

Pengaruh Senyawa SiO_2 dan Al_2O_3 Sebagai Katalis terhadap %Yield Pirolisis Asbuton

Amalay Raffli Arnoldy, Kurnia Bagas Nurwicaksono, Riny Yolanda Parapat

Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: raffli.amalay@gmail.com

Received

| Revised

| Accepted

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui senyawa yang paling berpengaruh pada selektivitas katalis dalam proses pirolisis asbuton. Ketersediaan aspal buton (asbuton) di Indonesia yang melimpah dapat menjadi salah satu alternatif untuk pembuatan bahan bakar cair yang tidak berasal dari minyak bumi. Proses pengujian dilakukan dengan metode pirolisis asbuton dengan senyawa SiO_2 dan Al_2O_3 sebagai katalis. Pertama batuan asbuton diperkecil sampai ukuran 50 mesh kemudian batuan asbuton tersebut di sonikasi frekuensi tinggi hingga mencapai skala nano. Aspal dari asbuton terdapat pada pori batuan asbuton, dan pada skala nano ukuran partikel asbuton dan senyawa SiO_2 dan Al_2O_3 semakin kecil. Luas kontak antara asphaltene dengan mineral menjadi semakin besar. Dari hasil penelitian, disimpulkan bahwa senyawa Al_2O_3 merupakan senyawa yang paling berpengaruh dengan memberikan %Yield tertinggi yaitu sebesar 40.83%.

Kata Kunci: *Pirolisis, nanopartikel, asbuton, nanokatalis, selektivitas*

ABSTRACT

This study aims to determine the compounds that have the biggest effect on the selectivity of catalysts in the asbuton pyrolysis process. The abundant availability of buton asphalt (asbuton) in Indonesia is one of the alternatives to make liquid fuel that does not come from refinery. The process is carried out by the asbuton pyrolysis method with SiO_2 and Al_2O_3 compounds as catalyst. First the asbuton is reduced in size to 50 mesh then sonicated at high frequency until it reaches the nanoscale. Asphalt from asbuton is present in the pores of asbuton, and on the nanoscale the size of asbuton and the compounds SiO_2 and Al_2O_3 are getting smaller. So that the area of contact between asphaltene and compound becomes larger. From the study can be concluded that Al_2O_3 have the biggest effect on pyrolysis yield at 40.83%.

Keywords: *Pyrolysis, nanoparticles, asbuton, nanocatalysts, selectivity*

1. PENDAHULUAN

Pada tahun 2021, berdasarkan data, pertumbuhan penduduk Indonesia mencapai 273.879.750 jiwa (Badan Pusat Statistik, 2021). Pesatnya pertumbuhan jumlah penduduk menuntut semakin meningkatnya kebutuhan energi yang sangat dibutuhkan dalam bidang transportasi, industri, dan rumah tangga. Bensin (*gasoline*), minyak tanah (*kerosene*) maupun minyak solar (*diesel oil*) merupakan bahan bakar fosil yang banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi. Kebutuhan energi fosil tercatat sebesar 10,668 juta TOE atau 82% dari total kebutuhan, dan diperkirakan akan meningkat menjadi sebesar 14,898 juta TOE pada tahun 2035. Namun menurut data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral produksi minyak bumi Indonesia rata-rata menurun 6,4% tiap tahunnya, ditambah pula program pemerintah terhadap pengelolaan minyak bumi yang hanya dapat teratasi hingga 2025 (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2021) sehingga neraca *supply and demand* terkait energi khususnya minyak bumi ini menjadi tidak seimbang. Hal ini mendorong upaya pencarian bahan bakar alternatif sebagai pengganti suplai energi berbasis fosil. Salah satu sumber bahan bakar fosil yang dapat dijadikan alternatif adalah mengolah kandungan aspal yang terkandung di batuan asbuton (aspal buton) menjadi bahan bakar minyak.

Indonesia memiliki cadangan aspal alam yang terkandung dalam deposit batuan asbuton mencapai 650 juta ton. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai negara penghasil aspal alam terbesar di dunia. Karena jumlahnya yang melimpah, asbuton berpotensi untuk dikembangkan menjadi salah satu sumber bahan bakar alternatif. Kadar aspal (bitumen) 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%) (Ade, 2008). Dari segi mutu, asbuton dirasa masih kalah bersaing dengan aspal minyak. Selama ini asbuton hanya dimanfaatkan sebagai bahan campuran aspal untuk pembuatan jalan raya, sedangkan pemanfaatan aspal sebagai bahan bakar cair masih belum banyak diketahui potensinya oleh banyak pihak. Salah satu proses yang dapat mengubah bitumen menjadi bahan bakar minyak adalah dengan proses *catalytic cracking pyrolysis*.

Catalytic cracking pyrolysis merupakan proses dekomposisi rantai karbon yang terdapat di dalam aspal menjadi rantai karbon yang lebih pendek dengan bantuan katalis berupa batuan zeolite pada temperatur di atas 300°C. Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Susianto yang bertujuan untuk mendekomposisi rantai karbon yang terkandung di dalam aspal dari batuan asbuton dengan bantuan katalis berupa zeolit klinoptilolit didapatkan %Yield sebesar 52% (Susianto et al., 2016). Untuk meningkatkan %Yield yang didapatkan dari proses ini, umpan asbuton dibuat menjadi nanopartikel, yaitu partikel yang memiliki ukuran 1 – 100 nanometer. Pada ukuran ini partikel sudah tidak mengikuti hukum fisika klasik, namun mengikuti hukum fisika kuantum di mana menghasilkan suatu material yang memiliki sifat yang lebih unggul daripada material dengan ukuran yang lebih besar (*bulk*) (Bhushan, 2010). Selain itu kandungan mineral yang terdapat di batuan asbuton juga dapat dimanfaatkan sebagai katalis dalam proses pirolisis. Untuk meningkatkan kinerja sebagai katalis, mineral dikecilkan ukurannya menjadi nanopartikel yang dapat memperbesar luas kontak dengan bahan baku selama proses.

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian mengenai kinerja pirolisis nanoasbuton dengan bantuan nanokatalis mineral. Pada penelitian ini akan ditinjau pengaruh komposisi nanokatalis dan perubahan temperatur proses terhadap %yield bahan

Pengaruh Senyawa SiO₂ dan Al₂O₃ Sebagai Katalis terhadap Perolehan %Yield Pirolisis

bakar minyak yang dihasilkan.

2. METODOLOGI

Penelitian ini terbagi menjadi dua tahapan. Tahapan pertama adalah tahap persiapan bahan baku asbuton dan tahap kedua merupakan proses pirolisis batuan asbuton menjadi bahan bakar minyak. Variabel bebas penelitian ini adalah variasi senyawa yang digunakan sebagai katalis yaitu SiO₂ dan Al₂O₃. Sedangkan variabel terikat atau tetap dari penelitian ini adalah tekanan, temperatur dari alat yang digunakan selama proses, dan massa katalis yang digunakan sebesar 5% terhadap asbuton.

Pada tahap pertama yaitu pengecilan ukuran batuan asbuton, batuan asbuton dihancurkan dengan menggunakan mortar hingga berukuran rata-rata kurang dari 300 mikrometer. Batuan yang telah dikecilkan ukurannya tersebut kemudian disaring dengan menggunakan penyaring dengan ukuran mesh 50 dan batuan yang tertahan di penyaring dikembalikan untuk dihaluskan lebih lanjut. Batuan asbuton dengan ukuran <300 mikrometer kemudian dikumpulkan di sebuah wadah dan kemudian kembali dikecilkan ukuran partikelnya dengan metode sonikasi dengan bantuan pelarut berupa air.

Tahapan kedua yaitu proses pirolisis nanopartikel asbuton dilakukan dengan mengumpukan nanopartikel asbuton sebanyak 100 gram ke dalam reaktor kaca 500 mL. Kemudian dilakukan proses pemisahan antara pelarut (air) dengan nanopartikel asbuton dengan metode distilasi pada temperatur 100°C. Pelarut akan teruapkan dan terkondensasi, dan kemudian dipisahkan dari sistem. Setelah seluruh pelarut terpisah, massa asbuton dihitung dan ke dalam sistem ditambahkan katalis sesuai dengan variasi percobaan.

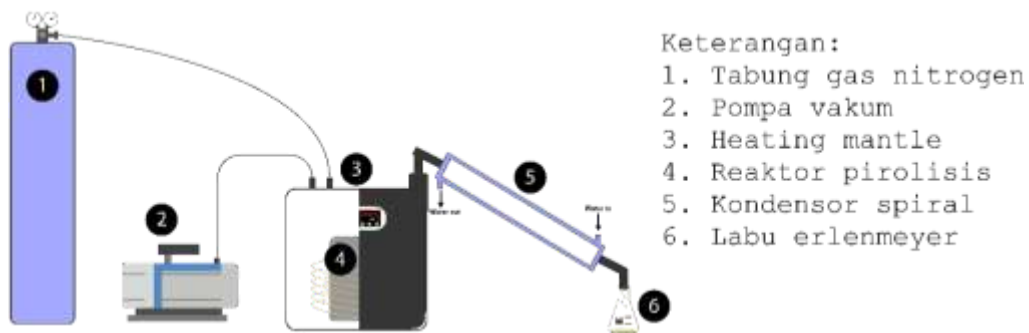
$$\text{Massa Asbuton} = \text{Massa Umpan} - \text{Massa Air} \quad (1)$$

$$\text{Massa katalis} = (\text{Massa Asbuton}) \times (\% \text{Massa Katalis}) \quad (2)$$

Kemudian sistem dibuat vakum dengan bantuan pompa vakum dan ditambahkan nitrogen sebagai gas *inert*. Setelah masa nanopartikel asbuton sebenarnya diketahui, kemudian proses pirolisis dilakukan pada temperatur 300°C secara perlahan untuk memberikan waktu bitumen yang terkandung di dalam batuan asbuton ter-*cracking* membentuk rantai hidrokarbon yang lebih pendek. Proses pemanasan dilakukan secara lambat dan bertahap untuk menghindari terlalu cepatnya proses pirolisis yang mengakibatkan teruapkannya fraksi berat yang menghasilkan produk minyak berwarna hitam. Selain itu pemanasan secara berkala mengurangi resiko terjadinya *coking* kandungan bitumen di dalam asbuton.

$$\% \text{Yield produk terhadap asbuton} = \frac{\text{massa produk}}{\text{massa asbuton umpan}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\% \text{Yield produk terhadap aspal} = \frac{\text{massa produk}}{\text{massa aspal umpan}} \times 100\% \quad (4)$$



Gambar 1. Skema alat pirolisis nanopartikel asbuton



Gambar 2. Diagram alir pirolisis nanopartikel asbuton

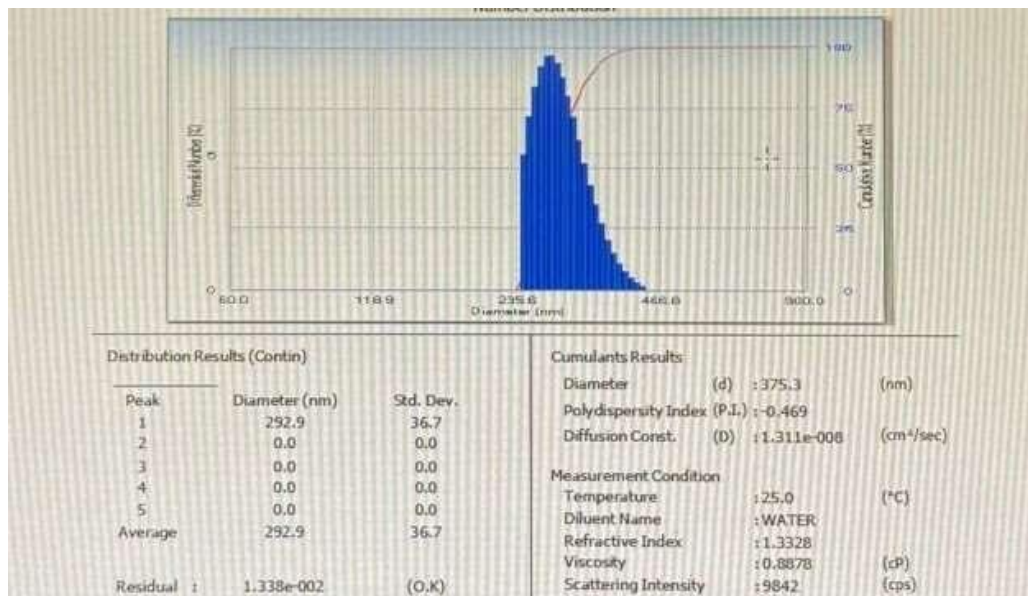
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses Persiapan Umpam Pirolisis

Sebelum diumpankan ke dalam system, batuan asbuton dipersiapkan terlebih dahulu. Persiapan batuan asbuton dimulai dengan mengecilkan ukuran dari batuan secara fisik, yaitu ditumbuk dengan bantuan lumpang dan alu hingga halus. Batuan yang telah dihaluskan kemudian disaring berdasarkan ukurannya dengan bantuan alat penyaring dengan pori-pori sebesar 50 mesh (< 300 mikron). Tujuan penghalusan umpam ini adalah untuk memperkecil beban proses selanjutnya yaitu proses pengecilan ukuran dengan *sonifier homogenizer* dan ultrasonikator. Pada alat ini ukuran partikel diperkecil dengan memanfaatkan gelombang ultrasonic yang akan memecah ukuran partikel. Pelarut yang digunakan pada proses ini adalah air. Air dipilih karena sifatnya yang tidak melarutkan aspal atau hanya bersifat sebagai media gelombang ultrasonik untuk memecah ukuran partikel. Target dari proses ini

Pengaruh Senyawa SiO₂ dan Al₂O₃ Sebagai Katalis terhadap Perolehan %Yield Pirolisis

adalah untuk mengecilkan ukuran partikel asbuton hingga menjadi nanopartikel asbuton, atau memiliki ukuran di antara 1 – 100 nanometer. Pengecilan ukuran hingga ukuran nanometer ini dilakukan karena pada ukuran ini, partikel sudah tidak terikat lagi dengan hukum fisika klasik, melainkan sudah terikat dengan hukum fisika kuantum dimana dapat meningkatkan sifat kimia dan fisika dari suatu partikel.



Gambar 3. Grafik hasil pengukuran ukuran nanopartikel asbuton dengan *particle size analyzer*

Tabel 1. Hasil pengukuran ukuran nanopartikel asbuton dengan *particle size analyzer*

Diameter rata-rata	292.9 nm
Indeks dispersitas	0.469

Berdasarkan data hasil pengukuran ukuran nanopartikel asbuton yang dibuat dengan *particle size analyzer* (PSA) didapatkan ukuran partikel sebesar 292.9 nm di mana ukuran ini cukup jauh dari target yang diinginkan yaitu <100 nm. Faktor yang paling berpengaruh adalah karena besarnya daya tarik antara permukaan nanopartikel dan pelarut yang digunakan sama sekali tidak melarutkan atau sangat sedikit melarutkan batuan asbuton sehingga proses aglomerasi dari nanopartikel yang telah dibuat semakin cepat sehingga mengakibatkan lebih besarnya ukuran partikel yang terbaca pada saat pengujian

3.2 Proses Pirolisis Nanopartikel Asbuton Menjadi Bahan Bakar Minyak

Pada proses pirolisis nanopartikel asbuton menjadi bahan bakar minyak, proses dibagi menjadi 2 tahap, yaitu tahap penguapan pelarut nanopartikel asbuton dan tahap pirolisis nanopartikel asbuton. Tahap penguapan pelarut dilakukan dengan memanaskan umpan nanopartikel asbuton pada temperatur 100°C. Pada temperatur ini sebagian besar pelarut,

yaitu air akan teruapkan dan terpisahkan. Hal ini dilakukan upaya mengurangi pengotor di bagian produk. Selain itu, proses ini dilakukan untuk menghitung secara akurat massa umpan nanopartikel asbuton yang diumpankan. Data tersebut digunakan untuk menentukan berapa ban. Data tersebut digunakan untuk menentukan berapa banyak massa nano mineral yang akan ditambahkan ke dalam sistem. Setelah kebutuhan katalis diketahui, proses selanjutnya adalah melakukan pirolisis nanopartikel asbuton dengan nano mineral. Proses pirolisis dimulai dengan membuat sistem dalam keadaan vakum. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan kadar O₂ yang terkandung di dalam sistem. Senyawa O₂ ini sangat tidak diinginkan ada di dalam sistem karena dapat mengganggu proses *cracking* rantai hidrokarbon dan menghasilkan gas CO₂. Selain itu untuk memastikan tidak adanya senyawa O₂ di dalam sistem, gas *inert* berupa N₂ dimasukkan ke dalam sistem.

Dari percobaan yang telah dilakukan, kehadiran senyawa O₂ di dalam sistem sangat berpengaruh terhadap warna hasil minyak pirolisis. Proses yang dilakukan dengan adanya senyawa O₂ di dalam sistem akan menghasilkan produk dengan warna yang cenderung gelap atau hitam, sedangkan proses yang dilakukan tanpa senyawa O₂ menghasilkan produk minyak yang berwarna kuning-transparan. Warna gelap ini menandakan bahwa minyak yang dihasilkan masih memiliki rantai karbon yang masih panjang dan secara tidak langsung menandakan bahwa proses *cracking* rantai hidrokarbon tidak berlangsung secara sempurna.

3.3 Pengujian Selektivitas Senyawa Nanomineral

Pada percobaan ini dilakukan sebagai studi kasus untuk menguji senyawa apa yang paling berperan sebagai katalis di dalam proses *catalytic cracking* nanoasbuton. Percobaan dilakukan dengan menguji beberapa senyawa yang terkandung secara alami di dalam batuan asbuton seperti silikon oksida (SiO₂) dan aluminium oksida (Al₂O₃) yang dilakukan pada temperatur 400°C dengan massa 5% massa umpan

Tabel 2. Data hasil percobaan pengujian selektivitas senyawa

Senyawa	Temperatur (°C)	%Massa Katalis (%)	%Yield	
			Asbuton	Aspal
Tanpa Penambahan Katalis	400	0	11.16	37.19
Silikon oksida (SiO ₂)	400	5	9.16	30.53
Aluminium oksida (Al ₂ O ₃)	400	5	12.25	40.83

Dari percobaan yang telah dilakukan didapatkan data yang ditampilkan pada Tabel 2. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan %yield pirolisis oil setelah ditambahkan senyawa silika oksida dan alumina. Hasil yang diperoleh mengindikasikan bahwa senyawa alumina lebih memberikan pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan senyawa silika terhadap %yield pirolisis oil.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa dari senyawa yang diuji sebagai katalis, senyawa Aluminium Oksida (Al₂O₃) menghasilkan %Yield produk minyak hasil pirolisis yang lebih besar dibandingkan dengan senyawa lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Bapak Alfian Noviyanto, Ph.D., dari Nanotech Indonesia Global yang telah memperbolehkan dan memberikan bimbingan kepada Penulis untuk dapat melakukan pengujian kuantitatif dari sampel yang diuji. Selain itu, Penulis juga mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada PT. PUTINDO BINTECH yang telah memberikan batuan asbuton yang digunakan sebagai umpan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ade, A., 2008. STUDI KOMPARASI ANTARA BETON ASPAL DENGAN ASPAL BUTON RETONA DAN ASPAL MINYAK PERTAMINA PEN 60/70 PADA CAMPURAN ASPAL PANAS JENIS AC-WC (other). F. TEKNIK UNDIP. https://doi.org/10/1893_REFERENCE.pdf
- Badan Pusat Statistik, I., 2014. STATISTIK INDONESIA 2014.
- Bhushan, B. (Ed.), 2010. Springer Handbook of Nanotechnology, 3rd ed, Springer Handbooks. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-02525-9>
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2011. Kebutuhan Energi Indonesia.
- Susianto, S., Anindita, Y.D., Altway, A., Afuza, A., Wena, E.N., Altway, A., 2016. Proses Katalitik Pirolisis Untuk Cracking Bitumen Dari Asbuton dengan Katalis Zeolit Alam. IJPS 0. <https://doi.org/10.12962/j23546026.y2018i1.3426>