

PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP KINERJA KATALIS Ni/ZEOLIT PADA REAKSI HIDROGENASI KATALITIK 1-OKTADEKENA

Donatus Setyawan Purwo Handoko^{1*)}, Triyono²⁾, Narsito²⁾, dan Tutik Dwi Wahyuningsih²⁾

¹⁾Jurusan Kimia, Universitas Jember
Jl. Kalimantan III/25 Jember

²⁾Jurusan Kimia, Universitas Gadjah Mada
Sekip Utara, Bulak Sumur, Yogyakarta

^{*)}Penulis korespondensi: dsetyawanph@yahoo.com

Abstrak

Kinetika hidrogenasi katalitik 1-oktadekena telah dipelajari pada pengaruh temperatur reaksi. Katalis Ni/Zeolit dipreparasi melalui tahapan perlakuan asam (HF, HCl, NH₄Cl), kalsinasi dengan N₂, oksidasi dengan O₂ dan reduksi dengan H₂ serta impregnasi logam Ni (Ni(NO₃)₂.6H₂O) melalui teknik impregnasi basah dan pertukaran ion. Uji aktivitas katalis dilakukan pada reaksi hidrogenasi katalitik 1-oktadekena pada variasi temperatur yaitu 400°C, 450°C dan 550°C dengan laju alir gas H₂ yang tetap, 15 mL/menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaksi hidrogenasi katalitik senyawa 1-oktadekena pada temperatur 400°C memiliki konstanta laju reaksi (k) dan energi aktivasi berturut-turut 0,0900 menit⁻¹ dan -46,14 kJ/mol. Laju reaksi hidrogenasi katalitik senyawa 1-oktadekena dengan katalis Ni/zeolit semakin menurun dengan meningkatnya temperatur reaksi pada rentang temperatur 400 hingga 550°C.

Kata kunci: 1-oktadekena, hidrogenasi, katalis Ni/zeolit

Abstract

Kinetic of catalytic hydrogenation 1-octadecena have been studied at temperature reaction influence. Ni/zeolite catalyst was prepared through acid (HF, HCl, NH₄Cl), calcinations using N₂, oxidation using O₂, reduction using H₂ and impregnation Ni from Ni(NO₃)₂.6H₂O treatment. Catalyst activity was done at catalytic hydrogenation 1-octadecena at various temperature (400°C, 450°C and 550°C) using hydrogen at flow rate of 15 mL/minute. The research showed that hydrogenation catalytic of 1-octadecena at the temperature of 400°C had reaction constant and energy activation were 0,0900 minute⁻¹ and -46,14 kJ/mol. The rate of catalytic hydrogenation 1-octadecena using Ni/Zeolite was decreased while the temperature was increasing from 400°C to 550°C.

Keywords: 1-octadecena, hydrogenation, Ni/zeolite catalyst.

PENDAHULUAN

Hidrogenasi alkena rantai pendek telah banyak dilakukan, seperti propena, butena, pentena hingga oktena. Hidrogenasi tersebut pada umumnya menggunakan katalis Pd, Ni, dan Pt. Kinetika hidrogenasi alkena rantai lurus C₁₀ hingga C₁₃ (diolefin) dengan katalis Ni/Al₂O₃ merupakan reaksi konsekutif dimana diolefin dihidrogenasi menjadi mono olefin dan hidrogenasi lebih lanjut dihasilkan parafin (Rajeshwer, 2006).

Hidrogenasi katalitik pada gugus fungsi senyawa organik merupakan salah satu langkah yang paling umum dalam sintesis senyawa organik, akan tetapi penelitian yang sangat mendasar tentang kinetika

hidrogenasi katalitik masih sangat jarang dilakukan. Ramesh (2000) mempelajari reaksi hidrogenasi katalitik pada senyawa 1-heksena, 1-heptena, dan 1-oktena menggunakan katalis *anchored*.

Yoon, C (1997) mempelajari reaksi hidrogenasi 1,3-butadiena pada permukaan platinum foil, kristal tunggal Pt (100), Pt (111), dan Pt (755) pada temperatur 300 hingga 375 K. *Turnover rate* hidrogenasi 1,3-butadiena satu order lebih kecil dari pada n-butena. Reaksi tersebut adalah order satu terhadap hidrogen dan mendekati order nol terhadap 1,3-butadiena. Komposisi produk relatif tetap pada tahap awal reaksi dan tidak bergantung pada struktur permukaan platinum. Jika temperatur reaksi

ditingkatkan maka selektivitas terhadap pembentukan butena akan meningkat. Hidrogenasi 1,3-butadiena dengan katalis Pt (111), Pt (755) kristal tunggal dan Pt foil pada temperatur kamar menunjukkan laju reaksi yang hampir sama, akan tetapi laju reaksi dengan katalis Pt (100) menunjukkan laju yang lebih lambat.

Su (1998) mempelajari dehidrogenasi dan hidrogenasi sikloheksena pada permukaan Pt (III). Kenaikan temperatur pada permukaan Pt akan menyebabkan laju reaksi hidrogenasi turun dan meningkatkan laju reaksi dehidrogenasi. Pada temperatur 300 hingga 400 K terjadi reaksi hidrogenasi sikloheksena menjadi sikloheksana dan pada reaksi dehidrogenasi sikloheksena membentuk benzena.

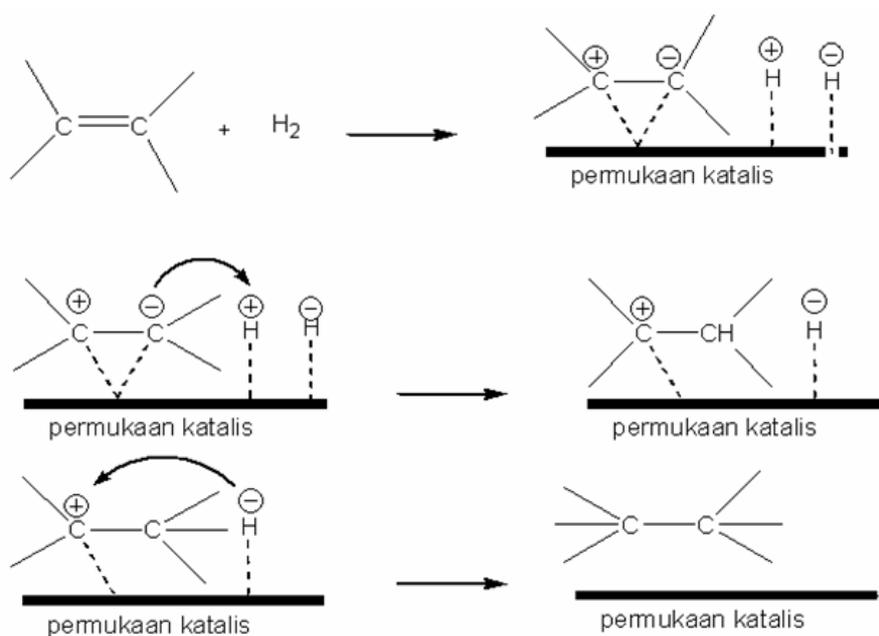
Anderson (2007) mempelajari penggunaan air sebagai solven dalam reaksi hidrogenasi senyawa aromatis menggunakan katalis Pd/karbon nanofiber. Hidrogenasi katalitik pada senyawa asam aromatik (seperti asam benzoat, asam fenil asetat, asam sinamat) menggunakan katalis Pd/karbon nanofiber bersifat selektif terhadap cincin aromatis tanpa harus memberikan proteksi pada gugus asam di luar cincin. Paladium dalam karbon memiliki kristalinitas yang tinggi, *faceted*, dan relatif tipis (*thin*). Struktur permukaan yang datar tersebut sangat mendukung reaksi hidrogenasi senyawa yang berbentuk cincin karena akan memudahkan adsorpsi paralel sehingga menyebabkan terjadinya aktivitas senyawa cincin tersebut serta terjadinya transfer hidrogen. Gugus O-H pada asam atau amida mempunyai 2 pilihan yaitu dikelilingi oleh molekul air atau berinteraksi dengan permukaan Pd. Keadaan ini akan meningkatkan probabilitas interaksi antara cincin aromatis dan permukaan logam.

Do'yle (2004) mempelajari hidrogenasi pada permukaan logam. Hidrogenasi alkena pada tekanan

rendah tidak dapat berlangsung pada permukaan kristal tunggal Pd (III), namun hidrogenasi tersebut dapat berlangsung secara efisien pada paladium nanopartikel. Pembentukan ikatan lemah hidrogen *subsurface* adalah kunci utama agar hidrogenasi berlangsung secara mudah pada Pd nanopartikel. Hidrogen tersebut dapat secara mudah diakses oleh alkena sehingga hidrogenasi dapat berlangsung. Pada paladium kristal tunggal atom hidrogen terdifusi sangat dalam (kuat) pada bulk sehingga tidak terjangkau oleh alkena teradsorpsi. Keadaan ini menyebabkan reaksi hidrogenasi tidak bisa berlangsung.

Struktur dan sifat fisik partikel logam yang kecil pada bentuk oksida dan zeolit sangat menarik perhatian. Penggunaan nikel untuk penelitian pada umumnya digunakan dalam jumlah yang banyak, sedangkan penggunaan nikel pada skala industri justru digunakan dalam jumlah yang sedikit. Santos (2003) mempelajari hubungan antara jumlah nikel dengan timbulnya proses peracunan, pengotoran pada katalis dalam proses perengkahan secara katalitik dan hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa aktivitas katalis berbanding terbalik dengan jari-jari partikel Ni yang digunakan sebagai katalis. Pada umumnya reaksi hidrogenasi senyawa alkena mengikuti mekanisme "Horiuti-Polanyi" (Augustine, 1996) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Reaksi hidrogenasi alkena pada umumnya selalu digunakan katalis logam aktif seperti Pt, Pd, dan Ni. Penggunaan logam aktif tersebut didasarkan pada keberadaan orbital d yang belum terisi penuh elektron sehingga orbital d dan orbital s yang berdekatan akan mengalami degenerasi sehingga berada dalam tingkat energi yang sama.



Gambar 1. Mekanisme reaksi hidrogenasi alkena pada permukaan katalis (logam aktif)

Pada keadaan degenerasi maka orbital electron tersebut akan memiliki probabilitas yang lebih tinggi dalam menyediakan situs asam Lewis, dimana situs tersebut merupakan bagian penting yang mampu mengadsorpsi umpan pada permukaan katalis logam.

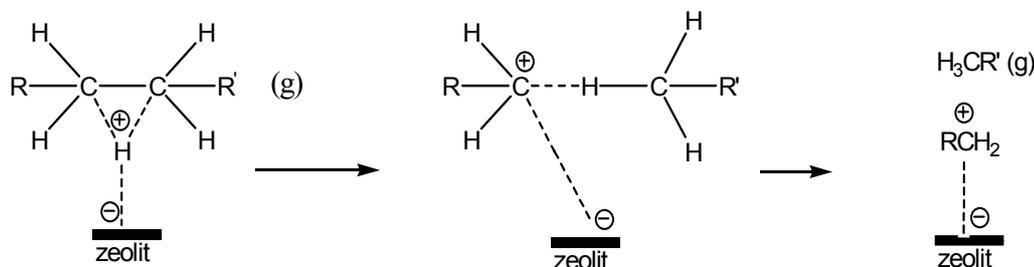
Sementara digunakan zeolit sebagai pengemban logam aktif didasarkan pada kerangka yang dimilikinya dan keberadaan situs Bronsted. Pada umumnya penggunaan zeolit sebagai katalis untuk mengarahkan terjadinya reaksi perengkahan (*cracking*). Mekanisme perengkahan tersebut menurut Campbell (1988) tersaji pada Gambar 2, 3 dan 4.

Penggunaan katalis sistem logam pengemban (Ni/zeolit) dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mengarahkan dua macam reaksi yaitu reaksi adisi dan perengkahan, meskipun reaksi adisi lebih mudah terjadi dibandingkan reaksi perengkahan.

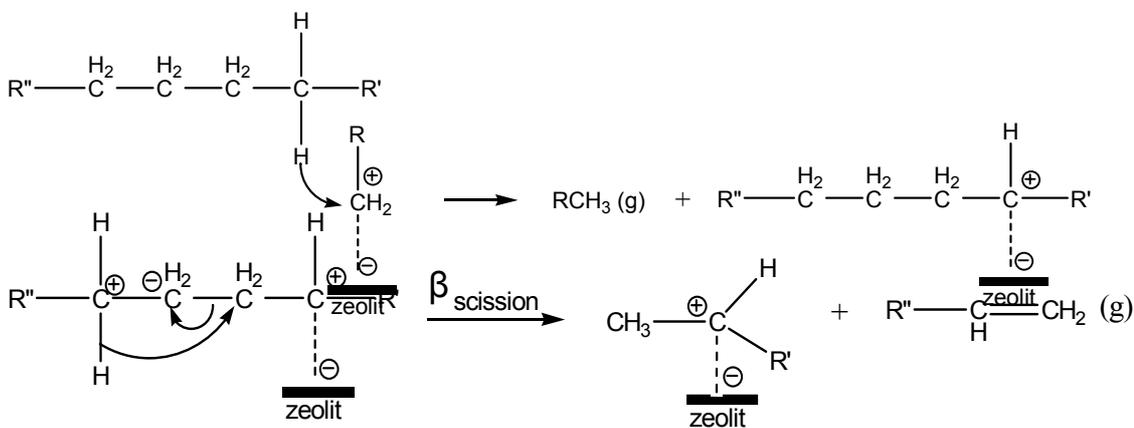
Produk reaksi yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan kromatografi gas (GC). Luas puncak

dari kromatogram digunakan untuk perhitungan secara kuantitatif yang menggambarkan konsentrasi dari senyawa hasil konversi 1-oktadekena. Analisis kualitatif dilakukan untuk mengetahui jumlah dan jenis senyawa yang terdapat dalam produk hasil konversi 1-oktadekena. Hal ini dapat dilakukan karena dengan analisis menggunakan GC maka dihasilkan kromatogram dengan puncak-puncak pada waktu retensi tertentu. Masing-masing waktu retensi menunjukkan satu jenis senyawa tertentu. Produk yang diharapkan dari hasil hidrogenasi katalitik atau pemutusan rantai panjang dari 1-oktadekena menjadi alkana rantai pendek.

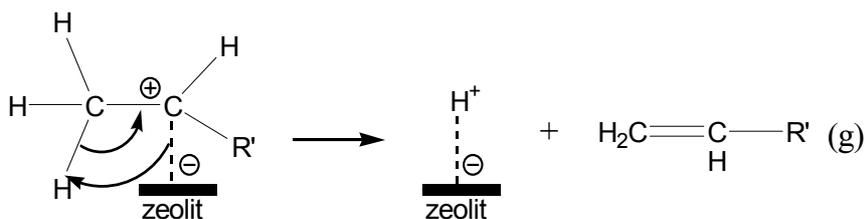
Berat produk hasil reaksi hidrogenasi katalitik senyawa 1-oktadekena yang diperoleh dapat digunakan untuk mengamati dan menentukan laju penurunan jumlah reaktan atau laju peningkatan jumlah produk dalam satuan waktu.



Gambar 2. tahap inisiasi, pembentukan ion karbonium



Gambar 3. tahap propagasi, reaksi antara ion karbonium dengan reaktan



Gambar 4. tahap terminasi, diperoleh katalis kembali

Senyawa 1-oktadekena merupakan senyawa rantai panjang yang memiliki ikatan rangkap di ujung, maka melalui reaksi hidrogenasi senyawa tersebut diharapkan terjadi reaksi adisi atau pembukaan ikatan rangkap diujung dan dilanjutkan dengan pemutusan ikatan rantai panjang menjadi ikatan rantai pendek yang diharapkan masuk dalam rentang komponen senyawa *gasoline* ($C_6 - C_{11}$).

Berdasarkan uraian diatas, maka permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana hubungan antara perubahan temperatur terhadap perubahan laju reaksi hidrogenasi katalitik senyawa 1-oktadekena.
- b. Bagaimana menentukan besaran energi aktivasi dalam reaksi hidrogenasi katalitik 1-oktadekena.

Penelitian ini bertujuan mempelajari profil hubungan antara perubahan temperatur terhadap perubahan konstanta kecepatan reaksi serta menentukan besaran energi aktivasi reaksi hidrogenasi katalitik 1-oktadekena.

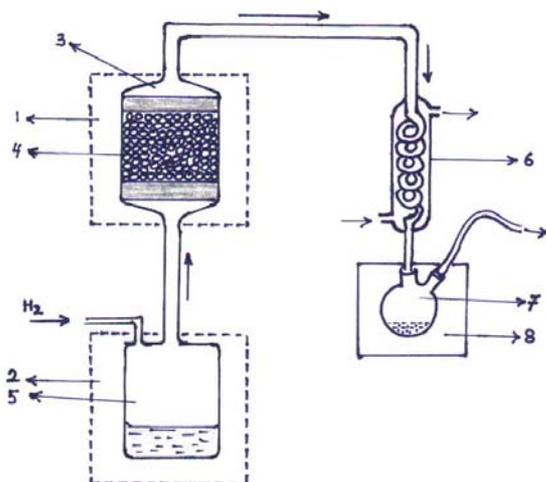
METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah: gas nitrogen, gas oksigen, gas hidrogen, zeolit alam (berasal dari Klaten), akuades dan metanol teknis, 1-oktadekena (99%, SIGMA), HCl (37%, MERCK), NH_4Cl 1M (MERCK), kristal $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ kadar 99% (MERCK).

Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas laboratorium, krus porselin, pengaduk magnet, penyaring Buchner, *furnace*, oven, termometer, pemanas listrik, desikator, pompa vakum, kertas saring Whatman 42, reaktor *fixed bed*, timbangan elektrik (Mettler RE 200), penyaring *100 mesh*, spektrometer serapan atom (AAS, Varian FS 220), kromatografi gas (Hewlett pacard 5890 series II), kromatografi gas-spektrometer massa (GC-MS, Shimadzu QP-2010S).



Gambar 5. Satu unit reaktor sistem *fixed bed*

Keterangan :

1. furnace
2. furnace
3. reaktor
4. katalis
5. evaporator umpan
6. pendingin ulir
7. wadah produk (OLP)
8. wadah pendingin

Prosedur

Pembuatan katalis Ni/zeolit

Zeolit dengan ukuran lolos saringan 100 mesh dicuci dengan H_2O sambil diaduk. Pencucian diulang hingga 3 kali, kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur $120^\circ C$ selama 2 jam hingga benar-benar kering. Selanjutnya dioksidasi dengan gas oksigen pada temperatur $500^\circ C$ selama 2 jam dan dikalsinasi dengan gas nitrogen pada temperatur $500^\circ C$ selama 2 jam. Laju alir gas untuk proses oksidasi dan kalsinasi adalah 25 mL/menit. Zeolit ini diberi kode katalis NZ.

Katalis NZ direfluks menggunakan HCl 6M (perbandingan volume zeolit : HCl = 1 : 2) sambil diaduk dengan pengaduk magnet selama 30 menit (Trisunaryanti, 1996). Sampel zeolit dicuci dengan menggunakan H_2O hingga pH 6 dan kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur $120^\circ C$ selama 2 jam dan dilanjutkan dengan oksidasi dengan gas oksigen pada temperatur $500^\circ C$ selama 2 jam dan kalsinasi dengan gas nitrogen pada temperatur $500^\circ C$ selama 2 jam. Laju alir gas untuk proses oksidasi dan kalsinasi adalah 25 mL/menit. Katalis selanjutnya didealuminasi dengan cara refluks menggunakan natrium silikat sebanyak 5% (b/b) yang dilarutkan ke dalam H_2O dan proses dilakukan pada temperatur $75^\circ C$ selama 2 jam sambil digojog tiap 10 menit. Hasil refluks dikeringkan dalam oven pada temperatur $120^\circ C$ selama 2 jam. Sampel zeolit direfluks dengan larutan NH_4Cl 2 M pada temperatur $90^\circ C$ selama 4 jam dengan pengaduk magnet (Zhang dan Smirniotis, 1998). Sampel dicuci dengan H_2O sampai pH 6 lalu dikeringkan dalam oven pada temperatur $120^\circ C$ selama 2 jam dilanjutkan dengan proses oksidasi dengan gas oksigen pada temperatur $500^\circ C$ selama 2 jam dan dilanjutkan kalsinasi dengan gas nitrogen pada temperatur $500^\circ C$ selama 2 jam. Katalis yang sudah selesai diberi kode katalis NZSiA.

Impregnasi logam Ni (Ni 2 % (b/b)) pada permukaan katalis NZSiA dilakukan dengan menggunakan metode impregnasi basah. Sebanyak 9,9 gram $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ dilarutkan ke dalam 100 mL H_2O , selanjutnya ditambahkan ke dalamnya 100 gram sampel zeolit (NZSiA) yang telah diberi perlakuan seperti diatas sambil diaduk selama 2 jam. Campuran dengan perbandingan tersebut diatas diuapkan pada temperatur 80 hingga $90^\circ C$ sambil diaduk sehingga komponen air akan teruapkan. Kemudian katalis dikeringkan dalam oven pada temperatur $120^\circ C$ selama 2 jam dilanjutkan dengan proses kalsinasi dengan gas nitrogen pada temperatur $500^\circ C$ selama 2

jam, kemudian dilanjutkan oksidasi dengan gas oksigen pada temperatur 500°C selama 2 jam, selanjutnya proses reduksi dengan gas hydrogen pada temperatur 500°C selama 2 jam. Laju alir gas untuk proses kalsinasi, oksidasi dan reduksi adalah 25 mL/menit. Katalis yang diperoleh diberi kode katalis Ni/NZSiA.

Proses hidrogenasi katalitik 1-oktadekena

Katalis Ni/NZSiA (Ni/Zeolit) dalam bentuk serbuk dengan jumlah 10 gram ditempatkan dalam kolom reaktor kemudian dipanaskan hingga temperatur yang dikehendaki (400, 450 dan 550°C) . Selanjutnya gas hydrogen dengan laju alir 15 mL/min dialirkan melalui 15 gram uap senyawa umpan (1-oktadekena) dalam ruang evaporator sehingga melewati katalis. Produk yang diperoleh dianalisis dengan Kromatografi Gas (GC).

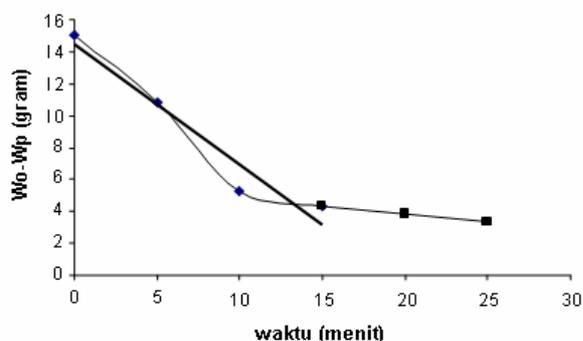
HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Reaksi

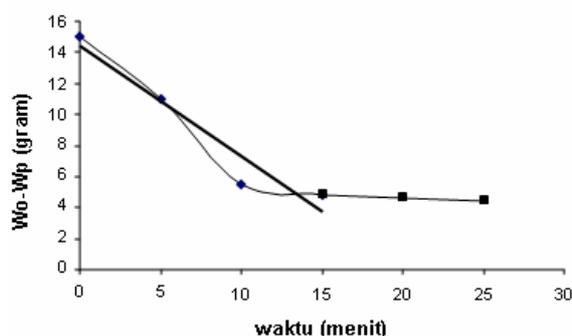
Berdasarkan persamaan laju reaksi maka untuk setiap pengambilan produk hasil reaksi hidrogenasi katalitik dapat ditentukan besarnya konstanta laju reaksi pada temperatur tertentu. Selanjutnya untuk masing-masing variasi temperatur dapat dibuat grafik hubungan antara jumlah pengurangan reaktan lawan waktu pengambilan (t), dimana jumlah reaktan merupakan akumulasi pengurangan untuk setiap 5 menit pengambilan sampel produk.

Gambar 6 menunjukkan bahwa katalis Ni/zeolit menunjukkan aktivitasnya yang maksimum pada 10 menit pertama dan selanjutnya katalis mengalami penurunan aktivitas yang ditandai dengan penurunan jumlah reaktan yang dikonversi menjadi produk. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa laju reaksi hidrogenasi katalitik 1-oktadekena sebesar 0,7562 gram/menit pada temperatur 400°C.

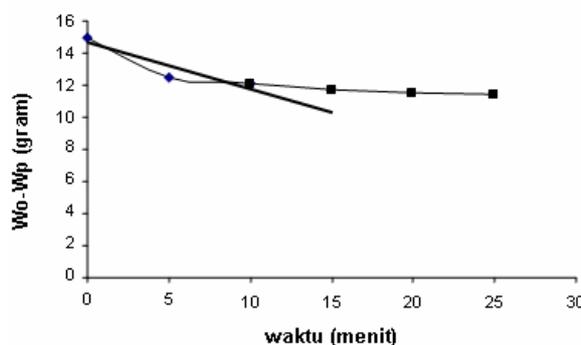
Gambar 7 menunjukkan hubungan pengurangan jumlah reaktan untuk setiap 5 menit reaksi hidrogenasi katalitik 1-oktadekena pada temperatur 450°C. Dari grafik terlihat bahwa pengurangan jumlah reaktan pada 5 menit pertama dan 5 menit kedua sangat signifikan Selanjutnya pada 5 menit ketiga hingga 5 menit ke 5, pengurangan jumlah reaktan semakin tidak terjadi perubahan yang signifikan.



Gambar 6. Grafik (Wo-Wp) vs waktu pada temperatur 400°C



Gambar 7. Grafik (Wo-Wp) vs waktu pada temperatur 450°C



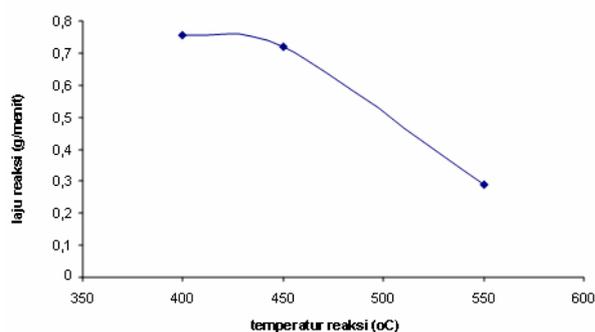
Gambar 8. Grafik (Wo-Wp) vs waktu pada temperatur 550°C

Berdasarkan persamaan laju reaksi, diperoleh besarnya laju reaksi hidrogenasi katalitik senyawa 1-oktadekena pada temperatur 450°C sebesar 0,7194 gram/menit. Laju reaksi tersebut ditentukan pada 10 menit pertama reaksi berlangsung.

Gambar 8 menunjukkan hubungan pengurangan jumlah reaktan untuk setiap 5 menit reaksi hidrogenasi katalitik 1-oktadekena pada temperatur 550°C. Dari grafik tersebut terlihat bahwa pengurangan jumlah reaktan yang cukup besar hanya terjadi pada 5 menit pertama reaksi berlangsung, sedangkan untuk 5 menit berikutnya hingga reaksi berakhir, pengurangan jumlah reaktan atau reaktan yang terkonversi menjadi produk sangat sedikit. Berarti proses hidrogenasi katalitik 1-oktadekena pada temperatur 550°C berlangsung paling cepat dan optimum hanya sampai 5 menit pertama yang ditunjukkan dengan jumlah produk cukup banyak, sedangkan pada 20 menit terakhir aliran jumlah produk yang diperoleh sangat sedikit.

Berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan laju reaksi di atas, menunjukkan bahwa laju reaksi hidrogenasi katalitik 1-oktadekena pada temperatur 550°C sebesar 0,2899 gram/menit.

Pengaruh temperatur terhadap laju reaksi hidrogenasi katalitik 1-oktadekena dengan katalis Ni/zeolit seperti pada Gambar 9 menunjukan bahwa reaksi pada daerah temperatur 400 hingga 550°C merupakan anti Arrhenius.



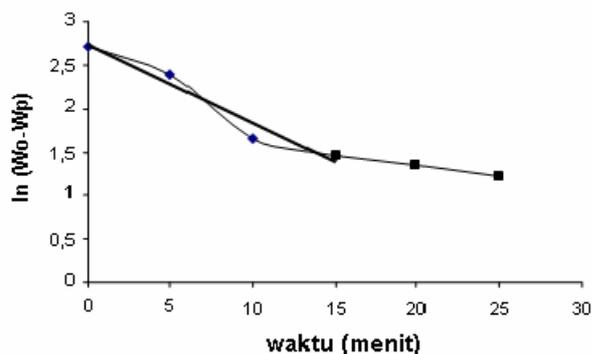
Gambar 9. Hubungan antara temperatur dengan laju reaksi dalam reaksi hidrogenasi katalitik 1-oktadekena dengan katalis Ni/zeolit

Konstanta Laju Reaksi dan Energi Aktivasi Reaksi Hidrogenasi Katalitik 1-Oktadekena

Konstanta laju reaksi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut,

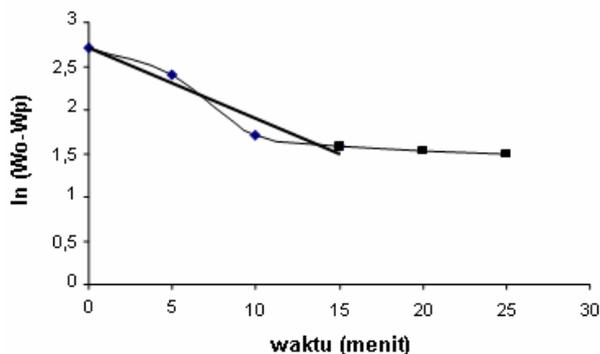
$$\ln (W_o - W_p) = -kt + \ln (W_o) \quad (1)$$

sehingga dengan membuat grafik $\ln (W_o - W_p)$ vs t , maka nilai k dapat ditentukan dari harga slope grafik.



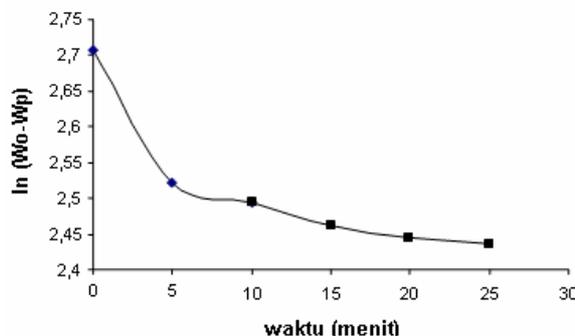
Gambar 10. Grafik $\ln (W_o - W_p)$ lawan waktu pada temperatur 400°C

Berdasarkan grafik di atas diperoleh harga konstanta laju reaksi hidrogenasi katalitik 1-oktadekena dengan katalis Ni/zeolit pada temperatur 400°C sebesar 0,09 menit^{-1} .



Gambar 11. Grafik $\ln (W_o - W_p)$ vs waktu pada temperatur 450°C

Berdasarkan Gambar 11 diperoleh harga konstanta laju reaksi hidrogenasi katalitik 1-oktadekena pada temperatur 450°C sebesar 0,0818 menit^{-1} .



Gambar 12. Grafik $\ln (W_o - W_p)$ vs waktu pada temperatur 550°C

Berdasarkan Gambar 12 diperoleh harga konstanta laju reaksi hidrogenasi katalitik 1-oktadekena pada temperatur 550°C sebesar 0,0215 menit^{-1} .

Energi aktivasi ditentukan dengan menggunakan persamaan Arrhenius sebagai berikut,:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (2)$$

dimana,

E_a = Energi aktivasi (J/mol)

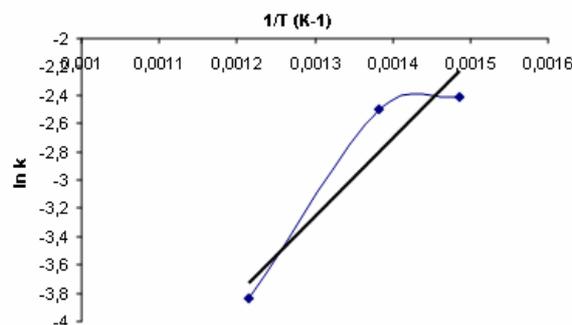
k = konstanta laju reaksi

R = konstanta atau tetapan gas ($8,314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$)

T = temperatur (Kelvin)

A = Konstanta Arrhenius

Apabila dibuat grafik $\ln k$ lawan $1/T$ akan diperoleh slope = E_a/R , sehingga nilai E_a dapat dihitung.



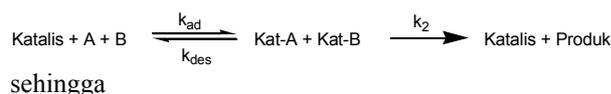
Gambar 13. Grafik $\ln k$ vs $1/T$ pada penentuan energi aktivasi

Berdasarkan perhitungan dari grafik pada Gambar 13 diperoleh nilai slope 5549,8 sehingga besarnya energi aktivasi (E_a) diperoleh sebesar -46,14 kJ/mol. Harga E_a yang negatif menunjukkan bahwa pada peningkatan temperatur dari 400 hingga 550°C ternyata reaksi hidrogenasi katalitik 1-oktadekena tidak mengikuti persamaan Arrhenius (anti Arrhenius).

Suatu reaksi tidak mungkin mempunyai harga E_a negatif, namun pada reaksi hidrogenasi katalitik 1-oktadekena hasil percobaan diperoleh E_a yang

bernilai negatif. Pada reaksi hidrogenasi katalitik senyawa 1-oktadekena terjadi penurunan laju reaksi pada peningkatan temperatur reaksi lebih lanjut. Penyebab dari gejala tersebut kemungkinan disebabkan fraksi penutupan pada permukaan katalis oleh reaktan cenderung berkurang pada peningkatan temperatur lebih lanjut. Sehingga diprediksi jumlah tumbukan efektif reaktan pada permukaan katalis juga akan semakin sedikit.

Untuk reaksi bimolekuler, proses katalisis diawali dengan aktivasi dua molekul reaktan (A dan B) dengan cara adsorpsi pada permukaan katalis.



sehingga

$$r = k [\text{Kat} - \text{A}][\text{Kat} - \text{B}] \text{ atau } r = k \theta_A \theta_B \text{ dan}$$

$$b = \frac{k_{\text{ads}}}{k_{\text{des}}} \quad (3)$$

b adalah tetapan kesetimbangan adsorpsi

Dari persamaan diatas dan persamaan isotherm Langmuir :

$$\theta_A = \frac{b_A [A]}{1 + b_A [A] + b_B [B]}$$

θ_A adalah A yang teradsorpsi pada katalis

$$\theta_B = \frac{b_B [B]}{1 + b_A [A] + b_B [B]}$$

θ_B adalah B yang teradsorpsi pada katalis sehingga

$$r = \frac{k b_A [A] b_B [B]}{(1 + b_A [A] + b_B [B])^2} \quad (4)$$

karena

$$\theta = f(T)_P \text{ atau } \theta = f(P)_T \quad (5)$$

$$\theta = \frac{\sum \text{adsorbat}}{\sum \text{situs}} \quad (6)$$

$$r = f(\theta_A, \theta_B)_{T,P} \quad (7)$$

Berdasarkan persamaan (3) dan (7), pada peningkatan temperatur pada daerah 400 hingga 550°C reaksi hidrogenasi katalitik 1-oktadekena dengan katalis Ni/zeolit menunjukkan adanya penurunan laju reaksi. Keadaan ini menunjukkan bahwa pada daerah temperatur 400 hingga 550°C berada pada daerah anti Arrhenius. Pada daerah anti Arrhenius dapat dijelaskan karena terjadinya penurunan fraksi penutupan pada permukaan oleh adsorbat.

KESIMPULAN

Laju reaksi hidrogenasi katalitik senyawa 1-oktadekena dengan katalis Ni/zeolit semakin menurun dengan meningkatnya temperatur reaksi pada rentang temperatur 400 hingga 550°C. Besarnya energi aktivasi reaksi hidrogenasi katalitik 1-oktadekena dengan katalis Ni/zeolit pada kisaran temperatur 400°C-550°C

berharga negatif sehingga reaksi hidrogenasi katalitik 1-oktadekena termasuk reaksi anti Arrhenius.

DAFTAR PUSTAKA

Anderson, J. R. and Boudart, M., (1981), *Catalysis Science and Technology*, First Edition, Springer Verlag, Berlin.

Augustine, R. L., (1996), *Heterogeneous Catalysis for Chemist*, Marcel Dekker Inc., New York.

Belitz, H. D., and Grosch, W., (1999), *Food Chemistry*, second edition, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Bell, A. T., (1987), *Support and Metal Support Interaction in Catalyst Design*, John Wiley & Sons, New York.

Boudart, M. and Bell, A. T., (1987), *Catalyst Design*, Edisi I, A Wiley-Interscience Publication, New York.

Campbell, I. M., (1988), *Catalysts at Surfaces*, New York: Chapman and Hall Ltd.

Costas, S. T. *et al.*, (2000), Dealuminated H-Y Zeolite: Influence of The Degree and The Type of Dealumination Method on Structural and Acidic Characteristics of H-Y Zeolite, *Ind. Eng. Chem*, 39, 307-319.

Dyer, A., (1988), *An Introduction to Zeolite Molecular Sieves*, John Wiley and Sons Ltd., Chichester, England

Farouq, A. T., Zabidi, A. N. M., Mohamed A. R., and Bhatia, S., (2003), Catalytic Conversion of Palm Oil Over Meso Porous Aluminosilicate MCM 41 for The Production of Liquid Hydrocarbon Fuel, *Fuel Processing Technology*, vol. 84, issues 1-3, 15 Nov 2003, page 105-120, Elsevier Science B.V., Publisher.

Gasser, R. P. H., (1987), *An Introduction to Chemisorption and Catalysis by Metal*, Oxford Science Publication, Clarendon Press, Oxford.

Gaya, J. C. A., (2003), *Biodiesel from Rape Seed Oil and Used Frying Oil in European Union*, Copernicus Institute, Universiteit Utrecht.

Hughes, R., (1984), *Deactivation of Catalyst*, Academic Press Inc. Ltd., 24-28 Oval Road London.

Klopprogge, T. J., Doung, L. V., and Ray, L. F., (2005), A Review of The Synthesis and Characterization of Pillared Clays and Related Porous Material for Cracking of Vegetable Oil to Produce Biofuel, *Environmental Geology Journal*, Vol. 47, number 7, May, Springer Heidelberg, Berlin.

Kunkeler P. J. *et al.*, (1998), Zeolite Beta: The Relationship between Calcination Procedure, Aluminum Configuration, and Lewis Acidity, *J. Catal.*, 180, 234.

Laidler, K., J., (1950), *Chemical Kinetics*, 1st Ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.

Pachenkov, G. M. and Lebedev, V. P., (1976), *Chemical Kinetic and Catalysis*, 2nd Ed., Mir Publishers, Moscow.

Ramesh, B.D. *et al.*, (2000), Hydrogenation of 1-alkenes Catalysed by Anchored Montmorillonite Palladium (II) Complexes : a Kinetic Study, *Trans. Met. Chem.*, 25, 639.

Sang, O. Y., (2003), Biofuel Production From Catalytic Cracking of Palm Oil, *Energy Sources Journal*, Vol. 25, number 9, September, Taylor & Francis Publisher.

Santos, L. T. *et al.*, (2004), Nickel Activation for Hydrogenolysis Reaction on USY Zeolite, *Catal. Lett.* 92, 81.

Satterfield, C. N., (1980), *Heterogenous Catalysis in Practices*, New York: McGraw-Hill Book Co.

Smith, K., (1992), *Solid Support and Catalyst in Organic Synthesis*, Ellis Horwood PTR, Prentice Hall, London.

Su, X. *et al.*, (1998), Cyclohexene Dehydrogenation and Hydrogenation on Pt(111) Monitored by SFG Surface Vibrational Spectroscopy: Different Reaction Mechanisms at High Pressures and in Vacuum, *Catal Lett.*, 54, 9-15.

Yoon, C. *et al.*, (1997), Hydrogenation of 1,3-butadiene on Platinum Surfaces of Different Structures, *Catal. Lett.*, 46, 37.