

**EVALUASI KINERJA DAN PREDIKSI PERGANTIAN
KATALIS AMMONIA CONVERTER (61-105-D)
PADA PABRIK AMMONIA-2 PT. PIM**

Abdullah^{1*}, Satriananda², Helmi²

^{1*} DIV Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe

²Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: ab.dolz@ymail.com

ABSTRAK

Ammonia Converter adalah reaktor pembentukan ammonia dengan bantuan katalis *Promoted Iron*. Reaktor ini beroperasi pada temperatur 350-500 °C dan tekanan 125-135 Kg/cm²G dengan kontrol konversi ammonia antara >12-17,7%. Kinerja *Ammonia Converter* akan terganggu jika kondisi bahan baku dan pengoperasian pabrik tidak optimal. *Ammonia Converter* Pabrik Ammonia-2 PT. Pupuk Iskandar Muda telah dioperasikan selama 7 tahun, sehingga kemungkinan terjadi penurunan kinerja, untuk itu diperlukan evaluasi terhadap kinerja *Ammonia Converter* dan mengkaji hasil konversi ammonia pada kondisi aktual dibandingkan dengan kondisi disain serta memprediksi waktu pergantian katalisnya. Hasil konversi ammonia aktual yang diperoleh rata-rata 16,22%, paling tinggi 17,27% dan terendah 15,72%. Hasil prediksi terhadap waktu pergantian katalis, diperoleh *life times* katalis 2,81 tahun lagi terhitung mulai tanggal 1 Nopember 2012 atau harus diganti pada pertengahan tahun 2015.

Kata kunci : *ammonia, ammonia converter, katalis*

ABSTRACT

Ammonia Converter is a reactor for ammonia formation with *Promoted Iron* catalyst. It operating at temperature 350-500 °C and pressure 125-135 Kg/cm²G with ammonia outlet conversion >12 to 17.7%. The performance of the reactor will be disrupted if the condition of the raw material and plant operation not optimal. *Ammonia Converter* in Ammonia-2 unit PT. Pupuk Iskandar Muda has been operated for 7 years, so it need to be evaluated because of declining actual performance compared with design and predicting future conditions for catalyst exchange. Actual ammonia conversion results obtained on average 16.22%, 17.27% highest and the lowest 15.72%. Prediction results against time change catalyst, a catalyst obtained life times of 2.81 years commencing from 1 November 2012 or must be replaced in mid-2015.

Keywords: *ammonia, ammonia converter, catalyst*

PENDAHULUAN

Ammonia (NH_3) yang terbentuk dari sintesa gas alam merupakan salah satu bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan urea [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$]. Ammonia diperoleh dari gas alam yang terlebih dahulu diubah menjadi gas sintesa. Gas sintesa berupa gas hidrogen dan nitrogen dengan perbandingan 3:1 serta gas *inert* meliputi metana dan argon yang dikompres sampai 172 $\text{Kg/cm}^2\text{G}$ diumpankan ke *Ammonia Converter*.

Ammonia Converter adalah reaktor pembentukan ammonia dengan bantuan katalis *Promoted Iron (Fe Base Catalyst)*. Temperatur operasi *Ammonia Converter* 350-500 °C dan tekanannya 125-135 $\text{Kg/cm}^2\text{G}$. Komponen kontrol *Ammonia Converter* adalah NH_3 outlet *Converter* >12-17, 7%.

Setelah 7 tahun beroperasi, diperkirakan terjadi penurunan kinerja akibat pengaruh berbagai faktor, untuk itu diperlukan evaluasi terhadap kinerja *Ammonia Converter* dan mengkaji hasil konversi ammonia pada kondisi aktual dibandingkan dengan kondisi disain serta memprediksi waktu pergantian katalisnya.

Ammonia Converter

Ammonia Converter merupakan reaktor berbentuk bejana tekan yang berisi sebuah *cartridge* terdiri dari katalisator dan bagian pertukaran panas. *Cartridge* biasanya dibuat dari baja tahan karat dan pada umumnya dapat dilepas dari bejananya.

Ammonia Converter menggunakan disain KBR dengan 2 *bed horizontal*. *Converter* ini terdiri dari *basket* yang dapat dilepas (ditarik

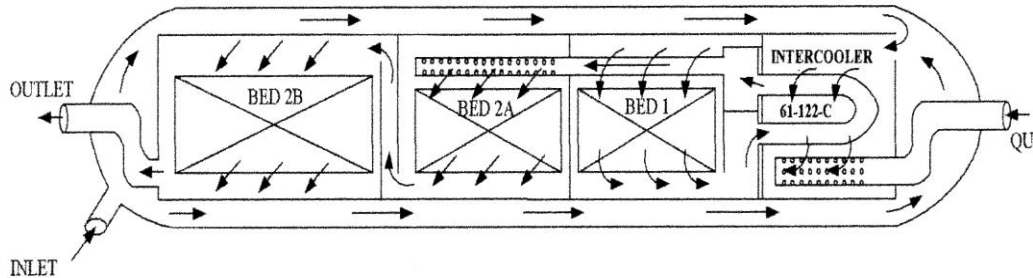
keluar *vessel*) dan *Heat Exchanger* (61-122-C). Pola aliran gas didalam *Ammonia Converter* di disain sedemikian rupa sehingga seluruh aliran gas akan merata melewati katalis, gas umpan *Ammonia Converter* mengalir melewati *annulus* pada bagian dalam *vessel* dan diluar *shell*. Keadaan ini membuat *shell* tetap pada kondisi dingin. Gas kemudian mengalir melalui *shell side Ammonia Converter Interchanger* (61-122-C) yang berfungsi untuk memanaskan gas yang menuju *bed* katalis pertama dengan menggunakan panas dari hasil reaksi *bed* katalis sebelumnya (Anonymous, 2006).

Pabrik Ammonia-2 PT. Pupuk Iskandar Muda menggunakan *Ammonia Converter* jenis terbaru yaitu *Horizontal Ammonia Converter* yang menghasilkan konversi ammonia lebih besar dibandingkan *Vertical Ammonia Converter*.

Horizontal Ammonia Converter terdiri dari 3 *bed* yaitu *bed 1*, *bed 2A* dan *bed 2B*. *Basket converter* terletak di dalam *shell annular space* antara *shell* dan *basket* melewati gas yang bertujuan untuk mempertahankan *shell* tetap dingin. *Flow* gas normalnya memasuki *converter shell* melalui *inlet nozzle* mengalir di sekitar *basket* katalis eksternal untuk menyerap panas dan mendinginkan *shell* secara bersamaan.

Proses Sintesa Ammonia

Ada beberapa proses untuk mensintesa ammonia, antara lain *Haber-Boschs*, *Claude*, *Casale*, *Fausser*, *Mont Cenis* dan *Kellog*. Pabrik Ammonia-2 PT. Pupuk Iskandar Muda menggunakan proses *Kellog*.



Gambar 1. Aliran gas sintesa dalam *Horizontal Ammonia Converter* (reaktor pembentukan ammonia).

Proses pembuatan ammonia dari hidrogen dan nitrogen tidak dapat berlangsung sempurna hanya dengan sekali melewati *Converter* (*one pass through*). Produk ammonia dapat dipisahkan dari sirkulasi gas dengan mudah, yaitu melalui pendinginan gas dengan air pendingin atau refrigerasi sehingga ammonia terkondensasi. Hal ini dapat terjadi karena adanya perbedaan titik didih tiap gas.

Slack dan James (1973) menjelaskan bahwa banyak hal yang mempengaruhi kinerja *loop*, dari pemilihan parameter kontrol yang tepat untuk mendapatkan kesetimbangan yang optimum disamping penghematan biaya produksi dan kehandalan operasi rasional. Variabel operasi yang sangat berpengaruh adalah tekanan, temperatur *Converter*, laju sirkulasi gas, temperatur kondensasi ammonia, volume katalis, dan aktifitas katalis.

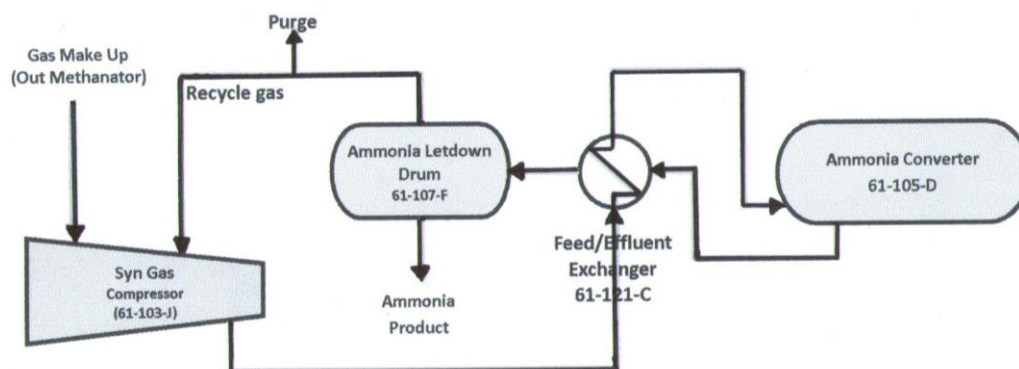
Gas *make up* dan gas *recycle* yang meninggalkan *Syn Gas Compressor* (61-103-J) dipanaskan lebih dahulu di dalam *Ammonia Converter Feed/Effluent Exchanger* (61-121-C). Gas tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam *Ammonia Converter* (61-105-D). Penambahan gas *make up* selalu

dilakukan ke dalam sistem dan gas tersebut telah dilakukan pengeringan di *Dryer* (61-109-D). Proses yang demikian ini membuat kondisi konsentrasi ammonia *inlet Ammonia Converter* rendah, sehingga hasil reaksi *per pass* menjadi lebih besar serta rendahnya kebutuhan akan *recycle gas*.

Metode Evaluasi Katalis

Untuk mengetahui kapan katalis harus diganti, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap aktifitas katalis tersebut. Dari hasil evaluasi maka dapat diramalkan berapa sisa umur katalis dengan mencatat atau memperhatikan faktor-faktor lain seperti penurunan tekanan (*Pressure Drop*) yang disebabkan oleh terjadinya penumpukan kotoran (*Dusk Accumulation*) atau terjadinya *carry over* dari *up stream*.

Adapun metode-metode yang digunakan untuk mengevaluasi aktifitas katalis antara lain Metode Grafis A, Metode Grafis B dan Metode Approach Temperatur. Metode Grafis A biasanya dihubungkan dengan kondisi operasi sehari-hari atau setiap bulan yang ditunjukkan oleh *recorder* baik otomatis ataupun manual (*Log Sheet*).



Gambar 2. Flow sheet sintesa NH₃ (Loop System) Pabrik Ammonia-2 PT. PIM

Kondisi operasi yang dimaksud biasanya adalah produksi, *stream days*, tekanan dan temperatur (Twigg.M.V, 1997).

Metode grafis B atau disebut juga tiga titik pengukuran dalam unggun katalis.

$$T = T_{out} - T_{in}$$

$$\Delta T_1 = (T_1 - T_{in})/T$$

$$\Delta T_2 = (T_2 - T_1)/T$$

$$\Delta T_3 = (T_3 - T_1)/T$$

$$\Delta T_4 = (T_{out} - T_3)/T$$

Lalu diplotkan T₁, T₂, T₃ dan T₄ dengan waktu operasi. Kalau T₂ diturunkan dan T₃ dinaikkan dapat diperkirakan bahwa bagian atas *bed* tidak aktif dan umur katalis dapat ditentukan secara grafis dari waktu untuk T₃ dan T₄ dari range titik pengukuran pada thermocouple (Twigg.M.V, 1997).

Metode Approach Temperatur; Bila temperatur approach sama atau lebih rendah daripada temperatur disain, maka katalis tersebut dianggap masih bekerja dengan baik. Namun, bila temperatur approach lebih tinggi dari disain dan temperatur *inlet* katalis *batch* juga lebih tinggi dari disain, maka dapat dikatakan katalis tersebut

sudah keracunan atau mendekati umur akhir penggunaannya (Twigg.M.V, 1997).

METODE PENGAMATAN

Pengamatan dilakukan selama 4 hari (Tgl 06 - 09 Nopember 2012) dan tempat pengamatan dilakukan di *Loop System* Pabrik Ammonia-2 PT. PIM, dengan kegiatan sebagai berikut:

1. Observasi, mengamati langsung ke lapangan yaitu ke unit Ammonia-2 PT. Pupuk Iskandar Muda.
2. Wawancara, yaitu melakukan tanya jawab dengan operator atau Superintendent Pabrik.
3. Studi literatur, yaitu mempelajari dan membandingkan antara data literatur dengan data yang diperoleh di lapangan.
4. Pengumpulan data-data yang akan digunakan untuk perhitungan.
5. Analisis, yaitu pembahasan dengan cara membandingkan hasil pengolahan data dengan disain dan menarik kesimpulan yang tepat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Disain proses pembentukan ammonia dengan perbandingan rasio H_2/N_2 sebesar 3, 00 menghasilkan konversi NH_3 antara >12-17, 7%. Dari hasil perhitungan terhadap data operasi tanggal 6 s.d 9 Nopember 2012 didapatkan hasil konversi NH_3 yang keluar dari *Ammonia Converter* tidak mencapai disain maksimum, rata-rata hanya 16,22% namun masih dalam range >12-17,7%. Persentase (%) konversi NH_3 dapat dilihat pada Gambar 3.

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa hasil konversi tertinggi didapat pada tanggal 7 Nopember 2012 sebesar 17,27% dengan tekanan operasi 143,83 Kg/cm^2G dan rasio H_2/N_2 adalah 3,33. Sedangkan hasil konversi terendah pada tanggal 9 Nopember 2012 yaitu 15,72% dengan tekanan operasi 153,50 Kg/cm^2G dan rasio H_2/N_2 sebesar 3,48. Data ini menunjukkan bahwa kinerja *Ammonia Converter* masih baik, karena hasil konversinya masih berada dalam range >12-17, 7%. Bervariasinya konversi yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor operasi yaitu tekanan, temperatur, rasio H_2/N_2 inlet *Converter*, kandungan gas

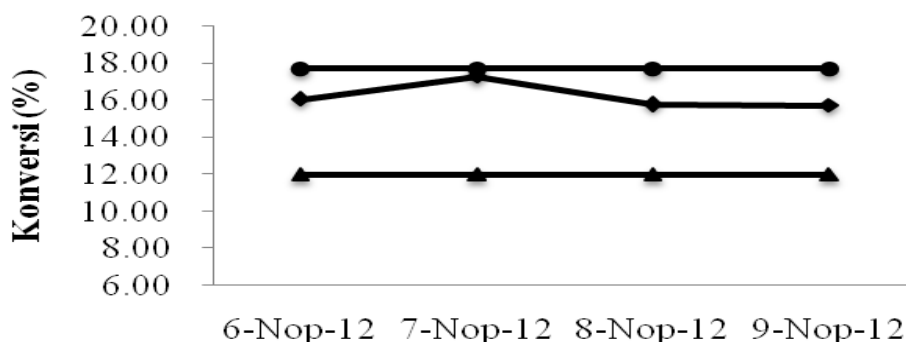
inert, konsentrasi ammonia inlet *Converter* dan katalis.

Kondisi Neraca Massa Ammonia Converter

Laju alir umpan masuk ke dalam *Ammonia Converter* setiap hari tidak sama, yang menyebabkan konversi hidrogen menjadi ammonia bervariasi. Namun perbedaan laju alir umpan masuk setiap harinya tidak begitu jauh berbeda dari disain. Profil laju alir umpan masuk *Ammonia Converter* pada tanggal 6 s.d 9 Nopember 2012 di Pabrik Ammonia-2 PT. Pupuk Iskandar Muda dapat dilihat pada Gambar 4.

Kondisi Neraca Energi Ammonia Converter

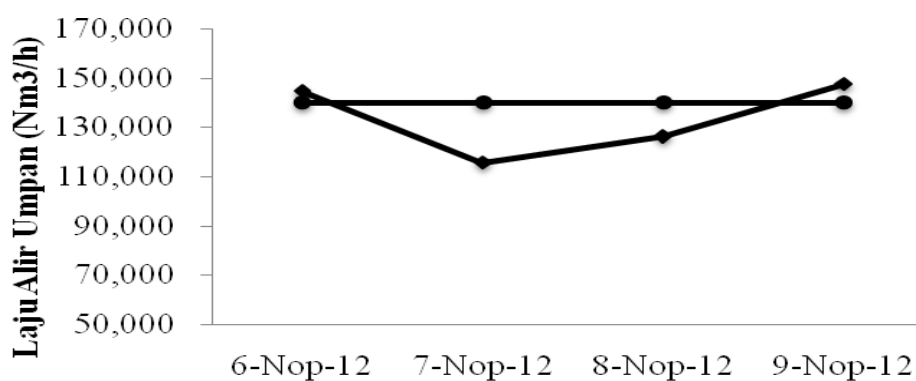
Energi yang masuk ke *Ammonia Converter* seharusnya tidak ada yang hilang, itu artinya energi yang masuk sama dengan energi yang keluar. Namun pada hasil perhitungan aktual, energi yang hilang didalam *Ammonia Converter* ini tidaklah nol. Hasil perhitungan terhadap data operasi tanggal 6 s.d 9 Nopember 2012 didapat energi yang hilang rata-rata sebesar 743.717,13 Kkal/h.



Gambar 3. Persentase (%) konversi NH_3 disain dan aktual *Amm. Conv.* pada tanggal 6 s.d 9 Nopember 2012 di Pabrik Ammonia-2 PT. PIM. Desain maks (■), data aktual (◆), desain min (▲).

Tabel 1. Data hasil analisa Lab pada *Inlet Ammonia Converter* dan hasil perhitungan pada *Outlet Ammonia Converter* tanggal 6 s.d 9 Nopember 2012.

Tanggal	Komponen	Persentase Komposisi <i>Inlet Amm. Converter</i>	Persentase Komposisi <i>Outlet Amm. Converter</i>
6	H ₂	65,41	54,51
	N ₂	21,39	17,58
	Ar	5,93	5,93
	CH ₄	5,91	5,91
	NH ₃	1,36	16,07
7	H ₂	66,88	54,60
	N ₂	20,08	16,42
	Ar	5,96	5,96
	CH ₄	5,75	5,75
	NH ₃	1,33	17,27
8	H ₂	65,72	55,60
	N ₂	21,72	17,41
	Ar	5,39	5,39
	CH ₄	5,80	5,80
	NH ₃	1,37	15,80
9	H ₂	65,52	54,60
	N ₂	19,14	15,71
	Ar	4,65	4,65
	CH ₄	9,32	9,32
	NH ₃	1,37	15,72



Gambar 4. Profil laju alir umpan masuk *Amm. Conv.* pada tgl 6 s.d 9 Nop 2012 di Pabrik Amonia-2 PT. PIM. Data desain (■), data aktual (◆).

Hal ini disebabkan karena energi reaksi pada *Bed 2A* dan *Bed 2B* tidak diketahui dengan pasti serta kemungkinan adanya *line chiller* yang bocor.

Temperatur dan Tekanan Operasi *Ammonia Converter*

Temperatur operasi *Ammonia Converter* harus dijaga relatif konstan sehingga perbedaan pengaruhnya terhadap konversi sangat kecil. Temperatur di *inlet Bed* katalis 1 rata-rata berkisar antara 346-350 °C, *inlet Bed* katalis 2A antara 381-390 °C. Temperatur *outlet Bed* katalis 1 rata-rata berkisar 480-489 °C, pada *outlet Bed* katalis 2A temperatur rata-rata berkisar 441-453 °C, dan temperatur *outlet Bed* katalis 2B berkisar 447-452 °C. Berdasarkan data pengamatan temperatur operasi *Ammonia Converter* masih dalam range disain (350-500 °C).

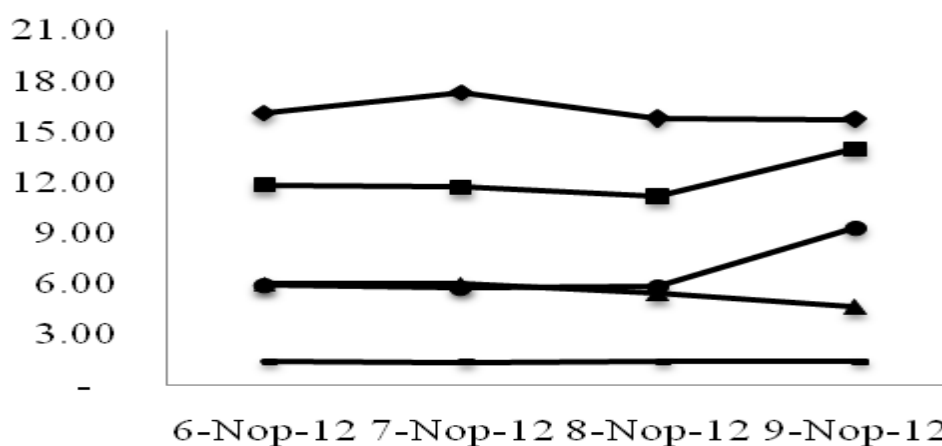
Tekanan operasi *Ammonia Converter* rata-rata 146,55 Kg/cm²G, tertinggi 153,50 Kg/cm²G dan terendah 143,83 Kg/cm²G. Semua data pengamatan ini berada di atas range tekanan operasi *Ammonia Converter*. Kenaikkan tekanan di *Loop System* disebabkan oleh tingginya kandungan

gas *inert* yang berada dalam gas sintesa.

Pengaruh gas-gas *inert* dan NH₃ di *inlet Ammonia Converter* Terhadap Hasil Konversi *Ammonia*

Disain argon yang masuk ke *Ammonia Converter* sebesar 3,38%, data analisa Laboratorium diperoleh argon tertinggi sebesar 5,96% dan terendah 4,65%. Disain metana yang masuk ke *Ammonia Converter* sebesar 8,02%, dari data analisa Laboratorium diperoleh metana tertinggi sebesar 9,32% dan terendah 5,75%.

Total *inert* adalah kandungan unsur-unsur metana dan argon dalam gas sintesa. Total *inert* yang masuk ke *Ammonia Converter* tergolong tinggi sehingga menyebabkan naiknya tekanan di *Ammonia Converter*. Pengaruh konsentrasi gas *inert* dan kandungan NH₃ di *inlet Ammonia Converter* terhadap konversi NH₃ dapat dilihat pada Gambar 5.



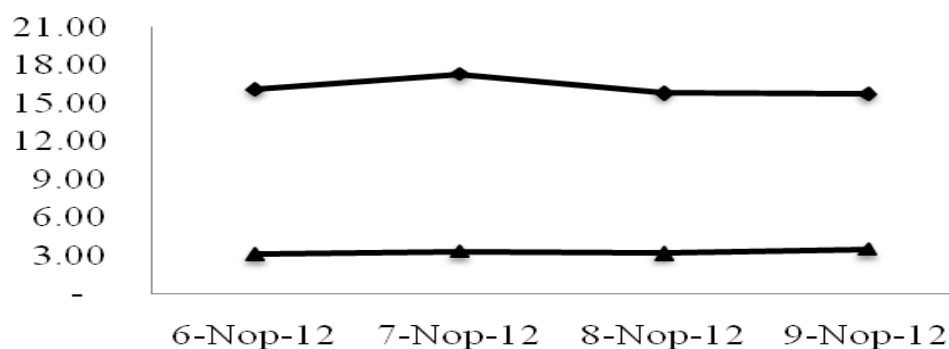
Gambar 5. Pengaruh konsentrasi gas *inert* dan kandungan NH₃ di *inlet Amm. Conv.* terhadap konversi NH₃ pada tgl 6 s.d 9 Nop 2012 di Pabrik *Ammonia-2 PT. PIM*. Konversi % (◆), Tot inert inlet conv. (%) (■), argon inlet conv. (%) (▲), methane inlet conv. (%) (x), ammonia inlet conv. (%) (*).

Kandungan ammonia yang rendah pada gas *inlet Ammonia Converter* akan menaikkan tekanan parsial atau menaikkan tingkat konversi. Sebaliknya, kandungan yang tinggi akan menurunkan tekanan parsial atau menurunkan tingkat konversi (Slack dan James, 1973). Kandungan ammonia pada gas *inlet Ammonia Converter* masih dalam batas normal dengan nilai tertinggi sebesar 1,37% dan terendah sebesar 1,33% sedangkan disainnya sebesar 1,71%. Konversi NH₃ akan semakin baik pada total *inert* dan ammonia *inlet Converter* yang rendah, namun pada kenyataannya tidaklah demikian karena proses konversi

ammonia juga dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain.

Pengaruh Perbandingan Rasio H₂/N₂ Terhadap Hasil Konversi Ammonia

Pada kondisi normal operasi rasio H₂/N₂ adalah antara 2,5 sampai dengan 3,0 yang memberikan konversi H₂ menjadi NH₃ berkisar >12-17,7%. Bila deviasi rasio H₂/N₂ jauh diatas atau dibawah 3,0 maka akan mengurangi tingkat konversi. Dari hasil perhitungan terhadap data operasi tanggal 6 s.d 9 Nopember 2012 didapatkan rasio H₂/N₂ rata-rata diatas 3,0. Hubungan rasio H₂/N₂ terhadap konversi NH₃ dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan rasio H₂/N₂ terhadap konversi NH₃ pada tgl 6 s.d 9 Nop 2012 di Pabrik Ammonia-2 PT. PIM. Konversi (%) (◆), rasio H₂/N₂ (■).

Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa rasio H₂/N₂ terendah adalah 3,10 menghasilkan konversi NH₃ 16,07%, rasio H₂/N₂ tertinggi adalah 3,48 menghasilkan konversi NH₃ 15,72%, sedangkan hasil konversi NH₃ tertinggi adalah 17,27% malah didapat pada rasio H₂/N₂ sebesar 3,33. Hal ini membuktikan bahwa konversi NH₃ juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lainnya.

Prediksi Pergantian Katalis Ammonia Converter

Realisasi produksi Pabrik Ammonia-2 dari tahun 2005 hingga Oktober 2012 belum mencapai target sesuai dengan disainnya. Seharusnya jumlah produksi ammonia setiap tahunnya adalah 396.000 ton pada rate 100%. Begitu juga halnya dengan *stream day* pada Pabrik Ammonia-2 dari tahun 2005 hingga Oktober 2012 belum mencapai target sesuai disain yaitu 330 hari setiap tahunnya. Kecuali tahun 2009, akan tetapi produksinya

tidak mencapai disain karena pabrik beroperasi hanya dengan rate 90-95%.

Umur teknis katalis *Ammonia Converter* adalah 8 tahun (Twigg.M.V, 1997). Dari hasil perhitungan dengan menggunakan basis produk ammonia dari tahun 2005 hingga Oktober 2012 didapatkan sisa *life times* katalis 3.67 tahun. Sedangkan dengan menggunakan basis *stream days* didapatkan sisa *life time* katalis 2.81 tahun. Dari kedua hasil perhitungan tersebut akan lebih akurat jika data yang digunakan adalah basis *stream days*, mengingat Pabrik Ammonia-2 PT. Pupuk Iskandar Muda dari tahun 2005 hingga Oktober 2012 tidak beroperasi dengan rate 100%.

dan terendah 15,72% pada rasio H₂/N₂ sebesar 3,48 sedangkan hasil konversi NH₃ disain berkisar >12-17,7% dengan rasio H₂/N₂ sebesar 3,0. Kandungan ammonia dan *inert* argon *inlet converter* masih dalam batas normal tetapi *inert* metana diatas batas normal. Dengan hasil konversi masih dalam range disain dan parameter-parameter operasi lainnya masih dalam batas normal maka dapat disimpulkan bahwa kinerja *Ammonia Converter* masih bagus. Katalis *Ammonia Converter* Pabrik Ammonia-2 masih bisa digunakan sekitar 2.81 tahun lagi terhitung mulai tanggal 1 Nopember 2012 atau harus diganti pada pertengahan tahun 2015.

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan Sisa *Life Times* Katalis *Ammonia Converter* Basis Produk Ammonia (pada rate 100%) dan *Stream Days* Pabrik Ammonia

Basis	Disain <i>Life Times</i> Katalis (Tahun)	Real Opr. Katalis (Tahun)	Sisa <i>Life Times</i> Katalis (Tahun)
Produk NH ₃	8	4,33	3,67
<i>Stream Days</i>	8	5,19	2,81

Disain : Produksi pertahun = 396.000 Ton dan Stream Days pertahun = 330 Hari

SIMPULAN

Hasil konversi NH₃ aktual rata-rata adalah 16,22%, tertinggi 17,27% dicapai pada rasio H₂/N₂ sebesar 3,33

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 1958**, Toyo Engineering Corporation (TEC), Tehnical for Ammonia Plant, Tokyo, Japan, PT. Pupuk Iskandar Muda, Lhokseumawe.
- Anonymous, 2002**, Toyo Engineering Corporation (TEC), Tehnical Book, Iskandar Muda Project, Tokyo, Japan, PT. Pupuk Iskandar Muda, Lhokseumawe.
- Anonymous, 2006**, Prinsip-prinsip Dasar dan Operasi, PT. Pupuk Iskandar Muda, Lhokseumawe.
- Anonymous, 2010**, Steam Reforming Catalyst, Matros Technologies, Inc.
- Geankoplis, C.J., 1983**, Transport Process and Unit Operations, Edisi kedua, Allin dan Bacon, Inc, Boston.
- Perry, R.H., 1985**, Chemical Engineering's Hand Book, Edisi

kelima, McGraw-Hill Book
Company, New York.

Reklaitis, G.V., 1983, Introduction to
Material and Energy Balance, John
Wiley and Sons, Inc, Canada.

Van Smith, J.M. dan Ness. H., 1996,
Introduction to Chemical
Engineering Thermodynamic, Edisi
kelima, McGraw Hill Book
Company, New York.

Twigg, M.V., 1997, Catalyst Hand
Book, Second Edition, Wolfe
Publishing Ltd: Chicago.