

Proceeding of

Second Added Value Of Energy Resources

2nd AVoER 2009

Palembang, 29 - 30 Juli 2009

Penyelenggara



**Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Didukung oleh



**Pemerintah Provinsi
Sumatera Selatan**



**Pemerintah Kota
Palembang**

Sponsor



161 - 168	<i>Fitri Hadiah, Eida Mewita dan Dade Zubaedah</i> STUDI MINYAK ALGA <i>DUNALIELLA SALINA</i> DAN <i>SPIRULINA PLATENSIS</i>	67 - 78
169 - 176	<i>Tuty Emilia Agustina</i> ALTERNATIF PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TEKSTIL DENGAN TEKNOLOGI BERSIH HEMAT ENERGI: SUATU TINJAUAN PUSTAKA	79 - 90
177 - 184	<i>Fitri Hadiah</i> DETERMINATION OF GLYCERALDEHYDE-3- PHOSPHATE DEHYDROGENASE LOCATION IN <i>SACCHAROMYCES CEREVICIAE</i>	91 - 98
185 - 190	<i>Sri Haryati, M. Djonu Bustan dan Juntarti Asnani I</i> STUDI EFEK KINETIKA KATALIS PLATINA, PALADIUM, KOBALT DAN NIKEL TERHADAP PRODUKSI SYNGAS DI STEAM REFORMER PT PUSRI II PALEMBANG	99 - 108
191 - 196	<i>Lenny Marlinda dan Hasan Basri</i> KAJIAN PERENCANAAN <i>FUEL CELL</i> UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK RUMAH TANGGA DI KOTA PAGAR ALAM SUMATERA SELATAN	109 - 114
197 - 206	<i>Leily Nurul Komariah dan Susila Arita R</i> KAJIAN TEKNIKSI PENCAMPURAN BIODIESEL HASIL PRODUKSI PILOT PLANT PADA BUS PEGAWAI DAN MAHASISWA UNIVERSITAS SRIWIJAYA	115 - 120
207 - 218	<i>Waleed Nour Eldien, Ali Altway and Susianto</i> ON COMPARISON OF MASS TRANSFER MODEL IN REACTIVE ABSORPTION OF H_2S INTO Fe-EDTA SOLUTION IN PACKED COLUMN	121 - 128
219 - 224	<i>Bahrul Ilmi</i> PENERAPAN <i>GROUP TECHNOLOGY</i> UNTUK EFISIENSI PROSES MANUFAKTUR DALAM RANGKA PENGHEMATAN ENERGI	129 - 136
225 - 232	<i>SD Sumbogo Murti, Yusnita, Lambok H Silalahi dan Hartiniati</i> KARAKTERISASI SECARA RINCI SENYAWA HETEROATOM DALAM FRAKSI RINGAN MINYAK BATUBARA TANITO HARUM DAN PRODUK MINYAK HASIL <i>HYDROTREATMENT</i>	137 - 146
233 - 242	<i>Zainal Fanani</i> PEMBUATAN DAN PEMANFAATAN KATALIS NI-ZAA UNTUK PEMBUATAN BBM ALTERNATIF	147 - 152

STUDI EFEK KINETIKA KATALIS PLATINA, PALADIUM, KOBALT DAN NIKEL TERHADAP PRODUKSI SYNGAS DI STEAM REFORMER PT PUSRI II PALEMBANG

Sri Haryati¹, M. Djoni Bustan¹ dan Juniarti Asnani¹

¹Program Studi Teknik Kimia Pascasarjana Universitas Sriwijaya
 Jl. Padang Selasa No.524, Bukit Besar, Palembang 30139, Indonesia
 Korespondensi Pembicara. Email : haryati_djoni@yahoo.co.id

ABSTRAK

Energi merupakan topik hangat yang menjadi permasalahan dunia saat ini. Sejalan dengan semakin berkembangnya industri, kebutuhan energi juga semakin meningkat. Penggunaan katalis dalam suatu reaksi adalah salah satu cara yang dilakukan untuk menurunkan energi aktivasi. Katalis yang digunakan pada produksi syngas di PT PUSRI II adalah nikel, katalis ini mudah teracunan sulfur dan tidak stabil pada temperatur tinggi, konversi syngas dicapai pun rendah. Analisis terhadap beberapa alternatif katalis logam lain penting dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perbandingan kinerja katalis platina, paladium dan kobalt terhadap produksi syngas dengan katalis nikel sebagai pembandingnya. Dari analisis yang dilakukan, didapatkan bahwa katalis platina memberikan hasil terbaik dengan konstanta laju paling besar dan energi aktivasi dan volume katalis paling rendah, yaitu sebesar 17,5 ; 110, 11 kJ/mol dan 1,27 m³.

Keywords : Efek Kinetika, Katalis, Steam reformer.

1. PENDAHULUAN

Industri pupuk merupakan salah satu sektor industri yang berkembang di Indonesia, contohnya adalah PT PUSRI II yang terletak di Sumatera Selatan. Sebagai negara agraris, pupuk memiliki pengaruh penting dalam perekonomian negara terutama untuk meningkatkan hasil dari sektor pertanian. Kebutuhan pupuk yang semakin meningkat menuntut sektor industri untuk semakin meningkatkan kualitas dan kuantitas produk yang dihasilkan, oleh karena itu perlu mengkondisikan reaksi sehingga tercapai hasil produk yang maksimal. Hal ini menimbulkan permasalahan dimana kebutuhan energi menjadi semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya konversi produk yang ingin dicapai.

Dalam produksi pupuk, bahan baku akan diproses didalam feed treating, dan reforming (reaksi pembentukan syngas) sebelum menghasilkan produk akhir. Tahap reforming (produksi syngas) pada PT PUSRI II memanfaatkan gas alam yang mengandung metana dalam jumlah terbesar sebagai sumber bahan baku utama dengan menggunakan teknologi steam reforming. Reaksi yang berlangsung pada primary reformer terdiri dari 2 reaksi, yaitu :

$$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2 \quad H_1 = 206 \text{ kJ/mol (reaksi 1)}$$

$$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2 \quad H_2 = -41 \text{ kJ/mol (reaksi 2)}$$

Ditinjau secara termodinamika, reaksi reforming keduanya merupakan reaksi kesetimbangan dan reaksinya secara keseluruhan dapat diperlihatkan dengan laju reaksi bolak

balik. Laju dimana reaksi terjadi bergantung pada jarak menuju posisi kesetimbangan (termodinamika) dan kecepatan reaksi yang terjadi (kinetika). Bagian termodinamika kimia mencakup rasio kecepatan reaksi ke kanan dan ke kiri (Smith, 1975).

$$K_{p1}(T) = \frac{[CO][H_2]^3}{[CH_4][H_2O]}$$

$$K_{p2}(T) = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}$$

Nilai setiap K_p sebagai fungsi temperatur dihitung dengan menggunakan persamaan Van't Hoff:

$$K_p = K_{p298} \exp\left(\frac{\Delta H}{R} \left[\frac{1}{298} - \frac{1}{T}\right]\right) \quad (1)$$

Reaksi reforming berlangsung secara endotermis, sehingga lebih disukai berlangsung pada temperatur tinggi. Untuk mencapai temperatur tinggi tersebut, maka diperlukan energi dalam jumlah yang besar. Dengan menggunakan katalis, reaksi dapat berlangsung pada temperatur yang lebih rendah dan kebutuhan energi juga akan berkurang. Nikel dijadikan katalis dalam reaksi ini karena memiliki tingkat harga yang paling murah (bersifat ekonomis). Akan tetapi, katalis ini memiliki kelemahan, yaitu sangat tidak stabil terhadap sulfur dan temperatur tinggi, sehingga kinerja katalis menjadi tidak maksimal dan dapat menurunkan konversi produk yang tercapai. Oleh karena itu, sangat penting untuk menemukan katalis lain yang memiliki tingkat aktivitas dan stabilitas yang tinggi sehingga tercapai konversi yang maksimal dengan temperatur reaksi yang lebih rendah.

Beberapa logam transisi lain dapat dijadikan sebagai katalis pada reaksi steam reforming, antara lain platina, paladium dan kobalt. Setiap logam memiliki tingkat kereaktifan dan keelektronegatifan berbeda yang akan mempengaruhi aktivitas katalitik pada reaksi. Semakin reaktif suatu katalis, maka reaksi akan berlangsung lebih cepat dan konversi produk yang tercapai akan lebih tinggi. Begitupula halnya dengan tingkat stabilitas katalis, dimana semakin tinggi stabilitas katalis, maka katalis tidak akan mudah terdeaktivasi dan kinerja katalis akan maksimal.

Analisis secara kinetika dilakukan dengan cara menentukan laju reaksi dimana laju reaksi ke kanan spesifik dari reaksi 1 dan 2 bergantung pada temperatur dan dihitung dengan persamaan Arrhenius yaitu:

$$k_{f,i}(T) = A_i \exp\left(-\frac{E_i}{RT}\right) \quad (2)$$

Dimana A_i adalah faktor eksponensial dan E_i adalah energi aktivasi (J/kmol) yang ditentukan secara empiris (Levenspiel, 1999). Perhitungan energi aktivasi dari suatu katalis yang berdasarkan persamaan Arrhenius menggunakan metode slope dan intersept, yaitu berdasarkan rumus:

$$\ln K = \ln A - \frac{Ea}{R} \times \frac{1}{T} \quad (3)$$

$$Y = a + bx$$

Dimana: $\ln A$ sebagai intersept dan $-\frac{Ea}{R}$ adalah slope, nilai Energi aktivasi dihitung dengan $-\text{slope} \times R$.

1. Mengidentifikasi aliran massa pada steam reformer
 2. Menghitung mass balance pada steam reformer
 3. Menghitung konversi syngas yang dicapai, baik dengan komposisi metana murni maupun dengan komposisi gas alam yang mengandung senyawa selain metana
- langkah sebagai berikut :
- Metode yang digunakan untuk analisis secara sistematis digambarkan dengan langkah

3. PROSEDUR ANALISIS

Studi kinetika reaksi mempelajari laju atau kecepatan berlangsungnya suatu reaksi. Secara umum, laju suatu reaksi dipengaruhi oleh suatu material yang bukan berasal dari reaktan maupun produk, yang disebut dengan katalis. Katalis terbagi menjadi 2, yaitu katalis yang bekerja pada temperatur lingkungan/ rendah dan katalis yang mampu bekerja pada temperatur tinggi. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik dari masing – masing katalis.

Sebelum melakukan analisis secara kinetika reaksi, umumnya perlu dianalisis kemungkinan untuk berlangsungnya suatu reaksi, yang dikenal dengan tinjauan secara termodinamika. Analisis ini meliputi entalpi reaksi, energi bebas Gibbs, entropi reaksi serta konstanta kesetimbangan yang dibutuhkan untuk produksi syngas dengan range temperatur tertentu baik untuk bahan baku metana murni maupun pada komposisi gas alam yang mengandung senyawa selain metana, sehingga akan diperoleh konversi syngas yang maksimal. Analisis secara kinetika reaksi dilakukan setelah konversi secara termodinamika tercapai. Analisis ini meliputi konstanta laju reaksi, energi aktivasi serta pengaruhnya terhadap perubahan volume katalis yang digunakan dalam reaksi steam reforming. Dari kedua analisis diatas, maka akan diperoleh faktor yang paling berpengaruh pada steam reformer tanpa harus mengubah sistem yang ada yaitu dengan menganalisis katalis alternatif terbaik sebagai pengganti katalis nikel yang digunakan di PUSRI saat ini.

2. DESKRIPSI PROSES

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perbandingan kinerja beberapa katalis, yaitu Platina, Paladium dan Kobalt terhadap kalor reaksi steam reforming dengan menggunakan katalis nikel dengan memfokuskan pada perbedaan konstanta laju reaksi, energi aktivasi dan volume dari beberapa katalis. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis, hasilnya menunjukkan bahwa platina merupakan katalis yang terbaik pada proses steam reforming.

- Dimana : V adalah volume katalis
- Fa0 adalah Laju alir volumetrik
- k adalah konstanta laju reaksi katalis
- Ca adalah konsentrasi metana
- M adalah rasio steam terhadap metana
- X adalah konversi

$$V = \left(\frac{Fa_0}{k} x Ca^2 \right) x \left(\frac{M-1}{1} \right) x \left(\frac{Ln(M-X)}{M(1-X)} \right) \quad (4)$$

Berdasarkan Fogler (1999), penentuan volume berbagai katalis dilakukan dengan menggunakan rumusan :

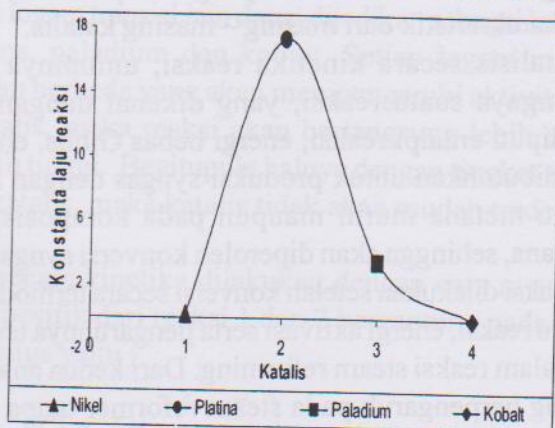
4. Membandingkan konversi yang tercapai antara metana dalam keadaan murni dengan gas alam yang mengandung senyawa selain metana
5. Menghitung volume dari beberapa katalis pada reaksi.
6. Menganalisis katalis yang terbaik sebagai pengganti katalis nikel

4. HASIL DAN DISKUSI

4.1 ANALISIS PERBANDINGAN KONSTANTA LAJU REAKSI BEBERAPA KATALIS

Pada kinetika, energi aktivasi merupakan faktor utama yang mempengaruhi laju suatu reaksi. Energi aktivasi sendiri dipengaruhi oleh konstanta laju reaksi yang dapat ditentukan berdasarkan pada orde suatu reaksi yang biasanya ditentukan berdasarkan pada hasil eksperimen dan untuk steam reforming termasuk ke dalam orde dua. Hubungan antara laju reaksi, energi aktivasi dan temperatur reaksi diperlihatkan pada persamaan Arrhenius. Semakin besar nilai konstanta laju reaksi, maka energi aktivasi akan semakin rendah.

Gambar 1 menggambarkan perbedaan nilai konstanta laju reaksi dari beberapa katalis yang dianalisis, yaitu nikel, platina, paladium dan kobalt. Hasilnya didapatkan bahwa semakin meningkat tingkat kereaktifan dan keelektronegatifan katalis, maka nilai konstanta laju reaksi akan semakin besar. Berdasarkan perhitungan yang ada, konstanta laju reaksi tercapai adalah 17,5 dengan menggunakan katalis platina. Semakin besar nilai konstanta laju reaksi, maka reaksi akan berlangsung lebih cepat. Semakin cepat suatu reaksi memungkinkan terjadinya tumbukan partikel dalam jumlah besar dengan waktu yang relatif singkat dan tingkat energi yang lebih rendah sehingga kesetimbangan akan tercapai pada waktu yang lebih cepat.



Gambar 1. Grafik perbandingan nilai konstanta laju beberapa katalis

4.2 ANALISIS PERBANDINGAN ENERGI AKTIVASI BEBERAPA KATALIS

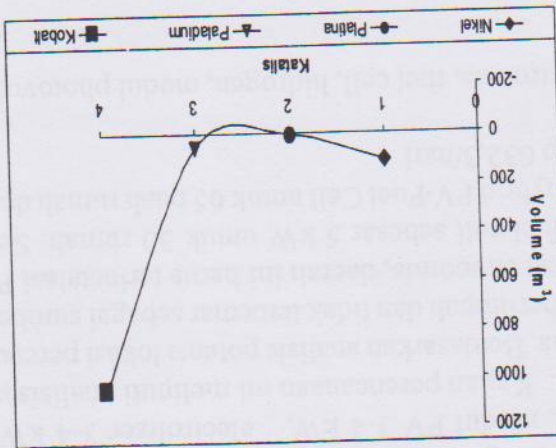
Hubungan antara konstanta laju reaksi adalah berbanding terbalik dengan energi aktivasi. Jika konstanta laju reaksi besar, maka nilai energi aktivasi akan menjadi kecil, sehingga tingkat energi yang dibutuhkan untuk bereaksi akan menjadi lebih rendah.

Perbandingan nilai energi aktivasi dari beberapa katalis diperlihatkan pada gambar 2. Dari hasil perhitungan, nilai energi aktivasi terendah didapatkan dengan menggunakan katalis platina, yaitu sebesar 110, 11 kJ/mol. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi dengan menggunakan katalis platina memerlukan energi yang paling rendah jika dibandingkan dengan katalis nikel yang digunakan di industri sekarang.

Berdasarkan pada hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, didapatkan bahwa katalis platina memberikan hasil yang terbaik diantara katalis yang ada. Konstanta laju reaksi katalis platina paling tinggi, yaitu 17,5 dengan energi aktivasi terendah, yaitu 110, 11 kJ/mol.

5. KESIMPULAN

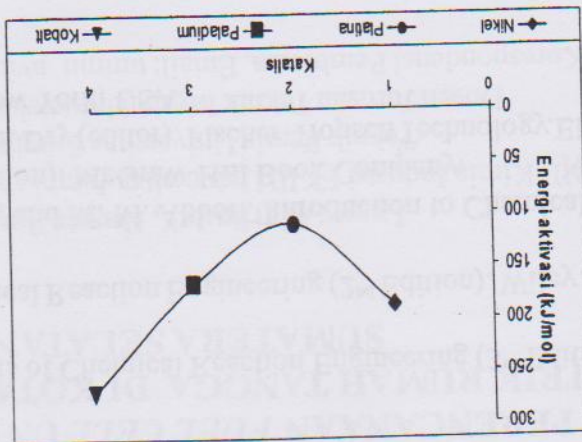
Gambar 3. Grafik perbandingan volume beberapa katalis



Katalis yang digunakan di Pusri saat ini memiliki volume tertentu. Perbandingan volume dari beberapa katalis yang dianalisis dipertlihatkan pada gambar 3 di bawah ini. Berdasarkan hasil analisis, volume katalis yang digunakan dalam jumlah paling kecil adalah dengan menggunakan katalis platina, yaitu sebesar 1,27 m³. Hal ini disebabkan oleh semakin besar konstanta laju reaksi maka energi aktivasi akan semakin rendah, sehingga reaksi akan berlangsung lebih cepat dan volume katalis yang dibutuhkan untuk reaksi lebih rendah untuk mencapai tingkat konversi yang diinginkan.

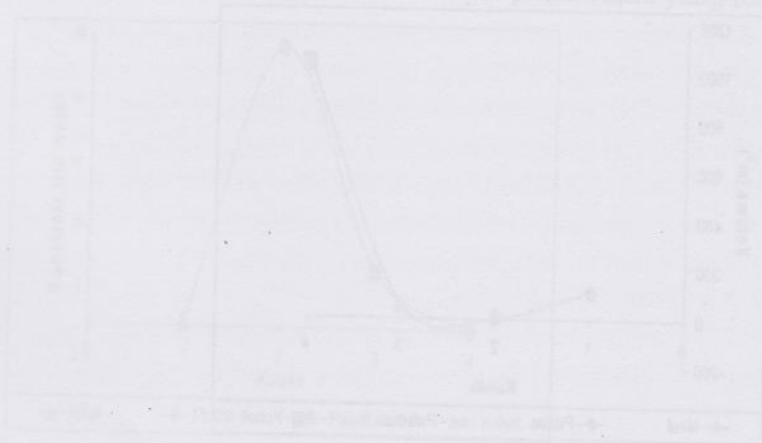
ANALISIS PERBANDINGAN VOLUME BEBERAPA KATALIS

Gambar 2. Grafik perbandingan energi aktivasi beberapa katalis



6. REFERENSI

- Fogler, S. H. (1999). Elements of Chemical Reaction Engineering (3rd Edition). Prentice-Hall, Inc: New Jersey.
- Levenspiel, O. (1999). Chemical Reaction Engineering (2nd Edition). Wiley Eastern Private Limited: New Delhi.
- Smith, M. J., H. C. Van Ness, and M. M. Abbott. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics (3rd Edition). McGraw-Hill Book Company: New York, USA.
- Steynberg, P.A. (2004). In M.E. Dry (editor). Fischer-Tropsch Technology. Elsevier Science and Technology Book: New York, USA.



Gambar 1. Grafik perbandingan nilai energi aktivasi sumber tenaga listrik dan tenaga kimia.

4.2 ANALISIS PERBANDINGAN ENERGI AKTIVASI BEBERAPA KATALIS

Hubungan antara konstanta laju reaksi adalah berbanding terbalik dengan energi aktivasi. Semakin rendah energi aktivasi, semakin tinggi laju reaksi. Dari hasil perhitungan, nilai energi aktivasi diperoleh dengan menggunakan platina, yaitu sebesar 110,11 kJ/mol. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi dengan menggunakan katalis platina memerlukan energi yang relatif rendah jika dibandingkan dengan katalis yang digunakan di industri sel surya.

KAJI
I

'Dosa

ABSTRAK

Makalah ini membahas tentang analisis energi dan ekonomi dari fuel cell di D. road map fu Alam sebes potensi wisa ini membutu dari modul p Wp sudah di Sistem fuel (PEMFC) 5 energi cadan analisis ekon sumber daya analisis tekn kapasitas da instalasi siste rumah adalah

Keywords: e

L. PEN

Kebij sebagai resp Kebijakan in - 2025. Salab keistrikan y lingkungan k pemerintah in - 2025. Selai Indonesia, co seperti poli meningkatka

2nd AVoER Se