

**PRARANCANGAN PABRIK *HEXAMETHYLENETETRAMINE*
DARI FORMALDEHIDA DAN AMONIA KAPASITAS 58.000
TON/TAHUN
(Prarancangan Reaktor (RE-201))**

(Skripsi)

Oleh

Nina Boenga

(1415041040)



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRACT

FACTORY DESIGN OF *HEXAMETHYLENETETRAMINE* FROM FORMALDEHYDE DAN AMMONIA CAPACITY 58,000 TONS/YEAR (Reactor Design (RE-201))

By

NINA BOENGA

Hexamethylenetetramine or also known as hexamine is a substance that has various uses in human life. Hexamethylenetetramine is widely used as raw material for the manufacture of *Royal Demolition Explosive* (RDX) which has a very high explosive power. In addition, Hexamethylenetetramine is also widely used in various fields, including health, industry, and others. The raw materials needed to produce Hexamethylenetetramine are formaldehyde and ammonia. Provision of plant utility needs in the form of water treatment and supply systems, steam supply systems, cooling water, and power generation systems.

The production capacity of the Hexamethylenetetramine plant is planned at 58,000 tons/year with 330 working days in 1 year. The location of the factory is planned to be established in the Kedayang area, Gresik, East Java. The workforce needed is 156 people in the form of a limited liability company (PT) with a line and staff organizational structure.

From the economic analysis, it is obtained that:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 1.631.393.310.853
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 287.892.937.209
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 1.919.286.248.063
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 38,05%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 21,36%
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _b	= 2,48 tahun
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 32,2%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 33,3%

Based on some of the descriptions above, the establishment of the Hexamethylenetetramine plant deserves to be studied further in terms of the process and its economy because it is a profitable factory and has relatively good prospects.

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK *HEXAMETHYLENETETRAMINE* DARI FORMALDEHIDA DAN AMONIA KAPASITAS 58.000 TON/TAHUN (Prarancangan Reaktor (RE-201))

Oleh

NINA BOENGA

Hexamethylenetetramine atau bisa disebut juga *hexamine* merupakan suatu bahan yang memiliki berbagai kegunaan dalam kehidupan manusia. *Hexamethylenetetramine* banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan *Royal Demolition Explosive (RDX)* yang mempunyai daya ledak yang sangat tinggi. Selain itu, *Hexamethylenetetramine* juga banyak digunakan di berbagai bidang, antara lain bidang kesehatan, industri, dan lain-lain. Bahan baku yang diperlukan untuk memproduksi *Hexamethylenetetramine* adalah formaldehida dan amonia. Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air, sistem penyediaan *steam*, *cooling water*, dan sistem pembangkit tenaga listrik.

Kapasitas produksi pabrik *Hexamethylenetetramine* direncanakan 58.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di daerah Kedayang, Gresik, Jawa Timur. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 156 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *line and staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 1.631.393.310.853
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 287.892.937.209
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 1.919.286.248.063
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 38,05%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 21,36%
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _b	= 2,48 tahun
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 32,2%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 33,3%

Berdasarkan beberapa uraian di atas, maka pendirian pabrik *Hexamethylenetetramine* ini layak untuk dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai prospek yang relatif cukup baik.

**PRARANCANGAN PABRIK *HEXAMETHYLENETETRAMINE*
DARI FORMALDEHIDA DAN AMONIA
KAPASITAS 58.000 TON/TAHUN
(Prarancangan Reaktor (RE-201))**

**Oleh
NINA BOENGA
(1415041040)**

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

Judul Skripsi

: PRARANCANGAN PABRIK
**HEXAMETHYLENETETRAMINE DARI
FORMALDEHIDA DAN AMONIA
KAPASITAS 58.000 TON/TAHUN**

Nama Mahasiswa

: Nina Boenga

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1415041040

Program Studi

: Teknik Kimia

Fakultas

: Teknik



MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**

Simparkin Br. Ginting, S.T., M.T.

NIP. 196611111994022001

Lia Lismeri, S.T., M.T.

NIP. 197407122000032001

2. **Plt. Ketua Jurusan**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Zaenudin'.

Dr. Ahmad Zaenudin, SSi., M.T.


NIP. 19720928 1999 031001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T. 

Sekretaris : Lia Lismeri, S.T., M.T. 

**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc.** 

Donny Lesmana, S.T., M.Sc. 

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN Eng.

NIP. 196207171987031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 November 2021

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku

Bandar lampung, Desember 2021



Nina Boenga

NPM.1415041040

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Sakti pada tanggal 22 Desember 1996, anak pertama dan tunggal dari pasangan Bapak Iwan RL dan Ibu Susani Boenga.

Penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar Al-Azhar I Bandar Lampung pada tahun 2008, Sekolah Menengah Pertama Negeri 29 Bandar Lampung pada tahun 2011, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 5 Bandar Lampung pada tahun 2014.

Pada bulan Agustus 2014, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri. Selama masa perkuliahan, penulis tergabung dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (HIMATEMIA) Fakultas Teknik Universitas Lampung sebagai Staff Departemen Kaderisasi periode 2015/2016 dan pada periode 2016/2017 menjabat Sebagai Staff Departemen Kaderisasi. Penulis juga tergabung dalam Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM FT) sebagai Staff Dinas Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa periode 2016/2017 dan sebagai Sekretaris Dinas Pendidikan dan Pengabdian pada periode 2017.

Pada periode 2 bulan Juli sampai Agustus 2017, penulis melaksanakan Kuliah

Kerja Nyata (KKN) di Desa Durian, Padang Cermin. Pada tanggal 29 Januari 2018, penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. Tanjungenim *Pulp and Paper* dengan Tugas Khusus “*Removal Solid Efficiency Electrostatic Precipitator Pada Recautisizing and Lime Kiln Plant*”. Pada tahun 2018, penulis juga melakukan penelitian dengan judul “Proses Imobilisasi Enzim Glukoamilase Pada Penyangga Silika MCF (9.2T-3D) Magnetik”.

Motto

“One kind word can change someone’s entire day”

~Anonim~

Sebuah Karya Kecilku...

Dengan rasa syukur dan segala kerendahan hati, kupersembahkan karya kecilku ini kepada:

Ayah dan Bunda

*Terima kasih atas doa, kasih sayang, pengorbanan, dan keikhlasannya.
Terima kasih sudah percaya dan sabar menunggu.
Ini hanyalah sebuah karya kecil yang tidak bisa dibandingkan dengan
berjuta-juta pengorbanan dan kasih sayang
yang tidak pernah berakhir.*

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah S.W.T yang telah memberikan rahmat dan ridho-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik *Hexamethylenetetramine* dari Formaldehida dan Amonia Kapasitas 58.000 Ton/Tahun” dengan baik. Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat kesarjanaan (Strata-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam penyusunan dan penulisan tugas akhir ini, penulis banyak memperoleh bimbingan, dukungan, dan dorongan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T. selaku Plt Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
2. Ibu Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T., sebagai Dosen Pembimbing I atas segala ilmu, nasihat, motivasi, kesabaran, kritik dan saran selama pengerjaan tugas akhir ini.
3. Ibu Lia Lismeri S.T., M.T., sebagai Dosen Pembimbing II atas segala ilmu, nasihat, motivasi, kritik dan saran selama pengerjaan tugas akhir ini.

4. Ibu Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc., sebagai Dosen Penguji I, yang telah memberikan ilmu, kritikan, saran, nasihat dan koreksi terhadap tugas akhir saya sehingga menjadi suatu karya yang lebih baik lagi.
5. Dan Bapak Donny Lesmana, S.T., M.Sc., sebagai Dosen Penguji II, yang telah memberikan ilmu, kritikan, saran, nasihat dan koreksi terhadap tugas akhir saya sehingga menjadi suatu karya yang lebih baik lagi.
6. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
7. Ayah dan Bunda, terima kasih atas cinta yang tulus, doa, dukungan, bantuan moril dan materiil serta kesabaran dalam menunggu penulis menyelesaikan perkuliahan ini.
8. Mara Sutan, sebagai *partner* tugas akhir, terima kasih sudah selalu sabar menghadapi sikap penulis. Terima kasih karena tanpa bantuanmu, mungkin penulis tidak bisa menyelesaikan semua ini.
9. Puwala, Retno, Nadiya, dan Opi terima kasih atas bantuan dan dukungannya selama penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Dika, Ghaly, Tiwi, Tya, Pavita, Alam, Panji, Samuel, Umam, dan teman-teman Teknik Kimia angkatan 2014, terima kasih telah memberikan kebaikan, dukungan, serta semangat buat penulis.
11. BTOB (Eunkwang, Minhyuk, Changsub, Hyunsik, Peniel, Ilhoon, Sungjae) dan Wanna One (Jisung, Sungwoon, Minhyun, Seongwu, Jaehwan, Daniel, Jihoon, Woojin, Jinyoung, Daehwi, Kuanlin) sebagai sumber semangat, *mood booster*, hiburan dikala lelah dan buntu.

12. Untuk teman-teman Melody khususnya Aisyah Eonni, Lian Eonni, Kak Shinta dan Nula, warga bucin 96 (Acik, Wulan, Nanas, Sarah, Phanie, Fanny, Fani, Fai, Paxia, Hani, Ran, Yanfa, Ani, dkk), Wannable, dan May, terima kasih telah memberikan kebaikan, dukungan, serta semangat buat penulis.
13. Semua pihak yang telah membantu baik dalam pelaksanaan maupun proses penyelesaian tugas akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, terima kasih banyak.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun menyadari bahwa masih banyak kekurangan karena ilmu dan pengetahuan yang masih terbatas. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan dapat berguna bagi mereka yang memerlukannya.

Bandar Lampung, Desember 2021

Penulis,

Nina Boenga

DAFTAR ISI

COVER	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
ABSTRAK	iii
COVER DALAM	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
PERSEMBAHAN	x
MOTTO	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR	xxv
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kegunaan Produk.....	3
1.3 Ketersediaan Bahan Baku.....	4
1.4 Analisis Pasar.....	5

1.5	Kapasitas Pabrik.....	6
1.6	Lokasi Pendirian Pabrik.....	8
II. DESKRIPSI PROSES		
2.1	Jenis-Jenis Proses.....	11
2.2	Pemilihan Proses.....	13
2.3	Uraian Proses	30
III.SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK		
3.1	Spesifikasi Bahan Baku	33
3.2	Spesifikasi Produk	34
IV.NERACA MASSA DAN NERACA PANAS		
4.1	Neraca Massa	37
4.2	Neraca Panas	40
V. SPESIFIKASI ALAT		
5.1	Spesifikasi Alat Proses.....	46
5.2	Spesifikasi Alat Utilitas	75
VI.UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH		
6.1	Unit Penyediaan Air.....	116
6.2	Unit Penyediaan Steam	126
6.3	Unit Penyedia Tenaga Listrik	126
6.4	Unit Penyediaan Bahan Bakar	126
6.5	Unit Penyediaan Udara Tekan	127
6.6	Unit Pengolahan Limbah	127
6.7	Unit Laboratorium	128
6.8	Instrumen dan Pengendalian Proses	131

VII. LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

7.1	Lokasi Pabrik	135
7.2	Tata Letak Pabrik.....	138
7.3	Perkiraan Areal Lingkungan	141

VIII. SISTEM MANAJEMEN DAN OPERASI PERUSAHAAN

8.1.	<i>Project Master Schedule</i>	145
8.2.	Bentuk Perusahaan.....	147
8.3.	Struktur Organisasi Perusahaan	150
8.4.	Tugas dan Wewenang.....	153
8.5.	Status Karyawan dan Sistem Penggajian.....	163
8.6.	Pembagian Jam Kerja Karyawan	164
8.7.	Jumlah Tenaga Kerja	166
8.8.	Kesejahteraan Karyawan	170
8.9.	Manajemen Produksi	174

IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1	Investasi	178
9.2	Evaluasi Ekonomi	182
9.3	<i>Discounted Cash Flow(DCF)</i>	185

X. KESIMPULAN DAN SARAN

10.1	Kesimpulan	186
10.2	Saran	187

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A (NERACA MASSA)

LAMPIRAN B (NERACA PANAS)

LAMPIRAN C (SPESIFIKASI ALAT)

LAMPIRAN D (UTILITAS)

LAMPIRAN E (INVESTASI EKONOMI)

LAMPIRAN F (TUGAS KHUSUS)

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Daftar Perusahaan Penghasil Formaldehida di Indonesia.....	4
1.2 Daftar Perusahaan Penghasil Amonia di Indonesia	5
1.3 Harga Bahan Baku dan Produk.....	6
1.4 Data Impor <i>Hexamethylenetetramine</i> (HMTA).....	6
1.5 Kapasitas Pabrik <i>Hexamethylenetetramine</i> di Dunia.....	8
2.1 Nilai ΔH°_f dan ΔG° Masing-masing Komponen	21
2.2 Nilai ΔS°_f Masing-masing Komponen	23
2.3 Data <i>Heat Capacity</i> Masing-masing komponen Pada Suhu Reaksi	24
2.4 Data <i>Heat Capacity</i> Per Komponen Pada Masing-masing Fasa.....	26
2.5 Data <i>Heat Capacity</i> Masing-masing Komponen Pada Fasa Cair	27
2.6 Perbandingan ΔH , ΔG , ΔS di Masing-masing Proses.....	29
2.7 Perbandingan Macam-Macam Proses Pembuatan HMTA	29
4.1 Neraca Massa Pada <i>Mixing Tank</i> (MT-101)	37
4.2 Neraca Massa Pada <i>Reaktor</i> (RE-201).....	38
4.3 Neraca Massa <i>Flash Drum</i> (FD-301).....	38
4.4 Neraca Massa Evaporator (EV-301)	39
4.5 Neraca Massa <i>Crystallizer</i> (CR-301).....	39
4.6 Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (CF-301)	40

4.7 Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD-301)	40
4.8 Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-101)	41
4.9 Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-102)	41
4.10 Neraca Energi <i>Mixing Tank</i> (MT-101)	42
4.11 Neraca Energi Reaktor (RE-201)	42
4.12 Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-201)	43
4.13 Neraca Energi <i>Flash Drum</i> (FD-301)	43
4.14 Neraca Energi Evaporator (EV-301) <i>Effect 1</i>	43
4.15 Neraca Energi Evaporator (EV-301) <i>Effect 2</i>	44
4.16 Neraca Energi <i>Crystallizer</i> (CR-301).....	44
4.17 Neraca Energi <i>Centrifuge</i> (CF-301).....	44
4.18 Neraca Energi <i>Rotary Dryer</i> (RD-301).....	45
4.19 Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-301)	45
5.1.1 Spesifikasi Gudang Penyimpanan <i>Paraformaldehyde</i>	46
5.1.2 Spesifikasi <i>Solid Storage I</i> (SS-101).....	47
5.1.3 Spesifikasi <i>Screw Conveyor I</i> (SC-101).....	47
5.1.4 Spesifikasi <i>Bucket Elevator I</i> (BE-101)	48
5.1.5 Spesifikasi <i>Feeder</i> (FE-101)	49
5.1.6 Spesifikasi Pompa I (PP-101)	50
5.1.7 Spesifikasi <i>Heater I</i> (HE-101)	51
5.1.8 Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> (MT-101).....	52
5.1.9 Spesifikasi Pompa II (PP-102).....	53
5.1.10 Spesifikasi <i>Ammonia Storage</i> (ST-101).....	54
5.1.11 Spesifikasi Pompa III (PP-103).....	55

5.1.12 Spesifikasi <i>Heater</i> II (HE-102)	56
5.1.13 Spesifikasi Reaktor (RE-201)	57
5.1.14 Spesifikasi Pompa IV (PP-201)	58
5.1.15 Spesifikasi <i>Heater</i> III (HE-201).....	59
5.1.16 Spesifikasi <i>Flash Drum</i> (FD-301).....	60
5.1.17 Spesifikasi Spesifikasi Evaporator (EV-301).....	61
5.1.18 Spesifikasi Spesifikasi Pompa V (PP-301)	62
5.1.19 Spesifikasi Spesifikasi Pompa VI (PP-302).....	63
5.1.20 Spesifikasi <i>Crystallizer</i> (CR-301).....	64
5.1.21 Spesifikasi <i>Centrifuge</i> (CF-301)	65
5.1.22 Spesifikasi Pompa VIII (PP-303).....	66
5.1.23 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> II (SC-301)	67
5.1.24 Spesifikasi <i>Heater</i> Udara (HE-301).....	68
5.1.25 Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> (RD-301)	69
5.1.26 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> III (SC-302).....	70
5.1.27 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> II (BE-301).....	71
5.1.28 Spesifikasi <i>Solid Storage</i> II (SS-301)	72
5.1.29 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> (BC-301).....	73
5.1.30 Spesifikasi Gudang <i>Hexamethylenetetramine</i> (G-301).....	74
5.2.1 Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401).....	75
5.2.2 Spesifikasi Tangki <i>Hydrant</i> (ST-401)	75
5.2.3 Spesifikasi <i>Pot Feeder</i> Kaporit (PF-401).....	76
5.2.4 Spesifikasi Tangki Sodium Hidroksida (ST- 402).....	77
5.2.5 Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL-401)	78

5.2.6 Spesifikasi Sand Filter (SF-401)	79
5.2.7 Spesifikasi Tangki Air Filter (ST-403).....	80
5.2.8 Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-404).....	81
5.2.9 Spesifikasi Tangki Dispersant (ST-405).....	82
5.2.10 Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST-406).....	83
5.2.11 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401)	84
5.2.12 Spesifikasi Tangki Air Demin (ST-407).....	85
5.2.13 Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401).....	86
5.2.14 Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401).....	87
5.2.15 Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-408).....	88
5.2.16 Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DA-401)	89
5.2.17 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401)	90
5.2.18 Spesifikasi Pompa (PU-402)	91
5.2.19 Spesifikasi Pompa (PU-403)	92
5.2.20 Spesifikasi Pompa (PU-404)	93
5.2.21 Spesifikasi Pompa (PU-405)	94
5.2.22 Spesifikasi Pompa (PU-406)	95
5.2.23 Spesifikasi Pompa (PU-407)	96
5.2.24 Spesifikasi Pompa (PU-408)	97
5.2.25 Spesifikasi Pompa (PU-409)	98
5.2.26 Spesifikasi Pompa (PU-410)	99
5.2.27 Spesifikasi Pompa (PU-411)	100
5.2.28 Spesifikasi Pompa (PU-412)	101
5.2.29 Spesifikasi Pompa (PU-413)	102

5.2.30 Spesifikasi Pompa (PU-414)	103
5.2.31 Spesifikasi Pompa (PU-415)	104
5.2.32 Spesifikasi Pompa (PU-416)	105
5.2.33 Spesifikasi Pompa (PU-417)	106
5.2.34 Spesifikasi Pompa (PU-418)	107
5.2.35 Spesifikasi Pompa (PU-419)	108
5.2.36 Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-401)	109
5.2.37 Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-409)	110
5.2.38 Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-401)	111
5.2.39 Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD-401)	112
5.2.40 Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CY-401)	112
5.2.41 Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 1 (BL-401)	113
5.2.42 Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 2 (BL-402)	113
5.2.43 Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 3 (BL-403)	114
5.2.44 Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 3 (BL-404)	114
5.2.45 Spesifikasi Generator (GE-401)	115
6.1 Kebutuhan Air Umum	117
6.2 Kebutuhan Air Pendingin	118
6.3 Kebutuhan Air Pembangkit <i>Steam</i>	120
6.4 Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	133
6.5 Pengendalian Variabel Utama Proses	134
7.1 Perincian Luas Area Pabrik <i>Hexamethylenetetramine</i>	142
8.1 <i>Project Master Schedule of Hexamethylenetetramine Plant</i>	147
8.2 Jadwal Kerja Regu <i>Shift</i>	166

8.3 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses.....	167
8.4 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	168
8.5 Penggolongan Tenaga Kerja	169
9.1 <i>Total Capital Investment</i> (TCI) Pabrik <i>Hexamethylenetetramine</i>	179
9.2 <i>Total Production Cost</i> (TPC) Pabrik <i>Hexamethylenetetramine</i>	181
9.3 <i>Minimum Acceptable Percent Return On Investment</i>	182
9.4 <i>Acceptable Payout Time</i> Untuk Tingkat Resiko Pabrik.....	183
9.5 Hasil Uji Kelayakan Ekonomi	185

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Kurva regresi linear data impor <i>Hexamethylenetetramine</i> (HMTA) di Indonesia	7
2.2 Struktur Molekul <i>Hexamethylenetetramine</i>	32
7.1 Area Pabrik di Kabupaten Gresik, Jawa Timur	138
7.2 Tata Letak Pabrik	143
7.3 Tata Letak Alat Proses	144
7.4 Area Pabrik Di Kabupaten Bekasi	148
8.1 Struktur Organisasi Perusahaan	152
9.1 Grafik Analisa Ekonomi	184
9.2 Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i>	185

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri adalah kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi atau barang jadi menjadi barang yang bernilai mutu tinggi dalam penggunaannya, termasuk kegiatan rancang bangun dan perekayasaan industri. Dengan demikian, industri merupakan bagian dari proses produksi.

Kegiatan proses produksi dalam industri disebut perindustrian. Dari definisi tersebut, istilah industri sering disebut sebagai kegiatan manufaktur (*manufacturing*). Padahal, pengertian industri sangat luas, yaitu menyangkut semua kegiatan manusia dalam bidang ekonomi yang sifatnya produktif dan komersial.

Bidang industri merupakan salah satu pilar yang sangat berperan dalam dunia perekonomian nasional, terutama industri kimia. Sampai saat ini, kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang industri kimia di Indonesia masih banyak didatangkan dari luar negeri. Sementara itu, Indonesia diharapkan mampu bersaing dengan negara-negara lainnya baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Bersamaan dengan adanya kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di masa kini, maka industri kimia di Indonesia

semakin berkembang pesat. Selain itu, pembangunan industri kimia juga sangat diperlukan guna memenuhi kebutuhan bahan dalam negeri. Salah satu dari bahan tersebut adalah *hexamethylenetetramine*.

Hexamethylenetetramine (HMTA) atau bisa disebut juga *hexamine* pertama kali ditemukan pada tahun 1859. *Hexamethylenetetramine* (HMTA) berbentuk bubuk kristal putih dengan sedikit bau amina. *Hexamethylenetetramine* (HMTA) dapat larut dalam air, alkohol, dan kloroform, tetapi tidak larut dalam eter. *Hexamethylenetetramine* (HMTA) sendiri merupakan suatu bahan yang memiliki berbagai kegunaan dalam kehidupan manusia. Selama masa perang dunia II, *hexamethylenetetramine* banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan *Royal Demolition Explosive* (RDX) yang mempunyai daya ledak yang sangat tinggi. Setelah masa perang selesai, bahan peledak ini masih diperlukan dan digunakan untuk keperluan pertahanan dan keamanan serta industri pertambangan. Selain itu, *hexamethylenetetramine* juga banyak digunakan di berbagai bidang, antara lain bidang kesehatan, industri, dan lain-lain. (Kent, J.A., 1974)

Meninjau dari banyaknya kebutuhan dan kegunaan *hexamethylenetetramine* (HMTA) di berbagai bidang dan perkembangan industri di Indonesia yang memanfaatkan produk ini sebagai bahan baku dan belum adanya pabrik *hexamethylenetetramine* (HMTA) di Indonesia, maka pendirian pabrik ini sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Sampai saat

ini, Indonesia mengimpor *hexamethylenetetramine* (HMTA) paling banyak dari China. Selain itu, karena bahan baku pembuatan *hexamethylenetetramine* (HMTA) yaitu formaldehida dan amonia yang diproduksi di Indonesia cukup melimpah dan mudah untuk didapat, pendirian pabrik *hexamethylenetetramine* (HMTA) secara tidak langsung diharapkan dapat:

1. Membuka lapangan kerja baru sehingga dapat menurunkan tingkat pengangguran di Indonesia.
2. Mendukung usaha pemerintah dalam pengembangan industri kedokteran dan keamanan yang menggunakan *hexamethylenetetramine* (HMTA) sebagai bahan baku.
3. Mengurangi beban impor sehingga dapat menghemat devisa negara.

1.2 Kegunaan Produk

Hexamethylenetetramine (HMTA) memiliki beragam kegunaan di berbagai bidang. Salah satunya sebagai bahan baku pembuatan peledak. Selain itu, terdapat beberapa kegunaan *hexamethylenetetramine* (HMTA) diantaranya sebagai berikut:

1. Di bidang kesehatan, *hexamethylenetetramine* (HMTA) digunakan sebagai bahan antiseptik (anti bakteri) yang dikenal sebagai urotropin.
2. Sebagai bahan pendeteksi logam dan anti korosi di industri logam.
3. Di industri resin sebagai *curing agent* atau bahan aditif.
4. Sebagai bahan penyerap gas beracun.
5. Sebagai anti *caking agent* di industri pupuk urea.

6. Dalam industri karet dimanfaatkan sebagai *accelerator* dan untuk mencegah karet tervulkanisasi.
7. Sebagai *shrink-proofing agent* di industri tekstil dan untuk memperindah warna.
8. Penambah elastisitas bahan di industri serat selulosa.
9. Pada industri makanan, digunakan sebagai bahan aditif pengawet makanan dan sebagai fungisida pada tanaman jeruk untuk menjaga tanaman dari serangan jamur.

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku menjadi hal utama untuk keberlangsungan suatu pabrik. Bahan baku yang diperlukan untuk memproduksi *hexamethylenetetramine* (HMTA) adalah formaldehida dan amonia. Bahan baku tersebut dapat diperoleh dari beberapa perusahaan pada tabel berikut.

Tabel 1.1 Daftar Perusahaan Penghasil Formaldehida di Indonesia

No.	Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	PT Dover Chemical, Cilegon, Banten	60.000
2	PT Arjuna Utama Kimia, Surabaya, Jawa Timur	23.000
3	PT Pamolite Adhesive Industry, Probolinggo, Jawa Timur	36.000
4	PT Batu Penggal Chemical Industry, Samarinda, Kalimantan Timur	28.000
5	PT Intanwijaya International Tbk, Banjarmasin, Kalimantan Selatan	61.500
6	PT Perawang Perkasa Industry, Pekanbaru, Riau	48.000

(Sumber: Kemenperin.go.id)

Tabel 1.2 Daftar Perusahaan Penghasil Amonia di Indonesia

No.	Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	PT Petrokimia Gresik, Jawa Timur	1.105.000
2	PT Pupuk Kujang, Cikampek, Jawa Barat	330.000
3	PT Pupuk Sriwidjaja, Palembang, Sumatera Selatan	660.000
4	PT Pupuk Iskandar Muda, Aceh	396.000
5	PT Pupuk Kalimantan Timur	595.000

(Sumber: pupuk-indonesia.com)

1.4 Analisis Pasar

Pendirian pabrik *hexamethylenetetramine* (HMTA) bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan tersebut di dalam negeri terutama bagi industri yang menggunakan *hexamethylenetetramine* (HMTA) sebagai bahan baku utamanya sehingga dapat mengurangi beban impor dan menghemat devisa negara serta meningkatkan sektor ekonomi.

1.4.1 Kebutuhan Pasar

Sampai saat ini, belum terdapat pabrik *hexamethylenetetramine* (HMTA) di Indonesia. Industri yang menggunakan *hexamethylenetetramine* (HMTA) sebagai bahan baku masih mengandalkan impor dari negara lain. Hal ini dibuktikan dengan jumlah impor *hexamethylenetetramine* (HMTA) yang terus meningkat dari tahun ke tahun. Dengan pembangunan pabrik *hexamethylenetetramine* (HMTA) di

Indonesia, diharapkan akan mencukupi kebutuhan *hexamethylenetetramine* (HMTA) di dalam negeri dan mampu menurunkan beban impor dari negara lain.

1.4.2 Harga Bahan dan Produk

Ditinjau dari sektor ekonomi, pendirian pabrik *hexamethylenetetramine* (HMTA) akan menguntungkan dikarenakan *hexamethylenetetramine* (HMTA) memiliki harga jual yang lebih tinggi dibandingkan dengan harga bahan bakunya yaitu formaldehida dan amonia. Perbandingan harga bahan baku dan produk dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.3 Harga Bahan Baku dan Produk

Nama Bahan	Harga
Formaldehida	\$ 1500/ton
Amonia	\$ 4000/ton
<i>Hexamethylenetetramine</i> (HMTA)	\$ 12315/ton

(Sumber: Alibaba.com)

1.5 Kapasitas Pabrik

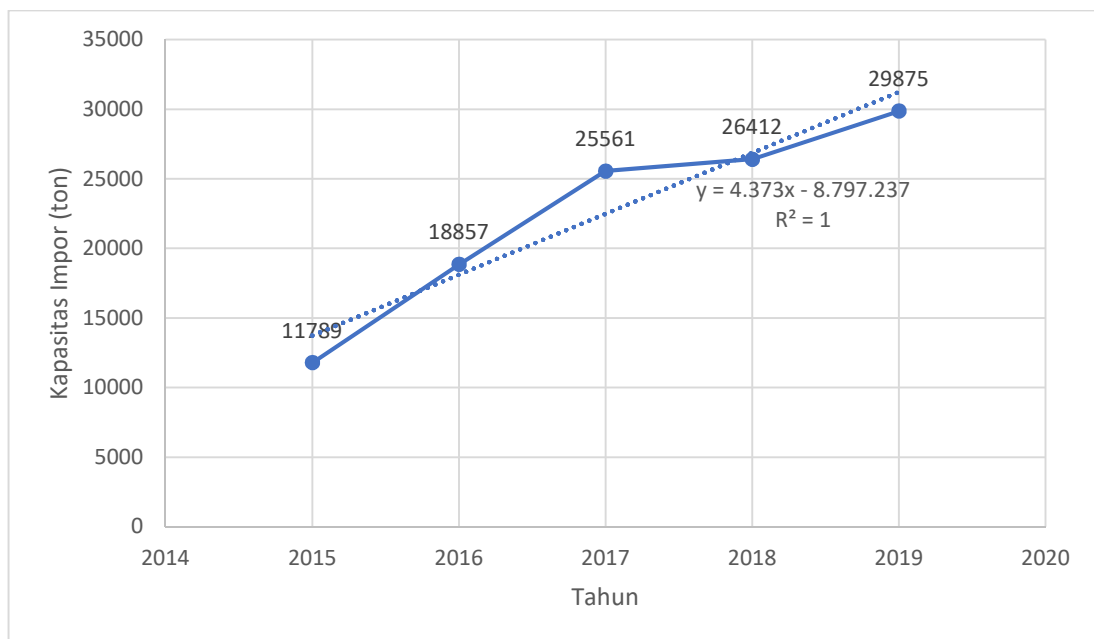
Kapasitas pabrik yang akan dibangun diperkirakan berdasarkan data statistik impor *hexamethylenetetramine* (HMTA) di Indonesia. Berikut ini adalah tabel data impor *hexamethylenetetramine* (HMTA).

Tabel 1.4 Data Impor *Hexamethylenetetramine* (HMTA)

Tahun	Jumlah impor (ton/tahun)
2015	11.789
2016	18.857
2017	25.561
2018	26.412
2019	29.875

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2020)

Berdasarkan data pada Tabel 1.4, diperoleh persamaan regresi linear seperti pada gambar berikut.



Gambar 1.1 Kurva regresi linear data impor *Hexamethylenetetramine* (HMTA) di Indonesia

Kebutuhan *hexamethylenetetramine* (HMTA) di Indonesia pada tahun 2025 dapat diasumsikan dengan menggunakan persamaan regresi linear pada Gambar 1 dan diperoleh data kebutuhan sebesar 58.088 ton/tahun.

Tabel 1.5 Kapasitas Pabrik *Hexamethylenetetramine* di Dunia

Nama Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
New Tech Polymers India P. Ltd	18.000
Jinan Sanhoos Trase Co. Ltd	12.000
Kanoria Chemicals & Ind. Ltd	20.000
Sina Chemical Industrial	25.000
JSC Metafrax	15.000
Shandong Runyin Biochemical Co. Ltd	30.000

(Sumber: www.icis.com)

Dari beberapa pertimbangan di atas, kapasitas pabrik *hexamethylenetetramine* (HMTA) di Indonesia direncanakan sebesar 100% dari jumlah kebutuhan impor pada tahun 2025 yaitu 58.088 ton/tahun \approx 58.000 ton/tahun.

Untuk mencapai produksi *hexamethylenetetramine* (HMTA) sebesar 58.000 ton/tahun, dibutuhkan bahan baku formaldehida sebanyak 77.000 ton/tahun dan amonia sebanyak 30.000 ton/tahun. Ketersediaan bahan baku tersebut dapat dipenuhi oleh pabrik-pabrik penghasil formaldehida dan amonia yang ada di Indonesia.

1.6 Lokasi Pendirian Pabrik

Lokasi pendirian pabrik direncanakan berdiri di daerah Kedayang, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Dipilihnya area tersebut berdasarkan beberapa faktor sebagai berikut.

1.6.1 Bahan Baku

Lokasi bahan baku *hexamethylenetetramine* (HMTA) yaitu formaldehida dan amonia dipilih berdasarkan efektifitas transportasi bahan baku untuk menekan biaya produksi. Bahan baku formaldehida dapat diperoleh dari PT Arjuna Utama Kimia dan PT Pamolite Adhesive Industry yang berlokasi di Surabaya. Selain itu, dapat diperoleh juga dari PT Dover Chemical di Cilegon sehingga masih dapat ditempuh dengan transportasi darat. Formaldehida juga dapat diperoleh dari PT Batu Penggal Chemical Industry di Samarinda, Kalimantan Timur dan PT Intanwijaya International Tbk, Banjarmasin, Kalimantan Selatan serta PT Perawang Perkasa Industry, Pekanbaru, Riau melalui transportasi laut.

Untuk bahan baku amonia, dapat diperoleh dari PT Petrokimia Gresik. Selain itu, juga dapat diperoleh dari PT Pupuk Kujang, Cikampek melalui jalur darat dan dari PT Pupuk Kaltim melalui jalur laut.

1.6.2 Pemasaran

Produk *hexamethylenetetramine* (HMTA) ditujukan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga dapat mengurangi beban impor. Lokasi pendirian pabrik di daerah Kedayang, Gresik, Jawa Timur menguntungkan karena berada di kawasan industri yang strategis. *Hexamethylenetetramine* (HMTA) sendiri digunakan dalam berbagai bidang seperti bidang kesehatan, industri bahan peledak, industri tekstil, dan lain-lain. Pemasaran dalam negeri dapat langsung didistribusikan ke PT Pindad (Jawa Barat) sebagai pabrik pembuat bahan peledak dan PT Erela (Semarang) sebagai pabrik farmasi (pembuatan obat). Industri-industri tersebut membutuhkan

hexamethylenetetramine (HMTA) dan memungkinkan untuk dijangkau dengan transportasi darat sehingga dapat menekan biaya pendistribusian dan waktu pengiriman.

1.6.3 Transportasi, Telekomunikasi, dan Utilitas

Daerah Gresik, Jawa Timur memiliki fasilitas transportasi dan komunikasi yang cukup baik. Tersedianya jalan raya dan pelabuhan laut sehingga dapat mempermudah pemasokan bahan baku serta pendistribusian produk. Untuk utilitas seperti kebutuhan air domestik dan proses diperoleh dari Kali Lamong dengan *water treatment process* sebelum digunakan. Sementara, untuk kebutuhan listrik disuplai oleh PLN dan penyediaan cadangan generator.

1.6.4 Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang dibutuhkan direkrut dari tenaga ahli dan berpengalaman di bidangnya. Selain itu, pendirian pabrik *hexamethylenetetramine* (HMTA) juga menciptakan peluang lapangan kerja baru untuk masyarakat yang tinggal di sekitar pabrik dan lulusan universitas di daerah Jawa Timur.

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi terhadap Prarancangan Pabrik *Hexamethylenetetramine* kapasitas 58.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 32,2% dan sesudah pajak sebesar 25,76%.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 2,48 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 38,07% dengan syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30–60% kapasitas produksi dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 21,36% kapasitas produksi, yaitu batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti melakukan produksi karena merugi.
4. *Interest Rate of Return* (IRR) sebesar 33,3%, lebih besar dari suku bunga bank saat ini, sehingga investor akan lebih memilih untuk menanamkan modalnya ke pabrik ini dari pada ke bank.

10.2 Saran

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Prarancangan Pabrik *Hexamethylenetetramine* kapasitas 58.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya sebelum didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamdari, A. 2004. *Kinetics of hexamine crystallization in industrial scale*. Elsevier: Chemical Engineering and Processing. Department of Chemical Engineering, School of Engineering, Shiraz University, 71345 Shiraz, Iran.
- Alibaba. 2020. www.alibaba.com. Diakses 6 April 2020 pukul: 13.30.
- Anonym. 2015. *Hexamethylenetetramine Safety Data Sheet*. Article Number 4484 Version 2.0 en. Regulation (EC) No. 1907/2006 (REACH), amended by 2015/830/EU. United Kingdom.
- Anonymous, 2021. www.matches.com. Diakses pada tanggal 18 Agustus 2020 pukul 19.35 WIB.
- Badan Pusat Statistik. 2020. *Statistic Indonesia*. www.bps.go.id. Indonesia. Diakses 3 Maret 2020 pukul: 10.48.
- Branan, Carl. 2002. *Rules Of Thumb for Chemical Engineers - Third Edition*. Amsterdam: Gulf Professional Publishing an imprint of Elsevier Science.
- Brown G.George. 1950. *Unit Operation 6^{ed}*. Wiley & Sons. USA.
- Brownell Lloyd E. and Young Edwin H. 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Chemical Engineering Essentials For The Cpi Professional. 2021. www.chemengonline.com. Diakses 22 November 2020 pukul: 14.30.

- Coulson J.M., and Richardson J.F. 1983. *Chemical Engineering Volume 2 5th Edition Particle Technology and Separation Process*. Butterworth-Heinemann. Washington.
- Couper, J.R. and Penney W.R., 2005. *Chemical Process Equipment Selection and Design 2nd Edition*. Elsevier Inc. USA.
- Dreyfors, J. M., S. B. Jones, Y. Sayed. 1989. *Amer industr. Hyg. Ass. J.* 50, 579.
- Evans, Alan W. 1972. *On The Theory Of The Valuation And Allocation Of Time*. Scottish Journal of Political Economy, Volume 19, Issue 1 p. 1-17.
- Geankoplis, Christie J. 1993. *Transport Processes and unit Operation 3th Edition*. Allyn & Bacon Inc. New Jersey.
- Google Maps. 2020. www.google.com/maps. Diakses 29 September 2020 pukul: 17.00.
- Hesse, H.C and Rushton, J.H. 1981. *Process Equipment Design*. D. Van Nostrand Co. New Jersey.
- Himmeblau, David. 1996. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering 6th Edition*. Prentice Hall Inc. New Jersey.
- Holman, J.P. 2002. *Heat Transfer*, Mc.Graw-Hill, Inc. Amerika Serikat
- Igor. J. Karassik, Joseph P. Messina, Paul Cooper, Charles C. Heald. 2001. *Pump Handbook. Third Edition*. McGraw-Hill Book Co. New York.

Independent Commodity Intelligence Services. 2019. icis.com Diakses pada Tanggal 5 Mei 2021 pukul 13.00 WIB.

Joshi, M.V. 1981. *Process Equipment Design. 2 ed.* Bombay, Delhi: McGraw-Hill Book Company, Inc.

Kementrian Perindustrian. 2011. kemenperin.go.id. Indonesia. Diakses 12 Agustus 2020 pukul: 10.50.

Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer.* Mc-Graw-Hill. New York.

Kirk, R.E and Othmer. 1983. *Encyclopedia of Chemical Technology.* International Student Edition. Mc.Graw-Hill Kogasuka Company Ltd, Tokyo.

Laval, Alfa. 2001. *Pump Handbook.* USA.

Lebanoff, Val S and Robert R Ross. 1992. *Centrifugal Pumps Design & Application, Second Edition.* Gulf Publishing Company, Houston, TX.

Lefebvre, A. G. F. et al. 1966. *Production of Hexamethylene Tetramine.* United States Patent Office 3,288,790.

Maclean, Alexander. Robstown. Stautzenberger, Adin Lee. 1953. *Production of Hexamine.* United States Patent Office 2,640,826.

Madsen, Gary Lee. 1992. *Study of the Hexamethylenetetramine, Ammonia, and Formaldehyde System: Quantitative Determinations.* Part of Analytical Chemistry Commons. Loyola University Chicago

Magyesy, eugene F. 1983. *Pressure Vessel Handbook*. Publishing. Inc.

Maxwell, Gary R. 2004. *Synthetic Nitrogen Products*. Page: 333-336.

Mc. Cabe W.L. and Smith J.C., 1985. *Operasi Teknik Kimia*. Erlangga. Jakarta.

Michael. 2020. *Indonesia Salary Benchmark*. Michael Page Indonesia Salary Benchmark.

Neptune Engineering For Future. 2021. www.neptune-india.com. Diakses 25 April 2021 pukul: 17.00.

NIST Webbook. *Ammonia*.
<http://webbook.nist.gov/cgi/inchl/InChI=1S/H3N/h1N3>. Diakses pada 7 Mei 2020 pukul: 14.30.

NIST Webbook. *Formaldehyde*.
<http://webbook.nist.gov/cgi/inchl/InChI=1S/CH2O/c1-2/h1H2>. Diakses pada 7 Mei 2020 pukul: 16.00.

P. Bomio, J.R. Bourne. R.J. Davey. 1975. *The Growth and Dissolution of Hexamethylenetetramine in Aqueous Solution*. Journal of Crystal Growth 30 (1975) 77-85. North-Holland Publishing Company.

P. Schideler et al. 1948. *Manufacture of Hexamethylene Tetramine*. United States Patent Office 2,449,040.

Perry, Robert H and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook* 8th edition. McGraw Hill. New York.

Pertamina. 2021. pertamina.com. Diakses 30 Mei 2021 pukul: 09.45.

PLN. 2021. web.pln.co.id. Diakses 8 Juni 2021 pukul: 14.01.

Powell, S. 1954. *Water Conditioning for Industry*. Mc-Graw Hill Book Company.
New York.

Pubchem. 2019. pubchem.ncbi.nlm.nih.gov. Diakses 22 Mei 2020 pukul: 08.00.

Radlein, Barbara. 2010. *Final Supplemental Environmental Assessment for Proposed Amended Rule*. Wilson Boulevard. Arlington. VA22209.

Rase, H.F and Holmes JR. 1977. *Chemical Reactor Design for Process Plant, Volume One : Principles and Techniques*. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Richard M. Felder, Ronald W. Rousseau. 1976. *Elementary Principles of Chemical Process*, 3th edition, John Willey and Sons. New York.

Seidell, Atherton. 1917. *Solubilities of Inorganic and Organic Substances*, 4th Corrected. D.Van Nostrand Company., New York.

Severn, WH, Degler, HE, and Miles, JC. 1954. *Steam, Air and Gas Power*, 5th Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York

Sinnot, R.K. 2003. *Chemical Engineering Design*. Elsvier. UK.

Smith, J.M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott. 2006. *Chemical Engineering Thermodynamics* 7th edition. McGraw Hill : New York.

The Observatory of Economic Complexity. 2019. oec.world. Diakses 8 November 2020 pukul: 20.00.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 1991. *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3th edition*. Mc-Graw Hill Book Company. New York.

Treyball, R.E. 1981. *Mass Transfer Operation 3rd edition*. McGraw-Hill, Kogakusha, Ltd., Tokyo.

Ulrich.G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc. New York.

Vilbrandt, F.C. and Dryden, C.E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design, 4th edition*. McGraw Hill International Book Company, Kogakusha Ltd, Tokyo.

Walas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann. Washington.

Weiss, Samuel. Edge, River. Klein, David X. 1970. *Continuous Process For The Production of Hexamethylenetetramine*. United States Patent Office 3,538,199.

Wood, R.K. Stevens, W.F. 1964. *Reaction Kinetics of The Formation of Hexamethylenetetramine*. J. appl. Chem. University of Ottawa

Yaws, Carl L. 1996. *Handbook of Chemical Compound Data for Process Safety*. Gulf Publishing Company. Huston, Texas.