NASKAH PUBLIKASI

PRARANCANGAN PABRIK MELAMIN DENGAN PROSES BASF

KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Menyelesaikan Pendidikan

Tingkat Strata Satu Di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun:

Mutiara Sarisdiyanti

D500100003

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2015

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

Nama	:	**Mutiara Sarisdiyanti**
NIM	:	**D 500 100 003**
JUDUL TPP	:	**Prarancangan Pabrik Melamin Proses BASF Kapasitas 100.000 Ton Per Tahun**
Dosen Pembimbing	:	**1. Dr. Ir. Ahmad M. Fuadi, M.T**
		2. Eni Budiyati, S.T., M.Eng

Surakarta, Maret 2015

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Dr. Ir. Ahmad M. Fuadi, M.T	Eni Budiyati, S.T., M.Eng
NIK. 618	NIK. 991

INTISARI

Melamin merupakan salah satu bahan kimia dalam industri yang mempunyai banyak sekali kegunaan, yaitu pada industri tekstil, industri kertas, serta industri cat. Pada saat ini kebutuhan melamin masih banyak didatangkan dari berbagai negara, diantaranya yaitu Jepang, Amerika Serikat, dan Jerman. Oleh sebab itu pabrik melamin di Indonesia dengan kapasitas 100.000 Ton/tahun yang beroperasi selama 330 hari/tahun sangatlah penting guna mengurangi kebutuhan impor melamin dari luar negeri. Bahan baku pembuatan melamin adalah urea, urea yang di reaksikan pada reaktor *fluidized bed* yang beroperasi pada suhu 410°C dengan tekanan 3 atm dengan katalis Al_2O_3. Reaksi ini berlangsung secara endotermis dan *irreversible*. Konversi untuk reaksi ini adalah 95% dan mempunyai yield sebesar 93%. Produk yang terbentuk berupa kristal yang berwarna putih.

Prarancangan pabrik melamin ini akan didirikan di Cikampek, Jawa Barat dengan luas area 19.000 m^2. Total kebutuhan air untuk semua unit adalah 428,079 m^3/hari, total kebutuhan listiknya adalah 360,363 kW, dan total kebutuhan bahan bakarnya adalah 373,367 ft^3/jam. Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas dengan pimpinan tertinggi dipegang oleh Direktur dan dibantu oleh para manajer dengan jumlah karyawan sebanyak 174 orang.

Berdasarkan hasil analisa ekonomi prarancangan pabrik ini membutuhkan modal tetap dan modal kerja sebesar US$ 34.133.692,020 dan US$ 55.996.169,411 dan didapatkan *Return of Investment* sebelum pajak 54,23%, setelah pajak 46,12%, *Break Event Point* 48%, *Shut Down Point* 13%, *Pay Out Time* sebelum pajak 0,152 tahun, setelah pajak 0,261 tahun. Berdasarkan analisa ekonomi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pabrik melamin ini layak untuk didirikan.

Kata Kunci : Melamin, BASF, *Fluidized bed reactor*

A. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang Pendirian Pabrik Melamin

Melamin adalah suatu bahan kimia dengan rumus molekul $C_3H_6N_6$ dan dikenal dengan nama 2-4-6 triamino 1-3-5 triazine. Pada prarancangan pabrik ini digunakan bahan baku urea. Melamin mempunyai banyak kegunaan diantaranya adalah sebagai bahan baku pembuatan melamin resin, bahan pencampur cat, pelapisan kertas, tekstil, dan lain-lain.

Kebutuhan melamin di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat dengan berkembangnya industri-industri kertas, cat, dan tekstil. Selain itu melamin baru sedikit diproduksi dalam negeri sehingga untuk mencukupi kebutuhan melamin harus didatangkan dari luar negeri.

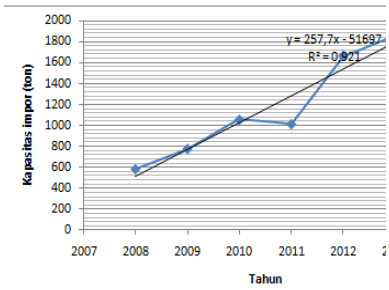
Pendirian pabrik melamin ini dapat mengurangi impor dalam negeri selain itu keuntungan lainnya bahan bakunya pun langsung tersedia oleh pabrik yang ada di dalam negeri. Keuntungan yang lain hal ini dapat membantu pemerintah dalam mengatasi masalah tenaga kerja dan sekaligus dapat mendukung berkembangnya industri-industri yang ada di Indonesia.

Kebutuhan bahan baku merupakan faktor yang amat sangat penting demi kelangsungan proses produksi. Harga dari melamin US$ 50/kg sedangkan harga bahan baku US$ 0,0384/kg. Kebutuhan urea dapat dipenuhi oleh PT. Pupuk Kujang Cikampek.

Dengan pertimbangan diatas maka direncanakan pendirian pabrik melamin dalam negeri dengan kapasitas 100.000 ton/tahun perlu didirikan

2. Penentuan Kapasitas Rancangan

Untuk menentukan kapasitas rancangan yaitu dengan grafik kapasitas impor melamin



Gambar 1. Grafik Kapasitas Impor Melamin

Berdasarkan gambar 1 maka dapat dihitung jumlah melamin pada tahun 2020 sebesar 468.857 ton/tahun.

Selain itu ada beberapa produsen melamin yang beroperasi di dunia yaitu:

Negara	Kapasitas Ton/tahun
Jerman	42.000
Belanda	90.000
US	47.000
Jepang	38.000
Taiwan	10.000

Berdasarkan beberapa pertimbangan diatas maka ditetapkan pabrik melamin dengan kapasitas 100.000 ton/tahun.

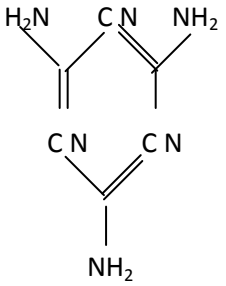
3. Tinjauan Pustaka

Melamin banyak dijumpai pada aplikasi industri untuk proses produksi resin melamin *formaldehid*. Pada sekitar tahun 1960, melamin diproduksi dari *dicyanamid* (Ullman, 2003). Proses ini berlangsung didalam *autoclave* pada tekanan 10 MPa dan suhu 400°C dengan adanya gas amoniak.

Pada awal 1940, Mackay menemukan bahwa melamin juga bisa disintesa dari urea pada suhu 400°C dengan atau tanpa katalis. Sejak saat itu melamin mulai diproduksi dari bahan baku urea (Ullman, 2003).

Melamin pertama kali dipelajari oleh Leibig pada tahun 1834 (Ullman, 2003). Pada saat itu Leibig mendapatkan melamin dari proses peleburan antara

potasium thiosianat dengan *amonium klorida*. Kemudian pada tahun 1885 A.W Von Hoffman mempublikasikan struktur molekul melamin, sebagai berikut :



B. DESKRIPSI PROSES

Produksi $C_3H_6N_6$ metode *Badishce Anilin And Soda Fabrik*dengan bahan baku CH_4N_2O dibagi menjadi tiga proses, yaitu:

1. Proses persiapan bahan baku
2. Proses reaksi
3. Tahap sparasi produk

a. Proses Persiapan Bahan Baku

CH_4N_2O mempunyai wujud butiran memiliki kemurnian 99,3 persen. Bahan dimasukkan ke tempat pelelehan pada T 135°Celcius , P = 1,7 atmosfer di kondisi itu CH_4N_2O leleh.

Dari tempat pelelehan CH_4N_2O lalu dipompa ke tangki kemudian menuju dua arah, yaitu *Scrubber*&Reaktor *fluidized bed*. Di *Scrubber*CH_4N_2O leleh digunakan sebagai penyerapan *off gas* untuk membawa sisa $C_3H_6N_6$ yang ikut pada *off gas*. Keluar *Scrubber* CH_4N_2O leleh masuk ke tangki sehingga bercampur dengan CH_4N_2O leleh dari tempat pelelehan dan berfungsi untuk umpan reaktor.

b. Proses reaksi

Dari tangki CH_4N_2O leleh dipompa serta dimasukkan menuju reaktor *fluidized bed* melalui *nozzle* pada

reaktor sehingga CH_4N_2O leleh menjadi menguap secara langsung serta masuk dalam partikel katalis yang terfluidisasi dari bawah reaktor.

Fluidizing gas berupa gas NH_3, karbondioksida di dapat dari *off gas*dalam *Scrubber*.Kemudian *fluidizing gas* dialirkan menuju *Crystallizer* dan furnace. Gas yang dialirkan menuju *Crystallizer* digunakan sebagai *quencing gas*. Gas yang dialirkan menuju furnace dipanaskan sampai T = 430°Celcius tapi lebih dulu dinaikkan P = 3,8 atmosfer, berikutnya berfungsi sebagai *fluidizing gas* pada reaktor.

Reaktor beroperasi di T = 410°Celcius dan P = 3 atmosfer. Reaksi pada reaktor mempunyai sifat *endotermis,* maka berfungsi menjaga T operasi pada 410°Celcius reaktor wajib dipanaskan. Panas didapat dari *steam* menuju koil.

Pada reaktor terjadi penguraian CH_4N_2O jadi $C_3H_6N_6$, NH_3, dan karbondioksida. *Output* reaksi reaktor pada T=410°Celcius dan P= 3 atmosfer berupa gas $C_3H_6N_6$, NH_3, karbondioksida, $C_2H_5N_3O_2$, $C_6H_6N_{10}$, serta CH_4N_2O yang tak bereaksi.

c. Proses Sparasi Produk

Proses hasil output reaksi sesudah reaktor didinginkan di *Cooler* T=300°Celcius, P=1,8atmosfer kemudian masuk ke Filter untuk memisahkan $C_3H_6N_6$ dan $C_6H_6N_{10}$. C3H6N6 menuju ke *Crystallizer*, kemudian dikontakkan dengan *off gas* dari

scrubber pada T=140°Celcius dan P=1,25 atmosfer yang digunakan sebagai *quenching gas* sehingga $C_3H_6N_6$ berbentuk kristal. $C_3H_6N_6$ yang mengkristal sebanyak 99 persen dan mempunyai kemurnian 99,9 persen. $C_3H_6N_6$keluar dari *Crystallizer* pada T=220°Celcius & P=1atmosfer. Kemudian dialirkan menggunakan PC menuju *Cyclon*. Di dalam *Cyclon* terjadi proses penyaringan kristal dengan *off gas* dimana kristal yang terpisahkan sebagai produk. Kristal $C_3H_6N_6$ yang punya T=220°Celcius itu didinginkan hingga T=30°Celcius, kemudian dilakukan *packaging*, setelah itu disimpan ke gudang untuk dipasarkan.

Gas keluar *Cyclone* sebagai *off gas* sebagian dialirkan menuju percabangan. Di *purging* gas dibagi dua bagian. Pertama ke *Scrubber* yang nanti digunakan untuk *fluidizing gas* dan *quenching gas*. Lalu yang masih sisa dipercabangan. Dalam *Scrubber* terjadi proses penyaringan CH_4N_2O dan $C_3H_6N_6$ yang ikut *off gas*. Kemudian *off gas* didekatkan dengan CH_4N_2O leleh yang memiliki T=249,043°Celcius sehingga T *off gas* menjadi turun sampai 140°Celcius. Gas yang tak terserap, dipakai sebagai *quenching gas* pada *Crystallizer* dan sisanya digunakan untuk *fluidizing gas* di reaktor.

Tinjauan Termodinamika

$\int Cp.dT = \int Cp.dT,Produk - \int Cp.dT,reaktan$

$= \{(\int Cp.dTC_3N_3(NH_2)_3 + \int Cp.dTCO_2 + \int Cp.dT$

$= (17.257,460 + 15.497,904 + 15.343,920) - (8.2$

$= 39844.161$ kkal/mol

$\Delta H_{R\,410} = \Delta H_{R298} + \int Cp.dT$

$= 39560.042$ kkal/mol

$\Delta G_{298} = \Delta G_{f\,298\,produk} - \Delta G_{f\,298\,reaktan}$

$\Delta G_{298} = ((42,275 + 3\,(-94,26) + 6\,(-3,859)$

$= -242,137$ kkal/mol

Harga konstanta kesetimbangan (K) pada suhu 41(

rumus (Smith – Van Ness,1996):

$$K = \exp(-\Delta G_{298} / RT)$$

$$\ln K = \frac{242,137\ kcal/mol}{1,987 \frac{cal}{mol} K . 668 K}$$

$\ln K = 182,43$

$K = 1,68 \times 10^{79}$

Harga konstanta kesetimbangan(K) sangat besar, sehingga rea

melamin merupakan reaksi searah *(irreversible).*

Kinetika Reaksi

Persamaan kecepatan reaksi:

$$-r_A = \frac{k_A C_{Ao}(1 - X_A)}{(1 + \varepsilon_A X_A)}$$

$$t = CA_0 \int_0^{0,95} \frac{dX_A}{\left[k_A CA_0 \frac{(1 - X_A)}{(1 + \varepsilon_A X_A)}\right](1 + \varepsilon_A X_A)}$$

$$t = \frac{1}{k_A} \int_0^{0,95} \frac{dX_A}{1 - X_A} = \frac{1}{k_A} \ln \frac{1}{(1 - X_A)} \Big|_0^{0,95}$$

$$1800\,s = \frac{1}{k_A} \ln \frac{1}{(1 - 0,95)}$$

$k_A = 0,0017\ s^{-1}$

C. SPESIFIKASI ALAT PROSES

a. Reaktor

Kodenya : R-01

Fungsinya : mereaksikan CH_4N_2O menjadi melamin, karbondioksida, dan amonia

Type : Reaktor *Fluidized bed*

Jmlh : 1

T.tot : 23,602 meter

Vol : 155,214 metercubic

TDH : 6,349 meter

T *zona* reaksi : 14,174 meter

T *head* bawah : 0,934 meter

D freeboard : 5,526 meter

D*zona* reaksi : 3,735 meter

Ts : 0,696 meter

Bhn : *Plate steel SA 129 grade B*

Kondisi Oprsi:

T=395°Celcius,P=3atmosfer

Harga : US$46.965,004

b. Siklon

Kodenya : Cy-02

Fungsinya: Memisahkan urea sebnyak 174.662,537 kilogram/jam

Type : *cyclone*

Bhn: cast iron

Kondisi oprsi:

suhu=200°Celcius, P= 1atmosfer

L penampang : 3,953 meter^2

D: 2,244 meter

Jmlh: 1

Harga: US$ 155.516,192

c. *Crystallizer*

Kodenya: Cr-01

Fungsinya: mengkristalkan melamin 174.662 kilogram per jam

Type: *Swanson Walker Crystallizer*

Kondisi oprsi:

Suhu in =300°Celcius,

Suhu out =220°Celcius,

Tekanan =1 atmosfer

ΔT_{LMTD}=332,270°F=166,816 °Celcius

Dimensi:

a). l =1,2192meter,

b). p =7,4075meter,

c). D =0,9144meter

Kec putar : 8 rpm

Tebal jaket:

14inci=03556meter

=1,1667feet

Uc: 159,2697Btu/hr.feet^2.°F

Ud: 88,663Btu/hr.feet^2.°F

Luas transfer panas: 228,933 feet^2

Vol : 35,325Feet^3

Waktu tinggal : 0,0045 j

Tenaga motor : 1HP

Bhn : *Stainless steel*

Jmlh : 1

Harga : US$61.918,484

d. *Scrubber*

Kodenya: Sc-01

Fungsinya: Penyaringan partikel halus yang terbawa oleh *off gas*

Jenis: *ventury scrubber*

Bhn : *carbon steel*

Kapasitas : 24.803,541 feet^3/menit

μ pemisahan : 99,9 persen

O.height : 14 feet

O.widht : 13 feet

D separator : 8 feet

PressureDrop: 0,1 atmosfer

Harga : US$9.525,921

D. ANALISA EKONOMI

Pada prarancangan pabrik melamin ini akan dilakukan evaluasi atau bisa disebut penilaian investasi dengan maksud dan tujuan untuk mengetahui apakah

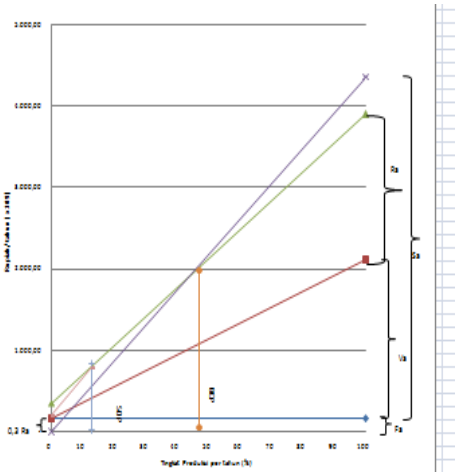
pabrik melamin dengan bahan baku urea ini layak untuk didirikan atau tidak layak untuk didirikan.

Dari analisa ekonomi yang diperhitungkan dapat terlihat bahwa *Percent retrun on investment* setelah pajak yaitu 46,12%, *Pay Out Time* setelah pajak yaitu selama 0,216 tahun, *Break Event point* 48,00%, *shut down point* 13,00%

Tabel 1. Analisa kelayakan ekonomi

Ket	**perhitungan**
Persen retrun of investment	
a. Sebelum pajak	54,23%
b. Sesudah pajak	46,12%
Pay out time, tahun	
a. Sebelum pajak	0,152
b. Sesudah pajak	0,216
Break event point	48,00%
Shut down point	13,00%
Discounted Cash Flow	38,9%

Untuk hasil analisa ekonominya dapat digambarkan sebagai berikut ini:



Dari grafik diatas *Break event point*nya sesuai dengan yang diizinkan yaitu antara 40% - 60% sedangkan *break event poin* yang ada pada grafik tersebut yaitu 48%, sedangkan untuk *return of investment* sebelum dan sesudah pajak juga memenuhi karena batas minimal yang diizinkan yaitu minimal 39%, dan *pay out time*nya sesuai dengan

batas maksimal yaitu kurang dari 2 tahun.

E. KESIMPULAN

Untuk pabrik melamin dengan kapasitas 100.000 ton per tahun ini termasuk pabrik dengan resiko yang rendah, selain itu suplay bahan bakunya pun tergolong dekat. Dari pertimbangan-pertimbangan diatas dan pertimbangan analisis ekonomi pabrik melamin dengan kapasitas 100.000 ton per tahun ini layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

Aries and Newton, 1995, *Chemical Engineering Cost Estimation*, Mc. Graw Hill Book Company, New York.

Anonim, 2014, Badan Pusat Statistik.

Bird B., Stewart, W.E, and Lighfoot, E.N, 1960, *Transport Phenomena*, John Wiley and Sons, Inc, Madison Wisconsin, USA.

Brown, G.G., 1978, *Unit Operation*, Modern Asia Edition, Charles E. Tuttle Company, Inc, Tokyo, Japan.

Brownell and Young, 1978, *Process Equipment Design*, John Wiley and Sons, Inc, New York.

Coulson, J.M and Richardson J.F, 1965, *An Introduction to Chemical Engineering Design*, Vol 6, Pergamon Press, Oxford.

Foust, A.S, 1980, *Principle of Unit Operation*, 2nd ed, John Wiley and Sons, Inc, New York.

Holman, J.P, 1997, *Perpindahan Kalor*, ed. 6, PT. Erlangga, Jakarta.

http://www.matche.com/EquipCost/.htm

Kern, D.Q, 1965, *Process Heat Transfer*, International Student Edition, Mc. Graw Hill Co, Inc, Tokyo.

Kirk, R.E and Othmer, D.F, 1981, *Encyclopedia of Chemichal Technology*, 3rd ed, A Willey Interscience Publication, John Wiley and Sons, Inc, New York.

Kunii, D. and Levenspiel, O., 1977, *Fluidization Engineering*, Original Edition, Robert E/ Krieger Publishing Co. New York.

Levenspiel, O., 1999, *Chemical Reaction Engineering*, 2nd ed, John Wiley and Sons, Inc, New York

Perry, R.H and Green, D.W., 1997, *Perry's Chemical Engineer's Hand Book*, 3thed, Mc. Graw Hill Book Co, Inc, Tokyo.

Peters, M.S and Timmerhause, K.D, 1991, *Plant Design and Economics for Chemical Engineering*, 4th ed, Mc. Graw Hill Book Co, Inc, New York.

Rase, F. Howard, 1977, *Chemical Reactor Design Process Plant*, Vol 1, John Wiley and Sons, Inc, New York.

Severn, et all, 1994, *Steam, Air and Gas Power*, John Wiley and Sons, Inc, New York.

Smith, J.M and Van Ness, H.C 1996, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 5th ed, Mc. Graw Hill Book Company, Singapore.

Swastha, B, 1996, *Asas-asas Managemen Modern*, Liberty, Yogyakarta.

Treyball, R.E, 1981, *Mass Transfer Operation*, 3rd ed, Mc. Graw Hill Book Co, Inc, Tokyo.

Ullman, 1990, *Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Vol A 16, VCH, Germany.

Ullman, 2003, *Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Vol A 21, VCH, Germany.

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

Yaws, C.L, 1999, *Thermodynamics and Physical Property Data*, Mc. Graw Hill Book Co, Inc, New York