

Pra-Desain Pabrik Pupuk NPK 15-15-15 dari Urea, Ammonia, Ammonium Sulfat, Kalium Klorida, Asam Fosfat, dan Asam Sulfat

Nabillah Rachmawati, Naning Retno Astuti dan Tri Widjaja
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: naningretnoastuti@gmail.com

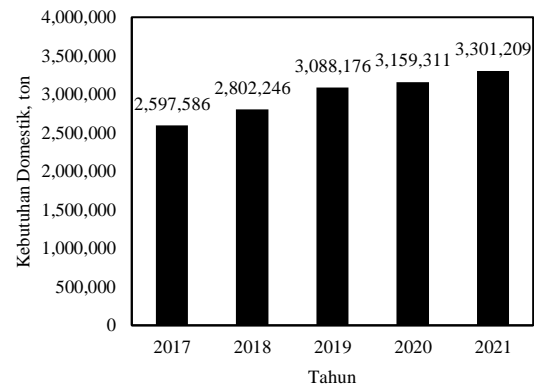
Abstrak—Indonesia merupakan negara agraris yang sebagian besar penduduknya bekerja sebagai petani. Hal ini menyebabkan sektor pertanian berperan besar terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia karena industri pertanian dapat berdampak ke komoditas ekspor Indonesia. Salah satu faktor produksi pertanian yang terpenting adalah pupuk. Pada pra-desain pabrik ini kami akan mendesain pabrik pupuk NPK baru yang mempunyai kapasitas cukup besar untuk menutupi defisit yang terjadi. Dipilih metode *Mixed Acid Route* karena memiliki banyak keuntungan, yaitu kapasitas produksi jumlah besar dengan berbagai macam grade pupuk, produk lebih seragam, dan dapat terus beroperasi secara kontinyu. Konfigurasi proses pembuatan pupuk NPK terdiri dari tahap persiapan bahan baku, netralisasi, granulasi, pengeringan, pengayakan, pendinginan dan pelapisan produk. Target kapasitas produksi pupuk NPK kami adalah 480.000 ton/tahun. Sumber dana investasi pabrik ini berasal dari modal sendiri sebesar 30% biaya investasi dan pinjaman jangka pendek sebesar 70% biaya investasi dengan bunga sebesar 8% per tahun. Dari Analisa perhitungan ekonomi didapat hasil-hasil sebagai berikut, dimana nilai CAPEX: Rp 498.261.388167, OPEX: Rp 4.037.576.008.247 Internal Rate of Return: 20,32 %, Pay Out Time: 4,1 Tahun, Break Even Point: 28%, dan NPV: Rp365.729.800.923. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik NPK ini layak untuk didirikan.

Kata Kunci— *Mixed Acid Route*, NPK, Pupuk.

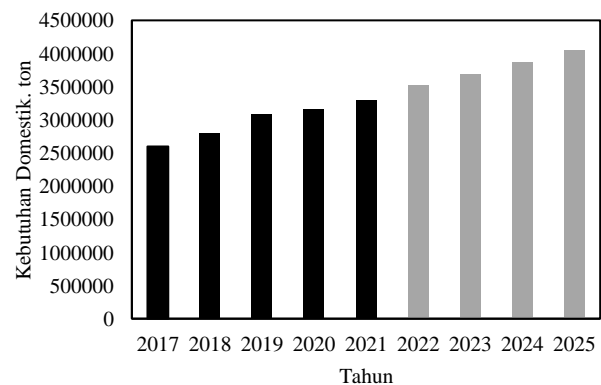
I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan negara agraris yang sebagian besar penduduknya bekerja sebagai petani. Hal ini menyebabkan sektor pertanian berperan besar terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia karena mampu memberikan lapangan kerja bagi masyarakat sekitar. Selain itu, sektor pertanian juga mendukung sektor perindustrian karena industri pertanian dapat berdampak ke komoditas ekspor Indonesia. Salah satu faktor produksi pertanian yang terpenting adalah pupuk dimana penggunaan pupuk dapat meningkatkan dan mengefisienkan produksi baik secara kualitas, maupun kuantitas.

Pupuk adalah bahan yang diberikan pada tanaman untuk memenuhi unsur yang dibutuhkan tanaman tersebut dalam memenuhi nutrisinya. Selain unsur utama (C,H,O) yang diperlukan untuk melakukan fotosintesis, ada beberapa unsur yang wajib dipenuhi yaitu N, P, K, Ca, Mg, S. Tiga unsur pertama (N, P, K) adalah unsur tambahan yang persentasenya terbesar diantara unsur lainnya. Pupuk menjadi hal penting dalam sektor pertanian. Sektor pertanian mengalami pertumbuhan dan kinerja ekspor selama pandemi Covid 19. Pertumbuhan positif ekonomi sebesar 1,75% terdapat pada tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, dan jasa

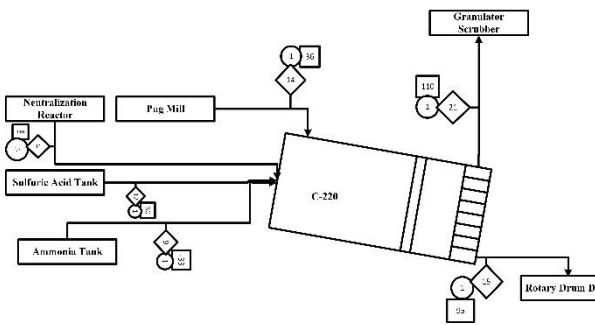


Gambar 1. Data Kebutuhan Domestik Pupuk NPK per Tahun.

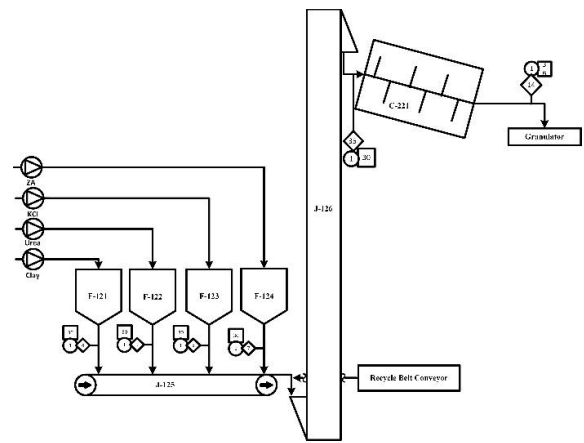


Gambar 2. Prediksi Kebutuhan Domestik Pupuk NPK hingga tahun 2025.

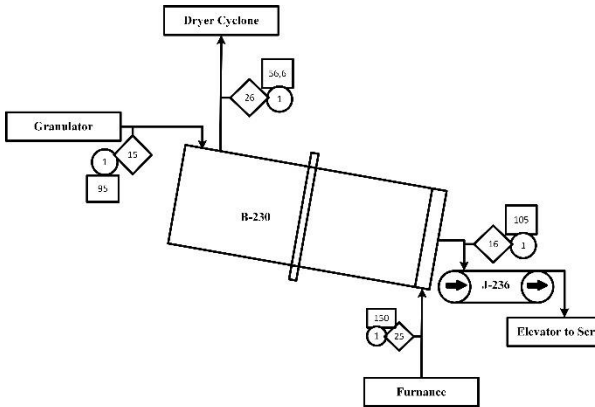
pertanian. Selain itu, ekspor di sektor pertanian meningkat 14,03% pertumbuhan ini berbanding lurus dengan kebutuhan pertanian salah satunya kebutuhan pupuk [1]. Hal ini selaras dengan program pemerintah yang menganggarkan pupuk bersubsidi sebanyak sembilan juta ton setiap tahunnya [2]. Tujuan dari program strategis ini untuk mendukung ketahanan pangan nasional. Sehingga dalam hal ini pembangunan pupuk NPK selaras dengan program pemerintah dan akan selalu memiliki pasar atas produknya. Selama ini kebutuhan pupuk NPK di Indonesia disupply oleh PT. Pupuk Indonesia (Persero) yang terdiri dari PT. Petrokimia Gresik, PT. Pupuk Kujang Cikampek, PT. Kalimantan Timur dan PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang dengan total produksi 3,1 juta ton per tahun (Tabel 1). Kapasitas produksi yang telah ada belum memenuhi kebutuhan pupuk NPK dalam negeri yang mencapai angka 3,3 juta ton pada tahun 2021 (Gambar 1). Hal ini terjadi terutama pada wilayah Sumatra dan Kalimantan yang



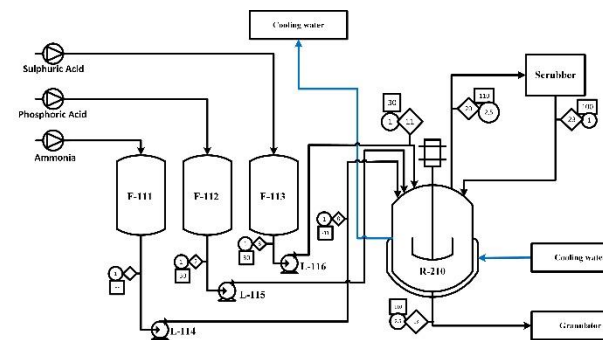
Gambar 5. Diagram Alir Granulasi.



Gambar 3. Diagram Alir Persiapan dan Pencampuran Bahan Baku Padat.



Gambar 6. Diagram Alir Pengeringan Produk.



Gambar 4. Diagram Alir Persiapan Slurry.

memiliki luas total perkebunan 20159.9 ribu hektar sehingga dalam hal ini pembangunan pabrik NPK baru untuk menyuplai wilayah Sumatra dan Kalimantan perlu dilakukan.

II. DATA DASAR PERANCANGAN

A. Ketersediaan dan Kualitas Bahan Baku dan Produk

Bahan baku utama yang digunakan untuk memproduksi pupuk NPK adalah Urea, Ammonia, dan Ammonium Sulfat (ZA) yang berasal dari pabrik rekan satu bimbingan Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng. Asam Sulfat yang berasal dari PT. Dunia Kimia Utama. Asam Fosfat yang berasal dari PT. Petrokimia Gresik. KCl yang berasal dari Potash Corp. Clay yang berasal dari PT. Semen Baturaja (Tabel 2).

B. Kapasitas

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam pendirian pabrik NPK adalah kapasitas pabrik. Pabrik pupuk NPK ini direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2025. Untuk menentukan kapasitas tersebut ditinjau dari data produksi pabrik NPK yang sudah ada di Indonesia serta prediksi kebutuhan NPK. Berikut merupakan data statistik dari produksi, ekspor, impor, dan kebutuhan domestik pupuk NPK dari tahun 2017-2021 (Tabel 3).

Dari data tersebut digunakan fungsi linear forecast dengan menggunakan software Microsoft Excel untuk memprediksi kebutuhan domestik dari tahun 2022-2025 (Gambar 2).

Kapasitas produksi minimum pabrik yang telah beroperasi juga merupakan acuan dalam penentuan kapasitas produksi pabrik. Dari data statisik dan produksi pabrik yang telah berdiri maka peluang mendirikan pabrik pupuk NPK sangat besar. Maka direncanakan kapasitas pabrik yang akan dibangun sebesar 480.000 ton/tahun.

C. Pemilihan Lokasi

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu hal yang penting dalam perancangan pabrik karena akan mempengaruhi risiko dan keuntungan perusahaan tersebut secara keseluruhan. Kondisi ini terjadi karena lokasi sangat mempengaruhi biaya tetap (*fix cost*) maupun biaya variabel (*variable cost*), baik dalam jangka menengah maupun jangka panjang. Di dalam manajemen organisasi, lokasi pabrik sebaiknya diperhitungkan pada saat perencanaan, sehingga pabrik yang akan dijalankan tersebut dapat terorganisir pelaksanaannya di masa mendatang [3].

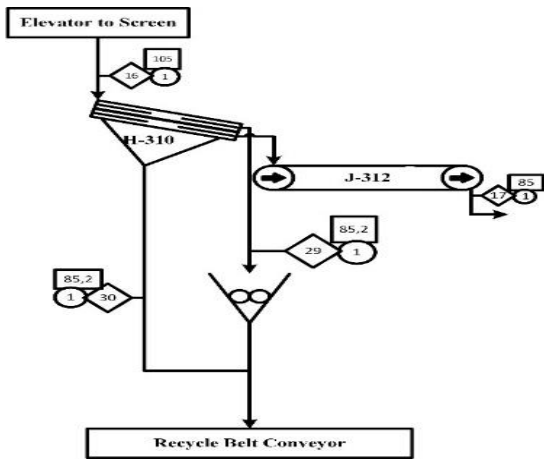
Dalam pembangunan pabrik NPK ini lokasi yang dipilih adalah Kota Dumai dengan alasan sebagai berikut:

1) Ketersediaan Bahan Baku

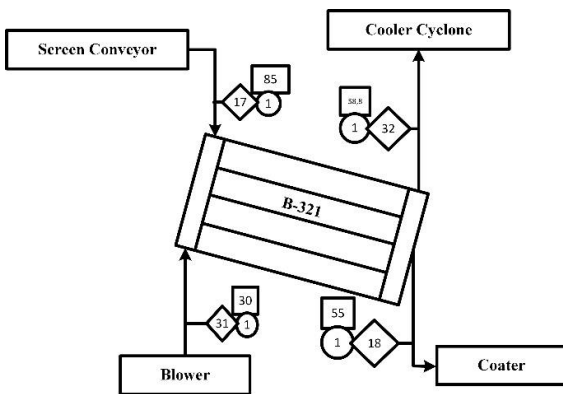
Bahan baku merupakan hal penting yang paling berpengaruh dalam penentuan lokasi pabrik. Semakin dekat jarak antara bahan baku dan pabrik maka akan memudahkan penyiapan bahan baku, selain itu juga menghemat biaya transportasi. Kawasan Dumai dipilih karena sebagian besar bahan baku berasal dari wilayah Sumatra. Produsen bahan baku pupuk NPK dapat dilihat pada Tabel 2.

2) Lokasi Pemasaran

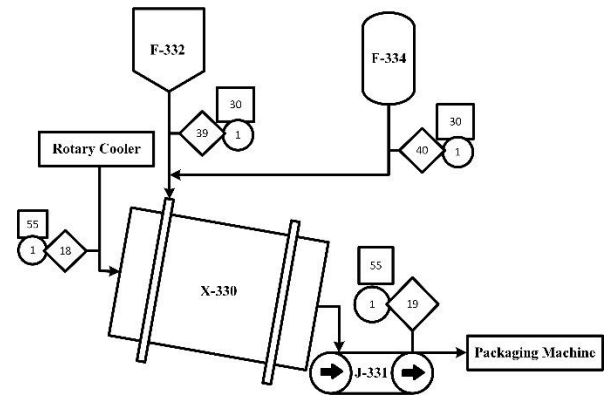
Berdasarkan rayonasi pupuk NPK saat ini, perusahaan yang memenuhi kebutuhan pupuk NPK di wilayah Sumatra adalah PT Pupuk Iskandar Muda dan yang memenuhi kebutuhan pupuk NPK di wilayah Kalimantan adalah PT Petrokimia Gresik. Tujuan pemasaran produk pupuk NPK yang dihasilkan dari pabrik kami akan didistribusikan untuk wilayah Sumatra Utara, Sumatra Barat, Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah.



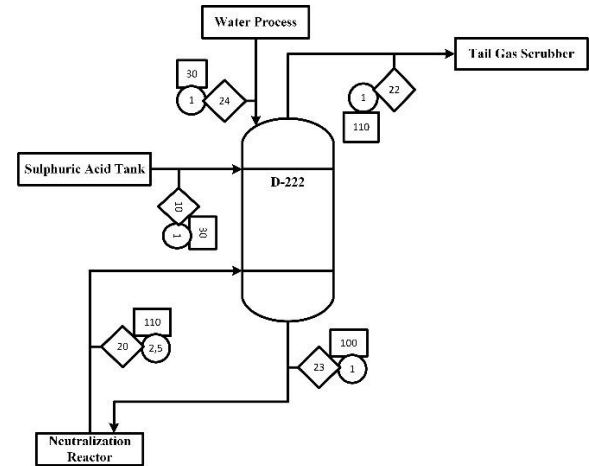
Gambar 7. Diagram Alir Penyaringan Produk.



Gambar 8. Diagram Alir Pendinginan Produk.



Gambar 9. Diagram Alir Pelapisan Produk.



Gambar 10. Diagram Alir Scrubbing System Granulator.

Posisi geografis pelabuhan Kota Dumai memiliki jarak yang berdekatan antara Singapura, Malaysia, dan Thailand sehingga dari posisi geografis ini Kota Dumai memiliki nilai jual tinggi dalam kegiatan ekspor bagi setiap hasil produksi yang didistribusikan ketiga negara segitiga ekonomi tersebut.

3) *Fasilitas Transportasi*

Fasilitas transportasi dan aksesibilitas menjadi faktor penting dalam memilih lokasi pabrik. Penyediaan bahan baku maupun distribusi pemasaran tentu membutuhkan kedua faktor tersebut agar pabrik dapat berjalan dengan baik. Fasilitas transportasi dan aksesibilitas yang ada di dekat lokasi akan sangat mempengaruhi biaya operasional perusahaan.

Kota Dumai memiliki fasilitas transportasi yang lebih unggul dibanding lokasi lainnya. Selain itu, Kawasan Industri Dumai (KID) juga memiliki potensi geografis pada sisi maritim yang bisa dimanfaatkan oleh pemerintah pusat maupun Pemerintah Kota Dumai, yaitu Pelabuhan Dumai. Pelabuhan Dumai memiliki akses jalur perdangan berdekatan dengan Selat Malaka, selat ini merupakan selat tersibuk nomor dua di dunia, dengan melihat potensi dan peluang ini, pelabuhan Dumai dapat menjadi poros maritim [4].

4) *Ketersediaan Tenaga Kerja*

Ketersediaan sumber daya manusia menjadi hal penting yang harus dipertimbangkan dalam merancang suatu pabrik. Lingkungan yang memiliki banyak sumber tenaga kerja yang memadai dapat menunjang suatu pabrik, karena dapat lebih mudah mempekerjakan masyarakat sekitar serta dapat mengurangi angka pengangguran di daerah tersebut. Pada tahun 2021 angkatan kerja Dumai sekitar 140 ribu.

5) *Utilitas*

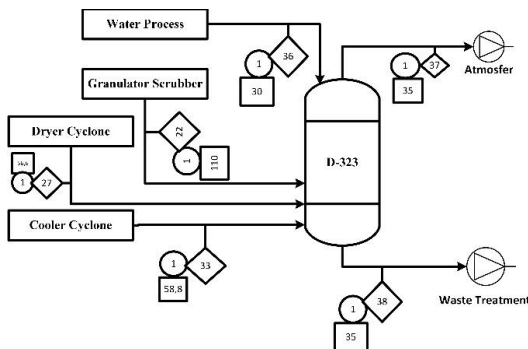
Faktor utilitas ini mempertimbangkan ketersediaan pasokan listrik dan air untuk menunjang proses produksi. Provinsi Riau memiliki kapasitas pembangkit listrik yang tertinggi dan memungkinkan pabrik untuk melakukan ekspansi kedepannya. Sedangkan, untuk sumber air sendiri dapat diperoleh dari laut/sungai yang mengalir di provinsi tersebut. Untuk memenuhi kebutuhan air, pabrik kami akan menggunakan air dari laut, sehingga lokasi dimanapun tidak akan membuat perubahan yang terlalu signifikan. Air laut berfungsi sebagai sanitasi, air pendingin, dan air proses

6) *Ketersediaan Lahan*

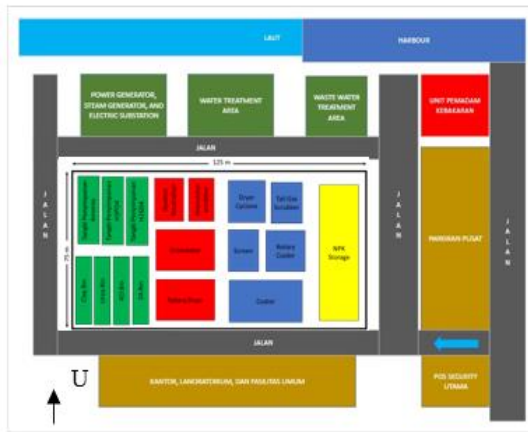
Kawasan Industri Dumai (KID) masih mampu menampung unit usaha industri untuk setiap investor yang ingin terlibat pada iklim investasi di Kawasan Industri Dumai (KID). Kemudian untuk mendukung distribusi hasil produksinya Kawasan Industri Dumai (KID) memiliki fasilitas dermaga yang sangat potensial terhadap posisi geografis Kota Dumai yang berhadapan langsung dengan Selat Malaka [4].

7) *Dampak Terhadap Lingkungan*

Untuk melakukan pembuangan limbah ke lingkungan, pabrik harus memiliki izin pembuangan limbah dari Walikota sesuai peraturan perundang-undangan. Peraturan perundang-undangan yang dipakai ialah UU RI No. 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Hal yang perlu diperhatikan adalah tarif retribusi untuk pembuangan limbah. Di Dumai, pembuangan limbahnya akan dikenakan tarif Rp. 5000/meter kubik [4].



Gambar 12. Diagram Alir Tail Scrubber.



Gambar 13. Tata Letak Pabrik Secara Garis Besar.

8) Local Community

Salah satu indicator yang dapat digunakan untuk pertimbangan adalah Indeks Pembangunan Manusia (IPM), dimana IPM menjelaskan bagaimana penduduk dapat mengakses hasil pembangunan dalam memperoleh pendapatan, kesehatan, pendidikan, dan sebagainya. Dumai memiliki IPM yang tergolong tinggi yaitu 74,75.

9) Iklim

Iklim memiliki pengaruh terhadap keberjalanan suatu pabrik, dengan mendirikan pabrik di lokasi yang memiliki cuaca yang ekstrim akan membutuhkan biaya perawatan yang lebih. Dumai memiliki iklim tropis dengan tingkat kelembaban 82-84%, rata rata suhu 27-30°C serta curah hujan 240 mm/year.

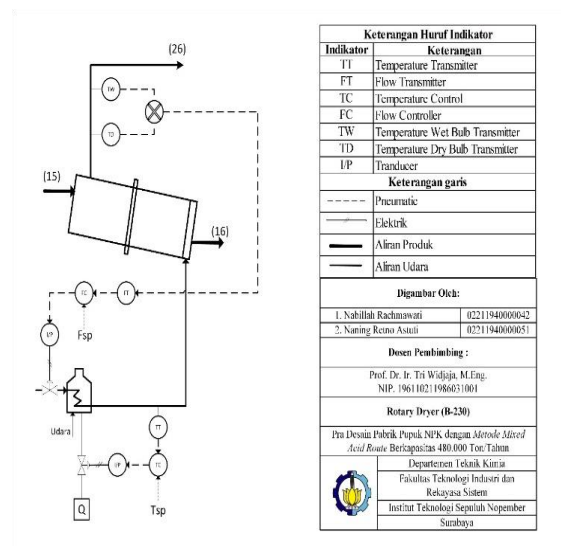
10) Kebijakan Pemerintah

Sesuai dengan amanat Pasal 14 Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian, maka selanjutnya perwilayahan industri dilakukan melalui pengembangan Wilayah Pusat Pertumbuhan Industri, pengembangan Kawasan Peruntukan Industri, pembangunan Kawasan Industri dan pengembangan Sentra Industri Kecil dan Industri Menengah [4]. Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 14 Tahun 2015 tentang Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional Tahun 2015 – 2035, Kota Dumai termasuk dalam daftar kota sebagai Wilayah Pusat Pertumbuhan Industri di Provinsi masing-masing.

III. URAIAN PRPSES TERPILIH

A. Persiapan dan Pencampuran Bahan Baku Padat

Persiapan bahan baku berada pada area 100 (Gambar 3). Bahan baku padat utama pupuk NPK berupa Urea, KCl, ZA,



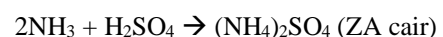
Gambar 11. P&ID Rotary Dryer (B-230).

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) [5].

Pug mill menggunakan dua poros counter-rotating dengan pedal-pedal untuk menciptakan suatu gerakan melipat dan menguleni. Gerakan counter-rotating mengangkat material ke atas melalui bagian tengah dan kemudian kembali ke sisi, menciptakan campuran material yang merata. Mixer pug mill dapat digunakan sebagai peralatan aglomerasi yang berdiri sendiri, atau sebagai langkah pencampuran dalam proses aglomerasi yang lebih besar dengan menggunakan pellet cakram atau drum aglomerasi. Selanjutnya material padat yang telah tercampur dan juga aliran recycle dialirkan menuju granulator (C-220).

B. 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 dinetralisasi dengan amoniak (NH₃). Proses netralisasi ini berlangsung pada kondisi operasi 110°C dengan tekanan 2,5 atm. Reaksi yang terjadi pada R-210 membentuk ammonium sulfat (ZA cair), mono amonium phosphate (MAP), dan diammonium phosphate (DAP). Proses persiapan slurry dapat dilihat pada Gambar 4. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut:



C. Proses Granulasi

Larutan dari neutralizer tank (R-210) selanjutnya dialirkan dalam granulator (C-220) bersama-sama dengan bahan baku padat yang telah dihomogenkan didalam pug mill (C-221). Amoniak dan H₂SO₄, juga turut dialirkan dari tangki penyimpanan ke granulator (C-220). Bahan masuk melalui feeder yang terletak pada sudut atas granulator, bahan-bahan yang masuk antara lain ZA padat, urea, KCl, DAP, MAP dan

Tabel 1.
Kapabilitas Produksi Pupuk NPK di Indonesia

No	Perusahaan	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
1.	PT Petrokimia Gresik	2.620.000
2.	PT Pupuk Kujang Cikampek	200.000
3.	PT Pupuk Kalimantan Timur	200.000
4.	PT Pupuk Sriwidjaja Palembang	100.000

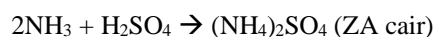
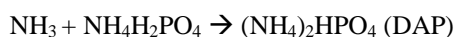
Tabel 2.
Produsen Bahan Baku Pupuk NPK

Bahan Baku	Supplier atau Produsen	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
Asam Sulfat	PT. Dunia Kimia Utama	115.000
Asam Fosfat	PT Petrokimia Gresik	200.000
KCl	Potash Corp (Kanada)	9.000.000
Urea	Pabrik Ulfiyah-Dirotsa	570.000
Ammonia	Pabrik Mukhlis-Rosyid	957.000
ZA	Pabrik Rossesari-Anggi	820.000
Clay (Filler)	PT. Semen Baturaja	50.000

Tabel 3.
Data Statistik Produksi, Ekspor, Impor, dan Kebutuhan Domestik Pupuk NPK di Indonesia tahun 2017-2021

Tahun	Produksi (ton)	Ekspor (ton)	Impor (ton)	Kebutuhan Domestik (ton)
2017	3.282.957	7.080	0	2.597.586
2018	3.159.966	2.432	0	2.802.246
2019	2.923.453	2.326	0	3.088.176
2020	3.014.077	27.500	0	3.159.311
2021	3.169.247	3.000	0	3.301.209

ZA cair. Proses granulasi dapat dilihat pada Gambar 5. Adapun reaksi yang terjadi di *granulator*.



Di dalam *granulator* juga disemprotkan amoniak melalui *ploughshare* dan juga diumpangkan asam sulfat dengan tujuan untuk menangkap amoniak yang lolos tidak bereaksi dengan MAP. Selain itu, amoniak akan bereaksi dengan H_2SO_4 dan membentuk $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Reaksi asam sulfat ini terjadi pada permukaan granul menyebabkan granul tetap kering, keadaan ini juga dapat membuat granul menjadi keras sehingga lebih mudah dalam penyimpanan dan penanganannya. *Ploughshare* amoniak dipasang sedemikian rupa di dalam *granulator* sehingga saat amoniak disemprotkan, amoniak akan disemprotkan pada bagian bawah bahan baku atau terendam dalam dalam bahan baku. Bahan-bahan tersebut di atas diaduk dan dicampur melalui perputaran *granulator* sehingga nantinya dihasilkan NPK yang berupa granul atau butiran.

Dalam *granulator* (C-220), terjadi dua proses yaitu granulasi dan aglomerasi. Proses granulasi adalah proses pembentukan butiran-butiran, sedangkan proses aglomerasi adalah proses dimana partikel-partikel yang halus saling menempel membentuk butiran yang lebih besar. Proses aglomerasi ini berulang-ulang, sehingga material yang menempel membentuk butiran sesuai dengan ukuran yang dikehendaki. Untuk operasi granulasi diperlukan material-material yang basah agar bisa saling menempel. 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 higroskopis. Setelah proses granulasi, gas yang mengandung amoniak akan masuk ke dalam *scrubber* (D-222) untuk menyerap amoniak yang terbawa dengan

menggunakan asam sulfat sehingga membentuk ammonium sulfat agar mengurangi limbah gas dan mengurangi pembelian bahan baku ammonium sulfat.

D. Pengeringan Produk

Proses pengeringan produk dapat dilihat pada Gambar 6. Produk yang keluar dari *granulator* (C-220) selanjutnya masuk ke dalam *dryer* (B-230) untuk menurunkan kadar airnya hingga maksimal 1,5%. *Dryer* berbentuk *rotary drum*. Pengeringan pada *dryer* (B-230) menggunakan udara panas dengan suhu 100-120°C. Aliran ini dipilih karena suhu dari produk keluaran *granulator* adalah 90°C, dimana suhu ini perlu dinaikkan untuk mengurangi kadar air pada produk. Apabila aliran udara masuk *dryer* secara *counter current* dengan produk maka suhu produk akan meningkat dan air yang terkandung di dalam produk akan berkurang [6]. Chute yang menghubungkan *dryer* dan *granulator* harus dipasang dengan kemiringan 70° agar tidak terjadi penumpukan produk pada dinding *dryer* [5].

Udara yang keluar dari *rotary dryer* (B-230) mengandung debu dan air yang teruapkan dari produk yang dikeringkan kemudian dihisap dengan *cyclone* (H-234). Debu yang berhasil dipisahkan dengan menggunakan *cyclone* akan dikembalikan ke *pugmill* (C-221) dengan bantuan *recycle belt conveyor* (J-223). Sedangkan udara yang lolos akan masuk ke dalam *scrubber* (D-323) untuk menyerap amonia yang terbawa. Ammonia yang terserap dari *scrubber* akan di-*treatment* agar bisa digunakan kembali, sedangkan gas yang lolos dilepaskan ke atmosfer. Suhu produk keluaran dari proses ini adalah 105°C [5].

E. Penyaringan Produk

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 ke dalam *recycle conveyor* (J-223), sedangkan produk yang *oversize* akan jatuh dan masuk ke dalam *crusher* (C-311)

untuk dihancurkan dan kemudian akan jatuh ke *recycle conveyor* (J-223) dan kembali ke *pug mill* (C-221). Produk *onsize* diumpankan ke *rotary cooler* (E-320). Ukuran produk yang diinginkan adalah 4-10 mesh (2-4,76 mm). *Screen* yang digunakan adalah *screen* bertipe *double deck* dengan material baja. Proses penyaringan produk dapat dilihat pada Gambar 7.

F. Pendinginan Produk

Proses *cooling* adalah proses pendinginan butiran pupuk yang telah melalui proses penyaringan (produk *onsize*) (Gambar 8). Alat yang digunakan adalah *rotary cooler* (B-321), yang berfungsi untuk menurunkan temperatur dengan menggunakan udara kering hingga produk memiliki suhu 55 °C. Produk yang telah mengalami pendinginan selanjutnya masuk ke dalam *coater drum* (D-330), sedangkan udara keluar dari *rotary cooler* masuk ke *cyclone* (H-321).

G. Pelapisan Produk

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* berupa SK-FERT, sedangkan yang kedua adalah proses pemberian *coating powder*, berupa silica powder. Proses pelapisan produk dapat dilihat pada Gambar 9. Tujuan dari pelapisan produk adalah untuk mencegah terjadinya *caking*. Produk keluaran dari *coating rotary drum* memiliki suhu 35,5°C kemudian produk dikirim ke gudang penyimpanan akhir yang kemudian akan dikemas di *storage*.

H. Scrubbing System

Scrubber pertama yaitu *granulator scrubber* (D-222) untuk mencuci gas dari *granulator* (C-221) dengan kandungan utamanya adalah amoniak (Gambar 10). Media pencuci adalah asam sulfat dari tangki penyimpanan (F-113). *Scrubber* kedua yaitu *dryer scrubber* (D-323) untuk mencuci gas gas yang masuk ke *cyclone* (H-234) dari *cooler cyclone* (H-321) dimana gas berasal dari *rotary dryer* (B-230) dan *rotary cooler* (B-320) (Gambar 11) [5].

IV. NERACA MASSA DAN ENERGI

Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa pada Pabrik Pupuk NPK ini dibutuhkan bahan baku antara lain 13.621,35 kg/jam KCl, 410,65 kg CO(NH₂)₂, 12.281,31 kg/jam H₂SO₄, 8.816,82 kg/jam NH₃, 11.861,22 kg/jam H₃PO₄, 7.089,50 kg/jam (NH₄)₂SO₄, 120 kg/jam *coating oil*, 240 kg/jam *coating powder*, dan 6.000 kg/jam *filler* untuk menghasilkan 60.000 kg/jam pupuk NPK.

Sedangkan untuk perhitungan neraca energi pada Pabrik Pupuk NPK ini memiliki kebutuhan panas sebanyak 6.910.739,941 kJ/jam dan kebutuhan power sebanyak 9.639,26 kWh.

V. DAFTAR DAN HARGA PERALATAN

A. Daftar Harga Peralatan

Berdasarkan neraca massa dan energy, total harga peralatan pada pabrik pupuk NPK ini sebesar Rp96.207.229.304.

B. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik pupuk NPK secara garis besar disajikan pada Gambar 12.

C. P&ID Alat Utama

P&ID Alat Utama pabrik pupuk NPK disajikan pada Gambar 13.

VI. ANALISA EKONOMI

Berdasarkan perhitungan analisis ekonomi untuk memproduksi pupuk NPK dengan Metode *Mixed Acid Route* berkapasitas 480.000 ton/tahun, didapatkan IRR sebesar 20,32 % dan BEP sebesar 28 % dimana POT selama 4,1 tahun. Dengan bunga 8% per tahun. Umur pabrik diperkirakan bertahan selama 10 tahun dengan lama masa konstruksi selama 2 tahun. Operasi pabrik 330 hari/tahun sebagai berikut:

1. Modal investasi	: Rp622.826.735.209
2. Biaya produksi	: Rp3.587.546.279.157
3. Hasil penjualan	: Rp4.752.000.000.000
4. CAPEX	: Rp498.261.388.167
5. OPEX	: Rp4.037.576.008.247
6. Net Present Value	: Rp365.729.800.923

VII. KESIMPULAN

Setelah melakukan evaluasi dari perspektif ekonomi dan teknis, disimpulkan bahwa pabrik pupuk NPK dengan metode *Mixed Acid Route* yang memiliki kapasitas produksi 480.000 ton/tahun layak untuk didirikan pada tahun 2025 dengan perkiraan masa pakai pabrik selama 10 tahun. Berdasarkan analisis ekonomi, diperoleh CAPEX sebesar Rp498.261.388.167, OPEX sebesar Rp4.037.576.008.247, *Internal Rate of Return* sebesar 20,32%, *Pay Out Time* 4,1 tahun, *Break Even Point* sebesar 28%, dan *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp365.729.800.923.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Rahardjo, W. Tambunana, and Y. Sukmono, "Analisis strategi pemasaran pupuk NPK pelangi untuk menghadapi pasar bebas ASEAN," *J. Ind. Serv.*, vol. 7, no. 2, 2022.
- [2] Direktorat Jendral Prasarana dan Sarana Pertanian, *Pengelolaan Pupuk Bersubsidi Tahun Anggaran 2021 (Revisi)*. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2021.
- [3] J. Heizer, B. Render, and C. Munson, *Principles of Operations Management*. Boston: Person, 2020.
- [4] R. Setiawan S, "Pengelolaan kawasan industri berwawasan lingkungan di kota Dumai," *J. Kaji. Pemerintahan, Polit. dan Birokasi*, vol. 6, no. 1, 2020.
- [5] G. D. Ulrich, *A Guid to Chemical Engineering Process Design and Economics*. Canada: John Wiley & Sons, 1984.
- [6] C. J. Geankoplis, *Transport Process and Unit Operation*. New Delhi: McGraw-Hill, 1993.