

PRARANCANGAN PABRIK HEKSAMINA DARI FORMALDEHIDA DAN AMONIA DENGAN KAPASITAS 23.000 TON/TAHUN METODE F. MACLEAN

Boy Arief Fachri¹, Ditta Kharisma Yolanda Putri¹, Helda Wika Amini¹, Luluk Ulfah¹, Reinaldi Rizky Pratama¹, Rizki Maulana Hakiki¹, Zuhriah Mumtazah¹

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Abstrak

Industri kimia di Indonesia merupakan salah satu sektor penunjang kemajuan ekonomi bagi negara yang didukung dengan ketersediaan bahan baku melimpah. Pabrik Hexamethylenetetramine (heksamina) merupakan industri yang menggunakan bahan baku ammonia dan formaldehida. Pabrik beroperasi selama 330 hari dengan kapasitas 23.000 ton/tahun. Proses produksi terdiri dari 3 tahapan yaitu pre-treatment, reaksi, dan Purification. Metode yang digunakan adalah F. Maclean (cair-cair) dengan konversi reaksi 98% dan yield 95%. Reaksi terjadi pada suhu 40°C berlangsung eksotermis sehingga diperlukan pendingin berupa jaket. Pabrik heksamina didirikan di kecamatan kalidoni, Palembang, Sumatera selatan. Jumlah karyawan yang dibutuhkan 174 orang untuk operasional pabrik. Hasil analisis ekonomi menunjukkan hasil Pay Out Time (POT) selama 2,11 tahun dengan laba bersih US\$ 6.463.246,50. Pengembalian investasi sebesar 41,36% dan Break Event Point (BEP) yang dihasilkan mencapai 41,76%.

Kata Kunci: Hexamethylenetetramine, eksotermis, yield

I. Pendahuluan

Industri kimia di Indonesia merupakan salah satu sektor upaya kemajuan ekonomi negara. Semakin banyaknya permintaan (*demand*) bahan kimia dalam negeri maupun luar negeri yang mengharuskan negara melakukan perluasan kapasitas produksi dan pembangunan pabrik baru. Menurut Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2014 mengenai perindustrian ditegaskan bahwa pentingnya sektor industri sebagai pondasi utama ekonomi, peran pemerintah dalam mengatur dan mengelola pertumbuhan industri secara terstruktur. Tujuan dari dibentuknya UU tersebut adalah untuk mempersiapkan Indonesia menuju salah satu ekonomi terbesar didunia pada tahun 2030.

Permasalahan yang ada di Indonesia sampai saat ini adalah ketergantungan pada impor bahan kimia. Menurut Data Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2020 Indonesia masih mengimpor sebanyak 21,51% bahan kimia dan hanya mengekspor sekitar 12,65%. Hal ini mendorong pemerintah untuk meningkatkan produksi yang ada didalam negeri guna meminimalisir ketergantungan pada impor dan memperkuat ketahanan industri bahan kimia dalam negeri (Badan Pusat Statistik, 2020).

Tabel 1.1 Data Impor Heksamina Tahun 2019-2023

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)	Pertumbuhan (%)
2019	36252,27	-
2020	24676,77	-31,9304
2021	36148,32	46,48724
2022	52664,52	45,69009
2023	35652,95	-32,3018
Rata-Rata		6,986288

Salah satu bahan kimia yang banyak diimpor oleh Indonesia adalah heksamin ($C_6H_{12}N_4$). Berdasarkan table 1.1 pada tahun 2019-2023 rata-rata Indonesia mengimpor heksamin mencapai 37.078.996 ton per tahun. Terlihat bahwa impor heksamina mengalami lonjakan signifikan pada tahun 2021 hal ini disebabkan karena pada tahun 2020-2022 Indonesia sedang terjadi kasus pandemi yang membuat kebutuhan heksamina melonjak, karena digunakan sebagai besar untuk industri farmasi sebagai antiseptik dan disinfektan. Oleh karena itu industri heksamina di Indonesia cukup menjanjikan dan tentunya dapat mengurangi ketergantungan impor global yang dapat menghemat devisa negara.

Tabel 1.2 Data Ekspor Heksamina Tahun 2019-2023

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)	Pertumbuhan (%)
2019	337,6447	-
2020	146,8928	-56,495
2021	301,575	105,303
2022	674,6299	123,702
2023	908,9317	34,7304
Rata-Rata		51,81013

Indonesia melakukan impor heksamina dari negara India, China, dan Iran. Perbandingan jumlah impor dan ekspor sangat tinggi. Hal ini disebabkan tidak adanya pabrik heksamina di Indonesia. Indonesia mengekspor sebagian kecil sisa-sisa impor yang tidak digunakan untuk menekan biaya.



Peluang kapasitas untuk produksi pabrik baru yang akan dibangun pada tahun 2027 dapat diperkirakan dengan persamaan berikut:

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5 \quad (2.1)$$

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \quad (2.2)$$

Keterangan:

m1: nilai impor tahun 2027

m2: produksi pabrik dalam negeri

m3: kapasitas pabrik yang akan didirikan

m4: nilai ekspor tahun 2027

m5: nilai konsumsi tahun 2027

Berdasarkan tabel 2.2 diperoleh nilai rata-rata kenaikan impor per tahun ialah 6,98%, sehingga perkiraan nilai impor *heksamina* pada tahun 2027 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$m = P (1 + i)^n \quad (2.3)$$

Keterangan:

P: data besarnya impor/ekspor tahun 2023 (ton)

m: jumlah produk pada tahun 2027 (ton/tahun)

I: rata-rata kenaikan impor/ekspor setiap tahun (%)

n: selisih tahun

Sehingga perkiraan impor pada tahun 2027 sebesar:

$$\begin{aligned} m_5 &= P (1 + i)^n \\ &= 35.652,95 (1 + 0,06)^4 \\ &= 46.709,80 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel 2.2 diperoleh rata-rata kenaikan ekspor per tahun sebesar 51,81%, sehingga jumlah ekspor pada tahun 2027 dapat diperkirakan menggunakan persamaan 2.2 berikut ini:

$$\begin{aligned} m_4 &= P (1 + i)^n \\ &= 908,93 (1 + 0,51)^4 \\ &= 4.827,66 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, kapasitas pabrik *heksamina* pada tahun 2027 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

Diasumsikan: $m_5 = m_1 + m_2$

$$m_1 = 0$$

$$\begin{aligned} m_3 &= (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \\ &= ((m_4 + (m_1)) - 0 + m_2) \\ &= ((4.827,66 + (46.709,80)) - (0 + 0)) \\ &= 51.537 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut kapasitas produksi pada pabrik baru, dapat ditentukan setelah melewati beberapa pertimbangan seperti kebutuhan bahan baku dan target pemasaran produk. Berdasarkan beberapa faktor yang ada dari perhitungan kapasitas, ketersediaan bahan baku dan target pasar

yang cukup besar, maka kami mengambil sebesar 44,5% dari kebutuhan *heksamina* di Indonesia, untuk mengurangi jumlah impor dan mencukupi kebutuhan dalam negeri sehingga kapasitas produksi dapat ditetapkan dari $51.537 \times 44,5\% = 22.99334$ ton/tahun dibulatkan menjadi 23.000 ton/tahun.

II. Deskripsi Proses

II.1 Seleksi proses

Tabel 2.1 Seleksi proses

Parameter	Metode proses yang digunakan		
	Meissner	F. Maclean	AGF. Levebre
Suhu	50-80 °C	20-70 °C	20-30 °C
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
Konversi	97%	98%	97%
Yield	95%	95%	95%

Metode dalam memproduksi heksamina berdasarkan reaksi yang terjadi pada reaktor. Fasa reaksi pada metode Meissner (gas-gas), F. Maclean (cair-cair), AGF levebre (cair-gas). Metode yang dipilih adalah F. Maclean karena reaksinya yang homogen (cair-cair) karena mempermudah *maintenance* dan sistem kontrol yang baik. Metode ini memiliki konversi paling tinggi dibandingkan dengan metode lainnya.

II.2 Uraian Proses

II.2.1 Pre-treatment bahan baku

Bahan baku ammonia cair 99,5% disimpan di dalam tangki (F-110) pada suhu 30°C dan tekanan 15 atm. Ammonia diencerkan pada *mixer* (M-120) hingga konsentrasinya 20%. Bahan baku formaldehida (37%) disimpan di dalam tangki (F-130) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Bahan baku sebelum menuju reaktor dipanaskan terlebih dahulu hingga 40°C menggunakan *heater* E-122 dan E-132.

II.2.2. Reaksi

Reaksi terjadi pada Reaktor CSTR (R-210) suhu 40°C dan tekanan 1 atm. Perbandingan mol reaktan (ammonia dan formaldehida) adalah 2:3. Reaksi merupakan eksotermis (menghasilkan panas) sehingga harus dilengkapi pendingin berupa jaket. Tidak ada penambahan katalis karena reaksi berlangsung secara cepat (US. Patent 2,640,826)

II.2.3 Purification

Pada (V-310) dilakukan pemurnian dengan mengurangi kadar air dan sisa hasil reaksi. Evaporator beroperasi pada suhu 70°C dan tekanan



vakum 0,43 atm. Hasil pemekatan pada evaporator dipompa menuju *Crystallizer Swenson Walker* (X-320) untuk proses pembentukan kristal heksamina pada suhu 30°C. Kristal heksamina dan air dialirkan menuju *centrifuge* (H-330) untuk memisahkan padatan dan cairan. Padatan dikeringkan menggunakan *rotary dryer* (B-340) dengan suhu udara kering 100°C dan dilengkapi dengan *cyclone* (H-343) untuk menangkap padatan yang terbawa oleh udara. Padatan yang telah dikeringkan dialirkan menuju *ball mill* (H-350) menggunakan *cooling conveyor* (J-334) untuk mendinginkan padatan. Ball mill digunakan untuk memperkecil ukuran padatan yang terbentuk. Padatan dialirkan menuju *screener* (H-360) untuk menyeleksi ukuran kristal. Produk kristal heksamina memiliki ukuran 100 mesh. Kristal heksamina disimpan pada Silo (F-410) pada suhu 30°C.

III. Utilitas

Unit Utilitas meliputi penyediaan udara, bahan bakar, sumber listrik dan penyediaan air. Air diperoleh dari Sungai Musi melewati kawasan Palembang. Penyediaan listrik didapatkan dari generator dan PLN disekitar Palembang. Berikut merupakan kebutuhan utilitas pabrik heksamina:

Tabel 3. Kebutuhan Utilitas

Kebutuhan	Jumlah
Steam	37664896,2 (kg/jam)
Air Pendingin	969821,308 (kg/jam)
Air Proses	5779,75351 (kg/jam)
Air Sanitasi	1046,85838 (kg/jam)
Listrik	363,237053 (kw/jam)
Bahan Bakar	
Antracite coal	2794919,26 (kg/jam)
Diesel Fuel	44,664 (kg/jam)

IV. Evaluasi Ekonomi

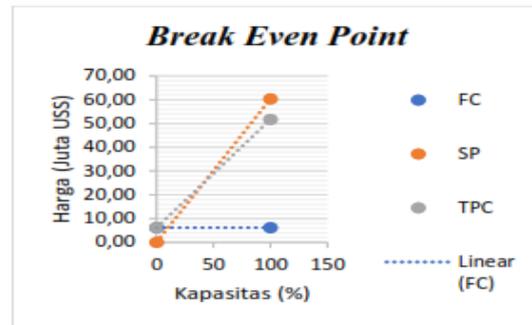
Evaluasi ekonomi digunakan untuk menentukan kelayakan suatu pabrik. Berikut merupakan hasil analisis ekonomi pabrik heksamina:

Tabel 4. Analisis Ekonomi

Analisis	Nilai	Keterangan
ROR	41,36%	Layak
POT	2,11 tahun	Layak
BEP	41,76%	Layak

Hasil BEP yang diperoleh adalah 41,76%, nilai ini berada dalam rentang yang sesuai menurut Kusnarjo (2010). Menurut Kusnarjo (2010), BEP untuk pabrik kimia biasanya berkisar antara 40-50%, sehingga

pabrik heksamina ini layak didirikan. Analisis BEP juga bisa dilakukan secara grafis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Analisis Break Event Point

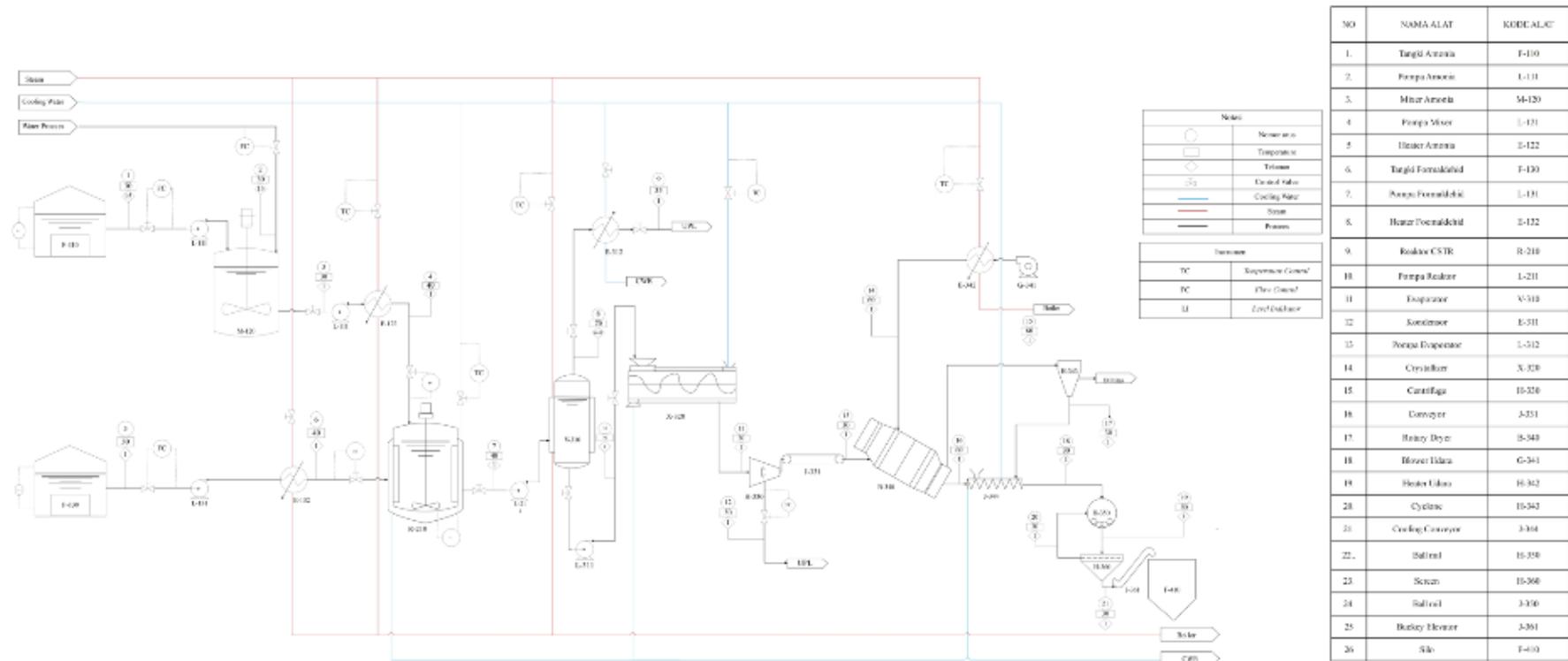
V. Kesimpulan

Perancangan pabrik heksamina di Indonesia dapat dibangun dengan melihat nilai impor Indonesia yang masih tinggi. Membangun pabrik heksamina dengan kapasitas 23.000 ton/tahun diharapkan dapat mengurangi impor Indonesia dalam industry bahan kimia. Dipilih metode F. Maclan (cair-cair) karena konversi yang tinggi yaitu 98%, sehingga tidak banyak sisa reaksi yang terbuang. Kebutuhan utilitas meliputi penyediaan udara, bahan bakar, sumber listrik, dan penyediaan air. Berdasarkan analisis ekonomi pabrik ini layak didirikan dengan ROR 41,36%; POT 2,11 tahun; dan BEP 41,76%.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik. 2020. Statistic Indonesia. www.bps.go.id. Diakses Pada 15 Oktober 2023.
- Badan Pusat Statistik. 2023. Statistic Indonesia. www.bps.go.id. Diakses Pada 15 Oktober 2023.
- Brown, Robert. 2017 "Sintesis Heksamina Menggunakan Reaksi Formaldehid dan Amonia: Analisis Proses dan Keamanan." Konferensi Kimia Industri, hal. 145-158. Diakses pada 15 Oktober 2023.
- Direktori Kota Palembang 2018. <http://www.palembang.go.id/35/geografis-kota> Palembang. Diakses pada 17 oktober 2023.
- Kementerian Perindustrian. 2011. kemenperin.go.id. Indonesia. Diakses Pada 15 oktober 2023.
- Kent, J. A., 1974, Riegel's Handbook of Industrial Chemistry, 7th edition, Litton Educational Publishing, Inc., USA. Diakses pada 15 Oktober 2023.
- US.Patent, Maclean, A F dkk , 1954, "Production Of Hexamethylene Tetramine". Celanese Corporation of America, New York, No 2,640,826





Komponen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
NH ₃	1454,026	-	1446,755	1446,755	-	-	28,94	28,94	28,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CH ₂ O	-	-	-	-	3829,65	3829,65	76,59	76,59	76,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CH ₃ OH	-	-	-	-	103,50	103,50	103,50	103,50	103,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H ₂ O	7,270	5779,75	5787,025	5787,023	6417,25	6417,25	14456,10	11097,63	11097,63	5358,47	3358,469	3224,13	134,34	-	152,765	1,343	-	1,343	1,343	0,071	1,343
COH ₂ NH ₂ (s)	-	-	-	-	-	-	2919,04	-	-	2919,04	15,82	14,99	-	-	-	-	-	-	-	1,528	-
COH ₂ NH ₂ (g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2905,43	2904,05	-	29,331	2875,010	29,331	2904,05	2904,05	2904,05	152,845	2904,05
Udama	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6764,885	6764,885	-	-	-	-	-	-
Kode Alat	M-120	E-122	E-132	R-210	V-310	E-311	X-320	B-340	J-344	E-342	Q awal										
Q in	1610896,22	5789888,28	2062349,11	52338209,75	40504457,33	31689910,81	4660558,90	5877278,49	5766055,84	6300915,89	156602350,63										
Q out	1610896,22	5789888,28	2062349,11	52338209,75	40504457,33	31689910,81	4660558,90	5877278,49	5766055,84	6300915,89	156602350,63										

PIR-RANCANGAN PABRIK HEKSAMINA DARI AMONIA DAN FORMALDEHID KAPASITAS 23400 TON/TABUN METODE EMACLEAN

Dibuat Oleh :

Riki Masrum Hukiki	201910401071
Luluk Uliha	201910401023
Rizka Rizky Pratama	201910401055

Dosen Pembimbing Utama :
Ir. Dima Ichariona Yolanda Parri, S. T., M. T.

Dosen Pembimbing Anggota :
Zuhriah Muzannah, S.Si., M.Sc.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SI TEKNIK KIMIA
JEMBER 2024**

Gambar 2. Neraca Massa dan Neraca Energi Pabrik Heksamina dari Amonia dan Formaldehida