

# Evaluasi kinerja ammonia converter pabrik urea ditinjau dari konversi N<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> dengan menggunakan hysys

Nurafni Oktafia Siringo-ringo<sup>1</sup>, Indah Sari<sup>1</sup>, Selpiana<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Student Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
<sup>2</sup>Lecturer Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
Jln. Raya Palembang Prabumulih Km. 32 Inderalaya Ogan Ilir (OI) 30662  
Corresponding author: selpiana@ft.unsri.ac.id

## ABSTRAK

*Ammonia converter* merupakan salah satu unit penting dalam proses produksi amoniak khususnya di Unit Amoniak pada pabrik urea. *Ammonia converter* merupakan reaktor yang terdiri dari tiga Bed dan memiliki katalis berfungsi sebagai tempat reaksi terjadinya pembentukan amoniak (NH<sub>3</sub>) dari hidrogen (H<sub>2</sub>) dan nitrogen (N<sub>2</sub>). *Performance* reaktor *ammonia converter* mempengaruhi produktivitas dan efisiensi di pabrik amoniak dilihat dari peningkatan produksi NH<sub>3</sub> yang di dapat dari hasil keluaran *ammonia converter*. Reaktor amonia konverter dievaluasi dengan tujuan untuk mengetahui *performance* reaktor *ammonia converter* ditinjau dari konversi H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>. Evaluasi yang dilakukan berupa konversi H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> menjadi NH<sub>3</sub> dengan perbandingan nilai antara perhitungan data desain dan data aktual. Berdasarkan data yang diolah pada 30 September, 30 Oktober, dan 30 November tahun 2018 didapatkan konversi tertinggi yaitu pada 30 Oktober 2018. Konversi tersebut didapatkan H<sub>2</sub> sebesar sebesar 30,32% dan konversi N<sub>2</sub> sebesar 33,72%.

Kata kunci: konversi, *ammonia converter*, *ammonia*.

## ABSTRACT

*Ammonia converter* is one of the important units in ammonia production process, especially in the Ammonia Unit. *Ammonia converter* is a reactor consisting of three beds and has a catalyst which functions as a reaction place for the formation of ammonia (NH<sub>3</sub>) from hydrogen (H<sub>2</sub>) and nitrogen (N<sub>2</sub>). The performance of the ammonia converter reactor affects the productivity and efficiency of the ammonia plant seen from the increase in NH<sub>3</sub> production obtained from the output of ammonia converter. Evaluation of ammonia converter reactor intend to find out the performance of the ammonia converter reactor in case of H<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>, it was carried out in the form of conversion of H<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> into NH<sub>3</sub> by comparing the values between the calculation of design data and actual data. Based on data processed on September 30, October 30, and November 30, 2018, the highest conversion was obtained on October 30, 2018. The conversion was obtained H<sub>2</sub> by 30.32% and N<sub>2</sub> conversion by 33.72%.

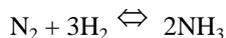
Keywords: Conversion, *ammonia converter*, *ammonia*.

## 1. PENDAHULUAN

Proses sintesa amonia terjadi pada unit *Ammonia converter*. Dalam unit ini, gas sintesa (N<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>) dari unit pemurnian gas sintesa

akan direaksikan menjadi produk *ammonia*. *Ammonia converter* berisikan *promoted iron catalyst*. Katalis ini terdapat dalam *bed* yang terdiri dari beberapa *catalyst bed* yang terpisah

di dalam reaktor. Pada *Ammonia converter* terjadi reaksi 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. Pada *bed* pertama,  $\text{NH}_3$  yang dihasilkan mengalami peningkatan yang sangat tinggi dengan temperatur yang terus meningkat. Oleh karena itu, perlu dilakukan pendinginan dengan *interchanger*, sehingga temperatur sebelum masuk *bed* kedua menjadi menurun. Temperatur yang diturunkan tersebut akan mengakibatkan terjadinya reaksi yang menghasilkan kalor (*eksoterm*), untuk mengimbangi kalor yang berkurang tadi. Artinya, reaksi diatas bergeser ke kanan, sehingga jumlah  $\text{NH}_3$  akan bertambah meskipun hanya mengalami sedikit peningkatan. Begitu pula seterusnya sampai *bed* terakhir, sehingga didapatkan dengan hasil yang diharapkan.

Kinerja amonia konverter dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain temperatur, tekanan, rasio  $\text{H}_2/\text{N}_2$ , gas inert, space velocity dan konsentrasi  $\text{NH}_3$  inlet.

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 dan meningkatkan konversi reaksi. Kebanyakan *converter* didesain untuk memberikan konversi yang optimal dengan terlokasinya temperatur maksimum atau *hot spot* pada bagian *bed* atas dan semakin mengalami penurunan menuju keluarannya.

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  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

*Feed syn-gas (make up*, tidak termasuk *recycle*) yang menuju ke seksi sintesa harus mempunyai perbandingan  $\text{H}_2$  terhadap  $\text{N}_2$  berkisar 3:1. Hal ini dikarenakan pembentukan amoniak berasal dari  $\text{H}_2$  dan  $\text{N}_2$  dengan perbandingan 3:1. Perbandingan dalam *feed syn-gas* boleh diubah sedikit dari 3:1 untuk mendapatkan perbandingan optimum  $\text{H}_2:\text{N}_2$  dalam campuran gas yang masuk *converter*. Berdasarkan desain pada pabrik, rasio  $\text{H}_2/\text{N}_2$  yang baik berkisar diantara 2,6–3. Perubahan jumlah rasio  $\text{H}_2/\text{N}_2$  akan berdampak pada kenaikan atau menurunnya 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*. Volum relatif *fresh feed* dan *purge gas* juga mempengaruhi rasio  $\text{H}_2/\text{N}_2$ .

Metana dan argon adalah komponen inert yang terdapat pada aliran *syn gas*. Komponen ini tidak berbahaya terhadap katalis sintesa dan tidak mengalami reaksi sintesa, namun dapat membawa dampak negatif terhadap laju reaksi dan kesetimbangan. Gas inert ini dialirkan keluar dari *recycle compressor* secara terus menerus agar jumlahnya tidak naik, dimana akan berakibat pada menurunnya konversi dan kapasitas produksi. Aliran *purge gas* diperlukan untuk mengontrol konsentrasi  $\text{CH}_4$  dan gas inert lainnya agar dapat dijaga serendah mungkin di daerah sintesa, karena akan mengakibatkan penurunan konversi, kenaikan tekanan dan mengurangi kapasitas produksi.

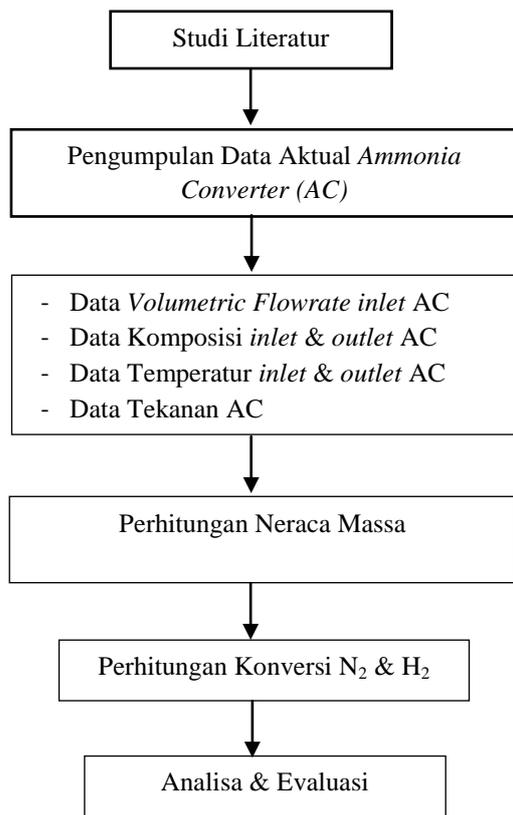
Perubahan total laju alir *feed* akan mempengaruhi waktu kontak dan konversi, dan sebagai hasilnya, akan berdampak pada produksi amoniak. Apabila *space velocity* meningkat, dengan adanya peningkatan laju alir *recycle*, produksi amoniak per unit waktu akan meningkat, walaupun konversi setiap *pass* menurun seiring dengan menurunnya waktu kontak.

Konsentrasi  $\text{NH}_3$  inlet akan mempengaruhi konversi, hal tersebut dapat dilihat dengan penurunan jumlah keluaran amoniak dari *converter*. Adanya penurunan tersebut akan meningkatkan konsentrasi amoniak inlet agar

tidak terjadi penurunan keluaran ammonia dari *converter* kembali.

## 2. METODOLOGI

Diagram Alir Evaluasi



**Gambar 1.** Diagram Alir Evaluasi

### Metode Perhitungan

Untuk melakukan perhitungan evaluasi kinerja *Ammonia converter*, diperlukan data-data khusus yang akan diolah dalam perhitungan. Data yang diperoleh dapat dibagi menjadi dua jenis, antara lain yaitu data desain dan data aktual. Data tersebut diperoleh dari *Control Room* unit industri pupuk urea yang diambil pada tanggal 1-10 Februari 2019. Data operasi yang dibutuhkan yaitu *pressure drop*, komposisi *input & output*, temperatur *input & output*, tekanan *input converter*, dan *flowrate input & output* pada *ammonia converter*. Data-data yang digunakan dalam mengevaluasi kinerja *Ammonia converter* pada industri Pupuk

urea diambil sebanyak 3 data yaitu pada tanggal 30 September 2018, 31 Oktober 2018 dan 30 November 2018, dimana data tersebut diambil karena data kondisi operasi tersebut merupakan data terbaru yang terekam pada data panel kontrol saat kerja praktek ini berlangsung.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari *Control Room* unit industri pupuk urea diambil sebanyak 3 data yaitu pada tanggal 30 September 2018, 31 Oktober 2018 dan 30 November 2018. Data tersebut dihitung neraca massanya dengan menggunakan Hysys 8.8, sehingga konversi  $N_2$  dan  $H_2$  dapat dihitung setiap Bed. Selain itu, konversi  $N_2$  dan  $H_2$  dapat dihitung secara manual (menggunakan microsoft excel) keluaran reaktornya secara langsung.

**Tabel 1.** Data Desain *Ammonia Converter* pada industri pupuk urea

Parameter	Satuan	Input	Produk
Temperatur	°C	232,4	459
Tekanan	Kg/cm <sup>2</sup>	177,9	177
Berat Mol Rata-Rata	kg/kmol	10,381	11,97
Densitas	kg/m <sup>3</sup>	41,30	33,16
Laju Molar	kmol/h	24928,8	21626
Laju Massa Laju	kg/h	258782	258782
Komponen	kmol/hr		
CH <sub>4</sub>		1914,53	1838,21
H <sub>2</sub>		16276,0	11321,21
N <sub>2</sub>		1	5394,59
Ar		927,35	3743,46
NH <sub>3</sub>		416,31	927,75
			3719,67

(Sumber: *Process Departement PT. Pupuk Sriwidjaja, 1990*)

### Perhitungan Konversi

$$\text{Konversi } N_2 \text{ desain} = \frac{\text{mol input} - \text{mol output}}{\text{mol input}} \times 100\%$$

$$\text{Konversi H}_2 \text{ desain} = \frac{\text{mol input} - \text{mol output}}{\text{mol input}} \times 100\%$$

**Tabel 2.** Konversi H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> pada tiap bed Amonnia Converter pada Tanggal 30 September 2018

Bed	Konversi (%)	
	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
1	28,62	23,95
2AB	5,94	4,67

**Tabel 3.** Konversi H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> pada tiap bed Amonnia Converter pada Tanggal 30 Oktober 2018

Bed	Konversi (%)	
	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
1	27,20	30,24
2AB	4,29	4,98

**Tabel 4.** Konversi H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> pada tiap bed Amonnia Converter pada Tanggal 30 November 2018

Bed	Konversi (%)	
	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
1	27,56	27,11
2AB	4,35	4,25

**Tabel 5.** Perbandingan Konversi Data Desain dan Aktual

Senyawa	Desain	Aktual		
		31 Sep 2018	30 Okto 2018	30 Nov 2018
N <sub>2</sub>	30,44%	27,51 %	33,72 %	30,22%
H <sub>2</sub>	30,60%	32,87 %	30,32 %	30,72%

*Perhitungan Konversi secara Manual (Menggunakan Microsoft Excel)*

**Tabel 6.** Konversi H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> Amonnia Converter pada Tanggal 30 September 2018

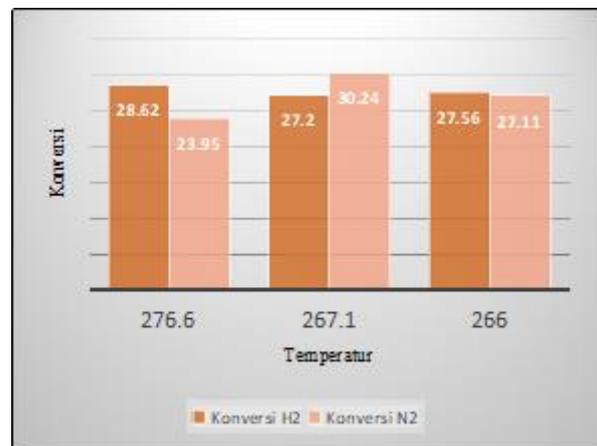
Senyawa	Konversi
H <sub>2</sub>	19,69%
N <sub>2</sub>	13,76%

**Tabel 7.** Konversi H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> Amonnia Converter pada Tanggal 30 Oktober 2018

Senyawa	Konversi
H <sub>2</sub>	17,58%
N <sub>2</sub>	20,21%

**Tabel 8.** Konversi H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> Amonnia Converter pada Tanggal 30 November 2018

Senyawa	Konversi
H <sub>2</sub>	17,87%
N <sub>2</sub>	17,72%



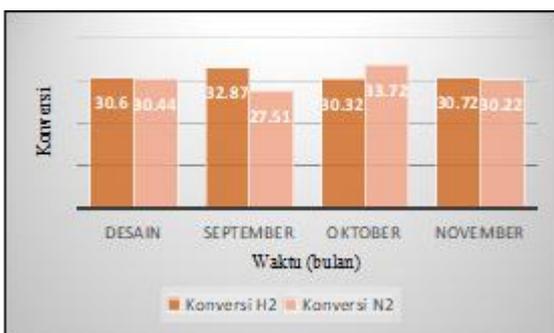
**Gambar 2.** Temperatur Masuk bed 1 terhadap Konversi N<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> Secara Aktual

Dapat dilihat dari Gambar 2. bahwa konversi H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> yang paling tinggi pada tanggal 30 Oktober 2018 pada suhu 267,1°C yaitu konversi H<sub>2</sub> sebesar 27,2% dan konversi N<sub>2</sub> sebesar 30,24%. Konversi paling rendah adalah pada tanggal 30 September pada suhu 276,6°C dengan nilai sebesar 28,62% untuk konversi H<sub>2</sub> dan 23,95% untuk N<sub>2</sub>. Pada tanggal 30 Oktober 2018 dengan suhu 267,1°C mengalami kenaikan konversi, padahal temperatur yang terjadi pada setiap data aktual tidak begitu jauh.



**Gambar 3.** Tekanan pada *Ammonia Converter* terhadap koversi N<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> Secara Aktual

Pada Gambar 3. menunjukkan pada tekanan *ammonia converter* pada data desain adalah sebesar 178,4 kg/cm<sup>2</sup> dengan konversi N<sub>2</sub> adalah sebesar 29,78% dan konversi H<sub>2</sub> sebesar 30,43%. Pada 3 bulan terakhir konversi N<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> yang paling tinggi terdapat pada 30 Oktober 2018 dengan tekanan 174,01 kg/cm<sup>2</sup> didapat konversi N<sub>2</sub> sebesar 33,72% dan H<sub>2</sub> sebesar 30,32%. Konversi paling rendah terdapat pada 30 september 2018 dengan konversi N<sub>2</sub> sebesar 27,51% dan konversi H<sub>2</sub> sebesar 32,87% pada tekanan *ammonia converter* sebesar 173,42 kg/cm<sup>2</sup>. Dari Gambar 3. didapat bahwa semakin tinggi tekanan pada *ammonia converter* maka konversi N<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> juga semakin tinggi.

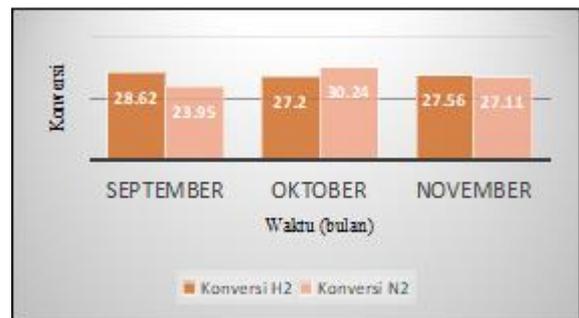


**Gambar 4.** Perbandingan Rasio H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> pada *Ammonia Converter* terhadap konversi N<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> Secara Aktual

Dari Gambar 4. dapat dilihat bahwa hal yang paling berpengaruh dari data setiap akhir bulan

September, Oktober, dan November yaitu perbandingan H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> pada bulan Oktober perbandingan H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> adalah 2,92:1 dengan konversi H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> yang paling kecil. Pada bulan Oktober perbandingan antara H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> sebesar 3,33:1. Dari data diatas dapat di lihat bahwa jarak antara rasio setiap bulan tidak begitu jauh sehingga konversinya juga menghasilkan data yang tidak begitu jauh pula.

Dari ketiga faktor yang sangat mempengaruhi konversi dari H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> yaitu temperatur, tekanan, dan perbandingan H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> didapatlah hasil konversi dari setiap bed mulai dari September sampai November.



**Gambar 5.** Perbandingan Konversi H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>



pada *Ammonia Converter* dari September sampai November tahun 2018 pada Bed 1

**Gambar 6.** Perbandingan Konversi H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> pada *Ammonia Converter* terhadap konversi N<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> Secara Aktual



**Gambar 7.** Perbandingan Konversi H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> pada *Ammonia Converter* dari Data Desain dan Aktual



**Gambar 8.** Perbandingan Perhitungan Konversi H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> dengan Menggunakan Hysys 8.8 dan Manual

Dilihat dari Gambar 5 dan 6 menunjukkan bahwa konversi tertinggi berada pada bed 1. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 6 yang menunjukkan grafik kesetimbangan antara jumlah NH<sub>3</sub> yang terbentuk dengan suhu kondisi operasi, pada bed 1 menunjukkan jumlah kenaikan NH<sub>3</sub> yang paling tinggi dikarenakan perbedaan temperatur *inlet* dan *outlet* yang paling tinggi. Setelah keluar dari bed 1 aliran mengalami pendinginan lalu masuk ke dalam bed 2A, pendinginan bertujuan agar reaksi menjauhi titik kesetimbangan dan meningkatkan jumlah dari NH<sub>3</sub> yang terbentuk. Setelah keluar bed 2A aliran masuk bed 2B baru keluar dari *ammonia converter*.

## KESIMPULAN

1. Konversi H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> yang terdapat pada *Ammonia Converter* yang ditinjau pada 30

September, 30 Oktober, dan 30 November pada tahun 2018 diperoleh konversi tertinggi pada 30 Oktober 2018 yaitu konversi H<sub>2</sub> sebesar 30,32% dan konversi N<sub>2</sub> sebesar 33,72%.

2. Konversi pada Bed 1 dan Bed 2AB mempunyai konversi yang berbeda, konversi yang tertinggi terjadi pada Bed 1 pada 30 Oktober 2018 yaitu H<sub>2</sub> sebesar 27,2% dan N<sub>2</sub> sebesar 30,24%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1992. *Buku Petunjuk Operasi Pabrik Amonia PUSRI IB*. Palembang: PT. Pupuk Sriwidjaja.
- Arif, A., dkk. 2014. *Deskripsi Proses PUSRI-IB*. Palembang: PT. Pupuk Sriwidjaja.
- Felder, M. R., dan Rousseau, R. W. 2005. *Elementary Principles of Chemical Process 3dr Ed*. New York: John Wiley & Sons.
- 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.
- Green, D. W., dan Perry, R. H. 2008. *Perry's Chemical Engineers Handbook 8th Ed*. New York: McGraw-Hill's.
- Tim Persiapan Operasi Ammonia Plant PUSRI-IB. 1992. *Operating Intruction Manual*. Palembang: PT. PUSRI Palembang.
- Tim Persiapan Operasi Urea Plant PUSRI-IB. 1992. *Operating Instruction Manual*. Palembang: PT. PUSRI Palembang.
- Tim Persiapan Operasi Ammonia Plant PUSRI-IB. 1992. *Standard Instuction Manual*. Palembang: PT. PUSRI Palembang.