

Evaluasi efisiensi ammonia converter unit ammonia pada industri pupuk urea

R. M. Yusuf Agustria, Al Azhar, Rizka Wulandari Putri*

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Jln. Raya Palembang Prabumulih Km. 32 Inderalaya Ogan Ilir (OI) 30662

Corresponding author: rizka.wulandari07024@gmail.com

ABSTRAK

Ammonia Converter adalah reaktor berkatalis yang berfungsi sebagai tempat reaksi pembentukan NH_3 (amoniak) dari H_2 (hidrogen) dan N_2 (nitrogen). Produktifitas dan efisiensi di pabrik amoniak ditentukan dari hasil *ammonia converter* ini. Gas hidrogen dan nitrogen didapatkan dari keluaran metanator, yang diharapkan memiliki rasio $\text{H}_2:\text{N}_2$ sebesar 3:1. Kedua gas ini direaksikan dalam *ammonia converter* pada suhu dan tekanan yang tinggi. Dari permasalahan yang didapat bahwa terjadi penurunan produksi NH_3 pada *ammonia converter* selama bulan februari. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi performa amoniak konverter dan apa saja yang mempengaruhi performa tersebut. Dari hasil evaluasi didapatkan bahwa kondisi operasi pada *ammonia converter* ini juga akan mempengaruhi dari banyaknya amoniak yang akan dihasilkan. Hal ini dapat dilihat dari hasil konversi hidrogen dan nitrogen, sekitar 15%. Dari hasil evaluasi, didapatkan bahwa produksi NH_3 menurun dari data desainnya, yaitu sebesar 3498,1264 kmol/h pada bulan Februari 2018.

Kata Kunci: *Ammonia Converter*, Efisiensi, Suhu, Tekanan, Rasio

ABSTRACT

Ammonia Converter is a catalytic reactor that functions as a reaction site for the formation of NH_3 (ammonia) from H_2 (hydrogen) and N_2 (nitrogen). The productivity and efficiency in the ammonia unit are adjusted from the results of this ammonia converter. Hydrogen and nitrogen gases are obtained from the methanator output, which is expected to have an $\text{H}_2: \text{N}_2$ ratio of 3: 1. Both of these gases are reacted in ammonia converters at high temperatures and pressures. The main problem of this work is the decrease of NH_3 production in ammonia converter. The aim of this work are evaluate ammonia converter performance and the factors that influence its performance. From the result, the operating conditions in the ammonia converter will also increase from the amount of ammonia to be produced. This can be seen from the results of the conversion of hydrogen and nitrogen, around 15%. From the evaluation results, obtained from NH_3 results decreased from the design data, which amounted to 3498,124 kmol/hour in February 2018.

Keywords: *Ammonia Converter*, efficiency, Temperature, Pressure, Ratio

1. PENDAHULUAN

Ammonia converter merupakan salah satu unit penting dalam proses produksi amoniak khususnya di Unit Amoniak pada industri pupuk urea. *Ammonia Converter* merupakan reaktor berkatalis yang berfungsi sebagai tempat reaksi pembentukan NH_3 (amoniak) dari hidrogen (H_2) dan nitrogen (N_2). Reaktor ammonia converter sangat berpengaruh terhadap produktifitas dan efisiensi di pabrik amoniak dilihat dari peningkatan produksi NH_3 yang di dapat dari hasil keluaran ammonia converter. Sehingga kontrol dan evaluasi terhadap unit ini sangat diperlukan untuk mendapatkan proses yang lebih optimal. Unit Amoniak pada pabrik pupuk urea merupakan unit pabrik tua yang sudah beroperasi sejak tahun 1976 dimana telah mengalami *Ammonia Optimization Project* (AOP) untuk meningkatkan efisiensi pemakaian energi meningkat sebesar 10% dan produksi meningkat sebesar 20% dari kapasitas terpasang. Namun pada waktu tertentu operasi yang terjadi pada Unit Amoniak pada pabrik pupuk urea sering mengalami kendala pada kinerja kompressor, demikian pula katalis yang berada pada ammonia converter telah berumur tua dan belum diganti dari batas umur pemakaiannya.

Dalam pembentukan NH_3 pada ammonia converter, rasio antara $\text{N}_2:\text{H}_2$ sebesar 3:1. Namun pada studi lapangan, perbandingan rasio ini boleh diubah sedikit untuk mendapatkan perbandingan optimum H_2/N_2 dalam campuran gas yang masuk converter.

Proses sintesa amonia terjadi pada unit ammonia converter. Dalam unit ini, gas sintesa (N_2 dan H_2) dari unit pemurnian gas sintesa akan direaksikan menjadi produk ammonia. Ammonia converter berisikan 75m^3 promoted iron catalyst. Katalis diletakkan di dalam internal basket yang terdiri dari beberapa catalyst bed yang terpisah di dalam reaktor. Volume bed semakin bawah akan semakin besar, hal ini dilakukan untuk membatasi panas reaksi yang eksotermis pada bed paling atas (dimana terjadi reaksi tercepat), sehingga converter dapat dijaga pada temperatur yang diinginkan. Penggunaan aliran gas quench yang masuk katalis bed bertujuan untuk mengontrol temperatur converter untuk memungkinkan terbentuknya nilai panas reaksi yang mantap. Reaksi yang

terjadi di dalam ammonia converter adalah sebagai berikut:



Reaksi yang terjadi pada ammonia converter bersifat eksotermis, kenaikan temperatur mengakibatkan kesetimbangan reaksi bergeser ke kiri (reaktan), sehingga hal tersebut menyebabkan produk yang dihasilkan akan berkurang karena akan kembali terurai menjadi reaktan. Mengatasi hal tersebut, maka reaksi tersebut dilakukan pendinginan secara mendadak (quench) oleh feed ammonia converter. Hal itu juga dilakukan agar tidak mengurangi laju reaksi berlebih dan menghindari temperatur mencapai titik konversi kesetimbangan.

Pada bed pertama, NH_3 yang dihasilkan mengalami peningkatan yang sangat tinggi dengan temperatur yang terus meningkat. Jika temperatur terus meningkat dan mencapai kesetimbangan, maka reaksi akan bergeser ke kiri yang menyebabkan NH_3 terurai kembali menjadi reaktan. Oleh karena itu, perlu dilakukan quenching, sehingga temperatur sebelum masuk bed kedua menjadi menurun dan jika temperatur diturunkan, maka yang akan terjadi reaksi yang menghasilkan kalor (eksoterm), untuk mengimbangi kalor yang berkurang tadi. Artinya, reaksi diatas bergeser ke kanan, sehingga jumlah NH_3 akan bertambah meskipun hanya mengalami sedikit peningkatan. Begitu pula seterusnya sampai bed terakhir, sehingga akan didapatkan produk dengan hasil yang diharapkan.

Titik keseimbangan dari reaksi sintesa amoniak tergantung pada kondisi operasi yang diusulkan. Kadar ammonia dalam gas keluaran reaktor kira-kira 15-20% mol. Gas yang tidak terkonversi dikembalikan ke reaktor untuk mendapatkan produksi yang maksimal. Dalam reaksi pembentukan amoniak terdapat beberapa hal yang perlu dikendalikan agar reaksi berjalan optimal. Berikut ini adalah kondisi yang berpengaruh terhadap reaksi di dalam ammonia converter.

1. Temperatur

Temperatur mempengaruhi laju reaksi sintesa dan kesetimbangan amoniak. Karena reaksi sintesa eksotermis, kenaikan temperatur

akan menurunkan derajat kesetimbangan dari amoniak dan pada waktu yang sama akan mempercepat reaksi. Ketika temperatur meningkat, maka laju reaksi akan mengalami peningkatan, namun konsentrasi kesetimbangan amoniak akan mengurangi konversi hidrogen dan nitrogen terhadap amoniak.

Ketika temperatur operasi meningkat, maka konsentrasi kesetimbangan amoniak akan berkurang. Kebanyakan sistem sintesa beroperasi pada temperatur 900°F sampai 1000°F (482°C-538°C). Akan tetapi, secara prakteknya katalis diharapkan untuk beroperasi dengan temperatur yang rendah, yaitu minimal 700°F (371°C), dimana pada temperatur tersebut dapat dicapai konversi yang diinginkan. Hal ini menunjukkan bahwa, pada kondisi jauh dari kesetimbangan, kenaikan temperatur akan menuju pada konversi yang lebih tinggi, sedangkan untuk sistem sintesa yang dekat pada derajat kesetimbangan, kenaikan temperatur akan menuju pada konversi yang lebih rendah. Temperatur yang rendah akan memaksimalkan umur katalis. Secara umum, kinerja katalis stabil pada temperatur 1050°F (566°C), namun katalis akan mengalami penurunan kestabilan apabila berada di atas temperatur tersebut.

2. Tekanan

Tekanan mempengaruhi kesetimbangan dan laju reaksi. Peningkatan tekanan dapat meningkatkan konsentrasi kesetimbangan amoniak dan kecepatan laju reaksi. Hal ini akan mempengaruhi terhadap meningkatnya konversi pada tekanan tinggi. Dengan adanya kompresor sentrifugal, tekanan desain pada ammonia loop berkisar 2000-3000 psig (142-212 kg/cm²)

2.METODOLOGI PENYELESAIAN

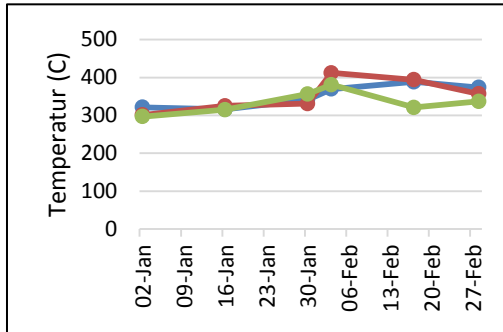
Metodologi penyelesaian meliputi pengumpulan data, pengolahan data, perhitungan dengan simulasi *hysys*, dan pembahasan hasil perhitungan. Pengumpulan data diperoleh dari *manual operation ammonia plant* berupa desain aktual dan data aktual dari *ammonia converter*. Berdasarkan data yang terkumpul, dilakukan pengolahan dan pengelompokan data

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan neraca massa pada ammonia converter dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan pada simulasi *hysys*, yang akan dilihat dengan membandingkan hasil perhitungan data desain dan aktual yang telah di input pada simulasi tersebut. Dari perhitungan data desain dan aktual, dapat diketahui bahwa data desain dengan molar flow inlet sebesar 25464.51 Kgmole/H dan molar flow outlet sebesar 22160 Kgmole/H. Sedangkan data aktual dari hasil simulasi *hysys* di dapat dengan molar flow inlet sebesar 23464 Kgmole/H dan molar flow outlet sebesar 22970 Kgmole/H. Dilihat dari hasil tersebut maka perbandingan desain dengan aktual (secara *hysys*) mengalami penurunan dalam produksi NH₃ dimana pada desain produksi NH₃ menghasilkan 3779.08 Kmol/h sedangkan pada aktual *hysys* NH₃ hanya menghasilkan 3498.1264 Kmol/h. Pada aktual produksi, NH₃ yang dihasilkan sebesar 3531.12 Kmol/h. Namun hal tersebut masih mendekati molar flow design dari data yang didapat yakni 3413.82 Kmol/h. Berikut parameter yang menjadi pertimbangan bahwa hal tersebut terjadi pada reaktor ammonia converter pada industri pupuk urea.

1. Temperatur

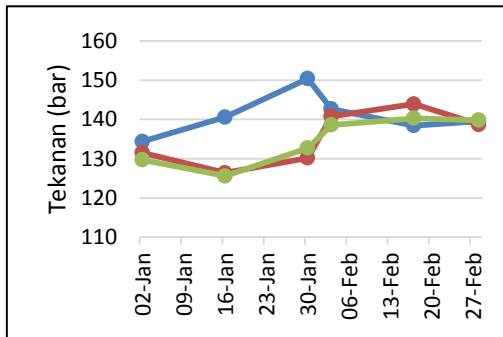
Temperatur pada ammonia converter, memiliki jarak yang tidak terlalu jauh dengan data actual produksinya. Masih adanya perbedaan ini bisa disebabkan dari aplikasi *hysys* yang secara otomatis merekomendasikan suhu yang sesuai. Jumlah amoniak yang didapatkan memiliki selisih yang tidak jauh dari data aktual. Pada kondisi lapangan, jika temperatur meningkat, maka laju reaksi akan mengalami peningkatan, namun konsentrasi kesetimbangan amoniak akan mengurangi konversi hidrogen dan nitrogen terhadap amoniak.



Gambar 1. Perbandingan Temperatur secara Aktual

2. Tekanan

Dapat dilihat bahwa tekanan aktual produksi pada lebih tinggi dibandingkan tekanan aktual pada hysys. Secara teori peningkatan tekanan akan mempengaruhi konversi reaktannya, dimana kenaikan tekanan akan cenderung menggeser reaksi ke kanan sehingga dicapai konversi yang lebih tinggi. Perbedaan tekanan ini penyebabnya sama seperti halnya analisa temperatur, yaitu disebabkan dari hysys yang merekomendasikan tekanannya, agar mampu berjalan prosesnya.



Gambar 2. Perbandingan Tekanan Secara Aktual

3. Ratio H₂/N₂

Ratio H₂/N₂ yang teranalisa pada laboratorium unit pada industri pupuk urea, komposisi ratio % mol H₂/N₂ masih berada pada rentang 2,5–3,8 (design pabrik). Ratio H₂/N₂ menunjukkan pembentukan amoniak berasal dari H₂ dan N₂ dengan perbandingan 3:1.



Berdasarkan studi lapangan, perbandingan dalam feed syn-gas boleh diubah sedikit dari 3:1

untuk mendapatkan perbandingan optimum H₂/N₂ dalam campuran gas yang masuk converter. Sedangkan untuk mencari persen konversi N₂, H₂ sebagai berikut.

Konversi H₂ & N₂ data aktual

$$\begin{aligned} 1) \quad \% \text{Konversi H}_2 &= \frac{\text{Flow H}_2 \text{ input} - \text{Flow H}_2 \text{ output}}{\text{Flow H}_2 \text{ input}} \times 100\% \\ &= \frac{16746,5 - 12337,07}{16746,5} \times 100\% \\ &= 26,3305 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad \% \text{Konversi N}_2 &= \frac{\text{Flow N}_2 \text{ input} - \text{Flow N}_2 \text{ output}}{\text{Flow N}_2 \text{ input}} \times 100\% \\ &= \frac{5576,26 - 4108,45}{5576,26} \times 100\% \\ &= 26,3225 \% \end{aligned}$$

Konversi H₂ & N₂ data Januari 2019

$$\begin{aligned} 1) \quad \% \text{Konversi H}_2 &= \frac{\text{Flow H}_2 \text{ input} - \text{Flow H}_2 \text{ output}}{\text{Flow H}_2 \text{ input}} \times 100\% \\ &= \frac{15987,5467 - 10323,3984}{15987,5467} \times 100\% \\ &= 35,42\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad \% \text{Konversi N}_2 &= \frac{\text{Flow N}_2 \text{ input} - \text{Flow N}_2 \text{ output}}{\text{Flow N}_2 \text{ input}} \times 100\% \\ &= \frac{5328,2838 - 2934,5483}{5328,2838} \times 100\% \\ &= 44,92\% \end{aligned}$$

Konversi H₂ & N₂ data Februari 2019

$$\begin{aligned} 1) \quad \% \text{Konversi H}_2 &= \frac{\text{Flow H}_2 \text{ input} - \text{Flow H}_2 \text{ output}}{\text{Flow H}_2 \text{ input}} \times 100\% \\ &= \frac{15192,2365 - 11209,3691}{15192,2365} \times 100\% \\ &= 26,22\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad \% \text{Konversi N}_2 &= \frac{\text{Flow N}_2 \text{ input} - \text{Flow N}_2 \text{ output}}{\text{Flow N}_2 \text{ input}} \times 100\% \\ &= \frac{5519,8215 - 3792,263}{5519,8215} \times 100\% = 31,29\% \end{aligned}$$

Persen konversi tersebut dipengaruhi oleh perubahan jumlah rasio H_2/N_2 yang akan berdampak pada kenaikan atau penurunan konversi di dalam *ammonia converter*. Variabel operasi utama yang digunakan untuk mengontrol rasio hidrogen dan nitrogen adalah komposisi dari *make up* atau *fresh feed gas*. Volume relatif *fresh feed* dan *purge gas* juga mempengaruhi rasio H_2/N_2 .

Dari perbandingan data desain konversi dan data aktual konversi, dapat diketahui bahwa konversi secara aktual sedikit menurun dibandingkan dengan konversi desain. Hal ini dapat dipengaruhi dari adanya penurunan tekanan pada ammonia converter.

Sesuai dengan prinsip kesetimbangan, bahwa semakin menurunnya tekanan reaksi, maka reaksi akan cenderung bergeser ke kiri, sehingga menyebabkan menurunnya konversi reaksi, begitupun sebaliknya

4. KESIMPULAN

1. Produksi amoniak pada ammonia converter di industri Pupuk Urea mengalami penurunan dari standar desainnya. Pada desain produksi dihasilkan ammonia 3779,0886 Kmol/h sedangkan pada aktual produksi NH_3 hanya menghasilkan 2645,5943 Kmol/h pada saat bulan Januari 2018 dan 3498,1264 Kmol/h pada saat bulan Februari 2018.
2. Kinerja amoniaa converter dipengaruhi oleh temperatur, tekanan dan rasio umpan N_2 dan H_2 .

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. A. 2010. Evaluasi Kinerja dan Prekdiksi Pergantian Katalis Ammonia Converter Pada Pabrik Ammonia. (Online) : <http://ejurnal.pnl.ac.id/index.php/JSTR/article/view/188> (Diakses pada Tanggal 28 November 2019)
- Anonim. PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang (Pusri) Proses Produksi Amonia. (Online) : www.pusri.co.id/ina/amonia-proses-produksi-amonia/. (Diakses pada Tanggal 21 November 2019)
- Arif, A., dkk. 2014. Deskripsi Proses PUSRI-III. Palembang: PT. Pupuk Sriwidjaja.
- Felder, R. M. 1986. Elementary Principles of Chemical Processes 2th edition. New York: John Wiley & Sons.
- Levenspiel, O. 1962. Chemical Reaction Engineering 3th edition. New York: Mc.Graw Hill Book Company.
- Lide, D. R. 1913. CRC Handbook of Chemistry and Physics. New York: CRC Press LLC.
- Perry, R. H. 1996. Chemical Engineering Handbook 7th edition. New York: Mc.Graw Hill Book Company.
- Smith, J. M. 1984. Chemical Engineering Thermodynamics 6th edition. New York: Mc.Graw Hill Book Company.
- Tim Persiapan Operasi Ammonia Plant PUSRI-III. 1992. *Operating Intruction Manual*. Palembang: PT. PUSRI Palembang.
- Tim Persiapan Operasi Urea Plant PUSRIII. 1992. *Operating Instruction Manual*. Palembang: PT. PUSRI Palembang.