

AKTIVITAS KATALIS CR/ZEOLIT ALAM PADA REAKSI KONVERSI MINYAK JELANTAH MENJADI BAHAN BAKAR CAIR

Sri Kadarwati, Eko Budi Susatyo, Dhian Ekowati

Program Studi Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang, e-mail: sri_kadarwati@yahoo.co.id

ABSTRAK

Telah dipelajari aktivitas katalis Cr/Zeolit alam pada reaksi konversi minyak jelantah menjadi bahan bakar cair. Penelitian ini meliputi preparasi katalis Cr/zeolit alam dengan metode impregnasi, karakterisasi katalis, dan uji aktivitas katalis Cr/Zeolit alam dalam reaksi konversi minyak jelantah menjadi bahan bakar cair. Reaksi dilakukan secara kontinyu pada fasa gas. Pada penelitian ini dipelajari pengaruh laju alir hidrogen dan waktu reaksi terhadap konversi minyak jelantah menjadi bahan bakar cair. Hasil karakterisasi keasaman padatan menunjukkan peningkatan keasaman total katalis. Analisis kualitatif menunjukkan peningkatan kristalinitas katalis Cr/zeolit alam dan adanya spesi oksida dalam katalis seperti CrO_2 dan Cr_2O_3 . Aktivitas terbaik ditunjukkan oleh kinerja katalis Cr/Zeolit alam pada variasi laju alir 5 mL/menit dan waktu 45 menit dengan konversi 75,23%. Berdasarkan analisis spektroskopi massa, produk mengandung senyawa pentana yang muncul pada waktu retensi (t_R) 14,566.

Kata kunci : Cr/zeolit alam, minyak jelantah, bahan bakar cair

PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan nasional dewasa ini dan akan semakin dirasakan pada masa mendatang adalah masalah energi. Sejalan dengan itu perlu upaya-upaya untuk penggunaan sumber-sumber energi alternatif yang dianggap layak dilihat dari segi teknis, ekonomi, dan lingkungan hidup antara lain bahan bakar nabati atau bioenergi. Di Indonesia tersedia beberapa bahan baku bioenergi, di antaranya singkong, kelapa sawit, dan jarak pagar. Selain bahan baku tersebut, terdapat pula bahan baku dari limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yaitu minyak jelantah.

Ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa karsinogenik yang dihasilkan selama proses penggorengan. Oleh karena itu, pemakaian minyak jelantah yang berkelanjutan dapat merusak kesehatan manusia, menimbulkan penyakit kanker, penyumbatan pembuluh darah, jantung, dan kolesterol tinggi. Salah satu bentuk pemanfaatan minyak jelantah agar dapat bermanfaat dari berbagai macam aspek ialah dengan mengubahnya

secara proses kimia menjadi bahan bakar. Hal ini dapat dilakukan karena minyak jelantah juga merupakan minyak nabati, turunan dari *crude palm oil* (CPO).

Penelitian oleh Handoko (2005) telah berhasil mendapatkan konversi maksimal sebesar 50,43% total fraksi solar dan bensin dari reaksi perengkahan katalitik minyak jelantah dengan katalis Ni/H₅-NZA. Proses tersebut berlangsung dalam reaktor sistem *flow fixed bed* pada temperatur 450°C. Perengkahan dilakukan dalam fasa gas, sebab ukuran partikel reaktan minyak jelantah akan jauh lebih kecil dibandingkan dengan ukuran minyak jelantah pada fasa cair. Trigliserida pada fasa gas memiliki diameter 3 Å (Twaiq, dkk., 1999), sedangkan pada fasa cair akan memiliki diameter 15 Å (Rase, 2000). Reaksi perengkahan ini melibatkan gas hidrogen yang berfungsi sebagai reaktan dan gas pembawa. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Liu, dkk (2006) diketahui bahwa dengan melibatkan gas hidrogen pada pembuatan *Fluid Catalytic Cracking* (FCC) gasoline menggunakan katalis Ni-Mo-P/USY mampu meningkatkan konversi dari 22,3% olefin menjadi 62,1% olefin.

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui karakteristik katalis Cr/zeolit alam sehingga dapat diaplikasikan pada reaksi perengkahan minyak jelantah menjadi bahan bakar cair, mengetahui laju alir hidrogen dan waktu reaksi yang optimum sehingga diperoleh hasil konversi minyak jelantah yang tinggi, dan mengetahui jumlah dan jenis hasil produk reaksi perengkahan minyak jelantah.

METODE

Ayakan ukuran 100 mesh, neraca analitik Metter Toledo, perangkat reaktor kalsinasi, Oven pengering Memmert, *Furnace Thermolyne* 6000, *X-ray Diffraktometer* tipe Jeol, GC HP 5890, GCMS tipe QP 2010S SHIMADZU, perangkat reaktor perengkahan.

Zeolit alam Wonosari, minyak jelantah, kristal krom nitrat, NaOH, Metanol, amoniak 25%, gas hidrogen, gas nitrogen, gas oksigen.

Zeolit alam sebanyak 100 gram dihaluskan kemudian diayak menggunakan pengayak 100 mesh. Zeolit direndam dalam akuades sambil diaduk dengan pengaduk besi selama satu jam pada temperatur kamar. Rendaman tersebut disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 2 jam. Zeolit kemudian dikalsinasi dengan aliran gas N₂ pada suhu 400°C selama 4 jam.

Logam Cr diimbangkan pada zeolit aktif dengan impregnasi basah dalam larutan Cr(NO₃)₃.9H₂O. Sampel katalis yang diperoleh disaring dan dicuci sampai air cucuannya bening. Hasil impregnasi kemudian dikeringkan dengan oven pengering pada temperatur 120°C selama 2 jam. Sampel dikalsinasi pada suhu 400°C selama 3 jam dan dialiri gas nitrogen laju alir 25 ml/menit. Proses selanjutnya adalah oksidasi dengan cara mengalirkan gas oksigen pada suhu

300°C selama 1,5 jam. Untuk menghasilkan katalis Cr/zeolit alam, maka setelah tahap kalsinasi, sampel direduksi dengan H₂ selama 3 jam pada suhu 400°C dengan laju alir gas H₂ 20 ml/menit.

Karakterisasi padatan katalis meliputi penentuan struktur kristal dengan metode difraksi Sinar X dan penentuan keasaman dilakukan dengan metode gravimetri.

Sampel katalis sebanyak 2 gram dimasukkan ke dalam kolom reaktor perengkah sistem *flow fixed-bed* dan 10 mL sampel minyak jelantah yang telah diesterkan dimasukkan ke dalam reaktor umpan. Pemanas kolom (*furnace*) reaktor, tempat katalis dan umpan ester jelantah (*feedstocks*) dipanaskan hingga temperatur 400°C dengan mengatur regulator tegangan. Gas hidrogen dialirkan pelan-pelan dengan variasi kecepatan alir 5; 10; 15; 20; 25 mL/menit selama 1 jam. Selama proses perengkahan berlangsung botol penampung produk dan selang dari pipa kaca ulir didinginkan dengan pendingin es dan garam. Setelah proses reaksi selesai produk atau *organic liquid product* (OLP) dianalisis dengan menggunakan GC dan GC-MS.

Sampel katalis sebanyak 2 gram dimasukkan ke dalam kolom reaktor perengkah sistem *flow fixed-bed* dan 10 mL sampel minyak jelantah yang telah diesterkan (metil ester jelantah) dimasukkan ke dalam reaktor umpan. Produk reaksi diambil pada menit ke- 15; 30; 45; 60 dari awal munculnya produk.

Langkah kerja untuk uji perbandingan, sama dengan langkah kerja pada uji aktivitas katalis. Dalam uji ini dilakukan perengkahan menggunakan zeolit alam, dan perengkahan tanpa katalis.

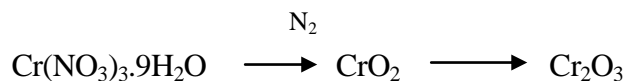
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis XRD

Difraktogram dari zeolit alam ditampilkan pada Gambar 1. Berdasarkan gambar 1 dan dicocokkan dengan data JCPDS yang ditunjang oleh *XRD Simulated Pattern*, puncak tajam pada $2\theta = 26, 9789^\circ$ ($d = 3,380223 \text{ \AA}$), dan $2\theta = 28,0747^\circ$ ($d = 3,17578 \text{ \AA}$) merupakan puncak karakteristik dari leucit. Puncak tajam pada $2\theta = 25,9859^\circ$ ($d = 3,17578 \text{ \AA}$), merupakan puncak karakteristik untuk majasite.

Identifikasi terhadap difraktogram katalis Cr/zeolit alam memberikan beberapa puncak karakteristik. Analisis kualitatif terhadap difraktogram menunjukkan katalis Cr/Zeolit alam menunjukkan adanya spesi oksidanya adalah CrO₂ yang muncul pada $2\theta = 36, 520^\circ$ ($d = 2, 45837 \text{ \AA}$), $2\theta = 63, 260^\circ$ ($d = 1, 46879 \text{ \AA}$) dan $2\theta = 71, 680^\circ$ ($d = 1, 31554 \text{ \AA}$) dan Cr₂O₃ yang muncul pada $2\theta = 24, 880^\circ$ ($d = 3, 57576 \text{ \AA}$), $2\theta = 33, 800^\circ$ ($d = 2, 64973 \text{ \AA}$) dan $2\theta = 50, 580^\circ$ ($d = 1, 80309 \text{ \AA}$).

Koehler dkk (1995) menyebutkan bahwa spesi oksida Chromium dihasilkan pada saat kalsinasi, di mana terjadi dekomposisi termal denitrasi dan dehidrasi yang kompleks. Reaksinya dapat diilustrasikan sebagai berikut:



Berdasarkan hasil analisis kualitatif yang telah dicocokkan dengan *Joint Committee of Powder Diffraction Standard* (JCPDS), tidak menunjukkan adanya puncak dari Cr. Meskipun sudah direduksi dengan gas hidrogen pada temperatur 500°C, namun suhu tersebut belum mampu mereduksi Cr₂O₃ menjadi Cr. Yan (1997) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa suhu reduksi katalis berkaitan dengan kristalinitas pengemban. Semakin baik kristalinitas pengemban maka suhu reduksi katalisnya semakin tinggi.

Hasil Penentuan Keasaman Padatan

Keasaman padatan yang ditentukan dalam penelitian ini adalah keasaman total, diperoleh melalui pengukuran jumlah milimol basa amoniak yang teradsorpsi pada permukaan padatan, di mana jumlah basa amoniak dari fasa gas yang diadsorpsi oleh permukaan padatan ekuivalen dengan jumlah asam pada permukaan padatan yang menyerap basa tersebut. Hasil dari karakterisasi keasaman padatan menunjukkan peningkatan keasaman total katalis dibandingkan dengan zeolit aktif yaitu dari 0,4529 mmol menjadi 0,6177 mmol. Hal ini menunjukkan bahwa baik zeolit alam aktif maupun katalis Cr/zeolit alam dapat mengadsorpsi amoniak meskipun dalam jumlah yang berbeda-beda, karena pada dasarnya zeolit merupakan katalis yang bersifat asam. Bertambahnya keasaman suatu senyawa dapat dilihat dari meningkatnya rasio Si/Al. Penelitian Setyawan (2003) menyebutkan bahwa rasio Si/Al dapat meningkat karena perlakuan kalsinasi dan impregnasi logam Cr. Kalsinasi pada suhu tinggi dengan gas nitrogen dapat menghilangkan pengotor yang menutupi pori-pori zeolit, menyebabkan pori-pori zeolit menjadi lebih terbuka, permukaan padatannya lebih bersih dan luas. Dengan demikian permukaan zeolit menjadi efektif menyerap basa amoniak.

Pengaruh Laju Alir Hidrogen terhadap Konversi Minyak jelantah menjadi Bahan Bakar Cair. Pengaruh laju alir gas hidrogen terhadap konversi minyak jelantah dilakukan dengan memvariasikan laju alir yaitu 5, 10, 15, 20, dan 25 mL/menit dengan massa katalis dan temperatur tetap. Pengaruh laju alir gas hidrogen tersebut diamati untuk setiap penampungan produk masing-masing selama satu jam. Hubungan antara laju alir hidrogen terhadap konversi produk (%) yang dihasilkan ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

Dari gambar terlihat bahwa laju alir gas hidrogen optimum yaitu 5 mL/menit dengan konversi sebesar 14,576%. Hal ini dapat dijelaskan bahwa untuk terjadi reaksi diperlukan tumbukan dengan energi tertentu agar reaktan teradsorpsi dengan sempurna (Roza, 2005). Pada

laju alir hidrogen 5 mL/menit interaksi reaktan dengan permukaan katalis relatif lama karena dengan laju alir hidrogen yang lambat, interaksi reaktan dengan permukaan katalis tidak terganggu oleh kecepatan aliran dari gas tersebut. Interaksi antara reaktan dengan permukaan katalis yang relatif lama menyebabkan molekul reaktan teradsorpsi kuat, sehingga aktivitas katalis menjadi lebih maksimal dalam proses reaksi ini.

Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Konversi Minyak Jelantah menjadi Bahan Bakar Cair

Pengaruh waktu pengambilan produk terhadap konversi minyak jelantah dilakukan dengan memvariasikan waktu pengambilan produk pada menit ke- 15, 30, 45, dan 60 setelah produk pertama kali dihasilkan. Pengaruh waktu pengambilan produk tersebut diamati dengan laju alir 5 mL/menit. Hubungan antara waktu pengambilan produk terhadap konversi produk (%) yang dihasilkan ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

Waktu pengambilan produk dapat diasumsikan sebagai waktu reaksi. Dari gambar terlihat bahwa waktu reaksi optimum yaitu 45 menit setelah produk muncul pertama kalinya dengan konversi sebesar 75,218 %. Gambar di atas memperlihatkan bahwa waktu reaksi yang singkat menghasilkan persentase konversi rendah. Hal ini disebabkan karena kemungkinan menempelnya molekul-molekul reaktan ke permukaan katalis yang kecil, sehingga adsorpsi molekul-molekul reaktan pada permukaan katalis menjadi lemah. Akibatnya jumlah molekul yang teradsorpsi menjadi sedikit dan aktivitas katalis menjadi berkurang.

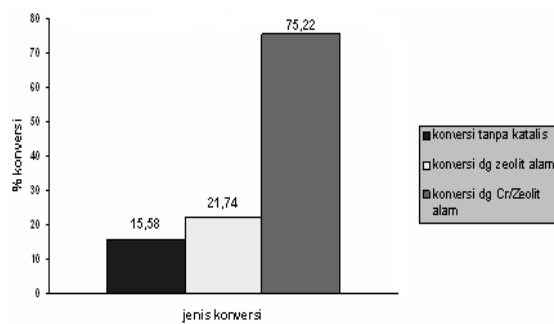
Menurut Hidayat (2005), waktu reaksi yang terlalu lama akan menyebabkan molekul-molekul yang teradsorpsi di permukaan katalis menjadi stabil sehingga sukar untuk terlepas kembali, karena jenis adsorpsi yang terjadi antara molekul-molekul reaktan pada permukaan katalis merupakan proses adsorpsi secara kimia atau disebut dengan kemisorpsi. Hal ini dapat teramati pada waktu reaksi 60 menit dengan menurunnya hasil konversi menjadi 45,4%. Menurunnya hasil konversi disebabkan oleh kinerja katalis yang menurun akibat dari tertutupnya permukaan katalis oleh molekul-molekul reaktan yang tidak terdesorpsi. Untuk mendapatkan aktivitas katalis yang besar dengan konversi yang maksimal dibutuhkan waktu reaksi yang tidak terlalu lama dan tidak terlalu sebentar.

Hasil Uji Perbandingan

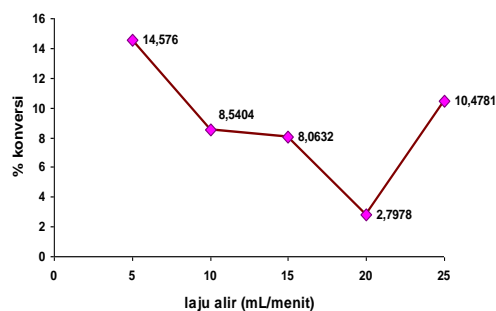
Uji perbandingan ini bertujuan ingin mengetahui apakah perengkahan dengan katalis Cr/Zeolit alam mampu menghasilkan konversi yang lebih baik jika dibandingkan dengan perengkahan menggunakan zeolit alam atau perengkahan tanpa menggunakan katalis. Proses pengujian ini dilakukan pada kondisi operasi yang sama dengan laju alir optimum yaitu 5

mL/menit. Setelah dilakukan analisis menggunakan *Gas Chromatography (GC)*, diperoleh hasil konversi yang dapat dilihat pada gambar berikut.

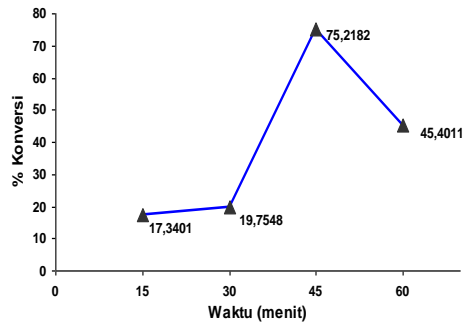
Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui bahwa reaksi dapat berlangsung tanpa katalis ataupun juga menggunakan katalis, namun dengan adanya katalis sangat berpengaruh pada kecepatan pembentukan produk untuk reaksi perengkahan. Hasil perengkahan menggunakan katalis Cr/Zeolit alam menunjukkan persentase konversi yang cukup tinggi yaitu 75,2182%. Perengkahan dengan zeolit alam hanya menghasilkan 21,7438 % konversi, dan perengkahan tanpa katalis menghasilkan konversi sebesar 15,5803 %.Ini menunjukkan bahwa katalis yang telah dimodifikasi dapat bekerja lebih baik.



Gambar 1. Hasil Uji Perbandingan



Gambar2. Konversi minyak jelantah dengan katalis Cr/zeolit alam pada berbagai laju alir hidrogen



Gambar 3. Konversi minyak jelantah dengan katalis Cr/zeolit alam pada berbagai waktu kontak

Tabel 1. Perkiraan senyawa hasil perengkahan minyak jelantah

Waktu retensi (menit)	Perkiraan hasil	BM (g/mol)	SI (Same Indeks)	Persentase area
2,483	2 propanon	58	96	43,17
2,800	Etanol	118	83	12,79
3,000	Asam asetat	116	91	12,58
6,950	1-metoksi-2-propil ester	132	92	2,96
14,567	Pentana	100	90	0,66

Hasil Analisis GC-MS Produk Perengkahan Minyak jelantah. Analisis GC-MS bertujuan untuk mengetahui jenis berikut komposisi senyawa yang terkandung di dalam produk perengkahan minyak jelantah. Perkiraan hasil perengkahan minyak jelantah menggunakan katalis Cr/Zeolit alam disajikan dalam Tabel 1. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa dari kelima produk yang dihasilkan, yang paling mendekati fraksi bahan bakar cair adalah senyawa dengan waktu retensi 14,567. Senyawa tersebut memiliki rantai C₅ yang merupakan bagian dari fraksi bahan bakar cair.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil dari karakterisasi keasaman padatan menunjukkan peningkatan keasaman total katalis dibandingkan dengan zeolit aktif yaitu dari 0,4529 mmol menjadi 0,6177 mmol. Analisis kualitatif menunjukkan katalis Cr/Zeolit alam spesi oksidanya adalah CrO₂ dan Cr₂O₃.

Aktivitas terbaik ditunjukkan oleh kinerja katalis Cr/Zeolit alam pada variasi laju alir 5 mL/menit dan waktu 45 menit dengan konversi 75,23%.

Terdapat beberapa jenis senyawa produk hasil reaksi perengkahan minyak jelantah, antara lain 43,17 % 2 propanon; 12,79 % etanol; 12,58 % asam asetat; 2,96 % 1-metoksi-2-propil ester; dan 0,66 pentana.

Saran

Perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh perbandingan umpan minyak jelantah dan massa katalis. Di samping itu, perlu regenerasi katalis dan uji aktivitas kembali terhadap katalis yang telah digunakan

DAFTAR PUSTAKA

- Hidayat, Y. 2005. *Pengaruh Laju Alir Hidrogen dan Waktu Reaksi Terhadap Aktivitas Katalis Pt-Pd/ZAA Pada Reaksi Hidrodeoksigenasi Tetrahidrofuran*. Tesis S-2. Yogyakarta: Program Pasca Sarjana UGM
- Koehler, K; Engweiler, J; Viebrock, H; and Baiker, A. 1995. Chromia Supported on Titania. V: Preparation and Characterization of Supported CrO₂, CrOOH, and Cr₂O₃. *Journal of Catalysis*. 157:301-311
- Rase, H.F. 2000. *Handbook of Comercial Catalysts Heterogeneous Catalyst*. Boca Raton: CRC Press.
- Handoko, D.S.P. 2005. *Aktivitas Katalis Ni/H5-NZA dan Mekanismenya Pada Konversi Jelantah Menjadi Senyawa Fraksi Solar dan Bensin Dengan Umpan Pancingan Jenis Metanol dan Butanol*. Jember: Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember.