



## Proses Katalitik Pirolisis Untuk *Cracking* Bitumen Dari Asbuton dengan Katalis Zeolit Alam

Susianto, Yosita Dyah Anindita, Ali Altway, Azka Afuza, Eldira Nindri Wena & Ali Altway  
Dosen, Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, ITS  
Mahasiswa, Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, ITS  
susianto.sst@gmail.com

### Abstrak

Asbuton adalah aspal alam yang terkandung dalam deposit batuan terdapat di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Asbuton berpotensi menjadi bahan bakar alternatif. Penelitian tentang pirolisis bitumen menjadi hidrokarbon (*heavy oil*) sudah mulai dikembangkan, namun belum banyak dilakukan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh temperatur pirolisis terhadap % *yield* masing – masing produk, mempelajari pengaruh penambahan katalis pada masing-masing temperatur pirolisis terhadap % *yield* masing – masing produk, mempelajari pengaruh temperatur pirolisis terhadap % *yield* produk cair dengan dan tanpa katalis. Pirolisis bitumen yang terkandung dalam asbuton dilakukan secara semi-continue dalam reaktor pirolisis pada kondisi vakum dengan variable temperatur pirolisis sebesar 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, dan 500°C. sedangkan zeolit klipnotilolit sebagai katalis divariasi sebesar 5%, 7%, dan 9% dari berat *feed* asbuton. *Feed* asbuton sebanyak 228 gram dicampur dengan katalis sesuai perbandingan kemudian dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis. Heater dioperasikan sesuai temperatur yang diinginkan kemudian di vakum dengan menggunakan pompa vakum. Gas yang terbentuk akan dialirkan melalui kondensor yang dijaga temperaturnya pada 25°C. Gas yang terkondensasi (produk cair) akan tertampung dalam *erlenmeyer*, sedangkan gas yang tidak terkondensasi (produk gas) akan ditampung dalam kantong gas. Kemudian %*yield* produk masing-masing dianalisa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pirolisis dapat digunakan untuk *cracking* bitumen yang terkandung dalam asbuton dengan kondisi terbaik untuk mendapatkan *yield* produk cair tertinggi sebesar 61.531% diperoleh dalam kondisi temperatur pirolisis 350°C dengan penambahan 9% katalis.

*Kata kunci:* asbuton, pirolisis, katalis, bitumen

### 1 PENDAHULUAN

Bensin (gasoline), minyak tanah (kerosene) maupun minyak solar (diesel oil) merupakan bahan bakar fosil yang banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi. Pemakaian bahan bakar tersebut kian hari kian meningkat tetapi tidak diimbangi dengan kemampuan penyediaannya karena minyak bumi merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui. Hal ini mendorong upaya pencarian bahan bakar alternatif sebagai pengganti suplai energi berbasis minyak bumi.

Berbagai sumber bahan bakar alternatif bermunculan diantaranya bioetanol, biodiesel, dan bahan bakar gas (BBG). Di pulau Buton terdapat cadangan aspal alam yang terkandung dalam deposit batuan mencapai 650 juta ton. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai negara penghasil aspal alam terbesar di dunia. Karena jumlahnya yang melimpah asbuton (aspal buton) berpotensi untuk dikembangkan menjadi salah satu sumber bahan bakar alternatif.

Kadar aspal yang terkandung dalam asbuton bervariasi, antara 10 – 40%. Ini merupakan kadar aspal yang cukup besar dibandingkan dengan kadar aspal alam negara-negara lain seperti Amerika (12 – 15%) dan Prancis (6 – 10%). Dari segi mutu, asbuton dirasa masih kalah bersaing dengan aspal minyak. Selama ini asbuton hanya dimanfaatkan sebagai bahan campuran aspal untuk pembuatan jalan raya, dalam bentuk asbuton halus, mikro asbuton, asbuton butir, dan asbuton yang diekstrak sebagian. Untuk pemanfaatan bitumen dari asbuton sendiri masih belum banyak dilakukan dalam skala industri karena masih minimnya pengembangan asbuton ke arah sana.

*Hot water process* digunakan di Kanada untuk *recovery* bitumen komersial dari *oil sand*. Namun karena sifat yang dimiliki asbuton berkebalikan dari sifat *oil sand* Kanada, maka ekstraksi air panas tidak cocok untuk asbuton. Asbuton adalah jenis *oil sand* minyak basah menyebabkan kekuatan mekanik dan tegangan asbuton lebih tinggi dari *oil sand* di daerah lain. Bentuk eksternal asbuton ini mirip dengan *oil shale*.

Selain proses *hot water* dalam lingkup penelitian asbuton juga dilakukan ekstraksi dengan pelarut organik. Menurut Ma dan Li (2012) ekstraksi pelarut adalah proses di mana aspal dipisahkan dari pasir menggunakan pelarut tertentu. Metode ini hanya dapat digunakan dalam bentuk eksperimental. Tidak ada proses ekstraksi pelarut yang dikomersialisasikan di dunia saat ini karena sulitnya *recovery* pelarut dan hal ini dipandang kurang ekonomis.

Berdasarkan penelitian-penelitian di atas, dapat diambil hipotesa bahwa katalitik pirolisis menggunakan katalis zeolit dapat dilakukan untuk proses *cracking* bitumen di dalam asbuton. Namun demikian, untuk melakukan proses pirolisis masih terkendala dengan adanya proses ekstraksi bitumen dalam asbuton, sehingga diperlukan suatu pemotongan alur proses untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Studi mengenai proses pirolisis langsung tanpa ekstraksi untuk *cracking* asbuton belum pernah dilakukan, sehingga dalam penelitian ini proses pirolisis asbuton dilakukan dalam berbagai macam kondisi operasi temperatur dan dilakukan perlakuan dengan maupun tanpa menggunakan katalis. Selanjutnya *yield* masing-masing produk yang dihasilkan dari proses pirolisis asbuton akan dihitung untuk mendapatkan kondisi operasi paling optimum

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bitumen merupakan hidrokarbon rantai panjang yang ditemukan dalam bentuk cairan sangat kental ataupun padatan pada temperatur kamar (25°C), berwarna hitam, dan menunjukkan sifat *thermoplastic*, yakni menjadi encer ketika dipanaskan, namun kembali mengeras seiring dengan pendinginan. Bitumen tergolong perekat dan *waterproofing* agent yang baik, dan memiliki ketahanan yang baik terhadap reaksi oksidasi. Walaupun demikian, bitumen mudah larut dalam berbagai pelarut organik seperti benzena, trikloroetana, dan karbon disulfida.

Bitumen ditemukan pada sejumlah deposit di permukaan bumi. Deposit ini terbentuk akibat adanya minyak bumi yang terdorong menembus kerak bumi. Komponen yang mudah menguap dari minyak bumi, seperti gasoline, kerosene menguap dan meninggalkan sejumlah deposit bitumen yang tercampur dengan mineral anorganik. Campuran bitumen-mineral anorganik inilah yang kemudian disebut sebagai aspal alam.

Asbuton adalah aspal alam yang terdapat di pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Asbuton pada umumnya berbentuk padat yang terbentuk secara alami akibat proses geologi. Proses terbentuknya asbuton berasal dari minyak bumi yang terdorong muncul ke permukaan menyusup di antara batuan yang berpori. Berdasarkan data Departemen Pekerjaan Umum (2006), Asbuton (Aspal Batu Buton) yang ditemukan kira-kira 70 tahun yang lalu merupakan deposit aspal alam terbesar di dunia.

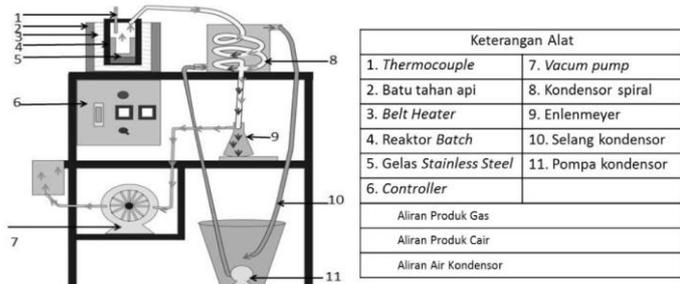
Philips dkk (1984) telah melakukan pirolisis dengan metode thermal *cracking* bitumen dari oil sands pada temperatur tinggi yaitu 360°C, 400°C, dan 420°C. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Ma dan Li pada tahun 2012 dengan cara mengekstraksi bitumen dari oil sands yang kemudian dilanjutkan dengan proses pirolisis. Namun metode tersebut tidak dapat diaplikasikan pada raw material Asbuton karena bitumen terikat secara langsung pada mineral sehingga pemisahan sulit dilakukan yang mengakibatkan % *yield* rendah. Pada tahun 2011, Lee dan Heo melakukan pirolisis bitumen pada oil sands dalam reaktor fix bed yang menghasilkan produk gas yang tinggi pada penggunaan katalis mesopori dengan aktivitas tertinggi.

Zeolit merupakan salah satu katalis yang dapat digunakan untuk memecah molekul berat terutama asphaltenes dan light hidrokarbon. Selain itu, katalis zeolit memiliki pori-pori yang sangat kecil (mikropori), sehingga mampu mencegah molekul-molekul besar seperti mineral yang terkandung dalam Asbuton masuk ke dalam situs aktif. Sehingga mikropori pada katalis terisi oleh bitumen yang akan di-*cracking*.

Proses pirolisis dari bitumen merupakan proses dekomposisi bitumen melalui proses pemanasan dan pemecahan struktur kimia menjadi struktur gas[1]. Semakin tinggi temperatur yang digunakan pada pirolisis akan menghasilkan produk liquid yang konstan [2]. Untuk menurunkan temperatur pirolisis yang tinggi maka pada penelitian ini untuk proses pirolisis tanpa ekstraksi pada Asbuton padat dilakukan dengan temperatur operasi pirolisis yang lebih rendah dalam kondisi vakum. Keuntungan dari penggunaan metode ini yaitu waktu yang diperlukan untuk proses pirolisis lebih singkat tanpa melewati proses ekstraksi sehingga tidak memerlukan pelarut organik yang berbahaya serta dapat menghemat biaya.

## 3 METODE PENELITIAN

Peralatan utama yang digunakan pada proses pirolisis terdiri dari reaktor yang terbuat dari bahan *stainless steel* yang dimodifikasi dengan batu tahan api, dengan volume 1 liter, belt heater merek Keenovo, kondesor spiral merek, erlenmeyer vakum 500 mL merek schott duran, *vacuum pump* merek value dan kantong gas. Skema peralatan penelitian seperti terlihat pada gambar 1. Prosedur penelitian ini terdiri dari tahap persiapan bahan baku, tahap aktivasi katalis, tahap pirolisis bitumen, dan tahap analisa yaitu uji nyala dan uji kalori.



Gambar 1. Skema Alat *Cracking* Bitumen

Persiapan bahan baku dilakukan untuk menyeragamkan diameter partikel Asbuton dengan cara memperkecil ukurannya menggunakan *crusher/hammer* kemudian disaring dengan ayakan sebesar 20 mesh. Proses aktivasi katalis dilakukan secara fisika dengan penambahan aquades dengan perbandingan 1 : 3, kemudian distirrer selama 1 jam pada temperature 60°C.

Koloid yang terbentuk diambil, lalu didekantasi untuk memisahkan pelarutnya. Lalu koloid dicuci dengan aquades dan dikeringkan pada temperatur 105°C selama 6 jam.

Zeolit yang sudah diaktivasi secara fisik kemudian diaktivasi secara kimia dengan cara menambahkan HCl 0,05 M lalu distirrer selama 1 jam pada temperatur 60°C dan setelah itu zeolit didekantasi serta dikeringkan pada temperatur 70°C. Tahap selanjutnya zeolit yang sudah kering tersebut ditambahkan NaOH 0,05 M dan distirrer selama 1 jam pada temperatur 60°C, kemudian zeolit didekantasi dan dikeringkan pada temperatur 70°C. Setelah itu zeolit ditambahkan larutan NaCl jenuh dan distirrer selama 1 jam pada temperatur 60°C dan selanjutnya zeolit didekantasi lalu dikeringkan pada temperatur 70°C. Kemudian ditambahkan aquades dan NH<sub>4</sub>OH 0,05 M dan distirrer selama 1 jam pada temperatur 60°C kemudian zeolit didekantasi dan dikeringkan pada temperatur 70°C. Lalu katalis di kalsinasi dengan temperatur 400°C selama 4 jam dan dikarakterisasi dengan XRD untuk melihat penambahan luas sisi aktif setelah proses aktivasi.

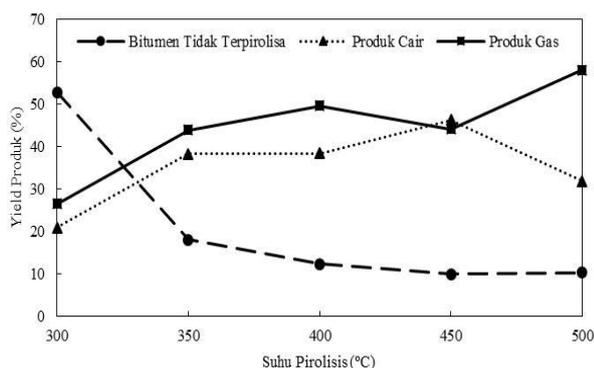
Pada proses pirolisis tahapan penelitiannya adalah sebagai berikut memasukan Asbuton dan katalis dalam tangki reaktor dengan sistem *batch*, kemudian diatur kondisi temperatur operasi pada 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, dan 500°C masing-masing pada kondisi tanpa katalis dan dengan ratio katalis sebesar 5%, 7%, dan 9% terhadap massa Asbuton, yang selanjutnya akan terbentuk produk berupa fase gas dan juga terdapat sisa padatan di dalam reaktor. Gas yang terbentuk dikondensasi yang kemudian ditampung dalam erlenmeyer. *Cracking* bitumen dilakukan hingga produk cair berhenti menetes. Produk yang dihasilkan pada fase cair selanjutnya ditimbang untuk mendapatkan % *yield* produk, dilakukan analisa uji nyala, dan hasil terbaiknya dilakukan uji kalori. Untuk mengetahui kadar awal bitumen dilakukan metode ekstraksi menggunakan soklet dengan pelarut kloroform sesuai SNI 03-3640-1994 [3].

#### 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan ekstraksi bitumen menggunakan soklet dengan pelarut kloroform sesuai SNI 03-3640-1994 yang telah dilakukan, maka diperoleh kadar awal bitumen sebesar 21.13 % yang selanjutnya digunakan sebagai acuan pada tahap analisa selanjutnya.

##### 4.1 Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap % *Yield* Sisa Padatan, Produk Cair, dan Produk Gas Tanpa Katalis

Pengaruh temperatur pirolisis bitumen yang terkandung dalam asbuton terhadap % *yield* produk cair dan produk gas ditunjukkan pada Gambar 2 pada kondisi tanpa penambahan katalis selama proses pirolisis berlangsung. Temperatur pirolisis yang digunakan adalah 300°C, 350 °C, 400°C, 450°C dan 500 °C.



Gambar 2. Grafik pengaruh temperatur pirolisis terhadap % *yield* produk cair dan produk gas tanpa penambahan katalis

Proses pirolisis bitumen yang terkandung dalam asbuton pada temperatur tertentu menghasilkan tiga jenis produk yakni produk cair, produk gas, dan bitumen yang tidak terpirolisis yang masih terkandung dalam mineral asbuton. Hal ini sesuai dengan penelitian Ma dan Li (2012) yang menunjukkan bahwa bitumen dapat dikonversi menjadi bahan bakar cair dengan metode pirolisis.

Perhitungan masing-masing persen *yield* produk menggunakan perhitungan neraca massa. Dari Gambar 2. hasil menunjukkan dengan kenaikan temperatur pirolisis akan meningkatkan *yield* produk cair hingga temperatur 450°C, namun saat temperatur pirolisis ditingkatkan menjadi 500 °C *yield* produk cair berkurang dan disertai dengan kenaikan *yield* produk gas. Ditunjukkan pula semakin tinggi temperatur pirolisis maka semakin banyak bitumen yang terkonversi menjadi produk cair dan produk gas ditunjukkan oleh penurunan jumlah bitumen yang tidak terpirolisis pada Gambar 2.

Pada temperatur pirolisis dibawah 300°C seperti penelitian yang dilakukan oleh Aminati dan Nugroho (2015) dengan temperatur pirolisis 200 °C - 300 °C bitumen yang terkonversi menjadi *yield* produk cair dan *yield* produk gas masih sangat sedikit. Hal ini menandakan bahwa proses pirolisis bitumen belum terjadi pada temperatur dibawah 300°C, penjelasan ini didukung oleh penelitian Lababidi dkk (2014) dimana *asphaltenes* yang merupakan kandungan utama dari bitumen mengalami *cracking* pada temperatur 380°C sehingga pada temperatur pirolisis yang rendah, *asphaltenes* yang terkandung dalam bitumen belum mengalami proses *cracking*[4].

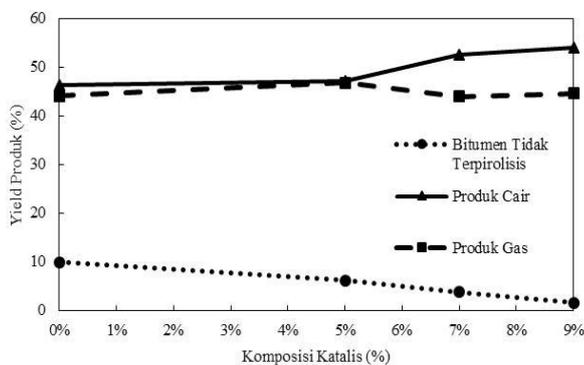
Dalam penelitian ini, diperoleh %*yield* produk cair tertinggi sebesar 46.154% yang tercapai pada kondisi temperatur pirolisis 450°C. Dimana pada temperatur tersebut *asphaltenes* yang terkandung dalam bitumen telah mengalami proses *cracking* menjadi senyawa dengan rantai lebih pendek. Hasil ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan Ma dan Li

(2012) yang menyatakan proses *cracking* bitumen menghasilkan produk cair terbanyak pada rentang temperatur 380°C – 480°C. Ketika temperatur dinaikan diatas 480°C jumlah produk cair yang dihasilkan cenderung konstan dan menghasilkan produk gas lebih banyak. Karena proses *cracking* dari bitumen pada temperatur diatas 480°C menghasilkan lebih banyak produk dengan rantai lebih pendek yang tidak dapat terkondensasi pada temperatur 25°C. Selain itu masih ada kemungkinan gas yang terbentuk belum terkondensasi disebabkan oleh terbatasnya kemampuan kondensor untuk mentransfer panas pada temperatur tinggi yang mengakibatkan jumlah produk cair pada temperatur 500°C menurun.

#### 4.2 Pengaruh Penambahan Katalis Terhadap (%) *yield* Produk Cair, dan Produk Gas

Pengaruh penambahan katalis zeolite alam pada temperatur pirolisis 450°C terhadap produk cair, produk gas, dan bitumen yang tidak terpirolisis ditunjukkan pada Gambar IV.2. Pemilihan temperatur 450°C dikarenakan pada temperatur 450°C diperoleh %*yield* produk cair tertinggi ketika tanpa dilakukan penambahan katalis pada proses pirolisis.

Zeolit alam sebagai katalis yang digunakan berfungsi sebagai agen selektifitas sehingga dapat menghasilkan produk sesuai yang dikehendaki. Penambahan katalis mampu meningkatkan selektivitas dari produk cair. Zeolit alam sebagai katalis berfungsi menyaring molekul sehingga dapat mengontrol molekul yang masuk dan keluar dari situs aktif. Katalis zeolit memiliki pori-pori sangat kecil (mikropori), sehingga akan mencegah molekul-molekul besar seperti mineral yang terkandung dalam asbuton masuk ke dalam situs aktif. Sehingga mikropori pada katalis terisi oleh bitumen yang akan di-*cracking*. Zeolit alam jenis Klipnotilotit dipilih sebagai katalis karena memiliki kemampuan memisahkan muatan dimana menghasilkan gradient medan elektrostatis yang tinggi di dalam rongga yang cukup besar untuk mempolarisasi ikatan C – H atau mengionisasi ikatan tersebut sehingga membantu mempercepat reaksi *cracking* [5].



Gambar 3. Grafik pengaruh penambahan katalis terhadap % *yield* produk cair dan produk gas pada temperatur 450°C

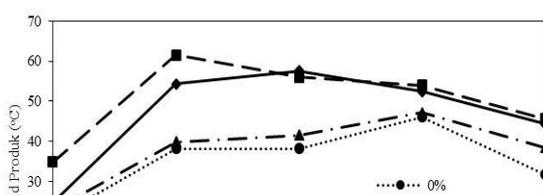
Pada Gambar 3., dengan temperatur pirolisis 450°C dapat terlihat bahwa penambahan katalis sebanding dengan bertambahnya produk cair yang diperoleh. Disajikan dalam Gambar 3., dimana *Yield* produk cair tertinggi diperoleh saat penambahan 9% katalis yakni sebesar 53.977%. Selain itu, peningkatan jumlah katalis yang digunakan sebanding dengan jumlah bitumen yang terkonversi yang ditunjukkan dengan penurunan jumlah bitumen yang tidak terkonversi. Dalam Gambar 3. juga ditampilkan bahwa penambahan jumlah produk gas mengalami peningkatan bila ditambahkan katalis dibandingkan dengan penelitian tanpa penambahan katalis. *Yield* produk gas cenderung konstan ketika jumlah katalis ditambahkan diatas 5% dengan rata-rata 44.26% sedangkan *yield* produk cair meningkat seiring dengan penambahan katalis.

Dari Gambar 3. diperoleh %*yield* produk cair terbesar pada temperatur pirolisis 450°C diperoleh ketika penambahan katalis sebanyak 9% sebesar 53.977%. Hasil ini didukung oleh penelitian Lee dan Heo (2011) yang menyatakan bahwa aktivitas katalis menghasilkan produk gas dengan jumlah besar[6]. Gas yang terbentuk dari proses katalitik pirolisis ini dilewatkan kondensor dengan temperatur 25°C sehingga gas akan terkondensasi. Semakin banyak jumlah gas yang terbentuk maka semakin banyak gas yang akan terkondensasi ketika melalui kondensor.

Pada Gambar 3. menunjukkan bahwa penambahan jumlah katalis sebanding dengan berkurangnya jumlah bitumen yang tidak terpirolisis. Hal ini disebabkan karena penambahan jumlah katalis menyebabkan semakin banyak jumlah situs aktif yang terisi oleh bitumen, sehingga semakin banyak bitumen yang berkontak dengan situs aktif pada katalis dan mengalami proses *cracking*. Diperoleh jumlah bitumen yang tidak terpirolisis pada temperatur 450°C terkecil sebesar 1.55% pada penambahan katalis 9%.

#### 4.3 Pengaruh Temperatur Pirolisis Dan Jumlah Penambahan Katalis Pada % *Yield* Produk Cair.

Produk cair hasil proses *cracking* diharapkan menghasilkan *yield* tertinggi guna memperoleh bahan bakar cair dengan jumlah yang banyak. Oleh karena itu pada Gambar 4. akan dijelaskan pengaruh temperatur pirolisis dan jumlah penambahan katalis zeolit guna mendapatkan produk cair dari hasil proses *cracking* bitumen yang terkandung dalam asbuton.



Gambar 4. Grafik pengaruh penambahan katalis pada tiap temperatur pirolisis terhadap *yield* produk cair pada tiap penambahan katalis

Pada Gambar 4. dapat ditunjukkan bahwa semakin banyak jumlah katalis yang digunakan maka semakin besar *yield* produk cair yang dihasilkan. Seperti pada Gambar 4. *yield* produk cair terbesar dicapai pada kondisi temperatur pirolisis 350°C dengan penambahan 9% katalis yakni sebesar 61.531% dan akan menurun ketika temperatur pirolisis dinaikan diatas 350°C. Begitupula dengan penggunaan jumlah katalis lainnya. *Yield* produk cair akan meningkat hingga temperatur optimal untuk mencapai %*yield* produk cair terbesar sesuai yang disajikan pada Tabel 1. dan akan kembali turun ketika temperatur pirolisis yang digunakan dinaikan. Pada Tabel 1. dan Gambar 4. ditunjukkan bahwa meningkatkan penggunaan katalis akan menurunkan temperatur optimal pirolisis guna mendapatkan %*yield* produk cair tertinggi

Tabel 1. Temperatur pirolisis terbaik untuk memperoleh *yield* cair tertinggi tiap penambahan jumlah katalis pada proses pirolisis bitumen dalam asbuton

Persentase Katalis	Temperatur Pirolisis Optimal	% <i>Yield</i> Produk Cair
0%	450°C	46.154
5%	450°C	47.131
7%	400°C	57.575
9%	350°C	61.531

Peran katalis ini juga dibantu temperatur operasi pirolisis seperti yang disebutkan pada penelitian Liu dkk (2014) dimana bitumen mulai terurai pada temperatur 200°C. Proses pirolisis menjadikan bitumen yang terdapat dalam asbuton ter-*cracking* menjadi produk bahan bakar cair[7].

Pada Gambar 4. dapat dijelaskan bahwa penambahan katalis sebanding dengan penurunan temperatur pirolisis guna mendapatkan %*yield* produk cair yang maksimal seperti yang ditampilkan pada Tabel 1. Dalam jurnal yang ditulis oleh Vamvuka (2011), dijelaskan bahwa proses pirolisis bitumen dengan temperatur mencapai 600°C akan menghasilkan bahan tahan panas (fase gas atau hidrokarbon rantai pendek). Karena adanya penambahan katalis maka semakin kecil temperatur pirolisis yang dibutuhkan untuk meng-*cracking* bitumen menjadi hidrokarbon rantai pendek yang tidak dapat terkondensasi.

Dalam penelitian yang dilakukan Ma dan Li (2014) dikatakan bahwa proses *cracking* bitumen menghasilkan produk cair terbanyak pada temperatur 380°C – 480°C . Dalam Tabel 1. Dapat terlihat %*Yield* tertinggi pada tiap penambahan katalis berada pada rentang 380°C – 480°C. Dalam penelitian ini dapat dilihat bahwa kondisi terbaik untuk mendapatkan %*yield* produk cair tertinggi dengan melakukan pirolisis bitumen yang terkandung dalam asbuton adalah pada temperatur 350°C dengan katalis sebanyak 9% dengan %*yield* produk cair sebesar 61.531%.

## 5 KESIMPULAN

Pada proses pirolisis tanpa penambahan katalis peningkatan temperatur pirolisis sebanding dengan kenaikan *yield* produk cair hingga temperatur 450°C dengan persentase *yield* produk cair sebesar 46.154%. Ketika temperatur pirolisis dinaikan *yield* produk cair akan menurun dan diiringi dengan peningkatan *yield* produk gas. Kenaikan temperatur pirolisis sebanding dengan jumlah bitumen yang terkonversi. Penggunaan zeolit alam sebagai katalis pada proses pirolisis bitumen dalam asbuton pada temperatur 450°C akan meningkatkan *yield* produk cair tiap penambahan jumlah katalis. Meningkatkan jumlah katalis yang digunakan juga akan meningkatkan jumlah bitumen yang terkonversi. *Yield* produk cair tertinggi dicapai dengan penambahan 9% katalis sebesar 53.977%. Sedangkan penambahan katalis akan meningkatkan *yield* produk gas hingga dengan penambahan katalis sebanyak 5%. Apabila jumlah katalis ditambah, jumlah gas yang dihasilkan cenderung konstan dengan rata-rata 44.26%. *Yield* produk cair tertinggi yang diperoleh pada tiap temperatur bergantung pada jumlah penambahan katalis. Semakin banyak katalis yang digunakan semakin kecil temperatur yang diperlukan untuk mencapai *yield* produk cair yang paling optimal. Apabila temperatur pirolisis ditingkatkan diatas temperatur optimalnya maka *yield* produk cair akan menurun. *Yield* produk cair tertinggi sebesar 61.531% diperoleh dalam kondisi temperatur pirolisis 350°C dengan penambahan 9% katalis.

## 6 UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang setinggi-tingginya kepada jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah banyak memberikan dukungan terhadap pengembangan penelitian ini.

## 7 DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Madziva, K. Kailasapathy, and M. Phillips, "Alginate–pectin microcapsules as a potential for folic acid delivery in foods," *J. Microencapsul.*, vol. 22, no. 4, pp. 343–351, Jun. 2005.
- [2] S. Ma, Y., & Li, "The Pyrolysis, extraction and kinetics of Buton oil sand bitumen," *Fuel Process. Technol.*, vol. 100, pp. 11–15, 2012.
- [3] Litbang P.U., "ASBUTON (Aspal Buton)," 2012. [Online]. Available: <http://litbang.pu.go.id/asbuton-aspal-buton.balitbang.pu.go.id>.
- [4] F. S. Lababidi, H. M. S., Sabti, H. M., & Alhumaidan, "Changes in asphaltenes during thermal cracking of residual oils," *Fuel*, vol. 117, pp. 59–67, 2014.
- [5] S. R., "Pemanfaatan Zeolit Sintetis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri," *J. Penelit. Ilmu-Ilmu Tek.*, vol. 10, no. 1, pp. 13–25, 2010.
- [6] S. Lee, S. H., Heo H, S., Jeong, K, E., Yim, J, H., Jeon, J, K., Jung, K, Y., Ko, Y., "Catalytic Pyrolysis of Oilsand Bitumen over Nanoporous Catalyst," *J. Nanosci. Nanotechnol.*, vol. 11, pp. 759–762, 2011.
- [7] S. Liu, P., Zhu, M., Zhang, Z., Wan, W., & Yani, "Thermogravimetric Studies of Characteristics and Kinetics of Pyrolysis of Buton Oil Sand," *Energy Procedia*, vol. 61, pp. 2741–2744, 2014.