

PRARANCANGAN PABRIK MELAMIN DARI UREA DENGAN PROSES LOW-PRESSURE DENGAN DESAIN ALAT UTAMA PACKED BED SCRUBBER (V-101)

Syaktia Aryuda¹⁾, Sri Helianty²⁾

1) Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, 2) Dosen Teknik Kimia
Laboratorium Dasar Proses dan Operasi Pabrik
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam
Pekanbaru, 28293
E-mail: syaktia.aryuda6180@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Melamine is a chemical compound derived from urea as white crystals that raw material for making glue, household appliances. The estimation of melamine market in 2020 is 1,5.10⁶ tons, and keep growth by 3% until 2026. A melamine plant is a necessity for Indonesia's domestic demand and for decreasing melamine import. We decided to conduct the preliminary plant design for melamine from urea. Our melamine plant has a capacity of 43,000 tons/year in JIPE industrial park Gresik, East Java. This article is a summary report for Packed Bed Scrubber (V-101), design, one of principle equipment. Based on economic feasibility analysis, the Break-Even Point (BEP) of is 38%; Return On Investment (ROI) is 49%; Internal Rate of Return (IRR) is 26% and payback period (PBP) is 1.6 years. We recommend continuing to detail design this preliminary plant design.

Keywords: economic analysis, melamine, urea, factory design

1. Pendahuluan

Pupuk urea impor yang masuk ke Indonesia menjadi daya tarik tersendiri bagi petani karena harganya yang murah dan mudah didapat. Penyebab tingginya harga pupuk urea produksi dalam negeri yaitu, biaya operasional yang mahal akibat bahan baku impor. Untuk menanggulangi kerugian, dapat dilakukan penguatan *Corporate Culture* dan *Corporate Image*. Selain itu, dapat melakukan program revitalisasi dalam meningkatkan efisiensi dan menghasilkan produk turunan dengan harga lebih tinggi. Salah satu contoh, dengan membuat anak perusahaan berupa

pabrik melamin dan terus melakukan inovasi dalam pengembangan produk baru.

Melamin dimanfaatkan dalam pembuatan plastik kelas atas, perekat, tekstil, dan *industrial coatings*. Melamin juga dapat digunakan sebagai *superplasticizer* dalam pembuatan beton, *sulfonated melamine formaldehyde* dalam semen untuk mengurangi kadar air dalam beton. Dibandingkan dasar plastik, melamin memiliki kelebihan berupa sifat tahan panas, tahan api dan tidak mudah pecah. Produksi

melamin proses *low-pressure* dengan metode BASF ini menggunakan bantuan katalis alumina. Ada tiga tahapan dalam produksi melamin yaitu tahap persiapan bahan baku, reaksi, dan separasi produk. Dalam produksi melamin terjadi penguraian urea menjadi melamin, NH₃ dan CO₂ dalam *fluidized bed reactor* dengan bantuan katalis alumina.

Menurut Ullman (2003), melamin dapat disintesis dari urea pada suhu 350 – 400 °C, saat lelehan urea menguap secara spontan, saat itulah terjadi proses reaksi dengan persamaan berikut ini:



Keluaran reaktor diteruskan ke *desublimer* untuk mengkristalkan melamin. Setelah itu, padatan melamin akan dipisahkan dari keluaran fasa gas. Upaya yang dilakukan dalam menangani peningkatan populasi global dan menanggulangi menipisnya sumber daya, maka dibuatlah rancangan dalam bentuk ekonomi melingkar.

Recovery off-gas akan diproses di *Packed Bed Scrubber* pada temperatur 150 °C dan tekanan 14,7 psi. Keuntungan *recovery* yaitu kandungan urea dari gas reaksi dapat digunakan untuk dikonversi menjadi melamin. Gas yang dihasilkan dapat digunakan kembali sebagai gas pendingin pada *desublimer* (US3321603), dan dapat digunakan kembali sebagai *fluidizing gas* pada *fluidized bed reactor*.

Packed bed scrubber merupakan unit operasi yang digunakan untuk menyingkirkan partikel yang terdapat didalam gas. Jenis *scrubber* vertikal dipilih agar pabrik yang dirancang dapat menghemat tempat di pabrik dan memudahkan pemisahan partikel yang menempel dengan adanya gaya gravitasi.

Prinsip kerja alat ini adalah mengontakkan antara cairan dengan gas (campuran gas dengan lelehan urea yang mengandung amonium karbamat). Pada bagian *reflux plates*, akan terjadi pemisahan antara cairan yang mengandung partikel dengan gas.

Pendirian pabrik melamin ini dapat menjadi alternatif bagi produsen pupuk urea di Indonesia. Melamin memiliki keunggulan yang lebih baik dibandingkan plastik dan pemanfaatan yang lebih luas pada berbagai bidang sehingga, memiliki profit yang tinggi. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki peluang yang besar dalam pasar bahan baku melamin.

Peningkatan pembangunan di Cina dalam perluasan sektor industri dan infrastruktur, akan menjadi peluang besar untuk pasar melamin. Permintaan terhadap bahan baku melamin yang tinggi dibidang industri konstruksi, industri cat dan pelapis dari berbagai negara seperti Cina, Jepang, dan India, menjadikan Asia-Pasifik mendominasi pasar melamin (MarketWatch, 2021).

Pada tahun 2020, pasaran melamin mencapai 1500 kiloton, dan diproyeksikan akan mencapai pertumbuhan sebanyak 3% pada tahun 2021 sampai 2026. Dampak dari COVID-19 menyebabkan adanya penurunan permintaan pasar melamin. Namun, industri konstruksi dapat cepat pulih sehingga diperkirakan permintaan terhadap melamin akan meningkat beberapa tahun yang akan datang (Mordor

Intelligence, 2020). Berdasarkan peluang ini, maka pendirian pabrik melamin ini diharapkan dapat menjadi daya tarik bagi para investor sebagai sarana pengembangan bisnis yang lebih baik.

2. Bahan Baku dan Bahan Penunjang Proses

Untuk menghasilkan melamin, dibutuhkan beberapa bahan baku dan penunjang yaitu urea, amonia, karbon dioksida, dan katalis alumina. Spesifikasi bahan yang digunakan pada proses:

2.1 Urea

Urea adalah senyawa organik pertama. Bahan baku yang digunakan untuk membuat melamin yaitu urea. CH_4NO_2 merupakan rumus kimia dari urea. Urea memiliki berat molekul sebesar 60,06 g/mol, warnanya hampir putih, dan baunya sedikit berbau amonia. Titik leleh urea pada 132,7 °C, dengan massa jenis sebesar 1,3230 g/mL saat suhu 20 °C. *Impurities* dari urea berupa biuret sebesar 0,3-2%.

2.2 Alumina

Aluminium oksida adalah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen, dengan rumus kimia Al_2O_3 . Alumina digunakan sebagai katalis dalam pembuatan melamin. Rumus kimia dari alumina yaitu Al_2O_3 . Alumina yang berwujud padat ini berbentuk bubuk dengan warna putih dan tidak berbau. Titik didihnya yaitu 2,977 °C dan titik lelehnya pada suhu 2,050 °C. Densitas dari alumina sebesar 3,2-3,9 g/cm³. Ukuran dari alumina yaitu sebesar 0,2 - 200 µm dengan luas permukaan sebesar 1 - 250 m²/g (Sasol, 2019).

2.3 Amonia

Amonia merupakan produk samping yang dihasilkan dari pembuatan melamin. Rumus kimia dari amonia yaitu NH_3 . Berat molekul dari amonia yaitu 17,031 g/mol. Amonia ini tidak berwarna dengan rasa asam dan bau yang menyengat (MSDS, 2015).

2.4 Karbon Dioksida

Karbon dioksida adalah senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. CO_2 merupakan salah satu produk samping dari pembuatan melamin dari urea. Berat molekul dari CO_2 sebesar 40,04 g/mol dengan densitas gas saat 101,325 kPa dan 20°C sebesar 1,839 kg/m³. CO_2 ini tidak berwarna, tidak berbau, dan memiliki rasa yang asam (MSDS, 2017).

3. Produk yang Dihasilkan

Melamin (2,4,6-triamino-1,3,5-triazines) merupakan produk utama dari pabrik ini. Melamin biasanya digunakan dalam pembuatan resin melamin-formaldehida untuk aplikasi laminasi dan perekat. Melamin memiliki beberapa sifat fisika dan kimia sebagai berikut (Han, 2011): memiliki rumus kimia $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$, berbentuk bubuk, dan berwarna putih. Berat molekul dari melamin yaitu sebesar 126,12 g/mol dan densitasnya sebesar 1.573 saat 16 °C.

4. Desain Alat Utama *Packed Bed Scrubber* (V-101)

Kondisi operasi dari *packed bed scrubber* yaitu temperatur 135 °C dan tekanan 1 atm. Pemilihan bahan konstruksi untuk alat ini adalah FRP (*Fibre-reinforced plastic*), sesuai dengan desain alat dari perusahaan Zhengzhou Environmental Protection Equipment and Engineering Co., Ltd.

4.1 Komponen yang Digunakan

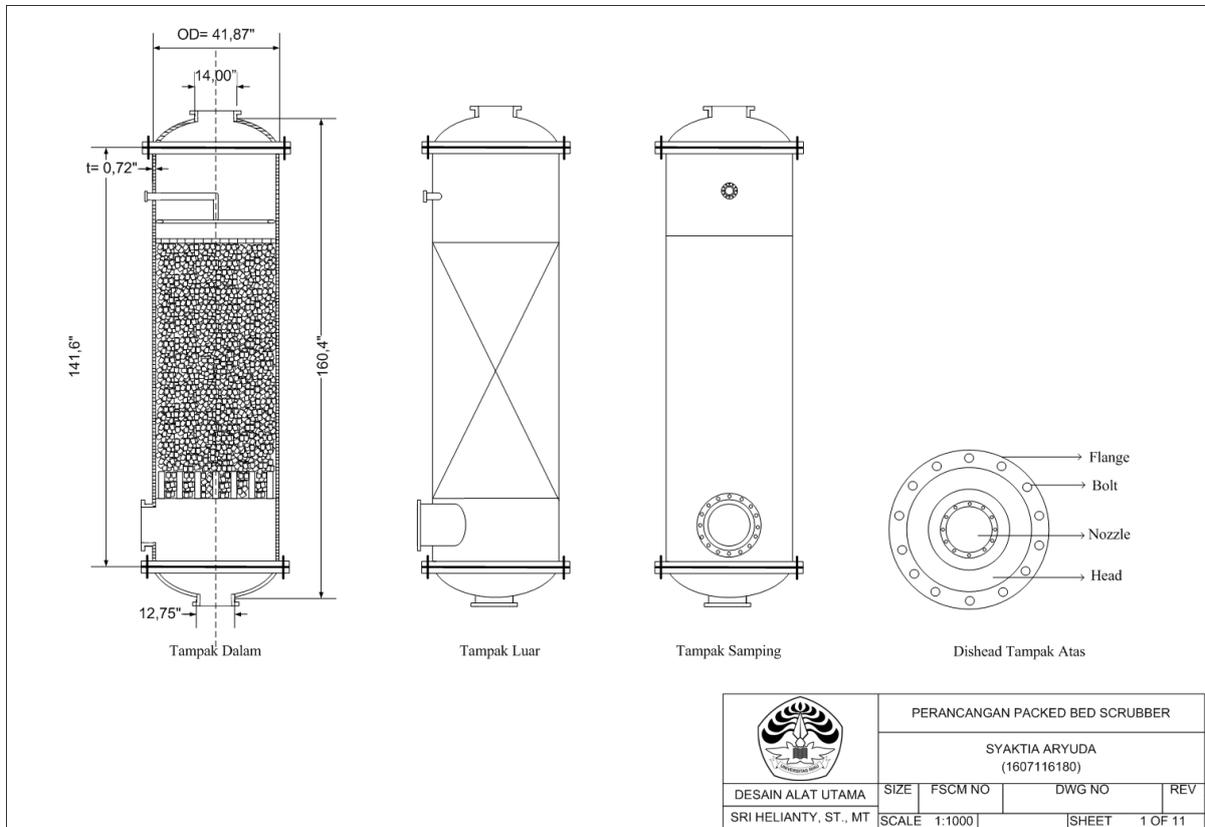
Komponennya terbagi dua yaitu, urea sebagai bahan baku dan cairan *scrubbing*, amonia dan karbon dioksida sebagai *off-gas*.

4.2 Desain Kolom *Packed Bed Scrubber*

Berdasarkan perhitungan, volume *packed bed scrubber* sebesar 12042,99 m³/h.

Desain alat dapat disesuaikan dengan desain perusahaan Zhengzhou Environment Protection Equipment and Engineering Co., Ltd. Dimana untuk desain fabrikasi, alat dengan kapasitas 13000 m³/h memiliki diameter 1 m dengan tinggi kolom 3,6 m. Tebal kolom sebesar 0,72 in. Tekanan desain berkisar 5-10 % di atas tekanan absolut (Timmerhaus, 1991), sehingga diperoleh tekanan desain sebesar 16,17 psi.

Alat ini menggunakan desain tutup dan alas yang sama yaitu *torispherical head* dengan tekanan 1-13,6 atm. Tebal *head* sebesar 0,66 in. Desain *scrubber* dapat dilihat pada gambar 4.1. Spesifikasi untuk bagian dalam *scrubber* terdapat pada tabel 4.1.



Gambar 4.1 Desain *packed bed scrubber*

Tabel 4.1 Spesifikasi bagian dalam scrubber

LIQUID DISTRIBUTOR	
Jenis	<i>Perforated Pipe</i>
Luas Penampang	9031,57 cm^2
Jumlah <i>Hole</i>	47 buah
Diameter pipa	30 mm
Diameter <i>Hole</i>	3,5 mm
PACKING SUPPORT	
<i>Diameter of riser</i>	166,67 mm
Jumlah <i>slot of riser</i>	26 slot
Diameter <i>weep hole</i>	6 mm
Jumlah <i>weep hole</i>	50 buah

5. Analisa Ekonomi

Sebelum melakukan analisa ekonomi, kita harus mengetahui terlebih dahulu harga alat proses yang akan digunakan. Yang akan dianalisa yaitu investasi, biaya operasi, dan kelayakan pabrik. Harga alat-alat proses biasanya akan mengalami perubahan tiap tahunnya oleh sebab itu, harga peralatan perlu dihitung terhadap harga index. Beberapa situs fabrikasi yang menyediakan alat proses yaitu:

1. *Packed bed scrubber* diperoleh dari perusahaan Zhengzhou Enviro Protection Equipment and Engineering Co., Ltd.
2. Harga unit operasi lain diperoleh dari katalog perusahaan Cina.

Tahapan analisa yang perlu dilakukan dalam menentukan kelayakan

ekonomi pendirian pabrik melamin ini yaitu:

5.1 Fixed Capital Investment (FCI)

Tabel 5.1 Fixed Capital Investment (FCI)

FCI	Biaya
<i>Direct cost</i>	Rp 61.944.616.849
<i>Indirect cost</i>	Rp 34.069.539.267
Total	Rp 96.014.156.116

5.2 Working Capital

Working capital merupakan 20% dari nilai TCI. Nilai TCI yaitu sebesar Rp 120.017.695.145. sehingga, WC yang diperoleh sebesar Rp 24.003.539.029.

5.3 Biaya Produksi

Tabel 5.2 Manufacturing Cost (MC)

MC	Biaya
<i>Direct production cost</i>	Rp 620.673.420.296,79
<i>Fixed charges</i>	Rp 10.081.486.392
<i>Plant overhead cost</i>	Rp 39.921.196.625,88
Total	Rp 670.676.103.314,84

Tabel 5.3 General Expenses (GE)

<i>Administrative Costs</i>	3% TPC	Rp 23.952.717.976
<i>Distribution and Marketing Costs</i>	10% TPC	Rp 79.842.393.252
<i>Research and Development Costs</i>	3% TPC	Rp 23.952.717.976
Total	16%	Rp 127.747.829.203

Dari data yang didapat, maka *Total Production Cost* (TPC) yang merupakan penjumlahan dari MC dan GE diperoleh sebesar Rp 798.423.932.517,669.

Berdasarkan analisa ekonomi, pabrik ini layak untuk didirikan dengan umur pabrik selama 20 tahun. Hal ini dapat dilihat melalui *return of investment* (ROI) yang merupakan rasio keuntungan dari investasi dalam bentuk persentase per tahun sebesar 49%. Waktu pengembalian modal dapat dilakukan selama 1,6 tahun. Suatu pabrik dikatakan layak untuk didirikan jika *break even point* (BEP) yang merupakan titik dimana hasil produksi hanya dapat menutupi biaya produksi yang kisarannya di atas 20% dan di bawah 60% (Peter dkk, 2003). BEP dari analisa ekonomi yang diperoleh sebesar 38%. Suku bunga yang akan diperoleh dari hasil investasi harus dibawah 30% (Peter dkk, 2003). Nilai ini dapat dilihat dari hasil *interest rate of return* (IRR) yang diperoleh sebesar 26%.

6. Kesimpulan

Hasil dari perhitungan perancangan pabrik melamin yang berkapasitas 43000 ton/tahun ini adalah:

1. BEP (*Break event Point*) yang diperoleh sebesar 38%, nilai ini memenuhi syarat karena lebih dari 20% dan kecil dari 60%
2. Nilai ROI yang diperoleh masih di bawah 50% yaitu sebesar 49%
3. Nilai PBP masih dibawah 5 tahun yaitu selama 1,6 tahun
4. Nilai IRR yang diperoleh kecil dari 30% yaitu sebesar 26%
5. Dari hasil perolehan yang didapat, maka dapat disimpulkan bahwa Pabrik Melamin dari Urea dengan Proses *Low-Pressure* ini layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- MarketWatch. 2021. *Global Melamine Market Outlook, Industry Analysis and Prospect 2026*. <https://www.marketwatch.com/press-release/global-melamine-market-outlook-industry-analysis-and-prospect-2026-2021-05-26>. Diakses pada 15 Juni 2021.
- MSDS. 2015. Amonia
- MSDS. 2017. *Carbon Dioxide*
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1991, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 4 th ed.*, McGraw Book Co., Inc., New York.
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 2003, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 5 th ed.*, McGraw Hill Book Co., Inc., New York.
- Sasol. 2019. "Safety Data Sheet"
- Ullman, 2003, *Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol A*, VCH, Germany.