

Pra Desain Pabrik Urea dengan Proses ACES-21 untuk Ketahanan Pangan di Indonesia Timur

Ahmad Afzarurrohman, Restu Caksono Adjie, Gede Wibawa, dan Rizky Tetrisyanda
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: rizky.tetrisyanda@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Pertumbuhan penduduk akan mengakibatkan kebutuhan terhadap pangan meningkat dan juga saat ini pemerintah sedang mengupayakan program swasembada pangan. Peningkatan kebutuhan akan pangan berarti peningkatan kebutuhan pupuk yang harus diimbangi dengan peningkatan kapasitas produksi pada pabrik pupuk. Para petani di Provinsi Papua Barat masih kesulitan untuk mendapatkan pupuk subsidi. Salah satu solusi atas permasalahan tersebut adalah dengan pembangunan pabrik pupuk di Provinsi Papua Barat, pabrik direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2026, dengan mengacu pada pemenuhan kebutuhan dalam negeri. Lokasi pabrik yang direncanakan adalah di Kawasan Industri Teluk Bintuni dengan kapasitas 1.150.000 Ton/Tahun. Bahan baku utama dalam proses pembuatan pupuk urea adalah ammonia cair yang memiliki komposisi sebesar 99,8% NH₃ dan 0,2% H₂O serta gas CO₂ sebesar 99%. Hal ini tentunya sudah mempertimbangkan kebutuhan bahan baku gas alam yang sudah tersedia dikawasan tersebut dan aksesibilitas untuk menjangkau Kawasan Industri Teluk Bintuni. Proses produksi pupuk urea dari ammonia dan CO₂ pada pabrik yang akan didirikan menggunakan proses ACES 21, karena merupakan teknologi yang paling mutakhir dengan efisiensi yang cukup baik. Adapun untuk proses yang tersedia terdiri dari 5 seksi utama yaitu Persiapan Bahan Baku, Seksi Sintesa, Seksi Purifikasi, Seksi Konsentrasi, dan Seksi Prilling, serta 3 seksi penunjang yaitu Seksi Recovery, Seksi Condensate Treatment, dan Unit Distribusi Urea. Pabrik direncanakan akan dibangun diatas lahan seluas 15 ha yang nantinya akan terintegrasi dengan Ammonia Plant dan mulai berproduksi pada tahun 2026 dengan umur pabrik 15 tahun. Setelah dilakukan studi kelayakan, CAPEX yang diperkirakan sebesar RP 9.338.838.173.381 atau USD 592.942.106 dan OPEX sebesar 8.639.328.826.333 atau USD 548.528.814 dengan hasil perhitungan Analisa ekonomi untuk Internal Rate of Return sebesar 20,24%, Net Present Value sebesar Rp 11.446.531.189.895 atau USD 726.763.885, Pay Out Time selama 4,2 tahun, dan Break Even Point (BEP) sebesar 22,01%. Sehingga, dapat dikatakan bahwa pabrik urea layak didirikan.

Kata kunci—Pangan, Papua Barat, Pupuk, Urea.

I. PENDAHULUAN

PUPUK urea menjadi komoditas strategis yang dibutuhkan untuk ketahanan pangan, memenuhi hajat hidup orang banyak dan belum ada substitusinya yang lebih murah. Urea merupakan senyawa organik yang tersusun dari unsur karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen dengan rumus NH₂CONH₂. Pupuk urea mengandung unsur hara N sebesar 46% dengan pengertian setiap 100 kg mengandung 46 Kg Nitrogen dan Moisture 0,5%, Kadar Biuret 1%, ukuran 1-3,35mm berjumlah 90% Min, serta berbentuk Prill. Urea yang diproduksi secara komersial berbentuk prill dan granul. Dalam sektor pertanian, urea prill lebih banyak digunakan, sedangkan urea granul memiliki prospek ekspor dan banyak digunakan pada sektor perkebunan [1]. Komposisi pupuk

Tabel 1.

Konsumsi Pupuk Urea di Indonesia

Tahun	Konsumsi (ton/tahun)	%Pertumbuhan
2017	6.737.261	
2018	7.406.916	9,94
2019	7.286.356	-1,63
2020	8.374.298	14,93
2021	7.712.530	-7,9
Σ %Pertumbuhan		15,341
<i>i</i>		3,835

Tabel 2.

Produksi Pupuk Urea di Indonesia

Tahun	Konsumsi (ton/tahun)	%Pertumbuhan
2017	6.838.063	
2018	8,87	8,87
2019	3,736	3,736
2020	3,37	3,37
2021	-0,182	-0,182
Σ %Pertumbuhan		15,795
<i>i</i>		3,95

Tabel 3.

Spesifikasi Bahan Baku Ammonia

No.	Karakteristik	Spesifikasi
1	Wujud	Cair pada 25 atm dan 40°C
2	Kenampakan	Cair, tidak berwarna
3	Kadar NH ₃	Min. 99,8% wt
4	Kadar air	Max. 0,2% wt

Tabel 4.

Spesifikasi Bahan Baku CO₂

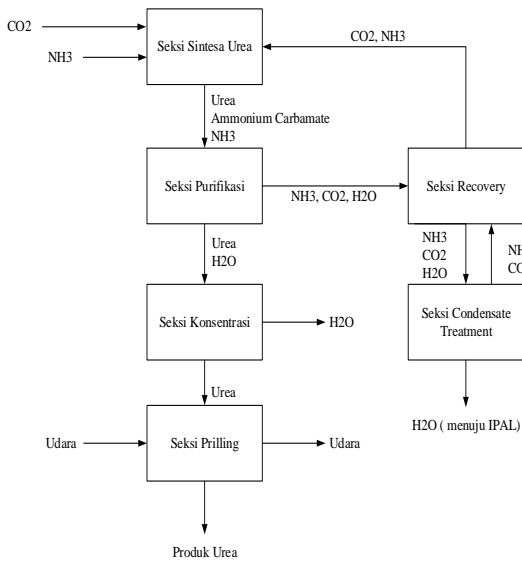
No.	Karakteristik	Spesifikasi
1	Wujud	Gas pada 2 atm dan 40°C
2	Kenampakan	Gas, tidak berwarna
3	Kadar NH ₃	Min. 99,8% wt
4	Kadar air	Max. 1% wt

urea di Indonesia tertera pada Tabel 1. Data produksi pupuk urea di Indonesia tertera pada Tabel 2.

Pertumbuhan penduduk mendorong peningkatan kebutuhan pangan. Ketersediaan pupuk merupakan faktor kunci dalam menjamin ketahanan pangan nasional [2]. Dalam rangka mendukung ketahanan pangan nasional, pemerintah memberikan subsidi pupuk kepada petani, dimana pemberian ini harus memenuhi enam prinsip yaitu 6T, Tepat jumlah, Tepat harga, Tepat tempat, Tepat waktu, dan Tepat mutu. Namun kenyataannya, para petani masih sering protes terkait kelangkaan dan harga pupuk yang semakin mahal apalagi di daerah Indonesia Timur yaitu Papua dan Papua Barat yang jangkauan distribusinya paling jauh dari PT. Pupuk Kalimantan Timur. Para petani lebih banyak menggunakan pupuk non subsidi karena hanya mendapat jatah karung pupuk yang terbatas dan tidak sesuai kebutuhan. Spesifikasi bahan baku amonia tertera pada Tabel 3. Spesifikasi bahan

Tabel 5. Spesifikasi Produk Urea Prill

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan
1	Kadar Urea	%	99
2	Kadar Air	%	Maks 0,5
3	Kadar Biuret	%	Maks 1,2
4	Ukuran	%	Max. 1% wt
	1,00 mm – 3,35 mm	%	Min 90,0
	2,00 mm – 4,75 mm	%	



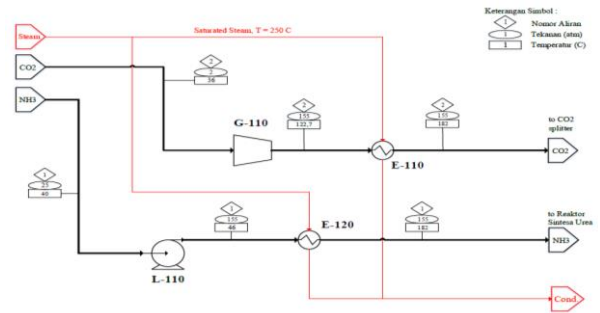
Gambar 1. Blok diagram proses pembuatan urea dengan metode ACES 21.

baku CO₂ tertera pada Tabel 4. Spesifikasi produk urea tertera pada Tabel 5 [3].

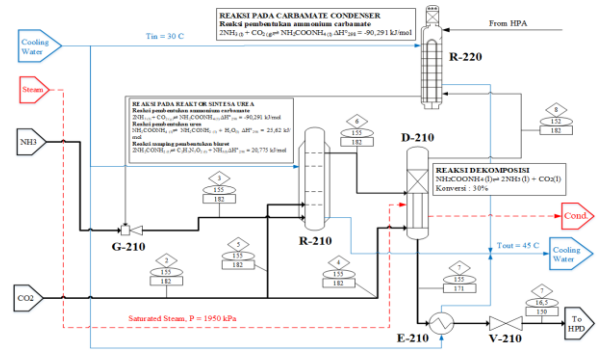
Untuk merealisasikan program swasembada pangan dengan memperkuat pasukan pupuk domestik. Rencana pemerintah untuk membangun pabrik urea, ammonia, dan methanol di Papua Barat mempunyai dua opsi lokasi yaitu di Kawasan Industri Teluk Bintuni, Desa Onar Baru, Distrik Sumuri, Kabupaten Teluk Bintuni atau di Desa Fior, Kecamatan Arguni, Kabupaten Fakfak. Dengan adanya pabrik baru ini juga, Indonesia tidak hanya bisa mempermudah distribusi pupuk ke Indonesia Timur sendiri, tetapi juga dapat berpotensi untuk mengekspor pupuk ke negara lain. Pembangunan ini juga dapat membantu pemerataan ekonomi dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar dengan adanya pembukaan lapangan kerja baru.

II. LOKASI PABRIK DAN KAPASITAS PRODUKSI

Lokasi pabrik merupakan salah satu hal terpenting untuk kesuksesan keberjalanan pabrik dan menentukan kelancaran usaha karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan. Lokasi pabrik dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan maupun penentuan kelangsungan produksinya. Hal-hal yang menjadi pertimbangan dalam penentuan lokasi suatu pabrik meliputi ketersediaan bahan baku, lokasi pemasaran, tenaga kerja, aksesibilitas dan fasilitas transportasi, utilitas, kemungkinan perluasan pabrik, dan kondisi geografis wilayah. Berdasarkan hasil pemilihan lokasi dengan metode AHP, diketahui bahwa lokasi pendirian pabrik urea yang cocok dan memenuhi kriteria-kriteria yang diinginkan terletak di Kawasan Industri



Gambar 2. Proses Persiapan Bahan Baku.



Gambar 3. Seksi Sintesa Urea.

Teluk Bintuni. Lokasi ini, dipilih karena unggul dari segi ketersediaan bahan baku dan utilitas.

Pabrik urea direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2026 yang mengacu pada pemenuhan kebutuhan dalam negeri, data ekspor dan impor, prediksi kebutuhan urea negara lain, kapasitas minimum pabrik yang ada dan kebijakan Pemerintah Indonesia untuk membangun Pabrik di Papua Barat. Berdasarkan aspek-aspek tinjauan tersebut, maka kapasitas produksi pabrik urea yang dipilih yaitu 1.150.000 ton/ tahun.

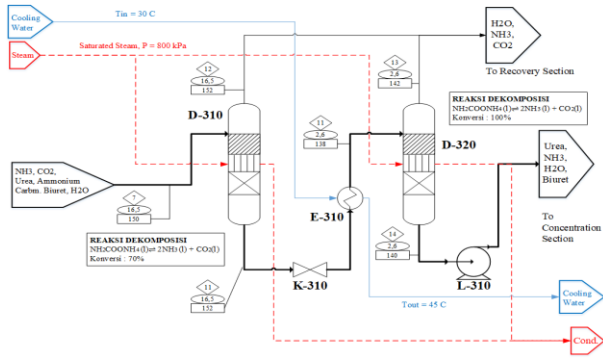
III. URAIAN DAN SELEKSI PROSES

Secara garis besar, uraian proses produksi urea dengan metode ACES 21 terlampir pada Gambar 1. Proses pembuatan urea dengan proses ACES 21 ini dapat dibagi menjadi 8 seksi.

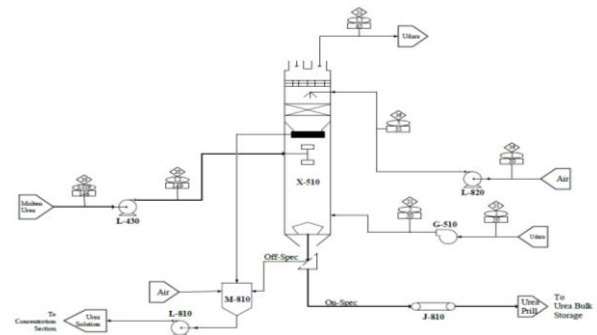
A. Persiapan Bahan Baku

Gas CO₂ yang didapat diharapkan ada pada kemurnian 99 % dengan kadar air yang minimum serta memiliki temperatur 40°C dan tekanan 2 atm. Kemudian gas CO₂ ini akan masuk kedalam Compressor CO₂ (G-110) agar memenuhi kondisi operasi yang akan dijalankan. Kondisi gas CO₂ yang masuk kedalam reaktor urea memiliki tekanan 155 atm dan temperatur 182°C. Kompresor yang digunakan merupakan kompresor dengan 4 stages dan dilengkapi dengan intercooler pada setiap bagian keluaran stage kompresor, hal ini untuk menjaga temperatur keluar disetiap stages-nya.

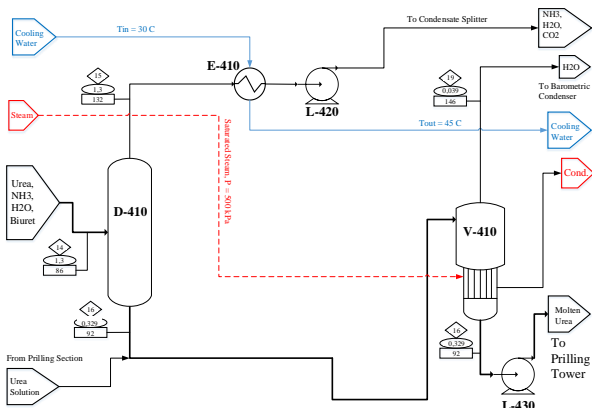
Ammonia cair (99,8% berat) dengan tekanan 25 atm dan suhu 40°C akan dipompa menuju reaktor (R-210) bertekanan 155 atm menggunakan Pompa Ammonia (L-110) dengan tipe centrifugal pump. Sebelum memasuki reaktor (R-210), ammonia cair dipanaskan terlebih dahulu hingga mencapai suhu 182°C dengan Ammonia Preheater (E-120). Ammonia cair masuk kedalam bagian nozzle dan digunakan sebagai fluida penggerak pada Jet Ejector (G-110) yang nantinya



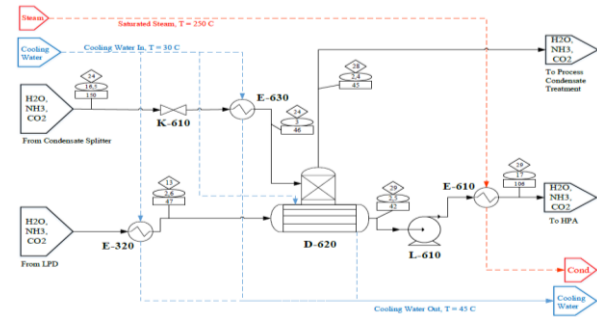
Gambar 6. Seksi Purifikasi.



Gambar 4. Seksi Prilling.



Gambar 7. Seksi Konsentrasi.



Gambar 5. Seksi Recovery Bagian Pertama.

fresh feed ammonia akan bercampur dengan keluaran dari Carbamate Condenser (R-220). Kedua proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

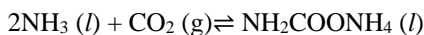
B. Seksi Sintesa Urea

Urea diproduksi seperti terlihat pada Gambar 3 melalui reaksi yang sangat eksotermis antara NH₃ dan CO₂ didalam Reaktor Sintesa Urea (R-210) yang akan menghasilkan ammonium Carbamate (selanjutnya disebut Carbamate) dan diikuti oleh dehidrasi Carbamate menjadi urea yang merupakan reaksi endotermis.

Pada seksi ini terjadi pembentukan urea dengan reaksi antara ammonia cair, gas CO₂, dan larutan recycle Carbamate yang disuplai dari Seksi Recovery. Peralatan utama meliputi reactor (R-210), Stripper (D-210), dan Carbamate Condenser (R-220).

Ammonia yang masuk kedalam reaktor (R-210) akan bercampur dengan larutan Carbamate dan larutan ammonia yang berasal dari Carbamate Condenser (R-220) yang kemudian akan bercampur pada jet Ejector (G-110). Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut:

1. Reaksi pembentukan ammonium Carbamate



$$\Delta H^\circ_{298} = -90,291 \text{ kJ/mol}$$

2. Reaksi pembentukan urea



$$\Delta H^\circ_{298} = 25,62 \text{ kJ/mol}$$

3. Reaksi samping pembentukan biuret



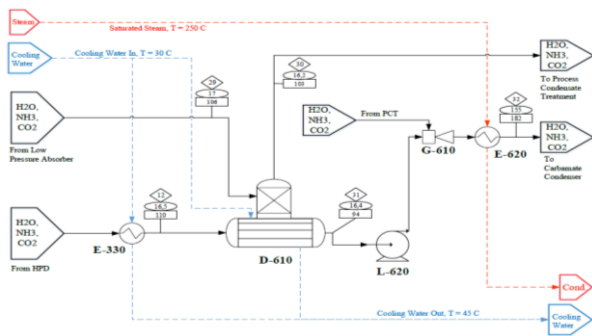
$$\Delta H^\circ_{298} = 20,775 \text{ kJ/mol}$$

Reaksi pertama adalah pembentukan ammonium Carbamate dari ammonia cair dan gas CO₂ berlangsung sangat cepat dengan konversi 100% dan sangat eksotermis, sedangkan reaksi kedua yang merupakan reaksi dehidrasi ammonium Carbamate membentuk urea berlangsung lambat dan bersifat endotermis. Reaksi yang ketiga yaitu reaksi samping pembentukan biuret, senyawa yang beracun bagi tanaman ini harus dibatasi sekecil mungkin dengan adanya excess NH₃. Ketiga reaksi di atas merupakan reaksi reversible dan variabel yang mempengaruhi reaksi tersebut adalah suhu, tekanan, komposisi feed, dan waktu tinggal. Dengan memperhatikan kondisi tersebut, maka temperatur operasi diatur menjadi 182 °C, tekanan 155 atm dan rasio mol NH₃/CO₂ 3,7. Reaktor sintesa urea (R-210) bertindak sebagai *secondary reactor* dimana disini terjadi proses dehidrasi ammonium Carbamate lebih lanjut dengan temperatur yang lebih tinggi dari Carbamate Condenser (R-220). Adapun yang mempengaruhi proses di reaktor, antara lain adalah kemurnian bahan baku, tekanan, suhu, excess NH₃, Air, konversi kesetimbangan urea, dan waktu tinggal.

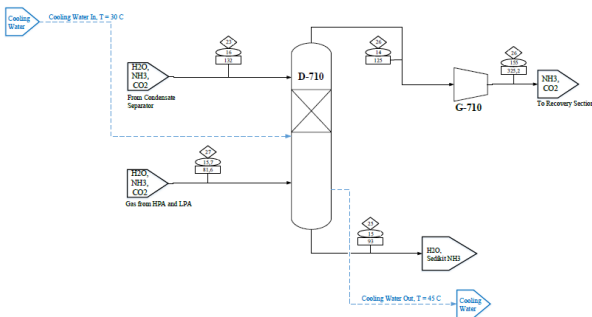
Stripper (D-210) berfungsi memisahkan kelebihan NH₃ dan mendekomposisikan carbamat yang tidak terkonversi dari larutan sintesa urea, dengan menggunakan pemanasan yang bersumber dari steam. Ammonia (NH₃) dan karbondioksida (CO₂) yang terdekomposisi dari larutan Carbamate berubah menjadi fasa gas dengan CO₂ stripping secara *counter current* pada tekanan operasi yang sama dengan Reaktor Sintesa Urea (R-210).

Temperatur yang lebih tinggi mengindikasikan efisiensi stripping tidak bagus dan kandungan NH₃ di dalam larutan akan lebih tinggi. Larutan urea yang sudah distrip dialirkan menuju ke seksi purifikasi.

Campuran gas dari top *Stripper* (D-210) masuk ke bottom Carbamate Condenser (R-220), dimana campuran gas tersebut dikondensasikan dan diserap oleh larutan Carbamate untuk membentuk ammonium Carbamate dan kemudian urea terbentuk dari dehidrasi larutan Carbamate di shell side



Gambar 9. Seksi Recovery Bagian Kedua.



Gambar 10. Seksi Process Condensate Treatment.

Tabel 8.

Data Rekapitulasi Neraca Massa

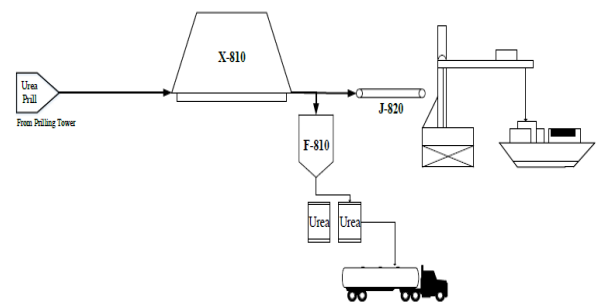
Komponen	Input (kg/jam)			
	<1>	<4>	<29>	
NH ₃	90918,3	1684,5	0	
CO ₂	0	578,6	0	
NH ₂ CO ₂ NH ₄	0	0	0	
NH ₂ CONH ₂	0	0	0	
H ₂ O	1855,4	16637,4	46456,5	
C ₂ H ₅ N ₃ O ₂	0	0	0	
Udara	0	0	0	
Total	92773,8	18900,6	46456,5	
		2149376,31		
Komponen	Output (kg/jam)			
	<21>	<36>	<31>	<27>
NH ₃	1684,6	0	0	0
CO ₂	578,6	0	0	0
NH ₂ CO ₂ NH ₄	0	0	0	0
NH ₂ CONH ₂	0	0	145838,2	0
H ₂ O	16637,5	46456,5	133,5	0
C ₂ H ₅ N ₃ O ₂	0	0	1358,8	0
Udara	0	0	0	1936688,7
Total	18900,6	46456,5	147330,5	1936688,7
		2149376,31		

Carbamate Condenser (R-220). Tekanan operasi di Carbamate Condenser (R-220) adalah sama dengan tekanan reaktor (R-210) dan waktu tinggal yang cukup (sekitar 20 menit).

C. Seksi Purifikasi

Produk dari reaksi sintesa terdiri dari urea, biuret, ammonium Carbamate, air dan eksek NH₃ selanjutnya akan masuk ke tahap purifikasi atau pemurnian. Ammonium karbamat dan eksek ammonia yang terkandung dalam larutan urea diuraikan dan dipisahkan dengan pemanasan dan penurunan tekanan dan ammonium Carbamate didekomposisi menjadi gas NH₃ dan CO₂ dalam High Pressure Decomposer (D-310) dan Low Pressure Decomposer (D-320). Seksi purifikasi tertera pada Gambar 4.

Gas dari decomposer akan dikondensasikan dan diserap dalam masing-masing absorber (D-610) dan (D-620) dari unit



Gambar 8. Unit Distribusi Urea.

Tabel 6. Kebutuhan Air Pendingin

Peralatan	Kebutuhan Air Pendingin
1 Reaktor Sintesa Urea (R-210)	= 3298553,4 kg/jam
2 Carbamate Condenser (R-220)	= 4707118,9 kg/jam
3 Low Pressure Absorber (D-620)	= 181475,2 kg/jam
4 High Pressure Absorber (D-610)	= 1167072 Kg/jam
5 HE (E-210)	= 81233,6 kg/jam
6 HE (E-310)	= 128427,4 kg/jam
7 HE (E-410)	= 92594,6 kg/jam
8 HE (E-320)	= 256264,2 kg/jam
9 HE (E-620)	= 197736,9 kg/jam
10 HE (E-330)	= 61523,6 kg/jam
11 Kompresor (G-110)	= 599892,1 kg/jam
12 Kompresor (G-710)	= 134712,1 kg/jam
13 Condensate Separator (D-710)	= 305924 kg/jam
14 Barometric Condenser (X-410)	= 1531293,5 kg/jam
Total	= 12743821,4 kg/jam

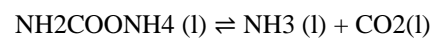
Tabel 7.

Kebutuhan Steam Pemanas

Peralatan	Kebutuhan Steam	
1 Stripper (D-210)	Tipe Steam	6998,5 kg/jam
2 HPD (D-310)	P = 500 Kpa,	65629 kg/jam
3 LPD (D-320)	T = 400°C	24531,2 kg/jam
4 Evaporator (V-410)		34430,4 kg/jam
5 HE (E-110)		36069,9 kg/jam
6 HE (E-120)		2153,5 kg/jam
7 HE (E-610)		1216,9 kg/jam
Total		171129,4 kg/jam

Recovery. Terdapat dua tahap proses pada sistem ini, tahap pertama merupakan tahap dekomposisi yang berlangsung pada tekanan 16.5 atm dan 2.6 atm dengan temperatur dekomposisi terjadi pada 120 – 165°C dan tahap kedua adalah memisahkan ammonium Carbamate dan eksek NH₃ dari larutan urea sebelum dikirimkan ke Seksi Konsentrasi. Adapun reaksi yang terjadi didalam High Pressure Decomposer (D-310) dan Low Pressure Decomposer (D-320) adalah sebagai berikut:

1. Reaksi Utama (Reaksi dekomposisi ammonium Carbamate)



2. Reaksi Samping (Reaksi pembentukan biuret)



Setiap tahap dekomposisi langsung terhubung dengan Seksi Recovery, dan tekanan masing-masing step dikontrol di Seksi Recovery. Masing-masing tekanan setiap tahap

Tabel 10.
Kebutuhan Power

Peralatan	Jumlah	Kebutuhan Power		
1 Kompresor (G-110)	1	16599,48	16599,48	HP
2 Kompresor (G-710)	1	15687,18	15687,18	HP
3 Belt Conveyor (J-830)	1	15,46	15,46	HP
4 Belt Conveyor (J-820)	1	29,23	29,23	HP
5 Belt Conveyor (J-810)	1	10,82	10,82	HP
6 Pompa (L-110)	2	1089,8	2179,6	HP
7 Pompa (L-430)	2	205,2	410,4	HP
8 Pompa (L-420)	2	7,7	15,4	HP
9 Pompa (L-610)	2	60,15	120,3	HP
10 Pompa (L-620)	2	118,2	236,4	HP
11 Pompa (L-820)	2	1,9	3,8	HP
12 Pompa (L-810)	2	5,2	10,4	HP
13 Blower (G-510)	2	1,3	2,6	HP
Total		35321,07		HP

dekomposisi dipilih dengan hati-hati untuk mendapatkan *Recovery* panas dan meminimalkan kebutuhan total steam.

Di HP Decomposer (D-310), gas NH₃ dan CO₂ yang terbentuk dari proses dekomposisi ammonium Carbamate dan evaporasi eksis NH₃ dipisahkan dari larutan urea. Panas untuk mendekomposisi ammonium Carbamate dan mengevaporasi eksis NH₃ disuplai oleh panas steam. Tekanan sebesar 16,5 atm didasari pada proses penguapan NH₃, CO₂, serta H₂O serta temperatur dijaga pada 152°C pada keluaran HP Decomposer (D-310). Larutan urea yang terkumpul di bagian bawah menuju ke LP Decomposer sedangkan gas yang keluar dari bagian atas HP Decomposer (D-310) menuju ke High Pressure Absorber (D-610). Pada LP Decomposer (D-320) dipilih tekanan 2,6 atm dan temperature 138°C untuk menekan hidrolisa urea dan pembentukan biuret.

Larutan urea keluaran LP Decomposer (D-320) masuk ke Flash Separator (D-410) dimana sisa NH₃ dan CO₂ dipisahkan lebih lanjut dengan Vacuum Flashing dan uapnya akan dikondensasikan pada Flash Separator Condenser (E-410). Process condensate yang terbentuk akan di-split menuju ke Low Pressure Absorber (D-620) sebagai absorben gas NH₃ dan CO₂ dan aliran lainnya akan menuju ke Process Condensate Treatment.

D. Seksi Konsentrasi

Pada Gambar 7, Larutan urea yang sudah keluar dari Flash Separator (D-410) akan dimurnikan sampai 99,6 % (% wt) dengan dilakukan pemekatan menggunakan single effect evaporator. Pada tahap pertama, air pada larutan urea akan diuapkan sehingga akan menghasilkan urea dengan konsentrasi 99,6% atau dikenal sebagai molten urea yang selanjutnya dikirim ke Prilling Tower (X-510).

Pada Evaporator 1 (V-410) tekanan dioperasikan sebesar 0,329 atm dan temperatur 92°C, dengan menggunakan superheated steam dengan tekanan 500 Kpa dan temperatur

Tabel 9.

Hasil Perhitungan Analisa Ekonomi		
No.	Aspek	Jumlah
1	Perencanaan	24jam/hari, 330 hari setahun
2	Operasi	
3	Kapasitas Produksi	1.150.000 ton/tahun
4	Umur Pabrik	15 tahun
5	Masa Konstruksi	2 tahun
6	Kapasitas Produksi pada tahun pertama	100%
7	WACC	4,64%
8	Laju Inflasi per tahun	2,5 %
9	Internal Rate of Return	20,24%
10	Net Present Value	USD 726.763.885
11	Break Even Point	253.115 ton/tahun
	Pay Out Time	(22% Kapasitas Produksi)

400°C. Kemudian *molten* urea akan dikirimkan menuju *prilling tower*.

E. Seksi Prilling

Molten urea yang dikirim ke *Prilling Tower* (X-510) dan *dispray* sebagai tetesan urea menggunakan *prilling basket*. Urea yang keluar dari *prilling basket* didinginkan dan menjadi padat setelah kontak dengan udara yang mengalir dari bawah ke atas menggunakan fan (G-510).

Urea *prill* yang dihasilkan dikumpulkan dengan *scraper* dan masuk kedalam Screening Urea (H-810) untuk dilakukan pemisahan berdasarkan ukuran lalu urea dibawa menuju Urea Bulk Storage (X-810) menggunakan Belt Conveyor (J-810). Proses ini tergambar seperti pada Gambar 4.

F. Seksi Recovery

Pada ACES 21 digunakan proses recycle larutan dimana campuran gas NH₃-CO₂ hasil dekomposisi pada HP Decomposer (D-310) dan LP Decomposer (D-320) akan diserap oleh air pada High Pressure Absorber (D-610) dan Low Pressure Absorber (D-620). Dimana gas NH₃-CO₂ yang terserap oleh air akan dipompakan masuk kedalam Carbamate Condenser (R-102). Seksi *recovery* bagian pertama tertera pada Gambar 7. Untuk bagian kedua tertera pada Gambar 8.

Pada LP absorber (D-620), kondisi operasi ditentukan berdasarkan kondisi dimana gas NH₃ dan CO₂ dari LP Decomposer (D-320) dapat diserap semua oleh larutan di bagian atas washing column. Adapun pengaruh tekanan untuk NH₃ dan CO₂ dimana kelarutan meningkat dengan naiknya tekanan. Pada LP absorber (D-620) temperature dijaga pada 2,6 atm dan temperatur 45oC

HP absorber (D-610) juga dilengkapi dengan bagian washing column dibagian atas. Dalam HP absorber (D-610) campuran gas akan diserap sebesar 70% dan tekanan ditentukan sebesar 15,8 atm dan temperatur 106°C. Kedua absorber ini juga dilengkapi dengan pendingin. Hasil atas absorber adalah gas yang mengandung sedikit NH₃, CO₂, dan H₂O yang akan diproses lebih lanjut di Process Condensate Treatment yang tertera pada Gambar 9.

IV. SEKSI PROCESS CONDENSATE TREATMENT

Pada seksi ini, gas yang tidak berhasil diserap pada seksi *Recovery* akan diproses pada Condensate Separator (D-710). Dimana gas NH₃ dan CO₂ akan dipisahkan dari air, adapun

urea yang terbawa pada aliran akan dihidrolisis menjadi NH_3 dan CO_2 . Gas NH_3 dan CO_2 yang terbentuk pada proses ini akan dikirimkan kembali pada seksi *Recovery* yang selanjutnya akan masuk kedalam Carbamate Condenser (R-220) melalui Jet Ejector (G-610) dimana gas akan bercampur dengan produk bawah dari High Pressure Absorber (D-610). Hal ini bertujuan untuk mengurangi konsumsi bahan baku pada proses. Adapun air dan sedikit NH_3 pada Condensate Stripper (D-710) akan dikirim menuju instalasi pengolahan air limbah (IPAL).

V. UNIT DISTRIBUSI UREA

Urea *prill* yang terbentuk pada Prilling Tower (X-510) akan terkumpul pada bagian bawah. Kemudian akan dilakukan Screening pada (H-810) untuk penyesuaian ukuran. Pada bagian atas Prilling Tower (X-510) terdapat *dust scrubbing* yang berfungsi untuk menangkap debu dan urea yang terbawa oleh udara menggunakan air, air yang mengandung urea kemudian akan tertampung sementara pada *dust chamber* dan akan dikirimkan menuju *dissolved tank* bersamaan dengan produk urea *prill* yang memiliki ukuran tidak sesuai, keduanya dilarutkan dengan menggunakan air dan dipompakan kembali menuju Seksi Konsentrasi. Unit distribusi area tertera pada Gambar 10.

Urea dengan ukuran yang sudah sesuai kemudian akan dibawa menggunakan Screw Conveyer (J-810) menuju Urea Bulk Storage (X-810). Urea *prill* yang akan didistribusikan akan masuk kedalam Belt Conveyer (J-830) yang kemudian urea *prill* akan dikirimkan dengan transportasi darat maupun laut.

VI. NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

Pada bab ini disajikan beberapa data yaitu data rekapitulasi neraca massa yang tertera pada Tabel 6. Kebutuhan air dingin tertera pada Tabel 7. Kebutuhan steam pemanas tertera pada Tabel 8 dan Tabel 9 menunjukkan kebutuhan power.

VII. PERALATAN UTAMA

Alat utama yang digunakan pada proses pembuatan garam industri dari garam rakyat, antara lain:

1. Reaktor Sintesa Urea, berfungsi sebagai tempat berlangsungnya pembentukan urea dari Ammonium Carbamate.
2. *Carbamate Condenser*, berfungsi sebagai tempat berlangsungnya pembentukan Ammonium Carbamate.
3. *Stripper*, berfungsi memisahkan kelebihan NH_3 dan mendekomposisikan carbamat yang tidak terkonversi dari larutan sintesa urea.
4. *High Pressure Decomposer*, berfungsi untuk mendekomposisikan sebagian ammonium carbamate yang tidak bereaksi.

5. *Low Pressure Decomposer*, berfungsi untuk mendekomposisikan seluruh ammonium carbamate yang tidak bereaksi.
6. Evaporator 1, berfungsi sebagai tempat untuk memekatkan larutan urea hingga 99% wt dengan menguapkan air.
7. *Flash Separator*, berfungsi memisahkan campuran gas dan liquid.
8. *Prilling Tower*, berfungsi mengubah molten urea menjadi urea *prill* dengan menjatuhkannya dari ketinggian tertentu sehingga akan terjadi proses pendinginan dan solidifikasi.
9. Kompresor, berfungsi menaikkan tekanan gas CO_2 menjadi 155 atm.
10. *Belt Conveyer*, berfungsi mengangkut urea dari Urea Bulk Storage menuju Urea Bin dan masuk kedalam kapal.
11. *Urea Bulk Storage*, berfungsi sebagai tempat penyimpanan urea *prill*.

VIII. ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan salah satu parameter suatu pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Untuk menentukan kelayakan suatu pabrik secara ekonomi, diperlukan perhitungan bahan baku yang dibutuhkan dan produk yang dihasilkan menurut neraca massa, harga peralatan untuk proses berdasarkan spesifikasi peralatan yang dibutuhkan serta analisa biaya yang diperlukan untuk beroperasi dan utilitas, jumlah dan gaji karyawan serta pengadaan lahan. Tabel hasil perhitungan Analisa Ekonomi bisa dilihat pada Tabel 10.

IX. KESIMPULAN

Pabrik Urea dengan proses ACES 21 yang didirikan di Kawasan Industri Teluk Bintuni, Provinsi Papua Barat dapat membantu ketahanan pangan di Indonesia. Dengan hasil analisa ekonomi, didapatkan nilai IRR sebesar 18,26% yang lebih tinggi dari suku bunga bank, yaitu 4,64% per tahun, dengan pengembalian modalnya selama 4 tahun 7 bulan tahun. Oleh karena itu, dapat disimpulkan baik dari segi teknis maupun ekonomi, Pabrik Urea dengan Proses ACES 21 ini layak didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Rahmanian, S. Naderi, E. Supuk, R. Abbas, and A. Hassanpour, "Urea finishing process: prilling versus granulation," *Procedia Eng.*, vol. 102, pp. 174--181, 2015.
- [2] A. Aghajanian and J. Allouche, "Agricultural input subsidies and the green economy: fertilizer subsidies in sub-saharan africa," *IDS Bull.*, vol. 47, no. 1, pp. 1--13, 2016.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 2801: Syarat Mutu Pupuk Urea," Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2010.