

TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK *PENTAERYTHRITOL* DARI
FORMALDEHYDE, ACETALDEHYDE, DAN NATRIUM HYDROXIDE
KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN



Oleh:

Cariessa Salsanofa Hauri Daffa **I0516011**

Kintan Marchika Putri **I0516026**

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SEBELAS MARET

SURAKARTA

2020

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK PENTAERYTHRITOL DARI
FORMALDEHYDE, ACETALDEHYDE, DAN NATRIUM HYDROXIDE
KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

Oleh :

Cariessa Salsanofa Hauri Daffa I 0516011

Kintan Marchika Putri I 0516026

Pembimbing I 7/9/2020

Pembimbing II

Dr. Dwi Ardiana Setyawardhani, S.T., M.T.

NIP. 19730131 199802 2 001

Dr. Ir. Endah Retno Dyartanti M.T.

NIP. 19690719 200003 2 001

Dipertahankan didepan tim penguji :

1. Ir. Arif Jumari, M.Sc

NIP. 19650315 199702 1 001

1.



2. Dr. Adrian Nur, S.T., M.T.

NIP. 19730102 200012 1 001

2.



Disahkan

Kepala Program Studi S1 Teknik Kimia



Dr. Adrian Nur, S.T., M.T.

NIP. 19730102 200012 1 001































LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nama : 1. Cariessa Salsanofa Hauri Daffa I 0516011
2. Kintan Marchika Putri I 0516026

Judul TA-PPK : Prarancangan Pabrik *Pentaerythritol* dari *Formaldehyde*,
Acetaldehyde, dan *Natrium Hydroxide* Kapasitas 40.000
Ton/Tahun

Tanggal mulai : 4 Desember 2019

Pembimbing : 1. Dr. Dwi Ardiana Setyawardhani, S.T., M.T.
2. Dr. Ir. Endah Retno Dyartanti M.T.

No	Tanggal	Konsultasi	Paraf			
			Mhs.	Mhs.	Pemb. I	Pemb. II
1.	4 Desember 2019	Proposal bab 1 dan bab 2				
2.	10 Desember 2019	Revisi bab 1 dan bab 2				
3.	16 Desember 2019	Revisi DAP dan neraca massa				
4.	7 Januari 2020	Revisi DAP dan neraca massa				
5.	18 Maret 2020	Neraca massa				
6.	1 April 2020	Neraca massa				
7.	7 April 2020	Neraca massa				
8.	16 April 2020	Neraca massa total				
9.	27 April 2020	Desain reaktor				
10.	30 April 2020	Neraca massa total				

No.	Tanggal	Konsultasi	Paraf			
			Mhs.	Mhs.	Pemb. I	Pemb. II
11.	1 Mei 2020	Neraca massa total				
12.	5 Mei 2020	Desain reaktor				
13.	8 Mei 2020	Desain evaporator				
14.	13 Mei 2020	Desain evaporator				
15.	18 Mei 2020	Desain rotary drum vacuum filier				
16.	20 Mei 2020	Desain centrifuge				
17.	29 Mei 2020	Desain rotary dryer				
18.	4 Juni 2020	Desain storage				
19.	8 Juni 2020	Desain storage				
20.	9 Juni 2020	Desain kondensor				
21.	15 Juni 2020	PFD				
22.	16 Juni 2020	Revisi PFD dan konsultasi heat exchanger				
23.	22 Juni 2020	Revisi PFD dan heat exchanger				
24.	23 Juni 2020	Revisi PFD dan heat exchanger				
25.	24 Juni 2020	Alat transfer padatan				

No.	Tanggal	Konsultasi	Paraf			
			Mhs.	Mhs.	Pemb. I	Pemb. II
26.	26 Juni 2020	Pompa				
27.	29 Juni 2020	Utilitas				
28.	30 Juni 2020	Naskah bab 1-2				
29.	4 Juli 2020	Layout pabrik dan alat proses				
30.	5 Juli 2020	Revisi Layout pabrik dan alat proses				
31.	6 Juli 2020	Ekonomi				
32.	7 Juli 2020	Naskah bab 3-4				
33.	18 Juli 2020	Naskah 5-6				
34.	22 Juli 2020	Revisi ekonomi				
35.	23 Juli 2020	Revisi naskah				

- Jumlah konsultasi dengan masing – masing pembimbing minimal sebanyak 8 kali untuk dapat dinyatakan selesai

Dinyatakan selesai

Tanggal : 30 Juli 2020

Pembimbing I

Dr. Dwi Ardiana Setyawardhani, S.T., M.T.

NIP. 19730131 199802 2 001

Pembimbing II

Dr. Ir. Endah Retno Dyartanti M.T.

NIP. 19690719 200003 2 001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena limpahan rahmat dan hidayah-Nya, penulis akhirnya dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik *Pentaerythritol* dari *Formaldehyde*, *Acetaldehyde*, dan *Natruim Hydroxide* Kapasitas 40.000 ton/tahun”. Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Adrian Nur, S.T.,M.T. selaku Kepala Program Studi S1 Teknik Kimia atas bimbingannya.
2. Dr. Dwi Ardiana Setyawardhani, S.T., M.T. dan Dr. Ir. Endah Retno Dyartanti M.T. selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan arahnya dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Ir. Arif Jumari, M.Sc dan Dr. Adrian Nur, S.T., M.T. selaku dosen penguji dalam ujian pendadaran.
4. Seluruh dosen, laboran, dan administrasi Jurusan Teknik Kimia atas ilmu, arahan, dan bantuannya selama ini.
5. Kedua orang tua dan keluarga atas dukungan doa dan semangat yang senantiasa diberikan.
6. Teman – teman Teknik Kimia UNS, khususnya angkatan 2016.
7. Seluruh pihak yang telah membantu, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis membuka diri terhadap segala saran dan kritik yang membangun. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca sekalian.

Surakarta, 29 Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KONSULTASI.....	iii
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
INTISARI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kapasitas Perancangan.....	1
1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik.....	6
1.3.1 Faktor Primer.....	6
1.3.2 Faktor Sekunder	8
1.4 Tinjauan Pustaka	9
1.4.1 Pemilihan Proses Pembuatan <i>Pentaerythritol</i>	10
1.4.2 Kegunaan Produk.....	11
1.4.3 Sifat Fisis dan Sifat Kimia Bahan Baku, Bahan Pembantu, dan Produk Reaksi.....	12
1.4.3.1 Bahan Baku.....	12
1.4.3.2 Produk Reaksi.....	16
1.4.4 Tinjauan Proses Secara Umum.....	17
BAB II DESKRIPSI PROSES	18
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	18
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku	18
2.1.2 Spesifikasi Bahan Pembantu	19
2.1.3 Spesifikasi Produk.....	19
2.2 Konsep Proses	19
2.2.1 Dasar Reaksi	19

2.2.2 Mekanisme Reaksi	20
2.2.3 Tinjauan Termodinamika	20
2.2.4 Tinjauan Kinetika	23
2.2.5 Kondisi Operasi	23
2.3 Diagram Alir Proses dan Tahapan Proses	23
2.3.1 Diagram Alir Proses	23
2.3.2 Tahapan Proses	27
2.4 Neraca Massa dan Neraca Panas	28
2.4.1 Neraca Massa	28
2.5 <i>Lay Out</i> Pabrik dan Peralatan Proses	33
2.5.1 <i>Lay Out</i> Pabrik	33
2.5.2 <i>Lay Out</i> Peralatan Proses	36
BAB III SPESIFIKASI ALAT	38
3.1 Reaktor	38
3.2 Evaporator	39
3.3 Filter	40
3.4 <i>Centrifuge</i>	40
3.5 <i>Dryer</i>	41
3.6 Tangki	42
3.7 Silo	43
3.8 <i>Condensor</i>	44
3.9 <i>Heat Exchanger</i> (HE)	45
3.10 <i>Blower</i>	45
3.11 <i>Screw Conveyor</i>	45
3.12 Pompa	46
3.13 <i>Belt Conveyor</i>	47
3.14 <i>Bucket Elevator</i>	48
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM	49
4.1 Unit Utilitas	49
4.1.1 Unit Pengadaan Air	49
4.1.2 Unit Pengadaan <i>Steam</i>	54

4.1.3	Unit Pengadaan Udara Tekan	56
4.1.4	Unit Pengadaan Listrik.....	57
4.1.5	Unit Pengadaan Bahan Bakar	60
4.2	Laboratorium	61
4.2.1	Laboratorium Fisik.....	62
4.2.2	Laboratorium Analitik.....	63
4.2.3	Laboratorium Penelitian dan Pengembangan	63
4.2.4	Prosedur Analisa Bahan Baku.....	63
4.2.5	Prosedur Analisa Utilitas	64
4.3	Unit Pengolahan Limbah	65
4.4	Keselamatan dan Kesehatan Kerja	65
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN.....		67
5.1	Bentuk Perusahaan	67
5.2	Struktur Organisasi.....	68
5.3	Tugas dan Wewenang.....	69
5.4	Pembagian Jam Kerja dan Gaji Karyawan.....	70
BAB VI ANALISA EKONOMI.....		74
6.1	Penaksiran Harga Peralatan.....	75
6.2	Dasar Perhitungan	76
6.3	Penentuan Total Capital Investment (TCI).....	77
6.4	Hasil Perhitungan	78
6.4.1	<i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	78
6.4.2	<i>Working Capital Investment</i> (WCI)	79
6.4.3	<i>Total Capital Investment</i> (TCI).....	79
6.4.4	<i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC)	79
6.4.5	<i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC)	80
6.4.6	<i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC)	80
6.4.7	<i>Total Manufacturing Cost</i> (TMC).....	80
6.4.8	<i>General Expense</i> (GE)	80
6.4.9	<i>Total Production Cost</i> (TPC).....	81
6.4.10	Perhitungan Keuntungan Produksi (Profit).....	81

6.5	Analisa Kelayakan.....	81
6.5.1	<i>Percent Profit on Sales (POS)</i>	81
6.5.2	<i>Rate of Return on Investment (ROROI)</i>	82
6.5.3	<i>Pay Out Time (POT)</i>	82
6.5.4	<i>Break Even Point (BEP)</i>	83
6.5.5	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	84
6.6	Pembahasan	88
6.7	Kesimpulan.....	88
DAFTAR PUSTAKA		89



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kebutuhan Pentaerythritol di Indonesia.....	2
Tabel 1.2 Negara – Negara Pengimpor Pentaerythritol	4
Tabel 1.3 Data Pabrik Pentaerythritol di Dunia	6
Tabel 1.4 Kegunaan Produk di Industri.....	12
Tabel 2.1 Harga ΔH_f° Masing – Masing Komponen Reaksi Utama.....	21
Tabel 2.2 Harga ΔG_f° Masing – Masing Komponen Reaksi Utama.....	21
Tabel 2.3 Harga ΔH_f° Masing – Masing Komponen Reaksi Penetralan.....	22
Tabel 2.4 Harga ΔG_f° Masing – Masing Komponen Reaksi Penetralan.....	22
Tabel 2.5 Neraca Massa Reaktor	29
Tabel 2.6 Neraca Massa Evaporator	29
Tabel 2.7 Neraca Massa Rotary Drum Vacuum Filter.....	29
Tabel 2.8 Neraca Massa Centrifuge.....	30
Tabel 2.9 Neraca Massa Rotary Dryer.....	30
Tabel 2.10 Neraca Massa Total.....	30
Tabel 2.11 Neraca Panas Reaktor	31
Tabel 2.12 Neraca Panas Evaporator	32
Tabel 2.13 Neraca Panas Rotary Drum Vacuum Filter.....	32
Tabel 2.14 Neraca Panas Centrifuge.....	32
Tabel 2.15 Neraca Panas Rotary Dryer.....	33
Tabel 2.16 Neraca Panas Total.....	33
Tabel 3.1 Spesifikasi Tangki.....	42
Tabel 3.2 Spesifikasi Pompa.....	46
Tabel 4.1 Kebutuhan Air Pendingin	51
Tabel 4.2 Kebutuhan Air Konsumsi dan Sanitasi	51
Tabel 4.3 Kebutuhan Air Sungai.....	51
Tabel 4.4 Persyaratan Air Umpan Bioler	52
Tabel 4.5 Kebutuhan Air Umpan Boiler	53
Tabel 4.6 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses	57
Tabel 4.7 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Utilitas.....	57
Tabel 4.8 Jumlah Lumen Berdasarkan Luas Bangunan.....	59
Tabel 4.9 Total Kebutuhan Listrik Pabrik.....	60
Tabel 4.10 Total Kebutuhan Bahan Bakar Pabrik	61
Tabel 5.1 Perincian Kualifikasi, Jumlah, dan Gaji Karyawan Non-Shift	71
Tabel 5.2 Perincian Kualifikasi, Jumlah, dan Gaji Karyawan Shift	72
Tabel 5.3 Jadwal Shift Karyawan	73
Tabel 6.1 Indeks Harga Alat Untuk Tahun 2001-2011	76
Tabel 6.2 Fixed Capital Investment (FCI)	78
Tabel 6.3 Working Capital Investment (WCI).....	79
Tabel 6.4 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	79
Tabel 6.5 Indirect Manufacturing Cost (IMC)	80

Tabel 6.6 Fixed Manufacturing Cost (FMC)	80
Tabel 6.7 General Expense (GE)	80
Tabel 6.8 Analisis Kelayakan	86



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Hubungan Antara Tahun dan Impor Pentaerythritol	2
Gambar 1.2 Diagram Konsumsi Pentaerythritol di Dunia Tahun 2016.....	3
Gambar 1.3 Grafik Impor Pentaerythritol	4
Gambar 1.4 Lokasi Pabrik Pentaerythritol	9
Gambar 2.1 Diagram Alir Kualitatif	24
Gambar 2.2 Diagram Alir Kuantitatif	25
Gambar 2.3 Diagram Alir Proses	26
Gambar 2.4 <i>Lay Out</i> Pabrik	35
Gambar 2.5 <i>Lay Out</i> Peralatan Proses.....	37
Gambar 4.1 Skema Pengolahan Air Sungai	54
Gambar 5.1 Struktur Organisasi Perusahaan	69
Gambar 6.1 Grafik Linierisasi Indeks Harga Alat	76
Gambar 6.2 Grafik Analisa Kelayakan Ekonomi	87

INTISARI

Cariessa Salsanofa Hauri Daffa, Kintan Marchika Putri, 2020, Prarancangan Pabrik *Pentaerythritol* dari *Formaldehyde*, *Acetaldehyde*, dan *Natrium Hydroxide* Kapasitas 40.000 Ton/Tahun, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Pentaeritritol ($C_5H_{12}O_4$) merupakan bahan yang penting dalam industri cat dan alkid resin. Pabrik ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sisanya akan diekspor. Pabrik pentaeritritol kapasitas 40.000 ton/tahun direncanakan berdiri di kawasan industri Cikande, Jawa Barat dengan bahan baku formaldehida sebanyak 102.716 ton/tahun, asetaldehida sebanyak 13.085 ton/tahun, natrium hidroksida sebanyak 50.323 ton/tahun, dan asam formiat sebanyak 5.529 ton/tahun.

Proses pembuatan *pentaerythritol* terdiri dari 3 tahap, yaitu persiapan bahan baku, pembentukan produk, dan pemurnian produk. Pentaeritritol dibuat dengan cara mereaksikan formaldehida, asetaldehida, dan natrium hidroksida dengan asumsi perbandingan mol adalah 5,4:1:1,15. Reaksi bersifat eksotermis yang berjalan pada reaktor alir tangki berpengaduk pada suhu $46^{\circ}C$ dan tekanan 3 atm dengan kondisi reaktor adalah *isothermal* dan non adiabatik, sehingga dibutuhkan pendingin berupa jaket pendingin untuk menjaga suhu reaktor. Hasil keluaran reaktor diumpungkan ke evaporator untuk memisahkan formaldehida, asetaldehida, dan sedikit air, yang selanjutnya masuk kondensor dan *direct cycle* menuju reaktor, dengan pentaeritritol, natrium format, dan air yang akan dialirkan menuju *rotary drum vacuum filter* untuk disaring *cake* dari filtratnya. Produk pentaeritritol masuk *centrifuge* untuk disaring kembali kemudian dikeringkan di *rotary dryer* untuk mendapatkan kemurnian produk sebesar 97,98% berat.

Unit pendukung proses meliputi unit pengadaan air (*air make up* pendingin, *air make up* umpan boiler, keperluan umum dan sanitasi) yang bersumber dari air Sungai Ciujung dengan kebutuhan sebesar 3.404,39 kg/jam, unit pengadaan steam sebesar 9.703,63 kg/jam, unit pengadaan udara tekan sebesar $92,4 \text{ m}^3/\text{jam}$, unit pengadaan listrik sebesar 146,28 kWh, serta unit penyediaan bahan bakar dari IDO sebesar 27,05 L/jam untuk generator dan batu bara sebesar 1.940,27 kg/jam untuk boiler. Untuk menjaga kualitas produk terdapat laboratorium yang berfungsi menganalisa kualitas bahan baku dan produk selama proses produksi. Limbah berupa limbah cair yang akan diolah dengan metode lumpur aktif.

Perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *line and staff*. Jumlah karyawan sebanyak 141 karyawan, terdiri dari 64 karyawan *shift* dan 77 karyawan *non shift*.

Hasil analisis ekonomi terhadap prarancangan pabrik *pentaerythritol* diperoleh hasil analisis kelayakan menunjukkan ROROI (*Rate of Return on Investment*) sebelum pajak 45,96% dan setelah pajak 36,77%, POT (*Pay Out Time*) sebelum pajak 1,52 tahun dan setelah pajak 1,76 tahun, BEP (*Break Event Point*) 51,64%, SDP (*Shut Down Point*) 28,46%, dan DCF (*Discounted Cash Flow*) sebesar 46,64%. Berdasar analisis ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik pentaeritritol layak untuk didirikan.