

Pengaruh Dolomit Terkalsinasi pada Karakteristik Produk Cair Pirolisis Limbah Plastik Jenis Polistirena dan Polipropilena

Muhammad Hanif¹, Virinne Varischa², Gurum Ahmad Pauzi, Edwin Azwar

Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung

Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro No.1 Gedong Meneng Bandar Lampung 35145

E-mail : muhammad.hanif@eng.unila.ac.id¹, virinnevarischa@ymail.com²

Diterima (20 Mei 2016), direvisi (18 Juni 2016)

Abstract: The study of pyrolysis was conducted to observe the effect of the calcined dolomite to the liquid product percentage and its quality. Samples of raw material used in this study were polypropylene and polystyrene plastic waste as a major source of urban plastic waste. Pyrolysis carried out at atmospheric pressure, without involving nitrogen with temperature range between 200°C to 600°C. Characterization of the liquid product produced was carried out by using GCMS. The results showed calcined dolomite, reducing the percentage of aromatics in the liquid product. The characterization results also explain the absence of nitrogen due to the formation non-hydrocarbon compounds in the product.

Keyword: Dolomite, pyrolysis, polypropylene, polystyrene

Abstrak: Penelitian pirolisis ini dilakukan untuk mengamati pengaruh dolomit terkalsinasi terhadap persentase dan kualitas produk cair yang dihasilkan. Sampel bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah plastik polipropilen dan polistirena yang merupakan sumber utama limbah plastik perkotaan. Pirolisis dilakukan pada tekanan atmosferis, tanpa melibatkan gas nitrogen dengan rentang temperatur antara 200°C dan 600°C. Karakterisasi produk cair yang dihasilkan menggunakan GCMS. Hasil karakterisasi menunjukkan peran dolomit terkalsinasi dalam menurunkan persentase aromatis dalam produk cair yang dihasilkan. Hasil karakterisasi juga menjelaskan ketiadaan nitrogen menyebabkan terbentuknya senyawa nonhidrokarbon di dalam produk.

Kata Kunci: Dolomit, pirolisis, polipropilena, polistirena

PENDAHULUAN

Sejak penemuan bakelit pada awal 1900 dan perkembangan polietilena pada 1930 jumlah plastik meningkat drastis begitu juga dengan aplikasinya (Shen & Worrell, 2014). Plastik telah berperan sebagai material substitusi oleh karena keunggulan sifatnya (Wong, et al., 2015). Namun demikian, penggunaannya yang semakin meningkat menimbulkan masalah dalam penanganan limbahnya. Hal ini dapat

terlihat dari data statistik persampahan domestik 2008 yang menyatakan total timbunan sampah di Indonesia pertahun adalah sekitar 38,5 juta ton dan 14% diantaranya adalah jenis plastik (KNLH, 2008). Menurut Bank Dunia, volume limbah plastik dari total *municipal solid waste (MSW)* dunia adalah 8 – 12% dan diperkirakan meningkat menjadi 9 – 13% pada tahun 2025 (Hoorweg & Bhada-Tata, 2012).

Reduksi limbah padat secara cepat dapat dilakukan melalui proses termal (insinerasi, gasifikasi dan pirolisis). Insinerasi mampu mereduksi limbah dalam jumlah besar dan menghasilkan energi listrik, namun menjadi kurang layak untuk diaplikasikan karena mengemisi zat berbahaya (Kwak, et al., 2006). Gasifikasi adalah proses yang lebih ramah lingkungan, namun energi termal yang dibutuhkan sangat besar.

Pirolisis adalah degradasi yang ramah lingkungan dan lebih efisien dalam penggunaan energi. Pirolisis dilakukan pada temperatur moderat tanpa oksigen atau dengan keberadaan oksigen dalam jumlah sedikit (Brems, et al., 2011). Pirolisis menghasilkan produk dalam bentuk padat, cair, dan gas. Hasil dan komposisi produk pirolisis dipengaruhi beberapa parameter proses seperti jenis bahan baku, tipe reaktor, waktu tinggal, temperatur, tekanan, katalis, dan jumlah hidrogen (Onwudili, et al., 2009).

Polipropilena dan polistirena adalah dua limbah plastik utama pada MSW. Penelitian pirolisis polipropilena dan polistirena telah banyak dilakukan baik tanpa menggunakan katalis (Onwudili, et al., 2009; Hujuri, et al., 2011; Lopez, et al., 2011; Sarker, et al., 2012) maupun dengan menggunakan katalis (He, et al., 2010; Lopez, et al., 2011; Obali, et al., 2012; Ates, et al., 2013). Dalam penelitian ini digunakan dolomit sebagai katalis dengan pertimbangan harga yang relatif lebih murah dan ketersediaan yang melimpah. Penelitian dilakukan pada 200–600°C dan mengkarakterisasi produk cair yang dihasilkan. Pirolisis menggunakan dolomit sebagai katalis telah dilakukan pada temperatur 700–900°C (He, et al., 2010). Dolomit tersusun atas $MgCO_3 \geq 41\%$, $CaCO_3 \geq 58\%$, SiO_2 0,258%, Al_2O_3 0,126%, Fe_2O_3 0,133%, dan SrO 0,018%. Dolomit berada dalam keadaan aktif setelah dikalsinasi pada suhu di atas 800°C (Srinakruang, 2011).

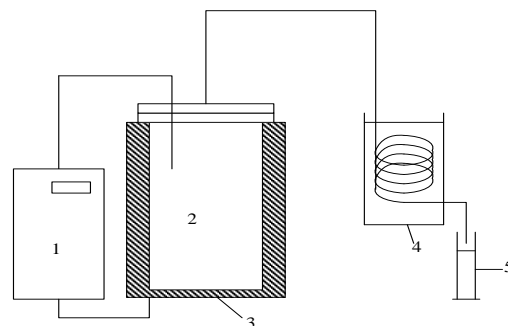
METODE PENELITIAN

Sampel Bahan Baku dan Katalis

Polipropilena dan polistirena sebagai bahan baku diperoleh dari limbah rumah tangga. Sampel dibersihkan dengan deterjen, dibilas dengan air bersih kemudian dikeringkan selama 8 jam untuk menurunkan kadar airnya. Sampel kemudian dipotong hingga berukuran sekitar 2 cm x 2 cm. Dolomit sebagai katalis diperoleh dari PT. Bakapindo, Bukittinggi. Dolomit dikalsinasi pada 900°C selama 4 jam dengan udara kemudian disaring dengan ayakan 80 mesh. Komposisi dolomit setelah kalsinasi adalah 18,32% MgO , 25,78% CaO , 2,46% Al_2O_3 dan Fe_2O_3 , dan 2,5% SiO_2 .

Prosedur

Pirolisis dilakukan dalam reaktor *batch* tanpa pengaduk, berbentuk silinder vertikal dengan bahan *carbon steel*. Sampel bahan baku yang digunakan adalah 250 gram. Percobaan dilakukan tanpa katalis dan dengan penambahan katalis 50% berat. Sampel dipanaskan di dalam reaktor dengan laju 10°C $menit^{-1}$. Temperatur akhir dijaga tetap pada 200°C, 400°C dan 600°C. Uap hasil pirolisis dikondensasikan dan produk cair ditampung dalam akumulator. Skema peralatan penelitian ditampilkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Skema alat penelitian. 1. Pengontrol temperatur; 2. reaktor; 3. *furnace* elektrik; 4. kondenser; dan 5. penampung produk.

Analisis Produk

Produk cair yang diperoleh dari pirolisis dikarakterisasi menggunakan GCMS-QP2010S SHIMADZU, dengan metode seperti pada **Tabel 1**.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efek Temperatur dan Penambahan Katalis

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh temperatur dan penambahan katalis terhadap yield produk cair yang dihasilkan. Hasil percobaan kedua bahan baku ditunjukkan oleh **Tabel 2**.

Pada pirolisis polipropilena, kenaikan temperatur dari 200 hingga 600°C meningkatkan yield produk cair jika dilakukan tanpa katalis, namun hasilnya berlawanan jika ditambahkan katalis 50% berat. Hasil ini bertolak belakang dengan hasil yang diperoleh pada pirolisis polistirena. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan struktur kimia kedua bahan baku.

Penurunan yield cairan dapat meningkatkan yield produk gas begitu juga sebaliknya. Sedangkan produk padat yang diperoleh tidak berubah secara signifikan.

Tabel 1. Peralatan GCMS dan Karakteristik Metodenya

Peralatan	GCMS-QP2010S
Kolom	Agilent HP 5MS
Gas Pembawa	Helium
Column Flow	0,51 mL menit ⁻¹
Column Temp.	Oven 60°C
Injection Temp.	310°C
MS Initial Time	1,80 menit
MS End Time	70,00 menit
Rentang m/z	28 - 600

Tabel 2. Pengaruh Temperatur dan Katalis Terhadap Yield Produk Cair

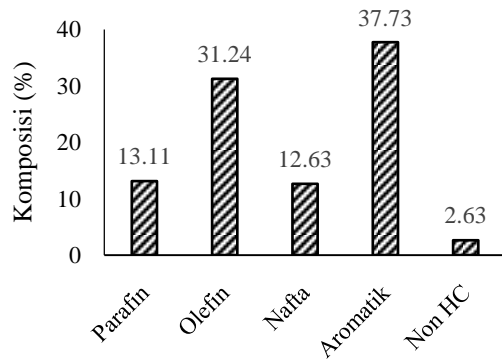
Temperatur (°C)	200	400	600
Yield (% berat)			
Polipropilena:			
Tanpa katalis	29,79	32,40	35,84
Dengan katalis	38,18	37,44	30,60
Polistirena:			
Tanpa katalis	22,68	22,58	20,80
Dengan katalis	16,80	30,96	32,80

Komposisi Produk Cair

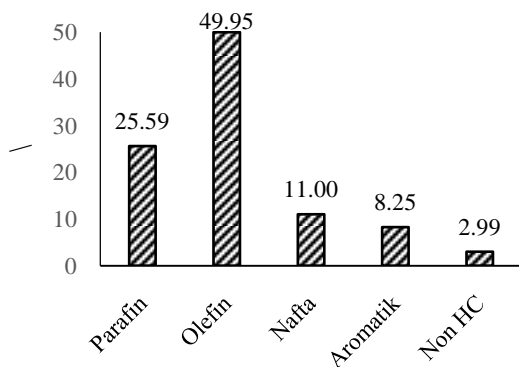
Analisis GCMS dilakukan untuk mengkarakterisasi produk cair yang dihasilkan. Sampel yang diuji adalah sampel yang memiliki yield tertinggi dan pengamatan fisik terbaik yaitu sampel percobaan pada 200°C tanpa katalis dan dengan penambahan 50% berat katalis untuk polipropilena dan sampel percobaan pada 400°C dengan penambahan 50% berat katalis untuk polistirena. Minyak yang dihasilkan dari pirolisis polipropilena, baik tanpa dolomit maupun dengan penambahan 50% katalis pada 200°C berwarna kuning jernih dan bersih. Minyak yang dihasilkan dari pirolisis polistirena pada 400°C dengan penambahan 50% katalis memiliki warna gelap dan terlihat bersih. Komposisi produk cair pirolisis polipropilena pada 200°C tanpa katalis ditunjukkan pada **Gambar 2**, dengan penambahan 50% berat katalis ditunjukkan pada **Gambar 3**, sedangkan komposisi produk cair pirolisis polistirena pada 400°C dengan penambahan 50% berat katalis ditunjukkan pada **Gambar 4**.

Literatur menerangkan bahwa cara molekul terpotong selama pirolisis menghasilkan molekul-molekul yang lebih kecil tergantung pada bentuk stabil yang dihasilkan (Wampler, 2007). Cara molekul menstabilkan diri antara lain dengan abstraksi hidrogen, pemotongan beta, dan rekombinasi radikal yang bergantung padatemperatur (Hujuri, et al., 2011).

Hanif dkk :Pengaruh Dolomit Terkalsinasi pada Karakteristik Produk Cair Pirolisis Limbah Plastik Jenis Polistirena dan Polipropilena



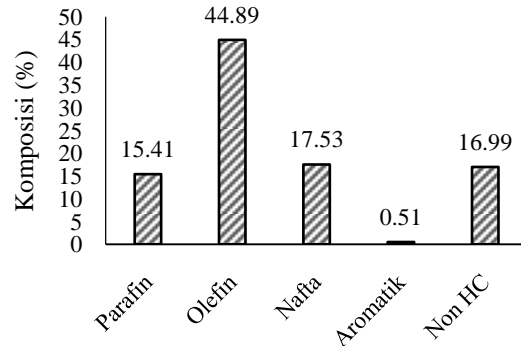
Gambar 2. Komposisi produk cair pirolisis pada 200°C tanpa katalis



Gambar 3. Komposisi produk cair pirolisis polipropilena pada 200°C dengan penambahan 50% berat katalis

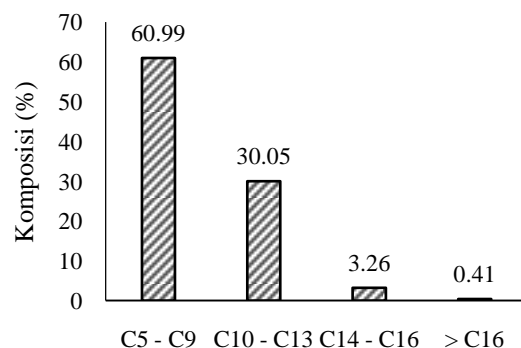
Peran katalis dalam reaksi selain mempercepat laju reaksi juga bertujuan mengarahkan produk untuk menghasilkan produk tertentu. Dari **Gambar 2** dan **3** terjadi penurunan persentase aromatis dan penambahan yang signifikan terhadap olefin, dan penambahan parafin. Hal ini menjelaskan keberadaan dolomit yang dapat mencegah pemotongan molekul polistirena untuk membentuk senyawa aromatis sebagai bentuk yang stabil. Gambar 4 menunjukkan komposisi senyawa yang dihasilkan dari pirolisis polistirena pada 400°C dengan penambahan 50% berat katalis. Dari **Gambar 4** diketahui bahwa komposisi aromatis berada dalam persentase paling rendah (0,51%) sedangkan komposisi yang dominan adalah olefin. Senyawa non hidrokarbon dihasilkan dari adalah gabungan dari

senyawa alkohol, aldehid, dan epoksi. Adanya unsur oksigen dalam senyawa non hidrokarbon dapat berasal dari oksigen yang mungkin masih ada di dalam reaktor.

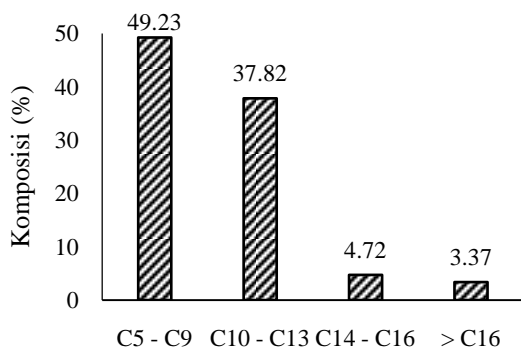


Gambar 4. Komposisi Produk Cair Pirolisis Polistirena pada 400°C dengan penambahan 50% berat katalis

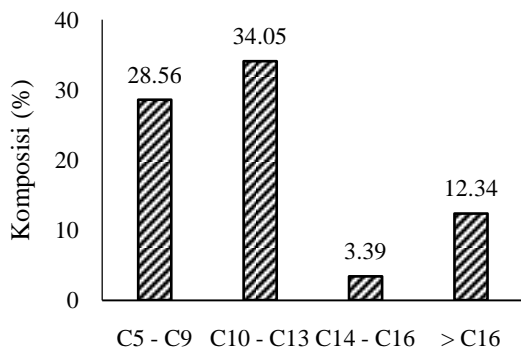
Distribusi komponen hidrokarbon dalam produk cair ditunjukkan pada **Gambar 5**, **6**, dan **7**. Penampakan fisik minyak dapat dikenali oleh distribusi hidrokarbon di dalam produk cair yang dihasilkan. Produk cair yang dominan komponen ringan akan menghasilkan penampakan yang jernih dan kurang kental seperti yang tampak pada hasil pirolisis polipropilena (**Gambar 5** dan **6**). Sedangkan jika produk mengandung komponen berat dalam jumlah yang besar akan menghasilkan penampakan minyak yang kental dan terdapat endapan di dalamnya seperti hasil pirolisis polistirena pada 400°C (**Gambar 7**).



Gambar 5. Distribusi hidrokarbon dalam produk cair pirolisis polipropilena pada 200°C tanpa katalis



Gambar 6. Distribusi hidrokarbon dalam produk cair pirolisis polipropilena pada 200°C dengan penambahan 50% berat katalis



Gambar 7. Distribusi hidrokarbon dalam produk cair pirolisis polistirena pada 400°C dengan penambahan 50% berat katalis

KESIMPULAN

Keberadaan dolomit terkalsinasi sebagai katalis pada pirolisis polistirena dan polipropilena selain mempunyai pengaruh dalam menurunkan persentase aromatis yang dihasilkan juga berperan menambah persentase olefin dan parafin di dalam produk cair. Disamping itu dolomit terkalsinasi juga berperan dalam meningkatkan persentase yield produk cair yang dihasilkan. Keberadaan oksigen walaupun dalam jumlah sedikit turut mempengaruhi komposisi senyawa di dalam produk cair hal ini dapat disebabkan oleh reaktivitas oksigen yang dapat berikatan dengan radikal-radikal sebagai

hasil fragmentasi molekul induk. Dengan kadar aromatis yang jauh dibawah batas toleransi yang ditetapkan standar bahan bakar cair konvensional di Indonesia, katalis dolomit berpotensi untuk dikembangkan.

REFERENSI

- Ates, F., Miskolczi, N. & Borsodi, N., 2013. Comparison of real waste (MSW and MPW) pyrolysis in batch reactor over different catalysts. Part I: Product yields, gas and pyrolysis oil properties. *Bioresource Technology*, Volume 133, pp. 443-454.
- Brems, A., Baeyens, J., Vandecasteele, C. & Dewil, R., 2011. Polymeric Cracking of Waste Polyethylene Terephthalate to Chemicals and Energy. *Journal of the Air & Waste Management Association*, Volume 61, pp. 721-731.
- He, M. et al., 2010. Syngas production from pyrolysis of municipal solid waste (MSW) with dolomite as downstream catalysts. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume 87, pp. 181-187.
- Hoornweg, D. & Bhada-Tata, P., 2012. *What A Waste - A Global Review of Solid Waste Management*. Washington, DC: The World Bank.
- Hujuri, U., Ghoshal, A. K. & Gumma, S., 2011. Temperature-Dependent Pyrolytic Product Evolution Profile for Polypropylene. *Journal of Applied Polymer Science*, Volume 119, p. 2318-2325.
- KNLH, 2008. *Statistik Persampahan Indonesia Tahun 2008*. Jakarta: Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Kwak, T.-H. et al., 2006. Gasification of municipal solid waste in a pilot plant and its impact on environment.

Hanif dkk :Pengaruh Dolomit Terkalsinasi pada Karakteristik Produk Cair Pirolisis
Limbah Plastik Jenis Polistirena dan Polipropilena

- Korean Journal of Chemical Engineering*, 23(6), pp. 954-960.
- Lopez, A. et al., 2011. Influence of time and temperature on pyrolysis of plastic wastes in a semi-batch reactor. *Chemical Engineering Journal*, Volume 173, pp. 62-71.
- Lopez, A. et al., 2011. Catalytic pyrolysis of plastic wastes with two different types of catalysts: ZSM-5 zeolite and Red Mud. *Applied Catalysis B: Environmental*, Volume 104, pp. 211-219.
- Obali, Z., Seizgi, N. A. & Dogu, T., 2012. Catalytic degradation of polypropylene over alumina loaded mesoporous catalysts. *Chemical Engineering Journal*, Volume 207-208, pp. 421-425.
- Onwudili, J. A., Insura, N. & Williams, P. T., 2009. Composition of products from the pyrolysis of polyethylene and polystyrene in a closed batch reactor: Effects of temperature and residence time. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume 86 , pp. 293-303.
- Sarker, M., Rashid, M. M., Rahman, M. S. & Molla, M., 2012. Conversion of Low Density Polyethylene (LDPE) and Polypropylene (PP) Waste Plastics into Liquid Fuel Using Thermal Cracking Process. *British Journal of Environment & Climate Change*, 2(1), pp. 1 - 11.
- Shen, L. & Worrell, E., 2014. Plastic Recycling. In: E. Worrell & M. A. Reuter, eds. *Handbook of Recycling State of The Art for Practitioners, Analysts, and Scientists*. Amsterdam: Elsevier, pp. 179-190.
- Srinakruang, J., 2011. *Process for Producing Fuel From Plastic Waste Material by Using Dolomite Catalyst*. United States , Patent No. US 2011/0089081 A1.
- Wampler, T. P., 2007. Analytical Pyrolysis: An Overview. In: T. P. Wampler, ed. *Applied Pyrolysis Handbook*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, pp. 1-26.
- Wong, S. L., Ngadi, N., Abdullah, T. A. & Inuwa, I. M., 2015. Current state and future prospects of plastic waste as source of fuel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 50, pp. 1167-1180.