

# EVALUASI PERFORMA KATALIS PADA *LOW TEMPERATURE SHIFT CONVERTER (LTSC) 104-D2* PABRIK AMMONIA

Sesti Roima, Dewi Sri, Leily Nurul Komariah\*

\*Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Inderalaya-Prabumulih KM. 32 Inderalaya 30662  
Email: leilydiaz@yahoo.com

## Abstrak

*Low temperature shift converter (LTSC) 104-D2* di pabrik *Ammonia P-IV* merupakan unit untuk purifikasi yang berfungsi untuk mengkonversikan kandungan CO pada *Syn gas* menjadi CO<sub>2</sub>. Hal ini karena larutan *Benfield* hanya bisa mengikat CO<sub>2</sub>, maka sebelum masuk kedalam *adsorber CO* yang terkandung dalam *syn gas* diubah menjadi CO<sub>2</sub>. Didalam *Low Temperature Shift Converter* terdapat katalis untuk mempercepat laju reaksi yaitu katalis *copper oxide*. Konversi CO menjadi CO<sub>2</sub> sering terjadi fluktuasi dapat mengindikasikan kerusakan pada katalis. Kerusakan dapat terjadi karena pengaruh deaktivasi katalis. Fluktuasi mulai terjadi dari Desember 2016 karena efek dari bocoran *Cooler 102-C* yang masuk ke *HTSC* menjadikan katalis mulai rusak karena temperatur reaksi yang semakin tinggi untuk mencapai konversi tinggi agar CO *outlet* tidak melampaui 0,3%. Mulai terjadi *sintering* pada katalis *LTSC* karena temperatur operasinya yang meningkat ditandai dengan turunnya performa karena kedalaman reaksi yang telah bergeser dari *middle bed ke bottom bed*. Terbentuknya padatan-padatan kecil selama kerja katalis mengakibatkan terbentuknya padatan yang lebih besar dengan total aktifitas katalis lebih rendah. Katalis ini mempunyai kelemahan terhadap temperatur tinggi sebab logam Cu mengalami *sintering*. Life time katalis saat alat beroperasi telah mencapai umur 2 tahun, sehingga jika terus dibiarkan kebocoran pada *Cooler 102-C* akan benar-benar merusak katalis sehingga katalis menjadi pecah.

**Kata kunci :** *Low temperature shift converter, Katalis, Konversi, Performa, Life time*

*Low temperature shift converter (LTSC) 104-D2 Ammonia P-IV plant is a purification unit to convert CO to CO<sub>2</sub>. Benfield solution only binds CO<sub>2</sub>, before entering into adsorber, CO is converted to CO<sub>2</sub>. There is a catalyst to accelerate the reaction rate of copper oxide catalyst. Conversion of CO fluctuations often can indicate damage to the catalyst. Damage may occur due to deactivation of the catalyst. Fluctuations begin to occur from December 2016 because the effects of the 102-C Cooler leak that goes into HTSC make the catalysts begin to break down because of the higher reaction temperatures to achieve high conversion in order not to exceed 0.3%. Sintering begins on the LTSC catalyst as its increasing operating temperatures are marked by declining performance due to the depth of reaction that has shifted from middle bed to bottom bed. During catalyst work results in the formation of larger solids with a lower total catalyst activity. The catalyst weakness to high temperatures because Cu metal is sintered. The catalyst life time when the apparatus operates has reached 2 years, if it continues to be left leaked on the Cooler 102-C will completely damage the catalyst becomes broken.*

**Keywords:** *Low temperature shift converter, Catalyst, Conversion, Performance, Life time*

## 1. PENDAHULUAN

*Low temperature shift converter (LTSC) 104-D2* di pabrik *Ammonia P-IV* merupakan unit untuk purifikasi yang berfungsi untuk mengkonversikan kandungan CO pada *Syn gas* menjadi CO<sub>2</sub>. Hal ini karena larutan *Benfield* hanya bisa mengikat CO<sub>2</sub>, maka sebelum masuk kedalam *adsorber CO* yang

terkandung dalam *syn gas* diubah menjadi CO<sub>2</sub>. Didalam *Low Temperature Shift Converter* terdapat katalis untuk mempercepat laju konversi yaitu katalis *copper oxide*.

Katalis pada *Low Temperature Shift Converter* terakhir diganti juni 2015 dengan katalis *Clariant Kujang ShiftMax 210*. Dengan *life time* katalis kisaran 4 tahun operasi. Hasil

analisa menunjukkan, konsentrasi CO outlet *Low Temperature Shift Converter* mengalami fluktuasi selama periode pengamatan dengan konsentrasi CO cenderung stabil selama beberapa bulan setelah penggantian dan melebihi batasan desain pada Desember 2016 (batasan desain CO outlet *Low Temperature Shift Converter* 0,3-0,4%).

Konversi reaksi CO menjadi CO<sub>2</sub> cenderung stabil dan lebih tinggi daripada desain (konversi CO berdasarkan desain operasional 90,41% dengan asumsi) setelah dilakukan penggantian katalis. Namun pada Desember 2016 konsentrasi CO inlet meningkat drastis dari biasanya mencapai 6,36%.

Kinerja katalis dapat menurun karena deaktivasi katalis yang dapat disebabkan oleh terjadinya oksidasi, *poisoning*, *sintering* dan *kondensat*. Pada TA mini bulan Januari 2017 di Ammonia Pusri IV, ditemukan adanya bocoran di *tube* 102-C sebanyak 2 ea yang masuk ke HTSC dan bocoran di sambungan antar *tube* dan *tubesheet* 102-C. Bocoran ini dapat memperberat beban kerja LTSC dari *outlet* HTSC karena rendahnya konversi pada HTSC. Hal ini mengindikasikan terjadinya deaktivasi katalis, sehingga kinerja katalis perlu dievaluasi.

#### **Low Tempertaure Shift Converter (LTSC)**

Komponen CO dan CO<sub>2</sub> harus dihilangkan karena dua komponen ini dapat meracuni katalis pada *ammonia converter*. Purifikasi CO dilakukan pada satu *stage* dengan dua *bed*. *Bed* pertama yaitu *High Temperature Shift Converter* (HTSC). Reaksi yang terjadi didalam HTSC berlangsung secara cepat akan tetapi menghasilkan konversi yang rendah. Sehingga keluaran dari HTSC dimasukkan lagi ke *bed* kedua yaitu *Low Tempertaure Shift Converter* (LTSC).

Sebelum aliran *syn gas* dari HTSC masuk kedalam bagian LTSC, suhu *syn gas* diturunkan didalam 3 buah *cooler* (103-C, 104-C dan 106-C). Setelah melewati 3 *cooler* suhu dari *syn gas* turun menjadi 205°C kemudian dialirkan menuju LTSC. Suhu *syn gas* keluaran dari LTSC berkisar pada titik 230°C. Pada bagian LTSC, kandungan CO sisa pada *syn gas* terkonversi seluruhnya menjadi CO<sub>2</sub>. Reaksi ini menggunakan bantuan katalis CuO:

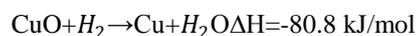


#### **Katalis**

Katalis dari tembaga merupakan katalis yang bisa bekerja pada temperatur yang rendah yakni sekitar 200°C. Selain itu, reaktor hanya menghasilkan karbonmonoksida dengan konsentrasi hanya 0,1-0,3%. Penyebab katalis bisa berlangsung pada temperatur rendah adalah sebagai akibat dari titik embun (*dew point*) dari campuran gas. Katalis jenis ini disebut sebagai *Low Temperature Shift Catalysts*.

LTSC berlangsung pada suhu 200°C hingga 250°C. Katalis adalah campuran dari ZnO, CuO, dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Spesies aktif dari katalis adalah kristal logam tembaga. ZnO dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menyediakan bantuan struktural terhadap katalis sedangkan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> umumnya tidak aktif namun membantu proses dispersi dan meminimalisir penyusutan pellet.

*Outlet* dari reaktor menghasilkan karbonmonoksida dengan konsesntrasi 0,1%. Hal ini adalah kondisi yang ideal yang diinginkan oleh industri. Keuntungan dari LTSC adalah selektivitas dan sedikitnya reaksi samping yang terjadi pada tekanan tinggi. Usia dari katalis LTSC umumnya adalah 2-3 tahun. Untuk mengaktivasi katalis LTSC maka terjadi reaksi berikut:



Katalis yang digunakan adalah katalis *ShiftMax 210*. Spesifikasikatalis *shiftMax 210* dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1.** Spesifikasi Katalis *ShiftMax 210*

Parameter Analisa	Spesifikasi
Jenis	Clarinet kujang catalyst
Ukuran	6,4 x 3,2 mm
Bentuk	Tablet
Komposisi:	
- <i>Copper oxide</i> (CuO)	42,0 ± 2,0
- <i>Zinc Oxide</i> (ZnO)	47,0 ± 3,0
- <i>Aluminate</i> (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Balance

(Sumber: *Dokumen Penawaran dan Pengadaan PT. Pusri, 2016*)

#### **Penyebab Deaktivasi Katalis LTSC**

Deaktivasi adalah proses yang menyebabkan penurunan aktivitas katalis. Umur katalis sangat bergantung pada

perlindungan terhadap racun dari sulfur dan klorin. Faktor – faktor nya yaitu:

1) *Sintering*

Katalis tembaga sebenarnya berukuran kecil namun menjadi membesar karena aktifitas katalis. Terbentuknya padat-padatan kecil selama kerja katalis mengakibatkan terbentuknya padatan yang lebih besar dengan total aktifitas katalis lebih rendah.

2) Racun dari Sulfur

Adanya sulfur menurunkan gradien di *bed* katalis. Sulfur di hidrokarbon dari sistem desulfurisasi merupakan sumber utamanya. Kesalahan operasi dari system desulfurisasi dan kegagalan untuk mengenali efek akumulasi dari tingkat terendah kebocoran sulfur yang memperpendek umur katalis.

3) Racun dari Klorin

Klorida sebagai kontaminan terbesar pada katalis LTSC. Klorin menyebabkan dua efek yaitu percepatan laju pertumbuhan padatan dan menutup bagian katalis yang aktif dan menurunkan konversi, hal ini lebih berbahaya jika dibandingkan dengan keracunan sulfur.

4) Katalis Teroksidasi oleh Udara

Katalis dapat teroksidasi dengan udara dan dapat menghasilkan reaksi yang cepat serta temperatur yang semakin tinggi. Udara masuk yang tidak terkendali dapat menyebabkan katalis terdeaktivasi dan menyebabkan temperatur naik secara tiba-tiba dan cepat.

5) Kondensat

Kondensat diperlukan dalam reaksi namun kondensat dapat merusak atau mendeaktivasi katalis jika kondisi tekanan yang menurun mengakibatkan temperatur turun akan terbentuk kondensat yang dapat merusak permukaan katalis.

## 2. METODE PENULISAN



## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu penyebab turunnya performa katalis LTSC yaitu deaktivasi katalis karena beberapa hal antara lain oksidasi oleh udara, poisoning, sintering dan kondensat. Katalis pada LTSC merupakan katalis yang bekerja pada temperatur yang lebih rendah yakni sekitar 200°C. Kondisi operasi reaktor LTSC ada pada rentang 200-250°C. Temperatur yang rendah akan menurunkan aktifitas katalis dan menyebabkan kinetika reaksi akan melambat. Sedangkan untuk temperatur yang tinggi, katalis akan mudah untuk *sintering* sehingga umur katalis reaktor tidak akan bertahan lama. Selama periode pengamatan saat terjadi fluktuasi konversi, konsentrasi CO outlet dan temperatur operasi, beban pada LTSC meningkat karena efek dari BFW, cooling water dari Cooler 102-C, yang ikut masuk ke HTSC sehingga konsentrasi CO inlet LTSC meningkat drastis dari kondisi normal hingga menyentuh angka 187°C pada Desember 2016. Katalis LTSC diganti pada bulan mei 2015. Dengan katalis yang baru, reaksi yang terjadi semakin cepat dan menghasilkan konversi tinggi. Dilihat pada kedalaman reaksinya, reaksi berlangsung dari top ke middle. Fluktuasi terjadi dari April 2016 sampai Mei 2016 dimana konversi turun, hal ini dikarenakan konsentrasi CO inlet LTSC yang rendah, karena kondisi katalis yang masih baru dan kondisi operasi yang baik sehingga reaksi berlangsung pada bed-bed awal dan konsentrasi CO outlet telah sesuai batas CO outlet dibawah 0,3-0,%.

Setelah itu, konversi CO cenderung diatas konversi desain namun pada bulan desember sempat menyentuh angka 80,5% diiringi dengan tingginya CO inlet LTSC dan CO outlet LTSC yang jauh diatas standar sampai 1,24%. Ini merupakan efek setelah masuknya BFW ke aliran gas HTSC.

Pada Januari – Mei 2017 dilakukan Turn Around mini, namun karena terkait kendala material sehingga kebocoran pada *Cooler* 102-C belum diperbaiki. Sehingga untuk konversi CO masih diatas desain namun kedalaman reaksinya telah bergeser dari middle ke bottom. Dengan konsentrasi CO inlet LTSC yang meningkat, sehingga yang direaksikan banyak, karena reaksi pada LTSC merupakan reaksi eksotermis sehingga temperature reaksinya meningkat drastic mencapai 239°C.

Meningkatnya CO inlet LTSC, temperature reaksi yang meningkat namun

konversi CO yang tinggi dan CO outlet yang masih stabil dibawah standar CO *leak*. Hal-hal ini mengakibatkan pergeseran kedalaman reaksi yang mengindikasikan mulai terjadi kerusakan atau deaktivasi pada katalis. Deaktivasi katalis karena beberapa hal antara lain oksidasi oleh udara, *poisoning*, *sintering* dan kondensat. Reaksi terjadi apabila terjadi kontak antara katalis dengan oksigen. Poisoning terjadi karena terdapat beberapa senyawa yang bersifat racun bagi katalis di LTSC yaitu sulfur dan klorida. Kondensat disebabkan temperature dari *steam* terjadi penurunan karena rusaknya kesetimbangan uap air yang juga dipengaruhi tekanan. Sedangkan *Sintering* dapat terjadi apabila LTSC bekerja pada temperatur tinggi dan dapat menyebabkan tertutupnya pori-pori katalis.

Berdasarkan ciri-ciri tersebut, mulai terjadi *sintering* pada katalis LTSC karena temperatur operasinya yang meningkat ditandai dengan turunnya performa karena kedalaman reaksi yang telah bergeser dari *middle bed ke bottom bed*. Life time katalis saat alat beroperasi telah mencapai umur 2 tahun, sehingga jika terus dibiarkan kebocoran pada *Cooler 102-C* akan benar-benar merusak katalis sehingga katalis menjadi pecah. Namun untuk pemakaian katalis dengan *Cooler 102-C* yang telah diperbaiki, life time katalis dapat bertahan 1-1,5 tahun dalam kondisi normal.

#### 4. KESIMPULAN

1. Terjadi deaktivasi katalis pada LTSC.
2. Katalis LTSC mengalami *sintering*.
3. Penurunan konversi pada bulan april 2016 – Mei 2016 karena konsentrasi CO inlet yang cukup rendah.
4. Penurunan temperature inlet LTSC selama bulan desember disebabkan oleh bocoran 102-C yang masuk ke LTSC.
5. Kedalaman reaksi telah bergeser ke *middle bed* cenderung ke *bottom*.
6. Perlu dilakukan perbiakan pada *Cooler 102-C* terkait dengan kebocoran yang ditimbulkan.
7. Perlu dilakukan perbaikan atau *thermocouple middle bed* karena menghalangi evaluasi kedalam reaksi LTSC.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ammonia Optimization Project* PUSRI IV. PT. Pupuk Sriwidjaja. Palembang
- Clariant. 2010. *Catalyst For Syngas*. Switzerland: Clariant International LTD.
- Defani, S. 2016. Makalah Teknologi Katalis. Bnadung: ITB
- Kholisoh, Siti D. 2003. *Pembuatan dan Pengujian Katalis LTSC (Low Temperature Shift Conversion)*. Tesis Magister: ITB
- Laboratorium Kimia Analisis PT. PUSRI IV. 2015. *Laboratorium Analytical Report* PUSRI. Palembang: PT. Pupuk Sriwidjaja.
- Perry, R.H., dan Green, D.W. 1997. *Perry's Chemical Engineering Handbook*. New York: Mc. Graw Hill Book Company.
- Sankaido Akasaka. 1977. *Catalysts Seminar*. Jepang: Catalysts and Chemicals Inc., Fas Est
- Smith, Byron. 2010. *A Review of the Water Gas Shift Reaction Kinetics*. International Journal Of Chemical Reactor Engineering. Vol 8 (4), Hal. 1-4.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., dan Abbott, M.M. 1996. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 6<sup>th</sup> edion*. Singapura: Mc. Graw Hill Book Co.
- Sumarwati, Dwi., Subriyer Nasir dan Muhammad Faizal. 2011. *Studi kinerja Low Temperature Shift Converter (LTSC) Pada Pabrik Pusri IB Berbasis Neraca Massa dan Neraca Panas*. Journal of Applied and Engineering Chemistry. Vol. 1(1), Hal. 10-17
- Tim Persiapan Operasi Amonia Plant PUSRI IV. 1997. *Operating Instruction Manual*. Palembang: PT. Pupuk Sriwidjaja
- Twigg, Martin V. 1989. *Catalyst Handbook Sec. 2<sup>nd</sup>*. Inggris: Wolfe Publishing Ltd.