

## PENGARUH VARIASI KOMPOSISI *POLYPROPYLENE* (PP) DAN *POLYSTYRENE* (PS) TERHADAP HASIL PRODUK PIROLISIS MENGGUNAKAN KATALIS FCC

**Jessica Anggraeni**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [jessica.22105@mhs.unesa.ac.id](mailto:jessica.22105@mhs.unesa.ac.id)

**Handini Novita Sari**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [handinisari@unesa.ac.id](mailto:handinisari@unesa.ac.id)

### Abstrak

Peningkatan jumlah limbah plastik jenis *Polypropylene* (PP) dan *Polystyrene* (PS) menjadi permasalahan lingkungan yang memerlukan metode pengolahan efektif dan bernilai guna. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah proses pirolisis untuk menghasilkan bahan bakar alternatif berupa minyak pirolisis. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi komposisi bahan baku plastik PP dan PS terhadap hasil produk pirolisis berupa *yield* minyak, gas, dan residu menggunakan katalis *Fluid Catalytic Cracking* (FCC). Variasi komposisi bahan baku terdiri dari PP100:PS0, PP80:PS20, dan PP60:PS40 dengan total massa bahan baku sebesar 1000 gram dan penambahan katalis FCC sebesar 5% dari massa bahan baku. Proses pirolisis dilakukan pada temperatur 450°C menggunakan reaktor *batch*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan komposisi PS meningkatkan *yield* minyak dari 81% menjadi 86%, sedangkan *yield* gas menurun dari 14,3% menjadi 6%. *Yield* residu meningkat dari 4,7% menjadi 8% seiring bertambahnya fraksi PS dalam campuran bahan baku. Peningkatan *yield* minyak dipengaruhi oleh karakteristik struktur aromatik plastik PS yang lebih mudah mengalami depolimerisasi menjadi senyawa cair dibandingkan plastik PP yang cenderung menghasilkan fraksi gas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi komposisi PP dan PS berpengaruh terhadap distribusi produk pirolisis menggunakan katalis FCC.

**Kata Kunci:** pirolisis, *polypropylene*, *polystyrene*, katalis FCC, bahan bakar alternatif

### Abstract

*The increasing amount of Polypropylene (PP) and Polystyrene (PS) plastic waste has become an environmental problem requiring effective and valuable treatment methods. One potential method is pyrolysis to produce alternative fuel in the form of pyrolysis oil. This study aims to analyze the effect of PP and PS composition variations on pyrolysis product distribution, including oil, gas, and residue yields using a Fluid Catalytic Cracking (FCC) catalyst. The feedstock composition variations consisted of PP100:PS0, PP80:PS20, and PP60:PS40 with a total feedstock mass of 1000 grams and 5% FCC catalyst addition based on feedstock mass. The pyrolysis process was carried out at 450°C using a batch reactor. The results showed that increasing the PS composition increased oil yield from 81% to 86%, while gas yield decreased from 14.3% to 6%. Residue yield increased from 4.7% to 8% as the PS fraction increased in the feedstock mixture. The increase in oil yield was influenced by the aromatic structure of PS, which more easily depolymerized into liquid compounds compared to PP, which tended to produce more gaseous fractions. The results indicate that variations in PP and PS composition affect the distribution of pyrolysis products using FCC catalysts.*

**Keywords:** pyrolysis, *polypropylene*, *polystyrene*, FCC catalyst, alternative fuel

## PENDAHULUAN

Penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari terus meningkat karena sifatnya yang ringan, kuat, tahan korosi, dan mudah dibentuk (Ratnasari *et al.*, 2017). Namun, peningkatan penggunaan plastik juga menyebabkan bertambahnya jumlah limbah plastik yang sulit terurai secara alami (Roland Geyer *et al.*, 2017). Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2023, jumlah sampah di Indonesia mencapai sekitar 37 juta ton per tahun dan sekitar 19,15% diantaranya merupakan sampah plastik (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2023). Jenis plastik yang paling banyak ditemukan pada limbah perkotaan adalah *Polypropylene* (PP) dan *Polystyrene* (PS) (Kyaw *et al.*, 2015).

Pengelolaan limbah plastik melalui metode konvensional seperti penimbunan dan pembakaran terbuka dapat menimbulkan pencemaran lingkungan (Roland Geyer *et al.*, 2017). Salah satu metode alternatif yang dapat

digunakan adalah pirolisis, yaitu proses dekomposisi termal bahan organik tanpa oksigen untuk menghasilkan produk cair, gas, dan residu padat (Demirbaş & Arin, 2002). Minyak hasil pirolisis plastik memiliki potensi sebagai bahan bakar alternatif karena mengandung senyawa hidrokarbon dengan nilai kalor tinggi (Sharuddin *et al.*, 2016).

Karakteristik minyak pirolisis dipengaruhi oleh jenis plastik dan penggunaan katalis. Plastik PP cenderung menghasilkan senyawa hidrokarbon alifatik dengan nilai kalor tinggi, sedangkan plastik PS menghasilkan senyawa aromatik yang meningkatkan *yield* minyak cair (Chen *et al.*, 2023). Penggunaan katalis *Fluid Catalytic Cracking* (FCC) mampu mempercepat proses *cracking*, meningkatkan kualitas minyak, dan menghasilkan distribusi hidrokarbon yang mendekati bahan bakar konvensional (Stöcker, 2008).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan katalis FCC menghasilkan *yield* minyak yang lebih tinggi dibandingkan katalis lain. (Kusenberg *et al.*, 2022) melaporkan bahwa penggunaan FCC pada pirolisis PP mampu menghasilkan *yield* cair di atas 90 wt%. Namun, penelitian mengenai pengaruh variasi komposisi campuran PP dan PS terhadap hasil *yield* minyak, residu, dan gas pirolisis menggunakan katalis FCC masih terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi PP dan PS terhadap *yield* minyak, residu, dan gas pirolisis menggunakan katalis FCC pada temperatur konstan 450°C.

## METODE

### Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah uji eksperimen (*experimental research*). Uji eksperimen adalah metode untuk mencari adanya hubungan sebab akibat dari beberapa faktor yang saling berkaitan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi bahan baku sampah plastik *polypropylene* (PP) dan *Polystyrene* (PS) sebagai bahan bakar alternatif melalui pirolisis dengan katalis FCC 5% terhadap hasil minyak, residu, dan gas pirolisis pada suhu konstan 450°C. Penelitian ini dilakukan pada kondisi dan peralatan yang telah disesuaikan.

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan setelah proposal tugas akhir disidangkan dan disetujui yaitu pada bulan Februari-April 2026 hingga segala data dan analisa yang diperlukan terpenuhi. Penelitian pirolisis dilaksanakan di Laboratorium Yandi Teknik, Beran Canden Jetis, Daerah Istimewa Yogyakarta.

### Variabel Penelitian

#### ➤ Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi komposisi bahan baku plastik *Polypropylene* (PP) dan *Polystyrene* (PS), yaitu:

- PP100:PS0
- PP80:PS20
- PP60:PS40

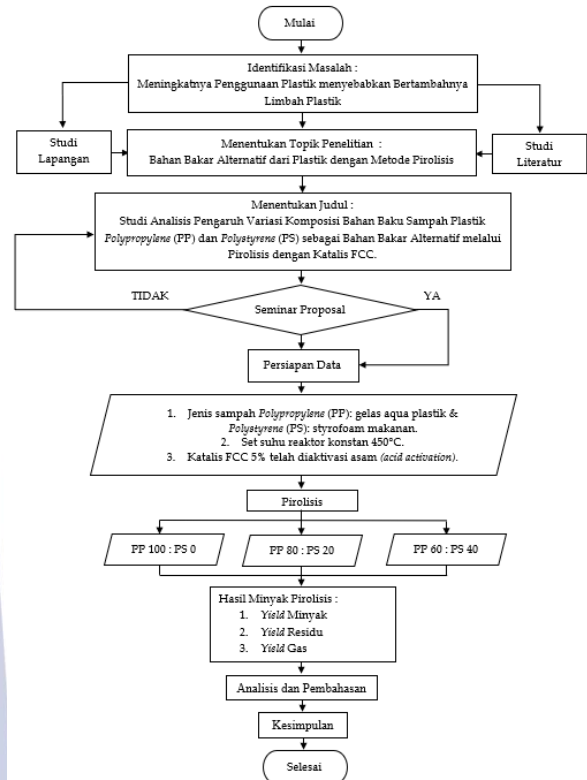
#### ➤ Variabel Terikat

- *Yield* Minyak
- *Yield* Residu
- *Yield* Gas

#### ➤ Variabel Kontrol

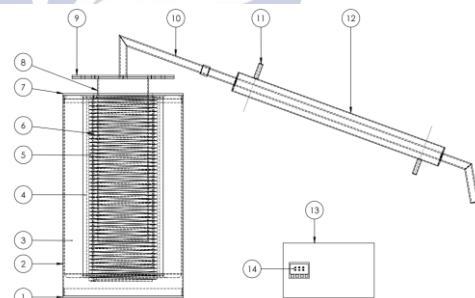
- Reaktor dipanaskan oleh tungku listrik dengan pengontrol suhu.
- Suhu reaktor konstan pada 450°C.
- Jumlah katalis FCC yang ditambahkan pada masing-masing rasio yaitu 5%.
- Volume bahan baku masing-masing PP dan PS yang digunakan 1000 gram.
- Katalis FCC yang digunakan diaktivasi asam (*acid treatment*).

## Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## Instrumen Penelitian



Gambar 2. Alat Pirolisis

### Keterangan:

1. Tutup Bawah
2. Cover Stainless
3. Glasswool
4. Isolator Asbes
5. Elemen Pemanas
6. Tabung Pemanas
7. Tutup Atas
8. Tabung Bahan Uji
9. Tutup Tabung
10. Pipa Pembuangan
11. Saluran Air Pendingin
12. Pipa Pendinginan Gas
13. Box Temperatur Kontrol
14. Digital Monitor Temperature

## Prosedur Penelitian

Tahap awal penelitian dilakukan dengan proses persiapan bahan baku berupa pencucian, pengeringan, dan pemotongan plastik menjadi ukuran kecil untuk

mempermudah proses degradasi termal. Katalis FCC kemudian diaktivasi dan dicampurkan ke dalam bahan baku sesuai variasi komposisi yang telah ditentukan.

Proses pirolisis dilakukan pada suhu operasi 450°C menggunakan reaktor *batch* tanpa keberadaan oksigen. Bahan baku plastik dimasukkan ke dalam reaktor kemudian dipanaskan hingga mencapai temperatur operasi. Uap hasil pirolisis dialirkan menuju kondensor untuk dikondensasikan menjadi minyak pirolisis cair. Produk hasil pirolisis yang diperoleh berupa minyak, residu padat (*char*) dan gas.

### Teknik Pengumpulan Data

Parameter yang dianalisis meliputi *yield* minyak, residu, dan gas sebagai berikut:

$$yield (oil) = \frac{mass\ of\ oil}{mass\ of\ feedstock} \times 100\% \quad (Odejobi\ et\ al.,\ 2020)$$

$$yield (char) = \frac{mass\ of\ residue}{mass\ of\ feedstock} \times 100\% \quad (Tina\ et\ al.,\ 2021)$$

$$yield (gas) = 100\% - (Oil + Residue) \quad (Tina\ et\ al.,\ 2021)$$

### Teknik Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan pengaruh variasi komposisi PP dan PS terhadap distribusi produk pirolisis serta dibandingkan dengan penelitian terdahulu untuk mengetahui kesesuaian kualitas minyak pirolisis sebagai bahan bakar alternatif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Minyak Pirolisis



**Gambar 3.** Hasil Minyak Pirolisis Variasi Komposisi Bahan Baku PP:PS a) 100:0, b) 80:20, c) 60:40

Berdasarkan Gambar 3, hasil minyak pirolisis dengan variasi komposisi bahan baku PP:PS menunjukkan perbedaan warna yang cukup jelas. Pada komposisi a) 100:0 dihasilkan minyak berwarna coklat tua, komposisi b) 80:20 menghasilkan warna hitam, sedangkan komposisi c) 60:40 menghasilkan warna yang lebih hitam gelap. Dari ketiga variasi tersebut, warna paling terang terdapat pada komposisi a) 100:0, sedangkan peningkatan kandungan PS cenderung menghasilkan warna minyak yang semakin gelap.

Secara visual, perbedaan warna tersebut juga diikuti oleh perbedaan tingkat kekentalan. Minyak pada komposisi a) 100:0 terlihat lebih encer. Sementara itu, pada komposisi b) 80:20 minyak tampak lebih pekat. Adapun pada komposisi c) 60:40, minyak terlihat paling pekat.

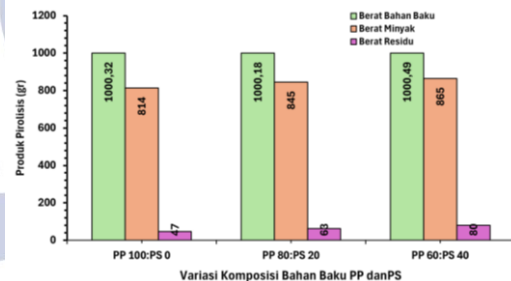
**Tabel 1.** Hasil Produk Pirolisis Katalis FCC dengan Variasi Komposisi Bahan Baku PP dan PS

Bahan Baku (PP:PS)	Berat Bahan Baku (gr)	Berat Katalis (gr)	Minyak		Residu ( <i>char</i> )		Yield Gas (%)
			Berat Minyak (gr)	Yield (%)	Berat Residu (gr)	Yield (%)	
100:0	1000,32	50	814,9	81	47,9	4,7	14,3
80:20	1000,18	50	845,2	84	63,3	6,3	9,7
60:40	1000,42	50	865,1	86	80,4	8,0	6

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi komposisi bahan baku plastik PP dan PS memberikan pengaruh terhadap distribusi produk pirolisis berupa minyak cair, gas, dan residu padat. Pada komposisi PP100:PS0 diperoleh *yield* minyak sebesar 81%, kemudian meningkat menjadi 84% pada komposisi PP80:PS20 dan mencapai 86% pada komposisi PP60:PS40. Sebaliknya, *yield* gas mengalami penurunan dari 14,3% menjadi 6%, sedangkan residu meningkat dari 4,7% menjadi 8%. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan fraksi PS dalam campuran mampu meningkatkan pembentukan produk cair selama proses pirolisis berkatalis FCC.

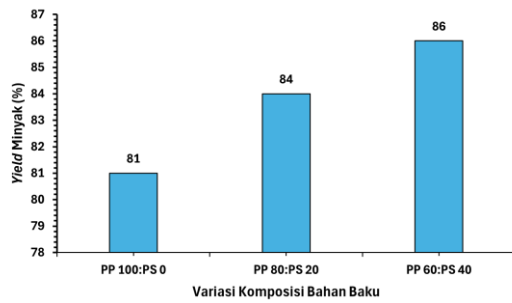
### Pembahasan Minyak Pirolisis

Berdasarkan pada tabel 2. Selanjutnya dikonversikan menjadi grafik seperti pada gambar 4 sebagai berikut.



**Gambar 4.** Hasil Produk Pirolisis Katalis FCC dengan Variasi Komposisi Bahan Baku PP dan PS

Gambar 4 menunjukkan hasil produk pirolisis katalis FCC 5% pada variasi komposisi bahan baku PP dan PS dengan massa awal sekitar 1000,32 gram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi komposisi bahan baku berpengaruh terhadap distribusi produk pirolisis berupa minyak dan residu padat. Pada komposisi PP100:PS0 diperoleh produk minyak sebesar 814,9 gram dan residu sebesar 47,9 gram. Pada komposisi PP80:PS20 terjadi peningkatan produk minyak menjadi 845,2 gram dengan residu sebesar 63,3 gram, sedangkan pada komposisi PP60:PS40 produk minyak meningkat menjadi 865,1 gram dengan residu sebesar 80,4 gram. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan komposisi PS dalam campuran bahan baku mampu meningkatkan pembentukan fraksi cair selama proses pirolisis. Fenomena tersebut sesuai dengan karakteristik proses pirolisis plastik dimana jenis bahan baku sangat mempengaruhi distribusi produk cair, gas, dan residu selama proses degradasi termal berlangsung (Palmay *et al.*, 2023).



Gambar 5. Yield Minyak Pirolisis FCC

$$\text{yield (oil)} = \frac{\text{mass of oil}}{\text{mass of feedstock}} \times 100\% \quad (\text{Odejobi et al., 2020})$$

Hasil perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{PP100:PS0} &= \frac{814,9}{1000,32} \times 100\% = 81\% \\ \text{PP80:PS20} &= \frac{845,2}{1000,18} \times 100\% = 84\% \\ \text{PP60:PS40} &= \frac{865,1}{1000,42} \times 100\% = 86\% \end{aligned}$$

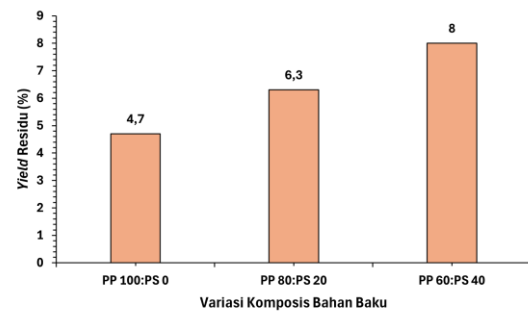
Berdasarkan gambar 5 dan hasil perhitungan pada rumus, menunjukkan pengaruh variasi komposisi bahan baku PP dan PS terhadap *yield* minyak hasil pirolisis menggunakan katalis FCC 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan komposisi PS menyebabkan *yield* minyak meningkat secara bertahap dari 81% pada komposisi PP100:PS0 menjadi 84% pada PP80:PS20 dan mencapai 86% pada PP60:PS40. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan fraksi PS dalam campuran bahan baku berpengaruh terhadap peningkatan pembentukan produk cair selama proses pirolisis.

Peningkatan hasil minyak dipengaruhi oleh karakteristik struktur kimia plastik PS yang lebih mudah mengalami depolimerisasi menjadi senyawa aromatik cair seperti *styrene* akibat pengaruh temperatur tinggi selama proses pirolisis (Maafa, 2021). Plastik PS diketahui menghasilkan konversi minyak cair lebih tinggi dibandingkan plastik PP, yaitu sekitar 80,8%, sedangkan plastik PP hanya menghasilkan sekitar 42% fraksi cair dan lebih dominan menghasilkan gas (Lee, 2012). Hasil ini sejalan dengan penelitian (Kiran *et al.*, 2004) yang melaporkan bahwa plastik PS menghasilkan fraksi minyak cair maksimum dibandingkan plastik PP. Tingginya konversi minyak dari plastik PS terjadi karena struktur polimernya tersusun dari monomer *styrene* yang mengandung cincin aromatik fenil sehingga mudah terdepolimerisasi selama proses pirolisis (Nahid & Hamid, 2009). Proses tersebut menghasilkan senyawa aromatik ringan seperti *styrene*, *a-methyl styrene*, *toluene*, *ethylbenzene*, *benzene*, dan *xylene* yang memiliki stabilitas termal tinggi serta mudah terkondensasi menjadi minyak pirolisis dibandingkan membentuk residu padat (Gonzalez-Aguillar *et al.*, 2023).

Kondisi tersebut sesuai dengan hasil penelitian pada Gambar 5 yang menunjukkan bahwa peningkatan komposisi PS dari 0 menjadi 40 menyebabkan kenaikan hasil minyak dari 81% menjadi 86%. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan PS dalam campuran bahan baku berperan dalam meningkatkan pembentukan produk cair

selama proses pirolisis dengan katalis FCC melalui mekanisme depolimerisasi aromatik yang lebih stabil dibandingkan degradasi termal plastik PP.

Pada penelitian ini komposisi PP100:PS0 menghasilkan minyak sebesar 81% dari sekitar 1000 gram bahan baku, sehingga menunjukkan bahwa penggunaan katalis FCC mampu meningkatkan efisiensi proses *cracking* dan memperbesar pembentukan fraksi cair dibandingkan fraksi gas. Selain itu, kondisi operasi seperti temperatur reaksi juga berpengaruh terhadap distribusi produk pirolisis. Penelitian (Koo and Kim, 1993) menunjukkan bahwa kondisi pirolisis tertentu mampu meningkatkan pembentukan minyak cair dibandingkan produk gas.



Gambar 6. Yield Residu Pirolisis FCC

$$\text{yield (char)} = \frac{\text{mass of residue}}{\text{mass of feedstock}} \times 100\% \quad (\text{Tina et al., 2021})$$

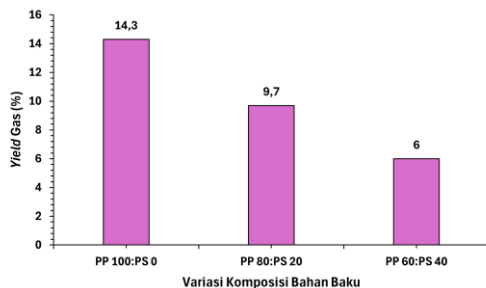
Hasil perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{PP100:PS0} &= \frac{47,9}{1000,32} \times 100\% = 4,7\% \\ \text{PP80:PS20} &= \frac{63,3}{1000,18} \times 100\% = 6,3\% \\ \text{PP60:PS40} &= \frac{80,4}{1000,42} \times 100\% = 8\% \end{aligned}$$

Pada gambar 6 dan hasil perhitungan menunjukkan pengaruh variasi komposisi bahan baku PP dan PS terhadap *yield* residu hasil pirolisis menggunakan katalis FCC 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan komposisi PS menyebabkan *yield* residu meningkat secara bertahap dari 4,7% pada komposisi PP100:PS0 menjadi 6,3% pada PP80:PS20 dan mencapai 8% pada PP60:PS40. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan fraksi PS dalam campuran bahan baku meningkatkan pembentukan residu padat selama proses pirolisis.

Peningkatan *yield* residu dipengaruhi oleh karakteristik struktur aromatik plastik PS yang menghasilkan senyawa aromatik berat dan karbon padat yang lebih stabil selama proses degradasi termal (Gonzalez-Aguillar *et al.*, 2023). Struktur cincin benzena pada PS menyebabkan sebagian produk hasil depolimerisasi mengalami polimerisasi sekunder dan membentuk residu karbon yang sulit terurai sempurna pada temperatur pirolisis (Nahid & Hamid, 2009). Hasil ini sejalan dengan penelitian (Wu *et al.*, 2014) yang melaporkan bahwa peningkatan kandungan senyawa aromatik pada plastik PS dapat meningkatkan pembentukan residu padat selama proses pirolisis.

Walaupun *yield* residu meningkat, hasil penelitian menunjukkan bahwa fraksi cair tetap menjadi produk dominan pada seluruh variasi komposisi bahan baku. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan katalis FCC pada suhu 450°C masih efektif meningkatkan proses *cracking* dan konversi plastik menjadi produk cair dibandingkan pembentukan residu padat (Miandad *et al.*, 2017).



Gambar 7. Yield Gas Pirolisis FCC

$$yield (gas) = 100\% - (Oil + Residue) \quad (\text{Tina } et al., 2021)$$

Hasil perhitungan:

$$PP100:PS0 = 100\% - (81 + 4,7) = 14,3\%$$

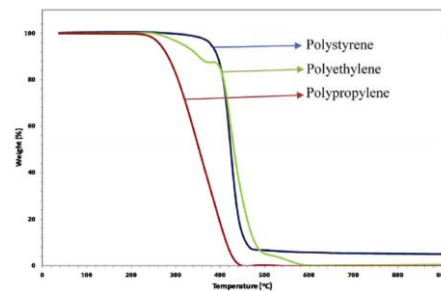
$$PP80:PS20 = 100\% - (84 + 6,3) = 9,7\%$$

$$PP60:PS40 = 100\% - (86 + 8) = 6\%$$

Gambar 7 dan perhitungan menunjukkan pengaruh variasi komposisi bahan baku PP dan PS terhadap *yield* gas hasil pirolisis menggunakan katalis FCC 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan komposisi PS menyebabkan *yield* gas menurun secara bertahap dari 14,3% pada komposisi PP100:PS0 menjadi 9,7% pada PP80:PS20 dan mencapai 6% pada PP60:PS40. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi fraksi PS dalam campuran bahan baku maka pembentukan produk gas selama proses pirolisis semakin menurun.

Penurunan *yield* gas dipengaruhi oleh karakteristik struktur kimia plastik PS yang cenderung mengalami depolimerisasi menjadi senyawa aromatik cair dibandingkan membentuk gas ringan (Wu *et al.*, 2014). Sebaliknya, plastik PP memiliki struktur hidrokarbon alifatik yang lebih mudah mengalami *cracking* menjadi molekul ringan seperti metana, etana, propana, butana, etilena, dan propilena sehingga menghasilkan fraksi gas lebih tinggi selama proses pirolisis (Yao *et al.*, 2025). Hasil ini sejalan dengan penelitian (Kiran *et al.*, 2000) yang melaporkan bahwa pirolisis plastik PP menghasilkan fraksi gas hingga sekitar 54,6%, sedangkan fraksi cair hanya sekitar 42% akibat pemutusan rantai hidrokarbon alifatik yang lebih intensif.

Selain itu, penggunaan katalis FCC pada suhu 450°C membantu meningkatkan proses *cracking* sekunder dan konversi senyawa volatil menjadi produk cair yang lebih stabil sehingga pembentukan gas dapat ditekan (Miandad *et al.*, 2017). Dengan demikian, peningkatan komposisi PS dan penggunaan katalis FCC berpengaruh terhadap peningkatan *yield* minyak serta penurunan *yield* gas hasil pirolisis.



Gambar 8. Analisis *Thermogravimetric* (TGA) Plastik PP, PS, dan PE. Sumber: (Miandad, *et al.*, 2016b)

Berdasarkan kurva *Thermogravimetric Analysis* (TGA) dari plastik *Polypropylene* (PP), *Polyethylene* (PE), dan *Polystyrene* (PS) berdasarkan penelitian (Miandad, *et al.*, 2016b). Hasil analisis menunjukkan bahwa plastik PP mulai mengalami degradasi termal pada kisaran suhu sekitar 240°C, mencapai sekitar 50% degradasi pada 350°C, dan mendekati 95% degradasi pada sekitar 425°C. Sementara itu, plastik PS mengalami degradasi satu tahap yang dimulai pada kisaran suhu sekitar 330°C, mencapai 50% degradasi pada sekitar 430°C, dan mendekati 95% degradasi pada sekitar 470°C. Hasil tersebut menunjukkan bahwa temperatur 450°C berada pada rentang optimum degradasi termal untuk plastik PP dan PS sehingga efektif digunakan pada proses pirolisis dalam penelitian ini.

Kondisi tersebut menjelaskan mengapa pada penelitian ini diperoleh *yield* minyak yang relatif tinggi pada seluruh variasi komposisi bahan baku, yaitu sebesar 81% pada PP100:PS0, meningkat menjadi 84% pada PP80:PS20, dan mencapai 86% pada PP60:PS40. Temperatur operasi 450°C memungkinkan terjadinya pemutusan rantai polimer secara intensif sehingga meningkatkan pembentukan senyawa volatil yang terkondensasi sebagai minyak pirolisis (Kiran *et al.*, 2004).

Penelitian (Kiran *et al.*, 2004) juga menunjukkan bahwa degradasi termal plastik PP dan PS telah berlangsung signifikan pada temperatur di bawah 450°C, sehingga temperatur tersebut dianggap cukup untuk menghasilkan konversi tinggi menjadi produk volatil. Kondisi ini konsisten dengan penelitian (Miandad *et al.*, 2017) yang menyatakan bahwa dominasi fraksi cair dibandingkan residu pada proses pirolisis campuran plastik menunjukkan bahwa temperatur operasi berada pada rentang optimum untuk proses pirolisis katalitik menggunakan katalis FCC.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, variasi komposisi bahan baku *Polypropylene* (PP) dan *Polystyrene* (PS) berpengaruh terhadap distribusi produk pirolisis menggunakan katalis FCC 5% pada suhu 450°C. Peningkatan komposisi PS menyebabkan *yield* minyak meningkat dari 81% pada PP100:PS0 menjadi 86% pada PP60:PS40, sedangkan *yield* gas menurun dari 14,3% menjadi 6% dan *yield* residu meningkat dari 4,7% menjadi 8%. Peningkatan *yield* minyak dipengaruhi oleh karakteristik struktur aromatik plastik PS yang lebih mudah mengalami depolimerisasi menjadi senyawa cair seperti

*styrene*, sementara plastik PP yang bersifat alifatik cenderung menghasilkan fraksi gas lebih tinggi. Penggunaan katalis FCC dan temperatur operasi 450°C terbukti efektif meningkatkan proses *cracking* dan konversi limbah plastik menjadi minyak pirolisis sehingga pembentukan fraksi cair menjadi lebih optimal dibandingkan produk gas dan residu.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Approach, B. (2023). *A Thermo-Catalytic Pyrolysis of Polystyrene Waste Review : A*.
- Chen, W.-H., Pratim Biswas, P., Kwon, E. E., Park, Y.-K., Rajendran, S., Gnanasekaran, L., & Chang, J.-S. (2023). Optimization of the process parameters of catalytic plastic pyrolysis for oil production using design of experiment approaches: A review. *Chemical Engineering Journal*, *471*, 144695. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.144695>
- Demirbaş, A., & Arin, G. (2002). An overview of biomass pyrolysis. *Energy Sources*, *24*(5), 471–482. <https://doi.org/10.1080/00908310252889979>
- Kiran, N., Ekinci, E., & Snape, C. E. (2000). *Recycling of plastic wastes via pyrolysis*. *29*, 273–283.
- Kiran, N., Ekinci, E., & Snape, C. E. (2004). *Pyrolysis of virgin and waste polypropylene and its mixtures with waste polyethylene and polystyrene*. *24*, 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2003.06.002>
- Kusenbergh, M., Zayoud, A., Roosen, M., Thi, H. D., Abbas-Abadi, M. S., Eschenbacher, A., Kresovic, U., De Meester, S., & Van Geem, K. M. (2022). A comprehensive experimental investigation of plastic waste pyrolysis oil quality and its dependence on the plastic waste composition. *Fuel Processing Technology*, *227*, 107090. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2021.107090>
- Kyaw, K. T., Su, C., & Hmwe, S. (2015). *EFFECT OF VARIOUS CATALYSTS ON FUEL OIL PYROLYSIS*. *8*(5), 794–802.
- Lee, K. H. (2012). Effects of the types of zeolites on catalytic upgrading of pyrolysis wax oil. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, *94*, 209–214. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2011.12.015>
- Maafa, I. M. (2021). *Pyrolysis of Polystyrene Waste : A Review*.
- Miandad, R., Barakat, M. A., Aburizaiza, A. S., Rehan, M., Ismail, I. M. I., & Nizami, A. S. (2016). International Biodeterioration & Biodegradation Effect of plastic waste types on pyrolysis liquid oil Kingdom of Saudi Arabia. *International Biodeterioration & Biodegradation*. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.09.017>
- Miandad, R., Barakat, M. A., Rehan, M., Aburizaiza, A. S., Ismail, I. M. I., & Nizami, A. S. (2017). Plastic waste to liquid oil through catalytic pyrolysis using natural and synthetic zeolite catalysts. *Waste Management*, *69*, 66–78. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.032>
- Nahid, M., & Hamid, H. (2009). Pyrolysis of mixed plastics for the recovery of useful products. *Fuel Processing Technology*, *90*(4), 545–552. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2009.01.003>
- Odejobi, O. J., Oladunni, A. A., Sonibare, J. A., & Abegunrin, I. O. (2020). Oil yield optimization from co-pyrolysis of low-density polyethylene (LDPE), polystyrene (PS) and polyethylene terephthalate (PET) using simplex lattice mixture design. *Fuel Communications*, *2–5*, 100006. <https://doi.org/10.1016/j.jfueco.2020.100006>
- Palmay, P., Medina, C., Donoso, C., Barzallo, D., & Bruno, J. C. (2023). Catalytic pyrolysis of recycled polypropylene using a regenerated FCC catalyst. *Clean Technologies and Environmental Policy*, *25*(5), 1539–1549. <https://doi.org/10.1007/s10098-022-02453-4>
- Ratnasari, D. K., Nahil, M. A., & Williams, P. T. (2017). Catalytic pyrolysis of waste plastics using staged catalysis for production of gasoline range hydrocarbon oils. In *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* (Vol. 124). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2016.12.027>
- Roland Geyer, Jenna R. Jambeck, & Kara Lavender Law. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, *July*, 1–5. <http://advances.sciencemag.org/>
- Sharuddin, S. D. A., Abnisa, F., Daud, W. M. A. W., & Aroua, M. K. (2016). A review on pyrolysis of plastic wastes. *Energy Conversion and Management*, *115*, 308–326.
- SIPSN and Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2023). *SIPSN and Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK)*. <https://indonesiaasri.com/edukasi/data-sampah-di-indonesia/>
- Stöcker, M. (2008). Biofuels and biomass-to-liquid fuels in the biorefinery: Catalytic conversion of lignocellulosic biomass using porous materials. *Angewandte Chemie - International Edition*, *47*(48), 9200–9211. <https://doi.org/10.1002/anie.200801476>
- Tina, E., Christopher, I., & Aibuedefe, F. (2021). Environmental Technology & Innovation Thermal and catalytic pyrolysis of waste polypropylene plastic using spent FCC catalyst. *Environmental Technology & Innovation*, *22*, 101455. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101455>
- Wu, J., Chen, T., Luo, X., Han, D., Wang, Z., & Wu, J. (2014). TG / FTIR analysis on co-pyrolysis behavior of PE , PVC and PS. *Waste Management*, *34*(3), 676–682. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.12.005>
- Yao, L., Zhu, J., Li, S., Ma, Y., & Yue, C. (2025). Analysis of liquid products and mechanism of thermal/catalytic pyrolysis of polypropylene. *Polymer Degradation and Stability*, *238*, 111338. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2025.111338>