

TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK KLORIN DIOKSIDA
DARI NATRIUM KLORAT, HIDROGEN PEROKSIDA,
DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN



Disusun Oleh:

Betha Putri Pratiwi	I 0516009
Della Intania Putri Nizi	I 0516013

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2020

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK KLOORIN DIOKSIDA
DARI NATRIUM KLOORAT, HIDROGEN PEROKSIDA,
DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

Oleh:

Betha Putri Pratiwi I 0516009

Della Intania Putri Nizi I 0516013

Pembimbing II

Pembimbing I

08/07/2020



Anayati, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 19710829 199903 2 001



Dr. Sperisa Distantina, S.T., M.T.
 NIP. 19740509 200003 2 002

Dipertahankan di depan tim penguji:

1. Dr. Joko Waluyo, S.T., M.T.

NIP. 19860216 201404 1 001

2. Dr. Margono, S.T., M.T.

NIP. 19781107 199702 1 001

Disahkan
 Ketua Program Studi Sarjana Teknik
 Kimia



Ir. Dr. Adrian Nur, S.T., M.T.
 NIP. 19730108 200012 1 001


















LEMBAR KONSULTASI**Tugas Akhir Prarancangan Pabrik Kimia**

Nama : 1. Betha Putri Pratiwi (I 0516009)
 2. Della Intania Putri Nizi (I 0516013)

Judul TA – PPK : Prarancangan Pabrik Klorin Dioksida dari Natrium Klorat,
 Hidrogen Peroksida dan Asam Sulfat Kapasitas 60.000
 Ton/Tahun

Tanggal Mulai : 2 Desember 2019

Dosen Pembimbing : 1. Dr. Sperisa Distantina, S.T., M.T.
 2. Inayati, S.T., M.T., Ph.D.

No	Tanggal	Konsultasi	Paraf			
			Mhs	Mhs	Pembimbing 1	Pembimbing 2
1	2-12-2019	Penentuan kapasitas produksi Tinjauan termodinamika Tinjauan kinetika Kebutuhan bahan baku				
2	5-12-2019	Reaktor - Tinjauan reaksi - Neraca massa				
3	10-12-2019	Reaktor - Volume reaktor				
4	13-12-2019	Reaktor - Optimasi reaktor				
5	8-1-2020	Reaktor - Desain mekanik				
6	13-1-2020	Reaktor - Desain jaket pendingin				
7	4-3-2020	Barometric condenser - Neraca massa - Neraca panas - Dimensi alat				

8.	11-03-2020	Absorber - Skema alat - Neraca massa - Neraca panas		Prof. Dellarand	
9.	18-03-2020	Absorber - Dimensi alat		Prof. Dellarand	
10.	26-03-2020	Evaporator - Skema alat - Neraca massa - Neraca panas - Dimensi alat		Prof. Dellarand	
11.	30-03-2020	Cooler - Skema alat - Neraca panas - Dimensi alat		Prof. Dellarand	
12.	2-04-2020	Crystallizer - Skema alat - Dimensi alat		Prof. Dellarand	
13.	6-04-2020	Centrifuge - Skema alat - Neraca massa - Dimensi alat		Prof. Dellarand	
14.	9-04-2020	Filter conveyor - Skema alat - Neraca massa - Dimensi alat		Prof. Dellarand	
15.	13-04-2020	Rotary dryer - Skema alat - Neraca massa - Neraca panas - Dimensi alat		Prof. Dellarand	
16.	16-04-2020	Blower - Skema alat - Dimensi alat		Prof. Dellarand	
17.	20-04-2020	Heater - Neraca panas - Dimensi alat Mixing Tank - Skema alat - Neraca massa - Dimensi alat		Prof. Dellarand	

18.	20-04-2020	Storage tank -Dimensi alat		Jelland		
19.	23-04-2020	DAP Kuantitatif DAP Kualitatif Process Flow Diagram		Jelland		
20.	27-04-2020	Layout peralatan proses Layout pabrik Layout storage tank Pompa		Jelland		
21.	30-04-2020	Meraca massa total Meraca panas total		Jelland		
22.	4-05-2020	Controller		Jelland		
23.	11-05-2020	Utilitas		Jelland		
24.	14-05-2020	Manajemen perusahaan		Jelland		
25.	25-05-2020	Ekonomi		Jelland		
26.	28-05-2020	Naskah		Jelland		
27.	5-06-2020	Naskah		Jelland		
28.	9-06-2020	Naskah		Jelland		
29.	12-06-2020	Naskah		Jelland		
30.	16-06-2020	Naskah		Jelland		

layak ujian pendadaran

Dinyatakan selesai
Tanggal :

Pembimbing I

Dr. Sperisa Distantina, S.T., M.T.
NIP. 19740509 200003 2 002

Pembimbing II

Inayati, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19710829 199903 2 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis akhirnya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Klorin Dioksida dari Natrium Klorat, Hidrogen Peroksida dan Asam Sulfat Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan di Program Studi Sarjana Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret. Proses penyusunan laporan ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dorongan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa dan dukungannya.
2. Dr. Ir. Adrian Nur, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Dr. Sperisa Distantina, S.T., M.T. dan Inayati, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan arahannya dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen, laboran dan administrasi Program Studi Sarjana Teknik Kimia atas ilmu, arahan, dan bantuannya selama ini.
5. Teman – teman S1 Teknik Kimia 2016 yang selalu memberi semangat dan dukungan untuk selalu terus maju, selalu berkarya, dan pantang menyerah.
6. Pihak-pihak lain yang tidak dapat kami sebutkan satu – persatu.

Penyusun menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih kurang sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat kami harapkan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun bagi pembaca.

Surakarta, Juni 2020

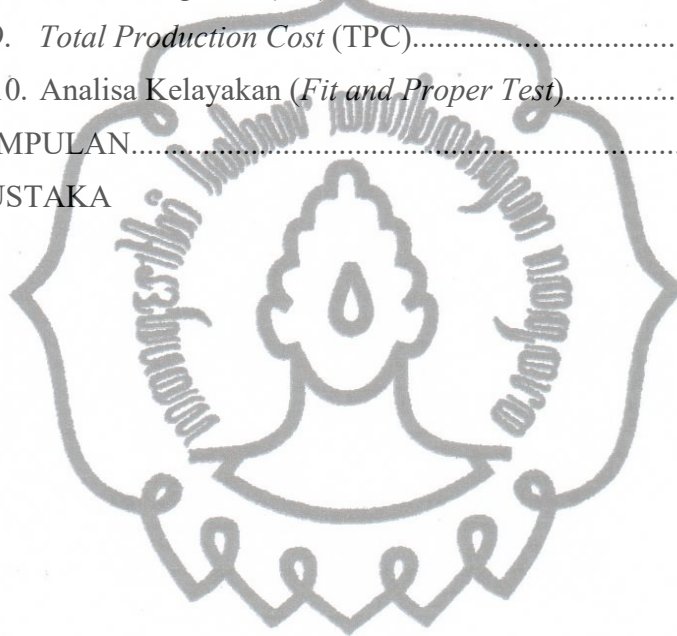
Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik.....	1
I.2. Penentuan Kapasitas Perancangan.....	2
I.2.1. Kebutuhan Klorin Dioksida di Dalam Negeri.....	2
I.2.2. Kapasitas Pabrik yang Sudah Ada.....	3
I.2.3. Ketersediaan Bahan Baku.....	4
I.3. Pemilihan Lokasi Pabrik.....	4
I.3.1. Faktor Utama.....	5
I.3.2. Faktor Pendukung.....	6
I.4. Tinjauan Pustaka.....	7
I.4.1. Macam-macam Proses.....	7
I.4.2. Kegunaan Produk.....	9
I.4.3. Sifat Fisis dan Kimia.....	9
I.4.4. Tinjauan Proses Secara Umum.....	15
BAB II DESKRIPSI PROSES.....	17
II.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	17
II.1.1. Spesifikasi Bahan Baku.....	17
II.1.2. Spesifikasi Produk.....	19
II.2. Konsep Dasar Proses.....	20
II.2.1. Dasar Reaksi.....	20
II.2.2. Kondisi Operasi.....	20
II.2.3. Tinjauan Termodinamika.....	20
II.2.4. Tinjauan Kinetika.....	24
II.3. Diagram Alir Proses dan Tahapan Proses.....	25

II.3.1. Diagram Alir Kualitatif.....	25
II.3.2. Diagram Alir Kuantitatif.....	26
II.3.3. Diagram Alir Proses.....	27
II.3.4. Tahapan Proses.....	28
II.4. Neraca Massa dan Neraca Panas.....	30
II.4.1. Neraca Massa.....	30
II.4.2. Neraca Panas.....	31
II.5. <i>Layout</i> Peralatan dan Pabrik.....	33
II.5.1. <i>Layout</i> Peralatan.....	33
II.5.2. <i>Layout</i> Pabrik.....	35
BAB III SPESIFIKASI PERALATAN PROSES.....	37
III.1. Tangki.....	37
III.1.1. Tangki Penyimpanan Air.....	37
III.1.2. Tangki Penyimpanan Hidrogen Peroksida.....	38
III.1.3. Tangki Penyimpanan Asam Sulfat.....	39
III.1.4. Tangki Penyimpanan Klorin Dioksida.....	40
III.2. Bin	41
III.2.1. Bin Natrium Klorat.....	41
III.2.2. Bin Natrium Hidroksida.....	42
III.2.3. Bin Natrium Sulfat.....	43
III.3. <i>Mixing Tank</i>	43
III.4. Reaktor.....	45
III.5. <i>Barometric Condenser</i>	47
III.6. <i>Absorber</i>	49
III.7. <i>Evaporative Crystallizer</i>	51
III.8. <i>Heat Exchanger</i>	53
III.9. <i>Crystallizer</i>	54
III.10. <i>Centrifuge</i>	56
III.11. <i>Screw Conveyor</i>	56
III.12. <i>Filter Spray Conveyor</i>	57
III.13. <i>Blower</i>	58
III.14. <i>Dryer</i>	59
III.15. <i>Belt Conveyor</i>	59
III.16. <i>Bucket Elevator</i>	61

VI.4. Hasil Perhitungan.....	99
VI.4.1. <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI).....	99
VI.4.2. <i>Working Capital Investment</i> (WCI).....	100
VI.4.3. <i>Total Capital Investment</i> (TCI).....	100
VI.4.4. <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC).....	101
VI.4.5. <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC).....	101
VI.4.6. <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC).....	102
VI.4.7. <i>Total Manufacturing Cost</i> (TMC).....	102
VI.4.8. <i>General Expense</i> (GE).....	102
VI.4.9. <i>Total Production Cost</i> (TPC).....	103
VI.4.10. Analisa Kelayakan (<i>Fit and Proper Test</i>).....	103
VI.5. KESIMPULAN.....	104
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel I.1. Data Impor Klorin Dioksida di Indonesia.....	2
Tabel I.2. Pabrik Klorin Dioksida yang Sudah Ada.....	3
Tabel I.3. Kelebihan dan Kelemahan Proses Pembuatan Klorin Dioksida.....	8
Tabel II.1. Harga ΔH_f° pada suhu 298 K.....	21
Tabel II.2. Harga ΔG_f° pada suhu 298 K.....	22
Tabel II.3. Jumlah Arus Input Neraca Massa Total.....	30
Tabel II.4. Tabel Jumlah Arus Output Neraca Massa Total.....	31
Tabel II.5. Neraca Panas Total di Sekitar Pabrik.....	32
Tabel IV.1. Kebutuhan Air Pendingin.....	70
Tabel IV.2. Kebutuhan Air Umpan Boiler.....	70
Tabel IV.3. Kebutuhan Air Konsumsi Umum dan Sanitasi.....	71
Tabel IV.4. Kebutuhan Air Proses.....	71
Tabel IV.5. Total Kebutuhan Air Industri.....	72
Tabel IV.6. Spesifikasi Boiler.....	73
Tabel IV.7. Spesifikasi Kompresor.....	73
Tabel IV.8. Spesifikasi Tangki Silika Gel.....	74
Tabel IV.9. Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses dan Utilitas.....	75
Tabel IV.10. Jumlah Lumen Berdasarkan Luas Bangunan.....	77
Tabel IV.11. Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Perkantoran.....	78
Tabel IV.12. Total Kebutuhan Listrik Pabrik.....	79
Tabel V.1. Jadwal <i>Shift</i> Karyawan.....	90
Tabel V.2. Perincian Kualifikasi, Jumlah dan Gaji Karyawan <i>Non-shift</i>	90
Tabel V.3. Perincian Kualifikasi, Jumlah dan Gaji <i>Shift</i>	92
Tabel VI.1. Indeks Harga Alat.....	96
Tabel VI.2. <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI).....	99
Tabel VI.3. <i>Working Capital Investment</i> (WCI).....	100
Tabel VI.4. <i>Total Capital Investment</i> (TCI).....	100
Tabel VI.5. <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC).....	101

Tabel VI.6. <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	101
Tabel VI.7. <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	102
Tabel VI.8. <i>General Expense (GE)</i>	102
Tabel VI.9. Analisis Kelayakan.....	108



DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1. Grafik Kebutuhan Klorin Dioksida di Indonesia.....	3
Gambar I.2. Lokasi Pabrik Klorin Dioksida.....	5
Gambar II.1 Struktur Molekul Natrium Klorat.....	17
Gambar II.2 Struktur Molekul Asam Sulfat.....	18
Gambar II.3 Struktur Molekul Hidrogen Peroksida.....	18
Gambar II.4 Struktur Molekul Air.....	18
Gambar II.5 Struktur Molekul Natrium Hidroksida.....	19
Gambar II.6 Struktur Molekul Klorin Dioksida.....	19
Gambar II.7 Struktur Molekul Natrium Sulfat.....	20
Gambar II.8 Diagram Alir Kualitatif.....	25
Gambar II.9 Diagram Alir Kuantitatif.....	26
Gambar II.10 Diagram Alir Proses.....	27
Gambar II.11 <i>Layout</i> Peralatan Proses.....	34
Gambar II.12 <i>Layout</i> Kawasan Pabrik Klorin Dioksida.....	36
Gambar IV.1. Diagram Alir Pengolahan Air Sungai.....	69
Gambar V.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	88
Gambar VI.1. <i>Chemical Engineering Plant Cost Index</i>	97
Gambar VI.2. Kurva Analisis Kelayakan.....	107

INTISARI

Betha Putri Pratiwi, Della Intania Putri Nizi, 2020, Prarancangan Pabrik Klorin Dioksida dari Natrium Klorat, Hidrogen Peroksida, dan Asam Sulfat Kapasitas 60.000 Ton/Tahun, Program Studi Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Surakarta

Klorin dioksida adalah senyawa anorganik yang digunakan pada proses *bleaching* pulp, desinfektan dan *anti microbial agent*. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan adanya peluang ekspor, maka dirancang pabrik klorin dioksida dengan kapasitas 60.000 ton/tahun bahan baku natrium klorat (99%) sebesar 921,076 ton/tahun, hidrogen peroksida (50%) 291,249 ton/tahun, asam sulfat (98,2%) 494,147 ton/tahun, bahan pendukung natrium hidroksida (99%) 54,041 ton/tahun, dan 92.746,585 ton/tahun air. Pabrik klorin dioksida menghasilkan produk samping natrium sulfat (99,88%) 692,823 ton/tahun, limbah gas O_2 148,721 ton/tahun, uap air 1.531,713 ton/tahun serta limbah cair 32,125,923 ton/tahun. Pabrik ini direncanakan berdiri di kawasan industri Karawang tahun 2024.

Klorin dioksida dihasilkan dengan mereaksikan natrium klorat, hidrogen peroksida, dan asam sulfat yang menghasilkan produk samping natrium sulfat. Reaksi dijalankan di Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan kondisi operasi pada temperatur $50^\circ C$ dan tekanan 0,7 atm rasio mol umpan $NaClO_3 : H_2SO_4 : H_2O_2$ sebesar 1 : 2,0218 : 0,5 dan konversi 98% terhadap natrium klorat. Reaksi bersifat eksotermis sehingga reaktor dilengkapi jaket pendingin dengan media pendingin berupa air pendingin. Hasil reaksi gas ClO_2 dan O_2 dihisap oleh *barometric condenser* kemudian diserap air di *absorber* sehingga diperoleh klorin dioksida 0,8%. Cairan dari reaktor diumpankan ke *evaporative crystallizer* untuk menguapkan air agar diperoleh larutan Na_2SO_4 jenuh (18,24%) dan terbentuk kristal Na_2SO_4 . *Mother liquor* keluaran *evaporative crystallizer* kemudian diumpankan ke *crystallizer* dengan koil sehingga terbentuk kristal natrium sulfat. Kristal dan *mother liquor* dipisahkan dengan *centrifuge*, *mother liquor* berisi sisa reaktan di-*recycle* ke reaktor sedangkan kristal dinetralisasi dengan larutan $NaOH$ 50% karena adanya H_2SO_4 . Kristal dilewatkan di *filter spray conveyor* sehingga proses netralisasi dan filtrasi berlangsung bersamaan. Kristal dikeringkan di *rotary dryer* sehingga diperoleh kristal Na_2SO_4 99,88%. Limbah gas O_2 berasal dari keluaran *absorber* dan limbah cair berasal dari hasil filtrasi pada *filter spray conveyor* dan *barometric condenser*.

Unit pendukung proses pabrik meliputi unit pengadaan air 125.952 m^3 /tahun, *steam* (4,698 atm, $150^\circ C$) 2.219.200 kg/tahun, udara tekan (4 atm) 918.720 m^3 /tahun, udara pengering 612.089 m^3 /tahun, tenaga listrik 1000 kW dan bahan bakar berupa IDO untuk *boiler* 191.477 L/tahun dan Solar untuk generator 3.344 L/tahun. Pabrik didukung laboratorium untuk mengontrol mutu bahan baku, produk, serta limbah.

Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT), dengan struktur organisasi *Line and Staff*. Dari hasil analisis ekonomi diperoleh, Total Investasi Modal sebesar Rp 642.743.040.935 dengan ROI sebelum dan sesudah pajak sebesar 45,92% dan 36,74%, POT sebelum dan sesudah pajak selama 1,93 tahun dan 2,42 tahun, DCF sebesar 24,06%, BEP 42,58% dan SDP 23,59%. Berdasarkan hasil evaluasi dari segi ekonomi, maka pabrik klorin dioksida ini dinilai layak untuk didirikan.