

BAB II

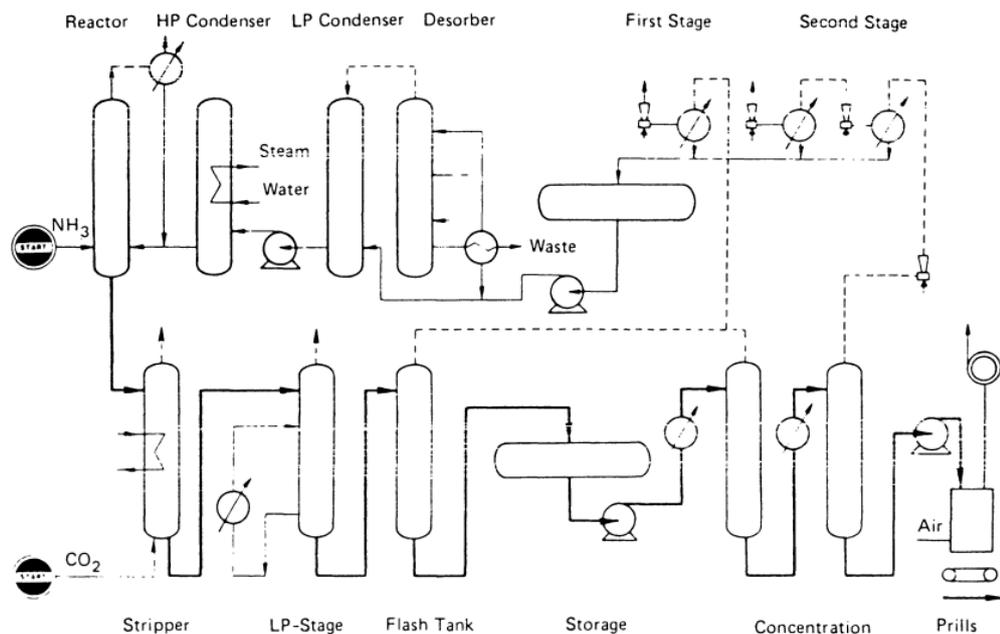
URAIAN DAN PEMILIHAN PROSES

II.1 Macam – Macam Proses

Berdasarkan Stripping Proses produksi Urea terdiri dari berbagai macam proses diantaranya sebagai berikut.

1. Stamicarbon
2. Mitsui Toatsu
3. Snamprogetti

II.1.1 Stamicarbon



Gambar II.1 Proses Stamicarbon

Proses Stamicarbon didasarkan pada penggunaan karbon dioksida untuk menghilangkan amonia dari limbah reaktor secara bersamaan. Saat karbon dioksida menghilangkan amonia dari larutan, karbamat terurai, meninggalkan jumlah minimum dalam limbah. Larutan meninggalkan stripper pada suhu sekitar 150 hingga 180°C. Gas yang dikupas mengalir ke reaktor bersama dengan amonia dalam jumlah yang setara dengan jumlah karbon dioksida yang ditambahkan untuk



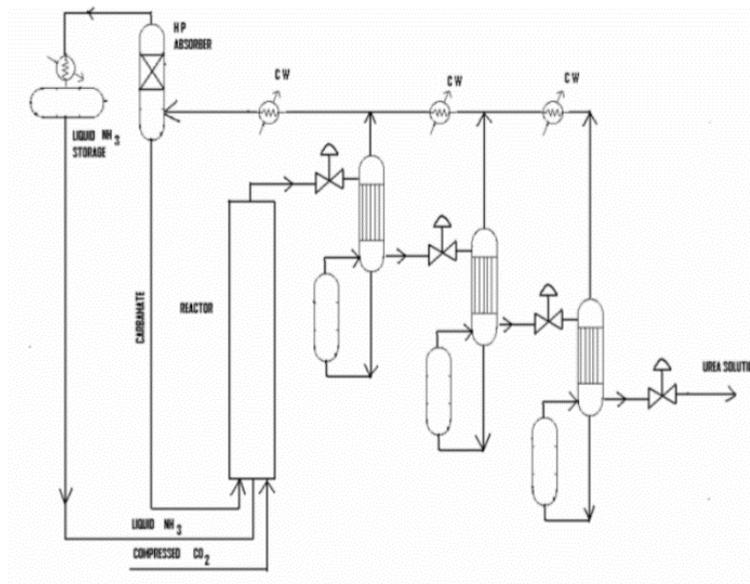
PRA RANCANGAN PABRIK

“PABRIK UREA DARI AMMONIA DAN KARBONDIOKSIDA DENGAN METODE *SNAMPROGETT*”

pengupasan. Sebagian besar sisa gas dari reaktor dikondensasikan, dan gas inert dikeluarkan dari sistem sebelum kondensat dikembalikan ke dasar reaktor.

Liquid Outlet Reaktor di stripping dengan panas steam jenuh (tidak kontak langsung) dan gas CO₂ dari disch Comp yg bertujuan untuk menurunkan tekanan parsial gas ammonia sehingga terjadi perubahan kesetimbangan dimana ammonia fase liquid akan berubah ke gas sedangkan gas CO₂ yg sebelumnya terlarut dalam ammonia liquid (sbg karbamat) akan ikut ke keluar menjadi fase gas. Liquid Outlet di bottom Stripper dikirim ke Reactor Column dengan diturunkan tekanannya ke 3,0 – 3,5 kg/cm² serta dipanaskan. Gas NH₃ & CO₂ yang terlepas dari karbamat di top Reactor Column masuk ke LPCC (Low Pressure Carbamat Condenser) untuk dikondensasikan lalu di pompakan (recycle) ke reactor Urea. Sedangkan cairan yang keluar dari reaktor dengan Urea 63% dikirim ke Flash tank (vakum) sedangkan campuran gas CO₂ dan NH₃ dari top Stripper dialirkan ke HP Carbamat Condenser bertemu dengan NH₃ feed menjadi 80% carbamat liquid (panasnya diserap kondensat untuk pembentukan steam tekanan rendah) dan sisanya masih gas. Aliran beda fase ini dipisahkan menjadi 2 aliran dan bersama-sama menuju Reaktor Urea. Di HPCC (High Pressure Carbamat Condenser) disengajakan tidak semua gas CO₂ & NH₃ dikondensasikan karena panasnya masih dibutuhkan untuk reaksi endotermis pembentukan carbamat liquid menjadi urea di reaktor Urea. (Riegel, 2019)

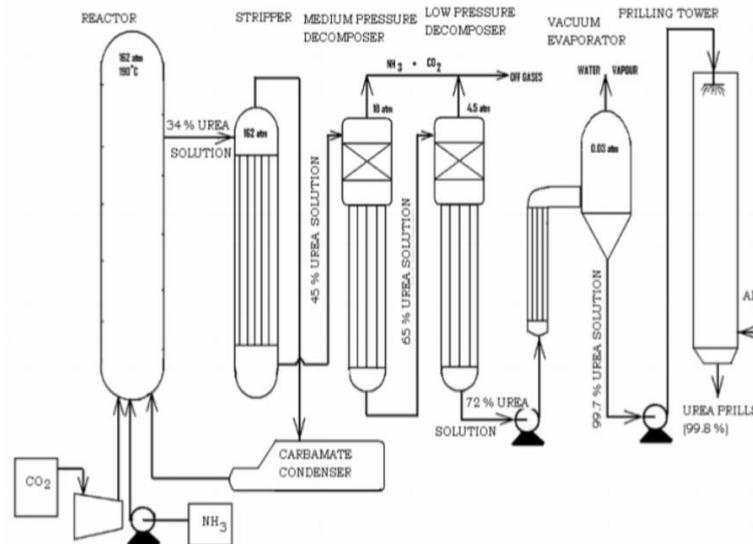
II.1.2 Mitsui Toatsu



Gambar II.2 Mitsui Toatsu

Proses Mitsui Toatsu Chemical (MTC) adalah proses yang umum digunakan pada awal tahun 1970-an dan umumnya berfungsi sebagai dasar untuk membandingkan proses-proses baru. Reaktor urea beroperasi pada tekanan tinggi (250 atm). Limbah cair reaktor diturunkan secara bertahap, dan uap digunakan untuk menguraikan karbamat dan menghilangkan CO₂ dan NH₃ di setiap tahap. CO₂ dan NH₃ diserap dalam air untuk didaur ulang ke reaktor. Meskipun proses pengupasan CO₂ dan NH₃ lebih disukai, pabrik berbasis MTC masih dibangun pada awal tahun 1980-an, dan MTC terus meningkatkan dan mengoptimalkan prosesnya.

II.1.3 Snamprogetti



Gambar II.3 Proses Snamprogetti

Proses Snamprogetti didasarkan pada penggunaan amonia untuk menghilangkan CO₂ dan NH₃ dari limbah reaktor urea. Salah satu pengotor yang mempengaruhi kinerja urea sebagai pupuk adalah biuret. Untuk menghindari hilangnya hasil dan meminimalkan kontaminasi produk, penting untuk meminimalkan pembentukan biuret. Konsentrasi biuret dalam urea yang digunakan untuk pemberian pakan daun harus dijaga tetap rendah untuk menghindari bintik-bintik pada daun. Akibatnya, dihasilkan urea tingkat daun yang mengandung kurang dari 0,035 persen biuret. Produk dengan biuret rendah dapat diproduksi dengan mendaur ulang limbah yang mengandung biuret dari zona pemurnian kembali ke konverter. Pengupasan NH₃ sebenarnya diumpankan ke reaktor secara berlebihan, sehingga menghambat pembentukan biuret. Snamprogetti juga mengklaim biaya pemeliharaan lebih rendah, dan banyak pabrik baru berdasarkan proses ini dipasang pada awal tahun 1980-an.

Proses ini didasarkan pada prinsip internal teknik daur ulang karbamat dan biasa disebut proses pengupasan Snam NH₃. Dasar perbedaan antara proses Snamprogetti dan larutan karbamat konvensional proses daur ulang urea adalah dalam karbamat yang tidak terkonversi dilakukan stripped dan diambil kembali dari larutan limbah reaktor sintesis urea di reaktor tekanan, lalu terkondensasi menjadi



PRA RANCANGAN PABRIK

“PABRIK UREA DARI AMMONIA DAN KARBONDIOKSIDA DENGAN METODE *SNAMPROGETTI*”

larutan berair dalam uap yang menghasilkan tekanan tinggi dikondensor, dan daur ulang kembali ke reaktor dengan gravitasi. Bagian dari umpan cair NH_3 di reaktor, diuapkan dalam penukar panas uap, digunakan juga sebagai gas inert untuk decompose dan strip amonium karbamat dalam stripper bertekanan tinggi yang dipanaskan dengan uap. Reaktor beroperasi pada sekitar 30 atm dan 180 - 190°C. Dan untuk stripper beroperasi pada sekitar 130 atm dan 190°C. Stripper off-gas dikondensasi dalam vertikal shell dan kondensor tabung, beroperasi pada sekitar 130 atm dan 148 - 160°C. Steam bertekanan rendah diproduksi di kondensor karbamat bertekanan tinggi. Selanjutnya produk urea yang meninggalkan stripper dan masih mengandung 2 – 3 % sisa karbamat yang tidak bereaksi, dilanjutkan dengan degassed dalam sistem dekomposisi-absorpsi bertekanan rendah. lalu larutan amoniak amonium karbamat dipompa kembali ke reaktor.

II.2 Seleksi Proses

Berdasarkan uraian macam proses diatas, maka perbandingan masing-masing proses dapat dilihat pada tabel II.1

Tabel II. 1 Perbandingan Proses Pembuatan Urea

Parameter	Macam Proses		
	Stamicarbon	Mitsui Toatsu	Snamprogetti
Bahan Baku	NH_3 dan CO_2	NH_3 dan CO_2	NH_3 dan CO_2
Suhu Operasi	180°C	250°C	190°C
Tekanan (Reaktor)	140 atm	150 atm	30 atm
Kemurnian Produk	96%	90%	98%

Maka, dapat disimpulkan dari uraian diatas, maka dipilih pembuatan urea dengan proses snamprogetti, karena pertimbangan sebagai berikut:

1. Konversi yang dihasilkan cukup tinggi yaitu mencapai angka 98%
2. Proses tidak berlangsung pada suhu dan tekanan yang cukup tinggi
3. Bahan baku dapat di recycle sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan penghematan



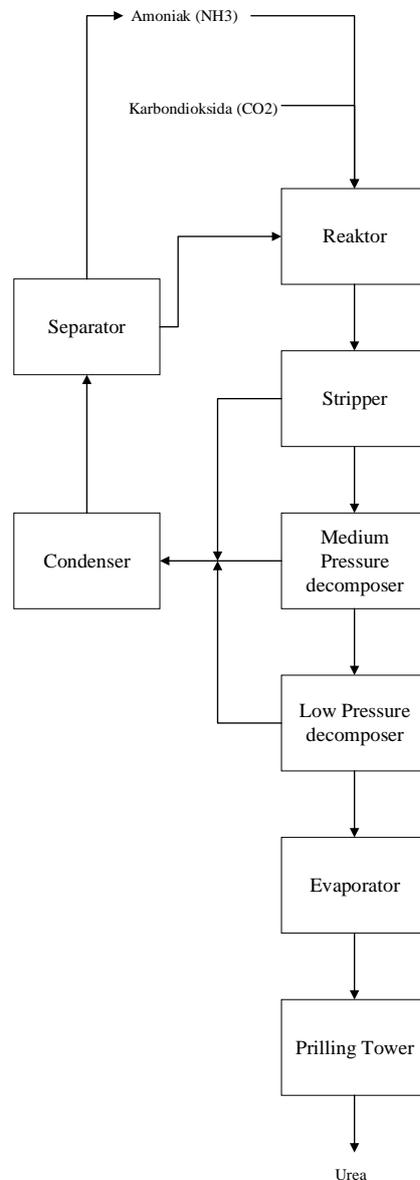
PRA RANCANGAN PABRIK

“PABRIK UREA DARI AMMONIA DAN KARBONDIOKSIDA DENGAN METODE *SNAMPROGETT*”

II.3 Uraian Proses

Secara detail, tahapan proses produksi Urea dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Penyiapan bahan baku
2. Sintesis Urea
3. Purifikasi
4. Recovery
5. Pembutiran



Gambar II.4 Diagram Alir



PRA RANCANGAN PABRIK

“PABRIK UREA DARI AMMONIA DAN KARBONDIOKSIDA DENGAN METODE *SNAMPROGETT*”

II.3.1 Seksi Penyimpanan Bahan Baku

a. Pengumpulan Amonia

Amonia yang berwujud cair jenuh dengan kemurnian 99,5% berat disimpan dalam tangki penyimpanan amonia pada kondisi suhu 30°C dan tekanan 11,5 atm. Dari tangki penyimpanan amonia, amonia yang berwujud cair jenuh tersebut dialirkan dengan pompa sentrifugal untuk menaikkan tekanan menjadi 160 atm dan mengalir menuju pemanasan awal dengan menaikkan menjadi suhu 110°C. Selanjutnya ammonia akan masuk ke reactor.

b. Pengumpulan Karbondioksida

Karbondioksida yang ditampung dalam spherical tank dengan suhu 30°C dan tekanan 65 atm dialirkan menuju kompresor untuk menaikkan tekanan menjadi 160 atm. Karbondioksida lalu dipanaskan terlebih dahulu dengan suhu menjadi 120°C.

II.3.2 Sintesis Urea

Merupakan tahap sintesa urea. Alat utama yang dipakai adalah sebagai berikut :

1. Reaktor

Merupakan tempat terjadinya sintesa urea dari cairan ammonia dan gas karbon dioksida. ammonia (NH₃) dan karbondioksida (CO₂) bereaksi membentuk ammonium carbamate (NH₂COONH₄), yang selanjutnya terhidrasi membentuk urea (NH₂CONH₂) dan air (H₂O) dengan reaksi sebagai berikut:



Reaksi sintesa terjadi pada tekanan 180 atm dan suhu 190°C. Reaksi pembentukan karbamat berlangsung cepat dan eksotermis, sedangkan reaksi pembentukan urea berjalan lambat dan endotermis. Panas yang dihasilkan dari reaksi pembentukan karbamat digunakan untuk melangsungkan reaksi pembentukan urea. Reaksi terjadi dengan perbandingan rasio NH₃: CO₂ yaitu 4:1 dan konversi sebesar 68%. Reaksi yang terjadi yaitu reaksi (2.1) pembentukan ammonium karbamat dengan konversi 99% dan reaksi (2.2) pembentukan urea dari ammonium karbamat dengan konversi



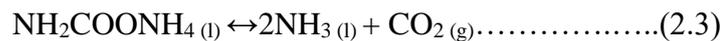
PRA RANCANGAN PABRIK

“PABRIK UREA DARI AMMONIA DAN KARBONDIOKSIDA DENGAN METODE *SNAMPROGETT*”

68%. Reaksi terjadi pada reaktor, dimana reaktor tersebut dilengkapi dengan perforated tray yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi reaksi, mencegah terjadinya back flow dan memperbaiki absorpsi gas oleh cairan.

2. *Stripper*

Setelah dari reaktor, aliran lalu dipompa menuju stripper. Stripper adalah alat yang digunakan untuk memisahkan satu komponen atau lebih dari campurannya menggunakan prinsip perbedaan kelarutan. Stripper berfungsi untuk mengambil kembali NH_3 dan CO_2 yang tidak bereaksi untuk digunakan kembali sebagai reaktan. Karbondioksida diumpankan dari bagian bawah stripper untuk membantu proses stripping. Gas-gas yang terdekomposisi dan teruapkan akan berkontak dengan larutan dari reaktor secara counter current di dalam tube-tube stripper. Pada stripper terjadi penguraian amonium karbamat dengan reaksi



Proses dekomposisi berlangsung dengan adanya pemanasan dengan steam jenuh bertekanan 22 atm dan stripping CO_2 . Penurunan tekanan ke 140 atm dan kenaikan suhu menjadi 200°C dimaksudkan agar proses stripping berjalan sempurna. Berdasarkan reaksi :



Proses dekomposisi di stripper akan berjalan sempurna apabila tekanan diturunkan dan temperatur dinaikkan. Adanya kontak secara counter current antara gas-gas yang terdekomposisi dengan larutan dari reaktor urea menyebabkan konsentrasi CO_2 dalam cairan yang masuk dari bagian atas stripper hingga ke bagian bawah akan berkurang secara bertahap. Sedangkan gas yang kaya akan NH_3 naik dari bagian bawah tube stripper dan mengencerkan gas yang kaya akan CO_2 di bagian atas tube stripper sedemikian rupa sehingga gas dibagian tersebut memiliki kandungan NH_3 lebih dari kesetimbangannya. Akibatnya, reaksi dekomposisi akan semakin dipercepat dan CO_2 akan terdorong untuk pindah dari fase cair ke fase gas untuk kembali mendapat kesetimbangan baru. Pada hakekatnya proses stripping tidak lain hanyalah proses dekomposisi karena adanya pemanasan. Snamprogetti mengklaim bahwa proses stripping adalah proses stripping amonia dengan menggunakan stripping gas amonia itu sendiri. Dengan proses stripping ini



PRA RANCANGAN PABRIK

“PABRIK UREA DARI AMMONIA DAN KARBONDIOKSIDA DENGAN METODE *SNAMPROGETT*”

keseimbangan karbamat akan bergeser ke kanan sesuai reaksi di atas dan CO_2 akan terdorong untuk pindah dari fase liquid ke fase gas untuk kembali mencapai keseimbangan baru.

II.3.3 Purifikasi

Seksi purifikasi bertujuan untuk memurnikan kembali larutan urea keluaran stripper dengan kemurnian 49% hingga mencapai kemurnian 65%. Terdapat dua alat utama pada seksi ini yaitu High Pressure Decomposer dan Low Pressure Decomposer yang memiliki konsep kerja menguraikan ammonia dan CO_2 dengan menurunkan dan meningkatkan tekanan.

1. *Medium Pressure Decomposer (MPD)*

Larutan dengan kadar CO_2 yang rendah keluar dari bagian bawah stripper diekspansikan hingga mencapai tekanan 16,5 atm. Pada Medium Pressure Decomposer (MPD), akan terdapat dua proses yang terjadi. Proses pertama adalah dekomposisi dimana ammonium karbamat pada larutan urea akan terdekomposisi menjadi gas ammonia dan CO_2 yang akan keluar sebagai produk atas dari MPD. Dekomposisi terjadi pada tekanan 16,5 atm dengan temperatur dekomposisi terjadi pada 152°C . Kemudian, larutan urea akan mengalir ke bagian bawah MPD dan terjadi tahap kedua yaitu pemisahan ammonium karbamat berlebih yang tidak terdekomposisi pada larutan urea dengan pemanasan larutan urea dibagian bawah MPD. Panas yang digunakan untuk proses ini disediakan oleh steam yang bertekanan 4,5 atm. Tekanan MPD sebesar 16,5 atm didasari pada proses penguapan NH_3 , CO_2 , dan serta H_2O sementara temperature dijaga pada suhu 152°C untuk mencegah pembentukan biuret.

2. *Low Pressure Decomposer (LPD)*

Proses pada Low Pressure Decomposer (LPD) merupakan penyempurnaan proses pada High Pressure Decomposer (HPD). Proses pada LPD menggunakan tekanan 2,6 atm dan temperature 138°C untuk mencegah terjadinya pembentukan biuret dan hidrolisa urea yang meningkatkan jumlah ammonium karbamat. LPD tersusun atas sieve tray pada bagian atas, shell & tube pada bagian tengah, dan packed bed pada bagian bawah. Larutan urea yang berasal dari HPD akan masuk ke LPD melalui bagian akan terjadi proses flashing akibat penurunan tekanan dari



PRA RANCANGAN PABRIK

“PABRIK UREA DARI AMMONIA DAN KARBONDIOKSIDA DENGAN METODE *SNAMPROGETT*”

16,5 atm ke 2,6 atm. Uap yang ter flash akan menyebabkan pemisahan antara larutan urea dengan ammonium karbamat berlebih yang kemudian akan terdekomposisi menjadi gas ammonia dan CO₂. Gas keluaran LPD dan HPD akan memasuki seksi recovery sementara larutan urea akan dialirkan menuju unit selanjutnya.

II.3.4 Recovery Unit

Gas-gas hasil dekomposisi maupun evaporasi dari tahap gas outlet atas stripper, LP Decomposer, dan MP decomposer, selanjutnya dialirkan menuju kondensor parsial untuk mengembunkan gas amonia. Gas keluaran dari stripper akan diturunkan tekanannya menjadi 11,5 atm, sedangkan gas keluaran dari LPD dan MPD dinaikkan tekanannya menjadi 11,5 atm. Masing Keluaran kondensor parsial dialirkan ke separator untuk di pisahkan antara fase gas dan cairnya. Selanjutnya ketiga aliran tersebut didinginkan hingga mencapai suhu 70°C dan menjadi bergabung menjadi satu aliran yang masuk kedalam kondensor. Didalam kondensor, suhu diturunkan menjadi 30°C dan amoniak diembunkan menjadi liquid. Selanjutnya masuk kedalam separator. Level di separator di jaga normal sekitar 50%. Gas CO₂ dan sebagian kecil amonia akan dipisahkan dari larutan amoniak jenuh yang dialirkan menuju tangki penyimpanan.

II.3.5 Vacuum Concentration Section

Merupakan tahap pemekatan urea untuk menghasilkan larutan urea 98 % berat yang dibutuhkan untuk membuat urea pril, dilakukan dengan menggunakan proses vacuum. Proses ini dilakukan dalam 2 tahap, yaitu evaporator yang pertama untuk memekatkan larutan urea sampai 95% dan evaporator yang kedua menaikkan konsentrasi larutan urea dari 95% menjadi 98% berat. Kondisi vacuum dievaporator ini dikontrol oleh sistem vacuum dengan suhu 133°C dan tekanan 0,32 atm. Di dalam vacuum evaporator yang pertama terjadi proses dekomposisi dan penguapan air yang terkandung dalam larutan urea. Level larutan urea 95% selalu dikontrol agar pemekatan urea berjalan sempurna dan menghindari waktu tinggal yang lama agar tidak terbentuk biuret. Selanjutnya larutan urea 95% di evaporator hingga konsentrasinya menjadi 98%. Evaporator kedua berjalan dengan suhu 140°C dan tekanan 0,032atm dan siap dikirim ke granulation unit. Suhu dijaga tetap 133°C



PRA RANCANGAN PABRIK

“PABRIK UREA DARI AMMONIA DAN KARBONDIOKSIDA DENGAN METODE *SNAMPROGETT*”

dengan mengatur jumlah aliran yang masuk ke evaporator. Jika suhu di evaporator turun, akan menyebabkan terjadinya kristalisasi sehingga akan menyumbat tube, sedangkan jika suhu terlalu tinggi risiko terbentuknya biuret semakin besar.

II.3.6 Pemptiran

Urea prill diproduksi dengan jalan menyemprotkan cairan urea ke atas bibit (seed) yang terfluidisasi. Proses granulasi menggunakan alat prilling tower. Tahap pemptiran produk ini bertujuan untuk membentuk butiran prill urea dengan bantuan udara yang dihembuskan dari bawah Prilling Tower. Cairan urea yang keluar dari Evaporator diumpankan ke bagian atas Prilling Tower untuk dibentuk prill urea. Didalam prilling tower ini, umpan urea didistribusikan secara merata oleh Prilling bucket hingga terbentuk tetes-tetes yang kemudian jatuh ke bawah. Tetes – tetes ini akan terbentuk prill dengan bantuan udara yang dihembuskan dari bagian bawah Prilling Tower dengan menggunakan Blower.

Urea yang telah berbentuk prill yang jatuh ke bawah akan diangkat Belt Conveyor menuju Screen untuk mengayak produk ammonium yang memenuhi spesifikasi dan yang tidak memenuhi spesifikasi. Di Screening, umpan urea prill disaring hingga diperoleh ukuran produk urea yang diinginkan yaitu $\pm 0.3 \text{ mm} - 2 \text{ mm}$, sedangkan produk yang tidak memenuhi spesifikasi produk pada kondisi suhu 40°C direcycle kembali menggunakan Belt Conveyor untuk dicampur dengan lelehan urea yang keluar dari Evaporator yang selanjutnya diumpankan ke Prilling Tower untuk dibentuk prill urea kembali.