



BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

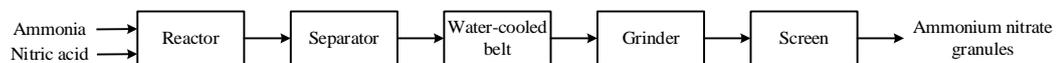
II.1 Macam-Macam Proses

Ammonium nitrate merupakan produk yang dihasilkan dari gas ammonia yang direaksikan dengan asam nitrat cair. Proses pembuatan *ammonium nitrate* dapat dilakukan dengan beberapa proses sebagai berikut:

1. Proses Stengel
2. Proses Uhde
3. Proses *Vacuum Crystallization*

II.1.1 Proses Stengel

Gas ammonia dengan suhu 143 °C (290 °F) dan 60% asam nitrat dengan suhu 165 °C (330 °F) diumpankan ke *packed stainless steel reactor* dengan suhu 204°C (400 °F). Campuran amonium nitrat dan air kemudian diumpankan ke dalam *cyclone separator* di mana uap meninggalkan bagian atas dan amonium nitrat cair di bagian bawah. Udara dihembuskan melalui *molten nitrate* untuk mengurangi kadar air hingga 0,2%. *Molten nitrate* dipadatkan dengan pendinginan pada alat *continuous water-cooled stainless-steel belt*. Padatan *ammonium nitrate* yang dihasilkan dibawa ke ujung *belt*, dikeluarkan, dan digiling dengan *grinder* menjadi bentuk butiran (granul). Butiran tersebut kemudian diayak dan dilapisi dengan *clay* pada *coating drum*. Produk *ammonium nitrate* yang telah dilapisi selanjutnya dikemas untuk dipasarkan (Stengel, 1951).



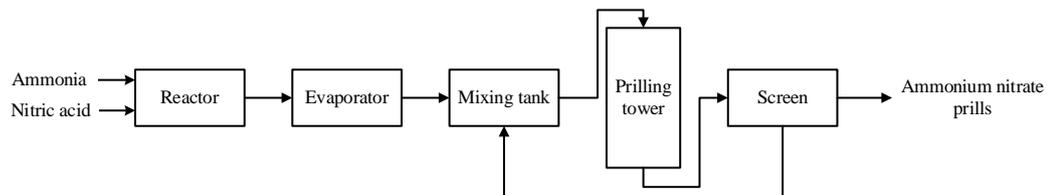
Gambar II.1 Diagram Alir Proses Stengel

II.1.2 Proses Uhde

Proses Uhde merupakan proses yang menghasilkan *ammonium nitrate* dengan hasil *low density*. Bahan baku ammonia dan asam nitrat direaksikan dalam reaktor *bubbling* dengan reaksi netralisasi pada suhu 175-180 °C dan tekanan 4-5 atm. Larutan *ammonium nitrate* kemudian dipompakan ke evaporator untuk proses pemekatan. Hasil atas evaporator yang berupa uap kemudian digunakan sebagai pemanas. Larutan yang keluar dari evaporator kemudian dimasukkan ke *prilling*



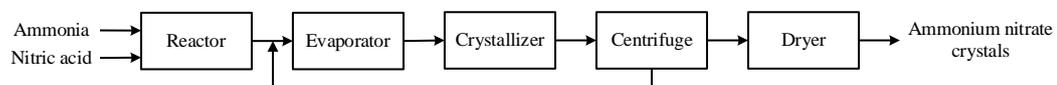
tower untuk pembentukan *ammonium nitrate* menjadi bentuk *prill*. Selanjutnya, *ammonium nitrate* dikeringkan, diayak, didinginkan dan dilakukan pelapisan menggunakan *coating agent* untuk mencegah penggumpalan *ammonium nitrate* yang dihasilkan (Uhde, 1999).



Gambar II.2 Diagram Alir Proses Uhde

II.1.3 Proses *Vacuum Crystallization*

Larutan *ammonium nitrate* 60% yang terbentuk di dalam reaktor dipekatkan menggunakan evaporator dengan suhu 65 °C (150 °F) hingga menjadi 75-80% substansi kering. Kemudian, larutan tersebut dimasukkan ke dalam *vacuum crystallizer* yang berbahan *stainless steel* pada suhu sekitar 36 °C (97 °F) dengan tekanan absolut 0,032 atm (25 mmHg). Produk dikeluarkan dari bagian bawah *vacuum crystallizer* dalam bentuk *slurry* yang mengandung 40% berat kristal dan dialirkan menuju *centrifuge*. *Mother liquor* dari *vacuum crystallizer* dikembalikan ke sistem, sedangkan kristal yang mengandung 1% air diumpankan menuju *counter-current rotary dryer* dengan suhu 82 °C (180 °F) untuk mengurangi kadar air menjadi 0,1%. Kristal *ammonium nitrate* yang dihasilkan kemudian ditaburi dengan *coating agent* (3-4% diatomaceous earth) dan dikemas dalam karung pada unit pengemasan (Faith et al., 1961).

Gambar II.3 Diagram Alir Proses *Vacuum Crystallization*



II.2 Seleksi Proses

Tabel II.1 Perbedaan Proses Pembuatan *Ammonium Nitrate*

No.	Parameter	Macam Proses		
		Stengel [a]	Uhde [b]	<i>Vacuum Crystallization</i> [c]
1.	Bahan Baku	Ammonia (NH ₃) dan Asam Nitrat (HNO ₃)	Ammonia (NH ₃) dan Asam Nitrat (HNO ₃)	Ammonia (NH ₃) dan Asam Nitrat (HNO ₃)
2.	Alat Utama	<i>Packed reactor</i>	<i>Bubble reactor</i>	<i>Bubble reactor</i>
3.	Suhu Operasi	180-250 °C	175-180 °C	60-170 °C
4.	Tekanan Operasi	4-5 atm	4-5 atm	1-5 atm
5.	Kemurnian Produk	95%	99%	99,9%
6.	Kandungan Air	5%	1%	0,1%
7.	Bentuk Produk	Granul	Prill	Kristal
8.	Kekurangan	Beroperasi pada suhu dan tekanan tinggi (dapat terjadi dekomposisi <i>ammonium nitrate</i>)	Beroperasi pada tekanan tinggi	Memerlukan kondisi vakum untuk proses kristalisasi
9.	Kelebihan	Proses reaksi dan evaporasi dilakukan dalam bejana yang sama, sehingga peralatan yang digunakan lebih sedikit	Suhu operasi relatif lebih rendah	Suhu dan tekanan operasi relatif lebih rendah untuk menghindari dekomposisi <i>ammonium nitrate</i>

(Sumber: [a] Stengel, 1951; [b] Uhde, 1999; [c] Faith et al., 1961)



Berdasarkan tabulasi tiga proses yang telah dijabarkan pada Tabel II.1, maka dipilih proses *Vacuum Crystallization* dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Proses yang dilakukan lebih efisien dan sederhana.
2. Produk kristal *ammonium nitrate* yang dihasilkan mempunyai kandungan air yang rendah yaitu sebesar 0,1%.
3. Biaya operasi tidak terlalu mahal dengan suhu dan tekanan operasinya yang tidak mengkhawatirkan, sehingga aman mengingat tingginya resiko terjadinya ledakan pada proses produksi *ammonium nitrate*.

II.3 Uraian Proses dan *Flowsheet* Dasar

II.3.1 Uraian Proses

Pembuatan *ammonium nitrate* dari ammonia dan asam nitrat dengan proses *vacuum crystallization* dapat dibagi menjadi lima tahapan proses sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan Bahan Baku
 - a. Pengumpanan Asam Nitrat

Asam nitrat cair dengan kemurnian 58% w/w yang didapatkan dari PT Multi Nitrotama Kimia disimpan dalam tangki penyimpanan (F-110) pada kondisi suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Asam nitrat cair kemudian dialirkan dengan pompa sentrifugal (L-111) menuju *compressor* (G-112) untuk dinaikkan tekanannya menjadi 4,4 atm. Asam nitrat cair selanjutnya dialirkan menuju *heater* (E-113) untuk dipanaskan hingga suhunya mencapai 60 °C. Asam nitrat cair siap diumpankan ke dalam reaktor (R-210) untuk direaksikan dengan gas ammonia.

- b. Pengumpanan Ammonia

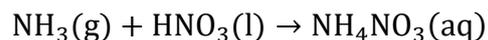
Ammonia cair dengan kemurnian 99,92% w/w yang didapatkan dari PT Pupuk Kujang Cikampek disimpan dalam tangki penyimpanan (F-120) pada kondisi suhu 30 °C dan tekanan 11,5 atm. Ammonia cair kemudian dialirkan melalui *expansion valve* (K-121) untuk diturunkan tekanannya menjadi 4,4 atm. Penurunan tekanan tersebut mengubah ammonia dari fase cair menjadi gas karena ammonia cair dari tangki penyimpanan yang masuk ke *expansion valve* berada dalam kondisi



bubble point. Gas ammonia kemudian dialirkan menuju *heater* (E-122) untuk dipanaskan hingga suhunya mencapai 60 °C. Gas ammonia siap diumpankan ke dalam reaktor (R-210) untuk direaksikan dengan asam nitrat.

2. Tahap Reaksi

Tahap ini bertujuan untuk mereaksikan ammonia dan asam nitrat sehingga membentuk produk *ammonium nitrate*. Gas ammonia dari *heater* (E-122) didistribusikan dari bagian bawah reaktor (R-210) melalui *perforated plate* sehingga terbentuk gelembung-gelembung gas ammonia. Sedangkan asam nitrat cair dari *heater* (E-113) diumpankan ke dalam reaktor melalui bagian atas reaktor (R-210). Kedua reaktan tersebut direaksikan pada reaktor (R-210) tipe *Bubble Column Reactor* yang dilengkapi dengan jaket pendingin, di mana sebagai media pendinginnya adalah air yang masuk pada kondisi suhu 30 °C dan tekanan 1 atm, sedangkan air yang keluar dari jaket pendingin pada kondisi suhu 45 °C dan tekanan 1 atm. Reaktor (R-120) beroperasi pada kondisi suhu 60 °C dan tekanan 4,4 atm dengan perbandingan mol asam nitrat dan ammonia adalah 1:1. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor (R-120) adalah sebagai berikut:



Reaksi tersebut berlangsung secara eksotermis. Pendingin air dimaksudkan untuk mempertahankan kondisi operasi di reaktor (R-120) pada suhu 60 °C dan tekanan 4,4 atm karena sifat reaksi eksotermis yang melepaskan panas. Kecepatan reaksi heterogen antara gas ammonia dan asam nitrat ditentukan oleh kecepatan perpindahan massa, yaitu kecepatan difusi gas ammonia melalui lapisan gas ke “*interface*”, yang merupakan batas antara lapisan gas dan cairan. Oleh sebab itu reaksinya terjadi pada bidang reaksi yang terletak di dalam lapisan cair yang berarti tidak ada gas ammonia yang berdifusi masuk ke dalam cairan sehingga reaksi kimia yang berlangsung di dalam reaktor (R-210) sangat cepat.

Produk keluaran dari bawah reaktor (R-210) berupa lelehan *ammonium nitrate* dengan konsentrasi 64% pada kondisi suhu 60 °C dan



tekanan 4,4 atm. Asam nitrat habis bereaksi sedangkan sisa ammonia dan uap air yang keluar pada bagian atas reaktor (R-210) diserap dengan menggunakan *absorber* (D-211) sebelum dibuang ke atmosfer. *Ammonium nitrate* yang keluar melalui bagian bawah reaktor (R-210) dialirkan dengan pompa sentrifugal (L-212) menuju *evaporator* (V-310) untuk dipekatkan.

3. Tahap Pemurnian

Tahap ini bertujuan untuk memekatkan *ammonium nitrate* yang dihasilkan dari reaktor (R-210). *Ammonium nitrate* yang keluar dari bagian bawah reaktor (R-210) dialirkan dengan pompa sentrifugal (L-212) untuk dipekatkan dalam *evaporator* (V-310) dari konsentrasi 64% hingga konsentrasi 70%. Kondisi vakum (0,5 atm) di dalam *evaporator* (V-310) harus dijaga karena *ammonium nitrate* mempunyai batasan temperatur yaitu sebesar 210 °C. Jika terlalu panas, maka *ammonium nitrate* akan terdekomposisi dan bersifat eksplosif. Untuk membuat kondisi vakum pada *evaporator* dipasang *barometric condensor* (E-311) dan *steam jet ejector* (G-312). Media pemanas yang digunakan berupa *steam*. *Evaporator* ini bertipe *falling film*, di mana pemekatan terjadi pada saat larutan membentuk lapisan tipis pada bagian *tube* karena akan mempermudah penguapan air. *Steam ejector* (G-312) akan mengeluarkan *steam* dengan kecepatan tinggi sehingga dihasilkan tekanan rendah di titik pengeluaran tersebut. *Steam* tersebut kemudian dicairkan saat melalui *barometric condensor* (E-311). *Ammonium nitrate* pekat dengan konsentrasi 70% pada kondisi suhu 83 °C dan tekanan 0,5 atm yang keluar dari bagian bawah evaporator kemudian dialirkan dengan pompa sentrifugal (L-314) menuju menuju *crystallizer* (X-320) untuk dibentuk menjadi kristal *ammonium nitrate*.

4. Tahap Pengkristalan

Tahap ini bertujuan untuk membentuk kristal *ammonium nitrate* dengan menggunakan *crystallizer* (X-320). *Ammonium nitrate* yang keluar dari *evaporator* (V-310) diumpankan menggunakan pompa sentrifugal (L-314) menuju *crystallizer* (X-320). Umpan *ammonium nitrate* di dalam *crystallizer* ini dikristalkan pada suhu 36 °C dan tekanan 0,03 atm. Kristal



ammonium nitrate yang terbentuk dengan kemurnian sebesar 90% kemudian dialirkan dengan pompa sentrifugal (L-324) menuju *centrifuge* (H-330) untuk dipisahkan antara padatan kristal dengan *mother liquor*. *Mother liquor* yang masih mengandung *ammonium nitrate* dialirkan menggunakan pompa sentrifugal (L-331) menuju evaporator (V-310) untuk diolah kembali. Kristal *ammonium nitrate* yang masih mengandung air dan terpisah dengan *mother liquor*-nya kemudian diangkat menggunakan *screw conveyor* (J-332) menuju *rotary dryer* (B-340) untuk dikeringkan.

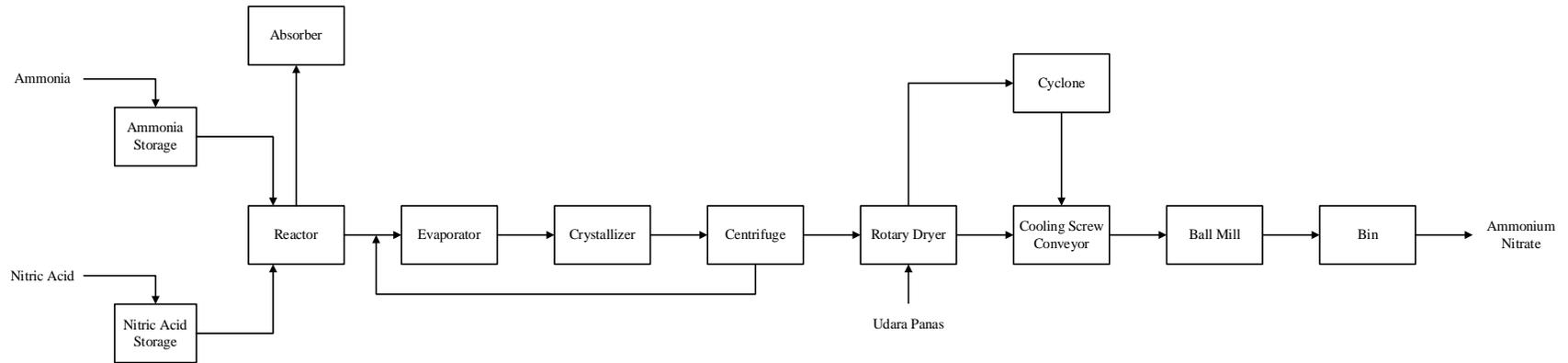
5. Tahap Pengeringan dan Penyelesaian

Padatan kristal *ammonium nitrate* yang keluar dari *centrifuge* (H-330) dengan kadar air sebesar 0,2% diangkat dengan *screw conveyor* (J-332) menuju *rotary dryer* (B-340) untuk dikeringkan atau dikurangi kadar airnya hingga 0,1%. *Rotary dryer* (B-340) beroperasi pada suhu 120 °C dan tekanan 1 atm. Gas yang keluar dari *rotary dryer* (B-340) dialirkan menuju *cyclone* (H-344) untuk memisahkan padatan halus yang terikut dalam udara pengering, kemudian sisa kristal *ammonium nitrate* dari *cyclone* (H-344) akan menuju *cooling screw conveyor* (J-345).

Kristal *ammonium nitrate* yang keluar dari *rotary dryer* (B-340) didinginkan menggunakan *cooling screw conveyor* (J-345) hingga suhu 32 °C, kemudian diangkat menuju *ball mill* (C-350) untuk menyeragamkan ukuran kristal hingga berukuran 35 mesh. Produk kristal *ammonium nitrate* yang keluar dari *ball mill* (C-350) dengan kondisi suhu 32 °C dan tekanan 1 atm diangkat dengan *screw conveyor* (J-351) menuju *bin* (F-352). *Bin* (F-352) berfungsi untuk menampung sementara produk *ammonium nitrate* sebelum dikemas dalam karung 50 kg di unit pengemasan (P-353). Produk *ammonium nitrate* yang telah dikemas pada unit pengemasan (P-353) kemudian diangkat dengan bantuan *roller conveyor* (J-354) menuju gudang penyimpanan produk (F-360). Produk *ammonium nitrate* siap untuk dipasarkan.



II.3.2 Flowsheet Dasar



Gambar II.4 *Flowsheet* Dasar Pra Rancangan Pabrik *Ammonium Nitrate* dari Ammonia dan Asam Nitrat dengan Proses *Vacuum Crystallization* (Faith et al., 1961)