkungan Masyarakat Sekitar

Lingkungan masyarakat sekitar diperkirakan akan mendukung adanya pendirian pabrik titanium dioksida ini karena dapat membuka lapangan pekerjaan dan proses yang dilakukan tidak akan mengganggu kegiatan masyarakat.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak suatu pabrik merupakan pengaturan dan penempatan yang optimal terhadap fasilitas pabrik sehingga dapat menghasilkan kegiatan produksi yang baik. Dalam penempatan tata letak pabrik yang optimal dapat meningkatkan nilai ekonomis dari pemeliharaan. Tata letak pabrik atau disebut juga *plant layout* dapat diartikan sebagai tata cara peraturan fasilitas-fasilitas guna menunjang kelancaran proses produksi. Tujuan dalam pengoptimalan tata letak pabrik adalah untuk memaksimalkan laba bagi perusahaan. Dengan tata letak atau *layout* yang optimal, biaya-biaya seperti penanganan material dan pengangkutan dapat ditekan seminimal mungkin. Hal yang perlu diperhatikan dalam tata letak pabrik yaitu

pemanfaatan area dalam penempatan mesin atau fasilitas lainya yang berkaitan dengan produksi. Tata letak pabrik yang terencana dengan baik akan sangat berpengaruh terhadap kelancaran kerja pabrik tersebut.

4.2.1 Perkantoran/Administrasi

Daerah perkantoran/administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi pada pabrik. Perkantoran biasanya berada pada bagian depan daerah paik.

4.2.2 Proses

Daerah proses merupakan daerah tempat berlangsungnya operasional produksi. Daerah ini biasanya diletakkan di lokasi yang mudah di akses oleh alat transportasi agar memudahkan dalam suplai bahan baku dan pengiriman produk ke tempat penyimpanan. Selain itu dengan lokasi yang strategis akan memudahkan pengawasan dan perbaikan terhadap alat -alat yang ada di daerah proses. Pada daerah proses terdapat ruang kontrol yang akan mengontrol jalannya suatu proses.

4.2.3 Instalasi dan Utilitas

Daerah ini merupakan lokasi untuk menyediakan keperluan yang menunjang jalannya proses, seperti penyediaan air, penyediaan listrik dan penyediaan bahan bakar.

4.2.4 Fasilitas Umum

Daerah ini merupakan fasilitas yang dapat digunakan oleh karyawan pabrik seperti perumahan, kantin, tempat ibadah, dan sebagainya.

4.2.5 Keamanan

Keamanan menjadi hal yang sangat penting dalam perancangan pabrik. Dalam pabrik ini akan dilengkapi dengan peralatan keamanan seperti hidran, penahan ledakan dan asuransi. Pada keamanan lokasi sekitar pabrik akan diletakan pos keamanan dapat pada pintu masuk dan pintu keluar. Pos keamanan ini diperlukan agar keamanan pabrik dapat terjaga

4.2.6 Pengolahan Limbah

Limbah merupakan aspek yang harus diperhatikan agar tidak mencemari lingkungan. Untuk limbah produksi akan dilakukan proses pengujian dan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan. Apabila limbah sudah memenuhi kriteria yang tidak mencemari lingkungan maka limbah dapat dibuang ke lingkungan.

4.2.7 Perluasan

Pada area ini ditujukan untuk persiapan apabila akan terjadi perluasan pada pabrik. Perluasan ini dilakukan untuk meningkatkan kapasitas produksi. Oleh karena itu penting untuk disiapkan lahan kosong. Perincian luas tanah yang digunakan sebagai tempat berdirinya pabrik dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah

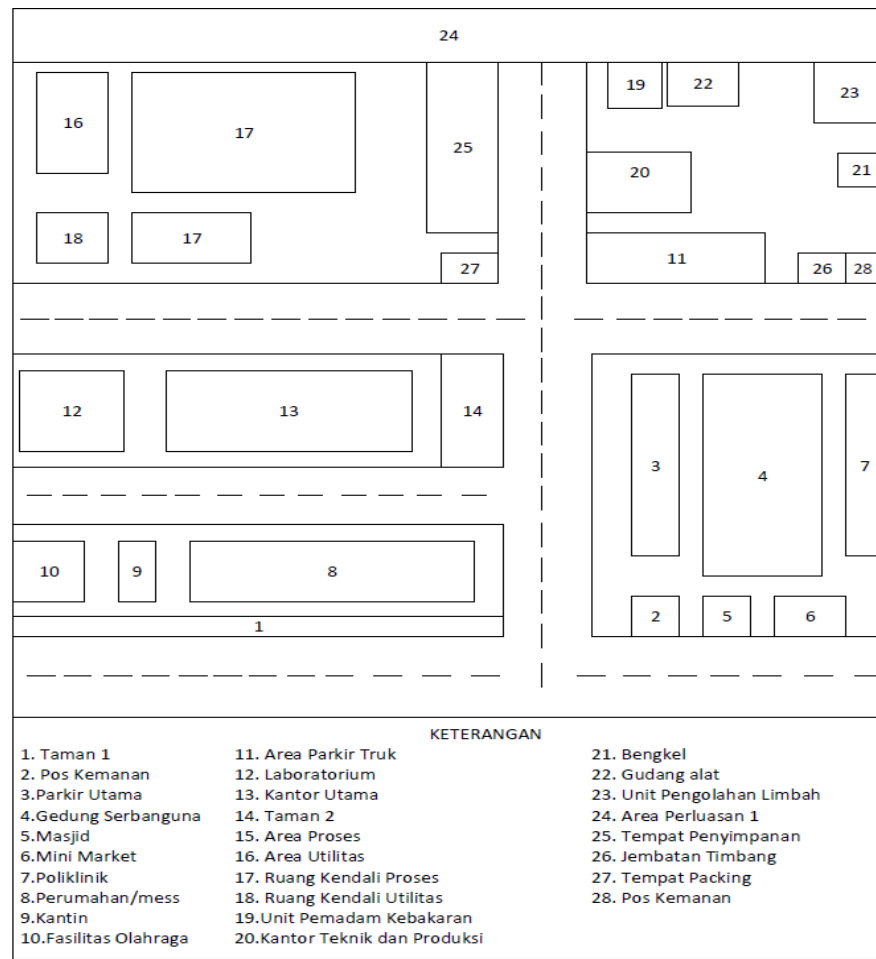
No.	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Taman 1	18	9	162
2	Pos Keamanan 1	15	20	300

Tabel 4.1...(lanjutan)

No.	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
3	Parkir utama	20	40	800
4	Gedung serbaguna	45	20	900
5	Mesjid	30	20	600
6	Minimarket	10	7	70
7	Poliklinik	15	10	150
8	Perumahan	60	20	1200
9	Kantin	15	7	105
10	Fasilitas olahraga	15	9	135
11	Area parkir truk	10	14	140
12	Laboratorium	10	15	150
13	Kantor utama	60	15	900
14	Taman 2	10	5	50
15	Area proses	180	58	10440
16	Area utilitas	60	40	2400
17	Ruang kendali proses	10	15	150
18	Ruang kendali utilitas	10	7	70
19	Unit pemadam kebakaran	10	5	50
20	Kantor teknik dan produksi	25	10	250

Tabel 4.1...(lanjutan)

No.	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
21	Bengkel	9	7	63
22	Gudang alat	8	5	40
23	Unit pengolahan limbah	20	15	300
24	Area perluasan 1	100	30	3000
25	Area perluasan 2	90	15	1350
26	Tempat penyimpanan	10	5	50
27	Jembatan timbang	3	5	15
28	Tempat packing	15	8	120
29	Pos keamanan 2	5	5	25
30	Jalan	50	70	3500
Luas tanah		938	511	479318
Luas bangunan				19635
Total				498953



Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout) 1:1000

4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (*Machines Layout*)

Tata letak mesin/alat yang optimal dapat menjadikan kegiatan operasional yang efisien. Selain itu dari segi ekonomi akan lebih menguntungkan. Dalam tata letak mesin/alat ada hal-hal yang harus diperhatikan, yaitu sebagai berikut:

4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk

Aliran bahan baku dan produk yang tepat dapat meminimalisir biaya serta dapat meningkatkan kelancaran produksi. Selain itu tata letak peralatan proses yang baik sangat berpengaruh terhadap keamanan produksi.

4.3.2 Aliran Udara

Sirkulasi udara di dalam dan sekitar produksi harus diperhatikan. Sirkulasi udara yang lancar diperlukan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat yang berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan karyawan.

4.3.3 Pencahayaan

Pencahayaan pada daerah pabrik harus dipastikan memadai dengan standar pabrik, terutama pada malam hari. Selain itu pada daerah seperti daerah proses yang memiliki potensi bahaya yang tinggi dapat diberikan penerangan tambahan. Pencahayaan yang memadai dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan dalam pabrik.

4.3.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

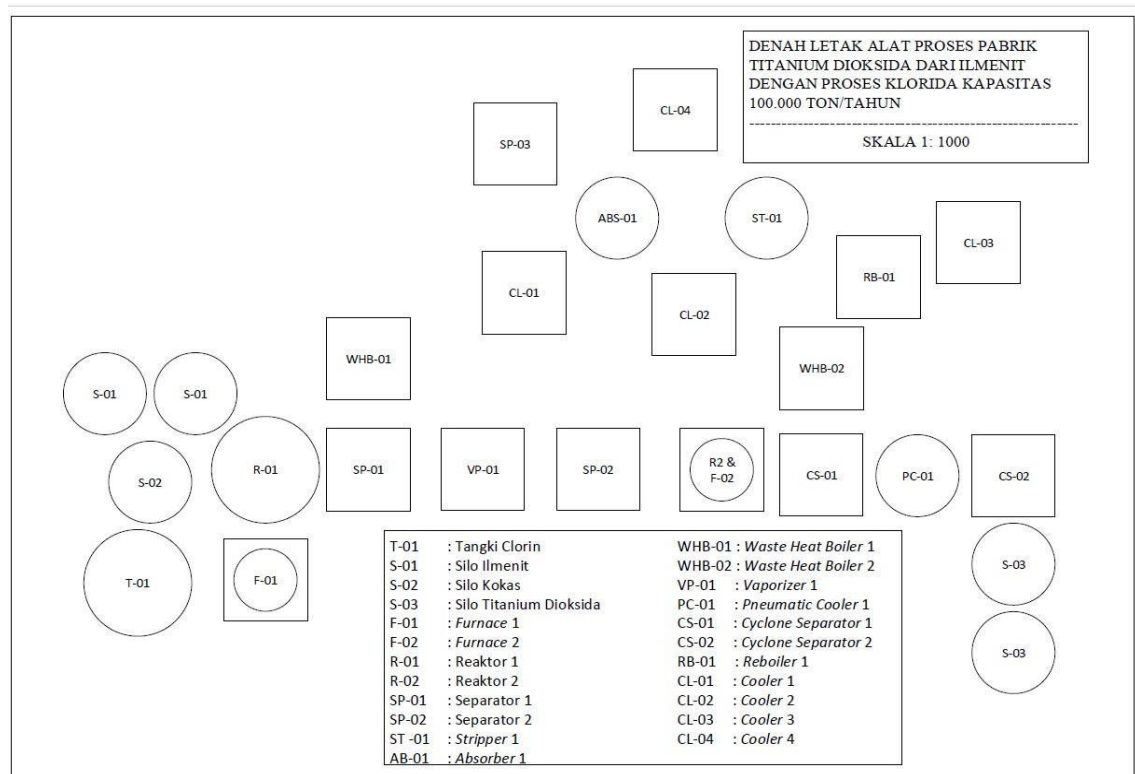
Penempatan setiap alat diusahakan agar dapat memberikan keleluasaan bergerak pada para pekerja dalam melaksanakan aktivitas produksi. Selain itu, alat alat tersebut hendaknya diletakkan pada posisi yang tepat dan cukup mudah untuk dijangkau dan terdapat ruang antara di sekitar peralatan untuk memudahkan pekerjaan operator.

4.3.5 Jarak Antar Alat Proses

Jarak antar alat proses terutama pada alat-alat yang beroperasi pada suhu tinggi. Untuk alat proses yang bekerja dengan suhu tinggi ditempatkan terpisah dari alat proses lainnya agar jika terjadi ledakan atau kebakaran tidak langsung membahayakan alat yang lain. Setiap alat harus ditempatkan dengan lokasi yang cukup agar mempermudah dalam pengawasan dan pengecekan alat-alat tersebut.

4.3.6 Pertimbangan Ekonomi

Penyusunan tata letak alat proses yang optimum diharapkan dapat meminimalisir pengeluaran biaya operasi dan dapat menguntungkan secara ekonomi, namun tetap harus mengutamakan aspek keamanan dan keselamatan pekerja. Biaya produksi dapat diminimalisasi dengan cara menempatkan peralatan sedemikian rupa sehingga alat transportasi yang digunakan lebih efisien.



Gambar 4.3 Tata Letak Mesin

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan pada pabrik titanium dioksida yang sedang pada prarancangan ini adalah Perseroan Terbatas (PT). PT merupakan satu jenis badan usaha yang dilindungi oleh hukum dengan modal yang terdiri dari saham. Setiap pemilik saham mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham merupakan surat berharga yang dikeluarkan dari perusahaan atau PT tersebut dan orang yang

memiliki saham berarti telah menanamkan modal ke perusahaan, berarti ikut memiliki perusahaan. Dalam PT pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham. Adapun alasan pemilihan Perseroan Terbatas sebagai bentuk perusahaan ini adalah:

1. Terlindungi oleh undang-undang
2. Mudah mendapatkan modal melalui penjualan surat berharga perusahaan (saham)
3. Lapangan usaha lebih luas

4.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi disebut juga sebagai gambaran dari pembagian wewenang dan tanggung jawab serta hubungan vertikal dan horizontal suatu organisasi dalam melaksanakan aktivitasnya. (Nurlia, N. 2019). Struktur organisasi perusahaan menjadi garis hirarki atau bertingkat yang mendeskripsikan komponen-komponen yang menyusun perusahaan. Setiap sumber daya manusia (SDM) yang berada pada lingkup perusahaan tersebut memiliki posisi dan fungsinya masing-masing. Fungsi struktur organisasi yaitu:

- a. Menjelaskan kedudukan setiap individu
- b. Menjelaskan hubungan dalam hierarki
- c. Menjelaskan uraian tugas setiap individu
- d. Menjelaskan tanggung jawab setiap individu
- e. Mengurangi konflik internal di dalam perusahaan
- f. Meningkatkan motivasi kerja dengan adanya jenjang karir yang jelas
- g. Membantu mencapai target perusahaan

Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan dibagi menjadi:

- a. Pemegang saham
- b. Direksi
- c. Kepala bagian
- d. Kepala seksi
- e. Karyawan

4.4.3 Tugas dan Wewenang

A. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah seseorang yang telah membeli saham atau telah mengambil bagian kepemilikan perusahaan. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk PT (Perseroan Terbatas) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut, para pemegang saham berwenang:

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

B. Dewan Direksi

Direksi merupakan sebagai sekelompok individu atau pimpinan perusahaan yang dipilih oleh para pemegang saham dan badan pengatur melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) untuk mewakili kepentingan mereka dalam mengelola perusahaan. Dewan direksi dipimpin oleh direktur utama. Tugas dari Dewan Direksi, antara lain:

1. Menentukan garis besar kebijaksanaan perusahaan
2. Melaksanakan pembinaan dan pengawasan terhadap seluruh kegiatan dan pelaksanaan tugas Direktur.
3. Meminta laporan pertanggungjawaban Direktur secara berkala.
4. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham

C. Direktur Utama

Direktur utama disebut juga dengan presiden direktur yang mempunyai jabatan tertinggi dalam sebuah perusahaan, yang secara keseluruhan bertanggung jawab sepenuhnya. Tugas dan wewenang Direktur Utama adalah:

1. Menyusun dan menerapkan visi, misi, serta menentukan arah perusahaan
2. Melaksanakan kebijakan perusahaan dan mempertanggung jawabkan pekerjaannya secara berkala atau pada masa akhir pekerjaannya pada pemegang saham.
3. Melakukan evaluasi perusahaan.
4. Mewakili perusahaan dalam mengadakan hubungan maupun perjanjian-perjanjinan dengan pihak ketiga
5. Mengkoordinir masing masing kepala bagian

D. Kepala Bagian

Kepala bagian bertanggung jawab kepada direktur utama. Secara garis besar tugas kepala bagian adalah mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan

pekerjaan dalam lingkungan sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian terdiri dari:

a. Kepala Bagian Produksi

Tugas : Bertanggung jawab kepada direktur produksi dan teknik serta Menjalankan tindakan serta mengkoordinir kepala-kepalaseksi yang menjadi bawahannya. Kepala bagian produksi membawahi kepala seksi produksi dan kepala seksi *control room*.

b. Kepala Bagian Teknik

Tugas : Bertanggung jawab kepada direktur produksi dan teknik dalam bidang utilitas dan pemeliharaan serta mengkoordinasi kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya. Kepala bagian teknik membawahi kepala seksi utilitas dan pemeliharaan.

c. Kepala Bagian R & D

Tugas : Bertanggung jawab kepada direktur produksi dan teknik atas segala riset dan pengembangan di perusahaan, dan memastikan kualitas produk sesuai dengan standar dan aturan yang berlaku di perusahaan. Kepala bagian r&d membawahi kepala seksi laboratorium dan kasek penelitian dan pengembangan.

d. Kepala Bagian Keuangan

Tugas : Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan pemasaran dalam bidang keuangan dan administrasi, serta mencatat, menghitung dan membukukan aliran dana yang masuk dan keluar. Kepala bagian keuangan membawahi kepala seksi keuangan.

e. Kepala Bagian Pemasaran

Tugas : Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan pemasaran dalam bidang keuangan dalam bidang pemasaran hasil produksi. Kepala bagian pemasaran membawahi kepala seksi pemasaran.

f. Kepala Bagian Umum

Tugas : Bertanggung jawab kepada direktur sumber daya manusia dan umum serta mengatur segala hal berkaitan dengan kegiatan penunjang pabrik seperti kebersihan, keamanan. Kepala bagian umum membawahi kepala seksi pemasaran.

g. Kepala Bagian SDM

Tugas : Bertanggung jawab kepada direktur sumber daya manusia dan umum serta mengevaluasi, memonitor, serta mengembangkan sumber daya manusia di lembaga. Kepala bagian SDM membawahi kepala seksi personalia dan humas.

E. Kepala Seksi

Kepala seksi bertanggung jawab kepada kepala bagian masing-masing atas tugas yang diberikan. Secara umum kepala seksi bertugas dalam mengawasi, mengkoordinir dan mengatur pelaksanaan pekerjaan yang menjadi bawahannya.

4.4.4 Pembagian Jam Kerja

Pabrik titanium dioksida ini akan direncanakan akan beroperasi selama 330 hari selama satu tahun 24 jam. Sisa hari digunakan untuk perbaikan, perawatan dan

shutdown. Jam kerja karyawan dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu karyawan *shift* dan *non-shif*. Ketentuan waktu kerja karyawan diatur dalam UU Ketenagakerjaan pasal 77 yang berisikan waktu kerja di Indonesia diatur menjadi dua, yaitu 7 jam sehari dan 40 jam seminggu untuk 6 hari kerja atau 8 jam sehari dan 40 jam seminggu untuk 5 hari kerja.

1. Karyawan *non-Shift*

Karyawan *non-shift* adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Karyawan *non-shift* meliputi direktur, staff ahli, kepala bagian, kepala seksi beserta karyawan yang berada di kantor. Dalam satu minggu karyawan *non-shift* bekerja selama 5 hari dengan pembagian jam kerja sebagai berikut:

a. Jam kerja:

Senin-Jumat : 7.30-16.30

b. Jam istirahat:

Senin-Kamis : 12.00-13.00

Jumat : 11.30-13.30

2. Karyawan *shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang secara langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian tertentu dari pabrik yang berhubungan dengan keamanan dan kelancaran produksi. Karyawan *shift* meliputi operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian utilitas, dan bagian-bagian yang harus selalu siaga untuk menjaga keselamatan serta keamanan pabrik. Karyawan *shift* bekerja selama 24 jam secara bergantian, dengan pembagian *shift* sebagai berikut:

a. *Shift* pagi : 07.30-15.30

b. *Shift* sore : 15.30-23.30

c. *Shift* malam : 23.00-07.30

Karyawan *shift* ini dibagi menjadi 4 kelompok (I/II/III/IV) diaman dalam satu hari kerja, hanya terdapat 3 kelompok yang bekerja dan 1 kelompok libur sesuai dengan jadwal yang disediakan. Pada hari libur maupun hari besar yang ditetapkan pemerintah, kelompok yang bertugas tetap bekerja. Kerja lembur dapat terjadi jika terdapat keperluan yang mendesak dan ats persetujuan kepala bagian.

Berikut jadwal kerja karyawan *shift*:

Tabel 4.2 Jadwal kerja karyawan *shift*

Waktu	Shift	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Minggu Pertama	Pagi	II	I	II	II	IV	I	II
	Siang	I	III	I	IV	I	IV	I
	Malam	IV	IV	III	II	II	III	III
	Libur	III	II	IV	I	III	II	IV
Waktu	Shift	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Minggu Ke dua	Pagi	IV	III	I	IV	IV	II	IV
	Siang	III	II	II	I	III	I	III
Minggu Ke dua	Malam	II	IV	II	II	I	III	I
	Libur	I	I	IV	III	II	IV	II

4.4.5 Penggolongan Karyawan, Jumlah dan Tingkat Pendidikan

Terdapat dua jenis karyawan berdasarkan jenis kontrak kerja nya, yaitu:

- a. Karyawan Pra-Kontrak merupakan karyawan baru yang akan mengalami masa percobaan kerja selama 6 bulan. Setelah 6 bulan, kinerja karyawan akan dievaluasi untuk kemudian diambil keputusan mengenai pengangkatan menjadi karyawan tetap.
- b. Karyawan Tetap merupakan karyawan yang telah memiliki kontrak kerja secara tertulis dengan perusahaan.

Baik karyawan pra-kontrak maupun karyawan tetap memiliki hak serta kewajiban yang sama. Hak karyawan meliputi masalah gaji, tunjangan, serta cuti karyawan. SDM pada pabrik titanium dioksida ini perlu diperhatikan. Jenjang pendidikan yang diperlukan dalam pabrik ini dipilih berdasarkan kemampuan pengetahuan ilmu serta kemampuan bekerja, adapun rinciannya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.3 Penggolongan Karyawan, Jumlah dan Tingkat Pendidikan

No	Jabatan	Kualifikasi	Jumlah
1.	Direktur Utama	S2	1
2.	Direktur Produksi dan Teknik	S2	1
3.	Direktur Kuangangan dan Pemasaran	S2	1
4.	Kepala Bagian Produksi	S2	1

Tabel 4.2...(lanjutan)

No	Jabatan	Kualifikasi	Jumlah
5	Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	S1	1
6.	Kepala Bagian Teknik	S1	1
7.	Kepala Bagian R&D	S1	1
8.	Kepala Bagian Keuangan	S1	1
9.	Kepala Bagian Pemasaran	S1	1
10.	Kepala Bagian Umum	S1	1
11.	Kepala Bagian SDM	S1	1
12.	Sekretaris	S1	1
13.	Staff Ahli	S1	5
14.	Kepala Seksi Produksi	S1	1
15.	Kepala Seksi Laboratorium	S1	1
16.	Kepala Seksi Utilitas dan Pemeliharaan	S1	1
17.	Kepala Seksi Keuangan	S1	1

Tabel 4.2...(lanjutan)

No	Jabatan	Kualifikasi	Jumlah
18.	Kepala Seksi Pemasaran	S1	1
19.	Kepala Seksi Keamanan	S1	1
20.	Kepala Seksi Personalia dan Humas	S1	1
21.	Kepala Seksi <i>Control Room</i>	S1	1
22.	Kepala Seksi Penelitian dan pengembangan	S1	1
23.	Karyawan Pengendalian <i>Shift</i>	S1/D3/D4	3
24.	Karyawan Laboratorium <i>Shift</i>	S1/D3/D4	12
25.	Karyawan Laboratorium <i>Non-Shift</i>	S1/D3/D4	2
26.	Karyawan Keselamatan Kerja dan Lingkungan <i>Shift</i>	S1/D3/D4	8
27.	Karyawan Keselamatan Kerja dan Lingkungan <i>Non-Shift</i>	S1/D3/D4	2
28.	Karyawan Pemeliharaan <i>Shift</i>	S1/D3/D4	12

Tabel 4.2...(lanjutan)

No	Jabatan	Kualifikasi	Jumlah
29.	Karyawan Pemeliharaan <i>Non-Shift</i>	S1/D3/D4	2
30.	Karyawan Utilitas <i>Shift</i>	S1/D3/D4	12
31.	Karyawan Utilitas <i>Non-Shift</i>	S1/D3/D4	2
32.	Karyawan Proses <i>Shift</i>	S1/D3/D4	12
33.	Karyawan Proses <i>Non-shift</i>	S1/D3/D4	2
34.	Karyawan Administrasi	S1/D3/D4	3
35.	Karyawan Akuntansi	S1	3
36.	Karyawan Personalia	S1	2
37.	Karyawan Pembelian	S1/D3/D4	3
38.	Karyawan Pemasaran	S1/D3/D4	3
39.	Operator Utilitas	S1	2
40.	Karyawan Hubungan Masyarakat	S1	3
41.	Operator Proses	S1	2

Tabel 4.2...(lanjutan)

No	Jabatan	Kualifikasi	Jumlah
42.	Dokter	S1	2
43.	Paramedis	S1/D3/D4	2
44.	<i>Office Boy</i>	SLTA	4
45.	Satpam	SLTA	8
46.	Supir	SLTA	4
47.	Karyawan Dapur	SLTA	4
Jumlah			139

4.4.6 Sistem Gaji Karyawan

Penetapan sistem penggajian disesuaikan dengan tingkat jabatan dalam struktur organisasi perusahaan. Selain jabatan gaji pokok karyawan diatur berdasarkan keahlian, masa kerja dan prestasi kerja. Rincian gaji setiap karyawan sebagai berikut:

a. Gaji bulanan

Gaji bulanan diberikan kepada karyawan tetap yang besarnya telah ditetapkan pada tabel 4.3.

b. Gaji lembur

Gaji lembur diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerjanya serta telah ditetapkan dan besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.

c. Gaji harian

Gaji harian diberikan kepada karyawan tidak tetap dengan besarnya tergantung jumlah dan jam kerja.

Tabel 4.4 Sistem Gaji Karyawan

No	Jabatan	Gaji/Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
1.	Direktur Utama	65.000.000	65.000.000
2.	Direktur Produksi dan Teknik	55.000.000	55.000.000
3.	Direktur Keuangan dan Pemasaran	55.000.000	55.000.000
4.	Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	55.000.000	55.000.000
5.	Kepala Bagian Produksi	24.000.000	24.000.000
6.	Kepala Bagian Teknik	24.000.000	24.000.000
7.	Kepala Bagian R&D	24.000.000	24.000.000
8.	Kepala Bagian Keuangan	24.000.000	24.000.000

Tabel 4.4...(lanjutan)

No	Jabatan	Gaji/Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
9.	Kepala Bagian Pemasaran	24.000.000	24.000.000
10.	Kepala Bagian Umum	24.000.000	24.000.000
11.	Kepala Bagian SDM	24.000.000	24.000.000
12.	Sekretaris	8.000.000	8.000.000
13.	Staff Ahli	25.000.000	25.000.000
14.	Kepala Seksi Produksi	13.500.000	13.500.000
15.	Kepala Seksi Laboratorium	13.500.000	13.500.000
16.	Kepala Seksi Utilitas dan Pemeliharaan	13.500.000	13.500.000
17.	Kepala Seksi Keuangan	13.500.000	13.500.000
18.	Kepala Seksi Pemasaran	13.500.000	13.500.000
19.	Kepala Seksi Keamanan	13.500.000	13.500.000
20.	Kepala Seksi Personalia dan Humas	13.500.000	13.500.000

Tabel 4.4...(lanjutan)

No	Jabatan	Gaji/Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
21.	Kepala Seksi <i>Control Room</i>	13.500.000	13.500.000
22.	Kepala Seksi Penelitian dan pengembangan	13.500.000	13.500.000
23.	Karyawan Pengendalian <i>Shift</i>	7.000.000	7.000.000
24.	Karyawan Laboratorium <i>Shift</i>	7.000.000	7.000.000
25.	Karyawan Laboratorium <i>Non-shift</i>	8.000.000	8.000.000
26.	Karyawan Keselamatan Kerja dan Lingkungan <i>Shift</i>	8.000.000	8.000.000
27.	Karyawan Keselamatan Kerja dan Lingkungan <i>Non-shift</i>	8.000.000	8.000.000
28.	Karyawan Pemeliharaan <i>Shift</i>	7.000.000	7.000.000
29.	Karyawan Pemeliharaan <i>non-shift</i>	8.000.000	8.000.000
30.	Karyawan Utilitas <i>Shift</i>	7.000.000	7.000.000

Tabel 4.4...(lanjutan)

No	Jabatan	Gaji/Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
31.	Karyawan Utilitas <i>Non-shift</i>	8.000.000	8.000.000
32.	Karyawan Proses <i>Shift</i>	7.000.000	7.000.000
33.	Karyawan Proses <i>Non-Shift</i>	8.000.000	8.000.000
34.	Karyawan Administrasi	7.000.000	7.000.000
35.	Karyawan Akuntansi	7.000.000	7.000.000
36.	Karyawan Personalia	7.000.000	7.000.000
37.	Karyawan Pembelian	7.000.000	7.000.000
38.	Karyawan Pemasaran	7.000.000	7.000.000
39.	Karyawan Hubungan Masyarakat	7.000.000	7.000.000
40.	Operator Utilitas	7.000.000	7.000.000
41.	Operator Proses	7.000.000	7.000.000
42.	Dokter	13.000.000	13.000.000
43.	Paramedis	9.000.000	9.000.000
44.	<i>Office Boy</i>	5.000.000	5.000.000

Tabel 4.3...(lanjutan)

No	Jabatan	Gaji/Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
45.	Satpam	6.000.000	6.000.000
46.	Supir	6.000.000	6.000.000
47.	Karyawan Dapur	3.500.000	3.500.000
Jumlah		732.000.000	1.439.500.000

4.4.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Selain gaji pokok, setiap karyawan mendapat tunjangan dan fasilitas yang akan diberikan oleh perusahaan antara lain :

a. Fasilitas Kesehatan

Setiap karyawan akan memiliki fasilitas kesehatan apabila mengalami kecelakaan ataupun sakit maka perusahaan akan mengganti seluruh biaya perawatan. Jenis program sosial meliputi :

- Jaminan Kesehatan
- Jaminan kecelakaan kerja
- Jaminan hati tua
- Jaminan pensiun dan kematian

b. Fasilitas Asuransi

Biaya pengobatan bagi karyawan yang diakibatkan oleh kerja ditanggung oleh perusahaan sesuai dengan undang-undang yang berlaku. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit tidak disebabkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan (Mas'ud, 1989).

c. Fasilitas Cuti

Cuti akan diberikan sesuai dengan jenis kepentingan sebagai berikut :

- Cuti tahunan

Cuti akan diberikan sebanyak 12 hari dalam 1 tahun.

- Cuti hamil

Cuti diberikan kepada wanita yang sedang hamil yaitu 3 bulan dengan ketantuan 1,5 bulan sebelum melahirkan dan 1,5 bulan setelah melahirkan.

- Cuti Sakit

Cuti sakit diberikan kepada karyawan dengan syarat menunjukkan surat keterangan sakit.

Selain itu pada hari libur nasional, karyawan non shift akan libur namun karyawan shift yang memiliki jadwal kerja pada hari tersebut tidak libur melainkan jam kerjanya akan dihitung sebagai jam kerja lembur.

d. Fasilitas Kantin

Kantin yang disediakan sepenuhnya ditanggung perusahaan untuk memenuhi kebutuhan makanan dan minuman karyawan.

e. Fasilitas Transportasi

Perusahaan akan menyediakan fasilitas antar jemput karyawan agar bisa menerapkan kedisiplinan jam kerja

f. Fasilitas Peribadatan

Terdapat tempat ibadah yang telah disediakan dalam perusahaan berupa masjid sehingga karyawan yang beragama islam dapat melaksanakan kewajiban rohani dan aktivitas keagamaannya.

g. Fasilitas Tunjangan Lainnya

1. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang telah bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja dan aturan perusahaan.
2. Tunjangan Hari Raya (THR) bagi semua karyawan
3. Dan lain-lain.

4.4.8 Kesehatan Kerja

Definisi sehat menurut “*World Health Organization*” (WHO) adalah keadaan yang sempurna baik fisik, mental maupun sosial, tidak hanya terbebas dari penyakit atau kelemahan/cacat. Kesehatan kerja adalah upaya mempertahankan dan meningkatkan derajat, kesehatan fisik, mental dan kesejahteraan sosial semua pekerja yang setinggi-tingginya, mencegah gangguan kesehatan yang disebabkan oleh kondisi pekerjaan dan melindungi pekerja dari faktor resiko pekerjaan yang merugikan kesehatan. Jenis pelayanan kesehatan di perusahaan meliputi:

- a. Pemeriksaan kesehatan karyawan baru sebelum bekerja
- b. Pemeriksaan kesehatan secara berkala setahun sekali

- c. Pelayanan dan training kesehatan untuk setiap karyawan tetap

4.4.9 Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja merupakan faktor yang sangat diperhatikan pada industri. Kondisi kerja dapat dikontrol untuk mengurangi bahkan menghilangkan peluang terjadinya kecelakaan di tempat kerja. Oleh karena itu diperlukan adanya staf ahli kesehatan dan keselamatan kerja (K3) yang berfungsi untuk memberikan pelatihan kepada seluruh karyawan, terutama karyawan yang berada di area produksi. Keselamatan kerja yang digunakan untuk menjaga keselamatan kerja karyawan perusahaan dengan diberikan peralatan *safety* berupa *safety helmet*, *masker*, *googles*, *gloves*, *safety shoes*, dan lainnya. Perhatian pada keselamatan kerja bertujuan untuk :

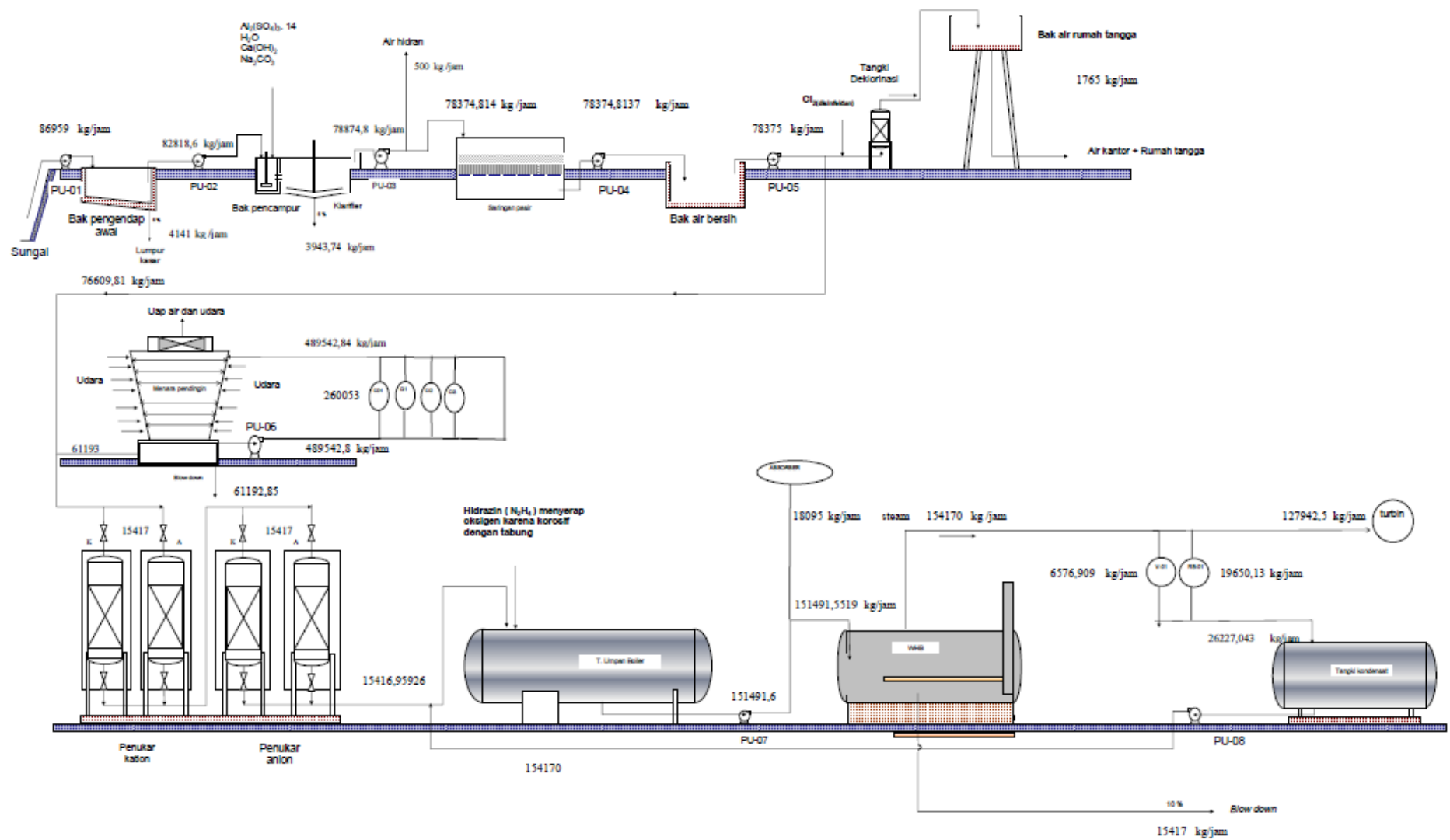
- a. Mengontrol semua resiko dan potensi kecelakaan yang menghasilkan kecelakaan dan kerusakan
- b. Mencegah kecelakaan
- c. Menghindari kerugian harta benda dan nyawa
- d. Mengurangi kerugian bagi perusahaan

BAB V

UTILITAS

Utilitas adalah sekumpulan unit-unit atau bagian dari sebuah pabrik kimia yang memiliki fungsi untuk memenuhi kebutuhan penunjang demi kelancaran jalannya proses produksi. Unit utilitas pada pabrik titanium dioksida meliputi:

1. Unit penyediaan air, unit pengolahan air
2. Unit pembangkit steam, unit pembangkit listrik
3. Unit penyedia udara tekan, unit penyedia bahan bakar
4. Unit pengelolaan limbah.



Gambar 5. 1 Unit Utilitas

Keterangan:

-PU01-08	: Pompa Utilitas
- BP-01	: Bak Pengendapan Awal
- BPC-01	: Bak Pencampuran Cepat
- KL-01	: Klarifer
- SF-01	: Saringan Pasir
-BAB-01	: Bak Air Bersih
-BAM-01	: Bak Air Minum
-CT-01	: Menara Pendingin
- TA-01	: Tangk Anion
-TK-01	: Tangki Kation
-TNaCl-01	: Tangki NaCl
-TnaOH-01	: Tangki NaOH
-TBFW	: Tangki Umpan Boiler
-TBFW-01	: Tangki Umpan Boiler
-Tkondensat-01	: Tangki Kondensat

5.1 Unit Penyediaan Air

Air adalah salah satu bahan baku maupun bahan penunjang yang dibutuhkan dalam proses produksi. Unit ini bertugas dalam menyediakan dan mengelola air bersih agar dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik. Umumnya air diperoleh dari air sungai, air sumur, air danau, dan air laut. Dalam pabrik titanium dioksida, air yang digunakan berasal dari Sungai Batusura, Bangka Belitung. Penggunaan air sungai dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Letak sungai tidak jauh dari pabrik.
- b. Air sungai dapat diperoleh dengan jumlah yang besar dan biaya lebih murah.
- c. Pengolahan air sungai lebih mudah dibandingkan air laut.

Pada pabrik titanium dioksida ini beberapa kebutuhan air sebagai berikut:

a. Air Domestik (*Domestic Water*)

Air domestik adalah air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan seperti air minum, toilet, perumahan dan sebagainya. Air domestik yang digunakan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Air jernih
- Tidak berbau
- Tidak beracun
- Tidak berasa
- Tidak mengandung zat anorganik dan organik

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik

Penggunaan	Jumlah, kg/jam
Kantor	695
Mesh	375
Jumlah	1765

b. Air Layanan Umum (*Service Water*)

Air layanan umum adalah air yang digunakan dalam memenuhi kebutuhan layanan umum seperti bengkel, kantin, laboratorium, masjid dan lain-lain. Kriteria air layanan umum sama dengan *domestic water*. Air hydrant adalah air yang digunakan untuk pemadam kebakaran. Total perkiraan kebutuhan air untuk layanan umum adalah 1765 kg/jam.

c. Air Pendingin

Air adalah air yang digunakan untuk pendinginan pada proses produksi, seperti pendinginan peralatan. Terdapat syarat dalam penggunaan air pendingin, ataralain:

- Air pendingin harus dalam keadaan bersih
- Air pendingin diperoleh dengan mudah dalam jumlah besar
- Keasaman air (ph) kurang lebih 7
- Tidak mengandung mineral

Adapaun beberapa syarat kandungan zat yang tidak boleh ada dalam air pendingin, yaitu:

- Besi, karena dapat menyebabkan korosi
- Silika, karena dapat menyebabkan kerak

Kebutuhan air pendingin pada pabrik titanium dioksida dengan *over design* sebesar 20% maka kebutuhan air pendingin 363.417,92 kg/jam Tabel

5.2 Kebutuhan Air Pendingin

No	Alat	Kode	Kebutuhan Air(Kg/jam)
1	Kondensor	CP-01	260.053,3782
2	Cooler	CI-01	1885.580,127
4	Cooler	CI-02	36.206,8732
5	Cooler	CI-03	4702,4349
Total			302.848,27

d. Air Proses

Air proses merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada area produksi. Air proses yang digunakan harus memenuhi persyaratan yaitu:

- Tidak berbau dan berasa
- Air jernih
- Tidak mengandung zat organik dan anorganik

Tabel 5.3 Kebutuhan Air Proses

No	Alat	Kode	Kebutuhan Air(Kg/Jam)
1	Absorber	AB-01	18095

e. Total Kebutuhan Air

Tabel 5.4 Kebutuhan Air

No	Keperluan	Jumlah (Kg/Jam)
1	Domestic Water	1854
2	Service Water	1765
3	Cooling Water	302.848,27
4	Process Water	18095

Tabel 5.4...(lanjutan)

No	Keperluan	Jumlah (Kg/Jam)
Total		325.562,27

5.1.1 Unit Pengolahan Air

Pada unit pengolahan air dimaksudkan untuk menghasilkan air yang dapat digunakan untuk menunjang proses maupun kebutuhan-kebutuhan lainnya di seluruh area pabrik. Pada proses ini air laut akan diolah dengan beberapa tahapan antara lain:

a. Penghisapan

Penghisapan merupakan tahap pertama dalam pengolahan air. Penghisapan dilakukan dengan mengambil air sungai menggunakan pompa. Kemudian air akan dialirkan menuju penyaringan (*screening*).

b. Penyaringan

Penyaringan adalah proses memisahkan kotoran yang berukuran besar tanpa menggunakan bahan kimia sementara untuk kotoran yang berukuran lebih kecil akan dipisahkan pada tahapan selanjutnya.

c. Pengendapan

Pada proses pengendapan ini memanfaatkan gaya gravitasi. Kotoran-kotoran yang tidak tersaring pada proses penyaringan seperti lumpur atau pasir akan mengendap pada bagian bawah bak karena adanya gaya gravitasi.

d. Penggumpalan

Pada bak penggumpalan akan terjadi proses koagulasi. Penambahan zat kimia yang disebut koagulan ke dalam air menyebabkan partikel-partikel tersebut akan menjadi lebih stabil atau netral dan membentuk endapan. Pada pabrik titanium dioksida ini menggunakan koagulan jenis tawas atau aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).

e. *Clarifier*

Clarifier merupakan proses sedimentasi dengan metode flokulasi dan koagulasi. Proses yang terjadi pada clarifier adalah flokulasi yang merupakan penyatuan flok dari partikel yang sulit membentuk flok sehingga dapat membentuk flok yang lebih berat untuk di blowdown maka air bersih akan keluar.

f. *Sand filter*

Di Dalam sand filter air akan dialirkan dari atas ke bawah melalui media filter (*spheres*) yang akan menyaring partikel pengotor yang masih terbawa dalam air.

g. Tangki Penampungan Air Bersih

Air kemudian akan dialirkan menuju tangki penampungan air bersih untuk ditampung. Air bersih akan didistribusikan dan diolah lebih lanjut sehingga dapat digunakan sebagai air domestik, air layanan umum, air pendingin dan air proses.

h. Klorinasi

Pada tahap ini dilakukan penambahan klorin. Fungsi dari penambahanklorin adalah untuk membunuh kuman, bakteri, jamur dan mikroorganisme yang ada pada air sehingga air layak dikonsumsi dan digunakan. Air yang telah diklorinasi akan ditampung di tangki penampungan bersih.

i. *Cooling Tower*

Proses yang terjadi pada cooling tower adalah pengolahan air panas menjadi air dingin menggunakan udara sebagai media pendinginnya. Air yang menuju cooling tower dengan suhu sekitar 50°C. Air akan mengalami evaporasi, sehingga air akan dialirkan ke bawah melalui lubang saluran (swirl). Bersamaan dengan proses ini, terjadi pelepasan panas laten, sehingga sebagian air akan menguap ke atmosfer. Untuk itu, dibutuhkan make-up water sebagai kompensasi terjadinya *evaporation loss*. Suhu air yang keluar dari *cooling tower* akan menjadi 30°C.

j. Deklorinasi

Air yang akan digunakan dalam proses harus murni dan bebas dari garam-garam terlarut yang terdapat didalamnya, Untuk itu perlu dilakukan proses demineralisasi. Alat demineralisasi terdiri atas penukar kation (*cation exchanger*) dan penukar anion (*anion exchanger*). Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung dalam air seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- dan lain-lain, dengan menggunakan resin. Air yang diperoleh adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan boiler. Air akan dialirkan menuju tangki umpan boiler. Air yang

telah mengalami demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut terutama O₂ dan CO₂. Gas tersebut dihilangkan lebih dahulu, karena dapat menimbulkan korosi. Unit deaerator diinjeksikan bahan kimia berupa Hidrazin yang berfungsi menghilangkan sisa-sisa gas yang terlarut terutama oksigen sehingga tidak terjadi korosi.

5.2 Unit Pembangkit *Steam*

Unit pembangkit steam bertujuan untuk mencakupi *steam* pada proses produksi. Kebutuhan steam pada pabrik titanium dioksida dapat dilihat pada tabel

Tabel 5.5 Kebutuhan Air *Steam*

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
<i>Vaporizer</i>	VP-01	6.576,909
<i>Reboiler</i>	RB-01	19.650,134
<i>Waste Heat Boiler</i>	WHB-01	26.382,159
	WHB-02	59.613,59
Heat Exchanger	HE-01	60.041,8
Total		172.264,59

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik titanium dioxide diperoleh melalui 2 sumber yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), dan generator diesel. Generator

diesel digunakan sebagai tenaga cadangan ketika terjadi gangguan pada PLTU. Generator diesel adalah mesin yang menggunakan bahan bakar dari solar. Dengan cara mengkonversi solar menjadi energi mekanik untuk proses pembakaran. Mesin diesel memanfaatkan udara yang dikompresi untuk memulai melakukan pembakaran bahan bakar solar. Kebutuhan listrik mencakupi:

- a. Kebutuhan listrik alat proses

Tabel 5.6 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	kW
Pompa	P-01	0,5	0,373
	P-02	0,5	0,373
	P-03	5	3,729
	P-04	3	2,237
Screw Conveyor	SC-01	0,5	0,373
	SC-02	0,5	0,373
	SC-03	1,5	1,119
Elevator	E-01	5,5	4,101
	E-02	5,5	4,101
Blower	B-01	200	149,142
	B-02	2000	1491,424
	B-03	3000	2237,136
	B-04	600	447,427

Tabel 5.6...(lanjutan)

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	kW
Total		5822,5	4341,909

Total kebutuhan listrik alat proses = 4341,909 kW

b. Kebutuhan listrik alat utilitas

Kebutuhan listrik alat utilitas dapat dilihat pada tabel 5.7.

Tabel 5.7 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	kW
Pompa	P-01	5	3,729
	P-02	1	0,746
	P-03	1	0,746
	P-04	0,5	0,373
	P-05	10	7,457
	P-06	15	11,186
	P-07	2	1,491
	P-08	2	1,491
Menara pendingin	CT-01	25	18.643
Klarifer	Cl-01	1.5	1.119

Tabel 5.7...(lanjutan)

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Kw
Bak pencampuran cepat	RMT	0.5	0.374
Total		45	47,354

Total kebutuhan alat utilitas = 47,354 kW

c. Kebutuhan listrik alat penunjang

Tabel 5.8 Kebutuhan Listrik Alat Penunjang

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1.	a.Listrik AC	100
	b.Listrik penerangan	100
2.	Laboratorium dan bengkel	50
3.	Instrumentasi	30
Total		280

Total kebutuhan listrik pada pabrik titanium dioksida dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 5. 9 Kebutuhan Listrik Total

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1.	<i>Power Plant</i>	
	a.Process	4341,909
	b.Utilitas	47,354
2.	Alat Kontrol	100
3.	Alat penunjang	
	a.Penerangan	100
	b.Listrik AC	100
	c.Bengkel, Laboratorium	50
	d.Instrumentasi	30
4.	Perumahan	100
5.	Peralatan kantor	50
Total		4919,263

Total kebutuhan pada listrik pada pabrik titanium dioksida sebesar 4919,263 kW

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia tekan berfungsi untuk menyediakan kebutuhan udara yang dibutuhkan dari alat *controller* memenuhi kebutuhan udara tekan pada alat yang bekerja dengan prinsip *pneumatic*. Dengan cara mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit instrumen udara. Kebutuhan udara tekan diperkirakan $5 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan tekanan 4 atm.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar berguna dalam menyediakan bahan bakar yang akan digunakan untuk menggunakan *generator* dan *furnace* adalah *fuel oil*. *Fuel oil* yang dibutuhkan pada *furnace* sebanyak 2620,1761 liter/jam dan pada generator diesel sebanyak 43.244 liter/jam

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan oleh pabrik titanium dioksida antara lain adalah:

1. Limbah cair
2. Limbah padat
3. Limbah gas

Pengolahan limbah didasari pada jenis buangnya:

- a. Pengolahan air buangan sanitasi

Limbah air buangan sanitasi merupakan limbah yang berasal dari air hasil buang limbah domestik yang digunakan pada keperluan pabrik maupun perkantoran. Limbah sanitasi akan diolah oleh pihak ketiga.

b. Limbah cair dari proses

Limbah cair dari proses berupa H_2O yang berasal dari *stripper*. Limbah H_2O akan dijadikan satu dengan limbah sanitasi sehingga diolah oleh pihak ke 3 seperti air buang sanitasi.

c. Limbah padat

Limbah padat yang berasal dari proses akan dikumpulkan di *landfill* dan limbah yang padat yang berupa lumpur atau pasir yang dihasilkan dari unit pengolahan air dimanfaatkan sebagai penimbun.

d. Limbah gas

Limbah gas berasal dari alat proses berupa absorber (AB-01) berupa gas N_2 , O_2 , CO_2 , dan $TiCl_4$. Gas tersebut dapat langsung dibuang ke lingkungan karena tidak berbahaya.

5.7 Spesifikasi Alat dan Utilitas

1. Spesifikasi Bak Pengendapan Awal (BP-01)

Tabel 5.10 Spesifikasi Bak Pengendap Awal (BP-01)

Spesifikasi Umum Bak Pengendapan Awal (BP-01)	
Nama alat	Bak pengendapan awal
Kode	BP-01
Fungsi	Mengendapkan kotoran kasar yang terbawa oleh air sungai

5.10...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Bak Pengendapan Awal (BP-01)	
Waktu tinggal	24 jam
Bentuk	Persegi panjang
Bahan	Beton bertulang
<i>Over design (%)</i>	20
Dimensi	
Tinggi (m)	4
Panjang (m)	17,8951
Lebar (m)	5,9650
Volume Bak (m ³)	426,9814

2. Spesifikasi Bak Pencampuran Cepat (BPC-01)

Tabel 5.11 Spesifikasi Bak Pencampuran Cepat

Spesifikasi Umum Bak Pencampuran Cepat (BPC-01)	
Nama alat	Bak pencampuran cepat
Kode	BPC-01
Fungsi	Mencampur bahan kimia penggumpal dan pengurangan kesadahan
Waktu tinggal	1 menit
Bentuk	Bak silinder tegak dilengkapi pengaduk
Bahan	Baja karbon

Tabel 5.1...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Bak Pencampuran Cepat (BPC-01)	
<i>Over design</i> (%)	20
Dimensi	
Tinggi (m)	2
Diameter (m)	1,28
Volume (m ³)	1,6563

1. Spesifikasi Klarifier (KL-01)

Tabel 5.12 Spesifikasi Klarifier (KL-01)

Spesifikasi Umum Klarifier (KL-01)	
Kode	KL-01
Fungsi	Mengumpulkan dan mengendapkan kotoran koloid yang terbawa oleh air
Waktu tinggal	5 jam
Bentuk	Bak silinder tegak dengan bentuk kerucut
Bahan	Beton bertulang
<i>Over design</i> (%)	20
Dimensi	
Tinggi (m)	5,5
Diameter (m)	11
Volume (m ³)	568,5056
<i>Power Motor</i> (Hp)	1,5
Nama alat	Klarifer

2. Spesifikasi Saringan Pasir (SF-01)

Tabel 5.13 Spesifikasi Saringan Pasir (SF-01)

Spesifikasi Umum Saringan Pasir (SF-01)	
Nama alat	Bak Saringan Pasir
Kode	SF-01
Fungsi	Menyaring partikel-partikel yang masih terkandung dalam air
Bahan	<i>Spheres</i>
Dimensi	
Tinggi (m)	1,3
Panjang (m)	3,5812
Lebar (m)	3,5812

3. Spesifikasi Bak air bersih (BAB-01)

Tabel 5.14 Spesifikasi Bak Air Bersih (BAB-01)

Spesifikasi Umum Bak Air bersih (BAB-01)	
Nama alat	Bak air bersih
Spesifikasi Umum Bak Air bersih (BAB-01)	
Kode	BAB-01
Fungsi	Menampung air bersih
Waktu tinggal	8 jam
Bentuk	Persegi panjang
Bahan	Beton bertulang

Tabel 5.14...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Bak Air bersih (BAB-01)	
<i>Over design</i> (%)	20
Dimensi	
Tinggi (m)	4
Panjang (m)	24,0276
Lebar (m)	8,01
Volume (m ³)	769,769

4. Spesifikasi Bak Air Minum (BAM-01)

Tabel 5.15 Spesifikasi Bak Air Minum (BAM-01)

Spesifikasi Umum Bak Air Minum	
Nama alat	Bak air minum
Kode	BAM-01
Fungsi	Menampung air untuk kator pelayanan dan rumah tangga
Waktu tinggal	24 jam
Bentuk	Persegi panjang
Bahan	Beton bertulang
<i>Over design</i> (%)	20
Dimensi	
Tinggi (m)	4
Panjang (m)	6,174
Lebar (m)	2,06
Volume (m ³)	50,832

5. Spesifikasi Tangki Penukar Kation (TK-01)

Tabel 5.16 Spesifikasi Tangki Penukar Kation (TK-01)

Spesifikasi Umum Tangki Penukar Kation (TK-01)	
Nama alat	Tangki penukar kation
Kode	TK-01
Fungsi	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air
Waktu tinggal	7 hari
Bentuk	Tangki silinder tegak
Bahan	Baja karbon
<i>Over design</i> (%)	20
Dimensi	
Tinggi (m)	1,7033
Diameter (m)	1,4194
Volume (m ³)	2,2461

6. .Spesifikasi Tangki Penukar Anion (TA-01)

Tabel 5.17 Spesifikasi Tangki Penukar Anion (TA-01)

Spesifikasi Umum Tangki Penukar Anion (TA-01)	
Nama alat	Tangki penukar anion
Kode	TA-01
Fungsi	Menghilangkan mineral yang masih terkandung
	dalam air

Waktu tinggal	7 hari
Bentuk	Tangki silinder tegak
Bahan	Baja karbon
<i>Over design</i> (%)	20
Dimensi	
Tinggi (m)	1,165
Diameter (m)	0,971
Volume (m ³)	0,7187

9. Spesifikasi Tangki NaCl (TNaCl-01)

Tabel 5.18 Spesifikasi Tangki NaCl (TNaCl-01)

Spesifikasi Umum Tangki NaCl (TNaCl-01)	
Nama alat	Tangki NaCl
Kode	TNaCl-01
Fungsi	Melarutkan NaCl untuk regenerasi penukar kation
Waktu tinggal	7 hari
Bentuk	Tangki silinder tegak
Bahan	Baja karbon
<i>Over design</i> (%)	20
Dimensi	
Tinggi (m)	1,2257

Tabel 5.18...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Tangki NaCl (TNaCl-01)	
Diameter (m)	1,2257
Volume (m ³)	1,7357

10. Spesifikasi Tangki NaOH (TNaOH-01)

Tabel 5.19 Spesifikasi Tangki NaOH (TnaOH-01)

Spesifikasi Umum Tangki NaOH	
Nama alat	Tangki NaOH
Kode	TNaOH-01
Fungsi	Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar kation

Tabel 5.19...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Tangki NaOH	
Waktu tinggal	7 hari
Bentuk	Tangki silinder tegak
Bahan	Baja karbon
<i>Over design (%)</i>	20%
Dimensi	
Tinggi (m)	0,8384
Diameter (m)	0,8384
Volume (m ³)	0,555

11 .Spesifikasi Tangki Umpan Boiler (TBFW-01)

Tabel 5.20 Spesifikasi Tangki Umpan Boiler (TBFW-01)

Spesifikasi Umum Tangki Umpan Boiler	
Nama alat	Tangki umpan boiler
Kode	TBFW-01
Fungsi	Menyimpan air yang akan diumpankan ke <i>waste heat boiler</i> (WHB-01)
Waktu tinggal	8 jam
Bentuk	Tangki silinder horizontal dilengkapi dengan deaerator
Bahan	Baja karbon
<i>Over design</i> (%)	20
Dimensi	
Panjang (m)	25,5

Tabel 5.20...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Tangki Umpan Boiler	
Diameter (m)	8,51
Volume (m ³)	1454,32

12. Spesifikasi Tangki Kondensat (TKD-01)

Tabel 5.21 Spesifikasi Tangki Kondensat (TKD-01)

Spesifikasi Umum Tangki Kondensat	
Nama alat	Tangki kondensat
Kode	TKD-01
Fungsi	Menyimpan air dari WHB

Waktu tinggal	1 jam
Bentuk	Tangki silinder horizontal dilengkapi dengan deaerator
Bahan	Baja karbon
<i>Over design (%)</i>	20
Dimensi	
Panjang (m)	12,8
Diameter (m)	4,3
Volume (m ³)	185,004

12. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU) KL-01

Tabel 5.22 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU)

Spesifikasi Umum Pompa Utilitas (PU)			
Kode	PU-01	PU-02	PU-03
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai menuju bak pengendapan awal (BP-01)	Mengalirkan air dari bak pengendapan awal ke bak klarifer (KL-01)	Mengalirkan air dari bak klarifer (KL-01) menuju bak saringan pasir (SF-01)
Jenis	Pompa sentrifugal		
Bahan	Baja karbon		
Jumlah	1	1	1
Kondisi Operasi			
Kapasitas (gpm)	556,346	145,030	138,214

Tabel 5.2...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Pompa Utilitas (PU)			
Kode	PU-01	PU-02	PU-03
<i>Pump head</i> (m)	7,4	2,952	4,043
Suhu fluida (°C)	30	30	30
Tekanan (atm)	1	1	1
-Flow Area (m ²)	0,0508	0,0129	0,0508
-OD (m)	0,2730	0,1413	0,2730
-ID (m)	0,2545	0,1281	0,2545
-NPS	10	5	10
-No.Sch	40ST	40ST	40ST
<i>Power Motor</i> (Hp)	5	0,5	1

5.22...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Pompa Utilitas			
Kode	PU-04	PU-05	PU-06
Fungsi	Mengalirkan air dari bak saringan air menuju bak air bersih	Mengalirkan air dari bak air bersih	Mengalirkan air dari menara pendingin untuk digunakan sebagai air pendingin pada alat proses
Jenis	Pompa sentrifugal		
Bahan	Baja karbon		
Jumlah	1	1	1

Tabel 5.22...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Pompa Utilitas			
Kode	PU-04	PU-05	PU-06
Kondisi Operasi			
Kapasitas (gpm)	135,995	502,455	753,454
<i>Pump head</i> (m)	0,908	17,408	15,625
Suhu fluida (°C)	30	30	30
Tekanan (atm)	1	1	1
Dimensi Pompa			
<i>-Flow Area</i> (m ²)	0,0129	0,0527	0,0508
-OD (m)	0,1413	0,2731	0,2730
-ID (m)	0,1281	0,2591	0,2545
-NPS	5	10	10
-No.Sch	40ST	40ST	40ST
<i>Power Motor</i> (Hp)	0,5	10	15

5.22...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Pompa Utilitas (PU)		
Kode	PU-07	PU-08
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki umpan boiler (TBFW-01)	Mengalirkan air dari tangki kondensat (Tkondensat) menuju tangki umpan boiler (TBFW-01)

Tabel 5.22...(lanjutan)

Spesifikasi Umum Pompa Utilitas (PU)		
Kode	PU-07	PU-08
Jenis	Pompa sentrifugal	
Bahan	Baja Karbon	
Jumlah	1	1
2 Kapasitas (gpm)	375,652	414,485
Pump head (m)	4,281	6,411
Suhu fluida (°C)	30	30
Tekanan (atm)	1	1
Dimensi Pompa		
<i>-Flow Area (m²)</i>		0,0322
<i>-OD (m)</i>	0,2191	0,2190
<i>-ID (m)</i>	0,2027	0,2027
<i>-NPS</i>	8	8
<i>-No.Sch</i>	40ST	40ST
<i>Power Motor (Hp)</i>	2	3

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

6.1 Evaluasi Ekonomi

Evaluasi atau penilaian investasi pada prarancangan pabrik titanium dioksida bertujuan untuk mengetahui kelayakan pendirian pabrik. Selain itu dengan dilakukannya analisa ekonomi dapat mengetahui pabrik tersebut menguntungkan atau tidak. Faktor yang diperhatikan dalam evaluasi ekonomi suatu pabrik antara lain:

a. *Return On Investment (ROI)*

Return on investment adalah laju pengembalian modal yang dapat dihitung dari laba bersih per tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasikan.

b. *Pay Out Time (POT)*

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

c. *Discounted Cash Flow (DCF)*

Discounted Cash Flow adalah metode analisis peluang sebuah investasi atau merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun berdasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali selama umur ekonomi.

d. *Break Even Point (BEP)*

Break Even Point adalah titik impas dimana pendapatan dan pengeluaran suatu perusahaan berada pada posisi yang sama

e. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point adalah suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan.

6.2 Penaksiran Harga Peralatan

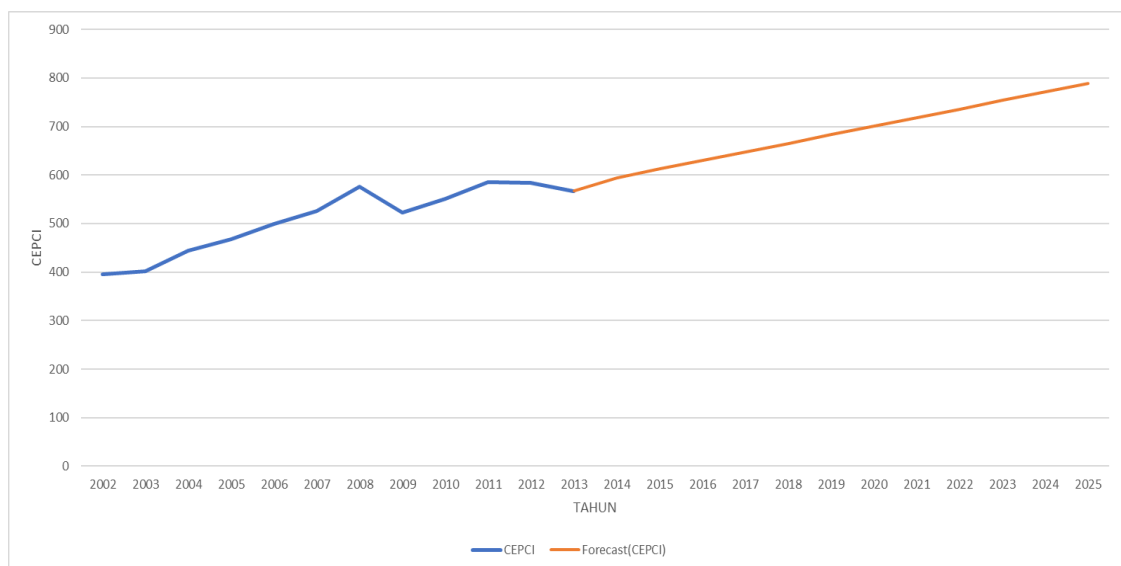
Harga peralatan akan mengalami perubahan pada setiap tahun, hal ini bergantung pada kondisi ekonomi. Maka diperlukan suatu metode berupa *forecast* untuk memperkirakan harga peralatan pada tahun yang akan didirikan dan indeks harga peralatan pada tahun tersebut. Indeks harga tahun 2023 dapat diperkirakan dengan menggunakan data indeks harga pada tahun 2002 sampai 2013, sebagai berikut:

Tabel 6.1 Indeks Harga

Tahun	Indeks
2002	395,6
2003	402,0
2004	444,2
2005	525,4
Tahun	Indeks
2006	575,4
2007	525,4

2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3

Sumber: (<https://CEPCI-Plant-Cost-Index>)



Gambar 6.1 Grafik Harga Alat

Pabrik direncanakan akan didirikan pada tahun 2026, namun proses pembelian peralatan akan dilakukan pada tahun 2023. Sehingga indeks harga pada tahun 2023 adalah 567,3. Harga peralatan pada tahun 2023 dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$Ex = \left(\frac{Nx}{Ny} \right) Ey$$

Keterangan:

E_x = harga alat pada tahun X

E_y = harga alat pada tahun Y

N_x = nilai indeks tahun X

N_y = nilai indeks tahun Y

6.3 Perhitungan Biaya

6.3.1 Dasar Perhitungan

- | | |
|----------------------------|------------------------|
| 1. Kapasitas Produksi | = 100.000 ton/tahun |
| | = 100.000.000 kg/tahun |
| 2. Satu tahun operasi | = 330 Hari |
| 3. Umur Pabrik | = 10 tahun |
| 4. Tahun Pendirian Pabrik | = 2026 |
| 5. Indeks Harga Tahun 2026 | = 1024,94 |
| 6. Upah Buruh Asing | = US\$ 50/man hour |
| 7. Upah Buruh Indonesia | = Rp 50.000/man hour |
| 8. Kurs Dollar | = 14.807 = 1 \$ |
| 9. Harga TiO_2 | = 88.843,80/Kg |
| 10. UMR Bangka Belitung | = Rp 5.498.470 |

6.3.2 Total *Capital Investment*

Total *capital investment* adalah total biaya pengeluaran yang digunakan untuk mendirikan fasilitas, operasi pabrik dan penunjang. Total *capital investment* terdiri dari:

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed capital investment merupakan total biaya pengeluaran yang digunakan untuk mendirikan fasilitas pabrik, seperti:

1. *Physical Plant Cost (PPC)*

Tabel 6.2 *Physical Plant Cost (PPC)*

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	539,226,027,861.88	36,416,229.01
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	134,806,506,965.47	9,104,057.25
3	Instalasi cost	90,083,546,750.41	6,083,725.38
4	Pemipaan	127,660,286,328.62	8,621,442.55
5	Instrumentasi	135,183,374,877.90	9,129,508.75
6	Insulasi	20,984,387,661.73	1,417,165.02
7	Listrik	53,922,602,786.19	3,641,622.90
8	Bangunan	39,270,000,000.00	2,652,070.26
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	679,305,766,412.00	45,876,410.04
	Total	1,820,442,499,644.19	122,942,231.17

2. *Direct Plant Cost*

Tabel 6.3 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	<i>Type of capital investment</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Engineering cost & Construction cost</i>	372.415.302.485,42	25.150.790,66
2	<i>Direct plant cost</i>	2.234.491.814.912,51	150.904.743,94

Tabel 6.3...(lanjutan)

No	Type of capital investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
Total		2.606.907.117.397,93	176.055.534,59

3. Fixed Capital Investment (FCI)

Tabel 6.4 Fixed Capital Investment (FCI)

No	Fixed capital	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Direct plant cost	2.234.491.814.912,5	150.904.743,94
2	Contractor's fee	223.449.181.491,25	15.090.474,39
3	Contingency	223.449.181.491,25	15.090.474,39
Total		2.681.390.177.895,01	181.085.692,73

b. Working Capital Investment (WCI)

Working capital investment merupakan biaya total pengeluaran untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu atau yang ditentukan, seperti:

1. *Raw material inventory*
2. *In process inventory*
3. *Product inventory*

4. *Extended credit*

5. *Available cash*

Tabel 6.5 *Working Capital Investment (WCI)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	187.915.709.535,26	12.690.748
2	<i>In Process Inventory</i>	281.020.898.566,86	18.978.538
3	<i>Product Inventory</i>	562.041.797.133,73	37.957.075
4	<i>Extended Credit</i>	807.670.909.090,91	54.545.455
5	<i>Available Cash</i>	562.041.797.133,73	37.957.075
Total		2.400.691.111.460,49	162.128.890

6.3.3 Total Production Cost

Total production cost terdiri dari:

a. *Manufacturing Cost*

Manufacturing cost merupakan biaya yang harus disediakan untuk melakukan proses produksi produk dalam suatu pabrik. *Manufacturing cost* terdiri dari *direct cost*, *indirect cost*, dan *fixed cost* yang terkait dalam pembuatan suatu pabrik.

1. *Direct Manufacturing Cost*

Direct Manufacturing Cost adalah total biaya pengeluaran yang berkaitan khusus dalam pembuatan suatu produk, meliputi:

- *Raw material*

- *Maintenance cost*
- *Plant supplies*
- *Royalties and patent*
- *Utilities*
- *Supervisor*
- Tenaga kerja

Tabel 6.6 Manufacturing Cost

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	2.067.072.804.887,90	139.598.225,53
2	<i>Labor</i>	17.274.000.000,00	1.166.586,75
3	<i>Supervision</i>	1.727.400.000,00	116.658,68
4	<i>Maintenance</i>	53.627.803.557,90	3.621.713,85
5	<i>Plant Supplies</i>	8.044.170.533,69	543.257,08
6	<i>Royalty and Patents</i>	88.843.800.000,00	6.000.000,00
7	<i>Utilities</i>	3.140.114.566.365,15	212.065.303,35
Total		5.376.704.545.344,64	363.111.745,24

2. *Indirect Manufacturing Cost*

Indirect manufacturing cost adalah total biaya pengeluaran secara akibat tidak langsung karena operasional atau berjalannya pabrik, seperti:

- *Payroll overhead*
- *Laboratory*

- *Plant overhead*
- *Packaging*
- *Shipping*

Tabel 6.7 *Indirect Manufacturing Cost*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	2.591.100.000,00	174.988,01
2	<i>Laboratory</i>	1.727.400.000,00	116.658,68
3	<i>Plant Overhead</i>	8.637.000.000,00	583.293,38
4	<i>Packaging and Shipping</i>	444.219.000.000,00	30.000.000,00
Total		457.174.500.000,00	30.874.940,06

3. *Fixed Manufacturing Cost*

Fixed manufacturing cost merupakan total biaya yang selalu dikeluarkan saat keadaan beroperasi maupun pada saat tidak beroperasi atau pengeluaran yang memiliki sifat tetap, tidak tergantung pada waktu maupun tingkat jumlah produksi, seperti:

- *Depresiasi*
- *Property tax*
- *Insurance*

Tabel 6.8 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	268.139.017.790	18.108.569

6.8...(lanjutan)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
2	Property taxes	53.627.803.558	3.621.714
3	Insurance	26.813.901.779	1.810.857
Total		348.580.723.126	23.541.140

Tabel 6.9 Manufacturing Cost (MC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Direct Manufacturing Cost (DMC)	5.376.704.545.344,64	363.111.745,24
2	Indirect Manufacturing Cost (IMC)	457.174.500.000,00	30.874.940,06
3	Fixed Manufacturing Cost (FMC)	348.580.723.126,35	23.541.140,05
Total		6.182.459.768.470,99	417.527.825,36

4. General Expense

General expense merupakan pengeluaran secara umum seperti pengeluaran-pengeluaran mengenai fungsi dari perusahaan yang tidak termasuk dalam *manufacturing cost*, seperti:

- Administrasi
- Sales expense
- Research

- *finance*

Tabel 6.10 *General Expense*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Administration	185.473.793.054,13	12.525.834,76
2	Sales Expense	803.719.769.901,23	54.278.617,30
3	Research	370.947.586.108,26	25.051.669,52
4	Finance	152.462.438.680,67	10.296.437,48
Total		1.512.603.587.744,28	102.152.559,06

Tabel 6.11 Production Cost

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Manufacturing Cost (MC)	6.182.459.768.470,99	417.527.825,36
2	General Expenses(GE)	1.512.603.587.744,28	102.152.559,06
Total		7.695.063.356.215,27	519.680.384,42

6.4 Analisa Keuntungan

Analisa kelayakan berfungsi untuk menentukan layak atau tidaknya suatu pabrik yang akan didirikan. Evaluasi kelayakan tersebut meliputi:

6.4.1 Return Of Investment (ROI)

Return of investment (ROI) merupakan kecepatan pengembalian modal investasi yang dinyatakan dalam persentase (%) terhadap modal tetap.

Batasan minimum ROI sebelum pajak untuk industri kimia adalah 11% untuk resiko rendah dan 44% untuk resiko tinggi.

- Profit = *Sales price - total product cost*
- Pajak = 25%
- Hasil penjualan = Rp 13.178.497.000.000,00
- Biaya produksi = Rp 12.023.257.828.850,00
- Keuntungan sebelum pajak = Hasil penjualan - biaya produksi
- Keuntungan sebelum pajak = 25% x keuntungan
- ROI sebelum pajak =

$$ROI = \frac{\text{keuntungan sebelum pajak}}{\text{fixed capital}} \times 100\%$$

$$= \text{Rp } 1.155.239.171.149,93$$

- ROI setelah pajak =

$$ROI = \frac{\text{keuntungan setelah pajak}}{\text{fixed capital}} \times 100\%$$

$$= 808.667.419.804,95$$

<https://perpajakan.ddtc.co.id/peraturan-pajak>

6.4.2 Pay Out Time (POT)

Pay out time adalah jumlah tahun yang diperlukan untuk mengembalikan *fixed capital investment* berdasarkan keuntungan yang diperoleh.

- POT sebelum pajak =

$$POT = \frac{\text{fixed capital investment}}{(\text{profit before taxes} + 0,1 FCI)} \times 100\%$$

= 1,8 tahun

- POT setelah pajak =

$$POT = \frac{\text{fixed capital investment}}{(\text{profit after taxes} + 0,1 FCI)} \times 100\%$$

= 2,4 tahun

6.4.3 Break Even Point (BEP)

Break even point (BEP) adalah suatu titik impas yang dimana pabrik tidak mengalami keuntungan maupun kerugian. Pabrik yang beroperasi dibawah standar *break even point* (BEP) akan mengalami kerugian, sedangkan pabrik yang beroperasi di atas *break even point* (BEP) akan mengalami keuntungan. Harga break event point (BEP) umumnya berkisaran antara 40%-60% dari kapasitas.

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

= 40,20%

Keterangan:

Fa : *Fixed manufacturing cost*

Ra : *Regulated cost*

Va : *Variable cost*

Sa : *Sales price*

Dimana:

- *Fixed manufacturing cost (Fa)* merupakan sejumlah biaya yang harus dikeluarkan pada setiap tahunnya pada saat pabrik memproduksi ataupun tidak memproduksi atau disebut sebagai biaya tetap.

- *Variable cost (Va)* merupakan sejumlah biaya yang harus dikeluarkan pada setiap tahunnya yang besarnya dipengaruhi oleh total kapasitas produksi.
- *Regulated cost (Ra)* merupakan sejumlah biaya yang harus dikeluarkan setiap tahunnya dimana besarnya proporsional dengan biaya tetap.

Tabel 6.12 *Fixed Cost (Fa)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	268.139.017.790	18.108.569
2	<i>Property taxes</i>	53.627.803.558	3.621.714
3	<i>Insurance</i>	26.813.901.779	1.810.857
Total		348.580.723.126	23.541.140

Tabel 6.13 *Regulated Cost (Ra)*

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya(\$)
1	Gaji karyawan	17.274.000.000,00	1.166.586,75
2	<i>Payroll overhead</i>	2.591.100.000,00	174.988,01
3	<i>Supervision</i>	1.727.400.000,00	116.658,68
4	<i>Plant overhead</i>	8.637.000.000,00	583.293,38
5	Laboratorium	1.727.400.000,00	116.658,68
6	<i>General expenses</i>	1.512.603.587.744,28	102.152.559,06
7	<i>Maintenance</i>	53.627.803.557,90	3.621.713,85
8	<i>Plant supplies</i>	8.044.170.533,69	543.257,08
Total		1.606.232.461.835,87	108.475.715,48

Tabel 6.14 Variable Cost (Va)

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya(\$)
1	<i>Raw material</i>	2.067.072.804.887,9	139.598.225,53
2	<i>Packaging & shipping</i>	444.219.000.000,00	30.000.000,00
3	<i>Utilities</i>	3.140.114.566.365,15	212.065.303,35
4	<i>Royalty & patent</i>	88.843.800.000,00	6.000.000,00
Total		5.740.250.171.253,05	387.663.528,88

Tabel 6.15 Sales Price (Sa)

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya(\$)
1	Penjualan produk	8.884.380.000.000,00	600.000.000,00
Total		8.884.380.000.000,00	600.000.000,00

6.4.1 Shut Down Point (SDP)

Shut down point (SDP) merupakan level produksi dimana biaya untuk mengoperasikan pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik tersebut. Sehingga akan lebih menguntungkan untuk menutup pabrik tersebut daripada tetap mengoperasikannya.

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

$$= 23,44\%$$

6.4.2 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

Discounted cash flow rate (DCFR) merupakan pendekatan untuk mengevaluasi keuntungan dengan mempertimbangkan *time value* dari uang

berdasarkan jumlah investasi yang belum terkembali pada masing-masing akhir tahun selama umur pabrik. DCFR digunakan untuk menghitung *present value* selama umur pabrik dimana akan menghasilkan pemasukan dan pengeluaran yang berimbang. Dihitung dengan persamaan:

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

Keterangan :

FC = *Fixed capital investment*

WC = *Working capital investment*

SV = *Salvage value* = depresiasi

C = *Cash flow*

n = umur pabrik = 10 tahun

I = nilai DCFR

Salvage Value = 10% x FCI

= Rp 249.036.533

Cash flow = *Annual profit + Depresiasi + Finance*

= Rp 942.332.654.293,97

Discounted *cash flow rate* dihitung menggunakan *trial dan error*

R = Rp 19.480.095.321.529,20

S = Rp 19.480.095.321.529,20

R-S = Rp 0

Dari hasil *trial dan error* diperoleh:

Harga i = 0,1129

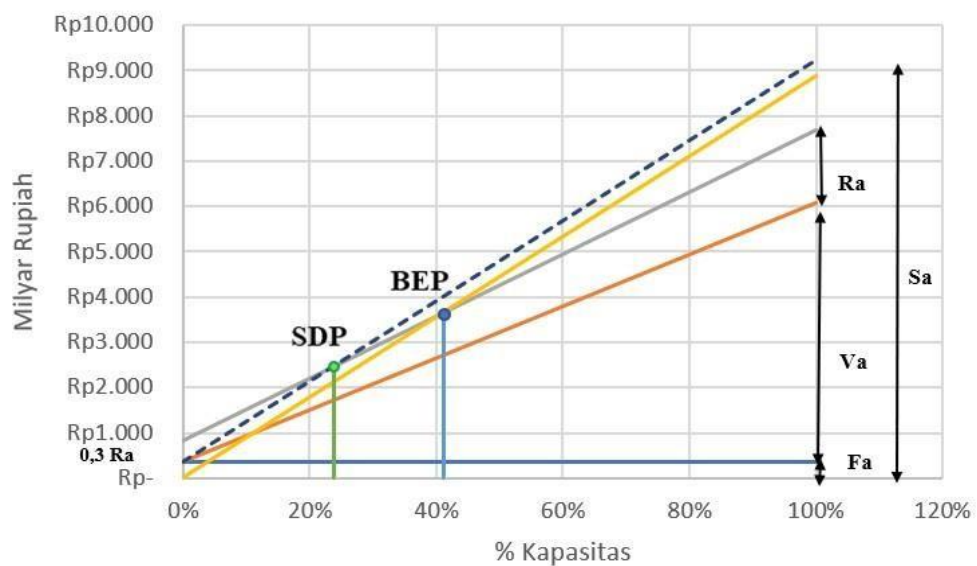
Sehingga DCFR = 11,29%

Bunga bank Indonesia = 5,75%

Tabel 6. 16 Kesimpulan evaluasi ekonomi

Kriteria	Terhitung	Persyaratan	Layak/Tidak
ROI sebelum pajak	44,35%	ROI <i>before taxes</i>	Layak
ROI setelah pajak	31,05%	<i>minimum low 11 %, high 44%</i>	
POT sebelum pajak	1,8	POT <i>before taxes</i>	Layak
POT setelah pajak	2,4	maksimum, <i>low 5 th, high 2th</i>	
BEP	41,22%	Berkisar 40 - 60%	Layak
SDP	23,86%	Berkisar 20-30%	Layak
DCF	16,28%	>1,5 bunga bank = minimum = 5,25%	Layak

Hasil kalkulasi kelayakan ekonomi pendirian pabrik titanium dioksida ditampilkan sebagai berikut:



Grafik 6.1 Grafik Korelasi Produksi Terhadap Biaya

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari perancangan pabrik titanium dioksida ini adalah sebagai berikut :

1. Pabrik titanium dioksida ini didirikan dengan kapasitas 100.000 ton per tahun dengan pertimbangan untuk memenuhi ke kebutuhan titanium dioksida dalam negeri maupun kebutuhan terhadap impor serta menyediakan lapangan pekerjaan serta meningkatkan perekonomian negara.
2. Berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk pabrik titanium dioksida ini tergolong sebagai pabrik dengan resiko tinggi.
3. Pabrik ini dijalankan dengan proses klorida dikarenakan proses klorida dengan pertimbangan akan menghasilkan titanium dioksida jenis rutil yang merupakan jenis titanium dioksida tinggi (99,8% TiO_2). Limbah yang terbentuk dalam proses klorida lebih sedikit dan dapat dinetralkan dengan kapur maupun batu kapur sedangkan jika menggunakan proses sulfide dapat menimbulkan limbah Fe_2SO_4 dalam jumlah besar.
4. Pabrik titanium dioksida ini didirikan pada tahun 2026 di Bangka Belitung dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, kemudahan pemasaran, sarana utilitas berupa sumber air, akses transportasi dan ketersediaan tenaga kerja yang terampil.

5. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :

a. ROI (*Return on Investment*)

Persentase ROI sebelum pajak sebesar 46,39% dan ROI setelah pajak sebesar 32,47%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi minimum adalah 40% (Aries Newton, 1995).

b. POT (*Pay Out Time*)

Persentase POT sebelum pajak 1,8 tahun dan POT setelah 2,4 pajak. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi maksimum 2 tahun (Aries Newton, 1995).

c. BEP (*Break Even Point*)

BEP diperoleh sebesar 40,20%. BEP umumnya berkisar antara 40-60%.

d. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* besarnya 11,29%. Suku bunga saat ini 5,75% (<https://www.bi.go.id/id/default.aspx>, edisi 17 Mei 2023), maka syarat minimum DCFRF lebih besar suku bunga pinjaman di bank.

7.2 Saran

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

1. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
2. Pendirian pabrik titanium dioksida dapat menjadi solusi pemerintah untuk mendorong tumbuhnya industri kimia dalam negeri dikarenakan Indonesia belum memiliki pabrik titanium dioksida dan dapat menjadi sektor penggerak perekonomian nasional.
3. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan, dengan tujuan untuk mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
4. Pendirian pabrik titanium dioksida dapat direalisasikan sebagai sarana kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Zhai, J., Chen, P., Sun, W., Chen, W., & Wan, S. (2020). A review of mineral processing of ilmenite by flotation. *Minerals Engineering*, 157, 106558.
- Braun, J.H., Baidins, A. and Marganski, R.E. (1992) TiO₂ Pigment Technology: A Review. *Progress in Organic Coatings*, 20, 105-138.
- McNulty, G.S. (2007) Production of Titanium Dioxide. Plenary Lecture. NORM V International Conference, Sevilla, 19-22 March 2007, 169-188.
- MSDS ilmenite, <https://www.conncoll./Ilmenite> diakses pada Rabu 09 November 06.36 WIB.
- Tronox Incorporated. (2007), Annual Report Pursuant to Section 13 or 15(d) of the Securities Exchange Act of 1934.
- Subagja, R. (2016). Ekstraksi titanium dari ilmenit Bangka melalui tahap dekomposisi dengan KOH dan pelarutan dengan asam sulfat. *Prosiding Semnastek*.
- Moodley, S. (2011). A study of the chlorination behaviour of various titania feedstocks. *Requirements for the degree of Master of Science in Engineering. University of the Witwatersrand*.

MSDS klorin, <https://www.airgas.com/msds/> diakses pada Rabu 9 November 2022 pukul 08.04 WIB.

MSDS, titanium dioksida, <https://smartlab.co.id/assets/.pdf> diakses pada Rabu 9 November 2022 pukul 08.18 WIB.

Indrawati, T., Siswanto, N. T. R., & Nurul, T. (2014). Ekstraksi Titanium Dioksida (TiO_2) Berbahan Baku Limbah Peleburan Pasir Besi (Slag) Dengan Metode Kaustik. *Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 2(2), 61-64.

Diebold, U. 2003. ‘The Surface Science of Titanium Dioxide’ Surface science report 48: 53-229.

Taufikurohmah, T. (2018). UJI AKTIFITAS TABIR SURYA NANO-TITANIUM OKSIDA UNTUK MENDUKUNG FORMULA KOSMETIK ANTIAGING KHUSUS MENGHAMBAT PENUAAN AKIBAT SINAR MATAHARI. *Indonesian Chemistry and Application Journal*, 2(2), 19-24.

Perry, R.H., dan Green, D.W., 1950, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 3rd ed. McGraw Hill Book Company. Tokyo.

Saripudin, A., Gunawan, T., & Muladi, Y. PENGARUH PENGOTOR Co PADA STRUKTUR DAN KONDUKTIVITAS FILM TIPIS TiO_2 . *ELECTRANS*,

12(1), 9-14.

Setiawati, L. D., Tito, P. R., Dwi W. N., Nofrizal, Radium I., Suryandaru,
Yuswono,

Siswanto, Nurul T. R., 2013. Ekstraksi Titanium Dioksida (TiO_2) Dari Pasir
Besi dengan Metode Hidrometalurgi. Prosiding Semirata FMIPA
Universitas Lampung.

Murty, C. V. G. K., Upadhyay R., Asokan S., 2007. Electro Smelting Of Ilmenite
For Production Of TiO_2 Slag Potential Of India as A Global Player.
Innovation in Ferro Alloy Industry

Bahan baku, <https://radarsampit.jawapos.com/0pt-irvan-prima-ilmenite-sand/>

Diakses pada hari senin 14 November 2022 pukul 15.16 WIB.

Data impor klorin, <https://warstek.com/> diakses pada hari senin 14 November 2022
pukul 15.29 WIB.

MSDS TiCl_4 , <https://www.merckmillipore.com/> Diakses pada hari senin 14
November 2022 pukul 16.00 WIB.

Kamaludin, K., & Sulistiono, S. KUALITAS PRODUK SEBAGAI FAKTOR
PENTING DALAM PEMASARAN EKSPOR PADA PT. EUROGATE

INDONESIA (Doctoral dissertation, Institut Bisnis dan Informatika

Kesatuan).

Wahyuningsih, S., Ramelan, A. H., Rinawati, L., Munifa, R. M. I., Saputri, L. N.

M. Z., Hanif, Q. A., ... & Ismoyo, Y. A. (2016). Pembentukan TiO_2

Mesopori dari TiOSO_4 Hasil Pelarutan Ilmenit. *Prosiding Pertemuan dan*

Presentasi Ilmiah Grup Riset Material Organik Fakultas Matematika dan

Ilmu Pengetahuan Alam, UNS Surakarta, 9.

Gázquez, M. J., Bolívar, J. P., García-Tenorio García-Balmaseda, R., & Vaca, F.

(2014). A review of the production cycle of titanium dioxide pigment.

McNulty, G. S. (2007). Production of titanium dioxide. In *Proceedings of NORM*

-V international conference, Seville, Spain (pp. 169-189).

Zhang, W., Zhu, Z., & Cheng, C. Y. (2011). A literature review of titanium

metallurgical processes. *Hydrometallurgy*, 108(3-4), 177-188. Abdelfattah,

N. A. (2014). Preparation of titanium dioxide anatase pigment from Rosetta

ilmenite concentrate via the sulfate route. In *4th International Conference*

on Radiation Sciences and Applications (Vol. 1317, No. 10).

- Solihin, S., Ciptasari, N. I., & Arini, T. (2016). PEMBUATAN PIGMEN TITANIUM DIOKSIDA DENGAN MEDIUM KLOORIDA [*Making Titanium Dioxide through Chloric Acid Leaching*]. *Metalurgi*, 27(2), 127-134.
- Spicer, P. T., Chaoul, O., Tsantilis, S., & Pratsinis, S. E. (2002). Titania formation By TiCl_4 gas phase oxidation, surface growth and coagulation. *Journal of Aerosol Science*, 33(1), 17-34.
- Nakasaka, Y., Tago, T., Konno, H., Okabe, A., & Masuda, T. (2012). *Kinetic study For burning regeneration of coked MFI-type zeolite and numerical modeling for regeneration process in a fixed-bed reactor. Chemical engineering journal*, 207, 368-376.
- Dean, John A. Lange's Handbook of Chemistry, 12th ed.; McGraw-Hill: New York, New York, 1979; p 9-4–9-94.
- Nugroho, F., Hamda, A. F., & Bahri, S. Kristalisasi $\text{TiO}(\text{OH})_2$ dari Titanyl Sulfat Pada Pembuatan Titanium Dioksida (TiO_2) dari Ilmenit.
- Fadli, A. 2001. Kinetika Reaksi Destruksi Mineral Ilmenit dengan H_2SO_4 pada

Proses Pembuatan Rutil (TiO₂) Sintetis. Tesis Pascasarjana UGM.

Yogyakarta.

Habashi, F. (2014). A New Process to Upgrade Ilmenite to Synthetic Rutile.

Proceedings Conference of Metallurgists Canadian Institute of Mining

Metallurgy and Petroleum Montreal 2014.

Gou, H. P., Zhang, G. H., Hu, X. J., & Chou, K. C. (2017). Kinetic study on

carbothermic reduction of ilmenite with activated carbon. *Transactions of*

Nonferrous Metals Society of China, 27(8), 1856-1861.

Spicer, P. T., Chaoul, O., Tsantilis, S., & Pratsinis, S. E. (2002). Titania formation

By TiCl₄ gas phase oxidation, surface growth and coagulation. *Journal of*

Aerosol Science, 33(1), 17-34.

Anovitz, L. M., Treiman, A. H., Essene, E. J., Hemingway, B. S., Westrum Jr, E.

F., Wall, V. J., ... & Bohlen, S. R. (1985). The heat-capacity of ilmenite and

Phase equilibria in the system Fe-TiO. *Geochimica et Cosmochimica Acta*,

49(10), 2027-2040.

Moodley, S. (2011). A study of the chlorination behaviour of various titania

feedstocks. *Requirements for the degree of Master of Science i*

Engineering. University of the Witwatersrand.

Smith, J. M., Ness, H. C. Van, dan Abbott, M. M. (2005) Introduction to Chemical

Engineering Thermodynamics. New York: McGraw-Hill Book Company.

Hai, T. D., Khoa, T. A., Vien, L. M., & Tuan, P. D. (2021). Modeling of titania slag

carbochlorination. *Vietnam Journal of Chemistry*, 59(6), 781-789.

Reis, P. G., Pell, M. B., Low, D. N., & Glaeser, H. H. (1996). *U.S. Patent No.*

5,585,078. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Cairo, P. R., Lee, R. G., Aptowicz, B. S., & Blankenship, W. M. (1979). Is your

chlorine safe to drink?. *Journal-American Water Works Association*, 71(8),

450-454.

Machfoedz Mas'ud, 1989, Akuntansi Manajemen 2 Edisi 4, BPFE: Yogyakarta

Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 2003, Plant Design and Economics for

Chemical Engineers, 5th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.

Bunga bank, <HTTPS://WWW.BI.GO.ID/ID/DEFAULT.ASPX> diakses pada hari

Rabu 17 Mei 2022 pukul 16.00 WIB

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perancangan Reaktor

REAKTOR

Fungsi : Meraksikan titanium tetraklorida dengan Oksigen dari udara untuk menjadi titanium dioksida dan klorida

Jenis Reaktor : Reaktor Alir Pipa (RAP)

Kondisi Operasi : Tekanan (P) = 1,5 atm dan suhu (T) = 1001 °C

Sifat Reaksi : Eksotermis

Langkah perancangan:

1. Menentukan tipe reaktor

Dipilih jenis reaktor alir pipa (RAP), dengan pertimbangan:

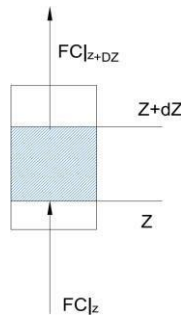
- a. Reaksi memiliki fase berupa reaktan gas-gas dan menghasilkan padatan-gas
- b. Steady state

2. Pembentukan persamaan matematis dan melakukan perhitungan dengan bantuan *visual basic*

Reaksi antara titanium tetraklorida (TiCl_4) berupa gas dan O_2 dilaksanakan dalam sebuah benjana dari dasar Menara kemudian terbentuk kristal titanium dioksida (TiO_2) yang berukuran sangat kecil. Kristal titanium dioksida (TiO_2) semakin lama semakin besar sampai terbentuk bubuk halus (*powder*). Sehingga persamaan matematisnya yaitu:

Dimana neraca massa titanium dioksida (TiO_2) dalam elemen volume Δv dari z sampai $z + \Delta z$, diilustrasikan sebagai berikut:

Kecepatan massa TiO_2 masuk – kecepatan massa TiO_2 keluar + TiO_2
terbentuk = Akumulasi



Gambar 1 Skema Matematis Perancangan

Kecepatan massa TiO_2 masuk – kecepatan massa TiO_2 keluar + TiO_2
terbentuk = Akumulasi

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

$$Fc|_z - Fc|_{z+\Delta z} = -(rc) \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \Delta z$$

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

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

$$- \frac{dFc}{dz} = - \frac{(rc) \cdot \pi \cdot D^2}{4 \cdot Fa_0}$$

$$Fc = Fa_0$$

Dengan:

F_c = kecepatan mol TiO_2 (kmol/s)

F_{a_0} = kecepatan $TiCl_4$ mula-mula (kmol/s)

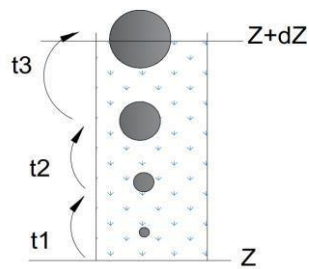
X_c = konversi $TiCl_4$ menjadi TiO_2

R_c = kecepatan reaksi TiO_2 yang terbentuk (kmol/m³s)

ΔV = elemen volume reaktor (m³)

Z = tinggi reaktor (m)

a. Kecepatan pembentukan kristal TiO_2



Gambar 2 Kecepatan Pembentukan Kristal

Kecepatan TiO_2 masuk – kecepatan TiO_2 keluar + TiO_2 terbentuk dalam sistem = akumulasi

$$0 - 0 + rc_{\Delta v} = \frac{dnc}{dt}$$

$$0 - 0 - rc \cdot \pi \cdot db^2 \cdot ddb = rc \cdot \rho c \cdot d\left(\frac{\pi \cdot db^3}{6 \cdot dt}\right)$$

$$0 - 0 - rc \cdot \pi \cdot db^2 \cdot ddb = \frac{3}{6} \cdot \pi \cdot rc \cdot pc \cdot db^2 \cdot d\left(\frac{db}{dt}\right)$$

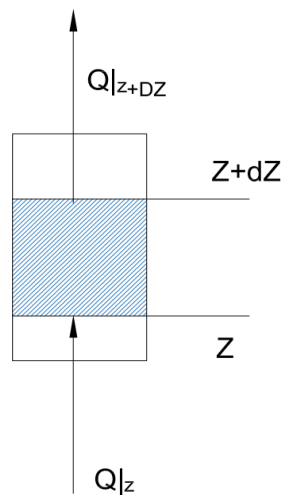
$$dt = \frac{ddb}{rc \cdot pc}$$

Dengan:

Db = diameter gelembung

Ddb = perubahan diameter gelembung

- b. Neraca panas dalam elemen volume Δv dari z sampai $z + \Delta z$



Gambar 3 Skema Elemen Volume Δv dari z Sampai $z + \Delta z$

Dimana:

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \left(\frac{Q|_z - Q|_{z+\Delta z}}{\Delta z} \right) = - \frac{(rc) \cdot \Delta hr \cdot \pi \cdot D^2}{4}$$

$$-\frac{dQ}{dz} = - \frac{(rc) \cdot \Delta hr \cdot \pi \cdot D^2}{4}$$

$$Q = \sum f_i \cdot c_{pi} \cdot (T - T_{ref})$$

$$-\frac{dT}{dz} = -\frac{(rc) \cdot \Delta hr \cdot \pi \cdot D^2}{\sum f_i \cdot c_{pi}}$$

Dengan:

F_i = Kecepatan mol masing-masing komponen (kmol/s)

C_{pi} = Kapasitas panas masing-masing komponen (kJ/kmol K)

T = Suhu operasi (K)

T_{ref} = Suhu referensi (K)

Dari neraca massa dan neraca panas diperoleh persamaan:

$$-\frac{dF_c}{dz} = -\frac{(rc) \cdot \pi \cdot D^2}{4 \cdot F_{a0}}$$

$$-\frac{dT}{dz} = -\frac{(rc) \cdot \Delta hr \cdot \pi \cdot D^2}{\sum f_i \cdot c_{pi}}$$

3. Persamaan pendukung

a. Kinetika reaksi

Diperoleh dari spicer 2022:

$$k = 8,26 \times 10^4 \exp\left(\frac{-10.681}{T}\right)$$

b. Berdasarkan (Kunii,1990) ukuran reactor berkisar antara 3-5 m

c. Komposisi bahan pada konversi ketinggian

$$F_{\text{mol}}(1) = F_{\text{molin}}(1)$$

$$F_{\text{mol}}(2) = F_{\text{molin}}(2) - x_1 * f_{\text{molin}}(6)$$

$$F_{\text{mol}}(3) = F_{\text{molin}}(3)$$

$$F_{\text{mol}}(4) = F_{\text{molin}}(4) - 2 * x_1 * f_{\text{molin}}(6)$$

$$F_{\text{mol}}(5) = F_{\text{molin}}(5)$$

$$F_{\text{mol}}(6) = F_{\text{molin}}(6) - (1 - x_1)$$

$$F_{\text{mol}}(7) = F_{\text{molin}}(7) - x_1 * f_{\text{molin}}(6)$$

Dengan:

$$(1) = \text{N}_2$$

$$(2) = \text{O}_2$$

$$(3) = \text{CO}_2$$

$$(4) = \text{H}_2\text{O}$$

$$(5) = \text{Cl}_2$$

$$(6) = \text{TiCl}_4$$

$$(7) = \text{TiO}_2$$

4. Penyelesaian matematis

Penyelesaian menggunakan metode rungekuta:

a. Data

Enthalpy pembentukan (kJ/kmol) berdasarkan (Yaws,1999)

$$H_f(1) = 0$$

$$H_f(2) = 0$$

$$H_f(3) = -393500$$

$$H_f(4) = -241800$$

$$H_f(5) = 0$$

$$H_f(6) = -763200$$

$$H_f(7) = -944747,2$$

Kapasitas panas (J/mol K) berdasarkan (Yaws,1999)

$$C_{pg}(1) = 29.342 - 0.0035395 * T + 0.000010076 * T^2 - 0.0000000043116 * T^3 + 2.5935E-13 * T^4$$

$$C_{pg}(2) = 29.526 - 0.0088999 * T + 0.000038083 * T^2 - 0.000000032629 * T^3 + 8.8607E-12 * T^4$$

$$C_{pg}(3) = 27.437 + 0.042315 * T - 0.000019555 * T^2 + 0.0000000039968 * T^3 - 2.9872E-12 * T^4$$

$$C_{pg}(4) = 27.213 + 0.030425 * T - 0.000033353 * T^2 + 0.000000015961 * T^3 - 2.272021E-12 * T^4$$

$$C_{pg}(5) = 33.933 - 0.0084186 * T + 0.000029906 * T^2 - 0.000000017825 * T^3 + 3.6934E-12 * T^4$$

$$C_{pg}(6) = 67.914 + 0.066801 * T - 0.000035178 * T^2 + 0.0000000072884 * T^3 - 5.1766E-13 * T^4$$

$$C_{pg}(7) = 27.7 - 0.018215 * T + 0.00031069 * T^2$$

Viskositas (centripose) berdasarkan (Yaws,1999)

$$Myug(1) = 42.606 + 0.475 * T - 0.0000988 * T^2$$

$$Myug(2) = 44.224 + 0.562 * T - 0.000113 * T^2$$

$$Myug(3) = -18.568 + 0.76929 * T - 0.0001789 * T^2$$

$$Myug(4) = -3.571 + 0.487 * T - 0.0000853 * T^2$$

$$Myug(5) = -36.826 + 0.429 * T - 0.0000162 * T^2$$

$$\text{Myug}(6) = -17.416 + 0.386 * T - 0.0000559 * T^2$$

$$\text{Myug}(7) = -17.416 + 0.386 * T - 0.0000559 * T^2$$

- b. Menghitung fraksi mol masing-masing komponen

For i = 1 To nkomp

$$Y(i) = \text{fmolin}(i) / \text{fmolint}$$

Next i

- c. Menghitung viskositas fase gas

$$\text{Dummya} = \text{dummya} + y(i) * \text{sqrt}(\text{Mr}(i)) * \text{myug}(i)$$

$$\text{Dummyb} = \text{dummyb} + y(i) * \text{Sqrt}(\text{Mr}(i))$$

Next i

$$\text{Myugav} = \text{dummya} / \text{dummyb}$$

- d. Menghitung kecepatan massa dan mol masing-masing komponen / pipa

$$\text{Fmolint} = 0$$

$$\text{Fmassint} = 0$$

For (i) = 1 To nkomp

$$\text{Fmassin}(i) = \text{fmassin}(i) / \text{npipa}$$

$$\text{Fmolin}(i) = \text{fmolin}(i) / \text{npipa}$$

$$\text{Fmolint} = \text{fmolint} + \text{fmolin}(i)$$

$$\text{Fmassint} = \text{fmassint} + \text{fmassin}(i)$$

Next i

Dengan:

$$\text{Fmolint} = \text{kecepatan mol}$$

$$\text{Fmassint} = \text{kecepatan massa}$$

e. Penyelesaian persamaan matematik menggunakan runge kutta

$$Z_0 = Z \text{ awal}$$

$$X_{10} = X_1 \text{ awal}$$

$$T_{g0} = T_g \text{ awal}$$

$$T_{p0} = T_p \text{ awal}$$

$$P_{t0} = P_t \text{ awal}$$

Dengan:

$$Z = \text{tebal}$$

$$X = \text{konvrsi TiCl}_4 \text{ menjadi TiO}_2$$

$$T_g = \text{suhu gas}$$

$$T_p = \text{suhu produk}$$

$$P_t = \text{tekanan operasi}$$

Konstanta runge kutta ke 1

$$K_{11} = dx/dz * \Delta z$$

$$I_1 = dT_g/dz * \Delta z$$

$$M_1 = dT_p/dz * \Delta z$$

$$N_1 = dP_t/dz * \Delta z$$

Dengan:

$$K_{11} = \text{konstanta runge kutta ke 1 terhadap konversi ke 1}$$

$$I_1 = \text{konstanta runge kutta ke 1 terhadap suhu operasi}$$

$$M_1 = \text{konstanta runge kutta ke 1 terhadap suhu pendingin}$$

$$N_1 = \text{konstanta runge kutta ke 1 terhadap tekanan operasi}$$

Konstanta runge kutta ke 2

$$K21 = dxldz * delz$$

$$I2 = dTgdz * delz$$

$$N2 = dPtdz * deldz$$

Dengan:

K21 = konstanta runge kutta ke 2 terhadap konversi

I2 = konstanta runge kutta ke 2 terhadap suhu operasi

N2 = konstanta runge kutta ke 2 terhadap tekanan operasi

Konstanta runge kutta ke 3

$$K31 = dxldz * delz$$

$$I3 = dTgdz * delz$$

$$N3 = dPtdz * deldz$$

Dengan:

K31 = konstanta runge kutta ke 3 terhadap konversi

I3 = konstanta runge kutta ke 3 terhadap suhu operasi

N3 = konstanta runge kutta ke 3 terhadap tekanan operasi

Konstanta Runge Kutta ke 4

$$K41 = dxldz * delz$$

$$I4 = dTgdz * delz$$

$$M4 = dTpdz * delz$$

$$N4 = dPtdz * delz$$

Dengan:

K41 = konstanta runge kutta ke 4 terhadap konversi

I4 = konstanta runge kutta ke 4 terhadap suhu operasi

$M4$ = konstanta runge kutta ke 4 terhadap suhu pendingin

$N4$ = konstanta runge kutta ke 4 terhadap tekanan operasi

Perhitungan ke pertambahan tinggi berikutnya (Ingkramen)

$$Z_0 = Z_0 + \Delta z$$

$$X_{10} = X_{10} + (K_{11} + 2 * K_{21} + 2 * K_{31} + K_{41})/6$$

$$T_{g0} = T_{g0} + (11 + 2 * l_2 + 2 * l_3 + l_4)/6$$

$$P_{t0} = P_{t0} + (n_1 + 2 * n_2 + 2 * n_3 + n_4)/6$$

$$M_{wav} = f_{massint} / f_{molint}$$

$$G_p = f_{massint}/\Delta p$$

$$V_{lin} = G_p/\rho_{hog}$$

$$Cetak = cetak + 1$$

$$Waktu = Z_0 / v_{lin}$$

Dengan:

$$M_{wav} = \text{massa molekul campuran (kg/kmol)}$$

$$G_p = \text{fluks massa (kg/m}^2\text{)}$$

$$\rho_{hog} = \text{densitas (kg/m}^3\text{)}$$

$$V_{lin} = \text{kecepatan linear (m/s)}$$

f. Persamaan differensial dan persamaan pendukung yang diselesaikan

$$F_{mol}(1) = F_{molin}(1)$$

$$F_{mol}(2) = F_{molin}(2) - x_1 * f_{molin}(6)$$

$$F_{mol}(3) = F_{molin}(3)$$

$$F_{mol}(4) = F_{molin}(4) - 2 * x_1 * f_{molin}(6)$$

$$F_{mol}(5) = F_{molin}(5)$$

$$F_{\text{mol}}(6) = F_{\text{molin}}(6) - (1 - x_1)$$

$$F_{\text{mol}}(7) = F_{\text{molin}}(7) - x_1 * f_{\text{molin}}(6)$$

Kecepatan masing masing komponen

$$F_{\text{massin}}(i) = f_{\text{mol}}(i) / M_r(i)$$

$$F_{\text{molin}}(i) = f_{\text{masst}} / f_{\text{mass}}(i)$$

$$F_{\text{molt}} = f_{\text{molt}} + f_{\text{mol}}(i)$$

Next i

Rapat massa molekul campuran (kg/kmol)

$$M_{\text{wav}} = f_{\text{masst}} / f_{\text{molt}}$$

Rapat massa (kg.m³)

$$\rho_{\text{hog}} = M_{\text{wav}} * P_t / (0,08205 * T_g)$$

Fraksi mol masing-masing komponen

$$Y(i) = f_{\text{mol}}(i) / f_{\text{molt}}$$

Next i

$$C_{\text{TiCl}_4} = y(6) * P_t / (0,08205 * T_g)$$

$$C_{\text{pgav}} = 0 : f_{\text{icpi}} = 0$$

$$\text{Dummyviskga} = 0 : \quad \text{Dummyviskgb} = 0$$

$$\text{Dummyakthga} = 0 : \quad \text{Dummykthgb} = 0$$

For i = 1 to nkom

$$C_{\text{pgav}} = c_{\text{pgav}} + y(i) * c_{\text{pg}}(i) / M_r(i)$$

$$F_{\text{icpi}} = f_{\text{icpi}} + f_{\text{mol}}(i) * c_{\text{pg}}(i)$$

Viskositas gabungan

$$\text{Dummyviskga} = \text{Dummyviskga} + y_i(i) * (\text{Mr}(i)) ^{0,5} * \text{myug}(i) * 0,0000001$$

$$\text{Dummyviskgb} = \text{Dummyviskgb} + y_i(i) * (\text{Mr}(i)) ^{0,5} * \text{myug}(i)$$

Next i

$$\text{Myugav} = \text{Dummyviskga} / \text{Dummyviskgb}$$

$$\text{Gp} = \text{fmasst} / \text{ap}$$

$$\text{Vlin} = \text{Gp} / \text{rhog}$$

Bilangan Reynold

$$\text{Rep} = \text{Id} * \text{Gp} / \text{myugav}$$

Dengan:

Fmasst = keceptan massa komponen total (kg/s.pipa)

Fmolt = keceptan mol komponen total (kmol/s.pipa)

Ap = luas penampang pipa (m^2)

Panas reaksi dihitung dengan panas pembentukan, yaitu:

$$\text{Delhrs1} = \text{delhf}(7) + 2 * \text{delhf}(4) - \text{delhf}(2) - \text{delhf}(6)$$

$$\text{Delhr1} = \text{delhrs1} + \text{icpg}(7) + 2 * \text{icpg}(4) - \text{icpg}(2) - \text{icpg}(6)$$

$$\text{Kreaksi1} = 836 * \exp(-88800/\text{Rg}/\text{Tg})$$

$$\text{Reaksi1} = \text{kreaksi} * \text{CTiCl4}$$

Dengan:

Delhf = enthalpy (kJ/kmol)

Delhrs1 = panas reaksi standar (kJ/kmol)

Delhr1 = panas reaksi pada suhu operasi (kJ/kmol)

Persamaan differensial yang diselesaikan, didapat:

Persamaan ke 1

$$Dx/dz = a_p \cdot \text{reaksi1} / f_{\text{molin}} \quad (6)$$

Persamaan ke 2

$$dT/dz = (-\text{reaksi1} \cdot \Delta H_{r1}) \cdot a_p / f_{\text{icpi}}$$

Persamaan ke 3

Berdasarkan (kern,1950) faktor friksi diprediksi menggunakan persamaan fanning

$$ff = 0,0035 + 0,264 / Re_p^{0,42}$$

$$dP/dz = 4 \cdot ff \cdot G_p^2 / (2 \cdot \rho_{\text{hog}} \cdot Id)$$

Mengkonversi satuan dari N/m² ke atm

$$dP/dz = - dP/dz / 101325$$

dengan:

$$ff = \text{faktor friksi (N/m}^2\text{)}$$

5. Hasil perhitungan dengan *visual basic*

Didapatkan hasil perhitungan menggunakan visual basic dengan menggunakan hubungan antara tinggi reactor, konversi(x1), suhu (Tg), tekanan (pt) dan bilangan Reynold (re).

Tabel 1 Hasil Perhitungan *Visual Basic*

Tinggi	X ₁	T _g (°C)	P _t (atm)	Re
0,0000	0,0000	1100	1,5	0
0,2000	0,2590	1100	1,5	12,9792

Tabel 1...(lanjutan)

Tinggi	X₁	T_g (°C)	Pt (atm)	Re
0,4000	0,4511	1100	1,5	25,9455
0,6000	0,5935	1100	1,5	38,9041
0,8000	0,6991	1100	1,5	51,8581
1,000	0,7772	1100	1,5	64,8097
1,2000	0,8351	1100	1,5	77,7601
1,4000	0,8780	1100	1,5	90,7101
1,6000	0,9097	1100	1,5	103,6603
1,8000	0,9332	1100	1,5	116,6109
2,0000	0,9509	1100	1,5	129,5619
2,2000	0,9634	1100	1,5	142,5134
2,4000	0,9729	1100	1,5	155,4654
2,6000	0,9800	1100	1,5	168,4178
2,8000	0,9852	1100	1,5	181,3706
3,0000	0,9890	1100	1,5	194,3237
Tinggi	X ₁	T _g (°C)	Pt (atm)	Re
3,0620	0,9900	1100	1,5	198,3392

Diameter reactor (m) : 0,6096

Tinggi reactor (m) : 3,062

Waktu tinggal (s) : 198,3392

Waktu tinggal (m/s) : 0,0153

6. Perhitungan pendukung

a. Menghitung tebal dinding *shell*

Berdasarkan persamaan 13. 1 (Brownell,1959)

$$t = \frac{pri}{f E - 0,6P} + C$$

Dengan:

t = tebal shell (in)

p = tekanan (psi)

ri = jari-jari reactor (in)

f = allowance stress

E = effesiensi pengelasan (lb/in²)

C = corrosion allowance (in)

Maka:

P = 22,0439 psi

r = 60,2756 in

f = 2000 (Brownell,1959)

E = 0,95 (Brownell,1959)

C = 0,125 (Peters,1990)

t = 0,8292 in

t = 0,0211 m

b. Menghitung tebal *bottom*

Berdasarkan persamaan 6. 154 (Brownell,1959)

$$t = \frac{pd}{2 \cos \alpha (fE - 0,6p)} + C$$

Maka:

$$P = 22,0439 \text{ psi}$$

$$d = 118,11 \text{ in}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$f = 2000 \quad (\text{Brownell, 1959})$$

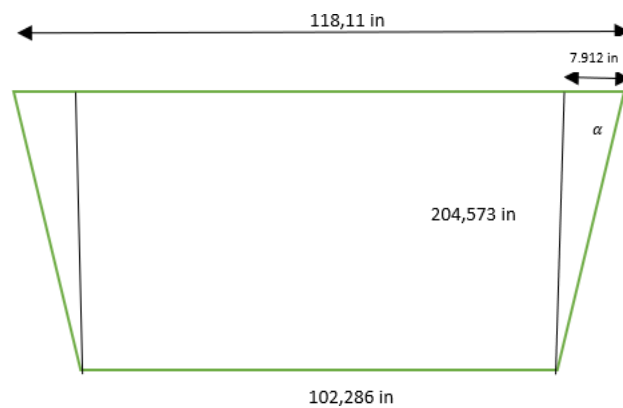
$$E = 0,95 \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$C = 0,125 \quad (\text{Peters, 1990})$$

$$t = 0,9217 \text{ in}$$

$$t_{\text{standart}} = \frac{5}{16} \text{ in}$$

$$t_{\text{standart}} = 0,023 \text{ m}$$



Gambar 4 Ilustrasi Tebal Penutup *Buttom*

c. Menghitung tebal *head*

Berdasarkan persamaan 13. 14 (Brownell, 1959)

$$t = r_i(Y^{1/3} - 1) = r_o \left(\frac{Y^{1/3} - 1}{Y^{1/3}} \right)$$

where

$$Y = \frac{2(fE + p)}{2fE - p}$$

Menggunakan *head* jenis hemispherical

$$t = r_i(Y^{1/3} - 1)$$

where

$$Y = \frac{2(fE + p)}{2fE - p}$$

$$f = 2000 \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$E = 0,95 \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$Y = 1,0175$$

$$r_i = 60,2756$$

$$t = \frac{6}{16} \text{ in}$$

$$t = 0,0087 \text{ m}$$

d. Menghitung tinggi *head*

$$OD = ID + 2t$$

Dengan:

OD = diameter luar

ID = diameter dalam

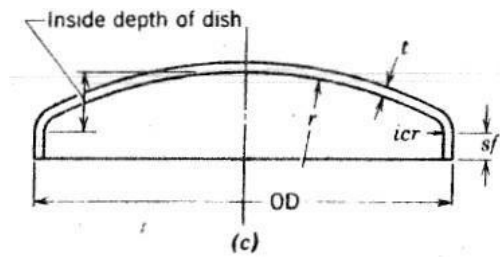
T = tebal penutup bawah

Maka:

$$ID = 118,11 \text{ in}$$

$$T = 0,9217 \text{ in}$$

$$OD = 119,953$$



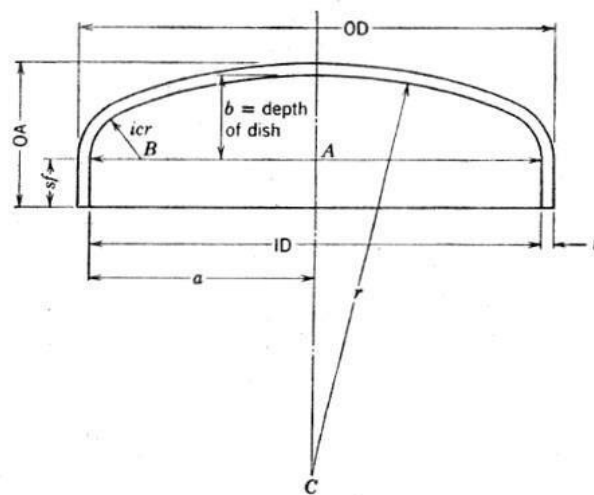
Gambar 5 Head

Berdasarkan (Brownell,1959):

$$I_{cr} = 7 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$R = 114 \text{ in}$$

Berdasarkan (Brownell,1959) dilakukan perhitungan menggunakan persamaan sebagai berikut:



Gambar 6 Skema Head

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$b = r - \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - (icr)$$

$$BC = r - (icr)$$

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

$$OA = t + b + sf$$

Dengan:

Icr = radius sudut dalam (in)

r = jarak *dish* (in)

b = kedalaman *dish* (in)

s = *straight flange* (in)

OA= tinggi *head* (in)

Maka:

$$A = 59,0550$$

$$AB = 51 \frac{4}{5}$$

$$BC = 106 \frac{3}{4}$$

$$AC = 93,3370$$

$$B = 20,6630$$

$$Sf = 2 \quad (\text{Tabel 5.13 Brownell, 1959})$$

$$T = \frac{6}{16}$$

$$OA = 23 \text{ in}$$

$$OA = \frac{9}{16} \text{ m}$$

- e. Menghitung tinggi buttom

$$H = ID\sqrt{3}$$

Maka:

$$H = 204,5725 \text{ in}$$

$$H = 5,1961$$

- f. Menghitung tinngi total

$$H_{\text{total}} = \text{Tinggi } head + \text{tinggi } buttom$$

Maka:

$$H_{\text{total}} = 5,78066 \text{ m}$$

- g. Menghitung isolator

Pemberian isolator pada dinding luar bertujuan untuk menjaga keamanan lingkungan, sehingga kondisi operasinya:

$$T_u = 303,15 \text{ K}$$

$$T_i = 313,15 \text{ K}$$

Dengan:

$$T_u = \text{suhu udara}$$

$$T_i = \text{suhu dinding luar isolator}$$

- a. Pemilihan bahan isolator

Bahan isolator yang dipakai adalah *glass fiber*. Pemilihan isolator didasarkan pada:

1. Suhu operasi

2. Konduktivitas termal (Cengel,2001) yaitu:

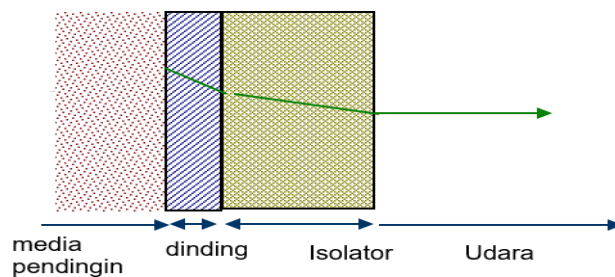
Konduktifitas termal isolator (k_{thi}) = 0,043 W/m K

Konduktifitas termal baja (k_{ths}) = 80,2 W/m K

b. Perpindahan kalor

Diasumsikan suhu permukaan dinding dalam selongsong sama dengan suhu media pendingin, sehingga perpindahan kalor terjadi dalam keadaan tunak. Perpindahan kalor yang terjadi:

1. Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam selongsong ke dinding luar selongsong
2. Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam isolator ke dinding luar isolator
3. Perpindahan kalor secara konveksi dan radiasi dari permukaan isolator ke udara lingkungan



Gambar 7 Sketsa Perpindahan Kalor

Sehingga dapat dihitung dengan persamaan (Cengel,2001):

$$Q = KA \frac{\Delta T}{L}$$

1. Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam selongsong ke dinding luar selongsong.

$$\dot{Q} = kths \frac{T_p - ts''}{xs}$$

2. Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam isolator ke dinding luar isolator mengikuti persamaan:

$$\dot{Q} = kthi \frac{ts'' - ti}{xi}$$

3. Perpindahan kalor secara konveksi dan radiasi dari permukaan isolator ke udara lingkungan dengan persamaan (Cengel,2001) sebagai berikut:

$$\dot{Q}_c = hc (ti - tu)$$

Dengan hc didapatkan dari persamaan (Kern,1960):

$$hc = 0,3 (ti - tu)^{0,25}$$

Dengan:

X_s = Tebal dinding selongsong (m)

X_i = Tebal dinding isolator (m)

T_p = Suhu media pendingin (K)

T_s' = Suhu permukaan dalam selongsong (K)

T_s'' = Suhu permukaan luar selongsong

t_i = Suhu dinding luar isolator (K)

t_u = Suhu udara lingkungan

h_c = koefisien perpindahan kalor secara konveksi ke udara
lingkungan ($\text{kJ/m}^2\text{s K}$)

Maka:

$$T_i = 313,15 \text{ K}$$

$$T_u = 308,15 \text{ K}$$

$$H_c = 0,0029 \text{ kJ/m}^2\text{s K}$$

$$Q_c = 0,0295 \text{ kJ/m}^2\text{s K}$$

$$X_s = 0,0211 \text{ m}$$

$$K_{ths} = 0,0802 \text{ kJ/m s K}$$

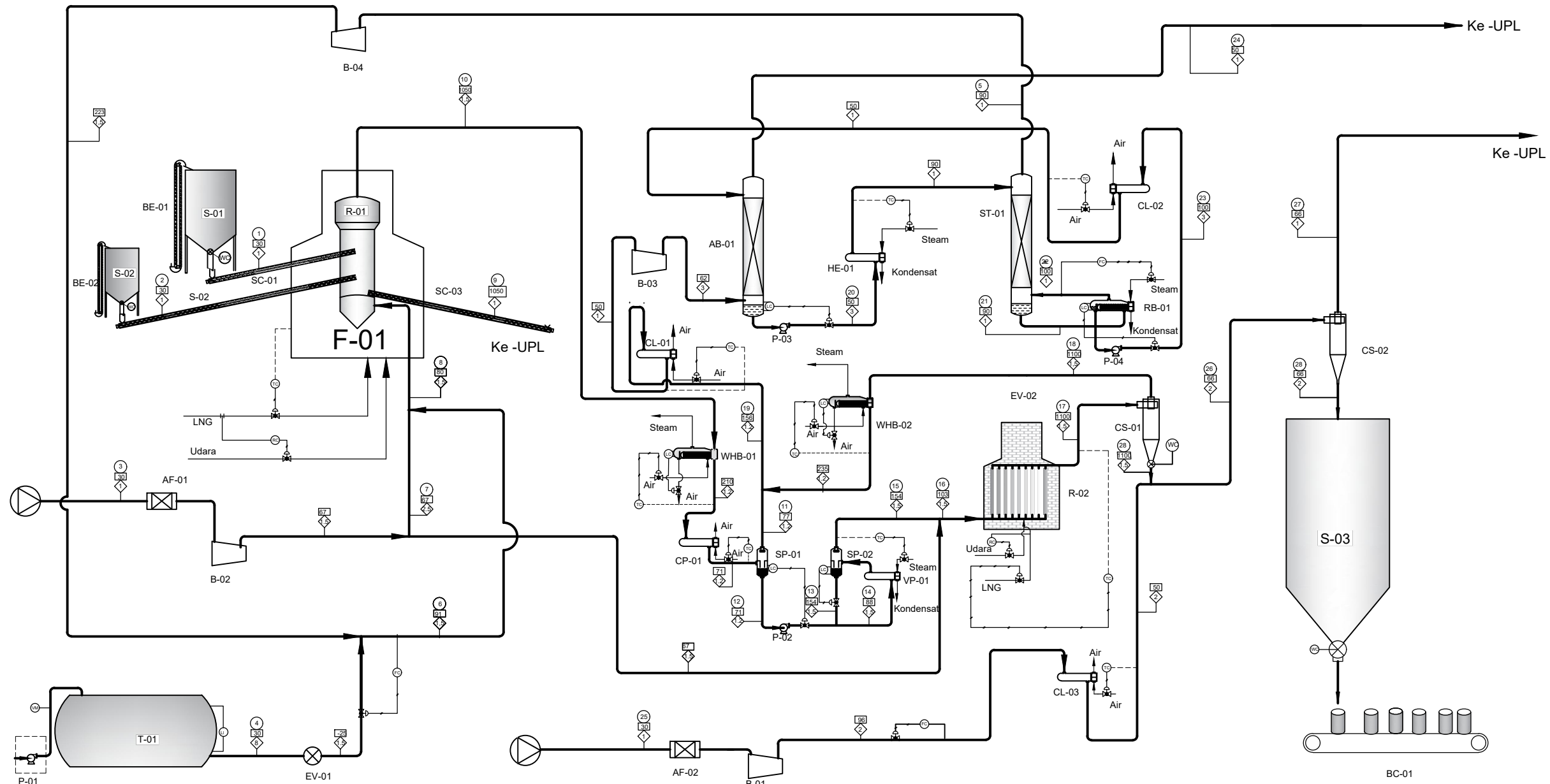
$$K_{thi} = 0,000043 \text{ kJ/m s K}$$

$$T_{reaktor} = 1424,15 \text{ K}$$

$$T_i = 313,15 \text{ K}$$

$$X_i = 1,62 \text{ m}$$

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK TITANIUM DIOKSIDA DARI ILMENIT
DENGAN PROSES KLORIDA KAPASITAS : 100.000 ton/tahun



NERACA MASSA (kg/jam)

KOMPONEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Udara																												
N ₂			26514,48				26514,48	26514,48	26514,48	26514,48	26514,48					6121,82	20151,01	20151,01	46665,49						4665,49			
O ₂			8055,03				8055,03	8055,03		1678,13	1678,13					20151,01	1071,32	1071,32	2749,45						2749,45			
CO										14029,18																		
CO ₂										14029,18	14029,18								14029,18							14029,18		
Cl ₂				226,38	23603,09	23829,47		23829,47		1191,47	1191,47																	
TiCl ₄										30290,28		30290,28	7568,87	37859,14	37859,14	30290,28	302,90	302,90	302,90									
C		4027,52							201,38																			
H ₂ O				1,14		1,14				1,14		1,14	0,09	1,23	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	643151,53	41699,28	23603,09	643151,53		12,63		12,63
FeTiO ₃	25507,60								1275,38																			
Fe ₂ O ₃	1075,14								13828,93																			
TiO ₂	13425,05								13425,05																			
MnO	246,30								246,30																			
V ₂ O ₅	105,51								105,51																			
P ₂ O ₅	34,97								34,97																			
CaO	207,11								207,11																			
MgO	852,24								852,24																			
SiO ₂	394,01								394,01																			
Al ₂ O ₃	248,10								248,10																			
Co ₃ O ₄	11,15								11,15																			
ZrO ₂	6,33								6,33																			
Nb ₂ O ₅	3,02								3,02																			
TOTAL	42116,53	4027,52	34569,51	227,52	23603,09	2294286,28	34569,51	58398,98	30839,48	73704,68	43413,27	30291,41	7568,96	37859,14	30291,41	56564,24	56564,24	43937,98	87351,25	730501,64	41699,28	23603,09	643151,53	63747,02	840,91	13467,17	840,91	12613,64

Keterangan	SIMBOL
AB	Absorber
AF	Air Filter
CL	Pendingin
CP	Kondensor
CS	Cyclone Separator
EV	Expansion Valve
F	Furnace
B	Blower
BC	Belt Conveyor
BE	Belt Elevator
HE	Heat Exchanger
P	Pompa
PR	Pressure Reducer
R	Reaktor
RB	Reboiler
S	Silo
SC	Screw Conveyor
ST	Stripper
SP	Separator
T	Tangki
V	Vapouriser
WHB	Waste Heat Boiler

Pengendali	SIMBOL
FC	Pengendali arus
LC	Pengendali ketinggian
LI	Pengukur ketinggian
R	Reaktor
RC	Ratio Controller
TC	Pengendali suhu
VM	Pengukur volume

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK TITANIUM DIOKSIDA
DARI ILMENIT DENGAN PROSES KLORIDA
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :
1. NISA AULIA RAHMA 19521021
2. RAISA SYAHRANI 19521023

Dosen Pembimbing :
Dr.ARIANY ZULKANIA , S.T., M.Eng.

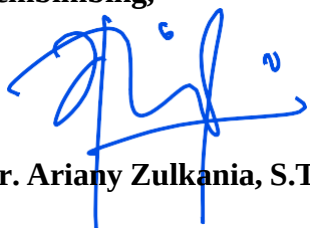
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Raisa Syahrani
No. MHS 19521023
2. Nama Mahasiswa : Nisa Aulia Rahma
No. MHS 19521021

Judul Perancang : PERANCANGAN PABRIK TITANIUM DIOKSIDA DARI ILMENIT
DENGAN PROSES KLOORIDA KAPASITAS 100.000 ton/tahun

Mulai Masa Bimbingan : 10 Oktober 2022
Batas Akhir Bimbingan : 8 April 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	7 Oktober 2022	Konsultasi pemilihan judul	
2.	14 Oktober 2022	Konsultasi mengenai data impor, ekspor, produksi, dan konsumsi	
3.	24 Oktober 2022	Konsultasi mengenai data impor, ekspor, produksi, dan konsumsi dan pemilihan reaksi	
4.	31 Oktober 2022	Konsultasi pembuatan diagram alir	
5.	11 November 2022	Konsultasi penentuan kapasitas pabrik	

Disetujui Draft Penulisan:
Yogyakarta, 16 November 2022
Pembimbing,

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

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Raisa Syahrani
No. MHS 19521023
2. Nama Mahasiswa : Nisa Aulia Rahma
No. MHS 19521021

Judul Perancang : PERANCANGAN PABRIK TITANIUM DIOKSIDA DARI ILMENIT
DENGAN PROSES KLOORIDA KAPASITAS 100.000 ton/tahun

Mulai Masa Bimbingan : 10 Oktober 2022
Batas Akhir Bimbingan : 8 April 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	7 Oktober 2022	Konsultasi pemilihan judul	
2.	14 Oktober 2022	Konsultasi mengenai data impor, ekspor, produksi, dan konsumsi	
3.	24 Oktober 2022	Konsultasi mengenai data impor, ekspor, produksi, dan konsumsi dan pemilihan reaksi	
4.	31 Oktober 2022	Konsultasi pembuatan diagram alir	
5.	11 November 2022	Konsultasi penentuan kapasitas pabrik	
6.	28 November 2022	Konsultasi bahan baku	
7.	5 Desember 2022	Konsultasi proses reaksi	
8.	14 Desember 2022	Konsultasi proses reaksi dan alat yang digunakan	
9.	21 Desember 2022	Konsultasi proses yang terjadi di reaktor	

Disetujui Draft Penulisan:
Yogyakarta, 10 Januari 2023
Pembimbing,



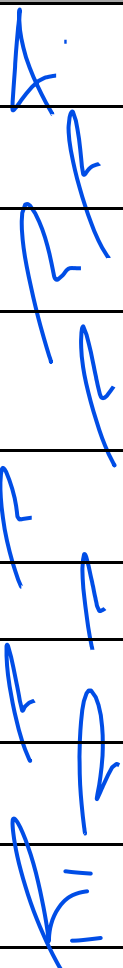
Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.

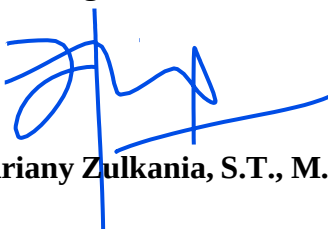
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Raisa Syahrani
No. MHS 19521023
2. Nama Mahasiswa : Nisa Aulia Rahma
No. MHS 19521021

Judul Perancang : PERANCANGAN PABRIK TITANIUM DIOKSIDA DARI ILMENIT
DENGAN PROSES KLOORIDA KAPASITSAS 100.000 ton/tahun

Mulai Masa Bimbingan : 10 Oktober 2022
Batas Akhir Bimbingan : 8 April 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	26 Januari 2023	Konsultasi mengenai neraca masa, alat dan reaksi	
2.	9 Februari 2023	Konsultasi mengenai alat	
3.	16 Februari 2023	Konsultasi mengenai proses	
4.	6 Maret 2023	Konsultasi mengenai diagram alir	
5.	13 Maret 2023	Konsultasi mengenai alat	
6.	20 Maret 2023	Kosultasi mengenai alat	
7.	27 Maret 2023	Konsultasi mengenai alat	
8.	3 April 2023	Konsultasi mengenai alat	
9.	10 April 2023	Konsultasi mengenai alat	

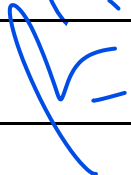
Disetujui Draft Penulisan:
Yogyakarta, 14 April 2023
Pembimbing,

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

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

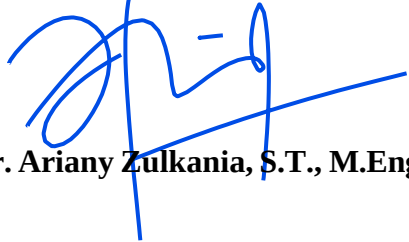
1. Nama Mahasiswa : Raisa Syahrani
No. MHS 19521023
2. Nama Mahasiswa : Nisa Aulia Rahma
No. MHS 19521021

Judul Perancang : PERANCANGAN PABRIK TITANIUM DIOKSIDA DARI ILMENIT
DENGAN PROSES KLOORIDA KAPASITSAS 100.000 ton/tahun

Mulai Masa Bimbingan : 9 April 2023
Batas Akhir Bimbingan : 6 Oktober 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	9 Mei 2023	Kosultasi mengenai alat yang digunakan dan revisi pada beberapa alat	
2.	23 Mei 2023	Konsultasi PEFD	
3.	5 Juni 2023	Konsultasi mengenai ekonomi dan PEFD	

Disetujui Draft Penulisan:
Yogyakarta, 6 Juni 2023
Pembimbing,



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