

PENGARUH KATALIS KALSIUM OKSIDA (CaO) TERHADAP PRODUKSI BAHAN BAKAR PIROLISIS DARI LIMBAH PLASTIK LDPE

Moh. Nur Ramadhan Abdillah¹ Ena Marlina², Margianto³

¹Teknik Mesin, Universitas Islam Malang

Jalan Mayjen Haryono No.193, Malang, Jawa Timur 65144

Email: emhalistanto30@gmail.com

²Teknik Mesin, Universitas Islam Malang

Jalan Mayjen Haryono No.193, Kota Malang, Jawa Timur 65144

Email: enamarlina@unisma.ac.id

³Teknik Mesin, Universitas Islam Malang

Jalan Mayjen Haryono No.193, Kota Malang, Jawa Timur 65144

Email: margianto@unisma.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan pada plastik *low density polyethylene* (LDPE), dengan metode pirolisis yang diterapkan menjadi bahan bakar pirolisis dengan campuran katalis kalsium oksida (CaO). Plastik LDPE diproses melalui alat pirolisis pemanasan dengan suhu tertinggi tanpa adanya oksigen yang masuk. Proses pemanasan dilakukan selama 30, 60 dan 90 menit dengan melakukan perbandingan pengaruh penambahan katalis CaO dalam proses pembakaran pirolisis plastik LDPE. Hasil menunjukkan bahwa dengan campuran katalis kalsium oksida (CaO) menghasilkan *liquid* lebih banyak dibandingkan proses minyak pirolisis yang tanpa katalis. Hal ini disebabkan katalis CaO dapat berfungsi meningkatkan ikatan rangkap C (karbon) semakin panjang. Selain itu hasil padatan dari proses pirolisis tanpa katalis menjadi lilin (*wax*), sedangkan pada proses pirolisis dengan campuran katalis kalsium oksida (CaO) menghasilkan padatan berupa arang (*char*).

Kata-kata kunci: Pirolisis Plastik, Pirolisis Katalis, Plastik LDPE, Katalis, CaO.

ABSTRACT

This research was conducted on low density polyethylene (LDPE) plastic, with the pyrolysis method applied as a pyrolysis fuel with a mixture of calcium oxide (CaO) catalysts. LDPE plastic is processed through a heating pyrolysis device with the highest temperature without any incoming oxygen. The heating process was carried out for 30, 60 and 90 minutes by comparing the effect of adding CaO catalyst in the pyrolysis combustion process of LDPE plastic. The results show that the catalyst mixture of calcium oxide (CaO) produces more liquid than the uncatalyzed pyrolysis oil process. This is because the CaO catalyst can function to increase the length of the C (carbon) double bond. In addition, the solids from the pyrolysis process without a catalyst become wax, while the pyrolysis process with a mixture of calcium oxide (CaO) catalysts produces solids in the form of char.

Keywords: Plastic Pyrolysis, Catalyst Pyrolysis, LDPE Plastic, Catalyst, CaO.

PENDAHULUAN

Sampah plastik adalah sampah anorganik yang tersusun dari unsur-unsur kimia yang dapat berbahaya bagi lingkungan karena sulit terurai di tanah dan lautan, membutuhkan puluhan hingga ratusan kali penguraian.[1] Sampah plastik bersifat keras dan bahkan tidak dapat terurai, itulah sebabnya sampah plastik menjadi penyumbang paling besar pada pemanasan global. [2] Meskipun didaur ulang 2-3 kali, plastik individu ini tidak berguna karena penurunan kualitas dan sifat, dan sering juga diperlakukan sebagai sampah dan akhirnya dibuang di tempat pembuangan sampah. Plastik campuran, di sisi lain, tidak berguna dan karenanya dibuang ke tempat pembuangan sampah. Sampah plastik ini mengandung banyak energi karena terbuat dari produk minyak bumi.[3]

Jenis plastik yang mudah digunakan oleh masyarakat, yaitu plastik *low density polyethylene*. Produksi jenis plastik LDPE menggunakan suhu yang terbilang tinggi, dan suhu yang berkisar 200-300°C, serta menggunakan radikal peroksida. Plastik jenis LDPE memiliki urutan bercabang yang terbilang panjang atau menggunakan rantai dengan kepadatan yang bervariasi. Plastik LDPE banyak digunakan dalam kemasan pada makanan karena mempunyai sifat yang fleksibel akan tetapi kuat.[4]

Berbagai cara yang sudah dikembangkan agar dapat mengatasi masalah peningkatan sampah. Proses pirolisis merupakan suatu metode pengolahan sampah yang dinilai sangat menjanjikan. Hal ini disebabkan oleh beberapa keuntungan, antara lain tingkat konversi yang tinggi, potensi terhadap energi yang tinggi dan potensi terhadap bahan bakar alternatif. Katalis dan sampah plastik digunakan sebagai limbah. Hasil proses pirolisis komponen dan campuran sampah plastik dan katalis alam dalam kondisi isothermal dapat menunjukkan suhu akhir terhadap pirolisis serta pada laju pemanasan dapat mempengaruhi distribusi produk pirolisis yang dihasilkan. Selama proses pirolisis, ketika suhu pirolisis meningkat, produk padat cenderung menurun, dan produk cair dan gas meningkat dengan meningkatnya suhu pirolisis.[5]

Pirolisis sampah plastik adalah proses penguraian senyawa organik dalam plastik dengan memanaskan sedikit atau tanpa adanya oksigen. Selama proses pirolisis, pada senyawa hidrokarbon dengan rantai panjang yang terkandung dalam resin diharapkan dapat menjadi senyawa hidrokarbon yang lebih pendek dan dapat digunakan sebagai salah satu bahan bakar alternatif.[6]

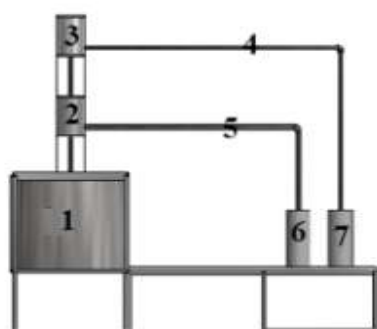
Hasil minyak pada proses pirolisis memiliki nilai viskositas dan

keasaman yang terbilang tinggi,[7] sehingga tidak dapat langsung diaplikasikan pada bahan bakar minyak. Untuk meningkatkan kualitas minyak pirolisis, diperlukan katalis. Katalis yang dapat digunakan untuk memecah senyawa berat (rantai panjang) menjadi oksigenat yang lebih ringan (rantai pendek) dan mampu mereduksi senyawa asam pada minyak pecah, salah satunya adalah kalsium oksida (CaO).[8]

Kalsium Oksida merupakan katalis yang berbentuk padatan, tidak mengakibatkan korosif, dan ramah terhadap lingkungan. Penggunaan katalis CaO pada proses pirolisis dapat berfungsi untuk mengurangi terhadap senyawa asam, serta dapat menaikkan ikatan rangkap karbon yang semakin panjang. Selain itu, dapat juga menaikkan kadar kandungan pada senyawa molekul kecil terhadap bio oil berdasarkan pirolisis.[9] Penambahan CaO bisa memisahkan senyawa molekul yang kecil, hal ini lantaran CaO memiliki fungsi pecah yang kuat selain itu penggunaan CaO bisa mengoktimalan *output* aromatik dan olefin.[10]

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan eksperimen langsung (*experimental research*). Dengan melakukan perbandingan perbedaan waktu dan penambahan katalis kalsium oksida (CaO)



(Gambar 1. Desain Alat Pirolisis)

Keterangan Gambar :

1. Reaktor
2. Tabung Uap 1
3. Tabung Uap 2
4. Selang penghubung 2
5. Selang penghubung 1
6. Kondensor 1
7. Kondensor 2

1. Bahan Penelitian

Pada penelitian ini bahan yang digunakan antara lain : Plastik *low density polyethylene* (LDPE), Kalsium Oksida (CaO), Alat Pirolisis, Thermometer, Kompor Gas, Gelas Ukur, Timbangan dan *Stopwatch*.

2. Proses Pirolisis Plastik LDPE

Plastik LDPE dimasukkan dalam reaktor pirolisis dengan berat plastik sebesar 500 gram sebelum pembakaran tabung reaktor. Kemudian pembakaran reaktor alat pirolisis dengan pemanasan sampai 150°C, setelah suhu 150°C baru dilakukan pengambilan data perbandingan perbedaan waktu 30, 60 serta 90 menit.

Hasil dari proses pirolisis plastik LDPE akan dilihat nilai *liquid* dan padatan yang dihasilkan dengan perbandingan perbedaan waktu.

3. Proses Pirolisis Campuran Katalis Kalsium Oksida (CaO)

Plastik LDPE dimasukkan dalam reaktor pirolisis dengan berat plastik sebesar 500 gram, kemudian memasukkan katalis kalsium oksida (CaO) sebesar 10% dari bahan plastik

yang telah dimasukkan kedalam reaktor yaitu sebesar 50 gram katalis kalsium oksida (CaO). Setelah itu pembakaran reaktor alat pirolisis dengan pemanasan sampai 150°C, setelah suhu 150°C baru dilakukan pengambilan data perbandingan perbedaan waktu 30, 60 dan 90 menit.

Proses pada pirolisis plastik LDPE akan dilihat nilai *liquid* dan padatan yang dihasilkan dengan perbandingan perbedaan waktu.

4. Analisa Massa Jenis

Analisa massa jenis *liquid* hasil proses dari pirolisis, dilakukan melalui cara pengukuran pada volume serta massa dari setiap sampel. Dari setiap sampel *liquid* yang dihasilkan pada proses pirolisis diambil 5 mili liter dengan menggunakan gelas ukur. Kemudian *liquid* ditimbang agar dapat memperoleh hasil massa sampel. Perhitungan pada massa jenis sampel menggunakan rumus persamaan (1).

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (1)$$

keterangan :

ρ = massa jenis

m = massa sampel

V = volume sampel.

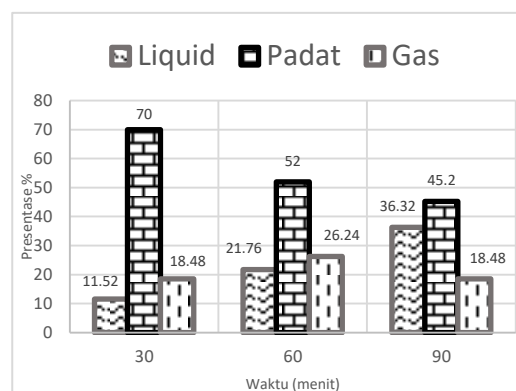
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini membahas hasil proses pirosis yang meliputi *liquid*, padatan dan gas yang dihasilkan dari limbah plastik *low density polyethylene* (LDPE). Dengan melakukan perbandingan perbedaan waktu 30, 60 serta 90 menit. Serta melakukan perbandingan perbedaan proses pirolisis plastik dengan

campuran katalis kalsium oksida (CaO) dan tanpa campuran

1. Presentase Hasil Proses Pirolisis Plastik LDPE

Pada proses pirolisis plastik LDPE ini dilakukan dengan 3 variasi waktu yaitu 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Hal ini dilakukan untuk melihat waktu yang paling baik untuk menghasilkan *liquid*, padatan ataupun gas terbesar.



(Gambar 2. Presentase *Liquid*, Padatan dan Gas Pada Proses Pirolisis)

Pada Gambar 2. menunjukkan bahwa *liquid* terbesar berada pada waktu 90 menit sebesar 36,32 % dan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan pada waktu 60 menit sebesar 21,76 %, namun pada waktu 30 menit menghasilkan *liquid* sebesar 11,52 %. Sedangkan pada presentase padatan yang paling tinggi dihasilkan pada waktu 30 menit yaitu sebesar 70 %. Kemudian terjadi penurunan yang hampir sama nilai persentasenya yaitu masing – masing pada waktu 60 menit sebesar 52 %, pada waktu 90 menit sebesar 45,2 %.

Jumlah persentase gas pada Gambar 2. yang tertinggi berada pada

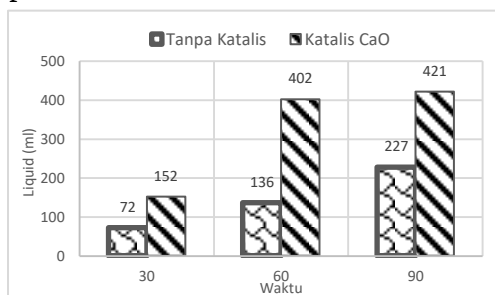
waktu 60 menit sebesar 26,24 %, jumlah ini lebih unggul 7,76 % dari waktu 30 menit dan pada waktu 90 menit menghasilkan gas yang sama pada waktu 30 menit yaitu sebesar 18,48 %.

2. Pengaruh Katalis Kalsium Oksida (CaO) Terhadap Proses Pirolisis Plastik LDPE

Pengaruh Katalis CaO pada proses pirolisis dari penelitian yang telah dilakukan tanpa katalis dan dengan katalis kalsium oksida (CaO). Pengaruh katalis CaO dapat dilihat pada *liquid*, padatan dan gas yang dihasilkan.

a. Pengaruh CaO Terhadap Hasil *Liquid*

Pengaruh Katalis CaO terhadap *liquid* yang telah dihasilkan pada proses pirolisis plastik jenis *low density polyethylene*, dapat dilihat pada Gambar 3. Dibawah ini.



(Gambar 3. Pengaruh Katalis CaO terhadap Produksi *liquid*)

Terlihat pada Gambar 3. menunjukkan bahwa hasil proses minyak pirolisis dengan campuran katalis kalsium oksida (CaO) terbesar berada pada waktu 90 menit sebesar 421 ml dan lebih tinggi dibandingkan dengan waktu 90 menit yang tanpa katalis CaO sebesar 227 ml. Akan

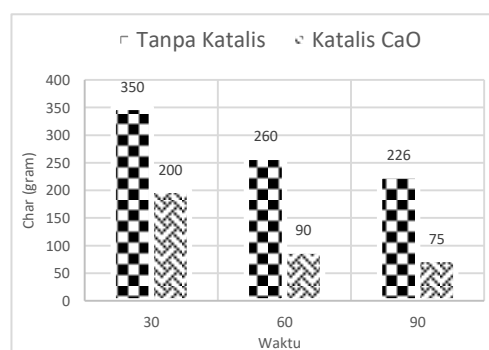
tetapi pada hasil minyak terendah berada pada waktu 30 menit yang tanpa katalis sebesar 72 ml dan lebih rendah dibandingkan dengan waktu 30 menit menggunakan katalis CaO sebesar 152 ml.

Hasil dari Gambar 3. dapat dikatakan *liquid* mengalami kenaikan secara tajam pada campuran katalis CaO. Dimana pada presentase minyak tanpa katalis dari waktu 30 menit, 60 menit dan 90 menit nilai kenaikannya stabil yaitu sebesar 72 ml, 136 ml dan 227 ml. Namun pada presentase minyak dengan katalis CaO dari waktu 30 menit ke 60 menit mengalami kenaikan yang signifikan sebesar 152 ml ke 402 ml, akan tetapi pada waktu 90 menit tidak mengalami kenaikan yang signifikan dan relatif stabil yaitu sebesar 421 ml.

Hasil diatas dapat dikatakan bahwa proses minyak pirolisis dengan campuran katalis kalsium oksida (CaO) lebih banyak dibandingkan proses minyak pirolisis yang tanpa katalis.

b. Pengaruh CaO Terhadap Hasil Padatan

Pengaruh Katalis CaO terhadap padatan yang telah dihasilkan pada proses pirolisis plastik jenis *low density polyethylene*, dapat dilihat



pada Gambar 4. Dibawah ini.

(Gambar 4. Pengaruh Katalis CaO terhadap Produksi Padatan)

Terlihat pada Gambar 4. dapat dikatakan bahwa hasil padatan terbesar berada pada waktu 30 menit tanpa katalis sebesar 350 gram dan terus mengalami penurunan secara stabil pada waktu 60 menit serta pada waktu 90 menit sebesar 260 gram dan 226 gram. Pada proses pirolisis dengan menggunakan katalis kalsium oksida (CaO) padatan hasil terbesar berada pada waktu 30 menit dan lebih rendah dibandingkan pada waktu 60 menit, serta mengalami penurunan pada waktu 90 menit proses



pirolisis.

(Gambar 5. Padatan Hasil Proses Pirolisis Plastik Tanpa Katalis CaO)

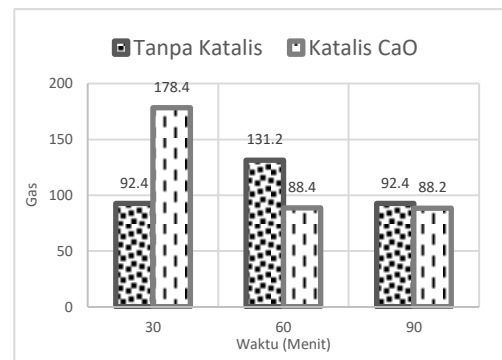


(Gambar 6. Padatan Hasil Proses Pirolisis Campuran Katalis CaO)

Terlihat pada Gambar 5. menunjukkan bahwa padatan yang dihasilkan dari proses pirolisis berupa lilin (*wax*). Sedangkan pada Gambar 6. Menunjukkan padatan yang dihasilkan berubah menjadi arang (*Char*).

c. Pengaruh CaO Terhadap Hasil Gas

Pengaruh Katalis CaO terhadap Gas yang telah dihasilkan pada proses pirolisis plastik jenis *low density polyethylene*, dapat dilihat pada



Gambar 7. Dibawah ini.

(Gambar 7. Pengaruh Katalis CaO terhadap Produksi Gas)

Terlihat pada gambar 7. menunjukkan bahwa gas yang dihasilkan dari proses pirolisis terbesar berada pada waktu 30 menit dengan katalis sebesar 178,4 gas yang dihasilkan dan lebih tinggi dibandingkan pada waktu 30 menit tanpa katalis. Akan tetapi hasil gas terendah berada pada waktu 90 menit dengan katalis CaO sebesar 88,2 gas yang dihasilkan dan lebih rendah dibandingkan yang waktu 90 menit tanpa katalis yaitu sebesar 92,4 gas yang dihasilkan. Pada grafik tanpa katalis mengalami laju yang tidak stabil dimana nilai gas pada menit 30

No	Waktu	Liquid (ml)	Liquid (gr)
1	30 Menit	152	121,6
2	60 Menit	402	321,6
3	90 Menit	421	336,8
Keterangan :		Masa Jenis (30 Menit, 60 Menit, 90 menit) = $0,8 \frac{g}{ml}$	

sebesar 92,4 gas, dan mengalami kenaikan pada menit 60 sebesar 131,2 gas dan pada waktu ke 90 mengalami penurunan dengan nilai yang sama pada waktu 30 menit yaitu sebesar 92,4 gas yang dihasilkan. Selain itu pada grafik dengan campuran katalis CaO mengalami penurunan nilai yang signifikan pada waktu 30 menit sebesar 178,4 gas ke 88,4 gas pada waktu 60 menit, akan tetapi pada waktu 90 menit mengalami penurunan yang tidak terlalu banyak yaitu sebesar 88,2 gas yang dihasilkan.

3. Analisa Massa Jenis

Hasil perhitungan massa jenis terhadap *liquid* hasil pirolisis dengan menggunakan perbandingan waktu 30, 60 serta 90. dan perbandingan terhadap variasi percampuran katalis

No	Waktu	Liquid (ml)	Liquid (gr)
1	30 Menit	72	57,6
2	60 Menit	136	108,8
3	90 Menit	227	181,6
Keterangan :		Masa Jenis (30 Menit, 60 Menit, 90 menit) = $0,8 \frac{g}{ml}$	

kalsium oksida (CaO) menggunakan persamaan (1).

$$\rho = \frac{4}{5} = 0,8 \frac{g}{ml}$$

Tabel 1. Proses Tanpa Katalis

Tabel 2. Proses Dengan Katalis CaO

Terlihat pada tabel 1 dan tabel 2 dapat dikatakan bahwa massa jenis dari *liquid* pirolisis plastik LDPE tanpa campuran katalis maupun dengan campuran katalis kalsium oksida (CaO) menunjukkan hasil yang sama yaitu 1 ml mempunyai massa jenis sebesar $0,8 \frac{g}{ml}$.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Dari Penelitian yang telah dilakukan mulai dari proses penelitian, pengambilan data dan pengolahan data. Didapatkan beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut :

1. Hasil proses pirolisis dengan campuran katalis kalsium oksida (CaO) menghasilkan *liquid* lebih banyak dibandingkan proses minyak pirolisis yang tanpa katalis.
2. Pada hasil padatan dari proses pirolisis tanpa katalis menjadi lilin (*wax*), sedangkan pada proses pirolisis dengan campuran katalis kalsium oksida (CaO) menghasilkan padatan berupa *char*.
3. Massa jenis dari *liquid* pirolisis plastik LDPE tanpa campuran katalis maupun dengan campuran katalis kalsium oksida (CaO) menunjukkan hasil yang sama yaitu 1 ml mempunyai massa jenis sebesar $0,8 \frac{g}{ml}$

Saran

1. Untuk variasi pada proses pirolisis dalam penggunaan katalis serta bahan baku sebaiknya ditambah lagi, sehingga mendapatkan hasil produk *liquid* pirolisis yang lebih bervariasi, dan mendapatkan hasil yang lebih sempurna.
2. Untuk penelitian pirolisis selanjutnya diharapkan adanya penambahan variasi jenis plastik dan katalis, tidak hanya dengan plastik *low density polyethylene* maupun katalis kalsium oksida (CaO). Tujuan didapat adalah agar variasi dari hasil yang lebih banyak serta dapat dijadikan perbandingan data selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Syamsiro, *et. al.,.* (2019). *Penerapan Teknologi Pirolisis Untuk Penanganan Sampah Di Bumdes Panggung Lestari Kabupaten Bantul. Seminar Nasional Hasil Pengabdian Masyarakat (SENIAS)*
- [2]. Marlina E., 2020. *Pengaruh LDPE (Low Density Polyethylene) dan PP (Polypropene) Terhadap Flow Rate Bahan Bakar Cair (Tar) Hasil Pirolis. Konferensi Nasional Life Science dan Teknologi 2020.*
- [3]. G. Lopez, M. Artexte, M. Amutio, J. Bilbao, M. Olazar, (2017). *Thermochemical routes for the valorization of waste polyolefinic plastics to produce fuels and chemicals. A review, Renew. Sustain. Energy Rev.* 73 (2017) 346e368.
- [4]. Liestiono, R. P., Cahyono, M. S., Widyawidura, W., Prasetya, A., & Syamsiro, M. (2017). *Karakteristik Minyak dan Gas Hasil Proses Dekomposisi Termal Plastik Jenis Low Density Polyethylene (LDPE). Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy*, 1(2), 1.
- [5]. Nuryosuwito, N., Soeparman, S., Wijayanti, W., & Sasongko, M. (2018). *Pengaruh Campuran Sampah Plastik dengan Katalis Alam terhadap Hasil Produk Pyrolisis. Jurnal Rekayasa Mesin*, 9 (2), 85–91.
- [6]. K, Endang, Mukhtar G, A. N. (2016). *Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak. Program Studi Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta*, 1–7.
- [7]. Dewangan *et al.,* (2016). *Co-pyrolysis of sugarcane bagasse and low-density polyethylene: Influence of plastic on pyrolysis product yield. Jurnal Fuel*, Volume 185, pages 508.
- [8]. Wang, J., 2017. *Co-Pyrolysis Of Bamboo Residual With Waste Tire Over Dual Catalytic Stage Of Cao And Co-Modified HZSM-5. Energy*, Volume 133, pp. 90-98.

- [9]. Lu, Q., Zhang, Z.-F. & Dong, C.-Q., (2010). *Catalytic Upgrading of Biomass Fast Pyrolysis Vapors with Nano Metal Oxides: An Analytical Py-GC/MS Study*. *Energies*, Volume 3(11), pp. 1805-1820.
- [10]. Zhang, B., Zhaoping, Z., Chen, P. & Ruan, R., (2017). *Microwave-Assisted Catalytic Fast Co-Pyrolysis Of Ageratina Adenophora And Kerogen With Cao And ZSM-5*. *Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume 127, pp. 246-257.