

PRARANCANGAN PABRIK HEKSAMINA DARI FORMALDEHIDA DAN AMONIA DENGAN PROSES CAIR-CAIR KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN

Desi Yulanda¹, Siti Sofiatun Nisa Dwi Putri^{1,*}

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jln. A. Yani KM 35, Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: ssnisadwiputri17@gmail.com

Abstrak

Heksamina merupakan senyawa yang digunakan pada industri sebagai bahan baku utama maupun bahan baku intermediate. Heksamina banyak digunakan dalam berbagai bidang. Heksamin ini digunakan sebagai bahan baku pembuatan bahan peledak dan bahan baku pengawet. Selain itu, juga banyak digunakan dalam industri, misalnya resin sebagai pengeras, karet sebagai akselerator untuk membuat karet elastis, serat sebagai agen anti-susut, dan bakterisida makanan dan serat selulosa digunakan untuk meningkatkan elastisitas.

Heksamina merupakan salah satu produk kimia yang melakukan proses pembuatan dengan mereaksikan amonia dan formaldehida dalam reaksi fasa cair yang seragam. Reaksi berlangsung dalam reaktor pengaduk (RATB) pada suhu 70°C dan tekanan 1 atmosfer, menggunakan jaket sebagai pendingin. Tingkat konversi reaksi adalah 98%. Produk yang diperoleh adalah hexamine dengan grade 99,5%.

Heksamina yang terbuat dari amonia dan formaldehida ini memiliki kapasitas produksi 25.000 ton/tahun, akan diproduksi dalam 330 hari kerja setahun, dan akan beroperasi mulai tahun 2027. Lokasi pabrik direncanakan berada di Kabupaten Bontang Kalimantan Timur. Terletak di kawasan Jl James Simanjuntak yang luasnya mencapai 28 hektar. Pabrik ini direncanakan dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT) dan jumlah karyawan sebanyak 118 dengan dipimpin oleh seorang direktur utama. Berdasarkan perhitungan ekonomi, didapat nilai break event point sebesar 46,56% dan nilai shut down point sebesar 30,85%, sehingga dapat dikatakan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

Kata Kunci: heksamina, amonia, formaldehida, fase cair.

1. Pendahuluan

Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) membuat industri-industri pun ikut berkembang salah satunya industri kimia. Kehadiran industri kimia sangat menunjang berbagai sektor kehidupan baik di bidang kesehatan, pangan, energi, keamanan maupun pendidikan. Heksamina atau biasa disebut sebagai *hexamethylenetetramine* merupakan produk kimia yang dihasilkan dari reaksi formaldehida dan amonia. Sejauh ini pemenuhan kebutuhan heksamina di Indonesia masih banyak diimpor dari negara lain seperti India dan China. Industri heksamina mempunyai prospek yang cukup baik untuk dikembangkan di Indonesia. Di samping untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, keberadaan industri heksamina dapat menyerap sumber daya manusia sehingga prarancangan pabrik heksamina sebagai langkah awal dalam tahap inisiasi potensi kelayakan berdirinya pabrik. Ketersediaan bahan baku yang mudah diperoleh dari dalam negeri, sumber daya manusia yang memadai dan IPTEK untuk peningkatan sumber daya ekonomi dan kesejahteraan rakyat Indonesia, maka pendirian pabrik heksamina merupakan alternatif yang sangat memungkinkan untuk didirikan di Indonesia.

Heksamina banyak digunakan sebagai bahan baku diberbagai industri di Indonesia. Heksamina telah lama digunakan sejak Perang Dunia II. Saat itu bahan ini digunakan sebagai bahan baku pembuatan bahan peledak yang menghasilkan daya ledak tinggi. Namun saat ini bahan peledak tersebut masih digunakan untuk keperluan pertahanan dan keamanan, serta pada industri

pertambangan. Heksamina juga digunakan dalam berbagai bidang antara lain yaitu sebagai bahan baku antiseptik pada bidang kedokteran, industri resin, akselerator pada industri karet, memperindah warna pada industri tekstil dan pada industri buah digunakan sebagai fungisida pada tanaman jeruk untuk menjaga tanaman dari serangan jamur (Kent, 1974).

Kapasitas pabrik yang akan dirancang ini harus mempertimbangkan beberapa data yaitu data impor produk, kapasitas pabrik yang sudah berdiri dan bahan baku yang tersedia. Agar diketahui kebutuhan pasar, sehingga kapasitas optimal dapat diperkirakan. Permintaan impor heksamin di Indonesia berdasarkan statistik dari Badan Pusat Statistik (BPS) 2007-2021 dapat dilihat pada **Tabel 1**.

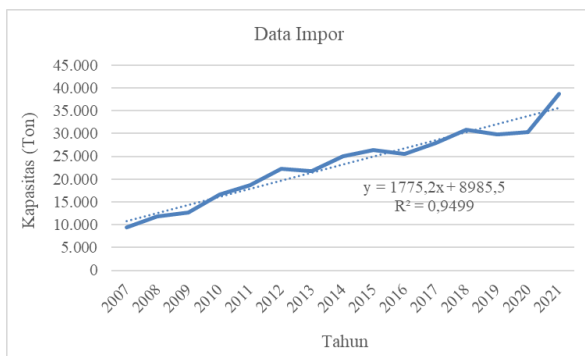
Tabel 1. Data Impor Heksamina di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)	Pertumbuhan (%)
2007	9.367	-
2008	11.887	21,19
2009	12.624	5,83
2010	16.696	24,38
2011	18.703	10,73
2012	25.282	16,06
2013	21.769	-2,356
2014	24.971	12,82
2015	26.412	5,45
2016	25.561	-3,329



2017	27.899	8,38
2018	30.756	9,28
2019	29.875	-2,94
2020	30.375	1,64
2021	38.631	21,37
Total	347.808	128,55
Rata-rata		8,57

Berdasarkan data tersebut maka didapat perkiraan kebutuhan heksamina di Indonesia tahun 2027 yang diperoleh menggunakan metode regresi linear seperti gambar berikut:



Gambar 1. Grafik Impor Heksamina Tahun 2007-2021

Hasil perhitungan dengan metode regresi linear tersebut disimpulkan bahwa perancangan pabrik heksamina pada tahun 2027 diambil sekitar 54% dari total peluang yang diperoleh yaitu dengan kapasitas sebesar 25.000 ton/tahun.

2. Deskripsi Proses

2.1 Jenis-Jenis Proses

Perbandingan dari tiga proses pembuatan heksamina dapat dilihat pada **Tabel 2.** berikut:

Tabel 2. Perbandingan Proses

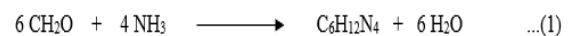
Parameter	Jenis Proses		
	Gas-Gas	Cair-Cair	Cair-Gas
Suhu	20-30°C	20-70°C	50°C
Tekanan	1 atmosfer	1 atmosfer	1 atmosfer
Konversi	97,00%	98,00%	97,00 %
Yield	95,00%	95,00%	95,00%
Kelebihan	Beroperasi pada tekanan atmosfer	Konversinya tinggi	Beroperasi pada tekanan atmosfer
Kekurangan	Penanganannya sulit, karena bahan baku harus imurnikan terlebih dahulu	Penanganannya agak sulit, karena amonia harus diencerkan terlebih dahulu	Bahan baku bersifat heterogen

Berdasarkan ketiga jenis proses tersebut, dipilih proses cair-cair dengan beberapa pertimbangan yaitu :

1. Dilihat pada aspek ekonomi proses cair-cair lebih ekonomis dibandingkan proses lainnya, misalnya pada proses gas-gas yang membutuhkan alat tambahan berupa *crystalizer* dan cair-gas menggunakan *Bubble Reactor*.
2. Karena reaksi yang terjadi adalah reaksi fase cair yang seragam, maka lebih mudah untuk menangani dalam hal teknologi pemrosesan daripada reaksi fase gas atau reaksi fase heterogen, yaitu reaksi fase gas yang seragam seperti gas cair.
3. Kondisi temperatur dan tekanan tidak terlalu besar di dalam proses, yaitu dengan temperatur 20-70 °C dan tekanan 1 atm.
4. Dibandingkan dengan proses lainnya, proses ini menghasilkan konversi dan *yield* yang lebih besar.

2.2 Uraian Proses

Proses pembentukan heksamina dengan bahan baku formaldehida dan amonia dilakukan dalam reaktor berpengaduk (RATB) dengan fase cair-cair. Reaksi yang terjadi dapat dilihat pada persamaan 1.



Dalam reaksi ini, formaldehida melepaskan satu atom oksigen dan amonia melepaskan dua atom hidrogen untuk membentuk produk samping H_2O . Reaksi ini cepat dan tidak memerlukan katalis (Kent, 2007).

Berdasarkan (Allem dkk., 1951) proses pembuatan heksamina dari amonia dan formaldehida dilakukan dalam tiga tahapan yakni penyediaan bahan baku, reaksi, dan pemurnian serta penyimpanan produk.

2.2.1 Tahap Penyediaan Bahan Baku

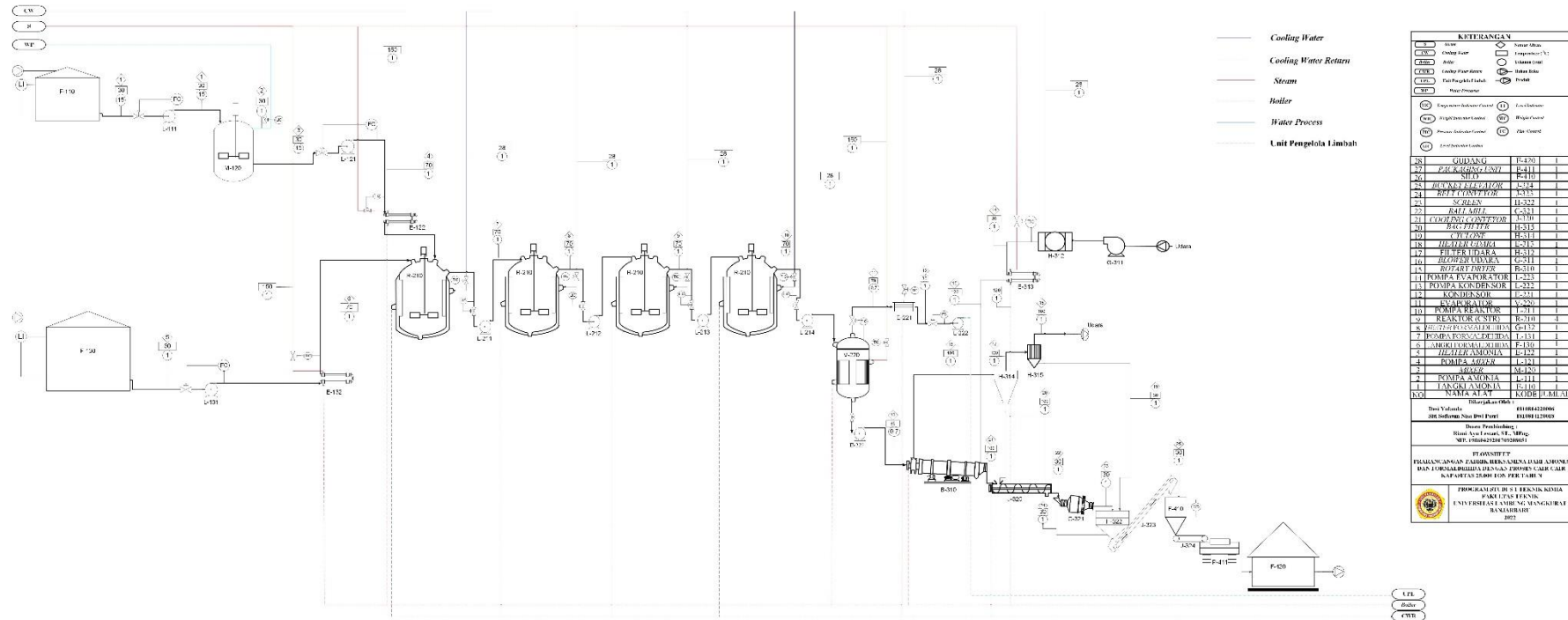
Larutan amonia 99,9% disimpan dalam tangki penyimpanan amonia (F-110) dengan temperatur 30°C dan tekanan 15 atmosfer yang berfase cair. Amonia dan air diencerkan menggunakan *mixer* (M-120). Hal ini dikarenakan *feed* amonia yang akan digunakan di dalam reaktor (R-210) ialah larutan amonia 20%. Sebelum masuk reaktor (R-210), amonia juga dipanaskan menggunakan *heater* amonia (E-122) hingga temperatur 70°C karena temperatur bahan baku disetarakan sebelum masuk reaktor (R-210). Formaldehida 37% disimpan dalam tangki penyimpanan formaldehida (F-130) pada temperatur 30°C dan tekanan 1 atm. Larutan formaldehida akan dipanaskan pada *heater* formaldehida (E-132) hingga temperatur 70°C sebelum masuk reaktor (R-210).

2.2.2 Tahap Reaksi

Kedua umpan bahan baku dimasukkan ke dalam reaktor (R-210), perbandingan mol antara formaldehida : amonia = 6 : 4. Reaksi terjadi dalam fase cair-cair dan merupakan reaksi eksoterm. Tingkat konversi yang dapat dicapai dengan reaksi ini adalah 98%. Reaksi dilakukan secara kontinyu dalam reaktor tangki pengaduk (RATB) pada suhu 70°C dan tekanan 1 atm. Jacket pendingin akan menyerap panas yang dihasilkan oleh reaktor (R-210). Produk setelah reaktor (R-210) kemudian dialirkan ke



**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK HEKSAMINA DARI AMONIA DAN FORMALDEHIDA DENGAN
PROSES CAIR-CAIR KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN**



Komposisi	Neraca Massa (kg/jam)																								
	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
NH ₃	1557,3599	-	1557,3599	1557,3599	-	-	55,6635	55,6635	55,6635	55,6635	18,6883	18,6883	12,4589	-	-	12,4589	12,4589	12,4589	-	-	-	-	-	-	-
CH ₂ O	-	-	-	-	4119,0990	4119,0990	82,3820	82,3820	82,3820	82,3820	49,4292	49,4292	32,9528	-	-	32,9528	32,9528	32,9528	-	-	-	-	-	-	-
CH ₃ OH	-	-	-	-	55,6635	55,6635	31,1472	31,1472	31,1472	31,1472	33,3981	33,3981	22,2654	-	-	22,2654	22,2654	22,2654	-	-	-	-	-	-	-
H ₂ O	7,8259	6221,6135	6229,4395	6229,4395	6957,9376	6957,9376	3140,8457	3140,8457	3140,8457	3140,8457	-	-	3140,8457	-	-	15,7042	0,0157	-	0,0157	15,6885	3125,1415	3125,1415	3203,6466	62,8166	3140,8457
C ₆ H ₁₂ N ₄	-	-	-	-	-	-	15609,4610	15609,4610	15609,4610	15609,4610	9365,6766	9365,6766	6243,7844	-	-	6228,0802	6228,0645	6228,0645	-	0,0157	15,7042	15,7042	16,0343	0,3144	15,7200
Udara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33582,3160	33582,3160	33582,3160	33582,3160	33582,3160	-	-	-	-	-	-	-
Total	1565,1858	6221,6135	7786,7994	7786,7994	11132,7001	11132,7001	18919,4994	18919,4994	18919,4994	18919,4994	9467,1922	9467,192	9452,3072	33582,3160	33582,3160	39893,7775	39878,0733	39878,0576	0,0157	15,7042	3140,8457	3140,8457	3219,6809	63,1310	3156,5657

dalam *expansion valve* (L-211) kemudian masuk ke *evaporator* (F-110).

2.2.3 Tahap Pemurnian dan Penyimpanan Produk

Di dalam *evaporator* (F-110), produk mengalami proses pemekatan sehingga di dapatkan produk yang lebih murni. *Evaporator* (F-110) bekerja pada tekanan vakum yaitu 0,67 atm untuk menghindari dekomposisi heksamina. *Steam* yang digunakan yaitu suhu 150°C dan tekanan 1 atm. Kemudian keluaran *evaporator* (F-110) akan masuk ke *rotary dryer* (B-310). Pada *rotary dryer* (B-310) produk akan dikeringkan dan aliran atas keluaran *rotary dryer* (B-310) masuk ke dalam *cyclone* (H-314) untuk memisahkan produk heksamina yang masih terkandung dalam keluaran atas *rotary dryer* (B-310) lalu dimasukkan kembali ke dalam *ball mill* (C-321). Setelah melewati proses pengeringan, produk didinginkan menggunakan *cooling conveyor* (J-320). Kemudian untuk mengecilkan ukuran produk digunakan *ball mill* (C-321) dan *screening* (H-322) agar produk mempunyai ukuran yang seragam. Produk yang tertahan diatas 700 *micron* (25 *mesh*) akan dikembalikan lagi menuju *ball mill* (C-321), sedangkan yang lolos masuk ke dalam *silo* (F-410) kemudian dikemas di *packaging unit* (P-411) lalu disimpan di gudang penyimpanan heksamina (F-420).

3. Utilitas

Sumber air yang digunakan pada pabrik heksamina adalah dari Sungai Guntung. Konsumsi air adalah 36.492.0175 kg/jam. Tabel 3 di bawah ini menunjukkan total kebutuhan pasokan yang dibutuhkan untuk mengoperasikan pabrik heksamina.

Tabel 3. Kebutuhan Utilitas Pabrik Heksamina

Kebutuhan	Jumlah
Steam	15.769,0030 kg/jam
Air Pendingin	11429,8680 kg/jam
Listrik	3.264,7235 kWatt
Bahan Bakar	862,7202 liter/jam

4. Analisa Ekonomi

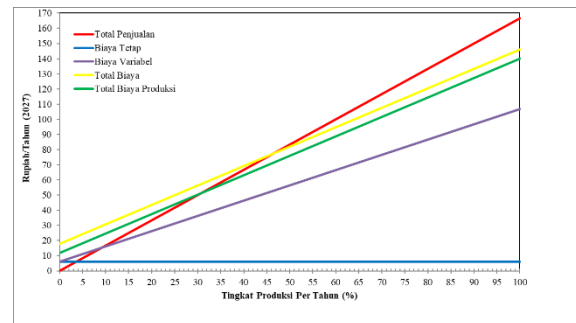
Analisis ekonomi dilakukan untuk menentukan apakah pabrik yang dirancang menguntungkan. Memungkinkan untuk mengklasifikasikan sebagai *executable* atau *infeasible*. Hasil analisis ekonomi heksamina ditunjukkan pada Tabel 4 seperti di bawah ini.

Tabel 4. Analisis Ekonomi

Analisis	Nilai	Batasan	Keterangan
ROI	26%	Min. 11%	Layak
POT	2,78 tahun	Max. 5 tahun	Layak
BEP	46,56%	40-60%	Layak
SDP	30,85%	20-40%	Layak

(Aries dan Newton, 1955)

Return on Investment (ROI) adalah jumlah keuntungan yang dapat dihasilkan dari jumlah investasi yang dikeluarkan. *Payout time* (POT) adalah waktu pengembalian yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. *Break-even point* (BEP) adalah titik di mana biaya dan pendapatan sama. Titik di mana aktivitas produksi berhenti disebut *shutdown point* (SDP). Bagan analisis ekonomi untuk pabrik heksamina ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3. Grafik BEP dan SDP

5. Kesimpulan

Prarancangan Pabrik Heksamina dari Formaldehida dan Amonia dengan Proses Cair-Cair Kapasitas 25.000 ton/tahun, dapat disimpulkan pabrik ini akan didirikan di daerah Bontang, Provinsi Kalimantan Timur tahun 2027 dengan kapasitas 25.000 ton/tahun. Bentuk dari pabrik ini yaitu berbentuk PT atau Perseroan Terbatas. Total karyawan yang diperlukan sebanyak 118 orang. Berdasarkan analisis ekonomi didapatkan ROI sebesar 26% dan POT sebesar 2,78 tahun. Kemudian diperoleh nilai BEP sebesar 46,56% dan nilai SDP sebesar 30,85% sehingga berdasarkan hasil analisa yang diperoleh dapat dinyatakan pabrik heksamina ini layak untuk didirikan.

Daftar Pustaka

- Allem, G., Eickmeyer, Tulsa dan Okla. (1951): *Method for Production of Hexamethylenetetramine*
- Gary, M. (2004): *Synthetic Nitrogen Products*. Kluwer Academic Publishers. New York
- Klein, R. (2010): *Organic Chemical*. John Willey and Sons. United States
- MacLean, A. F., Robstown, Stautzenberger, A. L., Christi, C. dan Tex. (1953): *Production of Hexamine*. New York
- Office, E. P. (1954): *Continuous Production of Hexamethylenetetramine*. New York
- Ullman, F. (2002): *Ullman Ensiklopedia Kimia Industri*. Germany

