

# Upaya Peningkatan Efisiensi Energi di Pupuk Kujang

Maryono\*

PT Pupuk Kujang Cikampek

Jl. Jend. A Yani No. 39 Cikampek, Jawa Barat

## Abstract

ACES21 is an urea manufacturing process technology which is the latest process of Toyo Engineering Corp. (TEC) with some advantages compared with previous technologies. ACES21 is designed with low investment cost and low energy consumption. Compared with the previous process some improvements have been done such as urea reactor that in the previous process was installed at a height of 20-22 meters above the ground, on ACES21 urea reactor was installed at ground level so that it can reduce construction costs. The synthesis process conditions where the urea formation reaction occurs is operated at relatively lower pressure than before that eventually reduces energy consumption. In addition to the ease and reliability of the operation, the urea plant has several on-line monitoring equipment that has not been widely applied such as nitrogen/carbon ratio monitoring, leak detector monitoring, and analyzer monitoring (ACES21, On-line Monitoring, ground Level). With the operation of Kujang IB that already uses ACES21 process, the energy consumption which in the previous process (Kujang 1A) was originally 8.324 Gcal/tonne of urea is reduced to 5.623 Gcal/tonne of urea, resulting in a significant energy saving.

**Key words:** ACES21, urea synthesis, reactor, energy.

## Abstrak

ACES21 adalah teknologi proses pembuatan urea yang merupakan proses terbaru dari Toyo Engineering Corp (TEC) dengan berbagai keuntungan dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. ACES21 dirancang dengan biaya investasi dan penggunaan energi konsumsi yang rendah. Dibandingkan dengan proses sebelumnya beberapa penyempurnaan dilakukan antara lain reaktor urea yang pada proses sebelumnya dipasang pada ketinggian 20–22 meter di atas tanah, pada ACES21 reaktor urea dipasang pada ground level sehingga dapat menurunkan biaya konstruksi. Selain itu, kondisi proses di unit sintesa dimana pada unit ini terjadi reaksi pembentukan urea dioperasikan pada tekanan yang relatif lebih rendah dari sebelumnya. Akibat penurunan tekanan ini, terjadi penurunan konsumsi energi pabrik urea secara total. Selain itu untuk kemudahan dan kehandalan operasi, pabrik urea dilengkapi beberapa peralatan pengamatan langsung yang belum banyak diaplikasikan di dunia seperti N/C monitoring, leak detector monitoring, dan analyzer monitoring (ACES21, On-line Monitoring, Ground Level). Dengan beroperasinya Pupuk Kujang IB yang menggunakan proses ACES21, konsumsi energi yang semula 8,324 Gcal/ton urea menjadi 5,623 Gcal/ton urea, sehingga terjadi penghematan yang sangat signifikan dibanding proses sebelumnya.

**Kata kunci:** ACES21, sintesis urea, reaktor, energi.

## Deskripsi Proses

Pabrik Kujang 1B mulai dibangun pada awal 2003 dan diselesaikan dengan sukses pada tahun 2006. Pabrik ammonia dengan kapasitas 330.000 MT/tahun menggunakan conventional low energy KBR technology dan pabrik urea dengan kapasitas 570.000 MT/tahun dengan teknologi proses ACES21 dari Toyo Engineering Corp. (TEC).

Unit High Pressure Synthesis sebagai tempat terjadinya reaksi pembentukan urea terdiri atas Reaktor, High Pressure (HP) Stripper, dan Carbamate Condenser. Ammonia cair di umpankan ke Reaktor melalui HP Carbamate Ejector

yang selanjutnya menjadi gaya dorong (driving force) untuk sirkulasi larutan di unit sintesa. Sebagian besar gas CO<sub>2</sub> dengan sejumlah udara passivasi diumpankan ke HP Stripper sebagai media stripping dan bahan baku terjadinya reaksi pembentukan urea. Sedangkan sisa gas CO<sub>2</sub> diumpankan ke Reaktor sebagai bahan baku dan sebagai media udara passivasi di reaktor. Reaktor dioperasikan pada suhu 182°C – 184°C, tekanan 152 barG, dan nitrogen/carbon (N/C) rasio : 3,7. Larutan karbamat dari Carbamate Condenser diumpankan ke Reaktor melalui HP Carbamate Ejector dengan motive fluid liquid ammonia tekanan tinggi. Larutan urea keluar dari Reaktor, diumpankan ke HP Stripper untuk memisahkan larutan karbamat yang tidak terkonversi dengan energi panas dan untuk memisahkan kelebihan

\* Alamat korespondensi : email: maryono@pupuk-kujang.co.id, Telp. (0264) 316141 Fax. (0264) 312630

ammonia. Larutan urea hasil stripping dikirim ke unit Purifikasi untuk dimurnikan lebih lanjut, sedangkan off gas dari HP Stripper diumpankan ke Vertical Submerged Carbamate Condenser yang dioperasikan dengan rasio N/C 2,8 – 3,0, temperature 180°C – 182°C, dan 152 barG. Pada top Carbamate Condenser dipasang packed bed untuk menyerap ammonia dan gas CO<sub>2</sub> yang tidak terkondensasi di Carbamate Condenser dengan media larutan karbamat dari unit Recovery. Skema sederhana unit Sintesa pabrik Urea ACES21 dapat dilihat pada Gambar 1.

Reaktor yang merupakan peralatan terberat diletakkan pada ground level. Untuk mensirkulasikan larutan di unit ini digunakan HP Carbamate Ejector. Hal ini berbeda dengan teknologi sebelumnya (CO<sub>2</sub> Stripping) pada umumnya yang meletakkan reaktor pada lokasi tertinggi untuk mendapatkan gaya gravitasi yang optimal. Adanya HP Carbamate Ejector ini juga membuat Carbamate Condenser diletakkan pada tempat yang cukup rendah. Posisi tertinggi pada unit Sintesa ini adalah top Carbamate Condenser yaitu setinggi 30 meter. Penempatan peralatan pada posisi yang cukup rendah ini akan memudahkan penempatan alat pada saat konstruksi, selain memudahkan dari sisi pengoperasian peralatan dan perawatan.

#### Pemilihan kondisi operasi unit sintesa

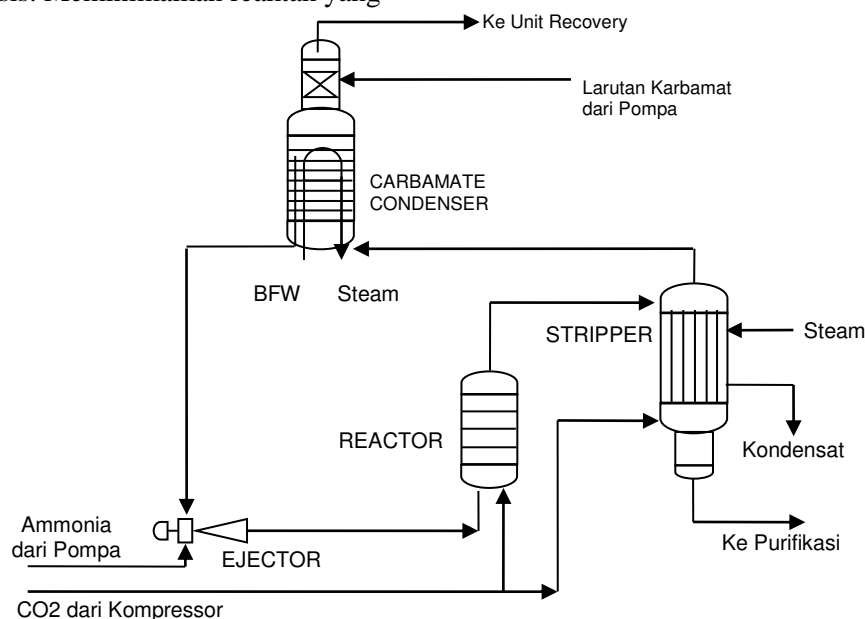
Reaktan yang tidak terkonversi di unit Sintesis akan diserap dan dikondensasikan di unit Recovery untuk selanjutnya diumpankan kembali ke unit Sintesis. Meminimalkan reaktan yang

tidak terkonversi di unit Sintesis akan menurunkan kecepatan sirkulasi dan akan mengurangi kebutuhan uap pemanas pada proses stripping di HP Stripper atau dengan kata lain akan menurunkan energi konsumsi di pabrik urea secara total. Pengurangan reaktan yang tidak terkonversi ini dapat dilakukan dengan cara mengoptimalkan rasio N/C.

Pada ACES21, dimana reaksi pembentukan urea terjadi pada dua tempat yaitu di Reaktor dan di Carbamate Condenser, rasio N/C dijaga masing-masing 2,8 – 3,0 untuk Carbamate Condenser dengan target mengurangi reaktan yang tidak terkonversi yang selanjutnya akan dikirim ke unit Recovery sebagai off gas dan 3,7 untuk Reaktor dengan target memaksimalkan konversi CO<sub>2</sub>. Mengingat kesetimbangan tekanan yang rendah di Carbamate Condenser pada rasio N/C 2,8 – 3,0, tekanan operasi dapat diturunkan seoptimal mungkin. Pada akhirnya, optimasi kondisi operasi ini akan menurunkan energi konsumsi secara keseluruhan.

#### Pemilihan teknologi

Selain keunggulan secara proses, pabrik urea K1B juga dirancang dengan teknologi penunjang yang memudahkan pengoperasian pabrik sehingga menambah reliability, safety, dan ramah lingkungan. Pemilihan material khususnya pada peralatan kritis juga dioptimalkan untuk mengurangi down time dan memudahkan perbaikan. Tabel 1 menunjukkan beberapa pemilihan teknologi pada pabrik ACES21 K1B.



Gambar 1. Skema Unit Sintesis

**On-line leak detector**

HP equipment pada pabrik urea biasanya menggunakan liner plate untuk mengatasi korosi larutan karbamat. Material liner plate dipilih sebagai material yang cukup tahan terhadap korosi, sedangkan shell digunakan material carbon steel. Dengan demikian kebocoran pada liner plate harus selalu dimonitor untuk menghindari kerusakan yang lebih parah pada shell yang relatif tidak tahan terhadap korosi. Secara konvensional, weep holes dipasang untuk mengetahui adanya bocoran pada liner plate. Weep hole dihubungkan dengan space antara liner plate dengan shell. Hole kemudian dihubungkan dengan larutan reagent yang sangat sensitif terhadap ammonia yang ditempatkan pada botol atau "U glass". Selanjutnya apabila terjadi kebocoran pada liner plate, reagent akan berubah warna yang menandakan terjadinya kebocoran. Namun demikian, metoda ini membutuhkan waktu yang relatif lama untuk mendeteksi setiap saat terjadinya kebocoran.

**Table 1. Teknologi Pabrik Urea K1B**

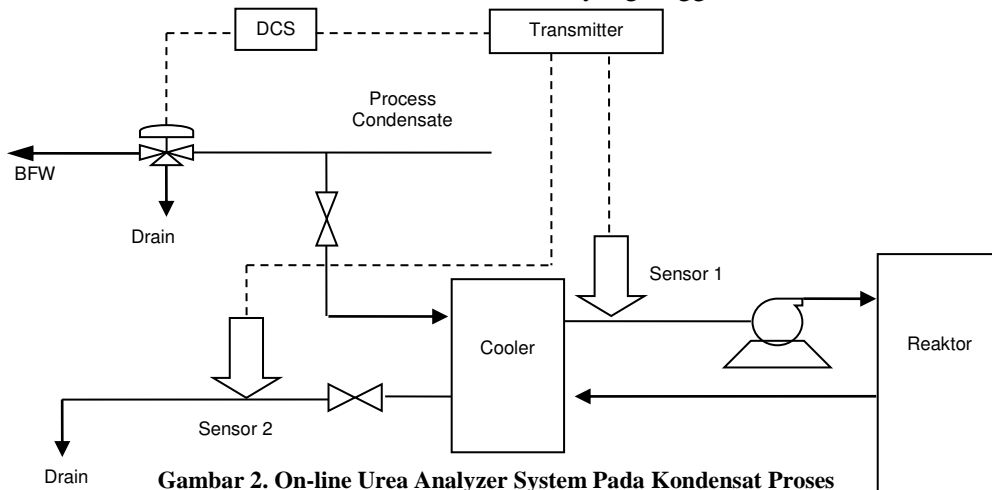
CO <sub>2</sub> Compressor	Centrifugal Compressor, extraction-admission-condensing turbine
Liquid Ammonia Feed	Centrifugal pump dengan condensing turbine
Carbamate Solution Feed	Centrifugal pump dengan condensing turbine
Urea Reactor	Kondisi Operasi : N/C : 3,7 ; 152 barG, bubble column dengan baffle plates
HP Stripper	Falling film CO <sub>2</sub> Stripping. Material : Swirl : DP28W, tube : DP12
HP Condenser	Kondisi Operasi : N/C : 2,9; 152 barG, vertical submerged. Material tube : 25Cr22Ni2Mo
Finishing	Vacuum Evaporation + prilling
Waste Water Treatment	Hydrolizer & stripper digunakan sebagai Boiler Feed Water (BFW)
Liner Leak Deteksi	Monitoring continous on-line dengan sirkulasi nitrogen
Kualitas BFW monitoring	On-line analyzer untuk kandungan urea dalam Proses Kondensate

Pada pabrik urea 1B, liner plate detector system menggunakan gas nitrogen yang disirkulasikan secara kontinyu ke space antara liner plate dan shell. Informasi akan ditransfer langsung ke DCS apabila terjadi kebocoran pada liner plate. Sistem ini dapat lebih cepat untuk memberikan informasi bila terjadi kebocoran. Gas nitrogen disirkulasikan dalam loop dengan gas circulator. Flowmeter dipasang pada setiap inlet connector ke liner plate untuk menjaga dan mengontrol aliran gas nitrogen ke setiap liner plate. Apabila terjadi kebocoran pada liner plate, ammonia akan terikut dalam aliran loop gas nitrogen dan akan terdeteksi oleh detektor ammonia pada skala ppm. Selanjutnya, sinyal dari detektor ini diteruskan ke DCS yang mana operator dapat mengetahui adanya kebocoran sedini mungkin.

**On-line urea analyzer untuk process condensate**

Air (kondensat proses) adalah hasil reaksi pada pembuatan urea yang secara stoikiometris sebesar 0,3 MT/MT urea dan kira-kira 0,5 MT/MT urea untuk skala industri. Air ini mengandung ammonia dan urea yang pada proses konvensional air dibuang ke udara dengan menggunakan cooling tower. Pada proses terkini, kondensat proses yang mengandung ammonia dan urea ini diolah dalam urea hydrolysis dan steam stripping dimana kandungan urea dan ammonia pada kondensat proses lebih rendah dari 1 ppm. Selanjutnya, kondensat proses hasil olahan urea hydrolyzer dapat dimanfaatkan menjadi Boiler Feed Water (BFW).

Namun demikian, kandungan urea dalam kondensat proses ini harus dikontrol secara ketat mengingat urea tidak dapat dihilangkan dalam ion exchanged resin bed. Pada kasus kandungan urea yang tinggi, urea akan terhidrolisis dalam



**Gambar 2. On-line Urea Analyzer System Pada Kondensat Proses**

boiler menjadi CO<sub>2</sub> yang akan menurunkan pH dan pada akhirnya akan mengakibatkan korosi pada boiler. Oleh karena itu, diperlukan monitoring secara kontinyu dan real time pada kondensat proses, sehingga pemasangan on-line Urea Analyzer pada proses kondensat menjadi hal yang sangat penting. Pabrik urea K1B adalah sedikit pabrik urea yang telah mengaplikasikan on-line Urea Analyzer yang secara sederhana dapat digambarkan pada Gambar 2.

Sample diambil secara kontinyu dari aliran proses kondensat dan konsentrasi NH<sub>3</sub> dalam larutan akan diambil pada sensor 1. Kemudian larutan dipompakan dan diumpukan ke Reaktor mini dimana urea akan terhidrolisis. Konsentrasi ammonia dan urea sebagai ammonia diukur pada sensor 2. Konsentrasi urea kemudian dihitung secara otomatis dan ditransfer ke DCS.

### Duplex 28 W

Reaksi pembuatan urea menghasilkan intermediate produk yang sangat korosif terhadap metal. Untuk mengatasi hal tersebut, material harus tahan terhadap korosi selain mempertimbangkan faktor lainnya seperti kekuatan material, kemudahan pengelasan, dan biaya. Beberapa material yang biasa digunakan untuk mengatasi korosi dan pertimbangan beberapa faktor di atas adalah titanium, SS 316-L UG, 25Cr-22Ni-2Mo, dan Duplex. Duplex 28W adalah perkembangan dari material duplex sebelumnya. Penggunaan material DP 28 W yang lebih tahan terhadap korosi pada swirl stripper di pabrik urea K1B ini diharapkan dapat menjaga unjuk kerja stripper tetap baik.

**Tabel 2. Data Test Unjuk kerja Urea 1 B dan Urea 1A**

Parameter	Design Urea 1B	Test Unjuk kerja 1B	Design Urea 1A (TRCI)
Konsumsi Energi, Gcal/Ton	5,623	5,595	8,324
Konsumsi Utility			
Ammonia, Ton/Ton	0,568	0,568	0,572
CO <sub>2</sub> , Ton/Ton	0,74	0,738	0,76
42 kg/cm <sup>2</sup> steam, Ton/ton	1,13	1,035	1,536
Cooling water, m <sup>3</sup> /ton	101	85,1	139
Electric Power, kWh/ton	20	18,74	56
Environment			
Urea Dust, mg/NM <sup>3</sup>	Max 50	41,7	Max 50
Waste Water Treatment			
Urea, ppm	Max 2	0,15	Tidak ada pengolahan limbah
Ammonia, ppm	Max 1	0,36	
Operating Condition			
Tekanan Sintesa, barG	152	152	250
Suhu Sintesa, °C	182 – 184	182 - 184	200

### Unjuk Kerja

Beberapa parameter unjuk kerja pabrik telah dibuktikan dalam perioda performance test selama 14 hari berturut-turut. Parameter-parameter tersebut telah sesuai dengan perancangan pabrik. Tabel 2 menunjukkan unjuk kerja dari beberapa parameter di ACES21 yang dibandingkan dengan parameter untuk pabrik dengan proses sebelumnya (Urea 1A Total Recovery C-Improved).

### Kesimpulan

Pabrik Urea Kujang 1B yang merupakan pabrik generasi terbaru telah berhasil dibangun dan dioperasikan dengan sukses. Beberapa teknologi penunjang telah menunjukkan kinerjanya dengan baik sehingga menunjang kemajuan proses yang low energy consumption dan reliability pabrik yang tinggi.

### Daftar Pustaka

- Listyawan, A.P., 2006. The ACES21 Urea Plant Kujang 1B.  
 Listyawan, A.P., 2006. Process Description for Urea Unit, Toyo Engineering Cooperation.  
 Maryono, Ibrahim, N., 2006. ACES21 Pabrik Urea 1B Proses Teknologi Urea Terkini.