

## Penentuan Energi Aktivasi Dan Orde Reaksi Pada Reaksi Hidrorengkah N-Heksadeka Menggunakan Katalis Nikel-Y

<sup>1</sup>Ilham Salim, <sup>2</sup>Supeno

<sup>1,2</sup>Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Cenderawasih

Email : ilhamkimia@yahoo.com

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang penentuan energi aktivasi ( $E_a$ ) dan orde reaksi pada reaksi hidrorengkah n-Heksadekana preparasi menggunakan katalis zeolit Y teremban logam Nikel., dilanjutkan dengan uji aktivitas melalui reaksi katalitik hidrorengkah n-Heksadekana. Zeolit Y diperoleh dari Zeolyst International, Netherland. Pengembunan nikel pada sampel zeolit dilakukan dengan metode pertukaran ion dengan larutan prekursor  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  dengan konsentrasi 0,06M Kandungan nikel pada katalis ditentukan dengan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS). Reaksi hidrorengkah menggunakan reaktor sistem *fixed bed*. Perbandingan umpan (n-Heksadekana) : katalis = 3 : 1(dalam gram). Kajian katalisasi juga dilakukan pada suhu yang bervariasi yaitu dari 315°C – 450°C pada kandungan nikel tertentu. Hasil reaksi katalitik pada masing-masing suhu setelah melewati sistem pendingin terdapat fraksi cair yang ditampung kemudian ditimbang dan ditentukan persen konversinya. Selanjutnya untuk penentuan  $E_a$  dan Orde reaksi dengan menggunakan perhitungan regresi linear. Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaksi katalitik dengan menggunakan katalis Ni-Y pada proses hidrorengkah n – Heksadekana terjadi hasil konversi yang berbeda-beda tergantung pada suhu reaksi katalitiknya. Konversi terbesar diperoleh pada suhu 450°C yaitu sebesar 76,40%. Orde reaksinya adalah reaksi orde satu ( $n=1$ ). Sedangkan energi aktivasi atau energi pengaktifan ( $E_a$ ) reaksi katalitik pada proses hidrorengkah n-Heksadekana dengan menggunakan katalis Ni-Y dengan kadar nikel 9,2% (b/b) adalah sebesar 45,219 kJmol<sup>-1</sup>.

**Kata kunci** : zeolit Y, katalis, hidrorengkah, energi aktivasi, orde reaksi

## PENDAHULUAN

Penggunaan katalis dan pengemban dari zeolit diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih selektif, lebih optimal serta memberikan hasil yang nilai ekonomisnya lebih besar. Hal ini akan berbeda hasilnya jika proses konversi dilakukan tanpa katalis dan pengemban. Pada konversi tanpa katalis pengemban dikenal dengan *thermal cracking*, proses untuk menghasilkan produk yang diinginkan akan bekerja pada suhu dan tekanan operasi yang cukup tinggi dan akan berdampak pada biaya operasional yang besar (kurang ekonomis ) serta kemungkinan hasilnya kurang selektif. Sebagaimana telah diketahui bahwa zeolit merupakan bahan pengemban yang paling umum digunakan dewasa ini. Bahan pengemban ini dapat ditemukan menurut proses pembentukan sebagai zeolit sintetis maupun zeolit alam. Zeolit alam tidak sama kandungan pengotor (keheterogenan penyusunnya selain kerangka dasar (*frame work*) dan jenisnya antara satu tempat dengan tempat yang lain dimana zeolit alam ditemukan. Menurut Vansant(1990), menyimpulkan bahwa secara umum zeolit dapat didefinisikan sebagai suatu kristal alumina silika dengan struktur kerangka dasar tetrahedral berongga yang dapat berisi kation – kation dan molekul air yang bebas bergerak. Zeolit terdiri atas

gugusan alumina dan gugusan silika- oksida yang masing – masing berbentuk tetrahedral dan saling dihubungkan oleh atom oksigen sedemikian rupa sehingga membentuk kerangka tiga dimensi. Adanya rongga atau pori yang terdistribusi dalam zeolit akan berkaitan dan berpengaruh langsung terhadap luas permukaan.

Dewasa ini, dengan berkembangnya industri pengilangan minyak bumi dan industri petrokimia serta berbagai industri hilir lainnya di Indonesia maka akan memerlukan aneka ragam katalis dan pengemban yang lebih dikhususkan pada pengemban dari zeolit untuk menjalankan proses-proses kimia. Katalis umumnya diartikan sebagai bahan yang dapat mempercepat suatu reaksi kimia menjadi produk. Logam – logam transisi merupakan logam yang umum digunakan sebagai katalis, baik berupa logam murni, oksida logam maupun sebagai logam – pengemban. Salah satu referensi untuk mengetahui seberapa baiknya katalis maka perlu ditentukan energi aktivitasnya (Kadarwati dkk,2013).

Dalam penelitian ini untuk mengetahui energi aktivitas katalis zeolit NaY ataupun nikel zeolit Y dilakukan melalui zeolit yang diimbani dengan logam nikel selanjutnya n-Heksadekana yaitu alkana rantai lurus sebagai model yang akan menunjukkan

terjadinya reaksi katalitik pada proses hidrorengkah (*hydrocracking*). Reaksi hidrorengkah merupakan suatu reaksi eksotermis tanpa perubahan jumlah molekul. Proses hidrorengkah adalah suatu proses perengkahan hidrokarbon secara katalitik dengan injeksi hidrogen pada suhu tinggi dan tekanan tertentu untuk mendapatkan hasil reaksi yang mempunyai berat molekul lebih rendah. Pada umumnya proses hidrorengkah ini dapat dipakai untuk mengkonversi distilat sedang, distilat berat dan deasphalting oil menjadi bensin, kerosin, minyak diesel. Penelitian tentang katalis dengan menggunakan zeolit sebagai bahan pengemban telah banyak dilakukan. Arroyo dkk (2000), mengamati proses hidrorengkah dan isomerisasi senyawa campuran n-parafin dan gas oil menggunakan katalis Pt/ZSM-22. Dari hasil penelitian tersebut dilaporkan bahwa adanya proses pemutusan ikatan C—C pada posisi beta ( $\beta$ ) dalam proses hidrorengkah. Joo dkk (1997), memanfaatkan katalis zeolit dengan kombinasi logam Ni-Mo sebagai katalis hidrorengkah terhadap hasil pirolisis plastik. Penelitian ini berhasil mengkonversi komponen plastik tersebut menjadi komponen nafta. Scherer dan Ritcher (1978), mengemukakan bahwa penggunaan zeolit Y memiliki selektivitas yang tinggi dalam perengkahan minyak bumi

(Hegedus,1985). Isoda dkk (1998), telah mengembangkan logam Ni, Co dan Fe ke dalam zeolit Y yang digunakan sebagai katalis hidrorengkah senyawa hidrokarbon rantai  $C_{15} - C_{32}$  dan cincin aromatik beranggota 3 – 4 dalam bahan vacuum gas oil. Dari hasil penelitian dilaporkan bahwa katalis Ni-Y mampu mengkonversi hidrokarbon rantai  $C_{15} - C_{32}$  dan cincin aromatik beranggota 3 – 4 lebih baik daripada katalis zeolit Y dengan logam teremban Co dan Fe. Logam-logam transisi adalah logam-logam ini secara langsung dapat berfungsi sebagai katalis tanpa diembankan terlebih dahulu pada pengemban, namun memiliki kelemahan, diantaranya luas permukaan yang relatif kecil, dan selama proses katalitik dapat terjadi penggumpalan (Trisunaryanti dkk., 2005).

Pada proses hidrorengkah katalis yang umum digunakan adalah katalis heterogen. Logam Ni seperti yang telah digunakan oleh Isoda dkk (1998) sebagai katalis yang diemban pada zeolit Y merupakan logam transisi pada sistem periodik. Zeolit ZSM-22 maupun Y yang diuraikan di atas adalah zeolit sintetis yang dapat dibuat dari bahan utamanya yaitu silika dan alumina bebas. Pada zeolit hasil sintesis kandungan pengotornya hampir tidak ada.

Pembuatan fraksi gasolin antara lain dilakukan oleh Salim dkk (2016), menggunakan katalis Ni yang dimpregnasi pada natural zeolit yang telah dimodifikasi (menjadi zeoli) untuk hidrorengkah minyak kelapa. Salamah dkk (2022), melakukan hidrorengkah waste cooking oil menggunakan katalis Ni yang dimpregnasi pada diimpregnasi pada silika mesopori yang disintesis dari Beach Sand dan diperoleh gasoline fraction. Aziz dkk(2021) melakukan perengkahan biodiesel Crude (biodiesel mentah) menjadi biodiesel menggunakan katalis NiO dimpregnasi pada zeolite aktif. Ramadani dkk (2017), menggunakan zeolit alam aktif diimpregasi dengan katalis Ni untuk pembuatan biodiesel dari minyak biji ketapang.

Dikemukakan juga bahwa zeolit alam umumnya ditemukan dalam bentuk campuran dengan tipe-tipe zeolit lain dan dengan Zeolit sintesis adalah suatu senyawa kimia yang mempunyai sifat fisik dan kimia yang sama dengan zeolit yang ada di alam, zeolit sintesis ini dibuat dari bahan lain dengan proses sintesis, yang dibuat sedemikian rupa sehingga menyerupai zeolit yang ada di alam. ukuran pori bila dibandingkan dengan zeolit alam. Penelitian Trisunaryanti, dkk (2012) melakukan karakterisasi dan uji aktivitas katalis Mordenit dan Zeolit Y pada

proses hidrorengkah ban bekas dengan variasi suhu selama 30 menit menunjukkan bahwa zeolit Y menghasilkan kristalinitas yang tinggi daripada mordenit serta menghasilkan produk tertinggi sebesar 9,14% (selektivitas fraksi bensin 99%) pada suhu 350°C sedangkan mordenit 11,3% (selektivitas bensin 53%) pada suhu 400°C. Zeolit-Y merupakan salah satu jenis zeolit sintetik yang banyak digunakan saat ini. Zeolit-Y memiliki rumus oksida  $\text{Na}_2\text{O}$ .  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .  $4,8\text{SiO}_2$ .  $8,9\text{H}_2\text{O}$  yang merupakan zeolit sintetik jenis faujasit yang kaya akan silika dengan bentuk struktur SBU D6R (Zahro dkk., 2014).

Bahan baku yang dipergunakan pada proses hidrorengkah ini adalah sangat fleksibel yaitu mulai dari fraksi ringan sampai dengan fraksi berat antara lain, fraksi nafta ,fraksi gas, distilat vakum. Kebutuhan hidrogen total pada proses hidrorengkah tergantung pada jenis bahan baku yang diolah dan jenis produk yang diinginkan. Posisi katalis di dalam reaktor adalah tetap (*fixed bed*). Bahan baku yang telah menjadi fasa gas serta terus diinjeksi dengan gas hidrogen akan melewati katalis hingga terjadi reaksi katalitik untuk menghasilkan suatu produk. Sifat asam pada katalis misalnya katalis zeolit nikel dapat menghasilkan produk perengkahan. Jika sifat asamnya makin kuat

maka akan menghasilkan produk perengkahan yang tinggi pula.

Laju reaksi dapat didefinisikan sebagai perubahan konsentrasi persatu satuan waktu. atau berkurangnya konsentrasi reaktan persatu satuan waktu. Misalnya reaksi orde satu:



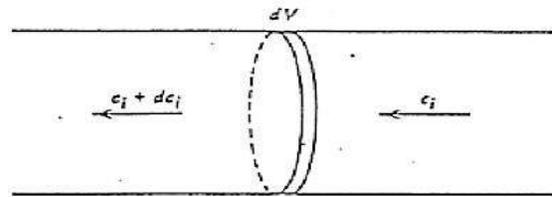
Maka laju reaksi :

$$r = \frac{dc}{dt} = -kc \dots\dots\dots(1)$$

Dimana : c = konsentrasi A

k = tetapan laju reaksi

Pada reaksi katalitik untuk mengetahui laju reaksi digunakan metode alir (Moore,1981). Metode alir adalah cara terbaik untuk mendeteksi reaksi yang terjadi sangat cepat dimana reagen tidak dicampur sebelum memasuki reaktor. Persamaan dasar untuk *flug flow* reaktor, diturunkan dari sebuah reaktor tabular dengan luas penampang lintang konstan A seperti yang ditunjukkan dalam gambar 1, bahwa aliran mapan (*steady flow*) u yang dinyatakan sebagai volume persatuan waktu.



Gambar 1 : Volume silinder sistem flow

Memilih suatu elemen volume silinder kecil dV dan konsentrasi suatu komponen i yang masuk ke unit itu adalah c<sub>i</sub> dan konsentrasi yang meninggalkan unit adalah c<sub>i</sub> + dc<sub>i</sub> dan meninggalkan reaksi kimia dengan laju yang sama dengan r<sub>i</sub> . Laju ini merupakan bentuk merupakan bentuk persamaan kimia biasa dan merupakan suatu fungsi laju konstan atas seluruh reaksi yang meliputi komponen i dan atas berbagai konsentrasi di dalam unit volume. Laju perubahan waktu i persatuan waktu di dalam unit volume (Moore,1981) adalah :

$$\frac{dn_i}{dt} = dV - ud c_i \dots\dots\dots(2)$$

Setelah keadaan *steady* dicapai maka konsentrasi masing-masing komponen dalam masing-masing elemen volume menjadi konstan. Komposisi dari satu unit ke unit berikutnya berbeda. Dalam keadaan *steady* berlaku:

$$r_i dV = u dc_i \dots\dots\dots(3)$$

Bentuk ini jika diintegrasikan memberikan hasil sebagai berikut :

$$\frac{v}{u} = \int_{c_0}^c \frac{dc_i}{r_i} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana  $c_0$  adalah konsentrasi komponen ai yang masuk ke dalam ruangan reaksi dan  $V$  adalah volume reaktor yang dilewati oleh reaktan dengan konsentrasi  $c$ . Dalam reaksi katalitik pada reaktor yang posisi katalisnya tetap volume merupakan volume ruang ( $v$ ). Dari persamaan di (1) disubstitusikan ke persamaan (4) dan diintegrasikan memberikan hasil:

$$k = \frac{u}{v} \ln \frac{c_0}{c} \dots\dots\dots (5)$$

Persamaan ini dapat pula ditulis sebagai berikut :

$$k = \frac{u}{v} \ln \frac{1}{(1-x)} \dots\dots\dots(6)$$

- Dimana :
- $k$  = tetapan laju reaksi ( $\text{menit}^{-1}$ )
  - $u$  = laju alir gas ( $\text{mLmenit}^{-1}$ )
  - $v$  = volume ruang (mL)
  - $x$  = konversi

Dengan mengetahui harga tetapan laju reaksi ( $k$ ) , maka akan diperoleh informasi

mengenai laju suatu reaktan menjadi produk. Jika dihubungkan dengan bentuk lain persamaan Arrhenius yaitu :

$$k = A e^{-E_a/RT} \dots\dots\dots(7)$$

$$\ln k = -\frac{E_a}{RT} + \ln A \dots\dots\dots(8)$$

maka, dari persamaan ini dengan mengasumsikan bahwa reaksi proses perengkahan n-heksadekana adalah orde satu energi pengaktifan ( $E_a$ ) dapat diketahui melalui *slope* (kemiringan) grafik  $\ln k$  lawan  $1/T$  yang grafiknya menghasilkan garis lurus . Energi pengaktifan ( $E_a$ ) dianggap konstan terhadap variasi suhu. *Slope* = -  $E_a / R$  dan intersep adalah  $A$  merupakan faktor Arrhenius. Energi pengaktifan adalah energi minimum yang dibutuhkan oleh reaktan untuk membentuk senyawa antara sebelum reaktan diubah menjadi produk. Dengan adanya katalis maka diharapkan akan menurunkan energi pengaktifan ( $E_a$ ) yang dimiliki oleh suatu reaksi sebelum reaktan diubah menjadi produk.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan seberapa besar konversi total, orde reaksi katalitik pada proses hidreregangkah n-Heksadekana, menentukan energi pengaktifan ( $E_a$ ) katalis nikel yang diemban atau diimpregnasi dalam zeolit Y

teremban Nikel (Ni-Y) setelah dilakukan reaksi katalitik pada proses hidrorengkah n-Heksadekana.

## **METODE PENELITIAN**

### ***Alat dan Bahan***

#### *Alat*

Cawan porselin, Neraca, Seperangkat reaktor (untuk uji aktivasi), AAS (Atomic adsorbtion Spectrofotometry) Nippon Jarrel Ash AA-782, Kromatografi gas – Spektroskopi Massa (GC- MS) Shimadzu QP 5000, alat-alat gelas lainnya.

#### *Bahan*

Zeolit Y dari zeolyst International, Netherland, Akuades, Kertas whatman 42 , Amonium nitrat (E.Merck), Nikel (II) nitrat hexahidrat (E.Merck), n-Heksadekana (E.Merck), Glass Wool, Etanol (E. Merck).

### ***Prosedur Penelitian***

#### *Pembuatan H-Zeolit*

1. Sampel zeolit Yf dipanaskan mencapai suhu 250°C selama 5 jam setelah suhu ini dicapai.
2. Kemudian sampel dibiarkan menjadi dingin, kemudian direndam ke dalam larutan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  1,5M serta diaduk selama 24 jam selanjutnya sampel dicuci dengan akuades secukupnya.

3. Setelah air cucian dibuang, sampel dipanaskan sampai kering di dalam oven pada suhu 130°C.
4. Sampel dikalsinasi pada suhu 500°C selama 4 jam di dalam tanur, sehingga diperoleh H-Zeolit.

#### *Pengembangan Logam Nikel pada H-Zeolit*

Pengembangan logam nikel pada pengembangan dapat dilakukan dengan cara pertukaran ion (Augustine, 1990).

Dalam pertukaran ion, logam nikel diperoleh dari larutan garam nitratnya, yaitu  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$ , yang kemudian diubah menjadi bentuk kation kompleks heksamin nikel (II) atau  $\{\text{Ni}(\text{NH}_3)_6\}^{2+}$  sebagai kation penukar. Bentuk ion nikel (II) heksamin dapat terperangkap lebih stabil dalam zeolit karena ukuran jari-jarinya menjadi lebih besar dibandingkan sebelum dalam bentuk ion nikel (II) heksamin. Prosedur sebagai berikut:

1. Sampel H-Zeolit (direndam ke dalam larutan kompleks ion nikel (II) heksamin pada konsentrasi 0,06M
2. Selanjutnya campuran diaduk selama 24 jam, lalu disaring.
3. Setelah itu campuran dikeringkan, kemudian dimasukkan ke dalam reaktor untuk dikalsinasi dan dialiri gas nitrogen selama 5 jam pada suhu 500°C selanjutnya

dioksidasi dengan mengalirkan gas oksigen pada suhu 400°C selama 3 jam.

4. Tahap berikutnya direduksi yaitu dialiri gas hidrogen selama 2 jam pada suhu 350°C untuk mendapatkan distribusi nikel yang bermuatan nol pada permukaan pori bahan pendukung zeolit.
5. Selanjutnya uji penentuan nikel menggunakan AAS (Atomic adsorbtion Spectrofotometry)

#### *Uji Aktivitas Katalis*

Bahan baku (n-parafin/n-Heksadekana) dimasukkan dalam suatu wadah tahan panas, katalis disiapkan dan ditempatkan dalam reaktor kemudian dimasukkan dalam furnace (pemanas). Katalis yang posisinya tetap dalam reaktor kemudian dipanaskan sampai suhu 315°C. Bahan baku normal heksadekana dipanaskan sambil diinjeksi atau dialiri gas hidrogen secara kontinyu dengan laju alir 200 mL/menit. Setelah bahan baku menguap akan melewati katalis yang telah dipanaskan pada suhu tersebut di atas. Perbandingan bahan baku dan katalis 3 : 1 (dalam gram). Hasil reaksi katalitik pada proses hidrorengkah kemudian dialirkan dalam suatu pendingin sehingga berwujud cair. Selanjutnya hasilnya ditampung dalam suatu wadah yang telah ditimbang dan diketahui beratnya. Selanjutnya berat wadah dan cairan

yang berhasil ditampung dilakukan penimbangan. Selisihnya adalah berat cairan yang berhasil ditampung hasil proses hidrorengkah. Tahap berikutnya, cairan tersebut dianalisa lebih lanjut. Kemudian dilakukan pengulangan. Perlakuan proses hidrorengkah berikut adalah pada 365°C, 415°C dan 450°C.

Untuk menghitung konversi (%) dinyatakan dengan perumusan sebagai berikut (Arroyo dkk, 2000) :

$$X_i = \frac{F_i^o - F_i}{F_i^o} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana :

$X_i$  = konversi komponen i

$F_i^o$  = berat mula-mula atau % area mula-mula

$F_i$  = berat yang tidak terengkah atau % area sisa yang tidak terengkah.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### ***Hasil Penentuan Kadar Nikel dan Uji Aktivitas***

Setelah dilakukan perendaman zeolit Y dengan larutan prekursor 0,06M kemudian ditentukan kadar nikel yang terkandung dalam zeolit diperoleh kadar nikel sebesar 9,2 %(b/b),selanjutnya disingkat Ni-Y. Selanjutnya dilakukan uji aktivitas katalis Ni-Y tersebut. Hasil uji aktivitas melalui reaksi

katalitik pada proses hidrorengkah diperoleh berupa konversi n-Heksadekana menjadi bagian-bagian yang mempunyai jumlah atom C lebih kecil dari jumlah atom C n-Heksadekana (C<sub>16</sub>). Pada proses hidrorengkah dalam penelitian ini, perlakuan reaksi katalitik dimulai pada suhu 315°C. Titik didih n-Heksadekana 297°C, sehingga pada suhu 315°C diharapkan telah terjadi konversi. Hasil hidrorengkah berupa gas dilewatkan pada suatu sistem pendingin, hingga diperoleh hasil dalam wujud cair. Hasil dalam wujud cair ditimbang kemudian dibandingkan dengan berat n-Heksadekana mula-mula sebelum perlakuan proses hidrorengkah. Selanjutnya dapat dihitung konversi dari n-Heksadekana dengan membandingkan umpan (n-Heksadekana) mula-mula yaitu berat pada saat sebelum proses hidrorengkah dan berat hasil proses hidrorengkah yang dapat ditampung dalam wujud cair serta yang tidak dapat ditampung dalam wujud cair. Analisa hasil cairan yang berhasil ditampung dengan menggunakan GC yaitu membandingkan hasil kromatogram yang terdapat pada umpan (n-Heksadekana awal sebelum direngkah) dimana puncaknya muncul pada waktu retensi 23,684 menit. n-Heksadekana sisa yang tidak terkonversi puncaknya muncul pada waktu retensi berkisar 23,684 menit.

Hasil hidrorengkah n-Heksadekana menggunakan katalis Ni-Y pada suhu 315 °C menghasilkan % konversi sebesar 25,92. Selanjutnya suhu reaksi katalitik dinaikan dan diperoleh persen konversi seperti tabel berikut.

**Tabel 1** : Konversi (%) Cairan Hasil Proses Hidrorengkah n-Heksadekana Menggunakan Katalis Ni-Y

No.	Temp. Reaksi (°C)	Berat hasil proses hidrorengkah yang dapat ditampung (g)	% konversi
1	315	2,63	25,92
2	365	1,55	3,34
3	415	1,12	0,71
4	450	0,35	0,40

Dari data pada tabel 1 di atas terlihat bahwa untuk selang suhu di atas pada proses hidrorengkah n-Heksadekana menghasilkan konversi yang mempunyai kecenderungan makin besar nilainya, namun jika dilihat hasil proses hidrorengkah yang dapat ditampung setelah melewati sistem pendingin, maka dapat diprediksi adanya sebagian hasil proses hidrorengkah yang tidak dapat diubah menjadi wujud cair. Indikasinya juga dapat dilihat dari hasil proses hidrorengkah yang tertampung dalam wujud cair beratnya berkurang seiring dengan meningkatnya suhu

reaksi katalitik. Tabel 2 berikut adalah hasil perhitungan konversi secara gravimetri.

**Tabel 2** : Hasil perhitungan konversi (%) secara gravimetri untuk katalis Ni-Y

No	Temp. Reaksi (°C)	Berat hasil proses Perengkahan hidro dalam wujud cair (g)	Berat yang tidak Dapat ditampung Dalam wujud cair (g)	Faktor koreksi (g)	% Konversi
1	315	2,63	0,37	0,37	00,00
2	365	1,55	1,45	0,37	36,00
3	415	1,12	1,88	0,37	50,33
4	450	0,35	2,65	0,37	76,00

Data dalam tabel 3. berikut adalah hasil konversi total yang merupakan penjumlahan konversi hasil GC dengan konversi secara gravimetri untuk katalis nikel zeolit Y dengan kode Ni-Y. Dari data di atas terlihat bahwa konversi meningkat seiring dengan meningkatnya suhu reaksi katalitik.

**Tabel 3** : Hasil konversi total (%) n-heksadekana dengan katalis Ni-Y

No	Temp. Reaksi (°C)	Hasil konversi Dengan GC (%)	Hasil konversi secara gravimetri (%)	Konversi total (%)
1	315	25,92	0,00	25,92
2	365	3,34	36,00	39,34
3	415	0,70	50,33	51,03
4	450	0,40	76,00	76,40

Dari data di atas terlihat bahwa konversi total meningkat seiring dengan meningkatnya suhu reaksi katalitik. Dari data konversi ini juga menunjukkan aktivitas semakin tinggi dengan naiknya suhu reaksi katalitik. Hal ini dapat disebabkan oleh makin aktifnya situs – situs aktif yang terdapat pada katalis.

**Hasil Penentuan Energi Aktifitas (Ea) dan Orde Reaksi (n)**

Hasil penentuan tetapan laju (k) dengan menggunakan persamaan (6) terlihat pada tabel 4 berikut

**Tabel 4** : Harga tetapan laju reaksi (k) untuk katalis Ni-Y

No	Kode Katalis	Temp. Reaksi (°C)	Konversi Total (x)	Tetapan laju Reaksi (k)(men <sup>-1</sup> )
1	Ni-Y	315	0,2592	27,53786
2	Ni-Y	365	0,3934	45,88212
3	Ni-Y	415	0,5103	65,53119
4	Ni-Y	450	0,7640	132,53084

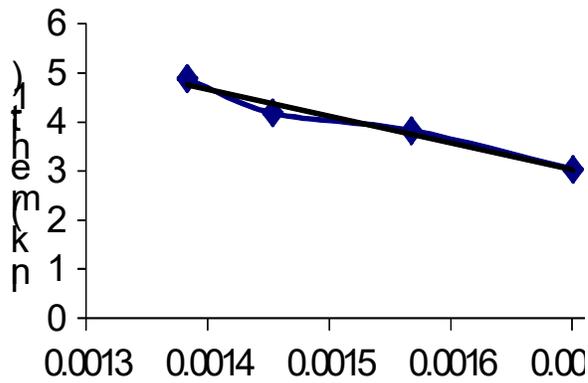
Keberadaan katalis dan diikuti dengan suhu yang sesuai untuk mencapai energi aktivasi (Ea) sehingga melampaui energi aktivasi tersebut dan dapat meningkatkan jumlah kontak antar reaktan dengan orientasi yang sesuai dan menyebabkan molekul-molekul reaktan teradsorpsi pada permukaan aktif katalis sehingga kemungkinan terjadinya tumbukan antar molekul-molekul

reaktan aktif akan semakin besar. Suhu juga turut berperan dalam mempengaruhi laju reaksi. Apabila suhu pada suatu reaksi dinaikkan, maka menyebabkan partikel semakin aktif bergerak, sehingga tumbukan yang terjadi antar molekul reaktan dan antar permukaan katalis dan reaktan semakin sering terjadi, menyebabkan laju reaksi semakin besar. Suhu dinaikkan maka permukaan tempat situs aktif makin aktif dan reaktan juga makin aktif sehingga makin cepat diperoleh energi aktivasi yaitu energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya reaksi. Dengan demikian maka makin cepat terjadi perengkahan dan makin mudah terjadi perengkahan atau hidrorengkah jika menggunakan hidrogen untuk membentuk fraksi dengan rantai molekul karbon yang lebih ringan

Dari data pada tabel 4 di atas juga diperoleh bahwa harga tetapan laju reaksi ( $k$ ) semakin besar dengan kenaikan suhu reaksi katalitik dan hal ini berarti pula aktivitas semakin tinggi. Untuk mengetahui besarnya energi pengaktifan dengan katalis Ni-Y dapat ditentukan dengan bantuan gambar 3. Dengan adanya katalis diharapkan dapat menghantarkan reaktan melalui jalan yang berbeda serta lebih mudah dan cepat untuk merubah reaktan-reaktan menjadi produk. Jalan berbeda yang dimaksud yaitu suatu

jalan yang memiliki energi aktivasi ( $E_a$ ) lebih rendah dibandingkan dengan tanpa menggunakan katalis untuk menghasilkan produk.

Untuk mengetahui besarnya energi pengaktifan dengan katalis Ni-Y dapat ditentukan dengan bantuan gambar 5. Dengan mengasumsikan bahwa reaksi perengkahan adalah reaksi tingkat satu (orde satu) maka  $\ln k$  lawan  $1/T$  grafiknya merupakan suatu garis lurus. Beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya antara lain Linda Suyati (Suyati, 2000) menunjukkan bahwa reaksi perengkahan merupakan reaksi tingkat satu. Dari gambar 5 di bawah ini diperoleh  $E_a$  (energi pengaktifan) sebesar  $45,219 \text{ kJmol}^{-1}$ . Harga ini juga menggambarkan energi minimum yang diperlukan oleh reaktan dengan katalis Ni-Y untuk membentuk senyawa antara sebelum reaktan diubah menjadi produk.



Gambar 5 : Grafik  $\ln k$  ( $\text{men}^{-1}$ ) VS  $1/T$  ( $\text{K}^{-1}$ )

untuk reaksi katalitik Ni-Y pada proses hidrorengkah n-Heksadekana

Dari gambar 5, dapat diketahui berdasarkan kenampakan gambar reaksi adalah orde satu ( $n=1$ ) hal ini dapat dilihat dari bentuk grafiknya. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Suyati (2000) menunjukkan bahwa reaksi perengkahan merupakan reaksi orde satu. Orde reaksi yang dimaksud disini adalah orde reaksi untuk reaksi pemutusan senyawa hidrokarbon rantai lurus dari n-Heksadekana menggunakan katalis Ni-Y menjadi fraksi rantai karbon yang lebih pendek dari semula.

Dari grafik ini pula diperoleh  $E_a$  (energi pengaktifan) dengan menggunakan persamaan  $Slope = -E_a/R$ . Dari persamaan ini diperoleh  $E_a$  untuk reaksi katalistik Ni-Zeolit alam pada hidrorengkah senyawa rantai lurus n-Heksadekana sebesar  $45,219 \text{ kJmol}^{-1}$ . Harga ini juga menggambarkan

energi minimum yang dibutuhkan oleh reaktan dengan katalis Ni-Y dengan kadar nikel 9,2% (b/b) untuk membentuk senyawa antara sebelum reaktan diubah menjadi produk. Disamping itu kedudukan logam yang terdispersi dalam zeolit jika terjadi penumpukkan akan turut berpengaruh pada jalannya reaksi katalitik yaitu menyebabkan kontak dengan reaktan tidak maksimal.

### Kesimpulan

Konversi total reaksi katalitik hidrorengkah n-Heksadekana menggunakan katalis Ni-ZAA2 sebesar 35,18% dengan fraksi dominan adalah  $\text{C}_{14}\text{H}_{30}$  untuk hasil hidrorengkah yang dapat ditampung dan dianalisis dengan GC-MS. Reaksi katalitik dengan menggunakan katalis Ni-ZAA2 pada proses hidrorengkah n - Heksadekana adalah reaksi orde satu ( $n=1$ ). Energi pengaktifan ( $E_a$ ) reaksi katalitik pada proses hidrorengkah n-Heksadekana dengan menggunakan katalis Ni-Zeolit alam sebesar  $127,071 \text{ kJmol}^{-1}$

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Universitas Cenderawasih yang telah ikut berkontribusi membiayai penelitian ini, sehingga dapat dibuat suatu karya ilmiah berupa artikel penelitian.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Arroyo, M.J.A., Martens, G.G., Froment, G.F., Marin, G.B., Jacobs, P.A., & Martens, J.A., (2000), Hydrocracking Isomerization of n-Paraffin Mixtures and a Hydrotreated Gas Oil on Pt/ZSM-22: Confirmation of Pore Mouth and Key-lock Catalysis in Liquid Phase, *Applied Catalysis a: General*, 192: 9-22.
- Augustine, J.R., (1990), *Heterogeneous Catalysis For The Synthetic Chemist*, First Edition, Marcel Decker, Inc. New York.
- Aziz, I., Edra, A.F.A., Nanda, S., & Lisa, A. (2021), Catalytic Cracking of Crude Biodiesel into Biohydrocarbon Using Natural Zeolite Impregnated Nickel Oxide Catalyst. *J. Kim Sains dan Apl*, 24(7), 222-227.
- Benito, A.M. & Martines, M.T., (1996), Catalytic Hydrocracking of an Aspalenic Coal Residu, *ACS: Energy and Fuel*, 10, 1235-1240.
- Gates, B.C., Katzer, J.R., Schuts, G.C.A., (1979), *Chemistry of Catalytic Processes*, Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Hegedus, L.L., (1987), *Catalyst Design Progress and Perspective*, John Willey and Sons Inc, New York.
- Isoda, T., Kusokabe, K. and Marooka, S., (1998), Reactivity and Selectivity for The Hydrocracking of Vacuum Gas Oil over Metal Loaded and Dealuminated Y-Zeolites, *ACS: Energy and Fuel*, 12 (3) 493-502.
- Joo, H.S. & Guin, J.A., (1997), Hydrocracking of a Plastic Pyrolysis Gas Oil to Naptha, *ACS: Energy and Fuel*, 11(3), 586-592.
- Kadarwati, S., Fitri, R., Puji, E.R., Wahyuni, S., & Kasmadi, I. S. (2013). Kinetics and Mechanism of Ni/Zeolite-Catalyzed Hydrocracking of Palm Oil Into Bio-fuel. *Indo. J. Chem*, 13(1), 77-85.
- Lee, H.-J., Park, Y.S., Kim, T. S, Lee, Y.-J., & Yoon, K.B., (2002), Separation of Mixtures of Zeolites and Amorphous Materials and Mixtures of Zeolites with Different Pore Sizes into Pure Phases with the Aid of Cationic Surfactants, *Chem. Mater.*, 14(8), 3260-3270.
- Moore, J.W. & Pearson, R.G., (1981), *Kinetics and Mechanism*, John Wiley and Sons, New York.
- Ramadhani, D.G., Fatimah, N.F., Alfian, W. S, Heri Setyoko, H., & Nanik, D.N. (2017). Sintesis Ni/Zeolit alam Teraktivasi asam sebagai Katalis pada Biodiesel Minyak Biji Ketapang. *Jurnal*

- Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2(1),72-79.
- Salamah,S., Trisunaryanti,W., Indriana,K., & Suryo,P.(2022). Synthesis of Mesoporous Silica from Beach Sand by Sol-Gel Method as a Ni Supported Catalyst for Hydrocracking of Waste Cooking Oil. *Indo. J. Chem* ,22(3),726-741.
- Salamah,S., Trisunaryanti,W., Indriana,K., & Suryo,P.(2022). Synthesis of Mesoporous Silica from Beach Sand by Sol-Gel Method as a Ni Supported Catalyst for Hydrocracking of Waste Cooking Oil. *Indo. J. Chem* ,22(3),726-741.
- Salim,I., Trisunaryanti,W.,Triyono., & Arryanto,Y. (2016). Hydrocracking of Coconut Oil into Gasoline Fraction using Ni/Modified Natural Zeolite Catalyst. *International Journal of ChemTech Research*,9(04),492-500.
- Suyati, L., (2000), *Kinetika reaksi Pirolisis Tir Batubara dengan Menggunakan Katalis Nikel/Zeolit*, Tesis Pascasarjana UGM, Yogyakarta.
- Trisunaryanti, W., Shiba, R., Miura, M., Nomura, Nishiyama,M., & Matsukata,N., (1996), Characterisation and Modification of Indonesian Natural Zeolites and Their Properties for Hydrocracking of a Paraffin, *J. Jpn. Pet. Inst.*, 39(1), 20–25.
- Trisunaryanti, W., Triwahyuni, E., dan Sudiono, S., (2005), Preparasi,Modifikasi dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/Zeolit Alam dan Mo-Ni/Zeolit Alam, *Teknoin.*, 10 (4), 269-282.
- Trisunaryanti, W., Triyono, Karna, W., Arief, B. M.,Yoga, P., Erna, F., Syafitri, Hasyiyati & Again, N.,(2012),Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalis Mordenit dan Zeolit-Y Pada Hidrorengkah Ban Bekas menjadi Fraksi Bahan Bakar. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa 2012* , ISBN : 978-979-028-550-7, Surabaya, 25 Pebruari 2012
- Vansant, E.F., (1990), *Pore Size Engineering in Zeolite*, New York., John Wiley & Sons Inc
- Zahro, A., Amalia, S., Adi, T.K., dan Aini, N., (2014), Sintesis dan Karakterisasi Zeolit Y dari Abu Ampas Tebu Variasi Rasio Molar SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan Metode Sol-Gel Hidrotermal, *Alchem*, 3(2): 108-117.