

Pengaruh Temperatur terhadap Persentase Yield pada Proses Perengkahan Katalitik Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Cair

Nurul Kholidah

Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Kimia, Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang
nurulkholidah92@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan konsumsi energi dan peningkatan timbulan sampah plastik merupakan dua permasalahan besar yang muncul seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan pertambahan penduduk. Salah satu jenis sampah plastik polystyrene yang dapat diolah menjadi bahan bakar cair dengan proses perengkahan adalah styrofoam. Pada penelitian ini, proses perengkahan sampah plastik polystyrene dilakukan dengan proses perengkahan katalitik dengan menggunakan katalis Al_2O_3 . Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap persentase yield produk dan karakteristik produk yang dihasilkan dari proses perengkahan katalitik sampah plastik polystyrene menggunakan katalis Aluminium Oksida. Proses perengkahan katalitik dilakukan didalam reaktor jenis fixed bed, dimana proses berlangsung pada suhu 150 °C, 200 °C, 250 °C dan 300 °C dengan waktu perengkahan 60 menit dan berat katalis 6% dari berat styrofoam yaitu 250 gram. Dari hasil penelitian diperoleh persentase yield cairan tertinggi sebesar 17,0% pada temperatur 250 °C, sedangkan karakteristik bahan bakar cair yang mendekati karakteristik gasoline yaitu pada temperature 250 °C, lama waktu perengkahan 60 menit dan berat katalis 6%, dimana masing-masing diperoleh nilai densitas sebesar 0.763 g/mL, specific gravity sebesar 0.778 dan °API gravity sebesar 50.2. Untuk bahan bakar cair yang diperoleh dari hasil perengkahan polystyrene pada suhu 150 °C, 200 °C dan 300 °C masih berada dalam rentang toleransi karakteristik bensin. Bahan bakar cair yang dihasilkan dari proses perengkahan katalitik dianalisa menggunakan alat GC-MS, dimana hasil analisa menunjukkan bahwa bahan bakar cair tersebut termasuk kedalam fraksi bensin.

Kata Kunci: Katalis Al_2O_3 ; Polystyrene; Proses Perengkahan Katalitik; Sampah Plastik

ABSTRACT

Increasing energy consumption and increasing plastic waste generation are two major problems that arise as the economy grows and the population grows. One type of plastic waste polystyrene that can be processed into liquid fuel by the process of cracking is styrofoam. In this research, the cracking process of polystyrene plastic waste is done by catalytic cracking process using Al_2O_3 catalyst. This study aims to determine the effect of temperature on the percentage of product yield and product characteristics resulting from the catalytic cracking process of polystyrene plastic waste using Aluminum Oxide catalyst. The catalytic cracking process is carried out in a fixed bed reactor, where the process takes place at 150 °C, 200 °C, 250 °C and 300 °C with a 60 minutes cracking time and a catalyst weight of 6% by weight of styrofoam of 250 g. From the result of the research, the highest percentage of liquid yield is 17,0% at temperature 250 °C, while the liquid fuel characteristic approaching gasoline characteristic is 250 °C, 60 minutes of cracking time and 6% catalyst weight, density of 0.763 g / mL, specific gravity of 0.778 and °API gravity of 50.2. For liquid fuels obtained from polystyrene cracking at a temperature of 150 °C, 200 °C and 300 °C are still within the tolerable range of gasoline characteristics. Liquid fuels resulting from the catalytic cracking process are analyzed using a GC-MS device, where the analysis results show that the liquid fuel is included in the gasoline fraction.

Keywords: Al_2O_3 Catalyst; Polystyrene; Catalytic Cracking Process; Plastic Waste

PENDAHULUAN

Peningkatan konsumsi energi dan peningkatan timbulan sampah merupakan dua permasalahan besar yang muncul seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan pertambahan penduduk.

Menurut Nugraha dkk (2013), konsumsi energi di Indonesia tercatat terus meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata pertahun sebesar 5,2 % di berbagai sektor seperti transportasi, industri dan energi listrik untuk rumah tangga, sebaliknya cadangan energi nasional yang semakin menipis menimbulkan kekhawatiran akan krisis energi di masa mendatang jika tidak ditemukan sumber-sumber energi yang baru.

Sampah plastik merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang dihadapi saat ini yang dapat berdampak buruk pada manusia maupun lingkungan karena sifatnya yang non-biodegradable. Beberapa Penanganan sampah yang populer selama ini adalah 3R (Reuse, Reduce, Recycle). Akan tetapi masing-masing penanganan sampah tersebut mempunyai kelemahannya masing-masing.

Penanganan sampah plastik tidak dapat dilakukan dengan metode landfill maupun open dumping karena akan sulit terurai. Pemusnahan limbah plastik dengan cara pembakaran (incineration) juga kurang efektif dan beresiko menyebabkan munculnya polutan dari emisi gas buang (CO_2 , CO , NO_x dan SO_x) dan partikulat pencemar lainnya (Nindita, 2015).

Oleh karena itu diperlukan alternatif lain dalam penanganan sampah plastik yang lebih menguntungkan, salah satunya adalah dengan mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak sebagai sumber energi alternatif karena pada dasarnya plastik berasal dari minyak bumi sehingga dikembalikan ke bentuk semula.

Metode ini termasuk dalam recycle tetapi proses daur ulang yang dilakukan tidak hanya mengubah sampah plastik langsung ke plastik lagi, tetapi juga mengubah sampah plastik menjadi bentuk

bahan bakar. Dengan cara ini dua permasalahan penting bisa diatasi, yaitu bahaya menumpuknya sampah plastik dapat diminimalisasi dan diperolehnya kembali bahan bakar minyak yang dihasilkan melalui proses perengkahan salah satu limbah dari plastik (Surono, 2013). Polystyrene merupakan salah satu jenis plastik yang dapat dijadikan bahan baku dalam mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar. Teknologi dalam mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar ini dikenal dengan proses perengkahan (cracking). Perengkahan adalah proses pemecahan polimer yang molekulnya besar menjadi senyawa dengan berat molekul lebih rendah (Sari, 2017).

Proses perengkahan ada dua macam, yaitu proses perengkahan termal dan katalitik. Proses perengkahan menggunakan tekanan tinggi dan suhu yang berkisar $350\text{ }^\circ\text{C}$ sampai dengan $900\text{ }^\circ\text{C}$ tanpa menggunakan katalis disebut dengan perengkahan termal. Sedangkan dengan menggunakan suhu dan tekanan yang lebih rendah dengan adanya katalis disebut dengan perengkahan katalitik (Nanda, 2107). Dilihat dari proses-proses tersebut, proses perengkahan katalitik merupakan proses yang paling tepat dan merupakan metode perengkahan yang sering digunakan karena menggunakan katalis yang dapat mereduksi suhu tinggi yang digunakan pada proses perengkahan termal dan dapat menghemat konsumsi energi (Wahyudi dkk, 2016).

Dalam penelitian ini, proses perengkahan dilakukan dengan menggunakan katalis padat yaitu Aluminium Oksida (Al_2O_3). Aluminium Oksida merupakan oksida dari aluminium yang banyak digunakan sebagai katalis, terutama pada reaksi perengkahan. Aluminium Oksida sangat cocok digunakan untuk kondisi operasi yang sangat tinggi karena mempunyai luas permukaan yang sangat besar dan titik leleh yang tinggi sebesar $2318\text{ }^\circ\text{C}$ (Miskah dkk, 2016). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan

bahan bakar cair dan mengetahui pengaruh variabel temperatur terhadap persentase yield produk yang dihasilkan dari proses perengkahan katalitik limbah plastik polystyrene menggunakan katalis Aluminium Oksida.

METODOLOGI PENELITIAN

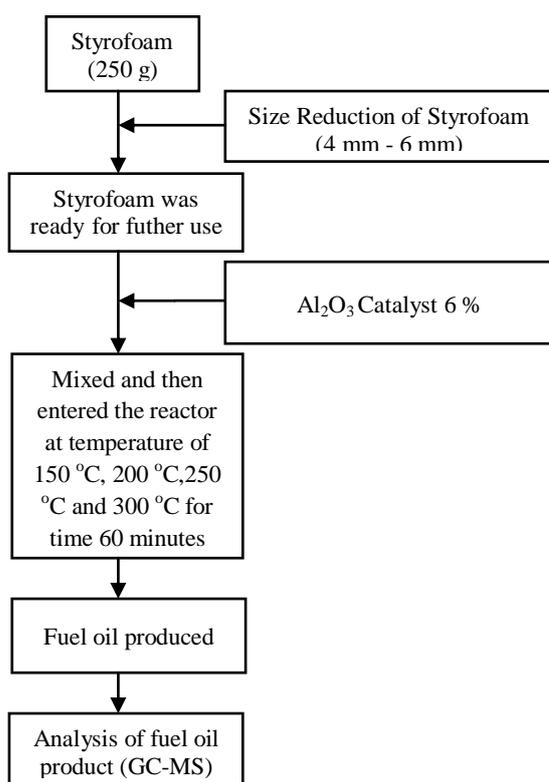
Penelitian ini dilakukan dari bulan Agustus 2016 sampai dengan Desember 2016 di Laboratorium Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya. Analisis komposisi produk cair yang dihasilkan dari proses perengkahan katalitik dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Universitas Gadjah Mada.

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah unit catalytic cracking, Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS), crucible, pycnometer, neraca analitik, gelas ukur, pipet ukur dan gelas kimia.

Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah plastik jenis polystyrene dalam bentuk styrofoam dan aluminium oksida sebagai katalis. Sampah plastik polystyrene dikumpulkan dari limbah rumah tangga dan katalis aluminium oksida diperoleh dari PT. Bratachem.

Prosedur



Gambar 1. Diagram alir proses konversi polystyrene menjadi bahan bakar minyak

Jenis sampah plastik polystyrene yang digunakan dalam penelitian ini adalah wadah makanan dan kemasan busa. Sebelum di proses bahan baku dibersihkan dengan air lalu dikeringkan secara alami menggunakan sinar matahari. Pada tahap pertama, bahan baku yang digunakan dikecilkan ukurannya menjadi 4-6 mm dan kemudian ditimbang menurut variabel penelitian. Selanjutnya, 250 g sampah plastik yang telah dikecilkan ukurannya tadi dicampur dengan katalis Al₂O₃ dan dimasukkan ke dalam reaktor. Sebelum digunakan, Al₂O₃ diaktivasi pada temperatur 300 °C selama 3 jam. Proses perengkahan dilakukan pada suhu 150 °C, 200 °C, 250 °C dan 300 °C dengan penambahan katalis sebanyak 6 % dari berat bahan baku dan lama waktu perengkahan 60 menit. Proses perengkahan katalitik dilakukan dengan memanaskan reaktor dengan pemanas. Uap yang terbentuk mengalir dari atas reaktor, dikondensasi dan kemudian ditampung di Erlenmeyer. Bahan bakar minyak yang dihasilkan kemudian dikumpulkan dan selanjutnya dilakukan analisa lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik dan komposisi menggunakan GC-MS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pada percobaan ini, perengkahan katalitik sampah plastik polystyrene dilakukan dalam reaktor jenis *fix bed* yang dioperasikan pada suhu 150 °C, 200 °C, 250 °C dan 300 °C dengan katalis Al₂O₃. Konversi polystyrene menjadi bahan bakar cair melalui proses perengkahan katalitik menghasilkan residu padat, cair dan gas. Massa produk dan karateristik bahan bakar cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Massa Produk dari Proses

Lama Waktu Perengkahan (Menit)	Berat Katalis (%)	Temp. Operasi (°C)	Yield			
			Konversi (%)	Cairan (%)	Gas (%)	Solid (%)
60	6	150	79.8	15.6	64.1	20.2
60	6	200	81.4	16.8	64.6	18.6
60	6	250	82.9	17.0	65.9	17.1
60	6	300	83.7	16.1	67.6	16.3

Perengkahan Katalitik Sampah Plastik Polystyrene

Variabel Percobaan			Parameter yang diukur		
Temp. Operasi (°C)	Lama Waktu Perengkahan (Menit)	Berat Katalis (%)	Massa Produk		
			Cair (g)	Gas (g)	Padat (g)
150	60	6	39.1	160.3	50.6
200	60	6	42.1	161.5	46.4
250	60	6	42.5	164.7	42.8
300	60	6	40.2	169.0	40.8

Tabel 2. Sifat Kimia Bahan Bakar Cair dari Proses Perengkahan Katalitik Sampah Plastik Polystyrene

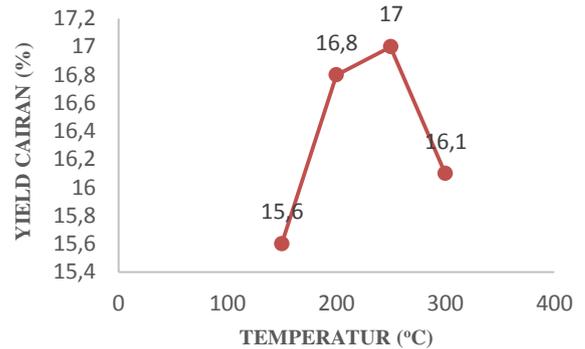
Variabel Percobaan			Parameter yang dianalisa		
Temp. Operasi (°C)	Lama Waktu Perengkahan (Menit)	Berat Katalis (%)	Densitas (g/mL)	Spgr	°API Gravit
200	60	6	0.768	0.784	49.0
250	60	6	0.763	0.779	50.2
300	60	6	0.753	0.768	52.7

Tabel 3. Persentasi Yield Produk dan Persentasi Konversi Produk dari Proses Perengkahan Katalitik Sampah Plastik Polystyrene

PEMBAHASAN

Pengaruh Temperatur terhadap Persentase Yield Cairan

Hubungan antara temperatur terhadap persentase yield cairan yang dihasilkan dari proses perengkahan katalitik sampah plastik polystyrene dengan lama waktu perengkahan 60 menit dan berat katalis 6% dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh Temperatur terhadap Persentase Yield Cairan

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur, maka persentase yield cairan yang dihasilkan dari proses perengkahan terjadi peningkatan. Semakin tinggi temperatur maka yield cairan yang dihasilkan juga semakin besar. Hal ini dikarenakan pada suhu tinggi rantai karbon akan lebih mudah terengkah dibandingkan pada suhu rendah (Priyatna dkk, 2015).

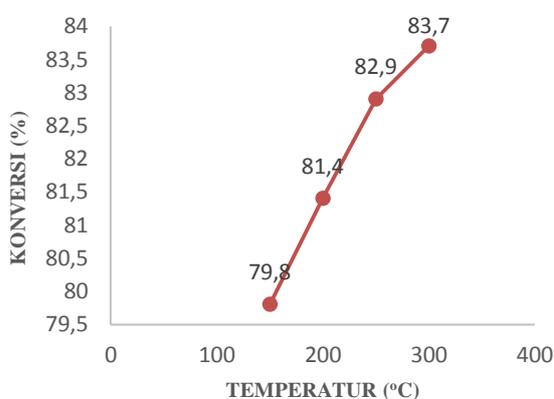
Grafik di atas menunjukkan persentase yield cairan tertinggi diperoleh pada suhu 250 °C yaitu sebesar 17,0 %, sedangkan persentase yield cairan terendah diperoleh pada suhu 150 °C yaitu sebesar 15,6 %. Namun, pada temperatur 300 °C persentase yield cairan terjadi penurunan yaitu sebesar 16,1 %, ini karena pada suhu yang lebih tinggi, hasil gas yang dihasilkan lebih banyak daripada hasil cairan.

Menurut Wibowo dkk (2015), temperatur memiliki pengaruh penting terhadap hasil produk. Pada temperatur yang lebih tinggi hasil gas akan semakin banyak, hasil minyak akan meningkat sampai batas tertentu kemudian menurun, sedangkan hasil padatan cenderung rendah. Semakin tinggi temperatur nilai kalor untuk hasil gas juga meningkat, untuk hasil padatan cenderung konstan, sedangkan untuk hasil minyak akan semakin menurun. Hal yang sama juga diungkapkan oleh Wardana dkk (2016), Tingginya temperatur juga berdampak pada turunnya kuantitas cairan disertai dengan tingginya produk gas. Hal ini disebabkan oleh proses secondary cracking yang memecah rantai panjang senyawa organik

dan hidrokarbon menjadi rantai yang lebih pendek sehingga tidak dapat dikondensasikan

Pengaruh Temperatur terhadap Persentase Konversi Produk

Hubungan antara pengaruh temperatur terhadap persentase konversi produk dari proses perengkahan katalitik sampah plastik polystyrene dengan lama waktu perengkahan 60 menit dan berat katalis 6% dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Temperatur terhadap Persentase Konversi Produk

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa temperatur mempengaruhi produk yang dihasilkan dari proses perengkahan katalitik sampah plastik polystyrene. Semakin tinggi temperatur, maka persentase konversi produk juga meningkat. Secara teoritis, Peningkatan temperatur perengkahan membuat konversi produk juga meningkat, karena menghasilkan molekul yang lebih kecil (Nazif dkk, 2016). Adapun untuk pengaruh temperatur, percobaan yang sama dilakukan oleh Houshmand dkk (2013), menggunakan bahan baku polystyrene dengan katalis novel dimana diperoleh bahwa semakin tinggi temperatur perengkahan, maka konversi produk akan meningkat juga.

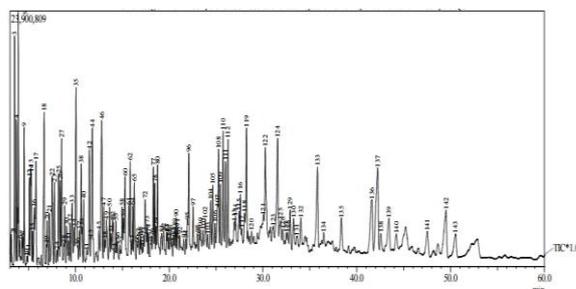
Pada temperatur 300 °C, persentase konversi produk mencapai 83,7%, yang merupakan persentase konversi produk tertinggi dibandingkan dengan persentase konversi produk pada variasi temperatur

lainnya. Untuk temperature operasi 150 °C, 200 °C dan 250 °C masing-masing persentase konversi produk adalah 79,8%, 81,4% dan 82,9%.

Analisis GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry)

Analisis menggunakan instrumen GC-MS dilakukan untuk menentukan persentase dan komposisi unsur-unsur hidrokarbon yang terkandung dalam produk cair yang dihasilkan dari proses perengkahan katalitik sampah plastik polystyrene.

Hasil analisis GC-MS untuk produk cair pada suhu 250 °C, lama waktu perengkahan 60 menit dan berat katalis 6%, dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Analisis GC-MS (temperatur 250 °C, katalis Al₂O₃ 6 % and waktu perengkahan 60 menit)

Bahan bakar cair diklasifikasikan menjadi tiga kelompok yaitu fraksi bensin (C₅-C₁₂), fraksi diesel (C₁₃-C₂₀) dan minyak berat (>C₂₀). Berdasarkan gambar 6, komposisi bahan bakar cair yang dihasilkan terdiri dari senyawa alkena (olefin), alkana (parafin), hidrokarbon aromatik dan senyawa lainnya. Analisis menggunakan GC-MS, dapat dilihat bahwa produk cair yang dihasilkan mengandung fraksi bensin (C₅-C₁₂) lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi lain.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Temperatur mempengaruhi persentase yield produk dan persentase konversi produk dalam proses perengkahan katalitik sampah plastik polystyrene

2. Karakteristik bahan bakar cair yang mendekati karakteristik bensin yaitu pada temperatur 250 °C, lama waktu perengkahan 60 menit dan berat katalis 6%, dimana masing-masing nilai densitas 0,763 g/mL, spgr 0,778 dan °API gravity 50,2.
3. Kondisi optimum proses perengkahan katalitik sampah plastik polystyrene dengan katalis Al₂O₃ adalah pada temperatur 250 °C dengan jumlah katalis 6%, dimana diperoleh persentasi yield cairan 17,0 %

DAFTAR PUSTAKA

- Houshmand D, B. Roozbehani and A. Badakhshan. 2013. Thermal and Catalytic Degradation of Polystyrene with a Novel Catalyst. *Int. J Sci. Emerging Tech* Vol-5.
- Miskah, Siti., Gumay, Niken Puteri., Yuliani, Ovia., 2016. Pengolahan Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair dengan Proses Catalytic Cracking. Fakultas Teknik. Universitas Sriwijaya.
- Nanda, Ayu Rizky 2017. Perengkahan Termal Campuran Sampah Plastik Jenis Polipropilena dan Kayu Bulian (*Eusideroxylon zwageri* T. & B) Menghasilkan Bahan Bakar Minyak. Artikel Ilmiah. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Jambi.
- Nazif, Rio., Wicaksono., Erlangga., dahliana, Halimatud., 2016. Pengaruh Suhu Pirolisis dan Jumlah Katalis Karbon Aktif terhadap Yield dan Kualitas Bahan Bakar Cair dari Limbah Plastik Jenis Polipropilena. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 5, No. 3.
- Nindita, Velma., 2015. Studi Berbagai Metode Pembuatan BBM dari Sampah Plastik Jenis LDPE Dan PVC Dengan Metode Thermal & *Catalytic Cracking (Ni-Cr/Zeolit)*. *TEKNIS*, Volume 10, Nomor 3 : 137 –144.
- Nugraha, Mahendra Fajri., Wahyudi, Arifuddin., Gunardi, Ignatius., 2013. Pembuatan *Fuel* Dari *Liquid* Hasil Pirolisis Plastik Polipropilen Melalui Proses Reforming Dengan Katalis NiO/T-Al₂O₃. Institute Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Priyatna, Aldi Okta., Zultiniar dan Edy Saputra. 2015. Perengkahan Katalitik Limbah Plastik Jenis *Polypropylene (PP)* Menjadi Bahan Bakar Minyak Menggunakan Katalis Zeolit A. *JOM FTEKNIK* Volume 2 No 2. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik. Universitas Riau.
- Sari, Gina Lova., 2017. Kajian Potensi Pemanfaatan Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Cair. *AL-ARD: Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol 3. No. 1 (06-13). Universitas Singaperbangsa Karawang. Indonesia.
- Surono, Untoro Budi., 2013. Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Teknik* Vol.3 No.1, ISSN 2088 – 3676.
- Wahyudi, Ekky., Zultiniar., Edy Saputra., 2015. Pengolahan Sampah Plastik Polypropylene (PP) Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Metode Perengkahan Katalitik Menggunakan Katalis Zeolit X. *JOM FTEKNIK* Volume 2, No 2.
- Wardana, Novan Yuda., Caroko., Novi., Thoharudin., 2016. Pirolisis Lambat Campuran Cangkang Sawit dan Plastik dengan Katalis Zeolit Alam. *Teknoin* Vol. 22 No 5 : 361-366
- Wibowo, Adityo Suryo Aji., 2011. Studi Sifat Minyak Pirolisis Campuran Sampah Biomassa dan Sampah Plasti Polypropylene (PP). Skripsi. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.