



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada saat ini pemerintah Indonesia sedang melakukan pengembangan dalam berbagai bidang industri. Salah satu diantaranya dengan cara memenuhi kebutuhan bahan-bahan industri melalui pendirian pabrik-pabrik industri kimia. Di Indonesia terdapat macam-macam industri yang belum dapat terpenuhi kebutuhannya dan untuk memenuhi kebutuhan tersebut dilakukan impor dari negara lain. Salah satu bahan yang di impor dalam jumlah banyak adalah melamin.

Melamin yang memiliki rumus kimia $C_3H_6N_6$ dan dikenal dengan nama 2-4-6 triamino 1-3-5 triazine merupakan salah satu bahan yang dihasilkan oleh industri petrokimia di Indonesia. Senyawa ini berwarna putih dan berbentuk kristal monocyclic. Melamin dapat digunakan sebagai bahan pencampur cat, pelapis kertas, tekstil, dan lain-lain. Pada proses pembuatan melamin bahan baku yang dibutuhkan adalah urea, amonia dan karbon dioksida sebagai fluidizing gas dengan menggunakan katalis alumina.

Di Indonesia kebutuhan melamin dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, sehingga pendirian pabrik melamin dirasa sangat perlu. Hal ini bertujuan agar dapat mengantisipasi permintaan melamin di dalam negeri, dan mengurangi impor melamin serta dapat membuka lapangan pekerjaan baru.



1.2. Kapasitas Rancangan

Pertimbangan dalam menentukan kapasitas pabrik melamin adalah sebagai berikut:

1. Kebutuhan melamin di Indonesia
2. Ketersediaan bahan baku
3. Kapasitas komersil

1.2.1. Kebutuhan Melamin di Indonesia

Seiring berkembangnya industri melamin di Indonesia, seperti pada industri moulding, industri adhesive, industri surface coating yang mengakibatkan kebutuhan melamin di Indonesia semakin meningkat. Kebutuhan melamine dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Produksi dalam negeri

Saat ini Indonesia memiliki dua pabrik yang memproduksi melamin yaitu:

- a. PT. Sri Melamin Rejeki (SMR)

PT SMR mulai memproduksi pada tahun 1994 dengan kapasitas 20.000 ton/tahun. Pabrik ini mendapat pasokan bahan baku dari PT Pupuk Sriwijaya Palembang.

- b. PT DSM Kaltim Melamin

PT DSM Kaltim Melamin mulai beroperasi pada tahun 1996, sebagai hasil joint venture antara Pupuk Kalimantan Timur Tbk dengan DSM Holland. Kapasitas design pabrik ini 40.000 ton/ tahun dan telah dinaikkan menjadi 50.000 ton / tahun.

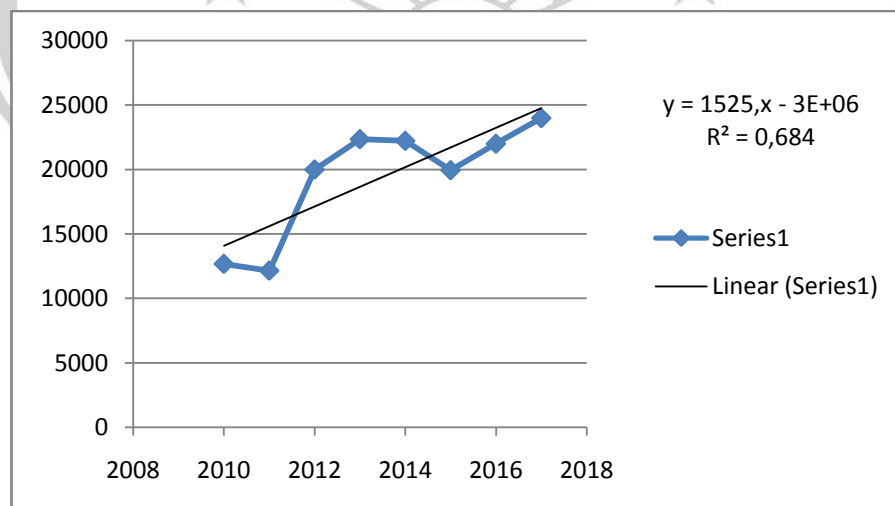
2. Kebutuhan Impor

Kebutuhan melamin tidak dapat terpenuhi oleh produksi dalam negeri dan masih impor dari luar negeri. Berikut data impor melamin di Indonesia pada tahun 2010 – 2017.

Tabel 1.1 Data Impor Melamin di Indonesia Tahun 2010 - 2017

Tahun	Impor (Ton)
2010	12.668,87
2011	12.141,08
2012	19.988,83
2013	22.344,97
2014	22.211,81
2015	19.935,75
2016	21.991,24
2017	23.983,58

Sumber: BPS 2017



Gambar 1.1 Grafik Kebutuhan Impor di Indonesia



Berdasarkan Gambar 1.1 didapatkan persamaan $y = 1525x - 3E+06$ maka dapat dihitung kebutuhan melamin yang harus diimpor pada tahun 2023 sebesar 85.075 ton/tahun.

1.2.2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan untuk membuat melamin adalah urea. Kebutuhan urea dapat terpenuhi dari dalam negeri karena produksi urea di Indonesia cukup besar. Hal ini dapat dilihat dari perkembangan produksi urea di Indonesia yang mengalami peningkatan setiap tahunnya dan telah diekspor dalam jumlah yang besar. Berikut ini data-data produksi urea di Indonesia:

Tabel 1.2 Perkembangan Produksi Urea di Indonesia pada Tahun 2013

Perusahaan	Produksi (ton/tahun)
PT Pupuk Sriwidjaja	2.262.000
PT Pupuk Kujang Cikampek	1.140.000
PT Petrokimia Gresik	460.000
PT Pupuk Kalimantan Timur	2.980.000
PT Pupuk Iskandar Muda	1.140.000
Total	7.980.000

Sumber: Pupuk Indonesia Holding Company, 2013

1.2.3 Kapasitas Komersial

Menurut data dari Ullman,s Encyclopedia of Industry, kapasitas pabrik melamin yang ada didunia 10.000 – 90.000 ton/tahun.

Tabel berikut menunjukan beberapa produsen melamin yang telah beroperasi di dunia.



Tabel 1.3 Kapasitas Produksi Perusahaan Melamin di Dunia

Negara	Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
Fed. Rep. Germany	BASF	42.000
Netherland	DSM	90.000
United Sates	Melamine Chemichal	47.000
Japan	Mitsui Toatsu	38.000
Taiwan	Taiwan Fertilizer	10.000

Sumber: Ullman's Vol A 16, 1990

Mechant Research and Consulting Ltd memperkirakan bahwa perkembangan melamine di berbagai belahan dunia akan meningkat. Berdasarkan beberapa pertimbangan diatas maka ditetapkan untuk perancangan awal pabrik melamin didirikan dengan kapasitas 85.000 ton/tahun, untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik sangat penting dalam perancangan pabrik karena dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan maupun kelangsungan hidup pabrik tersebut. Pemilihan lokasi pabrik yang tepat dapat memberikan keuntungan yang maksimal. Lokasi pabrik yang dipilih adalah didaerah Cikampek, Jawa Barat. Berikut ini beberapa faktor dasar pemilihan lokasi pabrik:

1. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku utama pembuatan melamin adalah urea. Urea dapat diperoleh dari PT. Pupuk Kujang di daerah Cikampek, Jawa Barat dengan kapasitas produksi 1.140.000 ton/tahun. Sumber bahan baku merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam



pemilihan lokasi pabrik, karena hal ini dapat mempengaruhi biaya transportasi dan biaya penyimpanan.

2. Daerah Pemasaran

Lokasi pemasaran dapat mempengaruhi harga produk. Pendirian lokasi pabrik yang berdekatan dengan pasar utama bertujuan untuk mempermudah pemasaran produk agar segera sampai ke konsumen. Industri yang menggunakan produk Melamin di Pulau Jawa, seperti Jawa Timur, Jawa Barat dan Jawa Tengah, DKI Jakarta sebagai contoh PT. Arjuna Karya Utama yang merupakan produsen bahan perekat, dan lain-lain.

3. Penyediaan Bahan Bakar dan Energi

Daerah Cikampek merupakan kawasan industri sehingga penyediaan bahan bakar dan energi dapat dipenuhi dengan baik.

4. Utilitas

Utilitas yang utama meliputi air, steam, bahan bakar, dan listrik. Sumber kebutuhan listrik dapat diperoleh dari PLN dan generator set sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan, sedangkan kebutuhan air untuk proses produksi dapat diperoleh dari sumber air Sungai Citarum.

5. Sarana Transportasi

Sarana dan prasarana sangat diperlukan untuk proses penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Fasilitas transportasi di daerah Cikampek sangat memadai karena terdapat jalan raya, jalur kereta api dan dekat dengan pelabuhan sebagai sarana transportasi laut yang dapat mempermudah dalam transportasi bahan baku dan pemasaran produk.

6. Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang diperlukan adalah tenaga kerja yang terampil dan diprioritaskan diambil di daerah sekitar pabrik. Kawasan Cikampek tidak jauh dari

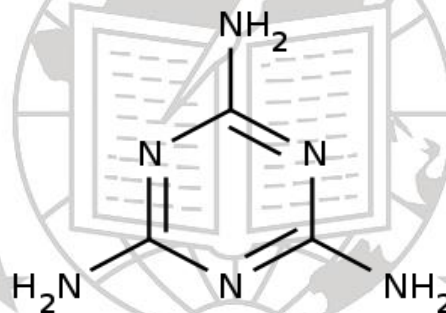
wilayah Jabodetabek yang sarat dengan lembaga pendidikan formal sehingga memiliki potensi tenaga ahli maupun non ahli yang baik dari segi kualitas maupun kuantitas.

7. Karakterisasi Lokasi

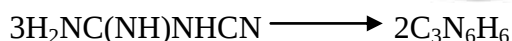
Daerah Cikampek merupakan kawasan industri sehingga untuk mendirikan suatu pabrik akan lebih mudah.

1.4. Tinjauan Pustaka

Leibig adalah orang pertama yang mempelajari tentang Melamin pada tahun 1834 (Ullman, 2003). Pada saat itu Leibig mendapatkan melamin dari proses peleburan antara potassium thiosianat dengan ammonium klorida. Kemudian pada tahun 1885 A.W Von Hoffman mempublikasikan struktur molekul melamin, sebagai berikut:



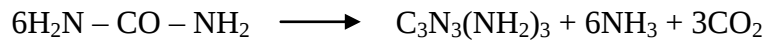
Melamin banyak dijumpai pada aplikasi industri untuk proses produksi resin melamin formaldehid. Pada sekitar tahun 1960, melamin diproduksi dari dicyanamid. Proses ini berlangsung didalam autoclave pada tekanan 10 Mpa dan suhu 400 °C dengan adanya gas amoniak, sesuai persamaan reaksi:



Mackay pada awal tahun 1940 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. Dan penggunaan cyanamid sebagai bahan baku dihentikan pada akhir dekade 1960.

1.4.1. Macam-Macam Proses

Melamin dapat disintesa dari urea pada suhu 350 – 400 °C dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Reaksinya bersifat endotermis membutuhkan 629 KJ per mol melamin. Secara garis besar proses pembuatan melamin dapat diklasifikasikan menjadi 2:

1. Proses tekanan rendah dengan menggunakan katalis.
2. Proses tekanan tinggi (≥ 8 Mpa) tanpa menggunakan katalis.

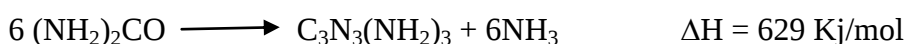
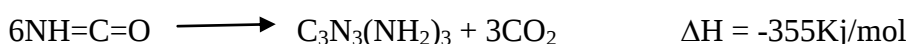
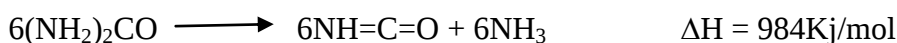
Masing-masing proses terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap sintesa, recovery dan pemurnian melamin serta pengolahan gas buang.

1. Proses Tekanan Rendah dengan Menggunakan Katalis

Proses tekanan rendah dengan katalis menggunakan reaktor Fluidized bed pada tekanan atmosferik sampai 1 Mpa pada suhu 390 – 410 °C. Sebagai fluidizing gas digunakan amoniak murni atau campuran antara amoniak dan karbondioksida yang terbentuk selama reaksi.. Katalis yang digunakan yaitu silika dan alumina.

Melamin meninggalkan reaktor berupa gas bersama dengan fluidizing gas. Kemudian dipisahkan dari amonia dan karbondioksida dengan quenching gas atau menggunakan air (yang diikuti dengan kristalisasi) atau sublimasi.

Pada proses menggunakan katalis, langkah pertama adalah dekomposisi urea menjadi asam isocyanat dan amonia kemudian diubah menjadi melamin. Mekanisme Reaksi:



Yield yang diperoleh yaitu 90 – 95%.



Terdapat 4 proses pada tekanan rendah, yaitu:

a. Proses BASF (Badische Anilin and Soda Fabrik)

Pada proses ini menggunakan reaktor satu stage, dimana lelehan urea diumpankan ke fluidized bed reaktor pada suhu 395 - 400 °C pada tekanan atmosferik. Katalis yang digunakan adalah alumina dengan fluidizing gas berupa amonia dan karbondioksida. Suhu reaktor dijaga dengan mensirkulasi lelehan garam dengan menggunakan koil pemanas. Produk yang keluar dari reaktor berupa gas terdiri dari campuran melamin, urea yang tidak bereaksi, biuret, amonia dan karbondioksida. Katalis yang terbawa aliran gas ditahan pada siklon separator dalam reaktor. Campuran gas tersebut didinginkan dalam cooler sampai temperatur dew point campuran gas produk.

Campuran gas kemudian masuk desublimer lalu bercampur dengan off gas yang telah direcycle pada temperatur 140 °C hingga berbentuk kristal melamin. Kristal melamin yang dihasilkan dipisahkan dari campuran gas dengan menggunakan siklon. Gas recycle dari siklon dialirkan ke scrubber atau washing tower untuk mengambil urea yang tidak bereaksi, dan gas digunakan sebagai fluidizing gas pada reaktor dan media pendingin pada desublimer. Proses ini dapat menghasilkan melamin dengan kemurnian 99,9 %.

b. Proses Chemie linz

Proses ini ada dua tahap, tahap pertama yaitu molten urea terdekomposisi dalam Fluidized Sand Bed Reaktor sehingga menjadi amonia dan asam isocyanic pada kondisi suhu 350 °C dan tekanan 0,35 Mpa. Amonia digunakan sebagai fluidizing gas. Panas yang dibutuhkan untuk dekomposisi disuplai ke reaktor oleh lelehan garam panas yang disirkulasi melalui koil pemanas. Aliran gas kemudian diumpankan ke fixed bed reaktor dimana asam isocyanic dikonversi menjadi melamin pada suhu 450 °C dan tekanan



mendekati tekanan atmosfer. Melamin dipisahkan dari hasil reaksi yang berupa fase gas melalui quenching dengan menggunakan air mother liquor yang berasal dari centrifuge. Quencher didesain khusus agar dapat bekerja dengan cepat sehingga mencegah hidrolisis melamin menjadi ammelide dan ammeline. Suspensi melamin dari quencher didinginkan lalu dikristalisasi menjadi melamin. Setelah di centrifuge, kristal dikeringkan dan dimasukkan ke penyimpanan.

c. Proses Stamicarbon

Seperti pada proses BASF, proses DSM Stamicarbon menggunakan reaktor satu stage. Proses berlangsung pada tekanan 0,7 Mpa, dengan fluidizing gas berupa amonia murni. Katalis yang digunakan berupa alumina dan silika.

Lelehan urea diumpukan ke dalam reaktor bagian bawah. Katalis silika alumina difluidisasi oleh amonia yang masuk ke reaktor bagian bawah dari reaktor fluidized bed. Reaksi dijaga pada suhu 400 °C dengan mensirkulasi lelehan garam melewati koil pemanas dalam bed katalis.

Melamin yang terkandung dalam campuran zat keluaran reaktor kemudian di quenching. Pertama dalam quench cooler kemudian dalam scrubber untuk di scrub dengan mother liquor dari centrifuge. Dari scrubber, suspensi melamin dialirkan ke dalam kolom KO drum dimana sebagian dari amonia dan CO₂ terlarut dalam suspensi dipisahkan, lalu campuran gas ini dialirkan ke absorber dan akan membentuk amonium karbamat dari KO drum kemudian produk dialirkan ke mixing vessel dan dicampur dengan karbon aktif. Kemudian dimasukkan dalam precoat filter kemudian airnya diuapkan di dalam evaporator, kemudian dikristalisasi dan pemisahan dari mother liquornya oleh centrifuge.

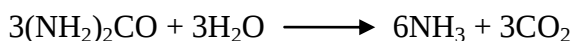
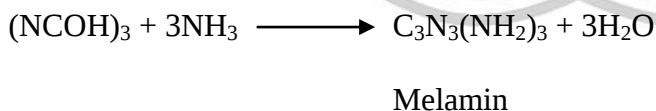


Dalam proses ini dibagi menjadi 2 tahapan yaitu:

- Urea yang digunakan dalam pembuatan melamin berbentuk butiran – butiran kecil (prilled urea) dengan kemurnian 99,3%.

Reaksi yang terjadi pada tekanan tinggi dengan tekanan lebih dari 7 Mpa dan suhu yang digunakan lebih dari 370 °C.

Mekanisme reaksi yang terjadi sebagai berikut:





Pada proses dengan tekanan tinggi dikenal ada 3 macam proses, yaitu:

a. Proses Melamin Chemical Process

Proses ini menghasilkan melamin dengan kemurnian 96 – 99,5 %. Molten urea yang dikonversi menjadi melamin dalam reaktor tubuler pada suhu 370 – 425 °C dan tekanan 11 – 15 Mpa, liquid melamin dipisahkan dari off gas dalam gas separator dimana produk melamin akan terkumpul dibagian bawah. Produk yang keluar diquenching dengan NH₃ cair pada unit pendingin, konversi yang dihasilkan adalah 99,5 %. Molten urea diumpankan ke reaktor pada suhu 150 °C. Campuran hasil reaksi meninggalkan reaktor masuk ke quencher kemudian diquenching dengan amonia cair dan CO₂ untuk mengendapkan melamin. Amonia dan CO₂ terpisah dibagian atas quencher direcycle ke pabrik urea.

b. Proses Montedison

Proses ini berlangsung pada suhu 370 °C dan tekanan 7 Mpa. Panas reaksi disuplai dengan sistem pemanasan menggunakan lelehan garam. Hasil reaksi yang dihasilkan kemudian diquenching dengan amonia cair dan CO₂ untuk mengendapkan melamin, sedangkan gas CO₂ dan NH₃ direcycle ke pabrik urea.

c. Proses Nissan

Proses Nissan berlangsung pada suhu 400 °C dan tekanan 10 Mpa. Produk melamin yang dihasilkan didinginkan dan diturunkan tekanannya dengan larutan amonia, setelah melalui proses pemisahan produk melamin dikeringkan dengan prilling sehingga diperoleh melamin serbuk.



Secara umum proses pembuatan melamin baik dengan tekana rendah maupun tekanan tinggi terdiri dari tiga tahap, yaitu:

1. Tahap Sintesa
2. Tahap Recovery
3. Tahap Pemurnian Melamine

Tabel 1.4 Ringkasan Kondisi Operasi dan Konversi macam-macam Proses Pembuatan Melamine

Proses	Suhu Operasi	Tekanan Operasi	Konversi	Kemurnian Produk
BASF	395 – 400 °C	1 Mpa	95%	99,9%
Chemie Linz	350 °C & 450 °C (2 Reaktor)	0,35 Mpa	95 – 99%	99%
Stamicarbon	400 °C	0,7 Mpa	97%	99%
OSW	390 – 410 °C	1 Mpa	90 – 95%	99,3%
Melamine	370 – 425 °C	11 - 15 Mpa	96	96 – 99,5%
Montedison	370 °C	7 Mpa	>94%	96 – 99,5%
Nissan	400 °C	10 Mpa	<94%	96 – 99,5%

Pemilihan proses BASF karena mempertimbangkan beberapa beberapa hal berikut:

1. Melamin yang dihasilkan memiliki kemurnian tertinggi dibandingkan proses yang lain, yaitu 99,9%.
2. Tidak membutuhkan alat proses yang banyak sehingga biaya investasi lebih rendah
3. Hanya memerlukan satu reaktor dan satu jenis katalis
4. Konversi yang dihasilkan cukup tinggi, yaitu 95%
5. Tidak memerlukan suhu dan tekanan tinggi



Proses BASF juga memiliki beberapa kelemahan jika dilihat dari konversi yang dihasilkan yaitu 95% lebih rendah dibandingkan dengan proses Chemie Linz sebesar 95 – 99% dan Stamicarbon 97%.

1.4.2. Kegunaan Produk

Kegunaan melamin diantaranya adalah digunakan sebagai bahan baku pembuatan melamin resin, bahan sintesa organik, leather tanning dan lain-lain. Berikut beberapa sektor industri yang menggunakan bahan baku melamin.

1. Industri adhesive

Merupakan industri yang memproduksi adhesive untuk keperluan industri woodworking seperti industri plywood, industri blackboard, industri particleboard.

2. Industri moulding

Merupakan industri yang diantaranya menghasilkan alat keperluan rumah tangga.

3. Industri surface coating

Adalah industri yang menghasilkan cat, thinner, dempul.

4. Industri laminasi

Industri yang menghasilkan furniture.

Sebagai gambaran, dibawah ini adalah prosentase penggunaan melamin di beberapa negara maju di dunia.

Tabel 1.5 Persentase Penggunaan Melamin di Beberapa Negara

Kegunaan	Eropa	Amerika Serikat	Jepang
Laminasi	47	35	6
Glue, adhesive	25	4	62
Industri Moulding	9	9	16
Coating	8	39	12
Kertas dan Tekstil	11	5	3
Lain-lain	-	8	1

Sumber: Ullman's Vol A 16, 1990

1.4.3 Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku dan Produk

a. Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku

➤ Sifat Fisis Urea

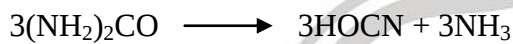
- Rumus Molekul : NH_2CONH_2
- Bobot Molekul : 60,06 g/mol
- Titik Leleh : 132 °C
- Titik didih : 195 °C
- Bentuk : Prill
- Bulk Density : 0,74 g/cc
- Specific Gravity : 1,335 (solid) g/cc

➤ Sifat Kimia Urea:

- Pada tekanan rendah dan temperatur tinggi urea akan menjadi biuret



- Bereaksi dengan formaldehid membentuk monometilourea dan dimetilourea tergantung dari perbandingan urea dan formaldehid
- Pada tekanan vakum dan suhu 180 - 190 °C akan menyublim menjadi amonium cyanat (NH_4OCN)
- Pada tekanan tinggi dan adanya amonia akan merubah menjadi cyanic acid dan cynuric acid



- Dalam amonia cair akan membentuk urea – amonia $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, NH_2 yang terdekomposisi pada suhu diatas 45 °C.

b. Sifat Fisis Dan Kimia Produk

➤ Sifat Fisis Melamin:

- Rumus Molekul : $\text{C}_3\text{N}_6\text{H}_6$
- Bobot Molekul : 126,13 g/mol
- Titik Leleh : 345 °C
- Panas Pembentukan (25 °C) : 71,72 kJ/mol
- Panas Pembakaran (25 °C) : -1976 kJ/mol
- Panas Sublimasi (25 °C) : -121 kJ/mol
- Density : 1,573 g/cm³
- Kapasitas Panas (Cp)
 - Pada 273 – 353 °K : 1470 J kg⁻¹ K⁻¹
 - Pada 300 – 450 °K : 1630 J kg⁻¹ K⁻¹
 - Pada 300 – 550 °K : 1720 J kg⁻¹ K⁻¹



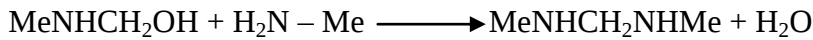
- Kelarutan dalam suhu 300 °C dalam gr/100 ml pada:
 - Etanol : 0,06 g/100 cc
 - Aceton : 0,03 g/100 cc
 - Air : 0,5 g/100 cc
 - Entropi (25 °C) : 149 J K⁻¹ mol⁻¹
 - Energi Gibbs (25 °C) : 177 kJ/mol
 - Entropi Pembentukan (25 °C): -835 J K⁻¹ mol⁻¹
 - Temperatur Kritis : 905,56 °C
 - Tekanan Kritis : 99,47 atm
- Sifat Kimia Melamin
- Hidrolisa dengan basa, jika direaksikan dengan NaOH akan membentuk ammeline/ ammelide.
 - Pembentukan garam
- Melamin adalah basa lemah yang akan membentuk garam jika bereaksi dengan asam organik maupun anorganik. Dimana kelarutan garam melamin tidak terlalu tinggi jika dibandingkan dengan melamin bebas.
- Reaksi dengan aldehyd, melamin bereaksi dengan aldehyd membentuk bermacam-macam produk yang paling penting adalah reaksi dengan formaldehyd membentuk resin.



Me adalah molekul melamin dimana semua atom hidrogen yang ada pada melamin diganti dengan gugus methylol dan menghasilkan produk dari Monomethylol sampai hexamethylol melamin. Methylolmelamin sedikit larut dalam sebagian besar solven dan sangat tidak stabil karena diikuti oleh reaksi resinifikasi/ kondensasi.



Reaksi:



Pada kondensasi melamin produk mempunyai sifat khusus yaitu tahan terhadap panas dan air yang baik.

- Aclasi

Aclasi melamin dapat terjadi dengan sejumlah anhidrid melalui tahap triacyl.

- Reaksi dengan Amine

Substitusi melamin dengan gugus alkil pada atom H yang menempel pada gugus N dapat terjadi seperti pada reaksi dibawah ini:



- Klorinasi

Klorinasi melamin yang terjadi cenderung mengganti semua atom hidrogen. Air yang dihasilkan pada reaksi akan menghidrolisa menghasilkan nitrogen triklorida yang berbahaya pada proses klorinasi, melamin stabil ketika kondisinya kering.

Sumber : Ullman's Vol A 16, 1990

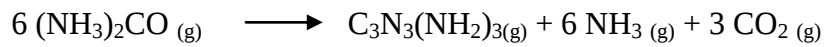
1.4.4 Tinjauan Proses

Bahan baku berupa urea prill yang dilelehkan pada melter kemudian dialirkan ke holding tank. Dari holding tank, urea melt sebagian digunakan untuk menscrub off gas dan sebagian diumpankan ke reaktor melalui nozzle.

Katalis yang digunakan adalah alumina, sedangkan media yang digunakan untuk terjadinya fluidisasi digunakan recycle gas yang dipanaskan terlebih dahulu sampai suhu 400 °C. Koil pemanas pada reaktor digunakan untuk menjaga suhu reaktor konstan pada suhu 395 °C.



Urea yang diinjeksikan melalui nozzle akan menguap secara spontan dan akan terjadi reaksi sebagai berikut:



Konversi reaksi 95 %, yield 95 %. Gas melamin, urea yang tidak bereaksi, biuret, amonia dan karbondioksida yang terbentuk keluar reaktor secara bersama-sama. Selama reaksi berlangsung, tidak ada penambahan katalis, karena deaktivasi katalis terjadi selama 4 tahun.

Produk yang berbentuk gas didinginkan sampai suhu diatas dew point campuran gas produk. Campuran gas kemudian dilewatkan pada desublimer dan didinginkan sampai suhu 200 °C, dimana suhu dijaga konstan dengan menambahkan recycle off gas yang bersuhu 130 °C sebagai pendingin. Urea yang tidak bereaksi dan biuret masih dalam bentuk gas. Kristal melamin dan gas-gas hasil reaksi dipisahkan dalam cyclon separator, dimana 99,9 % melamin dapat terpisah sebagai produk. Gas recycle dari cyclon dialirkan ke scrubber pada suhu 200 °C, digunakan sebagai media pendingin pada desublimer dan untuk media fluidisasi pada reaktor.