

LAPORAN TUGAS AKHIR

PRARANCANGAN PABRIK *HEXAMETHYLENETRAMINE* DARI FORMALDEHIDA DAN AMONIA DENGAN PROSES ALEXANDER F. MACLEAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

***(PRE-DESIGN OF A HEXAMETHYLENETERAMINE PLANT FROM
FORMALDEHYDE AND AMMONIA USING THE ALEXANDER F.
MACLEAN PROCESS WITH A CAPACITY OF 10.000 TONS/YEAR)***



Oleh:

CICI RAHMADANIATI

2210814220027

SITI NOR AMALIANI

2210814220001

DOSEN PEMBIMBING:

Prof. Dr. Ir. AGUS MIRWAN, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.

NIP. 19760819 200312 1 001

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU**

2026

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR JURUSAN S-1 TEKNIK KIMIA

Prarancangan Pabrik *Hexamethylenetramine* Dari Formaldehida Dan Amonia
Dengan Proses Alexander F. Maclean Kapasitas 10.000 Ton/Tahun

Oleh:

Cici Rahmadaniati (2210814220027)

Siti Nor Amaliani (2210814220001)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 14 Juli 2026 dan dinyatakan

LULUS

Komite Penguji:

Penguji 1 : Prof. Ir. Chairul Irawan, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197608192003121001

Penguji 2 : Yulia Nurul Ma'rifah, S.T., M.T.

NIP. 199207272024062004

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Agus Mirwan, S.T., M.T.

NIP. 197608192003121001

Banjarbaru,

Diketahui dan disahkan oleh:

Wakil Dekan Bidang Akademik

Ketua Jurusan Teknik Kimia,

Fakultas Teknik ULM,


Dr. Mahmud, S.T., M.T.
NIP. 197401071998021001


Hesti Wijayanti, Ph.D
NIP. 198005292005012003

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PRARANCANGAN PABRIK *HEXAMETHYLENETERAMINE* DARI
FORMALDEHIDA DAN AMONIA DENGAN PROSES ALEXANDER F.
MACLEAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**

***(PRE-DESIGN OF A HEXAMETHYLENETERAMINE PLANT FROM
FORMALDEHYDE AND AMMONIA USING THE ALEXANDER F.
MACLEAN PROCESS WITH A CAPACITY OF 10.000 TONS/YEAR)***

Disusun Oleh:

CICI RAHMADANIATI	2210814220027
SITI NOR AMALIANI	2210814220001

Telah disetujui untuk diseminarkan di Program Studi S-I Teknik Kimia
Universitas Lambung Mangkurat

Banjarbaru, Juli 2026

Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Ir. AGUS MIRWAN, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 19760819 200312 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunia dan hidayah-Nya, kami dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik *Hexamethylenetramine* dari Formaldehida dan Amonia dengan Proses Alexander F. Maclean Kapasitas 10.000 Ton/Tahun" sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi S-1 dan untuk meraih gelar Sarjana Teknik di Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru. Penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, atas doa, kasih sayang, motivasi, serta dukungan moril maupun materiil yang tiada henti diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan hingga saat ini.
2. Ketua Program Studi S-1 Teknik Kimia FT-ULM, Ibu Ir. Hesti Wijayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. atas bimbingan dan arahan yang diberikan selama masa studi.
3. Dosen Pembimbing, Bapak Prof, Dr. Ir. Agus Mirwan, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng. yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan tugas akhir ini.
4. Dosen Penguji, atas kritik, saran, dan masukan yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.
5. Seluruh dosen dan karyawan di lingkungan Jurusan Teknik Kimia FT-ULM, atas ilmu pengetahuan, bimbingan, dan pelayanan yang diberikan selama penulis menempuh pendidikan.
6. Seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, selama penyusunan tugas prarancangan pabrik/skripsi ini, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa sebagai manusia biasa yang tidak luput dari kekurangan dan kesalahan, tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis membuka diri dan dengan senang hati menerima segala saran serta

kritik yang membangun dari pembaca demi perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca yang membutuhkan informasi mengenai hal-hal yang dibahas dalam laporan ini.

Banjarbaru,2026

Penulis

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN
HASIL TUGAS AKHIR

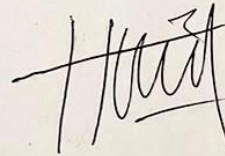
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	NIM
Cici Rahmadaniati	2210814220027
Siti Nor Amaliani	2210814220001

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan inti dalam Laporan Tugas Akhir ini Adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung Risiko dan konsekuensi apapun.

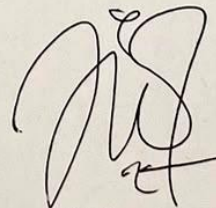
Demikian pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Banjarbaru, Agustus 2026



Cici Rahmadaniati

NIM.2210814220027



Siti Nor Amaliani

NIM.2210814220001

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
INTISARI	x
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tinjauan Pustaka	3
1.2.1 <i>Hexamethylenetetramine</i> (HMTA)	3
1.2.2 Kegunaan <i>Hexamethylenetetramine</i> (HMTA)	6
1.2.3 Amonia.....	7
1.2.4 Karakteristik Amonia	8
1.2.5 Formaldehida	9
1.3 Penentuan Kapasitas Perancangan	10
1.3.1 Kapasitas Produksi Pabrik <i>Hexamethylenetetramine</i> (HMTA)	11
1.3.2 Ketersediaan Bahan Baku	13
1.3.3 Kapasitas Minimum Pabrik	14
1.4 Identifikasi Bahan Baku dan Produk.....	16
1.4.1 Identifikasi Bahan Baku.....	16
1.4.2 Identifikasi Produk.....	19
BAB II URAIAN PROSES	1
2.1 Jenis-jenis Proses.....	1
2.2 Perbandingan Proses	4
2.3 Pemilihan Proses	6
2.3.1 Tinjauan Termodinamika	6
2.4 Uraian Proses.....	10
2.4.2 Tahap Pembentukan <i>Hexamethylenetetramine</i>	11
2.4.3 Tahap Pemurnian dan Penyimpanan Produk	12

2.3.1	Diagram Alir Kualitatif.....	12
BAB III		1
NERACA MASSA.....		1
BAB IV		1
NERACA PANAS.....		1
4.9	<i>Cooling Conveyor</i>	6
5.4	Pompa <i>Mixer</i> (L-121)	2
7.1	Latar Belakang	1
7.2	Identifikasi <i>Hazard</i> Bahan.....	3
7.3	Identifikasi Potensi Paparan Bahan.....	5
7.3.1	Identifikasi Potensi Paparan Bahan Kimia.....	5
7.3.2	Identifikasi Potensi Paparan Fisis	7
7.4	Identifikasi Potensi Paparan Bahan.....	8
7.4.1	Identifikasi Hazard Limbah Gas dalam Proses	8
7.4.2	Identifikasi Hazard Limbah Cair dalam Proses	9
7.4.3	Identifikasi Hazard Limbah Padat dalam Proses	11
7.4.4	Identifikasi Hazard Limbah Cair dalam Proses	13
7.4.5	Identifikasi Hazard Limbah Padat dalam Proses	15
7.5	Identifikasi <i>Hazard</i> Peralatan Proses.....	17
7.5.1	Identifikasi <i>Hazard</i> Kondisi Peralatan Proses.....	17
7.5.2	Identifikasi <i>Hazard</i> Kondisi Peralatan Pengolahan Air	21
7.6	HAZOP (Hazard and Operability Study).....	37
7.6.1	Deskripsi.....	37
7.6.2	Potensi Bahaya dalam Sistem	39
7.6.2.1	Potensi Bahaya dalam <i>Node</i> Sistem Reaktor	39
7.6.2.2	Potensi Bahaya dalam <i>Node</i> Aliran gas NH ₃ dan CH ₂ O	39
7.6.2.3	Potensi Bahaya dalam <i>Node Jacket</i> Pendingin.....	41
7.6.2.4	Potensi Bahaya dalam <i>Node</i> LIC dan TIC	42
7.6.2.5	Potensi Bahaya dalam <i>Node Input</i> dan <i>Output</i> Reaktor	43
7.6.3	Estimasi Consequences.....	44

7.6.3.1	Estimasi Consequences node Reaktor.....	44
7.6.3.2	Estimasi <i>Consequences node</i> Aliran Gas NH ₃ dan CH ₂ O.....	45
7.6.3.3	Estimasi Consequences node Jacket Pendingin	47
7.6.3.4	Estimasi <i>Consequences node</i> LIC dan TIC.....	48
7.6.3.5	Estimasi Consequences node Input dan Output Reaktor.....	49
7.6.4	Analisis Risiko	50
7.7	Rekomendasi Mitigasi.....	53
7.8	Kesimpulan	55
BAB IX		1
9.1	Bentuk Badan Usaha Perusahaan.....	1
9.1	Manajemen Perusahaan	3
9.1	Struktur Organisasi Perusahaan.....	4
9.2	Uraian Tugas, Wewenang, dan Tanggung Jawab	7
9.2.2	Dewan Komisaris	7
9.2.3	Direktur Utama	7
9.2.4	Staf Ahli.....	8
9.2.5	Direktur.....	9
9.2.6	Sekretaris	9
9.2.7	Kepala Bagian	9
9.2.8	Kepala Seksi	11
9.2.9	Kepala Sub-Seksi.....	15
9.3	Pembagian Jam Kerja Karyawan	15
9.4	Status Karyawan dan Sistem Upah	17
9.5	Penggolongan Jabatan, Jumlah, dan Gaji Karyawan	17
9.4	Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji Karyawan.....	19
9.8	Tata Tertib	22
8.9	BPJS Ketenagakerjaan dan Fasilitas Tenaga Kerja.....	23
BAB X UTILITAS.....		1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Struktur 3D Senyawa Hexamine.....	I-3
Gambar 1.2 Reaksi Hexamine dalam Mekanisme Dua Jalur	I-4
Gambar 1.3 Produk Padatan Putih Hexamine	I-4
Gambar 1.4 Struktur Kimia Amonia	I-6
Gambar 1.5 Struktur Kimia Asam Fosfat.....	I-9
Gambar 2.1 Proses Pembuatan Hexamine Fase Gas-Gas.....	..II-1
Gambar 2.2 Diagram Alir Kualitatif Pembuatan Hexamethylenetetramine....	II-11
Gambar 2.3 Diagram Alir Kuantitatif Pembuatan Hexamethylenetetramine..	II-12
Gambar 8.1 Peta Lokasi Rencana Pendirian Pabrik.....	VII-1
Gambar 8.2 Peta Lokasi Pendirian Pabrik Hexamethylenetetramine.....	VII-7
Gambar 9.3 Tata Letak Bangunan Pabrik	VII-10
Gambar 9.4 Tata Letak Alat Peralatan Proses.....	VII-11
Gambar 9.1 Bagan Struktur Organisasi Prarancangan Pabrik Hexamethylenetetramine	VIII-2
Gambar 11.1 Grafik BEP dan SDP	X-14

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Impor <i>Hexamine</i> di Indonesia.....	I-9
Tabel 1.2 Data Kapasitas Produksi Produk Bahan Baku di Indonesia.....	I-12
Tabel 1.3 Data Kapasitas Produksi Pabrik <i>Hexamethylenetetramine</i> di Dunia .	I-13
Tabel 2.1 Harga (DHf ^o) Masing-masing Komponen.....	II-4
Tabel 2.2 Harga (DGf ^o) Setiap Senyawa	II-5
Tabel 2.3 Perbandingan Proses Pembuatan <i>Hexamine</i>	II-7
Tabel 3.1 Neraca Massa <i>Mixer</i>	III-1
Tabel 3.2 Neraca Reaktor	III-2
Tabel 3.3 Neraca Massa Evaporator.....	III-2
Tabel 3.4 Neraca Massa <i>Centrifuge</i>	III-3
Tabel 3.5 Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i>	III-3
Tabel 3.6 Neraca Massa <i>Cyclone</i>	II-4
Tabel 3.7 Neraca Massa <i>Cooling Conveyor</i>	II-4
Tabel 3.8 Neraca Massa <i>Ball Mill</i>	II-5
Tabel 3.9 Neraca Massa <i>Screen</i>	III-5
Tabel 4.1 Neraca Panas Total <i>Mixer</i>	IV-1
Tabel 4.2 Neraca Panas Total <i>Heater</i> amonia	IV-2
Tabel 4.3 Neraca Panas Total Reaktor	IV-2
Tabel 4.4 Neraca Panas Total Evaporator	IV-3
Tabel 4.5 Neraca Panas Total Kondensor	IV-3
Tabel 4.6 Neraca Panas Total <i>Cooler</i>	IV-4
Tabel 4.7 Neraca Panas Total <i>Rotary Dryer</i>	IV-4
Tabel 4.8 Neraca Panas Total <i>Heater Udara</i>	IV-5
Tabel 4.9 Neraca Panas Total <i>Cooling Conveyor</i>	V-5
Tabel 6.1 Daftar Penggunaan Instrumentasi Pabrik <i>Hexamethylenetetramine</i> .	VI-4
Tabel 6.2 Alat Pelindung Pekerja pada Prarancangan Pabrik <i>Hexamethylenetetranine</i>	VI-11
Tabel 8.1 Perincian Luas Tanah dan Penggunaanya	VII-9
Tabel 9.1 Siklus Pergantian <i>Shift</i> Karyawan	VIII-8
Tabel 9.2 Jumlah Karyawan yang Dibutuhkan	VIII-10

Tabel 9.3 Perincian Gaji Karyawan.....	VIII-13
Tabel 10.1 Kebutuhan <i>Steam</i> untuk Pemanas	IX-3
Tabel 10.2 Kebutuhan <i>Brine Water</i> untuk Pendingin	IX-5
Tabel 10.3 Kebutuhan Air Sanitasi	IX-6
Tabel 10.4 Standar Kualitas Air Bersih.....	IX-7
Tabel 10.5 Syarat-Syarat Air Umpan <i>Boiler</i>	IX-12

INTISARI

Hexamethylenetetramine banyak digunakan pada berbagai industri seperti industri pupuk, industri resin, industri karet, industri tekstil dan industri pertanian. Selain itu, *hexamethylenetetramine* berperan pula pada bidang medis yakni sebagai salah satu bahan antiseptik. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan adanya peluang untuk ekspor yang masih terbuka, maka dirancang pabrik *hexamethylenetetramine* berkapasitas 10.000 ton/tahun. Dengan memperhatikan beberapa aspek meliputi aspek penyediaan bahan baku, transportasi, tenaga kerja, pemasaran serta utilitas maka dipilih lokasi untuk pabrik yang strategis di daerah Bontang, Provinsi Kalimantan Timur. Tepatnya di kawasan Kaltim Industrial Estate dengan luas area 265,6 Ha yang berjarak sekitar 120 Km dari Kota Samarinda. Adapun pabrik ini direncanakan dalam manajemen Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 118 karyawan dengan dipimpin oleh seorang direktur utama. Bahan baku yang digunakan adalah amonia 99,5% sebanyak 625,3060 kg/jam dan formaldehida 37% sebanyak 1.653,6409 kg/jam.

Reaksi pembuatan *hexamethylenetetramine* dengan metode Alexander F. MacLean dilakukan dengan mereaksikan amonia dan formaldehida dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang dilengkapi dengan koil pendingin pada kondisi operasi tekanan dan suhu sebesar 1 atm dan 36°C. Utilitas membutuhkan air sebanyak 11.233,3818 kg/jam, steam yang dibutuhkan sebesar 4.946,5389 kg/jam, kebutuhan bahan bakar sebesar 461,4289 liter/jam dan listrik total yang dibutuhkan sebesar 253,6440 kWatt yang disuplai oleh generator AC sebanyak 1 set berkapasitas 1.500 kW. Pabrik ini memproduksi *hexamethylenetetramine* dengan kemurnian 99,9% massa.

Hasil analisa ekonomi memberikan hasil *Total Capital Investment* (TCI) adalah sebesar Rp 314.087.781.940,- dan diperoleh hasil penjualan yaitu sebesar Rp 838.057.000.000,- per tahun. Selain itu diperoleh juga *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 31% dan *Return of Investment* (ROI) sesudah pajak sebesar 20%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu 2,46 tahun dan *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak sebesar 3,35 tahun. Sehingga diperoleh *Break Even Point* (BEP) sebesar 40% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 21,09%. Berdasarkan pertimbangan hasil evaluasi tersebut, maka pabrik *Hexamethylenetetramine* dengan kapasitas 10.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Kata kunci: Amonia, Formaldehida, *Hexamethylenetetramine*.