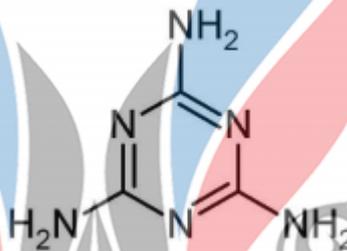


BAB II

STUDI KELAYAKAN AWAL

2.1 Seleksi Proses

Menurut *Ullman's Encyclopedia of Industry Chemistry* (2002), Melamin pertama kali dipelajari oleh Leibig pada tahun 1834. Pada saat itu, Leibig mendapatkan melamin dari proses fusi antara potasium thiosianat dengan amonium klorida. Kemudian di tahun 1885 A.W Von Hoffman mempublikasikan struktur molekul melamin, sebagai berikut :



Gambar 1.3 Struktur Molekul Melamin

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.

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. Dan penggunaan cyanamid sebagai bahan baku dihentikan pada akhir dekade 1960. 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 :

www.itk.ac.id

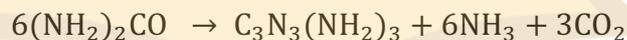
Proses pembuatan melamin dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu:

1. Proses tekanan rendah dengan menggunakan katalis
2. Proses tekanan tinggi dengan tanpa menggunakan katalis

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

2.1.1. Proses tekanan rendah tanpa menggunakan katalis

Pada proses tekanan rendah dengan katalis, proses ini menggunakan alat reaktor *fluidized bed* dari tekanan atmosfer sampai sekitar 1 Mpa yang bereaksi pada suhu 390 – 410 °C. Terjadi gas fluidisasi yang merupakan amoniak murni atau campuran amoniak dan karbondioksida yang terbentuk selama reaksi. Katalis yang digunakan dalam proses ini adalah alumina (Al₂O₃) dan bahan dari jenis alumina silika. Proses ini terjadi ketika, melamin meninggalkan reaktor berupa gas bersamaan dengan gas fluidisasi. Kemudian dipisahkan dari amoniak dan karbondioksida dengan mendinginkan aliran gas baik dengan air (diikuti dengan proses kritisasi) atau dengan reaksi gas dingin (desublimasi). Dalam proses katalis, reaksi langkah awal yaitu dekomposisi urea yang menjadi asam isosianat dan amoniak, kemudian asam isosianat diubah menjadi melamin. Berikut mekanisme reaksinya:



Yield yang diperoleh dalam proses melamin berbahan dasar urea adalah 90-95%. Adapun 3 proses tekanan rendah dalam operasi komersial, yaitu proses BASF, proses Chemie Linz, dan proses Stamicarbon dapat dijelaskan sebagai berikut:

2.1.1.1 Proses BASF (*Badische Anilin and Soda Fabrik*)

Pada proses BASF ini merupakan proses yang bertekanan rendah dengan proses berfase uap katalis dan menggunakan reaktor satu tahap (*stage*), yaitu proses

ini terjadi dengan *Fluidized catalytic bed reactor*. Urea yang leleh diumpankan ke reaktor katalis tersebut pada suhu 395-400°C dan bertekanan atmosfer. Katalis yang digunakan adalah alumina kemudian dilakukan fluidisasi dengan campuran amonia dan karbondioksida. Suhu reaktor dijaga dimana garam cair disirkulasi dengan menggunakan koil pemanasan. Gas fluidisasi dipanaskan terlebih dahulu hingga batas suhu 400°C. Untuk mengamankan tekanan atmosfer yang kaya akan amonia di zona reaksi tersebut, amonia *make-up* ditambahkan ke gas fluidisasi dan *nozzle* urea. Dari proses ini produk yang keluar dari reaktor berupa gas yang terdiri campuran dari melamin, urea tidak bereaksi (dalam bentuk produk dekomposisi asam isosianat dan ammonia), biuret, serta amonia dan karbondioksida (sebagian baru terbentuk, sebagian gas terfluidisasi). Katalis terbawa aliran gas tertahan pada siklon separator di dalam reaktor. Campuran gas yang meninggalkan reaktor didinginkan dalam pendingin sampai suhu *dew point* dalam campuran gas produk. Kemudian campuran gas masuk *desublimer* lalu bercampur dengan gas yang direcycle pada suhu 140 °C. hingga membentuk kristal melamin. Lebih diatas 98% melamin dapat mengkristal dengan partikel kristal yang halus. Kristal melamin dipisahkan dari campuran gas menggunakan siklon, kemudian didinginkan dan disimpan. Aliran gas yang direcycle dari siklon dialirkan ke *scrubber* atau *washing tower* untuk mengambil urea yang tidak bereaksi. Sebagian gas direcycle ke reaktor sebagai gas fluidisasi dan direcycle ke *crystallizer* sebagai gas *quenching*. Proses ini menghasilkan melamin dengan kemurnian 99.9%. Pada proses ini, tidak ada penambahan air untuk meminimalisir terjadinya korosi dan produksi limbah cair, dan pada bed katalisatornya dapat terfluidisasi dengan off-gas sehingga tidak terjadi aliran recycle dari ammonia murni ke reaktor (Ullman, 2002).

2.1.1.2 Proses Chemie Linz

Proses Chemie linz terdiri dari proses dua tahap. Pada tahap pertama, lelehan urea didekomposisi dalam fluidized sand bed reaktor menjadi ammonia dan asam isosianat yang terjadi pada suhu 350°C dan pada tekanan 0.35 Mpa. Amonia digunakan sebagai gas fluidisasi. Proses ini membutuhkan panas untuk dekomposisi dialirkan ke reaktor dengan sirkulasi garam cair yang melalui *heating coil*. Kemudian aliran gas diumpankan ke *fixed bed catalytic reactor*, dimana asam

isosianat diubah menjadi melamin pada suhu 450°C dan pada tekanan atmosfer. Melamin dipisahkan dari reaksi gas dengan pendinginan dengan air *mother liquor* yang berasal dari sentrifuse. Kemudian suspensi melamin dari alat pendinginan (*quencher*) didinginkan untuk menyempurnakan proses dikristalisasi menjadi melamin. Setelah di sentrifugal kristal didinginkan dan dimasukkan ke tempat penyimpanan (Ullman, 2002).

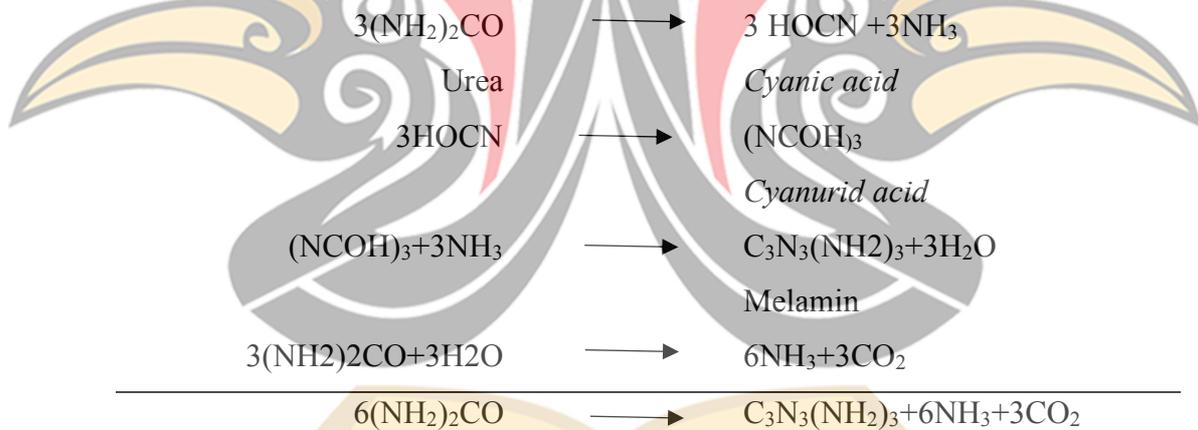
2.1.1.3 Proses Stamicarbon

Proses Stamicarbon ini terbilang sama seperti proses BASF. Proses ini hanya menggunakan reaktor satu *stage* yang berlangsung dengan tekanan 0.7 Mpa kemudian gas yang terfluidisasi adalah ammonia murni. Katalisa yang digunakan berbahan silika alumina. Kemudian urea yang cair dimasukkan ke reaktor bagian bawah. Katalis difluidisasi dengan ammonia yang dipanaskan sebelumnya dengan suhu 150°C yang masuk ke reaktor bagian bawah dari reaktor *fluidized bed*. Reaksi dijaga dengan suhu 400°C dengan mensirkulasi garam cair melalui koil pemanas dalam *bed catalyst*.

Melamin yang masih mengandung beberapa campuran reaksi dikeluarkan dari reaktor kemudian diproses ke dalam *quenching*. Pertama prosesnya pada quenching didalam quench cooler kemudian masuk ke scrubber untuk dilakukan scrub dengan *mother liquor* dari bagian kristalisasi. Suspensi melamin yang dihasilkan dipisahkan menjadi 35% berat melamin dalam hidrosiklon, setelah itu dari scrubber, suspensi melamin dialirkan ke kolom KO drum dimana merupakan bagian dari ammonia dan karbondioksida yang terlarut dalam suspensi melamin yang dipisahkan kemudian campuran reaksi gas dialirkan ke dalam adsorber yang akan membentuk reaksi menjadi ammonium karbamat dari KO drum. Produk tersebut dialirkan ke *mixing vessel* dan menambahkan karbonaktif pada saat pencampuran kemudian disaring menggunakan filter *precoat* kemudian diuapkan dalam evaporator. Proses selanjutnya kristalisasi melamin dilakukan dalam *crystallizer* dan kristal dipisahkan dari *mother liquor* oleh sentrifuse. Setelah itu kristal dikeringkan dalam pengering dan kemudian dialirkan ke penyimpanan produk (Ullman, 2002).

2.1.2. Proses tekanan tinggi tanpa menggunakan katalis

Proses melamin dengan tekanan tinggi berbeda dari proses bertekanan rendah dengan memproduksi melamin dalam cairan, bukan dengan fase uap. Masing-masing proses tersebut memiliki keuntungan dalam menyediakan off-gas bertekanan tinggi yang lebih cocok digunakan pada sintesis urea. Reaksi tekanan tinggi tanpa menggunakan katalis terjadi pada tekanan >7 Mpa dan terjadi pada suhu >370 °C. Secara umum, urea cair pada proses tekanan dimasukkan kedalam reaktor yang menjadi campuran urea cair dan melamin. Dibutuhkan waktu tinggal yang cukup dalam reaktor untuk memastikan reaksi dapat terjadi secara sempurna. Melamin yang dihasilkan memiliki kemurnian 94%. Panas disupply ke reaktor dengan *electric heater* atau dengan sistem perpindahan panas dengan menggunakan garam cair yang panas. Sintesis melamin bertekanan tinggi dari urea dilanjutkan dengan melalui perantara asam sianurat kemudian dikonversi ke melamin dengan proses tekanan tinggi. Mekanisme reaksi yang terjadi sebagai berikut:



2.1.2.1 Melamine Chemical Process

Melamine Chemical menggunakan proses kontinyu *single-stage* bertekanan tinggi yang dengan menghasilkan kemurnian melamin 96-99.5%. Urea cair diubah menjadi melamin dalam reaktor fase cair. Off-gas (ammonia dan karbondioksida) dipisahkan dalam *vessel* pemisahan gas. Cairan melamin didinginkan dalam unit pendinginan, di mana ammonia cair digunakan untuk memadatkan kristal. Pada deskripsi proses ini, urea yang masuk dipanaskan terlebih dahulu untuk *scrub* reaksi aliran reaktor off-gas. Reaktor dipanaskan dengan suhu 370-425 °C dengan sistem

heating-coil dan pada tekanan 11-15 Mpa. Pencampuran dilakukan dengan konveksi panas dan pembentukan produk reaksi dari gas. Melamin cair dipisahkan dari sisa off-gas dalam pemisahan, dimana produk melamin akan terkumpul dibagian bawah. Pemisahan dijaga suhu dan tekanannya sesuai kondisi operasi pada reaktor. Aliran melamin yang keluar dari separator kemudian diinjeksikan ke unit pendingin produk. Unit pendingin produk menggunakan amoni cair, konversi yang dihasilkan adalah 99.5%. Molten urea diumpankan ke reaktor, campuran hasil reaksi meninggalkan reaktor masuk ke *quencher* kemudian diquenching dengan ammonia cair dan karbondioksida. Ammonia dan karbondioksida terpisah dari *quencher* bagian atas kemudian *direcycle* ke pabrik urea (Ullman, 2002).

2.1.2.2 Proses Mont Edison

Proses Mont Edison beroperasi pada suhu 370 °C dan tekanan 7 Mpa. Suhu dijaga dengan sistem pemanas garam cair. Urea cair dialirkan ke reaktor pada suhu 150 °C Bersama dengan ammonia yang telah dipanaskan sebelumnya. Waktu tinggal rata-rata campuran dalam reaktor adalah sekitar 20 menit. Ketika campuran reaksi keluar dari reaktor tekanan diturunkan menjadi 2.5 Mpa, dan kemudian campuran tersebut diperlakukan pada suhu 160 °C pada suatu *quencher* dengan lutan ammonia dan karbondioksida untuk mengendapkan melamin. Campuran ammonia dan karbondioksida yang terpisah dari *quencher* dapat *direcycle* ke pabrik untuk produksi urea. Melamin cair tetap berada di dalam *quencher* pada suhu 160 °C selama beberapa waktu untuk menguraikan urea yang tidak bereaksi dan produk sampingan urea seperti biuret dan triuret menjadi ammonia dan karbondioksida. Reaksi ini kemudian dialirkan ke *stripper steam*, dimana ammonia dan karbondioksida yang tersisa dihilangkan. *Off-gas* dari *stripper* dilarutkan ke dalam air dan kolom absorpsi dan larutan ini di *recycle* ke *quencher*. Terlepas dari ammonia dan karbondioksida melamin keluar dari bagian bawah *stripper* kemudian diencerkan dengan larutan induk untuk melarutkan melamin. Natrium hidroksida ditambahkan kemudian diaktivasi dengan karbon aktif. Melamin dikristalisasi dari larutan yang diaktivasi dalam alat kristalisasi yang dioperasikan secara adiabatik di bawah vakum. Kristal melamin dipisahkan dari cairan induk dalam filter putar, dikeringkan dalam pengering konveyor pneumatic dan disimpan (Ullman, 2002).

2.1.2.3 Proses Nissan

Proses Nissan untuk menghasilkan melamin beroperasi pada suhu 400°C dan tekanan 10 Mpa. Urea cair diberi tekanan hingga 10 Mpa dan dilewatkan melalui *washing tower* bertekanan tinggi, dimana melamin dan urea diserap yang tidak bereaksi yang ada dalam gas yang keluar dari reaktor. Urea mengalir ke reaktor dan ammonia juga diumpankan ke reaktor. Di tangki yang disebut dengan *level tank* menyimpan limbah dari reaktor yang dipisahkan menjadi fase gas dan cair. Fase gas melewati *washing tower* urea ke unit pengolahan non-gas. Fase cair utama yang terdiri dari melamin cair. Melamin cair dicampur dengan gas ammonia panas dan diumpkan ke bantalan benjana yaitu untuk memungkinkan produk sampingan diubah kembali menjadi melamin. Setelah itu, melamin cair di *quenching* di bawah tekanan dengan ammonia encer dimana ia terlarut menjadi satu. Hasil 20-30% berat larutan melamin dipertahankan di *quencher* pada suhu 180°C. Sebagian besar ammonia yang ditambahkan selanjutnya dikeluarkan dari larutan ammonia dalam *stripper* dioperasikan pada tekanan 1.5 Mpa dan larutan tersebut disaring lalu ammonia *direcycle*. Kristalisasi terjadi dengan dua alat yang dioperasikan secara seri. Larutan induk dan kristal melamin dipisahkan dalam sentrifugal setelah itu kristal dikeringkan dan dihancurkan sebelum disimpan (Ullman, 2002).

Tabel 2.1 Perbedaan Proses Tekanan Rendah dan Tinggi

Parameter	Proses Tekanan rendah			Proses tekanan tinggi		
	BASF	Chemie linz	Stemicarbon	Melamine chemical	Mont edison	Nissan
Konversi	95%	95-99.5%	97%	96%	>94%	<94%
Yield	90-95%			-		
Kemurnian	99.9%	99.8%	99,3%	<96%	<96%	<96%
Tekanan	3 atm	3.45 atm	7 atm	11-15 Mpa	7 Mpa	10 Mpa
Suhu	395-400°C	350-450°C	400°C	370-425°C	370°C	400°C

Reaktor	Fluidized bed	Fluidized bed & Fixed Bed	Fluidized bed	tubular Reaktor
---------	---------------	---------------------------	---------------	-----------------

Dari perbandingan macam-macam proses produksi melamin diatas, pemilihan proses BASF karena mempertimbangkan beberapa hal tersebut:

1. Konversi yang dihasilkan cukup besar mencapai 95 %
2. Bahan baku yang digunakan sudah tersedia yaitu Urea dan mudah didapatkan
3. Tidak membutuhkan biaya yang besar
4. Proses relatif sederhana

2.2 Deskripsi Proses

Dalam perancangan pabrik melamin memilih menggunakan proses tekanan rendah menggunakan katalis pada metode BASF dan bahan baku yang digunakan urea. Reaktor yang digunakan *fluidized bed reaktor* pada suhu 395°C dan tekanan 3 atm. Konversi reaksi 95%. Gas yang keluar reaktor berupa campuran gas melamin, urea yang tidak bereaksi, biuret, ammonia, dan karbondioksida yang terbentuk. Biuret merupakan zat yang terkandung dalam urea dan bersifat *inert* dalam reaksi ini. Menurut WHO melamin, kemurnian produk melamin yaitu 99.7% - 99.9% sisanya berupa pengotor. Kandungan pengotor melamin biasa mengandung kelembapan, kandungan alkali serta zat bahan kimia lainnya dan memiliki syarat maksimal dibawah 1.5 % (WHO, 2009). Pada pabrik melamin ini pengotor melamin yaitu urea dan biuret. Berikut merupakan tahapan proses yang dibagi menjadi 3 tahap yaitu :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap reaksi
3. Tahap separasi produk

2.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Pada tahap persiapan bahan baku, bahan baku urea yang berwujud prill dikeluarkan dari gudang penyimpanan urea lalu pada saat proses dimulai urea dialirkan menggunakan *belt conveyor* (BC-101) dari gudang kemudian dialirkan kembali ke tempat penyimpanan sementara silo (SL-101) dalam kondisi suhu ruang dan tekanan 1 atm dengan kemurnian 99.3% berat menggunakan *bucket elevator* (BE-101). Dari tempat penyimpanan sementara, urea prill diumpankan ke *melter* (M-101), dalam keadaan ini urea di lelehkan pada suhu 140°C tekanan 1 atm dan pada kondisi ini kandungan airnya menguap. Kemudian, dari *melter* (M-101) lelehan urea di pompakan ke *holding tank* (T-101) pada suhu 147°C untuk dialirkan menuju reaktor (R-101) dan *scrubber* (SC-101). Sebelum masuk ke *scrubber* (SC-101) lelehan urea diturunkan suhunya pada *cooler* (E-101) dari 147°C menjadi 113°C. Dalam *scrubber* (SC-101), lelehan urea digunakan untuk menyerap *off gas* dan mengambil sisa melamin yang terikut di *off gas*. Setelah melewati *scrubber* (SC-101), lelehan urea dialirkan kembali ke *holding tank* (T-101), dan bercampur dengan lelehan urea dari *melter* yang akan digunakan sebagai umpan ke reaktor (R-101).

2.2.2 Tahap Reaksi

Dari *holding tank* (T-101), urea *melt* pada suhu 147°C dipompakan ke reaktor (R-101). Lelehan urea dari tangki dipompakan menuju reaktor *fluidized bed* (R-101) dan melewati beberapa *nozzle* pada reaktor (R-101) sehingga lelehan urea menguap secara spontan dan terdispersi ke dalam partikel-partikel katalis alumina yang terfluidisasi akibat adanya aliran dari *fluidizing gas* dari bawah reaktor (R-201).

Fluidizing gas berbentuk campuran gas ammonia dan karbondioksida yang diperoleh dari *off gas* dari hasil reaksi pembentukan melamin yang dipisahkan di dalam *scrubber* (SC-101). Setelah melewati *scrubber* (SC-101), *fluidizing gas* dialirkan menggunakan kompresor (C-101) dan pada unit operasi ini tekanan *offgas* dinaikan dari 1.25 atm menjadi 3.25 atm, dilanjutkan dengan mengalirkan *offgas* ke sirkulasi dua arah yaitu ke *furnace* (F-101) dan *desublimer* (DS-101). Gas yang dialirkan ke *desublimer* (DS-101) digunakan sebagai *quenching gas*. Selain itu, gas

yang dialirkan menuju furnace (F-101) dipanaskan hingga suhunya dari 152°C menjadi 400°C dan tekanannya 3,2 atm kemudian digunakan sebagai *fluidizing gas* pada reaktor. Tahap ini merupakan proses terjadinya reaksi pembentukan melamin. Reaksi berlangsung pada kondisi endotermis pada suhu 395°C yang bertekanan 1 atm dengan menggunakan katalis alumina. Reaksi dijaga pada suhu 395°C dengan mensirkulasi lelehan garam yang melewati koil pemanas dalam *bed* katalis pada reaktor (R-101). Di dalam reaktor terjadi penguraian urea menjadi melamin, ammonia, dan karbon dioksida. Hasil reaksi pada reaktor (R-101) berbentuk campuran gas melamin, amoniak, CO₂, biuret, serta urea yang tidak bereaksi dengan suhu 395°C dan tekanan 2.9 atm.

2.2.3 Tahap Separasi Produk

Dalam tahap ini, produk yang berbentuk gas hasil reaksi yang berasal dari reaktor didinginkan di *cooler* (E-102) dari suhu 395°C hingga suhunya mencapai 310°C. Setelah itu, gas akan menuju *desublimer* (DS-101), pada gas yang akan menuju desublimer akan diturunkan suhu gas pada *cooler* (E-103) dari 152°C menjadi 130°C, kemudian gas hasil reaksi berasal dari reaktor (R-101) dan *cooler* dikontakkan dengan *off gas* dari *scrubber* (SC-101) yang digunakan sebagai pendingin sehingga campuran gas melamin akan mengkristal di dalam *desublimer* (DS-101) dan didapatkan padatan melamin. Melamin yang berbentuk kristal sebanyak 99% dengan kemurnian 99,9%. Gas hasil reaksi yang keluar dari desublimer (DS-101) dan kristal melamin dengan suhu 200°C dialirkan menuju *cyclone* (CY-101) dengan menggunakan *pneumatic conveyor* (PC-101). Pada *cyclone* (CY-101) terjadi proses pemisahan *off gas* dengan padatan kristal dimana kristal yang terbentuk terpisahkan menjadi produk. Melamin yang berbentuk kristal dan memiliki suhu 200°C didinginkan di dalam *rotary cooler* (RC-101) hingga suhunya mencapai 40°C. Kemudian, dialirkan dengan *bucket elevator* (BE-102) ke tempat penyimpanan produk yaitu silo (SL-102) produk lalu dialirkan oleh *belt conveyor* (BC-102) untuk dilakukan pengemasan dan disimpan didalam gudang (ST-102) yang siap dipasarkan.

Gas yang keluar dari *cyclone* (CY-101) sebagai *off gas* sebagian dialirkan menuju arus purging atau percabangan purging dan *scrubber* (SC-101) dengan menggunakan *blower* (BL-101) yang akan digunakan sebagai *quenching gas* dan *fluidizing gas*. Di *scrubber* (SC-101) terjadi pemisahan antara urea dan melamin yang terikut di *off gas*. *Off gas* dikontakkan dengan lelehan urea yang memiliki suhu 200°C sehingga suhunya turun menjadi 154°C. Gas yang tidak terserap akan keluar dari *scrubber* (SC-101) yang akan digunakan sebagai pendingin dan sisanya akan digunakan sebagai *fluidizing gas* pada reaktor (R-101).

2.3 Spesifikasi bahan baku dan produk

2.3.1 Bahan Baku

Sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku

1. Sifat Fisik Urea

Rumus molekul	: NH ₂ CONH ₂
Berat Molekul	: 60,06 g/mol
Bentuk	: Prill
Densitas	: 1.32 g/cm ³
Titik Leleh	: 132°C
Titik Didih	: 195°C
Specific Gravity	: 1,335 g/cc

2. Sifat Kimia Urea

- Pada tekanan rendah dan temperatur tinggi urea akan menjadi biuret
$$2\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{CONHCONH}_2$$
- 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 (NH₄OCN)
- Pada tekanan tinggi dan adanya amonia akan merubah menjadi cyanic acid dan cynuric acid
$$3(\text{NH}_2)_2\text{CO} \rightarrow 3\text{HOCN} + 3\text{NH}_3$$



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

3. Sifat Fisis Katalis Alumina

Rumus molekul	: Al_2O_3
Diameter partikel	: 0.5 mikron
Bentuk	: Padat berbentuk serbuk
<i>Bulk Density</i>	: 0.78 gr/cm^3
<i>Surface Area</i>	: $175 \text{ m}^2/\text{g}$
Porositas	: 0.45
Volume Pori	: $0,3888 \text{ cc/g partikel}$

2.3.2 Produk

1. Sifat fisik Melamin:

Rumus molekul	: $\text{C}_3\text{N}_6\text{H}_6$
Wujud	: Padat
Kemurnian	: 99.9%
Nilai pH	: 7.5-9.5
Berat Molekul	: 126.144 g/mol
Densitas	: $1,573 \text{ g/cm}^3$
Ukuran partikel	: 5-10 mikron
<i>Melting Point</i>	: 345°C
Tekanan kritis	: 99.47 atm
Temperatur kritis	: 905.56°C
Entropi	: 149 J/K mol
Entropi pembentukkan	: -835 J/K mol
Energi Gibbs:	: 177 kJ/mol
Panas pembakaran	: 71.72 kJ/mol
Panas pembentukkan	: -1976 kJ/mol
Panas sublimasi	: -121 kJ/mol
<i>Heat Capacity (Cp)</i>	

-Pada 273-353 :1470 J/kg K

-Pada 300-450 :1630 J/kg K

-Pada 300-550 :1720 J/kg K

Kelarutan dengan 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

2. Sifat Kimia Melamin

- Pembentukan garam

Melamin adalah basa lemah yang akan membentuk garam jika bereaksi dengan asam organik ataupun anorganik. Kelarutan garam melamin tidak tinggi jika dibandingkan dengan melamin bebas.

- Hidrolisis dengan basa, jika direaksi dengan NaOH akan menjadi ammeline atau ammelide.

- Asilasi

Asilasi melamin dapat terjadi dengan beberapa *anhydrid* dengan tahap *triacyl*

- 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 kondisi kering.

- Reaksi dengan *amine*

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

