

---

# KONVERSI KATALITIK *n*-BUTANOL MENJADI HIDROKARBON $C_2\sim C_4$ MENGGUNAKAN KATALIS $B_2O_3$ /ZEOLIT ALAM

Setiadi dan Dariyus

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia  
Kampus UI, Depok-16424; E-mail : setiadi@che.ui.edu

## Abstrak

Hidrokarbon  $C_2\sim C_4$  merupakan senyawa yang penting dalam industri kimia petrokimia misalnya bahan baku polimer, MTBE, untuk alkilasi, senyawa isookatana maupun LPG. Sampai saat ini, sumber utama senyawa hidrokarbon tersebut berasal dari hasil pengolahan minyak bumi. Karena semakin menipisnya cadangan minyak dunia, maka dimasa depan kebergantungan hidrokarbon  $C_2\sim C_4$  ini pada pasokan minyak harus segera dicarikan alternatif sumber lainnya yang lebih terjaga kesinambungannya. Penelitian ini bermaksud menyajikan bahwa hidrokarbon  $C_2\sim C_4$  dapat diperoleh dari senyawa organik *n*-butanol melalui reaksi katalitik menggunakan katalis zeolit alam. Proses ini sangat penting karena reaktan *n*-butanol merupakan suatu senyawa yang renewable (dapat diperbaharui) dari proses fermentasi. Zeolit alam dimodifikasi dengan penambahan boron oksida dengan berbagai kadar. Hasil yang diperoleh bahwa boron oksida berkandungan 25% memberikan hasil yang paling baik, dengan konversi butnaol 82,9 % dan yield  $C_2\sim C_4$  14,7 % dengan suhu reaksi 400 °C Namun, karakterisasi XRD tidak menunjukkan puncak-puncak yang dimiliki oleh komponen boron oksida. Hal ini menunjukkan bahwa boron oksida terdispersi secara sempurna pada permukaan zeolit alam (343 m<sup>2</sup>/g), berinteraksi secara kuat dengan frame/kerangka zeolit dan terbentuknya spesi inti aktif baru hasil perpaduan zeolit alam maupun boron oksida yang lebih aktif dalam mengkonversi *n*-butanol menjadi  $C_2\sim C_4$ .

**Kata Kunci :** *n*-butanol, hidrokarbon  $C_2\sim C_4$ , boron oksida, konversi katalitik

## Abstract

$C_2\sim C_4$  hydrocarbons are important petrochemical feedstocks for polymer, MTBE, alkylation reagent and LPG. Those hydrocarbons can be produced sustainable from *n*-butanol through the catalytically reaction which can be produced renewably through a fermentation process. The development of catalytically can be done by using natural zeolite by adding boron oxide ( $B_2O_3$ ). The combination of these two catalyst's substance is hoped to increase the catalytic performance in converting *n*-butanol to hydrocarbon of  $C_2\sim C_4$ . This research has studied that addition boron oxide in natural zeolite as much as 25% gave the highest conversion (82,9%) and yield of  $C_2\sim C_4$  (14,7% at 400°C). No peaks due to the boron oxide catalyst on the XRD spectrum and the high surface area of natural zeolite (343 m<sup>2</sup>/g) strongly suggest that the boron oxide was dispersed perfectly on the surface of natural zeolite and interacted strongly with zeolite's frame. The formation of a new active site for converting *n*-butanol to hydrocarbon  $C_2\sim C_4$  is highly considered which is more active comparing to natural zeolite or boron oxide itself.

**Keyword :** *n*-butanol, hydrocarbon  $C_2\sim C_4$ , boron oxide, catalytic conversion

## 1. Pendahuluan

Suatu kenyataan yang tidak bisa dipungkiri bahwa produksi minyak Indonesia mengalami penurunan akibat semakin menipisnya cadangan minyak bumi. Produksi rata-rata minyak bumi Indonesia pada tahun 2004 berada pada kisaran 1 juta barel per hari. Harus disadari bahwa saat ini Indonesia telah mengimpor minyak mentah sekitar 400.000 barel per hari untuk diolah di kilang BBM dalam negeri, dan telah mengimpor BBM sekitar 338.000 barel per hari untuk memenuhi konsumsi dalam negeri sekitar 1,1 juta barel per hari yang terus tumbuh dengan cepat (sekitar 4,8%).

Hidrokarbon C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> merupakan komponen utama dari hasil olahan minyak bumi yang dibutuhkan dalam jumlah yang besar bagi industri dan masyarakat. Hidrokarbon C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> merupakan hidrokarbon yang terdiri dari golongan parafin dan olefin. Golongan parafin berupa etana, propana dan butana, sedangkan golongan olefin berupa etilen, propilen dan senyawa butena. Hidrokarbon C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> golongan parafin merupakan komponen utama untuk pembuatan bahan bakar gas (LPG). Adapun etilen dan propilen merupakan bahan baku dasar (primer) bagi industri petrokimia untuk menghasilkan polimer sedangkan senyawa butena banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan MTBE (metil tertbutil eter), ETBE (etil tertbutil eter), isoprena, polimer dalam pembentukan karet sintetik dan material plastik, serta alkilat.

Besarnya kebutuhan akan hidrokarbon C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>, sedangkan ketersediaan sumber hidrokarbon fosil yang semakin menipis, maka menuntut suatu strategi atas sumber utama hidrokarbon tersebut secara hemat dan efisien. Disamping itu, proses pembentukan hidrokarbon fosil memerlukan waktu ribuan tahun atau dalam ukuran *geological time frame*. Disamping itu, sumber energi fosil merupakan sumber energi yang tak dapat diperbaharui (*nonrenewable resources*). Melihat kondisi ini, maka tuntutan untuk mencari sumber-sumber hidrokarbon alternatif yang dapat diperbaharui sudah sangat mendesak.

Materi biomasa adalah sumber alternatif yang tepat sebagai material awal untuk sumber hidrokarbon yang dapat terbarukan. Tumbuhan berkarbohidrat seperti sugu, padi dan singkong, merupakan materi biomasa terbarukan yang dapat diproses menjadi bentuk cairnya (*derived liquid*) melalui proses biologi fermentasi dengan bantuan bakteri *Clostridium acetobutylicum* dan menghasilkan aseton-butanol-etanol (ABE) (Gibbs, 2003; Haggstrom, 1985). Senyawa

organik cair tersebut dapat diubah secara kimiawi menjadi berbagai senyawa hidrokarbon, baik sebagai bahan bakar maupun bahan kimia.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa hidrokarbon yang mengandung gugus oksigen seperti golongan alkohol dapat diubah menjadi hidrokarbon C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> dengan menggunakan zeolit (Setiadi, 2005b), tetapi hasilnya belum ekonomis dimana *yield* yang diperoleh masih sedikit bila dibandingkan dengan menggunakan zeolit sintesis (Laniwati, 2004). Disisi lain, harga katalis zeolit sintesis seperti ZSM-5 relatif mahal dan pembuatannya juga sulit.

Oleh karena itu, pada penelitian akan dikembangkan konversi hasil biomasa (*n*-butanol) menjadi hidrokarbon C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> dengan menggunakan katalis zeolit alam jenis mordenit yang harganya relatif murah dan mudah diperoleh karena banyak terdapat di Indonesia.

## 2. Fundamental

Konversi katalitik *n*-butanol menjadi hidrokarbon C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> merupakan reaksi dehidrogenasi *n*-butanol. Reaksi tersebut memerlukan katalis asam yang kuat untuk mengimbangi sifat kepolaran molekul tersebut pada gugus hidroksilnya, agar reaksi bisa berjalan lebih efektif. Namun efek lain dari tingginya asam dapat memicu terjadinya reaksi perengkahan melalui reaksi protolytic cracking berdasarkan *Haag Dessau mechanism*.

Penggunaan zeolit alam jenis mordenit didasarkan pada tingkat keasamannya yang cukup tinggi terlihat dari rasio Si/Al yang didapat berkisar 5. Keasaman yang tinggi dapat meningkatkan stabilitas termal dan kekuatan asam yang sangat berpengaruh pada proses konversi katalitik senyawa organik. Inti aktif katalis zeolit yang berfungsi sebagai sebagai reaksi perengkahan adalah bagian asam bronstednya yang berpusat pada atom Al. Sehingga indikator tingkat keasaman katalis zeolit dapat diketahui dari harga rasio Si/Al.

Pengembangan katalis zeolit alam terutama untuk lebih memperinggi tingkat keasamannya, zeolit alam modernit perlu penambahan additive yakni penambahan boron oksida (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) pada kadar tertentu. Terdispersi partikel B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> secara sempurna pada permukaan zeolit dapat menimbulkan terbentuknya spesi peroksida antar fasa boron oksida dan zeolit alam yang saling mendukung sehingga menjadi katalis yang efektif dan efisien. Spesi peroksida tersebut sangat aktif dalam reaksi dehidrogenasi maupun dehidrasi, Setiadi (1994), Setiadi (2005a), Otsuka dkk.,

(1995), Sudirman (2000). Disamping itu keberadaan  $B_2O_3$  pada permukaan zeolit, akan meningkatkan keasaman Bronsted oleh karena terbentuknya spesi  $BO_4$ , Setiadi (1998). Dengan desain katalis *multisite & multifunction* tersebut, maka kinerja katalis diharapkan akan jauh sangat efektif dalam mengkonversi n-butanol menjadi hidrokarbon dengan nilai konversi dan yield terhadap produk  $C_2-C_4$  yang setinggi-tingginya.

### 3. Metodologi

Material katalis yang digunakan adalah zeolit alam (NZ) jenis mordenit yang berasal dari Malang. Zeolit alam mordenit sebelumnya dilakukan *pretreatment* yang terdiri dari pencucian, pertukaran ion dan kalsinasi, untuk membentuk H-zeolit. H-zeolit yang terbentuk kemudian dimodifikasi menjadi  $B_2O_3$ /zeolit dengan impregnasi basah larutan  $H_3BO_3$ .

Proses pencucian zeolit alam (NZ) yang dilakukan dengan menggunakan *de-ionized water* pada temperatur  $80^\circ C$  untuk menghilangkan berbagai kotoran fisik seperti tanah/lempung. Selanjutnya dikeringkan dalam oven selama 4 jam pada temperatur  $110^\circ C$ . Hasil pengeringan dinamakan NZ Pertukaran ion dilakukan dengan cara mencampurkan NZ tersebut dalam larutan  $NH_4Cl$  1 M, larutan tersebut diaduk dengan pengaduk magnet selama 2 jam, kemudian didekantasi. Padatan zeolit ( $NH_4$ -NZ) yang tertinggal kemudian dimasukkan ke dalam oven pada temperatur  $110^\circ C$  selama 4 jam untuk menghilangkan pelarut air yang masih tersisa didalam padatan katalis. Selanjutnya dikalsinasi pada temperatur  $400^\circ C$  selama 4 jam. Zeolit yang telah dikalsinasi tersebut adalah merupakan zeolit alam terprotonasi (H-NZ) dan siap digunakan untuk tahap selanjutnya.

Penambahan H-NZ dapat dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu dengan menyiapkan campuran padatan asam borat dan H-NZ untuk berbagai komposisi  $B_2O_3$ /Zeolit (15% dan 25% berat), kemudian padatan  $H_3BO_3$  dilarutkan dalam air bebas mineral (*deionized water*) sebanyak 50 ml dalam gelas beker yang dijaga suhunya pada  $80^\circ C$  dan tetap diaduk dalam kondisi pengadukan. H-NZ dibubuhkan ke dalam larutan  $H_3BO_3$  sambil diaduk dan dijaga suhunya ( $\pm 80^\circ C$ ) sampai pelarut air teruapkan, mengering dan didapatkan padatan. Kalsinasi padatan campuran tersebut dilangsungkan berurutan pada suhu  $300^\circ C$  dan  $600^\circ C$  masing-masing selama 2 jam.

Sampel katalis dikarakterisasi menggunakan metode BET untuk mengetahui

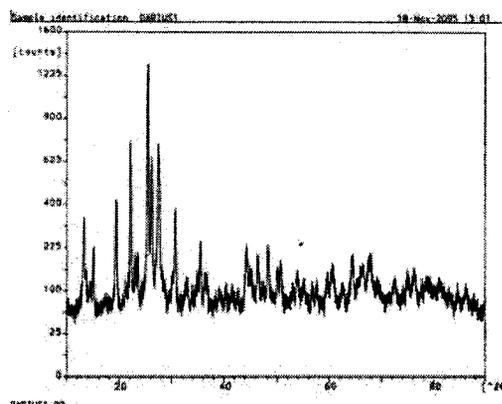
luas permukaan, XRD untuk melihat kristalinitas katalis yang telah dimodifikasi.

Pada penelitian ini umpan yang digunakan adalah n-butanol murni. Pengujian aktivitas katalis dilakukan dalam reaktor *fixed bed*. Adapun jumlah katalis yang digunakan adalah 1 g, laju alir carrier gas ( $N_2$ ) 10 cc/min, waktu pengambilan sampel 1 jam, lama waktu reaksi 7 jam, temperatur reaksi  $300, 350, 400^\circ C$  pada tekanan atmosferik.

Produk cairan dan gas dianalisa dengan menggunakan instrumen kromatografi gas jenis TCD dari Shimadzu-14A dan digunakan kolom karbon aktif untuk mendeteksi komponen senyawa hydrogen, metana dan karbon monoksida, sedangkan kolom porapak Q untuk mendeteksi komponen karbon dioksida, etilena, etana, propilena, propana serta senyawa  $C_4$  (butena, butana, maupun isobutena).

### 4. Hasil dan Analisis

Karakterisasi katalis dengan menggunakan metode XRD dilakukan untuk melihat kristalinitas dan kemungkinan terbentuknya fasa/senyawa baru hasil paduan boron oksida dengan H-NZ katalis.



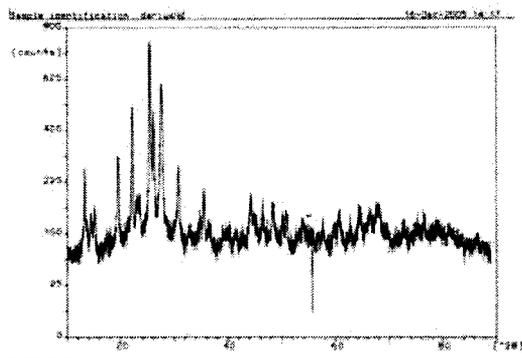
Gambar 1. Spektrum XRD H-zeolit alam (0% B-H-NZ)

Gambar 1 memperlihatkan hasil spektrum katalis H-zeolit alam (B-H-NZ 0%). Terlihat bahwa padatan H-NZ menunjukkan kristalinitas yang tinggi, dengan puncak-puncak dominan muncul pada daerah sudut  $2\theta$  antara  $12^\circ - 30^\circ$ . Puncak-puncak tersebut merupakan sifat-sifat yang mengidentifikasi zeolit jenis zeolit mordenit.

Gambar 2 merupakan hasil pengamatan metode XRD untuk katalis 25% B-H-NZ pada jangkauan sudut difraksi  $2\theta$  antara  $0^\circ - 86^\circ$ . Pola

spektrum pada Gambar 2 terlihat sangat mirip dengan pola spektrum XRD Gambar 1.

Sedang berdasarkan hasil pengamatan spektrum XRD boron oksida oleh peneliti sebelumnya, seharusnya puncak-puncak spektrum yang dimiliki oleh boron oksida muncul karena cukup tingginya kandungan oksida tersebut yang dominan pada daerah sudut 2θ antara 25°-28° (Setiadi, 1994). Tetapi rupanya keseluruhan pola spektrum hanya didominasi oleh spektrum H-NZ. Oleh karenanya dapat disimpulkan bahwa dengan tidak terbentuknya puncak-puncak baru, menandakan bahwa tidak terbentuk fasa/senyawa baru yang mempunyai kristalinitas yang tinggi. Tidak munculnya puncak-puncak B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> murni, menunjukkan telah terdispersinya B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang sempurna pada saat dilakukan preparasi katalis (impregnasi) menjadi partikel B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang sangat kecil sehingga tidak terdeteksi oleh radiasi X-ray.

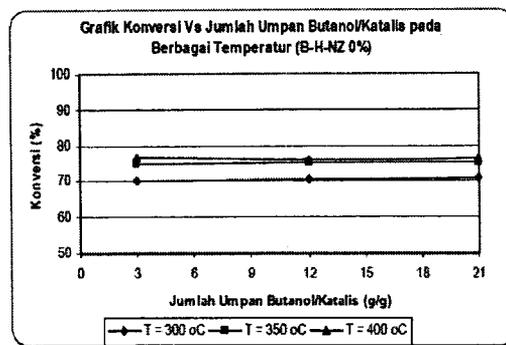


GAMBAR 2. Spektrum XRD B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Zeolit alam (25%B-H-NZ)

Hal ini sangat berkesesuaian dengan hasil karakterisasi luas permukaan katalis dengan metode BET, yang menunjukkan bahwa luas permukaan katalis tanpa penambahan boron oksida adalah 343 m<sup>2</sup>/g. Luasan tersebut cukup memadai untuk dispersinya boron oksida secara sempurna.

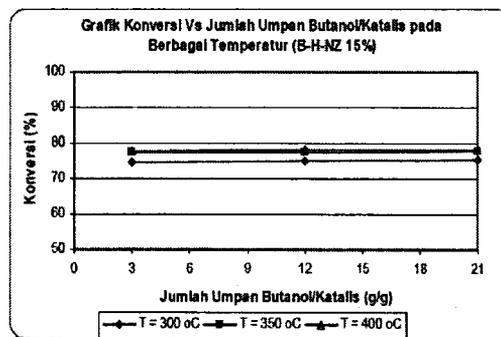
#### Aktivitas Katalis

Gambar 3 dan 4 menunjukkan konversi n-butanol dengan menggunakan katalis B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/zeolit alam 0% dan 15%. Terlihat pada gambar tersebut, bahwa konversi rata-rata n-butanol menjadi C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> menggunakan katalis B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/zeolit alam 0% pada temperatur 300°C, 350°C, dan 400°C secara berturut-turut adalah 70%, 75% dan 76%, sedangkan dengan menggunakan katalis B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/zeolit alam 15% adalah 75%, 77% dan 78% ketika jumlah umpan butanol mencapai 21 gram.

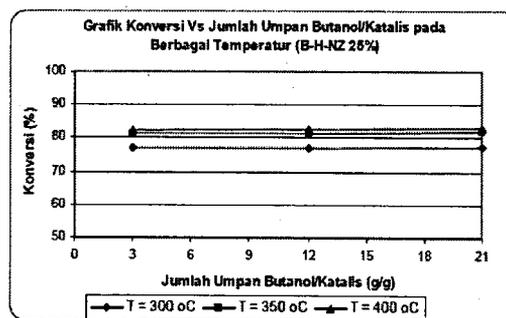


GAMBAR 3. Konversi Butanol pada berbagai temperatur reaksi menggunakan 0% B-H-NZ

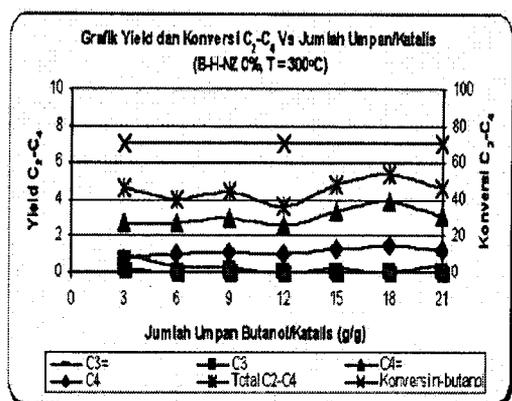
Sedangkan pada Gambar 5 menunjukkan konversi rata-rata n-butanol menjadi C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> menggunakan katalis B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/zeolit alam 25% pada jumlah umpan butanol dan temperatur sama, secara berturut-turut adalah 77%, 81% dan 82%. Perolehan nilai konversi yang cukup stabil pada masing-masing temperatur untuk tiap-tiap katalis menunjukkan bahwa katalis tersebut belum mengalami deaktivasi & memiliki kinerja yang baik pada rentang temperatur 300-400°C.



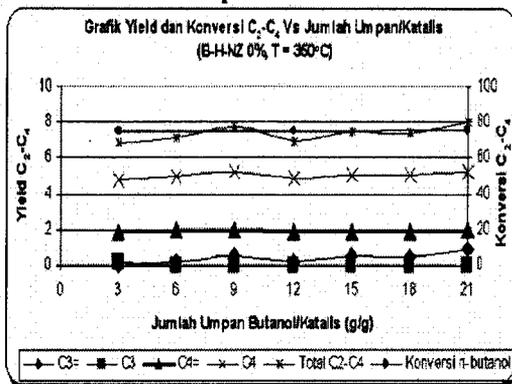
GAMBAR 4. Konversi Butanol pada berbagai temperatur reaksi menggunakan 15% B-H-NZ



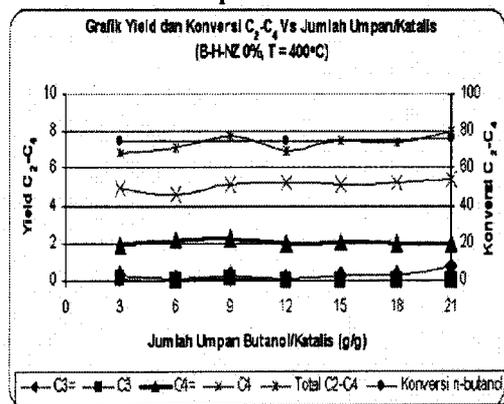
GAMBAR 5. Konversi Butanol pada berbagai temperatur reaksi menggunakan 25% B-H-NZ



**A. Temperatur 300°C**



**B. Temperatur 350°C**



**C. Temperatur 400°C**

**GAMBAR 6. Yield C<sub>2</sub>~C<sub>4</sub> menggunakan katalis 0% B-HNZ Pada Temperatur : A=300°C, B=350°C, C=400°C**

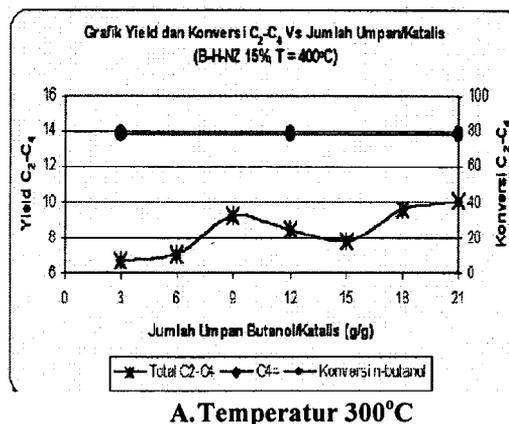
Katalis B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/zeolit alam dengan rasio 25% merupakan katalis yang memberikan konversi n-butanol terbesar pada semua temperatur reaksi dibandingkan dengan dua katalis lainnya. Urutan katalis berdasarkan konversi yang dihasilkan pada temperatur yang sama adalah Katalis B-H-NZ 25% > B-H-NZ 15% > B-H-NZ 0%.

Besarnya rasio B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam katalis mempengaruhi kemampuan katalis B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/zeolit alam dalam mengkonversi butanol. Semakin

besar kandungan boron oksida mengakibatkan peningkatan keasaman katalis dan mempertinggi kinerja katalis dalam menghasilkan produk hidrokarbon C<sub>2</sub>~C<sub>4</sub>.

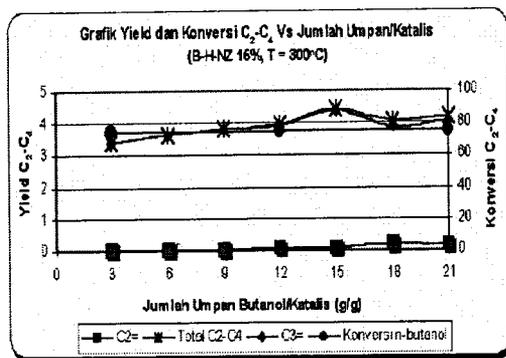
Semakin tingginya kandungan boron oksida, maka semakin tinggi konversi n-butanol, hal ini menunjukkan bahwa boron oksida cukup efektif untuk melangsungkan reaksi konversi katalitik n-butanol. Meningkatnya nilai konversi tersebut diperkirakan oleh terbentuk spesi peroksida, sehingga keasaman katalis meningkat.

Gambar 6 menunjukkan yield C<sub>2</sub>~C<sub>4</sub> dengan menggunakan katalis 0% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/zeolit alam. Terlihat bahwa kenaikan suhu tidak begitu mempengaruhi distribusi produk dan kurva yield pada masing-masing produk cenderung stabil selama reaksi berlangsung yaitu ketika jumlah umpan butanol mencapai 21 gram. hal ini menunjukkan bahwa mekanisme reaksi tidak mengalami pergeseran (tidak berubah) karena kenaikan suhu.



**A. Temperatur 300°C**

**B. Temperatur 350°C**



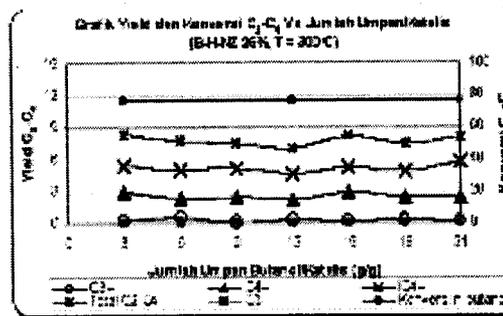
**C. Temperatur 400°C**

**GAMBAR 7. Yield C<sub>2</sub>~C<sub>4</sub> menggunakan katalis 15% B-H-NZ Pada Temperatur : A=300°C, B=350°C, C=400°C**

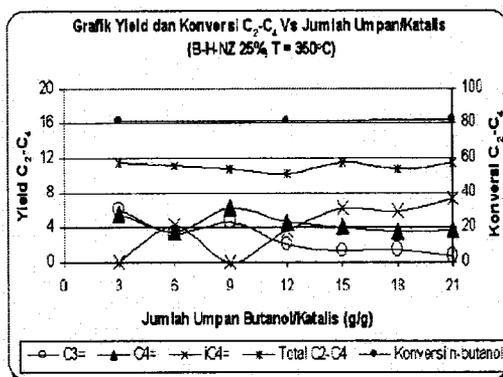
Gambar 7 menunjukkan yield C<sub>2</sub>~C<sub>4</sub> dengan menggunakan katalis B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/zeolit alam 15%. Terlihat pada temperatur 300oC, hasil konversi katalitik n-butanol cenderung membentuk produk propilena. Kenaikan temperatur reaksi dari 300°C menjadi 400°C mengakibatkan distribusi produk mengalami pergeseran dari propilena mengarah ke produk butena yang lebih dominan.

Gambar 8 menunjukkan yield C<sub>2</sub>~C<sub>4</sub> dengan menggunakan katalis B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/zeolit alam 25%. Pada gambar tersebut, memperlihatkan distribusi produk mengalami perubahan yaitu mulai terbentuknya isobutilen. Pada temperatur 300°C distribusi produk stabil sampai jumlah umpan 21 g. Hal ini menunjukkan bahwa selama pengumpanan tidak terjadi perubahan mekanisme reaksi.

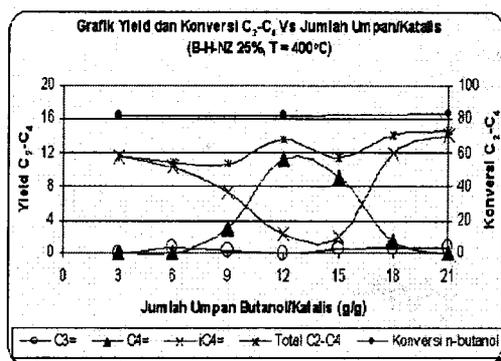
Pada temperatur 350°C terjadi sedikit olakan pada saat pengumpanan butanol mencapai 6 gram sedangkan pembentukan isobutena cenderung stabil, seperti terlihat pada Gambar 8B. Pada temperatur 400°C juga terjadi olakan seperti halnya pada temperatur 350°C, yaitu ketika jumlah umpan butanol mencapai 3 gram, reaksi yang dominan adalah reaksi isomerisasi yaitu terbentuknya produk isobutena, kemudian jumlah isobutena yang terbentuk terus menurun sampai jumlah umpan butanol 12 gram dan sebaliknya, terjadi peningkatan reaksi dehidrasi yaitu pembentukan produk butena. Setelah umpan butanol melebihi 12 gram terjadi pergeseran reaksi, dimana reaksi yang lebih dominan adalah reaksi isomerisasi (pembentukan isobutena).



**A. Temperatur 300°C**



**B. Temperatur 350°C**



C. Temperatur 400°C

Gambar 8. Yield C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> dengan Menggunakan Katalis B-HNZ 25% Pada Temperatur : A=300°C, B=350°C, C=400°C

Kalau ditinjau dari tendensi penambahan boron oksida, penambahan boron oksida cenderung menghambat pembentukan senyawa parafin yaitu propana dan butana. Produk-produk tersebut pada awalnya terbentuk pada katalis tanpa penambahan boron oksida (B-H-NZ 0%), kemudian penambahan boron oksida 15 % kecenderungan terbentuk produk olefin lebih dominan seperti pada temperatur 400°C, didominasi oleh produk butena. Hal ini diperkirakan bahwa reaksi yang terjadi didominasi oleh reaksi dehidrasi n-butanol sedangkan reaksi isomerisasi sama sekali tidak terjadi seperti terlihat pada Gambar 3.7C. Penambahan boron oksida 25% (B-H-NZ 25%) mengakibatkan terjadinya pergeseran reaksi yaitu terbentuknya isobutena, hal ini menunjukkan bahwa reaksi isomerisasi mulai terjadi.

Bila dikaitkan dengan hasil pembahasan sebelumnya, nilai konversi n-butanol terbesar dihasilkan pada reaksi yang menggunakan katalis B-H-NZ 25%. Besarnya nilai konversi tersebut lebih disebabkan oleh terbentuknya produk isobutena.

Berdasarkan uraian diatas maka dapat disimpulkan bahwa penambahan boron oksida dapat menggenerate timbulnya reaksi isomerisasi dalam konversi katalitik n-butanol. Hasil produk isobutena yang cukup dominan diantara senyawa C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> lainnya merupakan hasil yang cukup memuaskan, karena terbentuknya senyawa tersebut sangat diharapkan. Adapun yield isobutena adalah sekitar 14% pada jumlah umpan butanol sebanyak 21 gram dan hasil ini cukup kompetitif menandingi hasil yang di dapat dengan menggunakan katalis zeolit Y-Komersial, Laniwati (2004).

## 5. Kesimpulan

Konversi katalitik n-butanol menggunakan katalis B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/zeolit alam telah berhasil menghasilkan produk C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa ketidak munculnya peak boron oksida, menandakan bahwa komponen tersebut terdispersi secara sempurna pada permukaan zeolit sebesar 343 m<sup>2</sup>/g hasil pengukuran metode BET.

Hasil uji aktivitas katalis B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/zeolit alam (B-H-NZ) pada konversi katalitik n-butanol sebagai berikut, katalis 25% B-H-NZ merupakan katalis yang memberikan konversi n-butanol dan yield produk terbesar pada semua temperatur reaksi, kemudian diikuti oleh katalis 15% B-H-NZ dan 0% B-H-NZ. Konversi dan yield C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> maksimum adalah 82,9% dan 14,7% dan diperoleh pada temperatur 400°C menggunakan katalis B-HNZ 25%.

Perolehan yield isobutena adalah 14% pada katalis B-H-NZ 25% merupakan hasil yang cukup kompetitif menandingi hasil yang di dapat dengan menggunakan katalis zeolit Y-Komersial.

## Daftar Notasi

B-H-NZ	: B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Zeolit alam
H-NZ	: Zeolit alam terprotonasi
C2	: etana
C2=	: etilena
C3	: propana
C3=	: propilena
C4	: Butana
C4=	: butena
iC4=	: isobutena

## Daftar Pustaka

- [1] Gibbs, D.F., (1983), "The rise and fall (...and rise?) of acetone/butanol fermentations", *Trends in Biotechnology*, vol I, No. 1, hal 12.
- [2] Haggstrom, L., (1985), "Acetone-Butanol Fermentation And Its Variants", *Biotech Advs*, Vol.3, hal. 13-28.
- [3] Laniwati, M.dkk., (2004), "Uji Aktivitas Katalis Zeolit-Y Komersial Hasil Regerasi Terhadap Reaksi Dehidrasi N-Butanol", *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, Vol 3 No.1.
- [4] Otsuka, Kiyoshi, Setiadi, S., Yamanaka, I., (1995), "Ethane Oxidative Dehydrogenation Over Boron Oxides Supported on Ytria Stabilized Zirconia", *Catalysis Today* 34, hal. 315-320
- [5] Setiadi, (1994), "Partial Oxidation Of Methane And Ethane Over Supported Boron Oxide Catalyst", *Master Thesis*, Tokyo Institute of Technology, Japan.

- [6] Setiadi (1998), "Reaksi Katalitik Dehidrogenasi Etana Menjadi Etilen pada Katalis  $B_2O_3/YSZ$  : Pengaruh Kandungan Boron Oksida," *Prosiding Quality in Research*, FTUI, 1999
- [7] Setiadi, (2005a), "Oxidative Dehidrogenasi Etana Menjadi Etilen Menggunakan  $B_2O_3/Al_2O_3$  : Pengaruh Kandungan Boron Oksida", *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia*, Jakarta.
- [8] Setiadi., (2005b), "Konversi Katalitik Aseton menjadi Hidrokarbon C1 - C10 menggunakan Katalis ZSM-5", *Prosiding Simposium dan Kongres Masyarakat Katalis Indonesia*, Serpong
- [9] Sudirman dan Setiadi, (2000), "Skripsi: Pengaruh Rasio B/(Al+B) Terhadap Aktivitas Katalis Alumina-Aluminium Borat pada Reaksi Dehidrasi Etanol", *Laporan Tugas Akhir*, Teknik Gas dan Petrokimia, FTUI, Depok