

Pra-Desain Pabrik Pupuk NPK dengan Metode Mixed Acid Route

Hendy Pandu Hogantara, Muhammad Ilham Ramdlani, dan Orchidea Rachmaniah
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: ilhamramdlani@yahoo.com

Abstrak—Sebagai negara agraris dengan ketersediaan lahan pertanian yang luas, Indonesia diharapkan mampu mandiri berswasembada pangan. Dalam usaha untuk mewujudkannya perlu ditunjang oleh sektor lain yang mendukung sektor pertanian, antara lain industri pupuk. Pupuk merupakan material yang ditambahkan pada tanaman untuk mencukupi kebutuhan hara. Unsur N, P, dan K adalah unsur tambahan yang paling dibutuhkan oleh tanaman melalui pupuk. Pada penelitian ini dilakukan perancangan pabrik pupuk NPK dengan kapasitas produksi 360.000 ton/tahun. Perancangan pupuk NPK ini dimaksudkan untuk memenuhi 10% kebutuhan pupuk NPK yang diperkirakan akan meningkat sebesar 3.552.579 ton/tahun pada tahun 2022. Pabrik direncanakan berdiri berlokasi di Kecamatan Ujung Pangkah, Kabupaten Gresik dengan pertimbangan kesediaan bahan baku dan utilitas yang memadai. Tahap produksi pupuk NPK terdiri dari persiapan bahan baku padat, persiapan slurry, granulasi, pengeringan, penyaringan, pendinginan, dan pelapisan. Untuk mendirikan pabrik pupuk NPK diperlukan modal tetap (FCI) sebesar Rp 332.846.240.119,00 dan modal kerja (WCI) sebesar Rp 58.737.571.786,00. Dari perhitungan analisa ekonomi didapatkan nilai Pay Out Time (POT) 4,03 tahun dengan Break Event Point (BEP) sebesar 51,01 % dan Internal Rate of Return sebesar 23,4%/tahun. Secara keseluruhan dari segi teknis dan ekonomis pabrik pupuk NPK dengan metode mixed acid route layak untuk didirikan.

Kata Kunci—Pupuk, NPK, Nitrogen, Phosphor, Kalium

I. PENDAHULUAN

SEKTOR pertanian adalah salah satu sektor potensial yang bisa dikembangkan di Indonesia. Salah satu hal yang dapat meningkatkan kualitas sektor ini adalah pupuk. Pupuk merupakan material yang ditambahkan pada media tanam atau tanaman untuk mencukupi kebutuhan hara yang diperlukan tanaman agar kemampuan produksinya meningkat. Pupuk umumnya ditambahkan ke dalam tanah untuk memasok satu atau lebih elemen yang diperlukan untuk pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Tanaman membutuhkan beberapa unsur, antara lain C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, dan lain-lain untuk mencapai pertumbuhan dan produktivitas optimal.

Dari unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman, unsur N, P, dan K merupakan unsur yang paling penting pada tanaman. Nitrogen sebagai pembangun asam nukleat, protein, bioenzim, dan klorofil [1]. Fosfor sebagai pembangun asam nukleat, fosfolipid, bioenzim, protein, senyawa metabolik, dan merupakan bagian dari ATP yang penting dalam transfer energi [2]. Kalium mengatur keseimbangan ion-ion dalam sel, yang berfungsi dalam pengaturan berbagai mekanisme metabolik seperti fotosintesis, metabolisme karbohidrat dan translokasinya, sintetik protein berperan dalam proses respirasi dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit [3].

Unsur N, P, dan K adalah unsur tambahan yang paling dibutuhkan oleh tanaman di antara unsur yang lain. Unsur ini dapat diberikan secara terpisah maupun sekaligus. Secara terpisah, unsur N dapat diberikan sebagai liquid amoniak (NH_3) atau pupuk urea ($\text{CO}_2(\text{NH}_2)_2$), sedangkan unsur P dapat diberikan sebagai pupuk TSP (*triple superphospat*) atau pupuk NSP (*normal superphospat*), dan unsur K dapat diberikan sebagai pupuk MOP (*muriate of potash*). Selain diberikan secara terpisah, pemberian ketiga unsur tersebut juga dapat dilakukan bersamaan dalam satu pupuk. Pupuk yang mengandung lebih dari satu unsur utama dikenal dengan nama pupuk majemuk. Jika unsur utama yang terkandung dalam pupuk tersebut adalah unsur N, P, dan K, maka pupuk tersebut disebut dengan pupuk NPK.

Mengingat peran pupuk NPK ini sangatlah penting bagi petani Indonesia maka untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas yang optimal pada pertanian di Indonesia, pemerintah melalui Peraturan Menteri Pertanian No. 40 /Pementan /OT.140 /4 /2007 merekomendasikan penggunaan pupuk N, P, dan K pada padi sawah di beberapa lokasi di Indonesia. Selain itu pada peraturan ini juga disertakan banyak pupuk N, P, dan K yang direkomendasikan untuk pertanian.

II. BASIS DESAIN DATA

A. Kapasitas Produksi

Pra Desain Pabrik Pupuk NPK dengan metode mixed acid route direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2022. Penentuan kapasitas produksi pabrik mengacu pada kebutuhan nasional akan pupuk NPK yang didukung dengan data-data berupa jumlah produksi, konsumsi, ekspor, dan impor. Produksi pupuk NPK di Indonesia (Pupuk Indonesia) dapat dilihat pada Tabel 1. Kebutuhan pupuk NPK di Indonesia berdasarkan data Kementerian Pertanian dan Kementerian Perindustrian dapat dilihat pada Tabel 2. Data ekspor dan impor pupuk NPK di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari data pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3, dapat dilihat bahwa kebutuhan pupuk NPK di Indonesia memiliki trend pertumbuhan positif. Sedangkan produksi pupuk NPK nasional belum mencukupi kebutuhan dalam negeri, sehingga pemerintah harus melakukan kegiatan impor untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Dengan menggunakan proyeksi, perkiraan kebutuhan pupuk NPK pada tahun 2022 disajikan pada Tabel 4.

Berdasarkan uraian pada Tabel 4, dapat diperoleh kebutuhan pupuk NPK yang belum terpenuhi oleh produksi nasional pada tahun 2022 sebesar 3.552.579 ton. Pra desain pabrik NPK dengan metode mixed acid route ini dirancang berkapasitas produksi untuk memenuhi 10% kebutuhan

Tabel 1.

Produksi Pupuk NPK di Indonesia (Pupuk Indonesia)

Tahun	Jumlah (ton)
2012	2.893.868
2013	2.528.347
2014	2.716.098
2015	3.001.373
2016	2.764.687
2017	3.285.810
2018	3.159.966

Tabel 2.

Kebutuhan Pupuk NPK di Indonesia (Kementerian Pertanian dan Kementerian Perindustrian)

Tahun	Jumlah (ton)
2007	3.972.377
2008	4.224.852
2009	4.495.421
2010	4.785.530
2011	5.096.750
2012	5.430.787
2013	5.787.503
2014	6.174.916
2015	6.589.227

Tabel 3.

Data Impor dan Ekspor Pupuk NPK di Indonesia

Tahun	Impor (ton)	Ekspor (ton)
2014	2.523.187	62.357
2015	2.670.430	26.931
2016	2.620.683	11.308
2017	2.688.114	7.080
2018	2.691.408	2.432

Tabel 4.

Proyeksi Data Pupuk NPK pada tahun 2020

Kebutuhan (ton)	Produksi (ton)	Impor (ton)	Ekspor (ton)
3.390.492	9.780.708	2.523.187	246

pupuk NPK pada 2020, yaitu sebesar 360.000 ton/tahun.

B. Pemilihan Lokasi

Dalam penentuan lokasi pabrik, terdapat faktor-faktor penentu yang harus mempertimbangkan aspek ekonomis, kemungkinan perluasan area pabrik untuk keuntungan jangka panjang, dan kedekatan lokasi dengan sumber bahan baku. Aspek-aspek yang harus diperhatikan dalam penentuan lokasi pabrik adalah sebagai berikut:

1) Ketersediaan bahan baku

PT. Petrokimia Gresik menyediakan hampir seluruh bahan baku yang dibutuhkan seperti Asam Sulfat, Asam Fosfat, Ammonia, Urea, dan Ammonium Sulfat.

2) Transportasi

Sarana transportasi darat dan laut tidak menjadi suatu masalah yang besar. Karena fasilitas jalan raya dan pelabuhan sudah memadai di Gresik. Hal ini dapat mempermudah untuk memasukkan berbagai sarana dan prasarana pabrik pada saat masa konstruksi serta untuk meminimalisir biaya proses distribusi produk ke konsumen.

3) Pemasaran produk

Gresik merupakan salah satu daerah industri kimia yang besar. Hal ini menjadikan daerah tersebut sebagai pasar yang baik untuk pendirian pabrik pupuk NPK.

4) Tenaga kerja

Untuk tenaga kerja dengan kualitas tertentu dapat dengan mudah diperoleh meski tidak dari daerah setempat. Sedangkan untuk tenaga buruh dapat diambil dari daerah setempat atau dari para pendatang pencari kerja.

5) Utilitas

Di Gresik terdapat PLTU, hal tersebut dapat menjamin ketersediaan sumber energi yang diperlukan pabrik kami sehingga tidak terjadi kemacetan produksi akibat tidak tersedianya aliran listrik. Untuk supply air, kami dapatkan dari Sungai Gunungsari Surabaya, yang memiliki kapasitas air jumlah banyak dan lokasinya tidak terlalu jauh dari Gresik.

6) Pemanfaatan lahan

Berdasarkan pertimbangan dari beberapa faktor di atas, lokasi pabrik yang akan didirikan terletak di kecamatan Ujung Pangkah, Kabupaten Gresik, Jawa Timur.

C. Spesifikasi Produk

Batas toleransi minimal kandungan pupuk NPK yang dipersyaratkan oleh Badan Standardisasi Nasional melalui SNI 2803:2010 adalah nitrogen total sebesar 8%, Fosfor total sebagai P₂O₅ sebesar 8%, dan Kalium total sebagai K₂O sebesar 8%. Berikut ini merupakan spesifikasi kandungan produk pupuk NPK yang akan di produksi:

- N (Nitrogen): 15%
- P (Fosfat): 15%
- K (Kalium): 15%
- S (Sulfur): 10%

Dengan spesifikasi berbentuk granul, larut dalam air, warna putih, kemasan 50kg, dan berukuran 70% US Mesh - 4+10. Pupuk yang akan diproduksi dikenal di pasaran sebagai pupuk NPK 15 15 15. Pupuk NPK jenis ini merupakan yang paling banyak digunakan di Indonesia karena cocok dengan tanaman padi, jagung, dan tebu.

D. Seleksi Proses

Pada dasarnya, terdapat 3 cara dalam pembuatan pupuk NPK, yaitu Bulk blending (Pencampuran), Mixed Acid Route (Granulasi Fisika), dan Nitrophosphate Route (Granulasi Kimia).

1) Bulk Blending

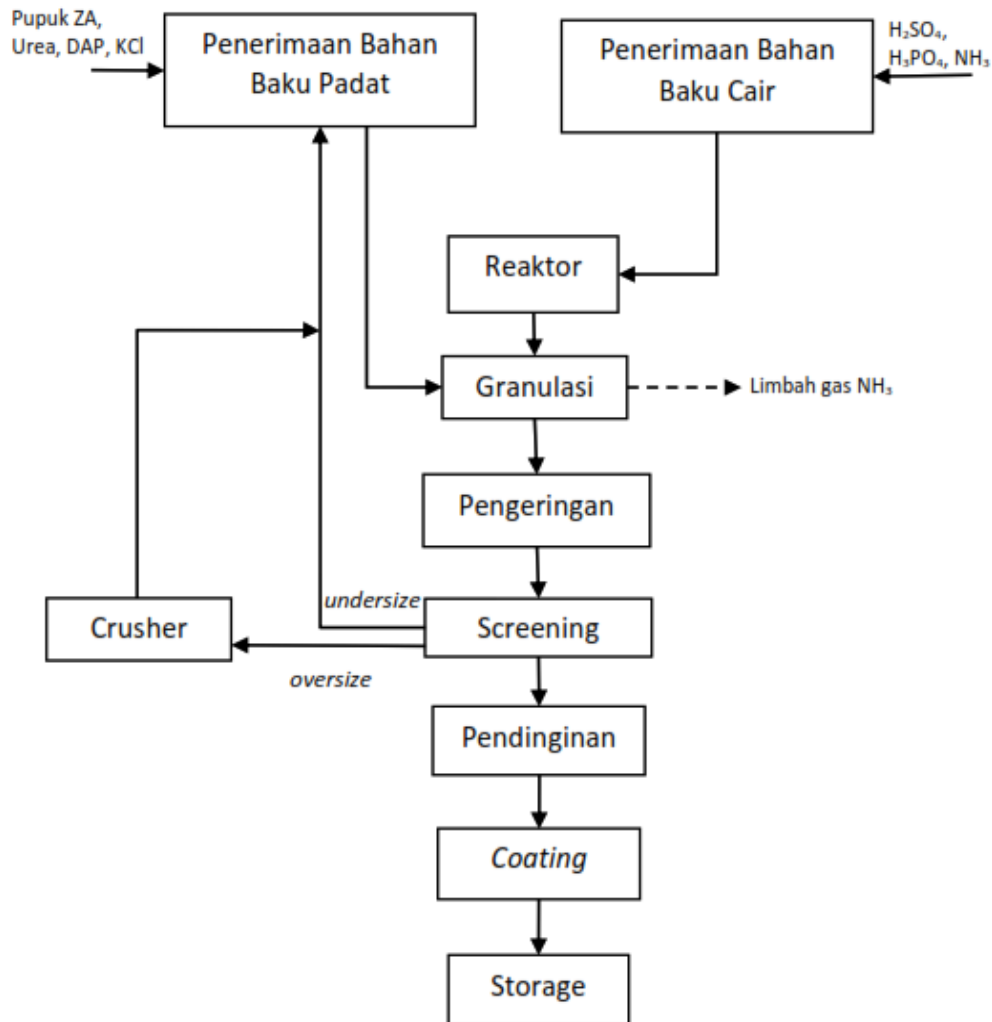
pencampuran butiran pupuk dalam keadaan kering secara mekanik. Bahan-bahannya berupa pupuk jadi dalam bentuk padatan yang terdiri dari urea, DAP, ZA, dan KCl. Karena bahan bakunya merupakan pupuk jadi, maka pada metode ini tidak ada reaksi yang terjadi sehingga tidak diperlukan adanya reaktor. Bahan baku padat dilakukan penimbangan sesuai proporsi dan selanjutnya dicampur di dalam pug mill. Selanjutnya bahan yang sudah tercampurkan dialirkan menuju granulator untuk membentuk padatan halus menjadi granul. Granula pupuk yang terbentuk akan menuju screener, memisahkan produk sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Granula undersize dan oversize dikembalikan ke pug mill. Proses terakhir adalah pelapisan granul pupuk oleh coating agent.

2) Mixed acid route

Proses Mixed Acid Route menghasilkan pupuk NPK dengan menggunakan proses yang menggabungkan antara blending bahan baku padat dan cair. Bahan baku padat merupakan pupuk granul urea, KCl, ZA, serta clay sebagai filler pada pupuk dan bahan baku cair adalah amoniak, asam sulfat, dan asam fosfat yang akan mengalami reaksi. Metode ini melibatkan berbagai reaksi kimia pada unit-unit prosesnya, diantaranya adalah preneutralizer tank dan granulator untuk menghasilkan ZA (amonium sulfat) dan

Tabel 5.
Perbandingan Metode dari Berbagai Aspek

Parameter	Jenis Proses		
	<i>Bulk Blending</i>	<i>Mixed acid route</i>	<i>Nitrophosphate route</i>
Waktu produksi	Singkat	Sedang	Panjang
Metode Produksi	Mudah	Sedang	Sulit
Keseragaman Produk	Rendah	Tinggi	Tinggi
Keragaman bahan baku	Sedikit	Sedikit	Banyak
Investasi	Rendah	Tinggi	Tinggi
Biaya Operasi	Murah	Sedang	Sedang



Gambar 1. Diagram Alir Proses Produksi.

diammonium phosphate (DAP) [4]. Pupuk granul yang terbentuk dari granulator selanjutnya menuju rotary dryer untuk pengeringan dan ke screener. Tahap terakhir adalah pelapisan produk pupuk (coating).

3) Nitrophosphate Route

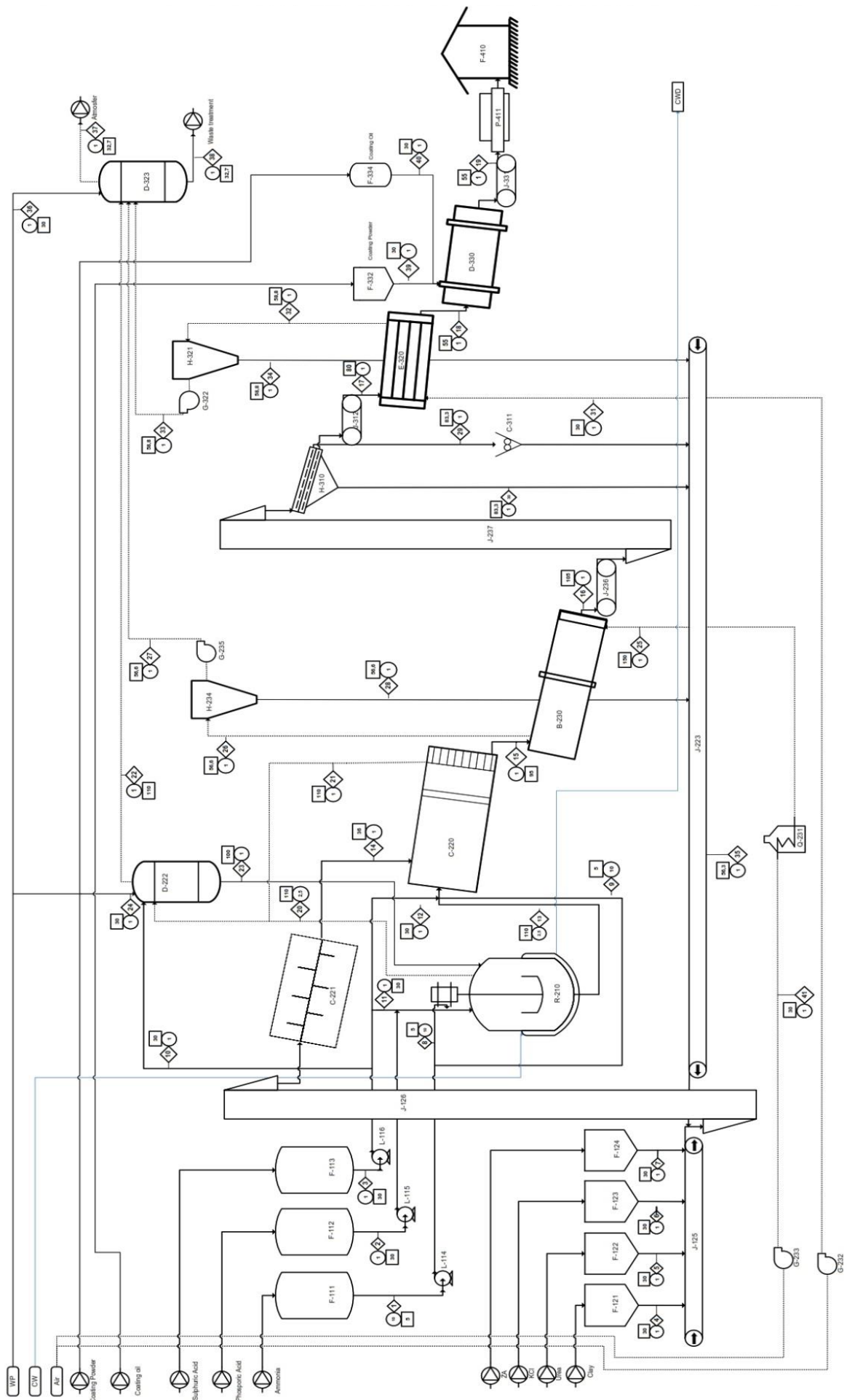
Proses nitrophosphate route menggunakan prinsip pengasaman batuan fosfat dengan asam nitrat untuk menghasilkan asam fosfat dan kalsium nitrat. Asam fosfat yang dihasilkan kemudian digunakan untuk produksi P2O5. Campuran ini didinginkan di bawah 00C dan dihasilkan kalsium nitrat tetrahydrat (CNTH) dalam bentuk kristal sehingga dapat dipisahkan dari asam fosfat. Senyawa CNTH yang dihasilkan akan digunakan untuk memproduksi pupuk nitrogen [4]. Sama seperti metode lainnya setelah granul pupuk terbentuk kemudian menuju rotary dryer untuk pengeringan dan ke screener. Tahap terakhir adalah pelapisan produk pupuk (coating). Perbandingan metode dari berbagai

aspek dapat dilihat pada Tabel 5.

Dari hasil pembobotan tersebut, dapat dilihat bahwa urutan aspek yang paling di prioritaskan yaitu: aspek teknis (62,5%), aspek ekonomi (23,8%), dan aspek lingkungan (13,6%). Hal ini dikarenakan, kita sebagai produsen harus mengusahakan untuk memberikan atau menyediakan produk sebaik mungkin. Tujuannya agar konsumen merasa puas dengan produk yang kita buat. Sehingga, mereka akan terus membeli produk kita dan secara otomatis, laba yang akan kita dapatkan juga akan semakin banyak dikarenakan semakin tingginya demand. Sedangkan aspek lingkungan berada pada prioritas paling terakhir karena limbah yang dihasilkan oleh setiap proses dapat diolah kembali dan dilakukan recycle.

Dari hasil yang didapat dengan menggunakan Expert Choice, maka dapat dipilih proses Mixed Acid Route. Pemilihan proses tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa Mixed Acid Route memiliki 2 keuntungan macam

Pra Desain Pabrik NPK dengan Metode Mixed Acid Route



Gambar 2. Proses Flow Diagram.

sehingga dapat meningkatkan kapasitas produksi dan grade produk pupuk yang baik. Selain itu proses Mixed acid route lebih sederhana dan juga hanya menghasilkan limbah gas, karena semua limbah bahan padat akan dikembalikan (di recycle) ke dalam proses produksi.

III. URAIAN PROSES

Secara umum, proses pembuatan pupuk NPK terdiri atas pemrosesan bahan padat menggunakan dan bahan cair yang selanjutnya disatukan dalam granulator untuk membentuk granul. Setelah terbentuk granul menuju rotary dryer untuk pengeringan dan ke screener. Tahap terakhir adalah pelapisan produk pupuk (coating). Diagram alir proses produksi dapat dilihat pada Gambar 1. Proses flow diagram dapat dilihat pada tabel 2.

1) *Persiapan bahan padat*

Bahan baku padat utama pupuk NPK berupa Urea, KCl, ZA, dan Clay yang berasal dari truk disimpan dalam bin (F-121, F-122, F-123, dan F-124), lalu dialirkan menggunakan belt conveyor (J-125) menuju ke bucket elevator (J-126) yang selanjutnya akan dibawa ke dalam pug mill (C-221). Fungsi dari pug mill adalah mengontakkan dan mencampurkan sekaligus mengecilkan semua bahan baku padat agar menjadi campuran yang homogen sebelum masuk ke dalam granulator (C-220). Selanjutnya material padat yang telah tercampur dialirkan menuju granulator (C-220).

2) *Persiapan slurry*

Bahan baku cair berupa H₂SO₄, H₃PO₄, NH₃ yang berasal dari tangki penampung (F-111, F-112, dan F-113) dialirkan dengan pompa ke dalam neutralizer tank (R-210). Pada tangki ini, asam sulfat dan asam fosfat dinetralkan dengan amoniak (NH₃). Proses netralisasi ini berlangsung pada kondisi operasi 110 0C dengan tekanan 2,5 atm. Reaksi yang terjadi pada R-210 membentuk ammonium sulfat (ZA cair), mono ammonium phosphate (MAP), dan diammonium phosphate (DAP). Reaksi yang terjadi sebagai berikut:

- $2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (ZA cair)
- $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (MAP)
- $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (DAP)

3) *Proses granulasi*

Granulasi adalah proses untuk memperbesar ukuran suatu massa dari partikel-partikel yang berukuran lebih kecil. Proses ini diperlukan agar pupuk yang dihasilkan memiliki butiran seragam sehingga mempermudah penggunaan oleh konsumen dan memiliki kekerasan yang cukup pada saat penyimpanan, sehingga tidak mudah menggumpal karena sifat pupuk yang hidroskopis. Granulasi merupakan proses utama dalam pembuatan NPK granular. Pada proses granulasi terjadi reaksi kimia dan fisis antara berbagai bahan baku. Setelah proses granulasi, gas yang mengandung amoniak akan masuk ke dalam scrubber (D-222) untuk menyerap amoniak yang terbawa dengan menggunakan air yang kemudian akan di-treatment agar bisa digunakan kembali.

4) *Pengeringan dan Penyaringan*

Padatan pupuk NPK keluar dari granulator (C-220) diumpankan secara gravitasi kedalam rotary dryer (B-230) untuk menurunkan kadar air produk menjadi 1-1,5%. Pengeringan yang dilakukan dalam rotary dryer menggunakan udara panas yang diperoleh dari udara luar yang dipanaskan dalam furnace (Q-231). Produk kering dari

dryer dikirim ke screen (H-310) untuk dipisahkan berdasarkan ukurannya yaitu onsize, oversize dan undersize. Produk undersize dari screen jatuh secara gravitasi kedalam recycle conveyor (J-223), sedangkan produk onsize diumpankan ke rotary cooler (E-320). Produk yang oversize akan jatuh dan masuk kedalam crusher (C-311) untuk dihancurkan dan kemudian akan jatuh ke recycle conveyor (J-223) dan kembali ke pug mill (C-221). Setelah itu produk didinginkan sebelum dilakukan pelapisan

5) *Pelapisan*

Selanjutnya, produk dingin dikirim ke coating drum (D-330) untuk dilapisi dengan coating agent karena produk bersifat higroskopis yang dapat mempercepat proses caking (penggumpalan), terutama jika terdapat variasi suhu udara dan kadar air. Pada proses ini terjadi pelapisan pada butiran pupuk. Terdapat 2 tahapan, yang pertama adalah proses pemberian coating oil, sedangkan yang kedua adalah proses pemberian coating powder, berupa silica powder. Tujuan dari pelapisan produk adalah untuk mencegah terjadinya caking. Produk keluaran dari coating rotary drum dikirim ke gudang penyimpanan akhir yang kemudian akan dikemas di storage.

IV. ANALISA EKONOMI

Berdasarkan analisa ekonomi untuk memproduksi pupuk NPK dengan metode mixed acid route dengan kapasitas 360.000 ton/tahun, diperlukan investasi total sebesar Rp 391.583.811.905 dan biaya total produksi sebesar Rp 2.511.021.191.898. Keuntungan rata-rata yang dihasilkan pertahunnya sebesar Rp 2.718.000.000.000 dengan harga jual pupuk NPK sebesar Rp7.550/kg. Dari keuntungan yang diperoleh dapat dihitung laju pengembalian modal (IRR) pabrik sebesar 23,4 % pada tingkat suku bunga per tahun 9,95 %. Lalu, waktu pengembalian modal (Pay Out Time/POT) minimum adalah 4,03 tahun. Dari hasil yang didapat, break event point (BEP) memiliki nilai sebesar 51,01%, di mana BEP ini digunakan untuk mengetahui besarnya kapasitas produksi di mana pabrik tidak laba atau rugi yang artinya total penjualan sama dengan total ongkos produksi [5]. Adapun rincian dari segi ekonomi adalah sebagai berikut

- Biaya Produksi : Rp 2.511.021.191.898 / tahun
- Hasil Penjualan : Rp 2.718.000.000.000 / tahun
- Laba Bersih : Rp 206.978.808.102 / tahun
- IRR : 23,4%
- BEP : 51.01%
- POT : 4,03 tahun

V. KESIMPULAN

Setelah ditinjau dari aspek teknis dan ekonomi yang telah dilakukan, pabrik pupuk NPK dengan metode mixed acid route ini layak didirikan pada tahun 2022 dengan estimasi umur pabrik selama 10 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Sumiati, "Pengaruh zat pengatur tumbuh dan pupuk daun, biokimia terhadap hasil tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill L.)," *Bul. Penel. Hort.*, vol. 10, no. 3, pp. 21–27, 1983.
- [2] E. Sumiati, "Pengaruh mulsa jerami, naungan dan zat pengatur tumbuh terhadap hasil buah tomat kultivar berlian," *Bul. Penel. Hort.*, vol. 18, no. 2, pp. 18–31, 1989.
- [3] Y. Hilman, "Pengaruh cara aplikasi fosfat dan kombinasi pupuk nitrogen, fosfat, dan kalium terhadap pertumbuhan dan hasil bawang

- putih ditanam dengan sistem complongan,” *Bul. Penel. Hort.*, vol. 26, no. 3, pp. 1–10, 1994.
- [4] A. E. Van Nieuwenhuyse, *Production of NPK Fertilizers by The Mixed Acid Route*. Brussels, Belgium: European Fertilizer Manufacturers’ Association, Brussels, Belgium, 1995.
- [5] M. S. Peter and K. D. Timmerhauss, *Plant Design and Economic of Chemical Engineering*, 4th ed. New York: John Wilwy and Sons Inc., 2000.