

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pupuk

Menurut Wiley & Weinheim (2007) pupuk dalam arti yang luas adalah produk yang meningkatkan kadar nutrisi yang tersedia pada tanaman dan atau kimia dan sifat fisik tanah, sehingga langsung atau tidak langsung meningkatkan pertumbuhan tanaman, hasil, dan kualitas.

Definisi pupuk di PP No. 8 tahun 2001 Bab 1 Pasal 1 yaitu, pupuk adalah bahan kimia atau organisme yang berperan dalam penyediaan unsur hara bagi keperluan tanaman secara langsung atau tidak langsung. Sedangkan pupuk anorganik adalah pupuk hasil proses rekayasa secara kimia, fisik dan atau biologis, dan merupakan hasil industri atau pabrik pembuat pupuk. Pada PP No. 8 tahun 2001 tidak dijelaskan tentang definisi pupuk organik, namun definisi pupuk organik telah lebih dahulu tertuang pada Peraturan Menteri Pertanian (Permentan) No. 02/Pert/HK.060/2/2006 yaitu, pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri dari bahan organik yang berasal dari tanaman dan atau hewan yang telah melalui proses rekayasa, dapat berbentuk padat atau cair yang digunakan untuk mensuplai bahan organik, memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Firmansyah, 2011).

Menurut Firmansyah, (2011), Pupuk ZA adalah pupuk kimia buatan yang dirancang untuk memberi tambahan hara nitrogen dan sulfur bagi tanaman. Adapun fungsi dari unsur hara nitrogen dan unsur hara sulfur bagi tanaman yaitu sebagai berikut:

Fungsi Nitrogen :

- Mendorong pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, terlebih pada saat tanaman berada dalam fase vegetatif (daun, tunas, batang).
- Bahan pembentuk klorofil dan enzim
- Meningkatkan daya serap akar terhadap unsur fosfor

Fungsi sulfur :

- Membantu pertumbuhan tunas
- Berperan sebagai sintesa minyak yang berguna bagi proses pembuatan zat gula

2.2 Klasifikasi Pupuk

2.2.1 Berdasarkan Komposisi

Menurut Wiley & Weinheim, (2007), berdasarkan komposisinya, pupuk diklasifikasikan menjadi:

1. Pupuk Mineral terdiri dari senyawa anorganik atau senyawa campuran organik buatan.

2. Pupuk organik adalah produk limbah dari peternakan (kotoran stabil, kotoran lumpur), Produk penguraian tanaman (kompos, gambut), atau produk dari pengolahan limbah (kompos sampah, lumpur limbah).

2.2.2 Berdasarkan Jumlah Kandungan Nutrien

Menurut Wiley & Weinheim, (2007), berdasarkan jumlah kandungan nutrien pupuk diklasifikasikan menjadi:

1. Pupuk tunggal umumnya hanya berisi satu nutrisi utama. Seperti urea hanya mengandung unsur hara N.
2. Pupuk majemuk (kompleks atau multinutrient) mengandung beberapa nutrisi primer dan kadang-kadang mikronutrien juga. Seperti pada ZA mengandung unsur hara makro yaitu nitrogen 21% dan sulfur 24%

2.2.3 Pupuk Berdasarkan Asalnya

Menurut Afandie (2002), berdasarkan asalnya pupuk diklasifikasikan menjadi:

1. Pupuk alami, yakni pupuk yang terdapat di alam atau dibuat dengan bahan alam tanpa proses yang berarti. Misalkan, pupuk kompos, dan pupuk kandang.
2. Pupuk buatan, yakni pupuk yang dibuat oleh pabrik. Misalnya: TSP, ZA, Urea, rustika dan nitrophonska. Pupuk ini dibuat oleh pabrik dengan mengubah sumber daya alam melalui proses fisika dan/atau kimia.

2.2.4 Berdasarkan fasa-nya

Menurut Afandie (2002), berdasarkan fasanya pupuk diklasifikasikan menjadi:

1. Pupuk padat, yakni pupuk yang umumnya mempunyai kelarutan beragam mulai mudah larut air sampai yang sukar larut air.
2. Pupuk cair, yakni pupuk berupa cairan yang cara penggunaannya dilarutkan terlebih dahulu dengan air. Umumnya, pupuk ini disemprotkan ke daun. Karena mengandung banyak hara, baik makro maupun mikro, harga pupuk ini relative mahal. Pupuk amoniak merupakan pupuk yang memiliki kadar N sangat tinggi, yakni sekitar 83%. Penggunaan pupuk ini lewat tanah dengan cara diinjeksikan dari tangki bertekanan.

2.2.5 Berdasarkan cara penggunaan

Menurut Afandie (2002), berdasarkan cara penggunaan pupuk diklasifikasikan menjadi:

1. Pupuk daun, yakni pupuk yang cara pemupukan dilarutkan terlebih dahulu dalam air, kemudian disemprotkan pada permukaan daun.
2. Pupuk akar atau pupuk tanah, yakni pupuk yang diberikan ke dalam tanah di sekitar akar agar diserap oleh akar tanaman.

2.2.4 Berdasarkan reaksi fisiologinya

Menurut Afandie (2002), berdasarkan reaksi fisiologinya pupuk diklasifikasikan menjadi:

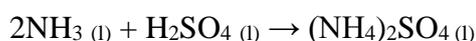
1. Pupuk yang mempunyai reaksi fisiologi asam, yakni pupuk yang bila diberikan ke dalam tanah ada kecenderungan tanah menjadi lebih asam (pH menjadi lebih rendah). Misal ZA dan Urea.
2. Pupuk yang mempunyai reaksi fisiologi basis, yakni pupuk yang bila diberikan kedalam tanah menyebabkan pH tanah cenderung naik, misal pupuk chili saltpeter, calnitro, dan kalsium sianida.

2.3 Pupuk Zwavelzure Ammonia (ZA)

Amonium sulfat (ZA) dengan rumus kimia $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ merupakan pupuk nitrogen yang mengandung sekitar 21% nitrogen dan 24% sulfur. Hal ini terjadi secara alami sebagai mascagnite mineral dan menawarkan banyak keuntungan sebagai pupuk, seperti higroskopitas rendah, fisik yang baik, stabilitas kimia yang sangat baik, baik agronomi efektivitas dan kehidupan jangka panjang (Gowariker, 2009).

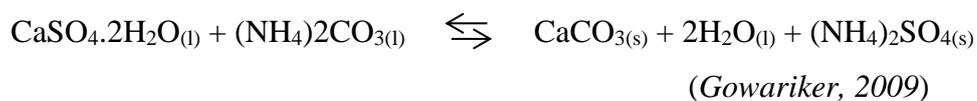
Amonium sulfat merupakan pupuk berbentuk asam, oleh karena itu digunakan pada pH netral atau basa tanah. Dalam bentuknya mengalir bebas, secara langsung diterapkan pada tanah atau dicampur dengan bahan granular lainnya. Amonium sulfat juga memasok sulfur, yang merupakan nutrisi penting bagi tanaman. Pupuk ini juga tahan terhadap pencucian karena dapat teradsorpsi di tanah koloid, tanah liat dan humus, dan menggantikan kalsium. Amonium sulfat terserap garam amonium lalu dikonversi menjadi nitrat oleh bakteri nitrifikasi untuk digunakan. Amonium Sulfat diproduksi dengan berbagai cara yang berbeda, yaitu:

1. Produksi dari disintesis amonia dan asam sulfat.



2. Produksi pupuk amonium sulfat dengan proses gipsum,

Secara luas digunakan di banyak negara berkembang. Dalam proses ini, amonia digunakan bersama dengan bubuk kalsium sulfat, karbon dioksida dan air. Amonia terbuat dari nitrogen dan hidrogen, bereaksi dengan gas karbon dioksida untuk menghasilkan amonium karbonat. Gypsum bereaksi dengan amonium karbonat untuk membentuk amonium sulfat dan kalsium karbonat. Reaksi pembentukan ammonium sulfat dengan penambahan gypsum yaitu:

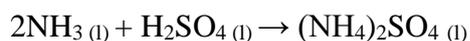


Ammonium sulfat digunakan terutama sebagai pupuk. Pupuk Zwavelzure Ammonia (ZA) dengan rumus kimia $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ memiliki keuntungan menambahkan sulfur ke tanah serta

nitrogen, karena mengandung nitrogen 21% dan sulfur 24% (*Speight,2002*). Menurut Gowariker (2009), proses pembuatan pupuk ZA II ada 2 proses yaitu :

1. Netralisasi langsung

Amonia anhidrat dan asam sulfat kuat direaksikan secara kontinyu. Unit saturator-crystallizer beroperasi secara vakum atau dibawah tekanan atmosfer, reaksi yang terjadi yaitu sebagai berikut:



Amonia dan asam sulfat digabungkan melalui pipa slury recycle, dimana ketika amonia dan asam sulfat bereaksi dan slury yang di recycle akan mengalami superheat. Slury tersebut kemudian dilewatkan pada bagian atas dengan tekanan rendah (umumnya antara 55 dan 58 cm merkuri). Reaksi yang terjadi yaitu reaksi eksotermis, dimana panas dihilangkan dengan menguapkan air baik dalam asam yang masuk atau ditambahkan ke sistem kontrol suhu.

Hilangnya air di zona ini secara super jenuh dimana slurry yang disirkulasi menuju ke bawah melalui suspensi pipa internal dan dikontak dengan kristal kecil dan inti, pertumbuhan kristal di induksi lebih lanjut dalam hal ukuran dibanding dengan jumlah kristal . Slurry didaur ulang oleh siphon termal dan /atau dengan pompa eksternal.

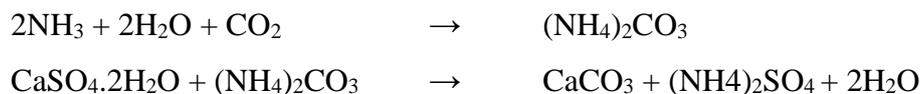
Jenis kristalizer ini umumnya dikenal sebagai 'Krystal' atau 'Unit Oslo'. Selama operasi kontrol pH diperlukan untuk dipertahankan dalam batas (3.0 ke 3,5) karena jika tidak kristal yang dihasilkan tipis. Keasaman yang berlebihan meningkatkan pertumbuhan kristal dipipa. Ketika pH yang lebih tinggi atau keasaman rendah maka akan mengarah ke kristal yang sulit untuk dicuci dan disimpan dan mungkin menyebabkan kerugian amonia juga.

Dalam jenis lain dari pengurangan tekanan crystallizer dengan unit draft tube, pertumbuhan kristal dibawa ke permukaan. Pada permukaan ini, pertumbuhan kristal terinduksi secara super-saturasi dengan maksimum, dan inti yang cukup untuk meminimalkan skala formasi dalam unit. Keuntungan proses ini ialah biaya produksi murah, tidak memerlukan banyak alat. Kerugiannya yaitu pada amonia karena reaksi dan penyerapan yang tidak lengkap.

2. Proses Ammonium Carbonat-gypsum atau Proses Merseburg

Proses ini dikenal juga dengan proses ammonium-karbonat-gypsum dikenal juga sebagai penggabungan amonia dan karbon dioksida untuk menghasilkan amonium karbonat, yang kemudian bereaksi dengan gypsum atau anhidrit untuk menghasilkan amonium sulfat dan

kalsium karbonat dalam reaksi eksotermis. Berikut adalah reaksi pembentukan ammonium sulfat dengan gypsum :



Proses eksoterm memiliki banyak keuntungan, seperti sebagai produksi kalsium karbonat sebagai produk sampingan yang digunakan dalam produksi semen dan pertanian. Proses ini tidak memerlukan pasokan belerang. Sedangkan kerugian dari proses ini adalah energi yang dihasilkan besar (*Gowariker, 2009*).

2.4 Sifat Fisika Bahan

2.4.1 Amoniak

Menurut Perry (2007), Ammonia mempunyai Sifat fisik sebagai berikut :

- Sifat fisik : Gas tidak berwarna, berbau menyengat
- Titik leleh : -77,7 °C
- Titik didih : -33,4 °C
- Densitas : 0,67 gr/ml
- Tekanan : 9,25 Kpa pada 25°C

2.4.2 Karbon Dioksida

Menurut Perry (2007), Karbon dioksida mempunyai Sifat fisik sebagai berikut :

- Sifat fisik : Gas tak berwarna, tak berbau
- Titik leleh : -78,5 °C
- Titik didih : -56,6 °C
- Densitas : 0,914 g/ml pada suhu 0° C dan tekanan 3 atm

2.4.3 Asam Sulfat

Menurut Perry (2007), Asam sulfat mempunyai sifat fisika sebagai berikut :

- Sifat fisik : Cairan tak berwarna, tak berbau, dan bersifat seperti minyak
- Titik leleh : 10,49 °C
- Densitas : 1,834 gr/ml
- Titik didih : 290 °C, terdekomposisi pada 340 °C

2.4.4 Gypsum

Menurut Perry (2007), Gypsum mempunyai sifat fisika sebagai berikut :

- Fase : Padat
- Warna : Putih
- Kadar air : 10 persen H₂O

- *Bulk density* : 1,7 ton/m³
- Ukuran material : 0 - 30 mm

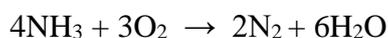
2.5 Sifat Kimia Bahan

2.5.1 Amoniak

Menurut Perry (2007), Ammonia mempunyai Sifat kimia sebagai berikut :

- Rumus Molekul : NH₃
- Berat Molekul : 17,03 gr/mol
- Kelarutan sangat larut dalam air, larutan alkali, gas tidak terbakar pada pembakaran biasa, tetapi mengeluarkan api kuning bila dicampur di udara pada komposisi 16-27%.
- Amonia bila dipanaskan dengan oksigen atau udara akan menghasilkan nitrogen dan air.

Reaksinya adalah :



2.5.2 Karbon Dioksida

Menurut Perry (2007), Karbon dioksida mempunyai Sifat kimia sebagai berikut :

- Rumus molekul : CO₂
- Berat molekul : 44,01 gr/mol

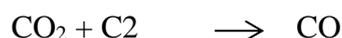
Karbon dioksida sangat stabil pada suhu ruangan, bila dipanaskan di atas 1700 C, reaksi pembentukan proses CO berlangsung secara reversible hingga mencapai batas sekitar 15,8%.



Karbon dioksida dapat dikurangi dengan beberapa cara. Yang paling umum adalah reaksi hidrogen



Karbon dioksida juga dapat dikurangi secara katalitik dengan berbagai hidrokarbon dan dengan karbon itu sendiri pada suhu tinggi. Reaksi ini merupakan reaksi pembakaran antara karbon dioksida dengan karbon dan umumnya digunakan sebagai metode untuk menghasilkan karbon monoksida.



Karbon Dioksida bereaksi dengan amonia sebagai tahap pertama pembuatan urea untuk membentuk amonium karbamat



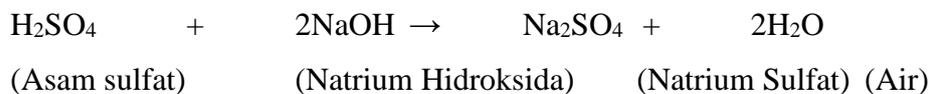
2.5.3 Asam Sulfat

Menurut Perry (2007), Asam sulfat mempunyai sifat kimia sebagai berikut :

- Rumus molekul : H₂SO₄

- Berat molekul : 98,08 gr/mol
- Asam sulfat mempunyai sifat kimia sebagai berikut :

Asam sulfat akan membentuk garam dan air jika direaksikan dengan basa

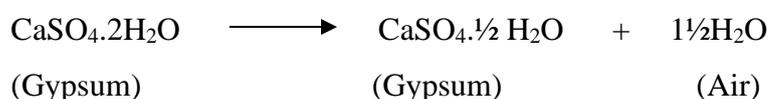


2.5.4 Gypsum

Menurut Perry (2007), Gypsum mempunyai sifat kimia sebagai berikut :

- Rumus molekul : $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Berat molekul : 172,17 gr/mol
- Sifat kimia *gypsum* yaitu dapat mengalami pelepasan air hidrat bila dipanaskan sedikit.

Reaksi :



Jika pemanasan dilakukan pada suhu yang lebih tinggi, *gypsum* akan kehilangan semua airnya dan menjadi kalsium sulfat anhidrat.

2.6 Komposisi Bahan

2.6.1 Ammonia

Ammonia adalah bahan baku utama yang digunakan untuk membuat ammonium sulfat atau ZA II. Berikut adalah komposisi dari ammonia:

Tabel 3. Komposisi Ammonia

Uraian	Komposisi
Amonia	90 %
Air	10 %
Total	100 %

2.6.2 Karbon Dioksida

Karbon Dioksida adalah senyawa kimia yang terdiri dari 2 atom oksigen, berbentuk gas pada keadaan temperature dan tekanan standar. Berikut adalah komposisi dari Karbon Dioksida:

Tabel 4. Komposisi Karbondioksida

Uraian	Komposisi
CO ₂	99,8 %
Inert	0,2 %
Total	100 %

(Patnaik, 2002)

2.6.3 Asam Sulfat

Asam Sulfat merupakan zat kimia yang sangat aktif, paling banyak dipakai dan merupakan produk teknik yang penting. Zat ini digunakan sebagai bahan untuk pembuatan garam-garam sulfat dan untuk sulfonasi. Bahan ini dipakai dalam berbagai macam industri pupuk, plat, timah, pengolahan minyak dan dalam pewarnaan tekstil (Austin, 1996). Berikut adalah komposisi dari Karbon Dioksida:

Tabel 5. Komposisi Asam Sulfat

Uraian	Komposisi
H ₂ SO ₄	98,5 %
Kadar SO ₂	30 ppm (max)
Kadar NO _x	30 ppm (max)
HCl	1 ppm (max)
Fe	0,01 ppm (max)
Total	100 %

(Nieuwenhuyse, 2000)

2.6.4 Gypsum

Menurut Austin (1996), gypsum adalah mineral yang terdapat dalam endapan besar diseluruh dunia. Gypsum adalah hidrat kalsium sulfat dengan rumus CaSO₄.2H₂O. gypsum dapat diambil dari alam ataupun secara sintesis. Gypsum terdapat di danau atau gunung dan warna kristalnya adalah putih. Komposisi gypsum sebagai berikut:

Table 6. Komposisi Gypsum

Bahan Baku	Komposisi
Ca	38,76 %
P	19,97 %
SO ₄	41,26 %
Total	100 %

(Patnaik, 2002)

2.7 Bahan Pembantu

Bahan pembantu yang digunakan adalah petrocoat, yaitu larutan anticaking (petrocoat) 5%. Larutan petrocoat ini kemudian di injeksikan dengan konsentrasi 150 ppm/ton. Larutan petrocoat ini digunakan sebagai zat anticaking dalam dryer, dimana larutan ini akan melapisi tiap – tiap molekul kristal sehingga kristal ammonium sulfat tidak akan menggumpal.

Tabel 7. Komposisi Larutan Petrocoat

Bahan Baku	Komposisi
Derivat asam lemak	90,00 %
Surfaktan	10,00 %
Total	100 %

(Lembar data keselamatan PT Petrokimia)

Menurut (Lembar data keselamatan PT Petrokimia Gresik), larutan petrocoat mempunyai sifat fisika sebagai berikut :

- Fase : Cair
- pH : 6,0 - 9,0
- Viskositas : 16 pcs
- Hg : 1 ppm
- As : 10 ppm
- Cd : 100 ppm
- Pb : 500 ppm

2.8 Produk Utama

Ammonium sulfat adalah salah satu jenis pupuk sintesis yang mengandung unsur hara N. Menurut Perry (2007)

Tabel 8. Syarat Mutu Analisa ZA II

Bahan Baku	Komposisi
H	6,10 % berat
N	21,20 % berat
O	48,43 % berat
S	24,27 % berat
Total	100,00 % berat

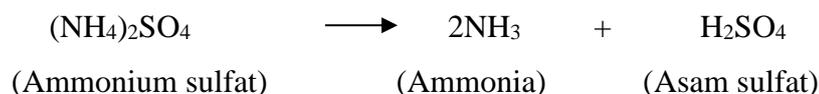
(Patnaik, 2002)

Ammonium sulfat mempunyai sifat fisis sebagai berikut :

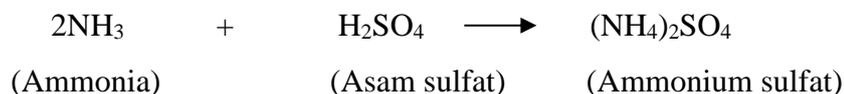
- Berat jenis : 1,77 kg/l²
- Titik Leleh : Dalam system tertutup : 511 – 515 °C
Dalam system terbuka : 280 °C
- Warna : Dalam keadaan murni berwarna putih dengan kristal yang berbeda-beda tergantung pada system katalisnya
- Sifat : Mudah larut dalam air dan mudah menyerap panas

Menurut Gowariker (2009), Ammonium sulfat mempunyai sifat kimia sebagai berikut :

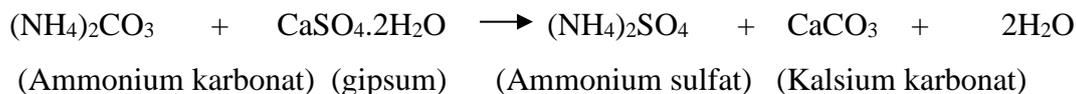
- Pada suhu 100° C, ammonium sulfat mudah terurai



- Ammonium sulfat terbentuk oleh proses netralisasi ammonia dan asam sulfat



- Reaksi antara ammonium karbonat dengan *fosfo gypsum* menghasilkan ammonium sulfat dan kapur



2.9 Produk Samping

Kalsium karbonat (CaCO₃) merupakan salah satu mineral pengisi serbaguna dan dikonsumsi dalam jumlah besar untuk produksi semen, kertas, cat, plastik, karet, tekstil, kapur, dan tinta printer. Kalsium karbonat dengan kemurnian tinggi biasanya digunakan untuk pangan, farmasi, pasta gigi, dan kosmetik.

Tabel 9. Komposisi Calcium Carbonate

Bahan Baku	Komposisi
Ca	40,04 % berat
C	12,00 % berat
O	47,96 % berat
Total	100,00 % berat

(Patnaik, 2002)

Menurut Perry (2007), kalsium karbonat memiliki sifat sebagai berikut :

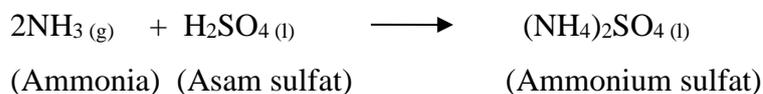
- Berat molekul : 100,09 gr/mol

- Densitas : 2,71 g / cm³
- Titik lebur pada 102,5 atm : 1339 °C
- Terdekomposisi : 900 °C
- Kelarutan dalam 100 gr air
 - 25 °C : 0,0014 gr
 - 100 °C : 0,002 gr

2.10 Pengembangan Proses di Industri

Proses yang digunakan di *plant* Ammonium Sulfat II (ZA II) di departemen produksi III PT. Petrokimia Gresik yaitu menggunakan proses merseburg dan pengembangan terjadi pada seksi karbonasi dan netralisasi. Pada unit karbonasi terjadi pengembangan pada bahan masuk yaitu ammonia, sebelumnya digunakan ammonia cair yang kemudian diuapkan, sekarang digunakan ammonia gas secara langsung dari *plant* ammonia, namun apabila terjadi *error* digunakan ammonia cair.

Sebelumnya unit netralisasi untuk menetralkan kelebihan NH₃ dan ammonium karbonat, dengan asam sulfat menjadi ZA tambahan. Namun dengan adanya modifikasi pada alat (*premixer*) maka sebelum masuk tangki netralisasi NH₃ dan H₂SO₄ direaksikan terlebih dahulu dalam *premixer* R5401 yang disebut dengan proses reaktan murni. Proses ini sama halnya di pabrik ZA I/III. Reaksi yang terjadi adalah :



Larutan *neutralizer* H₂SO₄ 98,5% secara berkala disini dari pabrik ZA II unit produksi III. Produksi dari tahun ke tahun yang selalu naik (*rate* yang melebihi 100%), maka dibuatlah modifikasi baru, sehingga produk ZA II yang dihasilkan dapat mencapai targetnya.

2.11 Alat Utama Produksi ZA II

2.11.1 Carbonation Tower

Carbonation tower adalah suatu alat untuk mereaksikan NH₃ gas dengan CO₂ gas yang di scrub oleh *scrubber liquor* (H₂O). Tipe carbonation tower yang digunakan adalah menara packed bed. Pada jenis ini banyak digunakan pada menara absorpsi. Pada menara *packed bed* menggunakan *packing* bertujuan untuk memperluas bidang kontak antara fase gas dan cair. Packing yang digunakan umumnya berukuran 3-75 mm. *Packing* yang baik biasanya memenuhi 60-90 % dari volume kolom . Packing diaplikasikan terutama dalam destilasi, tetapi packing juga dapat digunakan dalam absorpsi, dalam aplikasinya di mana efisiensi tinggi dan area penurunan tekanan rendah diperlukan (*Coulson , 1993*).

Jenis-jenis packing dari bahan packing-random packing ada 3 jenis yaitu :

1. *Metal random packing*, merupakan penggabungan dari kinerja gaya pelana dan cicin. Bentuknya yang unik dapat membantu terjadinya penurunan tekanan sehingga cocok untuk kondisi operasi yang tidak stabil. Konsumsi energy berkurang karena rasio refluks yang lebih rendah.
2. *Ceramic random packing*, disebut ceramic coloum packing, packed tower packing. Ceramic packing dapat dioperasikna dalam suhu rendah-tinggi dan bahan kimia tahan korosi.
3. *Plastic random packing*, sangat efisien untuk meningkatkan kapasitas tower dan efisiensi, untuk bahan yang bersifat korosi.

Macam – macam bentuk *packing* :

1. Rasching Ring, yaitu suatu packing yang efisien dengan harga murah sering terjadi channelling.
2. Pall Ring, yaitu suatu packing yang memiliki batas floading tinggi dengan distribusi liquid baik.
3. Berl Saddle, yaitu suatu packing yang memiliki batas floading tinggi, bed seragam, pressure drop rendah dan harga yang mahal.

Proses pembuatan ZA menggunakan isian random berbahan plastik type rasching ring yang bertahan polipropilen. Penggunaan Rasching ring pada Carbonation tower berguna untuk memperluas bidang kontak reaksi antara ammonia, karbondioksida, dan media pereaksi atau scrubber liquor. Keuntungan lain menggunakan type plastic adalah mudah didapat, harganya murah, tahan lama dan dapat dibersihkan. (*Coulson,1993*)

2.11.2 Reaktor

Jenis reactor yang digunakan adalah reactor CSTR (*Continuous Flow Stirred Tank Reactor*). Dalam tangki reaktor CSTR diaduk secara terus menerus disertakan dengan bahan masuk, pada saat yang sama jumlah volume sama dengan jumlah isi reaktor yang dibuang untuk mempertahankan level konstan di dalam tangki. Komposisi aliran keluar sama dengan komposisi dari cairan yang tersisa di dalam tangki.

Reaktor CSTR lebih disukai dibandingkan Reaktor *Batch* ketika kapasitas pengolahan yang dibutuhkan besar. Meskipun modal yang dibutuhkan akan lebih tinggi, namun jika dikalkulasi biaya operasi per unit produk akan lebih rendah jika terus beroperasi dibandingkan Reaktor *Batch*. Keuntungan dari Reaktor CSTR adalah (*Charles, 1977*) :

- Memiliki kontrol kualitas yang baik untuk produk melalui keadaan konsistensi yang lebih besar dalam kondisi reaksi.
- Memiliki proses kontrol otomatis.
- Meminimalkan biaya tenaga kerja per unit produk.
- Reaktor CSTR seperti reaktor batch yang terdiri dari tangki dan pengaduk, tetapi dengan penambahan saluran masuk dan saluran keluar yang memungkinkan aliran konstan keluar-masuk reaktor. Setelah reaktor dinyalakan dan mencapai kondisi yang steady-state, biasanya diasumsikan memiliki volume konstan serta suhu, tekanan, dan komposisi yang konstan dan homogen (*Charles, 1977*).

2.11.3 Filtrasi (Filter)

Jenis yang digunakan pada filtrasi ini adalah rotary vacuum drum filter. Prinsip dari filter ini ialah penyaringan, pencucian, dan pembuangan cake dalam urutan yang berulang terus menerus. Drum tertutup dengan media penyaringan yang sesuai. Drum berputar dan katup otomatis di tengah berfungsi untuk mengaktifkan penyaringan, pengeringan, pencucian, dan fungsi cairan cake dalam siklus. Filtrat melewati poros dari filter Katup secara otomatis memberikan outlet yang terpisah untuk filtrat dan cairan cuci. Namun jika diperlukan, hubungan untuk pukulan balik udara tekan sebelum cairan dapat digunakan untuk membantu dalam penghapusan cake dengan pengeruk pisau. Tekanan diferensial maksimum untuk filter vakum hanya 1 atm. Oleh karena itu, jenis ini tidak cocok untuk cairan kental atau untuk cairan yang harus tertutup. Jika drum tertutup dalam shell, tekanan di atas atmosfer dapat digunakan. Namun, biaya jenis tekanan adalah sekitar dua kali dari vakum *Rotary filter drum*. Keuntungan menggunakan filter ini adalah filter yang terus menerus dan otomatis dan biaya tenaga kerja relatif rendah. Namun, biaya modal relatif tinggi (*Sivakumar, 2011*).

2.11.4 Evaporator

Evaporator adalah suatu alat untuk proses penguapan dari pada liquid (cairan) dengan penambahan panas. Panas dapat disuplai dengan berbagai cara, diantaranya secara alami dan penambahan steam. Evaporasi atau penguapan dapat didefinisikan sebagai perpindahan kalor ke dalam zat cair mendidih. Tujuan evaporasi ialah untuk memekatkan larutan yang terdiri dari zat terlarut yang tak mudah menguap dan pelarut yang mudah menguap (*Mc Cabe, 1999*). Evaporator terdapat beberapa jenis, yaitu evaporator tabung horizontal, basket evaporator, standart vertical-tube evaporator, long tube vertical evaporator, vertical tube evaporator with force circulation, forced circulation evaporator with external heater, dan multiple effect evaporator. Pada pabrik ZA II menggunakan evaporater tipe multi effect evaporator dimana

menggunakan uap pada tahap untuk dipakai pada tahap berikutnya. Semakin banyak tahap, semakin rendah konsumsi energinya.

Multiple effect evaporator merupakan peralatan yang terdiri dari tiga tabung panjang yang dihubungkan untuk membentuk sistem tripple effect. Evaporator dihubungkan agar uap yang dihasilkan oleh satu efek dapat digunakan oleh evaporator selanjutnya sebagai media pemanas. Kondensor dan ejektor membentuk vakum pada evaporator ketiga dan menarik udara yang tidak terkondensasi dari sistem. Evaporator pertama merupakan evaporator dimana uap dari luar diumpangkan dan memiliki tekanan yang paling tertinggi. Evaporator terakhir memiliki tekanan paling minimum (*Mc Cabe, 1999*).

2.11.5 Cryztalizer

Cryztalizer adalah suatu alat yang berfungsi sebagai membentuk partikel –partikel zat padat di dalam fase homogen. Kristalisasi dapat terjadi sebagai pembentukan partikel padat didalam uap (*Mc Cabe, 1999*). Jenis jenis kristalizer menurut Badger and Banchemo (1998) ada 4 yaitu tank crystallizers, agitated batch crystallizers, swenson- walker crystallizer, vaccum crystallizer, dan evaporator cryztalizer.

Pada pabrik Ammonium Sulfat menggunakan cryztalizer tipe evaporator cryztalizer dimana Digunakan untuk kristalisasi dengan penguapan non adiabatic. Alat ini terdiri dari dua bagian yaitu :

1. Heat exchanger sebagai penguap dengan pemanas uap
2. Crystallizer yang berfungsi sebagai tempat kristalisasi

Kedua alat ini digabung menjadi satu sehingga merupakan evaporator crystallizer. Disini super saturasi diperoleh dengan penguapan di dalam evaporator, yang mana sebelum masuk ke evaporator terlebih dulu dilewatkan heater yang dipanaskan dengan uap dengan system shell side. *Crystallizer* ini dirancang berdasarkan adanya perbedaan suspensi yang mulai terbentuk pada *chamber of suspension*. Dimana terdapat HE eksternal yang bertujuan untuk membuat keadaan lewat jenuh pada suhu supersaturasinya. Pada evaporator cryztalizer ini umpan berupa larutan induk terlebih dahulu dilewatkan melalui sebuah Heat Exchangers untuk dipanaskan. Heat exchangers tersebut berada di dalam evaporator. Di dalam evaporator terjadi flash evaporation yaitu, terjadi pengurangan jumlah atau kandungan pelarut dan terjadi peningkatan konsentrasi zat terlarut. Dimana pada saat itu juga, keadaan zat terlarut sudah lewat jenuh atau supersaturasi. Larutan yang sudah berada pada keadaan lewat jenuh tersebut dialirkan menuju badan crystallizer untuk diperoleh padatan berupa kristal. Dimana pada badan crystallizer

terdapat mekanisme kristalisasi yaitu nukleasi dan pertumbuhan kristal. Produk kristal dapat diambil sebagai hasil pada bagian bawah crystallizer, namun tidak semua proses berjalan sempurna atau dengan kata lain tidak semua cairan induk berubah menjadi padatan kristal. Karena itu ada proses pengembalian kembali hasil pipa sirkulasi (circulating pipe) atau proses recycle hasil kristalisasi (Mc Cabe, 1999)

2.11.6 Rotary Drum Dryer

Rotary dryer pada dasarnya adalah sebuah silinder, sedikit miring ke horisontal, yang dapat berputar, atau mungkin shell stasioner (tetap) tapi pembakarnya yang berputar perlahan-lahan. Dalam kedua kasus, bahan basah dimasukkan dalam di ujung atas, dan berotasi, atau teraduk, material terus maju sampai ke ujung bawah, di mana material akan keluar. Gambar 14. menggambarkan *rotary dried* memanaskan secara langsung. Biasanya dimensi untuk unit seperti ini dengan diameter 9 ft dan panjang 45 ft.

Dalam pemanasan langsung, rotary dryer berputar, udara panas atau campuran gas buang berjalan melalui sepanjang silinder. Laju *feed*, kecepatan rotasi atau perputaran, volume udara panas atau gas, dan suhu diatur agar bahab padat dikeringkan sebelum dikeluarkan. shell cukup longgar didalam kerangka alat yang tidak bergerak di setiap ujung. efisiensi sangat ditingkatkan dengan menempatkan rak memanjang 3 atau 4 in. melebar di bagian dalam silinder. rak longitudinal disebut *lifting flights*. Rak-rak tersebut membawa material bagian dari tengah lingkaran bahan padat dan menjatuhkannya di bagian tengah silinder di mana udara terpanas dan paling banyak mengangkut kelembaban (kadar air). Dengan menekuk tepi rak sedikit ke dalam, beberapa materi diangkat hanya disampaikan pada kuartal ketiga lingkaran, akan menghasilkan keseragaman jatuhnya material di seluruh penampang silinder. Umpan udara pemanas dilewatkan hamburan partikel. Ini adalah bentuk paling umum dari *rotary cylinder*. Alat ini memiliki kapasitas yang besar, sederhana dalam operasi, dan kontinu (Cheremisinoff, 2000).