

OPTIMIZATION OF TIME AND CATALYST/FEED RATIO IN CATALYTIC CRACKING OF WASTE PLASTICS FRACTION TO GASOLINE FRACTION USING Cr/NATURAL ZEOLITE CATALYST

Optimasi Waktu dan Rasio Katalis/Umpan pada Proses Perengkahan Katalitik Fraksi Sampah Plastik Menjadi Fraksi Bensin Menggunakan Katalis Cr/Zeolit Alam

Wega Trisunaryanti

Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Gadjah Mada University, Yogyakarta

ABSTRACT

Optimization of time and catalyst/feed ratio in catalytic cracking of waste plastics fraction to gasoline fraction using Cr/Natural Zeolite catalyst has been studied. The natural zeolite was calcined by using nitrogen gas at 500°C for 5 hours. The chromium supported on to the zeolite was prepared by ion exchange method with $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ solution with chromium/zeolite concentration of 1% (w/w). The zeolite samples were then calcined with nitrogen gas at 500°C for 2 hours, oxidized with oxygen gas and reduced with hydrogen at 400°C for 2 hours.

The characterization of the zeolite catalyst by means of Si/Al ratio by UV-Vis spectroscopy, acidity with pyridine vapour adsorption and Na, Ca and Cr contents by atomic adsorption spectroscopy (AAS). The catalyst activity test was carried out in the cracking process of waste plastics fraction with boiling point range of 150 – 250°C (consisted of C_{12} – C_{16} hydrocarbons) at 450°C for 30 min, 60 min and 90 min, and catalyst/feed ratio 1/1, 1/2, 1/3, 1/4 (w/w).

The result of catalyst activity test showed that the maximum number conversion of gasoline fraction (C_5 - C_{11}) is 53,27% with relatively low coke formation using 1/3 catalyst/feed ratio and the cracking time of 60 min. This catalyst has Si/Al ratio = 1,21 (w/w), acidity = 0,16 mmol/g and Na content = 0,81%, Ca content = 0,15% and Cr content 0,24%.

Keywords: zeolite, catalytic cracking, gasoline, chromium.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan zeolit alam dengan sifat-sifatnya yang memungkinkan untuk dimodifikasi menjadi katalis maupun sebagai padatan pengemban logam untuk katalis. Suyartono dan Husaini (1991) melaporkan bahwa endapan zeolit alam Indonesia pada umumnya terdiri atas jenis mordenit dan klinoptilolit yang kadarnya bervariasi [1]. Zeolit diketahui memainkan peranan penting sebagai katalis asam pada industri pengolahan minyak bumi dan petrokimia, termasuk dalam reaksi perengkahan dan

isomerisasi hidrokarbon. Mengingat zeolit alam sangat melimpah dan murah, maka penggunaannya sebagai katalis dapat menurunkan biaya produksi.

Pemanfaatan katalis dalam industri kimia dewasa ini semakin meningkat, baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Hal ini disebabkan karena sebagian besar reaksi kimia dalam proses industri kimia merupakan reaksi katalitik. Penggunaan katalis dalam reaksi kimia sangat menguntungkan, karena dengan menggunakan katalis, laju reaksi dapat ditingkatkan, sehingga dalam waktu yang relatif singkat dapat diperoleh produk yang sebanyak-banyaknya [2].

Nurhadi (1999) telah mempelajari pengaruh pengembanan kromium ke dalam zeolit alam Wonosari dan Padalarang terhadap aktivitas katalitiknya untuk reaksi perengkahan fraksi minyak bumi Arimbi [3]. Katalis kromium-zeolit dibuat melalui pertukaran ion dengan merendam zeolit alam asam, zeolit alam hidrotermal, dan zeolit alam asam hidrotermal di dalam larutan $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ di mana rasio Cr/zeolit adalah 3%(b/b), sementara zeolit alam asam dan zeolit alam asam hidrotermal dibuat dari bentuk Na-zeolit. Hasil karakterisasi katalis menunjukkan bahwa katalis yang mengandung kromium memiliki keasaman sedikit lebih besar, rerata jejari pori pada umumnya lebih kecil, sedangkan luas permukaan secara umum lebih besar. Hasil uji aktivitas menunjukkan bahwa katalis Cr-zeolit yang dibuat melalui perlakuan asam dan hidrotermal memiliki aktivitas katalitik relatif lebih tinggi untuk reaksi perengkahan dengan pembentukan kokas yang lebih rendah.

Cahyono (2000) telah mempelajari pengaruh pengembanan kromium ke dalam zeolit alam aktif dari PT. Prima Zeolita Yogyakarta terhadap aktivitas katalitiknya untuk reaksi perengkahan fraksi sampah plastik menjadi fraksi bensin [4]. Katalis kromium-zeolit dibuat melalui pertukaran ion dengan merendam zeolit alam aktif di dalam larutan Kromium Trinitrat Nanohidrat ($\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) di mana rasio Cr/zeolit adalah 1%, 3%, dan 5% (b/b). Katalis yang telah diembankan Krom dikalsinasi, oksidasi dan reduksi. Hasil uji aktivitas katalis menunjukkan bahwa katalis yang diperlakukan pengembanan kromium 1% memiliki aktivitas katalik yang terbaik dalam proses perengkahan katalitik plastik jenis polipropilen menjadi fraksi bensin. Namun demikian, penelitian itu belum memberikan penjelasan tentang kondisi proses perengkahan agar fraksi bensin yang diperoleh maksimum. Perengkahan hanya dilakukan pada temperatur 400°C selama 30 menit dengan perbandingan katalis dan umpan 1/2. Dengan demikian, untuk mengetahui kondisi proses perengkahan optimum perlu

dilakukan variasi waktu perengkahan dan rasio katalis/umpan agar diperoleh kondisi yang optimum, dimana waktu dan katalis yang digunakan sedikit mungkin namun dihasilkan fraksi bensin yang maksimal.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu dan rasio katalis/umpan yang optimum pada proses perengkahan katalitik fraksi cair hasil pirolisis sampah plastik menjadi fraksi bensin.

METODOLOGI PENELITIAN

Penanganan awal sampah plastik

Plastik jenis lunak (soft plastik) dari bekas kemasan air minum mineral dikumpulkan dari sampah pembuangan di rumah, universitas, kantor dan lain-lain, dicuci dengan air sabun, kemudian dikeringkan. Plastik kering dipotong kecil-kecil agar mudah dimasukkan kedalam alat distilasi

Pirolisis dan distilasi plastik

Plastik dimasukkan ke dalam labu distilasi kemudian dilakukan distilasi pada temperatur dibawah 150°C sampai tidak ada yang terdistilasi, kemudian dilanjutkan pada temperatur $150-250^\circ\text{C}$. Hasil destilasi pada temperatur $150-250^\circ\text{C}$ dijadikan umpan (*feed*) pada proses perengkahan katalitik.

Penanganan awal zeolit alam aktif

Zeolit alam aktif diperoleh dari PT Prima Zeolita Yogyakarta. Zeolit dihancurkan dengan alat penghancur zeolit, kemudian disaring dengan pengayak ukuran 100 *mesh*, sehingga diperoleh zeolit dengan ukuran maksimal 100 *mesh*.

Kalsinasi zeolit alam aktif

Zeolit alam aktif dimasukkan dalam reaktor kalsinasi dan dipanaskan di dalam tanur pada temperatur 500°C selama 5 jam dan dialiri gas N_2 secara kontinyu.

Pengembanan Kromium pada Zeolit Alam Aktif dengan Cara Penukar Ion

Sebelas koma lima puluh empat gram Kromium Trinitrat Nanohidrat (Cr

(NO₃)₃·9H₂O) dilarutkan dalam 300 ml aquades kemudian dimasukan 150 gram Zeolit Alam Aktif (ZAA) yang telah dikalsinasi kemudian dipanaskan dengan penangas listrik pada temperatur 90°C selama 3 jam.

Hasilnya disaring dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 120°C selama 3 jam, sehingga didapat Kromium/Zeolit Alam Aktif (Cr/ZAA).

Kalsinasi katalis Cr/ZAA

Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi kedua, yaitu Cr/ZAA dimasukkan dalam reaktor kalsinasi dan dipanaskan dengan tanur pada temperatur 500°C selama 2 jam dengan dialiri gas N₂ secara kontinu.

Oksidasi

Selanjutnya dilakukan proses oksidasi, yaitu sejumlah Cr/ZAA dimasukkan dalam reaktor oksidasi dan dipanaskan dengan tanur pada temperatur 400°C selama 2 jam dengan dialiri gas O₂ secara kontinu.

Reduksi

Proses reduksi, yaitu sejumlah Cr/ZAA dimasukkan dalam reaktor reduksi dan dipanaskan dengan tanur pada temperatur 400°C selama 2 jam dengan dialiri gas H₂ secara kontinu. Katalis Cr/ZAA yang sudah dikalsinasi, oksidasi dan reduksi dibuat bentuk tablet (semi pelet) kecil-kecil.

Penentuan keasaman

Uji keasaman terhadap katalis ini dilakukan dengan cara adsorpsi gas piridin pada permukaan katalis, yaitu nol koma lima (0,5) gram katalis diletakkan dalam cawan krus dan dipanaskan dalam oven pada temperatur 150°C selama 3 jam, untuk menghilangkan komponen air dalam katalis. Katalis ditimbang lagi untuk mengetahui berat katalis sebenarnya (tanpa air). Cawan krus yang berisi katalis diletakkan dalam desikator bersama dengan piridin yang diletakkan dalam cawan krus sebanyak 5 ml, kemudian desikator divakumkan dengan pompa vakum dan didiamkan selama 24 jam. Cawan krus dikeluarkan dari desikator dan diangin-anginkan

selama 4 jam. Timbang katalis, piridin yang terserap oleh katalis dapat dihitung dengan rumus berikut

$$\text{Keasaman} = \frac{W_{\text{piridin}} \times 1000}{BM_{\text{piridin}} \times W_{\text{zeolit}}} \quad (\text{mmol/gram})$$

Dimana W_{piridin} adalah berat piridin yang teradsorp (gram), BM_{piridin} adalah berat molekul piridin, dan W_{zeolit} adalah berat zeolit (gram).

Penentuan rasio silika dan alumina

Penentuan Silika (SiO₂) dan Alumina (Al₂O₃) pada katalis dilakukan dengan Spektroskopi UV-VIS.

Penentuan kandungan logam Na, Ca dan Cr dalam katalis

Penentuan kandungan logam Na, Ca dan Cr dalam katalis dilakukan dengan Spektroskopi Serapan Atom.

Proses perengkahan katalitik

Proses perengkahan katalitik dilakukan pada temperatur 450°C dengan menggunakan katalis Cr/Zeolit alam sebanyak 1 gram dengan variasi banyaknya umpan awal 1 gr, 2 gr, 3 gr dan 4 gr dengan variasi waktu perengkahan selama 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Untuk perengkahan termal dilakukan tanpa menggunakan katalis dengan banyaknya umpan 2 gram dilakukan dengan waktu perengkahan 30 menit, 60 menit dan 90 menit.

Perengkahan dilakukan dengan cara memasukan 1 gram katalis yang berbentuk tablet (semi pelet) kecil dalam reaktor batch dan umpan yang akan direngkah sebanyak 1 gram, 2 gram, 3 gram dan 4 gram disesuaikan dengan rasio katalis umpan.. Katalis terletak dibagian tengah reaktor sedangkan umpan diletakkan dibagian bawah. Reaktor ditutup dan diisi dengan gas N₂, pada pengisian pertama langsung dibuang dengan tujuan untuk menghilangkan Oksigen, pada pengisian terakhir dilakukan pada tekanan 1 atm dan tidak dikeluarkan. Reaktor *batch* dipanaskan dengan tanur

pada temperatur 450°C selama 30 menit, 60 menit dan 90 menit, disesuaikan dengan variasi yang dilakukan.

Hasil baik produk maupun kokas yang menempel di katalis ditampung dan ditimbang. Produk cair dianalisis dengan *Gas Chromatography* (GC). Konversi fraksi bensin (C₇-C₁₁) ditentukan pada rumus sebagai berikut :

$$K = \frac{(B \times W_{akhir}) - (A \times W_{umpan})}{W_{umpan}} \times 100\%$$

Keterangan :

- K : konversi fraksi bensin (C₇-C₁₁) (%)
 W_{akhir} : berat hasil cair akhir proses perengkahan (gram).
 W_{umpan} : berat umpan (gram).
 A : persentase fraksi bensin awal (C₇-C₁₁) dari data kromatografi gas
 B : persentase fraksi bensin akhir (C₇-C₁₁) dari data kromatografi gas

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Katalis Cr/Zeorlit alam

Katalis yang digunakan adalah zeolit alam aktif yang diperoleh dari PT. Prima Zeolita Yogyakarta dengan ukuran maksimal 100 mesh. Zeolit alam aktif terlebih dahulu dikalsinasi pada temperatur 500°C selama 5 jam dengan dialiri gas N₂. Zeolit yang telah dikalsinasi diembankan logam krom dengan menggunakan metode pertukaran ion. Pengembanan logam krom dilakukan dengan cara merendam zeolit alam aktif yang telah dikalsinasi ke dalam larutan yang berasal dari Cr(NO₃)₃.9H₂O dengan rasio Cr/Zeorlit 1% b/b, kemudian dipanaskan pada temperatur 90°C selama 3 jam. Zeolit hasil perendaman disaring dan dicuci dengan akuades, lalu dikeringkan pada temperatur 120°C selama 3 jam. Zeolit yang telah diembankan logam krom dikalsinasi kembali selama 2 jam pada temperatur 500°C dengan dialiri gas N₂. Proses selanjutnya adalah oksidasi

selama 2 jam pada temperatur 400°C dengan dialiri gas O₂ dan dilanjutkan dengan proses reduksi selama 2 jam pada temperatur 400°C dengan dialiri gas H₂. Setelah direduksi maka Cr/zeolit siap digunakan sebagai katalis.

Karakterisasi katalis dilakukan dengan cara analisa rasio Si/Al total dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis. Uji keasaman dilakukan dengan menggunakan basa piridin, keasaman katalis dibandingkan dengan keasaman zeolit alam aktif yang telah dikalsinasi dan zeolit alam aktif yang telah dikalsinasi dan diembankan logam Cr namun belum dioksidasi dan reduksi. Kandungan logam dalam katalis dianalisis menggunakan spektroskopi serapan atom, dan hasilnya dibandingkan dengan kandungan logam pada zeolit alam aktif.

Penentuan rasio silika alumina katalis (Si/Al)

Penentuan rasio Si/Al total dilakukan dengan cara menganalisa katalis Cr/Zeorlit alam dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis. Penentuan Si dan Al secara Spektroskopi UV-Vis ini merupakan Si dan Al total baik di kerangka (*framework*) maupun di luar kerangka (*non framework*). Jadi rasio Si/Al yang didapat merupakan rasio Si/Al total dari zeolit, dan karena yang dianalisa adalah zeolit alam yang mengandung cukup banyak bagian selain kristal zeolit, maka harganya tentu jauh berbeda dengan rasio Si/Al di kerangka. Selengkapnya data tentang rasio Si/Al pada katalis Cr/Zeorlit dapat dilihat pada tabel 1. Berdasarkan hasil analisa diperoleh rasio Si/Al total katalis Cr/Zeorlit = 1,2.

Tabel 1. Rasio Si/Al total katalis Cr/Zeorlit

Si (% b/b)	30,14
Al (% b/b)	24,97
Si/Al (b/b)	1,21

Penentuan keasaman total katalis

Metode penentuan keasaman sampel katalis dilakukan dengan cara adsorpsi fasa gas piridin oleh sampel katalis, kemudian dihitung jumlah gas piridin yang teradsorpsi dengan penimbangan sehingga penentuan keasaman pada penelitian ini adalah jumlah asam totalnya. Data keasaman total sampel zeolit dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Keasaman total sampel katalis

Perlakuan sampel*	Keasaman (mmol/gram)
ZAAK	0,10
ZAAKCr	0,04
ZAAKCrKOR	0,16

Keterangan :

ZAAK = Zeolit alam aktif kalsinasi

ZAAKCr = Zeolit alam aktif kalsinasi, suport Cr

ZAAKCrKOR = Zeolit alam aktif kalsinasi, suport Cr, kalsinasi, oksidasi, reduksi

Keasaman zeolit dapat berasal dari situs asam Bronsted yaitu H^+ dan situs asam Lewis dari Al yang diakibatkan oleh cacat kristal.

Berdasarkan tabel 2, perlakuan oksidasi dan reduksi pada zeolit alam dapat meningkatkan keasaman total zeolit, sedangkan pengembanan logam krom tidak banyak mempengaruhi keasaman total zeolit. Keasaman total zeolit mengalami sedikit pengurangan akibat pengembanan kromium, hal ini disebabkan karena kromium masuk ke dalam zeolit dengan pertukaran ion terutama dengan proton, maka dapat

dipahami hal ini akan menyebabkan pengurangan keasaman.

Perlakuan oksidasi dan reduksi pada katalis zeolit alam menyebabkan peningkatan keasaman zeolit yang cukup besar (dari 0,04 mmol/gram menjadi 0,16 mmol/gram). Peningkatan ini secara keseluruhan merupakan akumulasi dari peningkatan akibat hilangnya pengotor yang menutupi pusat asam. Selain itu proses reduksi juga menyebabkan kromium tereduksi menjadi bentuk logam yang bersifat asam, karena memiliki orbital d yang kosong, oleh sebab itu proses oksidasi dan reduksi sangat mempengaruhi keasaman zeolit.

Keasaman sangat terkait dengan aktivitas katalitik zeolit terutama pada proses perengkahan. Keasaman katalis pada proses perengkahan berperan pada proses pembentukan karbonium yang merupakan tahap awal dalam proses perengkahan, oleh sebab itu zeolit yang memiliki keasaman lebih besar dapat diharapkan akan memiliki aktivitas katalitik yang lebih besar.

Penentuan kandungan logam Na, Ca dan Cr dalam sampel katalis

Pengembanan logam kromium dalam katalis menggunakan metode pertukaran ion, sehingga diharapkan yang tertukar oleh kromium adalah H^+ dan logam penetral, dalam hal ini yaitu logam natrium.

Natrium merupakan logam bervalensi satu, yang keberadaannya dalam zeolit sebagai logam penetral dan dapat ditukarkan dengan ion logam lain. Berdasarkan tabel 3 terlihat jelas bahwa pengembanan logam Cr pada zeolit mengakibatkan penurunan kandungan Na yang cukup besar dan namun tidak demikian dengan logam Ca.

Tabel 3. Kandungan Logam Na, Ca dan Cr

Logam	Na (% b/b)	Ca (% b/b)	Cr (% b/b)
Zeolit alam aktif	1,44	0,16	-
Katalis Cr/Zeolit alam	0,81	0,15	0,24

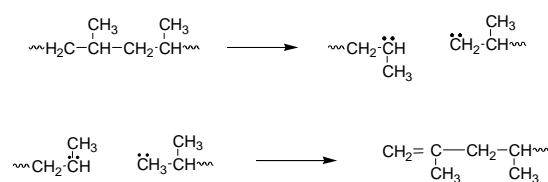
Penurunan logam Ca sangatlah kecil hal ini disebabkan karena logam Ca memiliki elektron valensi dua sehingga relatif lebih sulit untuk diputuskan dibandingkan dengan logam Na yang bervalensi satu, akibatnya pertukaran ion lebih banyak terjadi dengan ion Na.

Uji Aktivitas Katalis Pada Proses Perengkahan

Uji aktivitas katalis dilakukan dengan cara melakukan perengkahan katalitik fraksi cair hasil dari pirolisis sampah plastik jenis kemasan air minum mineral pada fraksi 150-250⁰C, berdasarkan penelitian Arman plastik jenis kemasan air minum mineral adalah jenis polipropilen [5].

Hasil pirolisis sampah plastik dipisahkan menjadi dua bagian yaitu hasil pirolisis pada temperatur di bawah 150⁰C dan pada temperatur 150-250⁰C. Kandungan utama hasil pirolisis sampah plastik jenis kemasan air mineral pada temperatur dibawah 150⁰C adalah fraksi karbon dengan jumlah rantai karbon C₇-C₁₁ dan pada temperatur diatas 150-250⁰C adalah fraksi karbon dengan jumlah rantai karbon C₁₂-C₁₆ [6].

Pirolis plastik jenis polipropilen mengakibatkan pemutusan rantai secara acak pada sisi lemah sepanjang rantai polimer, menghasilkan radikal, kemudian membentuk oligomer [7].



Temperatur pirolisa polipropilen adalah 105⁰C–250⁰C [7]. Temperatur pirolisa adalah temperatur pada saat tetesan pertama hasil pirolisa sampai dengan temperatur tertinggi.

Hasil dari pirolisis pada temperatur 150-250⁰C dianalisa dengan menggunakan kromatografi gas spektroskopi masa, diperoleh kandungan fraksi bensin mula-mula (C₇-C₁₁) sebanyak 28,84%. Kemudian dilakukan perengkahan dengan menggunakan katalis Cr/Zeolit pada

temperatur 450⁰C dengan variasi rasio katalis/umpan 1/1, 1/2, 1/3, 1/4 (b/b) dan variasi lamanya waktu perengkahan 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Perengkahan termal dilakukan dengan variasi lamanya waktu perengkahan 30 menit, 60 menit, 90 menit. Hasil perengkahan dengan menggunakan katalis dibandingkan dengan hasil perengkahan tanpa menggunakan katalis. Hasil perengkahan katalitik dengan menggunakan katalis dan tanpa menggunakan katalis ditampilkan pada lampiran 3.

Konversi fraksi bensin adalah banyaknya fraksi bensin sesudah perengkahan dikurangi dengan banyaknya fraksi bensin sebelum perengkahan. Banyaknya fraksi bensin sebelum perengkahan adalah 28,84%.

Konversi =
 (%Fraksi bensin x %Cairan hasil perengkahan) – 28,84%

Perengkahan termal (tidak menggunakan katalis)

Uji perengkahan tidak menggunakan katalis dilakukan dengan tujuan untuk membandingkan apakah katalis yang digunakan benar-benar berfungsi sebagai katalis atau tidak, hal ini dapat dibuktikan dengan melihat konversi yang dihasilkan dalam perengkahan. Berdasarkan tabel 1, tabel 2 dan tabel 3 pada lampiran 3 dapat dilihat bahwa konversi fraksi bensin pada perengkahan dengan menggunakan katalis jauh lebih besar dibandingkan dengan konversi fraksi bensin dengan perengkahan tanpa menggunakan katalis.

Konversi terbesar yang dihasilkan oleh proses perengkahan dengan menggunakan katalis adalah 53,27% dengan rasio katalis/umpan 1/3 dan lamanya perengkahan 60 menit, sedangkan konversi terbesar perengkahan tanpa menggunakan katalis adalah 13,93% dengan lamanya perengkahan 90 menit.

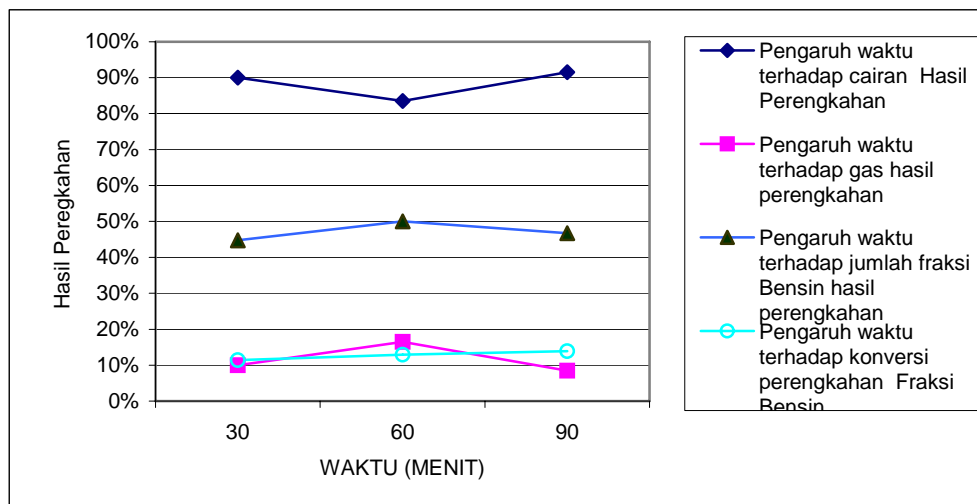
Pada gambar 1 dapat dilihat semakin lama waktu yang digunakan pada proses perengkahan, konversi

fraksi bensin semakin besar, gas yang dihasilkan juga semakin besar, namun demikian jika dibandingkan dengan perengkahan yang menggunakan katalis kenaikan konversi fraksi bensin tidaklah terlalu besar. Hal ini membuktikan bahwa katalis Cr/Zeolit dapat berfungsi sebagai katalis dalam proses perengkahan fraksi cair hasil pirolisis sampah plastik.

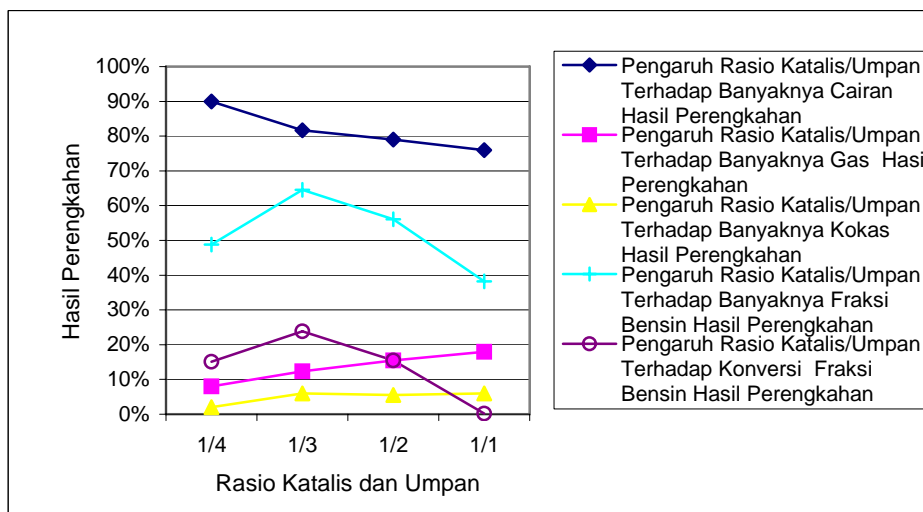
Pengaruh rasio katalis/umpan dengan waktu perengkahan 30 menit

Hasil perengkahan selama 30 menit ditampilkan pada gambar 2. Konversi fraksi bensin tertinggi dicapai oleh rasio katalis/umpan 1/3 sebesar 23,89% dan konversi fraksi bensin

terendah dicapai oleh rasio katalis/umpan 1/1 sebesar 0,22, hal ini disebabkan karena penggunaan katalis yang terlalu banyak yaitu rasio katalis/umpan 1/1 dapat menyebabkan reaksi perengkahan katalitik yang berlebihan sehingga mengakibatkan berkurangnya fraksi cair hasil perengkahan dan bertambah banyaknya fraksi gas yang dihasilkan. Penggunaan katalis yang berlebihan juga menyebabkan terbentuknya kokas yang relatif banyak. Urutan rasio katalis/umpan yang menghasilkan konversi fraksi bensin pada perengkahan selama 30 menit adalah $1/3 > 1/2 > 1/4 > 1/1$



Gambar 1. Pengaruh waktu terhadap hasil perengkahan tanpa menggunakan katalis

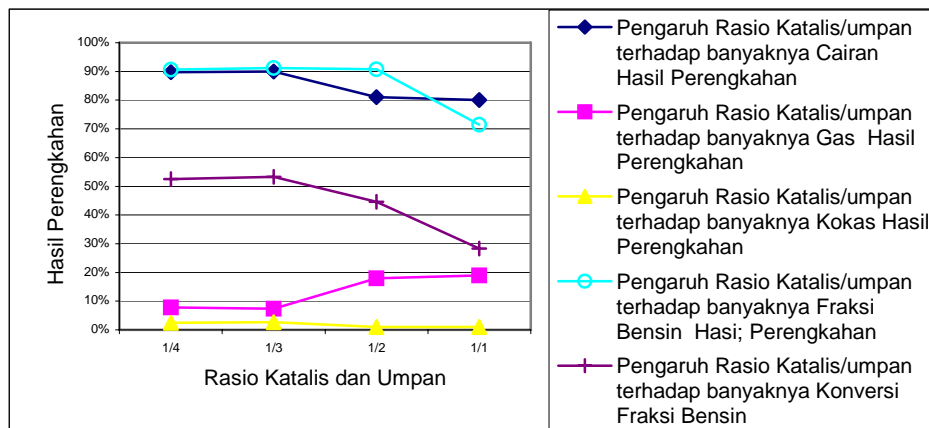


Gambar 2. Pengaruh rasio katalis / umpan dengan waktu perengkahan 30 menit

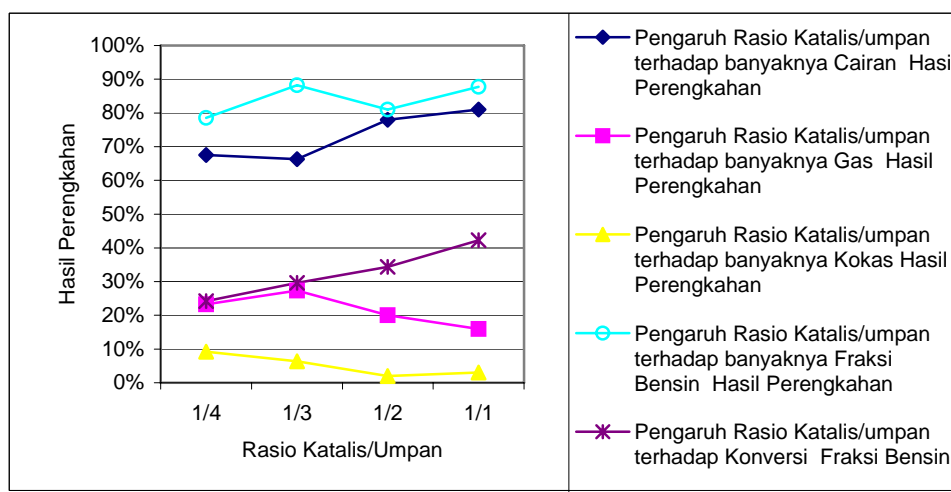
Konversi fraksi bensin untuk rasio katalis/umpan 1/4 lebih kecil dari konversi fraksi bensin rasio katalis/umpan 1/3, hal ini disebabkan karena penggunaan katalis yang terlalu sedikit mengakibatkan reaksi perengkahan relatif lambat, hal ini ditandai oleh banyaknya fraksi cair hasil perengkahan namun kandungan fraksi bensin yang sedikit. Rasio katalis/umpan yang terbaik untuk waktu perengkahan 30 menit adalah 1/3, rasio ini adalah rasio yang paling optimal dimana tidak terjadi proses perengkahan yang berlebihan namun dihasilkan konversi fraksi bensin yang besar.

Pengaruh rasio katalis/umpan dengan waktu perengkahan 60 menit

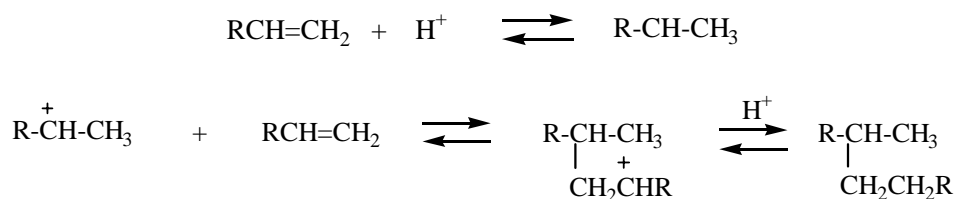
Hasil dari perengkahan selama 60 menit ditampilkan pada gambar 3. Konversi fraksi bensin tertinggi dicapai oleh rasio katalis/umpan 1/3 sebesar 53,27% dan konversi fraksi bensin terendah dicapai oleh rasio katalis/umpan 1/1 sebesar 28,34% , sama halnya dengan perengkahan pada waktu 30 menit, hal ini disebabkan karena penggunaan katalis yang terlalu banyak dapat menyebabkan reaksi perengkahan katalitik yang berlebihan sehingga mengakibatkan berkurangnya fraksi cair hasil perengkahan dan bertambah banyaknya fraksi gas yang dihasilkan.



Gambar 3. Pengaruh rasio katalis/umpan dengan waktu perengkahan 60 menit



Gambar 4. Pengaruh rasio katalis/umpan dengan waktu perengkahan 90 menit



Gambar 5. Reaksi polimerisasi olefin

Urutan rasio katalis/umpan yang menghasilkan konversi fraksi bensin pada perengkahan selama 60 menit adalah $1/3 > 1/4 > 1/2 > 1/1$. Konversi fraksi bensin untuk rasio katalis/umpan $1/4$ sedikit lebih kecil dibanding konversi fraksi bensin rasio katalis/umpan $1/3$, hal ini disebabkan karena rasio katalis/umpan $1/3$ merupakan rasio yang paling optimal pada waktu perengkahan 60 menit, sehingga jika katalis yang digunakan lebih sedikit akan mengurangi konversi fraksi bensin karena reaksi perengkahan lebih lambat, sedangkan jika katalis yang digunakan lebih banyak dari rasio katalis/umpan $1/3$ maka reaksi perengkahan akan berlebihan akibatnya menghasilkan fraksi gas yang berlebihan. Rasio katalis/umpan $1/3$ dengan waktu perengkahan 60 menit adalah kondisi optimal dari seluruh percobaan ini, karena dihasilkan konversi yang paling besar dengan pembentukan kokas yang relatif sedikit yaitu 2,67%.

Pengaruh rasio katalis/umpan dengan waktu perengkahan 90 menit

Hasil dari perengkahan selama 90 menit ditampilkan pada gambar V.4. Konversi fraksi bensin tertinggi dicapai oleh rasio katalis/umpan $1/1$ sebesar 42,25% dan konversi fraksi bensin terendah dicapai oleh rasio katalis/umpan $1/4$ sebesar 24,20%.

Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa semakin banyak katalis yang digunakan semakin besar konversi fraksi bensin dan semakin kecil fraksi gas yang dihasilkan, kecenderungan ini berbeda dengan perengkahan selama 30 menit dan 60 menit. Hal ini

disebabkan karena dengan waktu perengkahan yang relatif lama telah mengakibatkan terjadinya reaksi repolimerisasi dan kondensasi.

Reaksi repolimerisasi adalah reaksi kebalikan dari reaksi perengkahan yang juga melibatkan ion karbonium, sehingga dapat juga menyertai reaksi perengkahan. Salah satu contoh reaksi repolimerisasi adalah reaksi polimerisasi olefin yang dikatalisis oleh asam, dapat dituliskan pada gambar 5 [8].

Akibat dari reaksi repolimerisasi dan kondensasi selain berkurangnya konversi fraksi bensin fraksi gas yang dihasilkan juga berkurang, karena telah bereaksi menjadi fraksi yang lebih berat. Selain itu waktu yang terlalu lama telah mengakibatkan katalis terdeaktivasi oleh reaktan dan produk yang jumlahnya melimpah, sehingga dapat menutupi situs aktif pada katalis. Urutan rasio katalis/umpan yang menghasilkan konversi fraksi bensin pada perengkahan selama 90 menit adalah $1/1 > 1/2 > 1/3 > 1/4$.

Optimasi rasio katalis/umpan dan lamanya proses perengkahan

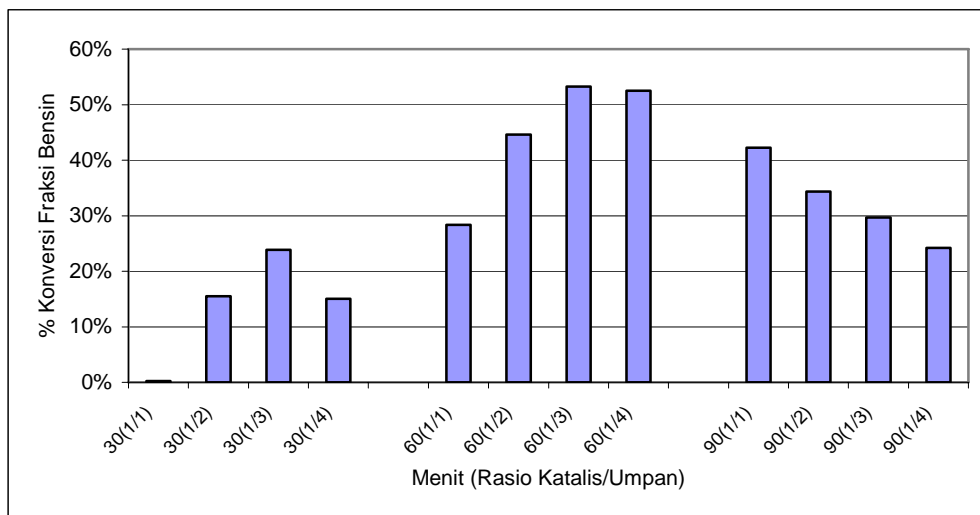
Optimasi hasil perengkahan dapat dilihat dari konversi fraksi bensin terbesar dari seluruh percobaan yang dilakukan, secara keseluruhan konversi fraksi bensin dapat dilihat pada gambar 6

Berdasarkan tabel 6 dapat dilihat bahwa konversi fraksi bensin terbesar dihasilkan oleh perengkahan dengan rasio katalis/umpan sebesar $1/3$ dengan lamanya perengkahan 60 menit. Pada proses perengkahan selama 90 menit telah terjadi penurunan konversi fraksi

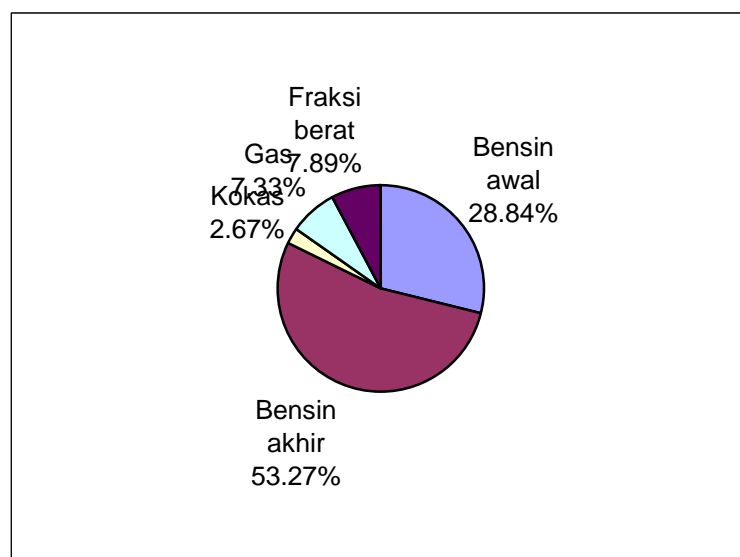
bensin hal ini disebabkan karena terlalu lamanya waktu perengkahan dan sudah banyaknya produk yang dihasilkan yang mengakibatkan tertutupnya situs aktif pada katalis sehingga katalis menjadi terdeaktivasi. Selain itu waktu yang cukup lama telah mengakibatkan terjadinya reaksi repolimerisasi dan kondensasi sehingga fraksi gas dan fraksi bensin yang telah terbentuk bereaksi kembali menjadi fraksi yang lebih berat.

Waktu perengkahan 60 menit adalah waktu yang optimal dimana situs aktif pada katalis telah digunakan

secara maksimal dan rasio katalis/umpan 1/3 adalah rasio katalis yang tepat dimana banyaknya katalis tidak terlalu berlebihan yang dapat menyebabkan reaksi perengkahan sekunder dan tidak terlalu sedikit yang dapat menyebabkan perengkahan berjalan lambat, oleh sebab itu rasio katalis umpan 1/3 dengan waktu perengkahan 60 menit menghasilkan konversi fraksi bensin yang terbesar. Hasil perengkahan dengan rasio katalis/umpan 1/3 selama 60 menit secara keseluruhan ditampilkan dalam gambar 7.



Gambar 6. Konversi fraksi bensin



Gambar 7. Perbandingan hasil perengkahan pada rasio katalis/umpan 1/3 dengan waktu perengkahan 60 menit

Pada perengkahan selama 60 menit dengan rasio katalis/umpan 1/3 dihasilkan konversi fraksi bensin yang terbesar yaitu 53,27 %, jika dijumlahkan dengan bensin awal sebelum perengkahan yaitu sebesar 28,84% maka fraksi bensin total yang dapat dihasilkan pada perengkahan ini sebesar 82,11% dan fraksi gas sebesar 7,33% dan kokas sebesar 2,67%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Rasio katalis/umpan yang terlalu tinggi (penggunaan katalis yang berlebihan) pada proses perengkahan fraksi sampah plastik dapat mengakibatkan terjadinya reaksi perengkahan sekunder sehingga banyak menghasilkan fraksi gas.
2. Waktu perengkahan yang terlalu lama dapat mengakibatkan terbentuknya senyawa hidrokarbon dengan jumlah atom C yang relatif lebih besar dibandingkan dengan fraksi bensin.
3. Konversi fraksi bensin terbesar dihasilkan pada proses perengkahan fraksi sampah plastik dengan rasio katalis/umpan 1/3 dengan lamanya perengkahan 60 menit.
4. Urutan rasio katalis/umpan dan lamanya waktu perengkahan yang menghasilkan konversi fraksi bensin adalah $1/3(60 \text{ menit}) > 1/4(60 \text{ menit}) > 1/2(60 \text{ menit}) > 1/1(90 \text{ menit}) > 1/2(90 \text{ menit}) > 1/3(90 \text{ menit}) > 1/1(60 \text{ menit}) > 1/4(90 \text{ menit}) > 1/3(30 \text{ menit}) > 1/2(30 \text{ menit}) > 1/4(30 \text{ menit}) > 1/1(30 \text{ menit})$.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Indonesia Toray Science Foundation (ITSF) tahun 2001 atas bantuan dana penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Suyartono dan Husaini, 1991, *Buletin Pusat Pengembangan Teknologi Mineral (PPTM)*, Tinjauan Terhadap Kegiatan Penelitian Karakterisasi dan Pemanfaatan Zeolit Indonesia, Bandung.
2. Saefudin, 1992, *Pengaruh Temperatur Reduksi Terhadap Aktivitas Katalis Nikel/Zeolit Alam*, Skripsi S-1 FMIPA UGM, Yogyakarta.
3. Nurhadi, M., 1999, *Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Kromium-Zeolit Alam Untuk Perengkahan Fraksi Minyak Bumi*, Tesis S-2, Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
4. Cahyono, B.L., 2000, *Preparasi dan Karakterisasi Katalis Zeolit Alam Pengemban Kromium Untuk Proses Katalitik Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Fraksi Bensin*, Skripsi S-1, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
5. Arman, 1997, *Analisis Berbagai Jenis Polimer dalam Plastik dengan Teknik Spektroskopi Infra merah Transformasi Fouier (FTIR)*, Skripsi-S1, FMIPA-UGM, Yogyakarta.
6. Adi, R., Cahyono, Eliyana, dan Rafika, R., 1998, *Pembuatan Fraksi Bensin dari Sampah Plastik dengan Katalis Zeolit Alam*, Laporan Penelitian Lomba Karya Inovatif dan Produktif, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
7. Wigiyatmo, 1995, *Studi Daur Ulang Sampah Plastik*, Skripsi S-1 FMIPA UGM, Yogyakarta.
8. Gates, Katzer, and Schit, 1979, *Chemistry of Catalytic Processes*, 1st edition, McGraw-Hill Book Company, New York.