



Proses Pirolisis Limbah Styrofoam Menggunakan Katalis Silika-Alumina

Catalytic Pyrolysis of Styrofoam Waste by Silica-Alumina

Siti Salamah*, Maryudi

Prodi Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
Jl. Prof. Dr. Soepomo, SH. No. 2, Umbulharjo, Warungboto, Yogyakarta, 55164, Indonesia.
*E-mail : sitisalamah@che.uad.ac.id

Terima draft : 16 Oktober 2017; Terima draft revisi: 12 Januari 2018; Disetujui : 24 Februari 2018

Abstrak

Keberlimpahan sampah *styrofoam* dapat diatasi dengan proses pengolahan yang tepat, salah satunya adalah dengan proses pirolisis. Penelitian sebelumnya melakukan pirolisis menggunakan katalis zeolit alam yang relatif mudah didapatkan namun menghasilkan banyak senyawa benzena dan toluena. Selain itu katalis Ni/Si juga telah digunakan, walaupun lebih baik daripada zeolit alam namun katalis ini harganya mahal, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis katalis yang harganya murah dan dapat menghasilkan produk minyak dengan senyawa benzena dan toluena yang relatif kecil akibat dari perengkahan. Penelitian ini dilakukan dengan pengecilan ukuran *styrofoam*, sebanyak 130 gr katalis dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis selama 120 menit, kemudian katalis silika ditambahkan ke dalam reaktor. Pada variabel berat katalis, percobaan dilakukan pada suhu 460°C dengan variasi berat katalis 0, 13, 26, 39, 52, dan 65 gram. Untuk variabel suhu, percobaan dilakukan dengan berat katalis 26 gram dan variasi suhu 340, 380, 420, 460, 500, dan 540°C. Dekomposisi sampel diuji dengan metode *Thermogravimetri Analyzer* (TGA). Pengujian karakteristik dan nilai kalor CHP juga dilakukan pada penelitian ini, dimana karakteristik senyawa cairan hasil pirolisis (CHP) dianalisis dengan *Gas-Chromatography Mass Spectrometer*, pengujian kalor terhadap CHP dengan *calorimetric bomb*. Yield cairan terbesar diperoleh dengan menggunakan berat katalis 26 gr pada suhu 500°C yaitu 95,65%. CHP yang dihasilkan mengandung senyawa stirena, toluena, aldehid, isopropil benzena, diphenil, alkohol, dan alkana. Dari penelitian ini pirolisis *styrofoam* dengan katalis silika alumina dapat menghasilkan cairan jenis bahan bakar yang tergolong kategori solar jenis 51.

Kata kunci: bahan bakar, katalis, pirolisis, silika-alumina, *styrofoam*

Abstract

The abundance of waste of styrofoam can be overcome by the appropriate process methods, one of them was by pyrolysis process. Previous study did pyrolysis catalyzed by natural zeolite which was relatively obtainable but it resulted in more benzene and toluene compounds. On the other hand, pyrolysis by the Ni/Si catalyst was also done by another researcher but the catalyst, even though better, was too expensive to be applied. Therefore, this research was done to know the easily-obtained catalyst which can generate fuel with relatively low amounts of benzene and toluene compounds from the cracking process. This research was done by reacting Styrofoam in the reactor at temperature range of 340-540°C. The temperature range of pyrolysis reaction was based on Thermogravimetri Analyzer (TGA) test. The experiment was prepared by reducing the size of Styrofoam. Then, 130 gram of the styrofoam was put into the reactor and then added with the silica-alumina, as catalyst. This process took place for 120 minutes. For the differentiation of silica-alumina weight variable, the reaction was done at a temperature of 460°C and the catalyst weight variations were 0, 13, 26, 39, 52, and 65 grams. For the differentiation of temperature variable, the reaction was done using 26 grams of catalyst weight and the temperature variations were 340°C, 380°C, 420°C, 460°C, 500°C, and 540°C. The compound of the liquid product (CHP) was analyzed using Mass- Pec chromatography. The calorimetric bomb was used to examine the calorie/heat of the CHP. The highest yield of the product was obtained at a temperature of 500°C and 26 grams of catalyst, and the yield was 95.65%. The liquid product contained styrene, toluene, aldehyde, isopropyl benzene, diphenyl, alcohol, and alkane compounds. Liquid product of pyrolysis of styfofoam, aided with the silica-alumina catalyst can be categorized into type 51 of diesel fuel.

Keywords: catalyst, fuel, pyrolysis, silica-alumina, styrofoam

1. Pendahuluan

Penggunaan *styrofoam* semakin meningkat dengan semakin majunya teknologi industri, serta meningkatnya jumlah masyarakat dengan budaya moderen praktis. Menurut Yang dkk. (2015), saat ini jumlah penggunaan dari bahan baku yang berasal dari *styrofoam* mencapai angka 7,1% (21 Mt/tahun) dari jumlah konsumsi plastik di tahun 2013. Bahan yang berasal dari *styrofoam* terutama digunakan dalam kegiatan industri dan pada kegiatan rumah tangga. Di kalangan industri terutama industri elektronika *styrofoam* digunakan sebagai bahan *packing* barang-barang elektronik seperti televisi, komputer, kulkas, mesin cuci, *rice cooker*. Untuk keperluan sehari-hari, barang-barang yang mengandung bahan baku *styrofoam* biasa dimanfaatkan dalam proses pembungkusan makanan, hal ini dilakukan untuk mem-pertahankan kualitas dari bahan makanan itu sendiri, terutama dalam rangka mempertahankan kesegaran dan suhu dari makanan itu sendiri.

Kelebihan dari bahan-bahan yang terbuat dari *styrofoam* ini adalah karena materialnya ringan dan dapat mempertahankan keasaman bahan makanan untuk diproses lebih lanjut menjadi makanan lain. Sebagian besar rumah makan menggunakan bahan seperti ini untuk menyajikan bahan makanannya, terutama untuk restoran yang bertema siap saji (Ernawati, 2011). *Styrofoam* juga biasanya digunakan dalam acara perayaan pernikahan dan pesta sebagai bahan tambahan untuk dekorasi dan penghias. Butiran *styrofoam* juga dipakai sebagai bahan pengisi sofa karena material ini sangat ringan namun elastis. Dari banyaknya penggunaan *styrofoam* ini tentunya akan memiliki masalah karena ketika sudah menjadi sampah, *styrofoam* ini sangat sulit untuk didegradasi oleh tanah. *Styrofoam* biasanya diatasi dengan cara dibakar, namun cara ini bukan merupakan metode yang aman bagi lingkungan karena akan menghasilkan emisi gas yang berpotensi menyebabkan polutan dan efek rumah kaca seperti gas CO₂, SO_x, gas klor (Rodiansono, 2005). Dari persoalan ini, *styrofoam* dapat dikonversi menjadi bahan bakar alternatif yang dapat digunakan dalam industri melalui sebuah proses khusus.

Pabrik kilang minyak merupakan produsen utama bahan polistirena, sebab bahan baku utama polistirena adalah senyawa hidro-

karbon. Polistirena terbentuk dari monomernya sendiri. Sifat dari senyawa stirena adalah merupakan cairan tidak berwarna dan hampir serupa dengan senyawa benzena dengan rumus kimia C₆H₅CH=CH₂(C₆H₈) (Yang dkk., 2015; Mahmud dkk., 2015). Dari kandungan senyawa yang ada dalam *styrofoam* ini menunjukkan bahwa, *styrofoam* merupakan sampah yang sulit didegradasi dan perlu dilakukan sebuah pengolahan khusus untuk merubah sampah ini menjadi produk lain yang lebih bermanfaat.

Penelitian sebelumnya memperlihatkan keberhasilan dalam merubah *styrofoam* tersebut menjadi beberapa produk yang dibutuhkan terutama bahan bakar. Proses yang telah digunakan untuk melakukannya antara lain proses pirolisis, *hydrocracking*, dan hidroisomerisasi. Namun proses-proses tersebut memerlukan bantuan berupa katalis dalam meningkatkan komposisi maupun *yield* produknya. Produk yang dihasilkan dari proses pirolisis, *hydro-cracking*, dan hidroisomerisasi adalah berupa produk *syngas*, cairan (*oil*), dan beberapa produk berupa *char* (padatan). Dengan menggunakan cara-cara di atas dapat menjadi solusi pengolahan limbah *styrofoam* yang selama ini menjadi masalah lingkungan dengan cara mengubah limbah *styrofoam* dengan metode pirolisis menjadi suatu energi bahan bakar alternatif (Angga, 2013).

Chatherine dan Sharma (2017) meneliti pirolisis polistirena dengan berbagai macam katalis yaitu HZSM-S1, HUSY, HMOR, *moder-naite*, silika, dan SAHA. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pirolisis dengan partikel nano kristal banyak menghasilkan hidro-karbon yang volatil (gas). Housmand dkk. (2013) dalam mempelajari degradasi polistirena dengan *thermal cracking* dan *catalytic cracking* menggunakan katalis Al₂O₃, Pt, AIT 100S menyatakan bahwa katalis Al₂O₃ dan AlCl₃ berpengaruh pada pirolisis polistirena PA dan polistirena phtalat (PET) (Adnan dan Jan, 2014). Hasil penelitiannya juga menunjukkan bahwa dengan bertambahnya suhu, konversi produk semakin meningkat. Selain itu, Adnan dan Jan (2015) juga melakukan pirolisis dari limbah *expand* polistirena dengan katalis Zn, ZnO dan ZnCl₂. Dari penelitiannya ditemukan bahwa, aktivitas dan selektivitas katalitik dengan katalis seng secara umum dapat meningkatkan hasil produk cair dan mempengaruhi pembentukan komponen produknya. Dibandingkan dengan pirolisis

termal, katalis dapat menurunkan suhu pirolisis dan waktu pemanasan.

Mahmud dkk. (2015) melakukan *recycling* limbah *styrofoam* menjadi material yang baru untuk keperluan lingkungan dan manusia dengan prosedur nitrasi dan sulfonasi *styrofoam*, material yang dihasilkannya dapat menyerap Cd(II), Pb(II), dan Hg (II). Bahan bakunya berasal dari larutan katalis Al_2O_3 dan AlCl_3 pada polistirena PA, polistirena phatalat (PET) (Adnan dan Jan, 2014). Selain itu, Maryudi dan Salamah (2015) melakukan penelitian pirolisis *styrofoam* dengan katalis zeolit alam. Hasil dari analisis GC-MS menunjukkan pirolisis sampel murni (tanpa zeolit) mengandung 19 senyawa dengan komponen terbesar adalah benzena dan toluen yang merupakan senyawa aromatis.

Penambahan zeolit alam dengan variasi berat zeolit menunjukkan bertambah banyaknya senyawa yang terbentuk, namun juga masih mengandung senyawa aromatis. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa *styrofoam* mengandung ikatan rangkap 2 yang dapat terengkah dengan hadirnya katalis zeolit alam. Selain itu juga, Salamah dan Maryudi (2016) telah meneliti pengaruh katalis Ni/Si terhadap pirolisis limbah *styrofoam*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan hadirnya katalis Ni/Si akan menaikkan *yield* (%). Katalis logam pengemban yang digunakan relatif mahal harganya, sehingga akan dilakukan penelitian pirolisis limbah *styrofoam* dengan katalis silika yang harganya relatif lebih murah dibandingkan dengan katalis Ni/silica. Dengan harapan hasil pirolisis ini dapat menjadi bahan bakar fraksi diesel yang nantinya akan dikembangkan untuk teknologi tepat guna di masyarakat dengan biaya yang relatif murah.

2. Metodologi

2.1. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan berupa *styrofoam* yang diambil dari limbah *styrofoam* pembungkus komputer di lingkungan Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta. Katalis yang digunakan berupa katalis Silika Alumina yang langsung didapatkan dari Sigma Aldrich. Sedangkan alat yang digunakan berupa reaktor pirolisis berbahan baja karbon steel yang di buat oleh Poli Teknik Negeri Semarang dengan diameter dalam 20 cm dan tingginya 30 cm. Selain itu reaktor dilengkapi dengan penutup reaktor

berbentuk konikal, pengontrol suhu elektrik, kondensor berbentuk vertikal, statif/penyangga dan Erlenmeyer berukuran 250 ml.

2.2. Proses Pirolisis

Pirolisis *styrofoam* dilakukan pada reaktor pirolisis dengan sistem *batch*, dimana awalnya *styrofoam* terlebih dahulu dibuat dalam ukuran kecil, kemudian umpan *styrofoam* ini dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis, lalu dicampurkan dengan katalis. Uap dari pirolisis *styrofoam* akan di alirkan melalui pendingin vertikal menuju penampungan (erlenmeyer 25 ml). Mencatat berat hasil yang diperoleh saat pirolisis *styrofoam* berlangsung. Setelah tidak ada tetesan cairan *styrofoam* lagi maka penampung (erlenmeyer 25 ml) ditutup dengan rapat agar tidak menguap. Setelah proses pirolisis selesai dilakukan, reaktor dimatikan dan didinginkan. Produk dan residu yang terbentuk kemudian ditimbang.

2.3. Pengaruh Berat Katalis dan Suhu Pirolisis

Pada proses pirolisis dengan variasi berat katalis, proses dilakukan pada suhu 450°C dengan variasi berat katalis 0, 13, 26, 39, 52, dan 65 gram. Pada proses pirolisis dengan variasi suhu proses, proses dilakukan dengan berat katalis 26 gram (massa optimum) dan dengan variasi suhu operasi pirolisis 340, 380, 420, 460, 500, dan 540°C.

2.4. Analisis

Dekomposisi sampel diuji dengan metode *Thermogravimetric Analyzer* (TGA). Kandungan senyawa Hasil Cairan Pirolisis (CHP) dianalisis dengan *Gas Chromatography-Mass Spectrometer* (GC-MS), Shimadzu QP2010S), untuk mengetahui komponen yang terkandung dalam produk juga persentasinya berdasarkan luas area (%) kromatogram.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengaruh katalis terhadap Yield Produk

Yield cairan yang didapatkan pada perbandingan antara berat *styrofoam* dan katalis silika-alumina pada suhu tetap 460°C selama 120 menit dapat dilihat pada Tabel 1. Penggunaan katalis diharapkan dapat meningkatkan produk cairan hasil pirolisis

(CHP) melalui proses pemutusan ikatan rangkap pada senyawa polistirena yang merupakan komponen *styrofoam*. Dari hasil yang didapatkan, *yield* cairan tanpa adanya katalis (0 % berat) yang didapatkan adalah 85,33%, namun *yield* cairan ini bertambah dengan adanya penggunaan katalis, dan menurun seiring dengan semakin banyaknya kadar katalis yang digunakan (% berat umpan). *Yield* cairan tertinggi diperoleh pada kadar katalis 20 % berat umpan yaitu 95,56%. Hal ini kemungkinan disebabkan karena *yield* cairan pada komposisi katalis diatas 20% berat umpan telah melewati titik operasi optimum katalis itu sendiri yaitu pada berat katalis 26 gram. Selain itu, semakin banyaknya katalis justru menyebabkan terbentuknya *bulk* antara *styrofoam* dan katalis, sehingga kinerja dari katalis tidak optimal, akibatnya proses dekomposisi tidak berjalan efektif.

Mekanisme reaksi pirolisis katalitik silika termasuk dalam mekanisme intermediet ion karbonium. Silika yang memiliki permukaan asam inilah yang memungkinkan terjadinya mekanisme ter-sebut. Pemutusan ikatan C-H dari molekul polistirena dapat mengakibatkan terbentuknya ion karbonium maupun karbokation dengan baik. Ion karbonium juga merupakan reaksi intermediet dalam proses pembentukan dan pemutusan ikatan C-C, hal inilah yang menyebabkan produk cairan meningkat serta terbentuknya senyawa-senyawa baru (Gates dkk., 1979). Hasil inipun telah diterangkan oleh Adnan dkk. (2014), dimana pada penelitiannya menyatakan bahwa, dengan adanya katalis Zn dan ZnO menunjukkan bertambahnya jumlah *yield* cairan melalui proses *thermal cracking*.

Tabel 1. *Yield* cairan proses pirolisis dengan variasi berat katalis silika-alumina.

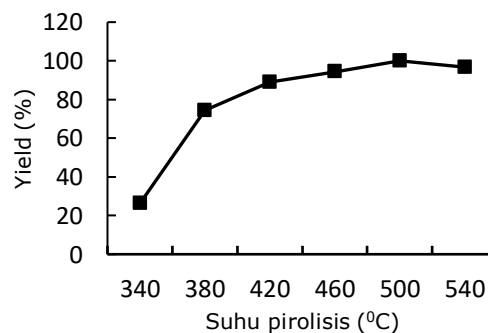
N o	Berat Styrofoam (gram)	Berat Katalis (gram)	Silika- Alumina (%) berat umpan)	<i>Yield</i> cairan (%)
1	130	0	0	85,33
2	130	13	10	94,96
3	130	26	20	95,56
4	130	39	30	89,84
5	130	52	40	92,92
6	130	65	50	76,48

Pada penelitian tentang pirolisis polistirena, yang dilakukan pada suhu 460°C, menyatakan

bahwa dengan adanya katalis menyebabkan *yield* cairan yang dihasilkan meningkat dari 70,1% ke 93% (kadar katalis 4% berat umpan), namun terjadi penurunan jumlah *yield* cairan ketika dilakukan penambahan jumlah katalis, hal ini kemungkinan disebabkan karena dengan penambahan jumlah katalis (>4% berat umpan) telah melewati kondisi optimum dari penggunaan katalisnya. Selain itu Salamah dan Maryudi (2016) menjelaskan mengenai mekanisme reaksi pirolisis berkatalis Ni/silika. Mereka menyatakan bahwa, Ni pada katalis silika menyebabkan adanya bagian asam pada permukaan katalis sehingga perengkahan ikatana C-H dari molekul polistirene dapat membentuk ion karbonium maupun karbokation.

3.2. Pirolisis *Styrofoam* dengan Variabel Suhu Pirolisis.

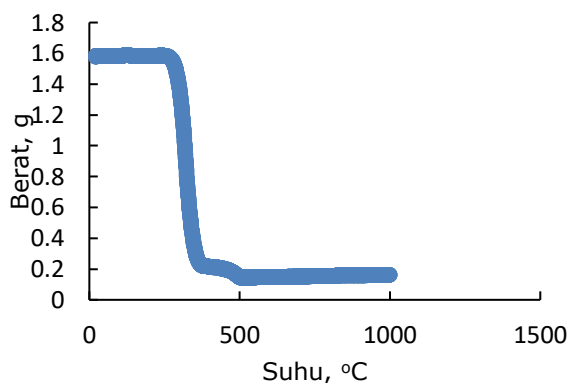
Yield cairan dari hasil pirolisis dengan variasi suhu proses dengan berat katalis tetap yaitu 26 gram selama 120 menit disajikan pada Gambar 1. Dari Gambar 1 terlihat bahwa suhu pirolisis sangat mempengaruhi produksi *yield* cairan, semakin tinggi suhu pirolisis, *yield* cairan semakin bertambah. *Yield* cairan optimum pirolisis *styrofoam* ini didapatkan pada suhu 500°C, dimana *yield* cairannya adalah 100%, hal ini kemungkinan terjadi karena adanya peningkatan energi kinetik yang menyebabkan pergerakan partikel meningkat sehingga terjadi kemungkinan tabrakan setiap partikel meningkat pula. Selain itu adanya peningkatan suhu menyebabkan energi aktivasi akan menurun sehingga laju reaksi akan meningkat pula (Noni dan Yahayor, 2014).



Gambar 1. Hasil Pirolisis *Styrofoam* dengan Variabel Suhu Pirolisis

Hasil analisis dengan metode *Thermogravimetric Analyzer* (TGA) dapat dilihat pada Gambar 2. Pada Gambar 2 memperlihatkan

proses dekomposisi *styrofoam* mulai berlangsung pada suhu 300°C dan berakhir pada suhu 500°C. Proses dekomposisi ini terlihat dengan adanya penurunan berat sampel yang sangat tajam. Proses dekomposisi pada awalnya terjadi pada suhu 300°C, kemudian ketika suhu ditingkatkan terjadi peningkatan dekomposisi dan mengakibatkan berat sampel *styrofoam* menurun, namun terjadi nilai yang tetap pada suhu di atas 500°C. Hasil ini juga terlihat dengan adanya maksimum *yield* cairan produk tertinggi dihasilkan pada suhu 500 dan 540°C.



Gambar 2. Hasil *Thermogravimetric Analyzer* (TGA) Sampel *Styrofoam*

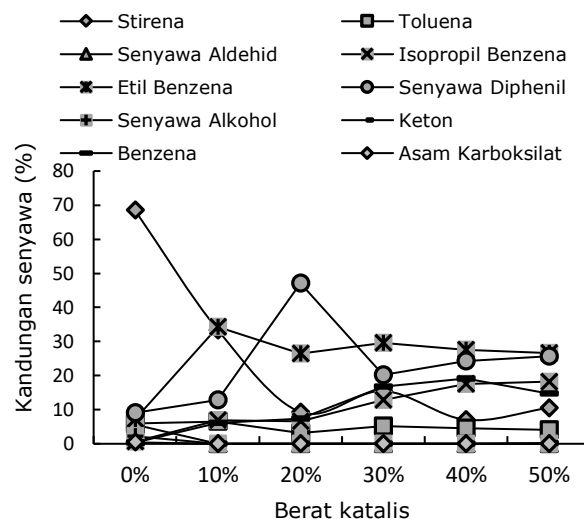
3.3. Analisis Cairan Hasil Pirolisis (CHP)

Hasil dari analisis menunjukkan CHP mengandung beberapa kelompok senyawa diantaranya adalah stirena, toluena, aldehyd, isopropil benzena, diphenil, alkohol, dan asam karboksilat. Dari senyawa yang terkandung dalam CHP menunjukkan bahwa, pada proses pirolisis *styrofoam*, polisterena sudah terdekomposisi menjadi monomer stirena, toluena, dan beberapa senyawa lain, dan menunjukkan tidak adanya senyawa naftalena. Hasil ini dapat dilihat pada Gambar 3.

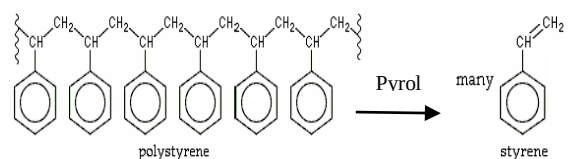
Gambar 3 menunjukkan bahwa pirolisis tanpa katalis menunjukkan masih adanya kandungan stirena yang cukup besar pada produk CHP, yaitu sebesar 68,47%. Namun stirene berkurang dengan adanya penambahan katalis sebesar 40% berat umpan, dimana produk CHP yang dihasilkan pada komposisi ini adalah 7,02%.

Reaksi dekomposisi dapat dilihat pada Gambar 4. Dalam produk CHP setelah terjadi penurunan kadar stirene mengandung sejumlah senyawa

benzena, etil benzena, dan isopropil benzena. Pada penggunaan katalis 10%, produk CHP menunjukkan adanya penurunan senyawa stirena menjadi 33,39% dan juga terbentuknya senyawa toluen sebesar 6,51%, isopropil benzena sebesar 6,92%, dan etil benzena sebesar 34,28%. Selain itu pada produk CHP ini terbentuk senyawa dipenil (dua molekul senyawa benzen yang membentuk ikatan) dengan kadar 12,84%. Pada proses ini, terjadi proses dekomposisi ikatan-ikatan dalam polistirena walaupun kadar penam-bahan katalis berbeda-beda.



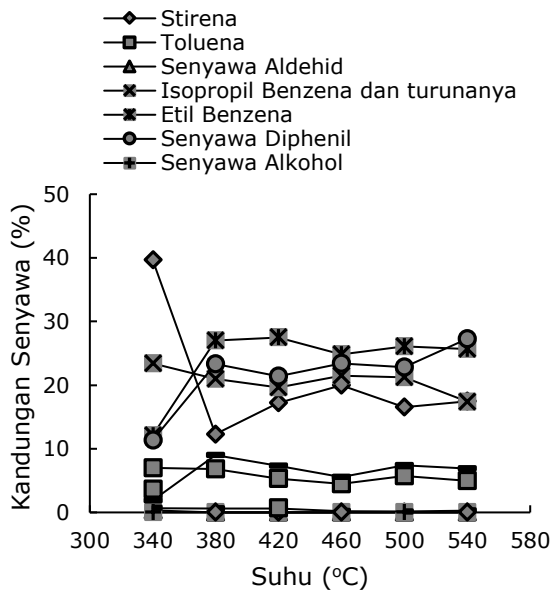
Gambar 3. Kandungan Senyawa dalam CHP



Gambar 4. Reaksi Dekomposisi *Styrofoam*

Hasil analisis GC-MS terhadap produk CHP pada variasi suhu pirolisis dari suhu 340 sampai 540°C diperlihatkan pada Gambar 5. Dari Gambar 5 terlihat bahwa produk CHP pada suhu pirolisis 340°C mengandung senyawa stirena, toluena, aldehyd, isopropil benzena, diphenil, alkohol, dan asam karboksilat, selain itu juga terdapat senyawa pentena sebanyak 3,6%. Hal ini menunjukkan bahwa, pada suhu 340°C terjadi dekomposisi senyawa aromatis menjadi senyawa alkana. Hal ini ditandai dengan adanya kandungan senyawa benzena paling rendah 1,86% pada produk CHP. Dari reaksi ini juga terlihat bahwa, bertambahnya suhu pirolisis menyebabkan kandungan stirena dalam CHP

berkurang, sehingga mengakibatkan terbentuk senyawa lain yaitu etil benzena dan isopropil benzena.



Gambar 5. Kandungan Senyawa dalam CHP Variabel Suhu Pirolisis

Yield tertinggi terjadi pada suhu pirolisis 500°C, dimana yield yang didapatkan 100%, kemudian etil benzena dan isopropil (48,94%) juga terbentuk. Hal ini menunjukkan bahwa adanya proses dekomposisi polistirena. Selektivitas senyawa alkana memerlukan katalis yang tepat serta aliran hidrogen untuk memutuskan ikatan rangkap dua pada senyawa aromatis dalam CHP.

3.4. Uji Karakteristik CHP

Karakteristik cairan hasil pirolisis (CHP) *styrofoam* dianalisis di Laboratorium Teknologi Minyak Bumi Gas dan Batubara Universitas Gadjah Mada. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2 memperlihatkan bahwa, karakteristik CHP sudah sesuai dengan standar spesifikasi bahan bakar minyak jenis solar (standar minimal 820 kg/m³) untuk *specific gravity*, hal ini didasarkan pada nilai *specific gravity* produk CHP adalah 0,8192 (819,2 kg/m³). *Viscosity kinematic* produk CHP adalah 1,480 mm²/s, dengan nilai tersebut, produk CHP tidak memenuhi standar minimal minyak jenis solar (2,0 mm²/s). *Flash point* produk CHP adalah 29°C, hasil ini juga tidak memenuhi standar minimal sehingga produk tersebut tergolong jenis solar (55°C). *Pour point* produk

CHP adalah -33°C, nilai ini memenuhi standar maksimal sehingga produk CHP berada pada karakteristik minyak jenis solar (18°C). Dari ke-4 karakteristik di atas hanya *specific gravity* dan *pour point* yang memenuhi standar spesifikasi dari bahan bakar minyak jenis solar jenis 51.

Tabel 2. Hasil pengujian karakteristik produk CHP

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pemeriksaan Pirolisis plastik	Metode Pemeriksaan
1	Specific Gravity at 60/60°F	gr/ml	0,8192	ASTM D 1298
2	Viscosity Kinematic at 40°C	mm ² /s	1,408	ASTM D 445
3	Flash Point PM.cc	°C	29	ASTM D93
4	Pour Point	°C	-33	ASTM D 97

3.5. Hasil Uji Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan jumlah energi kalor yang dilepaskan bahan bakar pada waktu terjadinya oksidasi unsur-unsur kimia yang ada pada bahan bakar tersebut. Uji nilai kalor (*heating value*) dilakukan menggunakan Kalorimeter bom (*bomb calorimeter*) pada sampel *yield* tertinggi. Nilai kalor produk CHP yang didapatkan pada penelitian ini adalah sebesar 10376 kal/g atau 43,44 Kj/kg. Nilai kalor tersebut kurang dari standar nilai kalor bahan bakar solar, yaitu 45,66 MJ/kg (International Energy Agency, 2010).

4. Kesimpulan

Styrofoam dapat dipirolisis dengan katalis silika alumina dan menghasilkan cairan yang bersifat mudah terbakar (*flammable*) jenis bahan bakar solar (katagori solar jenis 51). Suhu dekomposisi *styrofoam* terjadi pada 300-500°C. *Yield* produk cairan terbesar yang didapatkan pada penelitian ini adalah 95,65%, dan terjadi pada komposisi katalis 20% berat umpan (26 gram). Suhu optimal pirolisis dengan *yield* terbesar adalah terjadi pada 500°C. *Yield* produk cairan hasil pirolisis (CHP) meningkat dengan meningkatnya suhu pirolisis dan akan mencapai suhu tertinggi sampai reaksi dekomposisi terhenti pada suhu 500°C. Produk CHP mengandung beberapa kelompok senyawa yaitu stirena, toluena, aldehid,

isopropil benzena, diphenil, alkohol, dan alkana.

Daftar Pustaka

- Adnan, S.J., Jan, R.M. (2015) Effect of polyethyleneterephthalate on the catalytic pyrolysis of polystyrene: Investigation of the liquid products, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 51, 106 – 122.
- Adnan, S.J., Jan, R.M. (2014) Thermo-catalytic pyrolysis of polystyrene in the presence of zinc bulk catalysts, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 51, 2494 – 2500.
- Angga (2013) Pembuatan Stirena dari Limbah Plastik dengan Metode Pirolisis, *Skripsi*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Catherine, A., Sharma, A. (2017) Comparative Study of zeolite and Non zeolite Catalyst used For The Pyroysis of Waste Polystyrene: A Review, *International Journal of Research in Engineering, Science and Technologies*, 3(1), 17 – 21.
- Ernawati, R. (2011) Konversi Limbah Plastik Sebagai Sumber Alternatif, *Jurnal Riset Industri*, 5(3).
- Gates, B. C., Katzer, J. R., Schui, G. C. A. (1979) Chemistry of Catalitic Process, Mc.Graw-Hill Book Company, New York.
- Housmad, D. (2013) Thermal and Catalytic Degradation of Polystyrene with a Novel Catayst, *International Journal of Science & Emerging Tecnologies*, 5(1), 234 – 238.
- Internationaal Energy Agency (IEA) (2010), "Southeast Asia Energy Outlook", World Energy Outlook Special Reprt.
- Mahmud, M. E., Abdau, A. E. H, Somia, B. A. (2015) Conversion on waste *Styrofoam* Into Engineered Adsorbent for efficeint Removal of cadmium Lead and mercury from water, *Sustainable Chemistry & Enggineering*, 1 – 34.
- Maryudi, Salamah, S. (2015), Optimasi proses pirolisis sampah *styrofoam* secara katalitik, *Laporan Penelitian Unggulan Program Studi*, FTI Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- Noni, Yahayor, S. (2014) Karakterisasi Limbah plastik polivinil klorida (PVC) pada proses pirolisis untuk menghasilkan bahan bakar cair, *Laporan Penelitian*, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- Rodiansono (2005) Activity test and Regeneration of Ni-Mo/ Zeolit catalyst for Hydrocracking of water plastic fraction to gasoline fraction, *Indonesian Journal of Chemistry*, 5(3), 261 – 268.
- Salamah, S. Maryudi (2016), *pirolisis sampah styrofoam dengan katalis Ni/Silica*, Prosiding Simposium Nasional Technology Terapan dengan katalis Ni/Silica, ISSN:2339-028x, Purwokerto, 25-27 November 2016, 350 – 355.
- Yang, Y., Yang, J., Wu wein-Min, Zhaw, J., Sang, Y., Gaw, L., Jiang, L. (2015) Biodegradation and mineralization of polystyrene by blastic –Eating Meal worms, Part 1., *Chemical and physical Characterization and Isotopic test, Enviromental Science & Technology*, American Chemichal Society, (49), 12080