



BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

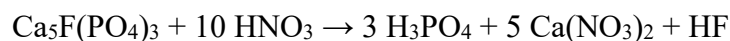
II.1. Pemilihan Proses

Ada 2 proses utama dalam pembuatan pupuk NPK dalam skala industri, diantaranya adalah:

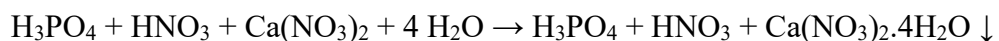
1. Nitrophosphate Route
2. Mixed Acid Route

A. Nitrophosphate Route

Sumber fosfat perlu dikonversi menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman. Proses ini bisa dilakukan melalui metode terpadu yang disebut "Nitrophosphate Route," yang menghasilkan pupuk majemuk yang terdiri dari amonium nitrat, fosfat, dan garam kalium. Tujuan proses ini adalah untuk menghasilkan nitrat dan senyawa pupuk dari batuan fosfat, dengan memanfaatkan semua komponen nutrisi dalam proses yang terintegrasi tanpa menghasilkan limbah padat, serta meminimalkan emisi gas dan cair. Proses ini dimulai dengan melarutkan batu fosfat dalam asam nitrat, dengan reaksi berikut:

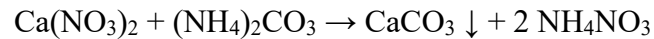


Berbagai senyawa volatil seperti karbon dioksida (CO_2), gas nitrous (NO_x), dan hidrogen fluorida (HF) dapat dilepaskan, tergantung pada jenis batuan fosfat yang digunakan. Larutan induk yang dihasilkan mengandung ion kalsium dalam jumlah berlebih, sehingga tidak memenuhi kebutuhan tanaman akan P_2O_5 . Oleh karena itu, larutan tersebut didinginkan untuk mengendapkan kalsium nitrat tetrahidrat (CNTH) dalam bentuk kristal, melalui reaksi berikut:

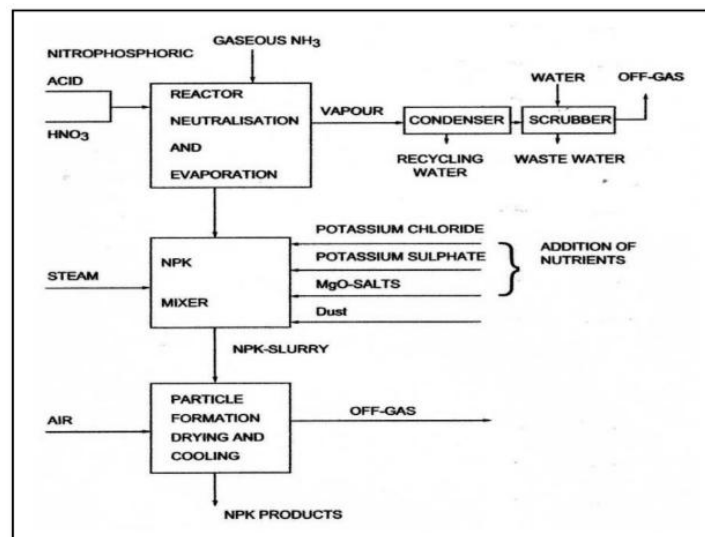


Liquid asam fosfat, sisa kalsium nitrat, dan asam nitrat, yang dikenal sebagai asam nitrophosphoric, dapat dipisahkan dari kristal CNTH melalui proses penyaringan. Setelah pemisahan, asam nitrophosphoric dinetralkan dengan amonia, kemudian dicampurkan dengan garam kalium/magnesium, sulfat, dan/atau mikro-

nutrisi. Campuran ini kemudian diolah menggunakan drum granulasi rotary, bed fluida, menara prilling, atau pug-mill untuk menghasilkan pupuk majemuk padat yang mengandung nitrat. Kristal kalsium nitrat selanjutnya dipisahkan dengan melarutkannya dalam amonium nitrat dan amonium karbonat, sesuai dengan reaksi berikut:



Liquid yang dihasilkan disaring, dan kristal kalsium karbonat diambil untuk digunakan dalam produksi pupuk granular kalsium amonium nitrat. Larutan amonium nitrat yang dihasilkan juga dimanfaatkan untuk menghasilkan pupuk kalsium amonium nitrat atau NPK. Selain itu, cairan kalsium nitrat dapat dinetralkan dan diuapkan untuk menghasilkan pupuk padat (EFMA, 2000). Proses Nitrophosphate Route dapat dilihat pada **Gambar II.**



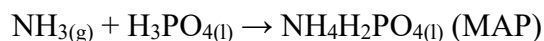
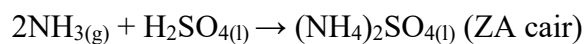
Gambar II.1 Proses Pembuatan Pupuk NPK Menggunakan Metode Nitrophosphate Route

B. Mixed Acid Route

Proses pembuatan pupuk NPK merupakan proses kompleks yang menggabungkan tahap pencampuran (mixing) dan pereaksian (reaction). Secara umum, pembuatan pupuk NPK melibatkan pengolahan bahan padat dan cair yang kemudian disatukan dalam sebuah alat yang disebut granulator.

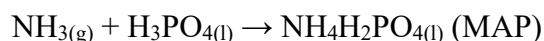
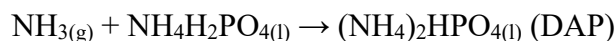


Bahan baku padat, yang terdiri dari urea, ZA, dan KCl, diumpankan ke dalam hopper kecil dan kemudian dimasukkan ke dalam granulator untuk dicampur dengan *recycled product*. Sementara itu, bahan baku cair, termasuk amonia, asam sulfat, dan asam fosfat, direaksikan di dalam pre-neutralizer, menghasilkan slurry dengan suhu berkisar antara 120-125 °C dan kadar air mencapai 8-17%. Dalam tangki ini, asam sulfat dan asam fosfat dinetralkan dengan amonia. Amoniak yang digunakan adalah amonia cair untuk mengurangi volume pipa yang diperlukan. Proses netralisasi berlangsung dalam tangki pre-neutralizer dengan kondisi operasi pada temperatur 120-130 °C, tekanan 1 atm, kecepatan putaran 56 rpm, dan pH 1-2, yang masing-masing membentuk ammonium sulfat (ZA cair), monoammonium phosphate (MAP), dan diammonium phosphate (DAP) dengan rasio N/P antara 0,6-0,9. Reaksi yang terjadi di dalam pre-neutralizer adalah sebagai berikut:



Untuk memproduksi NPK, semua bahan baku dan *recycled product* diumpankan ke dalam granulator. Padatan yang dihasilkan dari granulator memiliki kadar air normal sebesar 2-2,5% dan kemudian dialirkan secara gravitasi ke dalam dryer untuk mencapai kadar air yang diinginkan, yaitu 1-1,5%. Produk kering yang keluar dari dryer selanjutnya dimasukkan ke dalam screen untuk memisahkan antara produk yang berukuran kurang (under size), ukuran yang sesuai (onsize, 4-10 mesh), dan produk yang berukuran lebih (over size).

Reaksi yang terjadi di Granulator :



Produk dengan ukuran onsize kemudian dialirkan ke dalam cooler drum untuk menurunkan suhu menggunakan udara kering pendingin. Setelah itu, produk yang telah dingin dikirim ke coating rotary drum untuk dilapisi dengan agen pelapis (coating agent), karena produk tersebut bersifat higroskopis dan dapat mempercepat proses penggumpalan (caking). Produk yang keluar dari proses pelapisan kemudian dikirim ke gudang penyimpanan akhir sebelum akhirnya dikemas untuk disimpan di *storage* (UNICO, 1998).



II.2 Seleksi Proses

Dari macam proses yang telah diuraikan diatas, berikut adalah beberapa perbandingan dari macam proses yang ada pada Tabel II.1

Table.II. 1 Seleksi Proses Nitrophosphate route & Mixed Acid Route

Parameter	Proses	
	Nitrophosphate route	Mixed Acid Route
Bahan Baku	Bantuan fosfat	Urea, Asam fosfat, KCl, ZA, Asam sulfat dan Amoniak
Bahan Pembantu	Asam nitrat dan gas amonia	-
Kondisi Operasi	Temperatur : 150-180°C Tekanan: 1,48 atm pH : 5	Temperatur : 120-125°C Tekanan: 1 atm pH : 5 – 8
Spesifikasi Produk		
Hasil Samping	Calsium nitrat, amonium nitrat	Slurry (NH ₄) ₂ SO ₄
Komposisi	Kandungan P yang didapat lebih rendah	Kandungan P yang didapat lebih tinggi

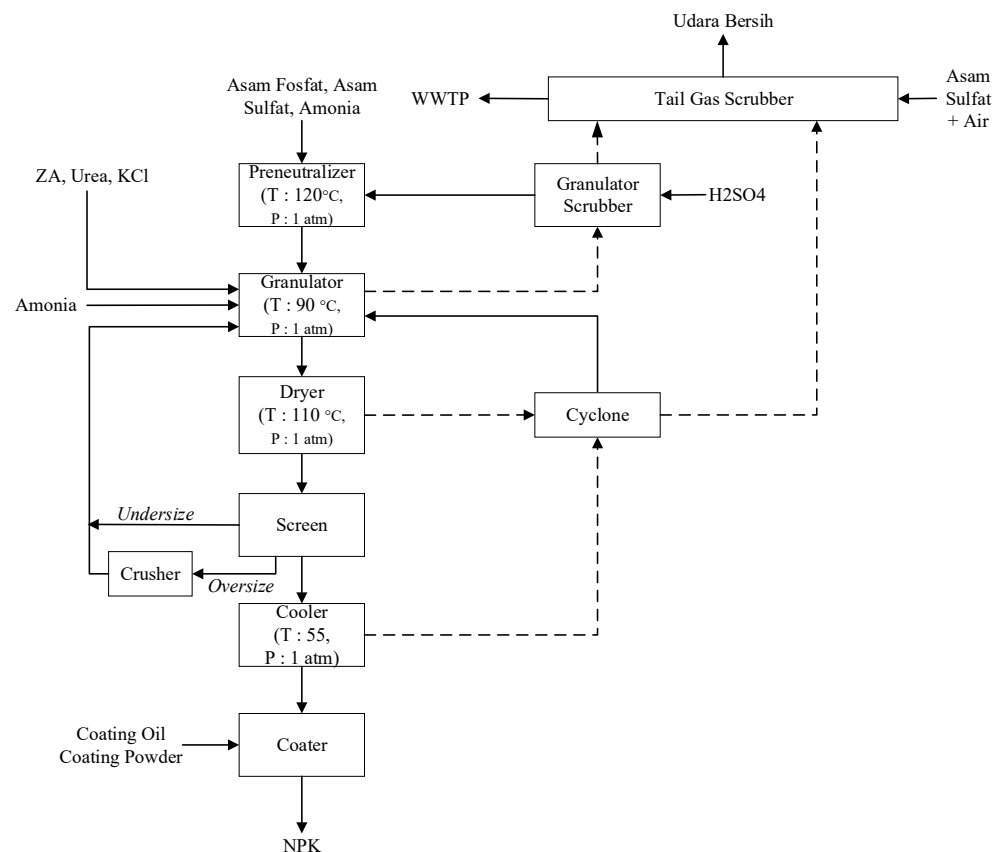
Berdasarkan Tabel II.1 tentang perbandingan proses-proses pembuatan pupuk NPK, maka akan dibuat pabrik pupuk NPK dengan proses mixed acid route. Hal ini didasarkan pada beberapa alasan berikut:

1. Pemilihan proses yang akan digunakan berdasarkan ketersediaan bahan baku berupa ZA, asam fosfat, asam sulfat, amoniak, urea dan KCl
2. Proses ini membutuhkan temperature dan tekanan yang lebih rendah dibandingkan dengan nitrophosphate route dan mampu mendapatkan kandungan P yang lebih tinggi sehingga lebih ekonomis dan prosesnya tidak kompleks.

3. Hasil sampling proses mixed acid route lebih sedikit berupa slurry $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

II.3 Uraian Proses

Proses pembuatan pupuk NPK merupakan proses kompleks yang menggabungkan tahap pencampuran (*mixing*) dan pereaksian (*reaction*). Secara umum, pembuatan pupuk NPK melibatkan pengolahan bahan padat dan cair yang kemudian disatukan dalam sebuah alat yang disebut granulator. Unit ini juga dilengkapi dengan sistem penyerapan (*scrubbing*) yang bertujuan utama untuk mengurangi kadar unsur hara dan zat-zat berbahaya dari gas buang. Berikut adalah urutan proses pembuatan pupuk NPK.



Gambar II.2 Pembuatan Pupuk NPK dengan Metode Mixed Acid Route



II.3.1 Proses Netralisasi

Bahan baku cair yang terdiri dari NH_3 , H_2SO_4 , dan H_3PO_4 diambil dari tangki penyimpanan serta dari *liquor* yang dihasilkan oleh *granulator scrubber*. Bahan-bahan ini dipompakan ke dalam tangki pre-netralisasi. Dalam tangki ini, reaksi utama berlangsung di mana asam sulfat dan asam fosfat dinetralkan dengan amonia untuk menghasilkan ZA cair dan *monoammonium phosphate*. Amoniak yang digunakan adalah amonia cair pada suhu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 4,5 atm, lalu dipanaskan dengan alat penukar panas hingga mencapai suhu $0\text{--}5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Proses netralisasi berlangsung di dalam tangki pre-netralisasi dengan kondisi operasi pada suhu $120\text{--}130\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1 atm, dengan kecepatan putaran 56 rpm, yang menghasilkan ammonium sulfat (ZA cair) dan *monoammonium phosphate* dengan rasio N/P sebesar 0,8-0,9 dan N/S sebesar 1,6-1,8.

II.3.2 Proses Granulasi

Bahan baku padat yang terdiri dari urea, ZA, dan KCl diambil dari silo dan kemudian dikumpulkan ke dalam belt conveyor sebelum dimasukkan ke dalam bucket elevator, yang akan membawanya ke granulator. Untuk mencapai netralisasi yang optimal, larutan dari tangki pre-netralisasi dipompakan ke dalam drum granulator bersama dengan bahan baku padat dan bahan daur ulang, serta aliran NH_3 dari tangki penyimpanan. Di dalam granulator, terjadi reaksi pembentukan MAP dan DAP pada kondisi operasi dengan suhu $80\text{--}95\text{ }^{\circ}\text{C}$, yang menghasilkan granul dengan kadar air sebesar 2,0-3,0%. Gas yang mengandung amonia dari granulator kemudian dialirkan ke dalam granulator scrubber untuk menyerap amonia yang terbang dengan menggunakan campuran larutan H_2SO_4 dari tangki penyimpanan.

II.3.3 Pengeringan Produk

Padatan yang dihasilkan dari granulator diumpankan secara gravitasi ke dalam dryer drum untuk mencapai kadar air yang diinginkan, yaitu 1-1,5%. Proses pengeringan dilakukan menggunakan udara panas pada suhu $100\text{--}120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Gas yang keluar dari rotary dryer masuk ke dalam cyclone, di mana debu yang tertangkap



akan kembali ke granulator melalui belt conveyor. Sementara itu, gas yang lolos akan dialirkan ke dalam *dryer scrubber* untuk menyerap padatan yang terbawa oleh udara menggunakan air.

II.3.4 Pengayakan Produk

Produk kering dari rotary dryer dikirim ke screen melalui bucket elevator untuk dipisahkan menjadi tiga jenis, yaitu onsize, undersize, dan oversize dengan ukuran produk onsize 2-4 mm. Produk oversize yang tertahan di screen akan secara gravitasi masuk ke crusher terlebih dahulu sebelum bergabung dengan produk undersize yang jatuh dari bagian bawah screen dalam belt conveyor untuk didaur ulang ke granulator. Sementara itu, produk onsize akan langsung dipindahkan ke rotary cooler melalui belt conveyor untuk proses pendinginan selanjutnya (UNICO, 1998).

II.3.5 Pendinginan Produk

Produk berukuran onsize yang keluar dari screen diumpankan secara gravitasi ke rotary cooler untuk menurunkan temperatur hingga mencapai 55-40 °C. Proses pendinginan ini dilakukan dengan menggunakan udara kering dingin yang berasal dari heat exchanger, yang sebelumnya digunakan untuk memanaskan amonia dari suhu 0 °C menjadi 5 °C. Setelah mengalami pendinginan, produk selanjutnya akan masuk ke dalam coater drum melalui belt conveyor.

II.3.6 Pelapisan Produk

Pelapisan sangat penting, terutama pada formulasi yang menggunakan urea, karena sifat higroskopis bahan baku dapat mempercepat proses caking, terutama jika terdapat variasi suhu udara dan kadar air. Bahan pelapis berupa Talc Powder diambil dari coating powder bin dan diumpankan ke coater drum melalui screw conveyor. Sementara itu, coating oil yang berupa SK-Fert berasal dari coating oil tank dan dipompa ke dalam coater drum menggunakan coating oil pump. Setelah proses pelapisan, produk yang keluar dari coater drum dengan suhu 55 °C akan



dikemas di tempat pengemasan produk, kemudian dikirim ke gudang penyimpanan melalui belt conveyor, dan produk siap untuk didistribusikan.

II.3.7 Scrubbing System

Scrubber pertama adalah Granulator Scrubber, yang digunakan untuk mencuci gas dari granulator yang mengandung amonia. Media pencuci yang digunakan adalah asam sulfat dari tangki penyimpanan. Semua larutan hasil pencucian akan terkumpul secara gravitasi di dasar Granulator Scrubber, yang juga berfungsi sebagai tangki penampung.

Scrubber kedua adalah *Dryer Scrubber*, yang berfungsi untuk mencuci gas-gas yang masuk ke dalam cyclones, di mana gas tersebut berasal dari rotary dryer dan rotary cooler.

Scrubber ketiga adalah Tail Gas Scrubber, di mana semua gas dari scrubber pertama dan kedua akan dicuci lagi untuk menyempurnakan penangkapan amonia yang terlepas sebagai polutan. Asam sulfat diinjeksikan ke dalam Tail Gas Scrubber) untuk menangkap sisa amonia, dengan jumlah injeksi yang dikendalikan agar pH larutan tidak terlalu rendah (Incro, 2017).