

**Studi Pengaruh Katalis Rhodium terhadap Perengkahan Hidrokarbon Berat
Menjadi Metana pada *Pre-Reformer* Untuk Meningkatkan Produksi *Syngas*
di PT Pusri II*)**

¹Desi

Abstrak

Pre-reformer merupakan reaktor katalitik yang berguna untuk melangsungkan reaksi reformasi gas alam dan reaksi perengkahan hidrokarbon berat. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh katalis Rhodium terhadap perengkahan hidrokarbon berat menjadi metana pada *pre-reformer* untuk meningkatkan konversi metana menjadi *syngas* di PT. Pusri II dan mengetahui dampak pemasangan *pre-reformer* pada PT. Pusri II terhadap komposisi gas umpan di *primary reformer*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan rhodium sebagai katalis dalam reaksi pada *pre-reformer* dapat merengkah hidrokarbon berat yaitu etana, propana dan butana menjadi metana berturut-turut sebesar 71.9%, 88.2% dan 88.2% dan metana mengalami reaksi reformasi dengan steam menghasilkan gas hidrogen dan karbon monoksida sebesar 24.9%. Pemasangan *pre-reformer* bisa mengubah komposisi gas umpan pada *primary reformer* sehingga konversi metana meningkat menjadi 42.94% dari 24,73% pada temperatur 973 K.

Kata kunci : *Pre-reformer*, Katalis Rhodium, Konversi Metana, *Syngas*

¹Dosen pada Prodi Pendidikan Kimia FKIP Unsri

*) Diterbitkan dalam Jurnal Forum MIPA, ISSN 1410-1262, Volume 13 No.1 Januari 2010

Pendahuluan

Steam reforming merupakan tahapan yang penting pada proses produksi pupuk, karena akan menentukan keberhasilan dalam proses produksi. Proses *reforming* berlangsung pada peralatan yang disebut *primary reformer*. Pada peralatan ini, metana bereaksi secara katalitik dengan *steam* menghasilkan hidrogen dan karbon monoksida pada tekanan 36, 44 kg/cm² serta temperatur dengan range 780 – 820 °C. Campuran dipanaskan secara konduksi dan konveksi melalui bed katalis dengan adanya suplai panas untuk mencapai temperatur operasi melalui pembakaran pada burner.

Reaksi yang berlangsung pada *primary reforming* ada 2, yaitu *steam reforming* yang bersifat endotermis dan reaksi *water-gas shift* yang bersifat eksotermis. Reaksi *steam reforming* lebih disukai berlangsung pada temperatur tinggi dan tekanan rendah. Reaksi utama *reforming* bergantung pada konversi metana. Gas alam selain metana ikut berkompetisi bereaksi dengan *steam* untuk menghasilkan *syngas*. Hal ini mengakibatkan terjadinya penurunan konversi metana yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan konversi metana dalam keadaan murni pada kondisi operasi yang sama. Oleh karena itu diperlukan suatu alternatif cara untuk meningkatkan konversi metana dengan memanfaatkan hidrokarbon berat yang ada. Pemanfaatan hidrokarbon berat tersebut bisa dilakukan dengan melakukan perengkahan hidrokarbon berat menjadi metana pada suatu *pre-reformer* dengan bantuan katalis sehingga diharapkan gas alam yang nanti masuk ke dalam *primary reformer* memiliki konsentrasi metana yang lebih besar sehingga bisa meningkatkan konversi metana menjadi *syngas* dan bahan bakar yang dibutuhkan sedikit.

Studi ini mencakup dua hal yaitu untuk melihat pengaruh penggunaan katalis rhodium dalam *pre-reformer* terhadap nilai konversi metana dan pengaruh pemasangan *pre-reformer* terhadap perubahan komposisi umpan *primary reformer*. Studi ini bertujuan untuk meningkatkan konversi metana menjadi *syngas* dengan menggunakan *pre-reformer* untuk merengkah hidrokarbon berat.

Metode Penelitian

Penelitian *steam reforming* metana dilakukan melalui analisis secara termodinamika dan kinetika. Pada analisis secara termodinamika dilakukan perhitungan kesetimbangan massa berdasarkan reaksi yang terjadi di *pre-reformer* dan *primary reformer*. Perhitungan kesetimbangan massa ini berhubungan dengan komposisi senyawa yang masuk ke dalam *pre-reformer* dan *primary reformer* serta komposisi senyawa yang keluar dari *pre-reformer* dan *primary reformer*.

Setelah perhitungan kesetimbangan massa dilakukan perhitungan fraksi senyawa yang terlibat dalam reaksi di *pre-reformer* dan *primary reformer*. Dari perhitungan fraksi senyawa bisa dihitung konstanta kesetimbangan reaksi (K). Reaksi yang terjadi di *pre-reformer* meliputi reaksi perengkahan hidrokarbon berat menjadi metana dan reaksi *steam reforming* metana. Reaksi yang terjadi di *primary reformer* meliputi reaksi *steam reforming* hidrokarbon dan reaksi *water gas shift*. Perhitungan konstanta kesetimbangan reaksi (K) berdasarkan reaksi yang terjadi di *pre-reformer* dan *primary reformer*.

Kemudian dilakukan perhitungan entalpi reaksi untuk berlangsungnya reaksi. Perhitungan entalpi berdasarkan pada hubungan antara panas spesifik, temperatur, dan entalpi standar pada suhu 298 K. Selanjutnya dilakukan penghitungan konstanta kesetimbangan pada temperatur tertentu dengan menggunakan tetapan Van' Hoff. Konstanta kesetimbangan yang diperoleh bisa digunakan untuk mencari konversi metana melalui program Mapple 11.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Pemasangan *Pre-reformer*

Pemasangan *pre-reformer* pada unit produksi gas sintesa memberikan pengaruh yang berarti terhadap konversi metana dan perubahan komposisi gas dalam *primary reformer*.

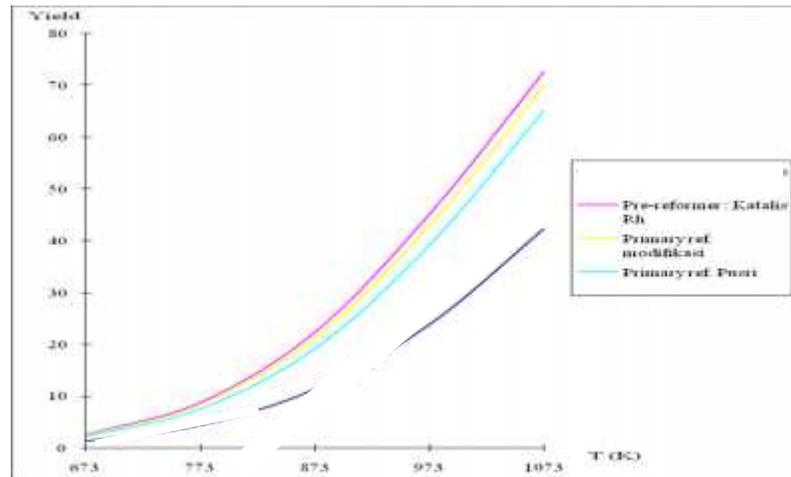
Adapun data perbandingan yang diperoleh sebelum dan setelah penggunaan *pre-reformer* dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perbandingan Variabel Hasil Sebelum dan Sesudah Penggunaan *Pre-reformer*

No.	Parameter	Reformer Pusri	Reformer Modifikasi
1.	Komposisi Inlet		
	Kmol (basis kering),	1079.38	1079.38
	CH ₄	75.83	75.83
	C ₂ H ₆	47.35	47.35
	C ₃ H ₈	14.89	14.89
	C ₄ H ₁₀	0	0
	CO	3.64	3.64
	CO ₂	50.74	50.74
2.	Komposisi Outlet		
	Kmol (basis kering),	519.79	458.11
	CH ₄	0	0.003
	C ₂ H ₆	0	0.002
	C ₃ H ₈	0	0.0005
	C ₄ H ₁₀	436.91	502.74
	CO	475.44	475.44
	CO ₂	3033.84	3230.92
3.	Kondisi Operasi Inlet		
	Laju alir total, kmol/jam	1285.83	1271.83
	Laju alir H ₂ O, kmol/jam	4571.23	4585.17
	Temperatur, °C	451	510
	Tekanan, kg/cm ²	36.44	28.13
4.	Kondisi Operasi Outlet		
	Laju alir total, kmol/jam	4483.79	4667.20

	Laju alir H ₂ O, kmol/jam	3033.84	3138.85
	Temperatur, °C	815	815
	Tekanan, kg/cm ²	32.88	36.44
4.	Konversi Metana, T = 973 K, (%)	24.73	66.74
6.	Yield CO, T = 873 K, (%)	32,67	46,04
7.	Yield H ₂ , T = 873 K, (%)	84,56	93,55

Konversi metana pada *primary reformer* Pusri pada suhu 973 K mencapai 24,73% sedangkan secara teoritis, konversi metana pada *primary reformer* bisa mencapai 61, 47 %. Oleh karena itu digunakan *pre-reformer* untuk meningkatkan konversi metana, hal ini dapat dilihat pada gambar 1. Selain mempengaruhi komposisi umpan pada *primary reformer*, pemasangan *pre-reformer* juga mempengaruhi konversi metana, berdasarkan grafik pada gambar 1. diketahui bahwa konversi metana pada *primary reformer* yang telah dimodifikasi lebih tinggi dibandingkan konversi metana pada *primary reformer* Pusri. Perbedaan yang nyata dapat dilihat pada suhu 973 K dimana konversi metana pada *primary reformer* Pusri dan *primary reformer* modifikasi secara berturut-turut adalah 24,73% dan 42.94%. Data yang lebih lengkap bisa dilihat pada tabel 2.



Gambar 1. Grafik konversi metana pada tiga *reformer* terhadap temperatur reaksi

Tabel 2. Perbandingan nilai konversi metana pada *reformer*

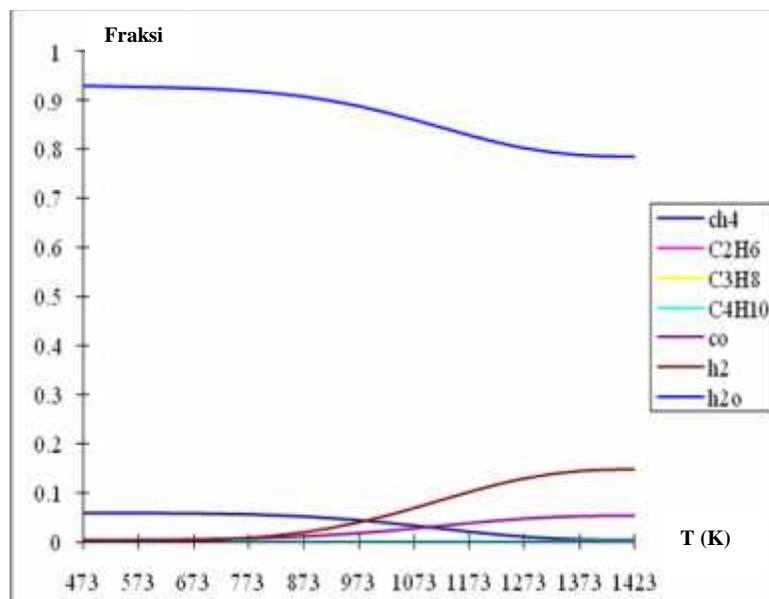
Temperatur (K)	% Konversi Metana		
	<i>Primary Reformer</i> Pusri	<i>Primary Reformer</i> Modifikasi	<i>Pre-Reformer</i> Katalis Rhodium
673	0.25	2.47	2.5795
773	1.66	8.34	8.7770
873	7.13	21.19	22.3635
973	24.73	42.94	45.1914
1073	61.91	69.94	72.6701

Berdasarkan tabel 2. konversi metana dalam *reformer* meningkat dengan naiknya temperatur karena pada temperatur tinggi, kestabilan metana berkurang sehingga lebih mudah untuk melangsungkan reaksi dengan *steam* menghasilkan gas sintesa. Secara termodinamika, metana merupakan komponen yang jauh lebih stabil dan kurang reaktif dibandingkan senyawa hidrokarbon lain, khususnya pada temperatur kurang dari 1027 °C. Metana bahkan lebih stabil daripada karbon dan hidrogen pada temperatur kurang dari 527 °C. Oleh karena itu, reaksi antara gas alam dengan *steam* umumnya berlangsung pada temperatur di atas 500 °C.

Pada *pre-reformer*, komponen hidrokarbon berat telah mengalami reaksi perengkahan dengan bantuan katalis rhodium sehingga hidrokarbon berat yang masuk ke dalam *primary reformer* terdeteksi dalam jumlah yang sangat kecil, sehingga komposisi umpan yang masuk ke dalam *primary reformer* berbeda dengan komposisi umpan yang masuk ke dalam *primary reformer* Pusri. Perengkahan hidrokarbon berat dengan *steam* akan menghasilkan metana dan karbon monoksida, dan sebagian metana yang terbentuk akan bereaksi dengan steam menghasilkan gas hidrogen dan karbon monoksida. Penggunaan rhodium sebagai katalis dalam reaksi pada *pre-reformer* dapat merengkah hidrokarbon berat yaitu etana, propana dan butana menjadi metana berturut-turut sebesar 71.9%, 88.2% dan 88.2%.

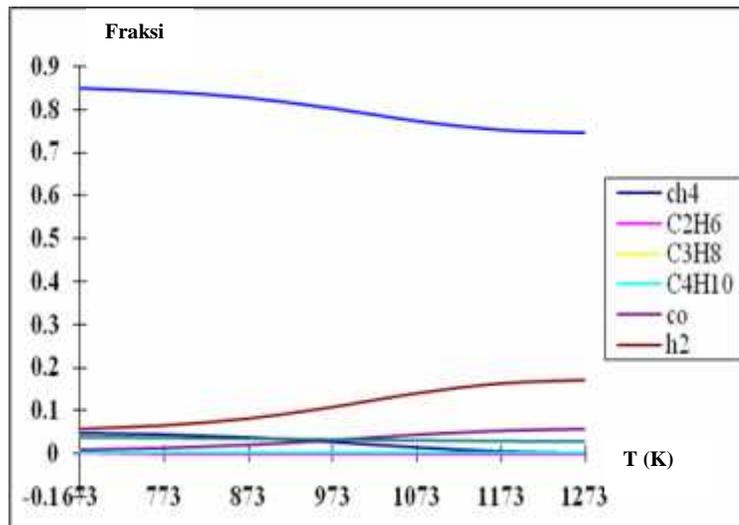
Pengaruh Katalis Rhodium Terhadap Konversi

Perengkahan hidrokarbon berat dalam *pre-reformer* berlangsung dengan bantuan katalis rhodium. Persentase hidrokarbon berat yaitu etana, propana dan butana direngkahkan menjadi metana berturut-turut sebesar 71.9%, 88.2% dan 88.2%. Selain terjadi perengkahan hidrokarbon berat juga terjadi reaksi reformasi metana dan *steam* menghasilkan gas sintesa yaitu gas hidrogen dan karbon monoksida. Hal ini menunjukkan bahwa katalis rhodium bisa membantu terjadinya reaksi *steam reforming* dimana metana yang terkonversi bisa mencapai 23.80% pada temperatur 973 K. Fraksi masing-masing komponen dalam *pre-reformer* dan *primary reformer* hasil modifikasi bisa dilihat pada gambar 2 dan gambar 3. Sedangkan untuk *primary reformer* tetap digunakan katalis nikel oksida yang sama seperti Pusri sehingga bisa diketahui bahwa perbedaan konversi metana antara *primary reformer* Pusri dan *primary reformer* hasil modifikasi bukan disebabkan oleh perbedaan katalis yang digunakan melainkan perbedaan komposisi umpan. Komposisi umpan tersebut meliputi jumlah metana dan hidrokarbon berat yang masuk dimana jumlah hidrokarbon berat yang terdeteksi di *primary reformer* hasil modifikasi lebih sedikit dibandingkan *primary reformer* Pusri. Perbedaan konversi metana tersebut dapat dilihat pada tabel 2.



Gambar 2. Fraksi komponen pada *pre-reformer* terhadap temperatur

Dari grafik pada gambar 2. bisa diketahui fraksi komponen yang ada dalam *pre-reformer* setelah mengalami reaksi perengkahan hidrokarbon berat dan reaksi *steam reforming* metana. Fraksi gas hidrogen dan karbon monoksida semakin meningkat sebanding dengan peningkatan temperatur reaksi, sebaliknya fraksi metana, etana, propana, butana, dan *steam* semakin menurun berbanding terbalik dengan peningkatan temperatur reaksi. Hal ini disebabkan karena senyawa etana, propana, dan butana mengalami reaksi perengkahan menghasilkan metana dan karbon monoksida, kemudian metana mengalami reaksi *steam reforming* menghasilkan gas hidrogen dan karbon monoksida, sehingga jumlah komponen metana, etana, propana dan butana berkurang sedangkan gas hidrogen dan karbon monoksida bertambah.



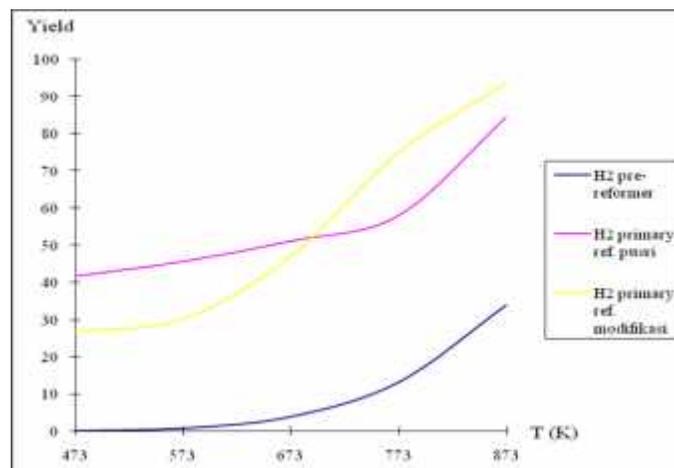
Gambar 3. Fraksi komponen pada *primary-reformer* terhadap temperatur

Dari grafik pada gambar 3. bisa diketahui fraksi komponen yang ada dalam *primary reformer* setelah mengalami reaksi *steam reforming* metana. Fraksi gas hidrogen dan karbon monoksida semakin meningkat sebanding dengan peningkatan temperatur reaksi, sebaliknya fraksi metana, etana, propana, butana, dan *steam* semakin menurun berbanding terbalik dengan peningkatan temperatur reaksi. Hal ini disebabkan karena senyawa etana, propana, dan butana mengalami reaksi mengalami reaksi *steam reforming* menghasilkan gas hidrogen dan karbon monoksida, sehingga

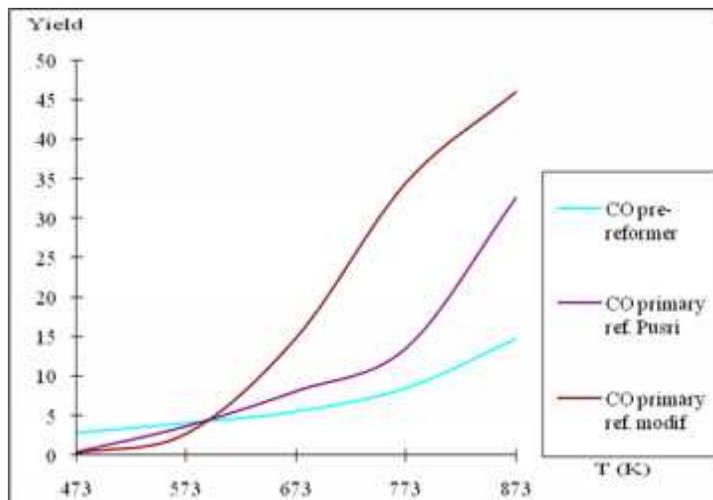
jumlah komponen metana, etana, propana dan butana berkurang sedangkan gas hidrogen dan karbon monoksida bertambah.

Analisa Produksi Gas Sintesa

Perengkahan hidrokarbon berat oleh katalis rhodium mempengaruhi konversi metana baik di *pre-reformer* maupun di *primary reformer*. Akibatnya jumlah gas sintesa yang dihasilkan akan berbeda dengan jumlah gas sintesa yang dihasilkan di *primary reformer* Pusri. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Yield H₂ pada Ketiga *Reformer* terhadap Temperatur



Gambar 5. Grafik Perbandingan Yield CO pada Ketiga *Reformer* terhadap Temperatur

Berdasarkan grafik di atas bisa diketahui profil yield dari CO dan H₂ dimana jika dibandingkan total gas sintesa yang dihasilkan oleh reformer hasil modifikasi lebih besar dibandingkan *primary reformer* Pusri. Misalnya pada suhu 873 K, gas hidrogen yang dihasilkan pada *reformer* modifikasi dan *primary reformer* Pusri berturut-turut adalah 93,55% dan 84,56% sedangkan gas CO yang dihasilkan pada *reformer* modifikasi dan *primary reformer* Pusri berturut-turut adalah 46,04% dan 32,67%.

Kesimpulan

Berdasarkan studi yang telah dilakukan mengenai studi pengaruh katalis rhodium terhadap perengkahan hidrokarbon berat menjadi metana pada *pre-reformer* untuk meningkatkan produksi *syngas* di PT Pusri II maka dapat disimpulkan :

1. Penggunaan katalis rhodium pada *pre-reformer* dapat merengkah hidrokarbon berat menjadi metana sebesar 71.9% sehingga terjadi perubahan komposisi gas yang masuk ke dalam *primary reformer*.
2. Konversi metana pada *reformer* modifikasi mencapai 65,74% dibandingkan *reformer* Pusri sebesar 24,73% pada temperatur 973 °K.

Daftar Pustaka

- Admister, W.C. 1961. Applied Hydrocarbon Thermodynamics, Volume 1. Gulf Publishing Company, Houston, Texas.
- Anderson, J.R. dan Boudart, M. 1984. Catalysis, Science and Technology, vol 5. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York.
- Birtill, John J. Kinetics and Mechanism V : Alkane Pyrolysis (Cracking). <http://processengineers.blogspot.com>, (diakses 19 Mei 2009).
- Budhi, YW. 1997. Studi Penerapan Pre-reformer dalam Proses Produksi Gas Sintesis di Pabrik Amonia Pusri I-B. Tesis, ITB.

- Clark, Jim. 2003. Cracking Alkanes-Thermal and Catalytic. <http://processengineers.blogspot.com>, (diakses 19 Mei 2009).
- Dinas Teknik Proses PT. Pusri. 2002. Filosofi Pabrik Amoniak. Pusri, Palembang.
- Germain, JE. 1969. Catalytic Conversion of Hydrocarbons. Publisher Academic Press, London.
- Ichimura, et.al. 1981. Catalysis by Mixed Oxide Perovskites. II. The Hydrogenolysis of C₃-C₅ Hydrocarbons on LaCoO₃. Bull. Chem. Soc. Jpn., 54, 1787-1792, (<http://www.scholar.google.co.id>, diakses 19 Mei 2009).
- Jockel, H., et.al. 1976. Process of Producing Carbon Monoxide from Light Hydrocarbons. Patent No. US 3,988,425 , (<http://www.pat2pdf.org/patents/pat3988425.pdf> , diakses 19 Mei 2009).
- LeBlanc, J.R. et.al. 1996. The Kellogg Reforming Exchanger System. The MW Kellogg Technology Co, Houston.
- Liu, J.A. 2006. Kinetics, Catalysis, and Mechanism of Methane Steam Reforming. Worcester Polytechnic Institute.
- Perry, R.H. 1997. Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th Ed. McGraw-Hill, New York.
- Sadeghbeigi, Reza. 2000. Fluid Catalytic Cracking Handbook, 2nd. Gulf Professional Publishing, USA.
- Sanders, Nigel. 2003. Alkanes : Thermal Cracking. <http://processengineers.blogspot.com>, (diakses 19 Mei 2009).
- Van Ness, H.C. et.al. Chemical Engineering Thermodynamics, Sixth Edition. McGraw-Hill, New York.
- Weissman, J.G. 2008. Process for Pre-Reforming Hydrocarbon Fuels. Patent No. US 7,365,102 B1, (<http://www.pat2pdf.org/patents/pat7365102.pdf> , diakses 19 Mei 2009).