

TA/TL/2022/1404

**LAPORAN TUGAS AKHIR
ANALISIS KUALITAS MINYAK HASIL PIROLISIS
SAMPAH POPOK**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**HATTA GUTAMA
17513025**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022**

TUGAS AKHIR
ANALISIS KUALITAS MINYAK HASIL PIROLISIS
SAMPAH POPOK

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



HATTA GUTAMA
17513025

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


Yebi Yuriana, S.T., M.Eng

NIK : 135130503

Tanggal: 17 Januari 2022

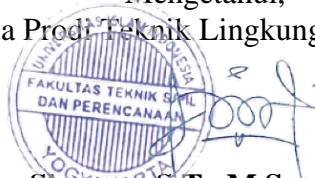

Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng.

NIK : 095130404

Tanggal: 17 Januari 2022

Mengetahui,*

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Eko Siswono, S.T., M.Sc., ES., Ph.D.

NIK : 025100406

Tanggal: 26 Januari 2022

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KUALITAS MINYAK HASIL PIROLISIS
SAMPAH POPOK**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin
Tanggal : 17 Januari 2022

Disusun Oleh:

HATTA GUTAMA
17513025

Tim Penguji :


Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng

Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng

Fina Binazir Maziva, S.T., M.T.

()

()

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 6 Januari 2022

Yang membuat pernyataan,



Hatta Gutama

NIM: 17513025

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak tanggal 15 Maret 2020 ini ialah “Analisis Kualitas Minyak Hasil Pirolisis Limbah Sampah Popok”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Yebi Yuriandala selaku pembimbing pertama, serta Bapak Hijrah Purnama Putra selaku pembimbing yang telah banyak memberisaran. Di samping itu, hormat dan terimakasih penulis sampaikan kepada Bapak Sangudi pemilik bengkel pirolisis telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, kakak, serta teman-teman, atas segala doa dan kasih sayangnya.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat.

Yogyakarta, 6 Januari 2022

Hatta Gutama

ABSTRAK

Popok bayi sekali pakai menjadi solusi bagi para orang tua karena penggunaannya yang cepat, praktis dan instan. Padahal di dalam popok bayi yang beredar di pasaran mengandung zat kimia yang berbahaya bagi lingkungan diantaranya zat *xenobiotic* dan merupakan plastik yang dapat mencemari lingkungan karena tidak dapat terdekomposisi secara alami. Penelitian ini bertujuan untuk Menganalisis kualitas, kuantitas dan efektifitas pirolisis sampah popok (tanpa lapisan *Super Absorbant Polymer* SAP) dengan campuran sampah kemasan dalam menghasilkan alternatif bahan bakar cair. Pengolahan sampah dalam penelitian ini menggunakan metode pirolisis. Metode pirolisis adalah salah satu teknologi alternatif untuk mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar dengan alat yang berkapasitas 500 gram *batch*, suhu maksimum pirolisis 450°C, dengan komposisi P1 (100% sampah popok), P2 (50% sampah popok: 50% sampah kemasan), dan P3 (100% sampah kemasan). Pengukuran kenaikan suhu dan produksi *liquid*, *solid* dan *gass*. Pengujian kualitas *liquid* terkait nilai kalor, *pour point*, dan *flash point* dilakukan dan dibandingkan dengan literatur dan regulasi standar di Indonesia. Penambahan plastik kemasan dalam proses pyrolisis sampah popok dapat meningkatkan produksi cairan karena adanya AI yang mengoptimalkan suhu dalam tabung serta meningkatkan *heating rate*. Pirolisis ini menunjukkan bahwa produksi minyak paling tinggi adalah pada campuran sampah popok dan kemasan 277.32 ml. Secara kualitas minyak adanya sampah kemasan efektif meningkatkan *pour point*, menurunkan *flash point* tetapi menurunkan nilai kalor. Sampah popok efektif meningkatkan nilai kalor, tetapi menurunkan *pour point* dan *flash point*. Berdasarkan hasil analisis karakteristik minyak pada penelitian ini secara umum masih dibawah kriteria bahan bakar yang di komersilkan.

ABSTRACT

Disposable baby diapers are a solution for parents because it is easy to use, practical and instant. Whereas in baby diapers circulating in the market contain chemicals that are harmful to the environment, including xenobiotic substances and there are plastics that can pollute the environment it cannot be decomposed naturally. This study aims to analyze the quality, quantity and effectiveness of pyrolysis of diaper waste (without Super Absorbant Polymer SAP layer) mixed with packaging waste to produce alternative liquid fuels. Waste processing in this study using the pyrolysis method. The pyrolysis method is an alternative technology to convert plastic waste into fuel with a device with a capacity of 500 grams batch, maximum pyrolysis temperature of 450°C, with the composition P1 (100% diaper waste), P2 (50% diaper waste: 50% packaging waste), and P3 (100% packaging waste). Measurement of temperature rise and production of liquids, solids and gases. Liquid quality tests related to density, calorific value, pour point, and flash point were carried out and compared with literature and standard regulations in Indonesia. The addition of plastic packaging in the pyrolysis process of diaper waste can increase fluid production due to the presence of Al which optimizes the temperature in the tube and increases the heating rate. This pyrolysis showed that the highest oil production was in the mixture of diaper waste and packaging about 277.32 ml. In terms of oil quality, the presence of packaging waste is effective in increasing the pour point, lowering the flash point and calorific value. Diaper waste effectively increases calorific value, but decreases pour point and flash point. Based on the results of the analysis of the characteristics of the oil in this study, in general it is still below the criteria for commercial fuels.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	8
DAFTAR TABEL.....	9
DAFTAR GAMBAR.....	10
BAB I.....	11
PENDAHULUAN.....	11
1.1 Latar Belakang.....	11
1.2 Perumusan Masalah.....	12
1.3 Tujuan.....	12
1.4 Manfaat.....	13
1.5 Ruang Lingkup TA.....	13
BAB II.....	14
TINJAUAN PUSTAKA.....	14
2.1 Pirolisis.....	14
2.2 Plastik.....	18
2.3 Popok Bayi dan Sampah Kemasan.....	19
2.4 <i>Recycle</i> Plastik (Daur Ulang).....	20
2.5 Penelitian Terkait.....	21
BAB III.....	23
METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Metodologi Penelitian.....	23
3.2 Studi Pustaka.....	24
3.3 Prosedur Penelitian.....	24
3.3.1 Menyiapkan Bahan.....	26
3.3.2 Pengamatan Pirolisis.....	27
BAB IV.....	28
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Proses Pirolisis.....	28
4.2 Produk Pirolisis.....	30
4.3 Analisis Minyak Hasil Pirolisis.....	32
BAB IV.....	34
KESIMPULAN.....	34

DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	38

DAFTAR TABEL

Table 1 Karakteristik Jenis Plastik	18
Table 2 Perbandinga Sampel pirolisis	25
Table 3 Metode penentuan Parameter	26
Table 4 Hasil Pirolisis Sampah Popok dengan Sampah Kemasan	31
Table 5 Hasil Kualitas Minyak	32



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Lapisan popok (Uyanik SEVAL dkk.2018).....	20
Gambar 2 Gambar diagram alir metodologi penelitian.....	23
Gambar 3 Alat Pirolisis (Prianto, 2018).....	25
Gambar 4 Pemisahan Popok	26
Gambar 5 Sampah Kemasan	26
Gambar 6 Proses Perlakuan Bahan Baku.....	27
Gambar 7 Grafik Proses Pirolisis.....	28
Gambar 8 Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu 450oC.....	28
Gambar 9 Grafik Tingkat Volume per menit.....	30



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan sampah plastik di Indonesia masih belum bisa di tangani secara maksimal. Limbah plastik merupakan sumber masalah karena tidak dapat membusuk, tidak dapat menyerap air dan pada akhirnya tidak dapat diuraikan/didegradasi dalam tanah (Naimah dkk, 2020). Selama ada aktivitas manusia sampah akan terus bertambah. Karakteristik sampah yang dihasilkan di Indonesia berupa sampah organik sebesar 60% dan sampah non-organik sebesar 40%. Komposisi sampah plastik berada di peringkat dua sampah terbanyak setelah sampah organik (Pramiati, 2016).

Perusahaan menggunakan plastik sebagai pilihan utama sebagai bahan kemasan produk. Perusahaan semakin berinovasi dalam mengembangkan kemasan yang tahan lama dan menarik. Tujuan utamanya adalah supaya dapat menarik konsumen dan menjaga produk tetap dalam keadaan baik. Plastik yang biasa digunakan dalam kemasan adalah jenis PP, PE, HDPE dan LDPE, aluminium foil serta bahan adhesive (Hamdi dkk, 2018).

Material plastik sudah menjadi bahan yang sangat bermanfaat di dunia industri. Tak hanya pada kemasan produk, tetapi juga sebagai salah satu bahan pembuatan popok bayi. Penggunaan popok bayi tidak tergantikan karena keunggulannya yang cepat, praktis dan instan. Padahal dalam popok bayi tersebut terkandung bahan plastik yang termasuk beracun bagi bayi dan dapat mencemari lingkungan karena tidak dapat terdekomposisi secara alami.

Sampah plastik sangat sulit terurai dan masuk dalam kategori material yang sangat lama terdekomposisi secara alami. Metode *landfill* yang banyak digunakan akan menghancurkan sampah dalam waktu 20-100 tahun, meskipun masih dalam bentuk mikro plastik. Pembakaran sampah dengan metode insenerasi belum bisa maksimal yang masih menyisakan asap dengan kandungan berbahaya. Pengelolaan plastik dengan membuat kerajinan tangan akan

memperpanjang waktu fungsi dari sampah sebelum dibuang ke TPA. Oleh karena itu perlunya penelitian lebih lanjut mengenai metode alternatif untuk mereduksi sampah plastik ini.

Pirolisis merupakan suatu metode untuk mengkonversi limbah plastik menjadi bahan bakar Hartulistyo, E dkk (2015). Pirolisis mengkonversi plastik menjadi fasa gas, padatan dan cair. Popok bayi tersusun dari plastik jenis PP, PE dan LDPE (*Low-Density Polyethylene*) sehingga berpotensi untuk dikonversi menjadi bahan bakar. Plastik berjenis PP (*Polypropylene*) dan PE (*Polyethylene*), dalam 1 kg plastik dapat menghasilkan 950 ml bahan bakar (Thorat dkk, 2013). Pada penelitian lain untuk nilai kalor dari jenis plastik *Polypropylene* dan *Polyethylene* sendiri cukup tinggi untuk dijadikan bahan bakar (Das dan Pande, 2007).

Oleh karena itu, pada penelitian kali ini akan melakukan analisis terkait kualitas dan kuantitas minyak hasil pirolisis sampah popok dan sampah kemasan dengan berat kedua sampel berdasarkan berat sampel dan suhu pirolisis.

1.2 Perumusan Masalah

Maka dari latarbelakang diatas, rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh dari pirolisis campuran sampel sampah plastik kemasan dan sampah popok terhadap bahan bakar minyak yang didapatkan?
2. Bagaimana kualitas dan kuantitas hasil dalam pirolisis sampah popok dan sampah kemasan?

1.3 Tujuan

Berdasarkan pemasalahan yang diuraikan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis perbandingan berat sampel sampah popok dengan sampah kemasan terhadap proses pirolisis dan hasil minyak yang didapatkan
2. Menjelaskan hasil kuantitas dan kualitas *yield* dari proses pirolisis sampah popok

1.4 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah untuk mendapatkan alternatif bahan bakar berupa minyak yang berasal dari sampah popok dan sampah kemasan. Sehingga penelitian ini dapat memberikan dampak positif kontribusi terhadap pengolahan sampah di Indonesia.

1.5 Ruang Lingkup TA

Ruang lingkup penelitian terbatas pada:

1. Pengambilan sampah kemasan dan sampah popok dilakukan di salah satu bank sampah yang ada di Yogyakarta.
2. Sampah kemasan dan sampah popok dibersihkan.
3. Pelaksanaan pirolisis dengan sampah popok bagian luarnya, tanpa ada lapisan penyerap airnya SAP (*super absorbant polymer*).
4. Analisis parameter minyak yang diantaranya nilai kalor, densitas, *flash point*, *pour point*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pirolisis

Proses penguraian biomassa dalam pemanasan dengan suhu tinggi disebut proses pirolisis (Jatmiko dkk, 2018). Pirolisis dipengaruhi beberapa faktor dalam prosesnya yaitu suhu, *heating rate*, waktu tinggal, kelembaban, tekanan, komposisi bahan, dan ukuran partikel. Proses *cracking* yaitu proses pemecahan rantai polimer menjadi senyawa yang berat molekulnya menjadi lebih rendah.

Cracking terbagi dalam dua proses yaitu berdasarkan panas *thermal cracking* dan berdasarkan dengan campuran katalis *catalytic cracking*. Perbedaannya adalah pada *thermal cracking* pemecahan rantai polimer menjadi senyawa yang lebih sederhana tanpa adanya oksigen. sedangkan *catalytic cracking* dengan penambahan katalis (Surono, 2013).

Penggunaan bahan plastik dalam proses pirolisis menghasilkan produk dalam tiga fase. Fase cair plastik akan berubah menjadi minyak kondensasi, fase padat akan membentuk arang sedangkan fase gas berbentuk gas yang dapat di kondensasikan (Hamidi dkk, 2013). Variasi pirolisis dengan menggunakan plastik jenis polistirena (PS) dan plastik *multilayer* mengandung lapisan alumunium mengakibatkan produksi cairan minyak menurun . Produksi minyak dalam pirolisis mulai terjadi pada suhu 100°C Susastriawan (2020). Suhu pada proses pirolisis menunjukkan panas yang diperlukan untuk dekomposisi rantai ikatan plastik, dimana efisiensi konversi meningkat dengan meningkatnya suhu. Namun, suhu yang sangat tinggi juga dapat mengurangi hasil produksi minyak. Hal ini karena suhu yang terlalu tinggi memicu menghasilkan gas. Kelebihan minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis lebih unggul dari alternatif bahan bakar lainnya. Minyak hasil pirolisis tidak mengandung air dan oksigen, sehingga nilai kalornya lebih besar dan juga tidak menyebabkan korosi (Hidayah, 2018).

Penelitian ini akan mengevaluasi beberapa parameter minyak diantaranya nilai kalor, *density*, *flash point*, dan *pour point*. Penjelasan dan metode uji untuk parameter minyak :

2.1.1 Uji Nilai Kalor

Nilai kalor adalah nilai panas pada satuan masa bahan bakar. Nilai kalor diuji dengan metode bom kalorimeter.

Berikut adalah langkah kerja untuk bom kalorimeter:

1. Persiapan peralatan
2. Menimbang berat benang, sampel, dan kawat nikelin.
3. Masukkan alat dan sampel kedalam bomb kalori meter dan tutup bomb kalori meter dengan rapat
4. Buka dan aliri bomb kalorimeter dengan Oksigen dan Isi bak kalorimeter dengan akuades hingga batas ukur.
5. Tutup valve bom kalorimeter dan atur tekanan 15-25 bar.
6. Mencatat interval suhu naik maupun turun dan menghitung hasil kalorimeter.

➤ Perhitungan Nilai kalori (Q)

$$Q = W \times \Delta T G \times 1000$$

Ket:

W = koefisien panas calorimeter (cal/oC)

G = berat bahan bakar (gram)

ΔT = pertambahan suhu (oC)

(Prianto, 2018)

2.1.2 Uji Densitas

Masa jenis atau densitas merupakan kerapatan suatu zat atau material yang di hitung dengan membagi volume dnengan berat. Metode pengujian densitas dengan SNI 1973:2016 Tentang Metode uji densitas. Secara umum didapatkan dengan membagi volume dengan berat. Berikut adalah langkah kerja untuk menghitung nilai densitas

1. Timbag berat wadah
2. Ukur Volume
3. Mengukur berat sampel
4. Pengurangan berat sampel dari berat wadah
5. Lakukan perhitungan

2.1.3 Uji *Flash point* (Titik Nyala)

Flash Point adalah nilai suhu minimum pada saat bahan bakar menyala karena adanya percikan api pada suhu tertentu. Semakin rendah nilainya semakin reaktif jika ter sulut oleh percikan api. Pengujian titik nyala dengan SNI 2433:2011. Berikut adalah langkah kerja untuk menguji nilai titik nyala:

1. Masukkan sampel ke dalam *furnace*
2. Nyalakan pengatur suhu
3. Naikkan suhu perlahan
4. Lewatkan api diatas *furnace*
5. Naikkan suhu perlahan sampai ada sedikit percikan api yang menyala
6. Catat pada suhu berapa muncul percikan api

(Prianto, 2018)

2.1.4 Uji *Pour point* (Titik Tuang)

Pour point adalah suatu kemampuan cairan mengalir dalam kondisi suhu tertentu. Nilai ini berfungsi pada saat dalam pembakaran apakah cairan dapat mengalir atau tidak hal ini mempengaruhi sistem pemompaan bahan bakar dalam mesin.

Berikut adalah langkah kerja untuk menguji titik tuang dengan menggunakan metode standar ASTM D 97:

1. Sampel dituangkan ke dalam *test jar* sampai batas.
2. Test jar ditutup dengan *cork* atau gabus yang terdapat *high-pour* termometer.
3. Panaskan sampel tanpa diaduk hingga suhu 9°C diatas angka *pour point* yang diperkirakan, tapi paling tidak panaskan hingga suhu 45°C, diamkan dan jaga suhu pada angka 12°C diatas angka *pour point* yang diperkirakan atau pada suhu 48°C lalu dinginkan hingga suhu 15°C. lalu pindahkan sampel ke *water bath* jaga suhu pada angka 6°C. Ganti *high-pour* termometer dengan *low-pour* termometer.
4. Sampel tersebut didinginkan dalam suhu kamar sampai 90°F
5. Pastikan piringan, paking, dan jaket bersih dan tidak basah. Letakkan disk pada bagian bawah jaket. Tempat paking di sekitar tabung uji, 25 mm dari bawah.

Memasukkan tabung tes di jaket. Jangan pernah menempatkan toples langsung ke dalam media pendingin.

6. Setelah spesimen mendingin untuk memungkinkan pembentukan kristal lilin parafin, berhati-hatilah agar tidak mengganggu massa spesimen atau mengizinkan termometer untuk bergeser dalam spesimen; setiap gangguan pada jaringan sepon kristal lilin akan menyebabkan hasil yang rendah dan salah.
7. Titik tuang dinyatakan dalam bilangan bulat positif atau kelipatan negatif 3°C . Mulailah memeriksa penampilan spesimen ketika suhu spesimen adalah 9°C di atas titik tuang yang diharapkan (diperkirakan sebagai kelipatan 3°C). Pada setiap pembacaan termometer uji yang merupakan kelipatan 3°C di bawah suhu awal, keluarkan tabung uji dari jaket. Untuk menghilangkan kelembaban kental yang membatasi visibilitas bersihkan permukaan dengan kain bersih yang dibasahi alkohol (etanol atau metanol). Miringkan toples secukupnya untuk memastikan apakah ada pergerakan benda uji dalam tabung uji. NS operasi lengkap untuk melepas, menyeka, dan mengganti harus membutuhkan tidak lebih dari 3 detik.
 - 7.1 Jika spesimen tidak berhenti mengalir ketika suhu telah mencapai 27°C , pindahkan tabung uji ke yang berikutnya mandi suhu lebih rendah.
 - 7.2 Segera setelah spesimen dalam toples tidak mengalir ketika miring, pegang toples dalam posisi horizontal selama 5 detik, seperti yang dicatat oleh perangkat waktu yang akurat dan amati dengan cermat. Jika spesimen menunjukkan gerakan apa pun, segera ganti tabung uji di jaket dan ulangi tes untuk aliran pada suhu berikutnya, 3°C lebih rendah.
8. Lanjutkan dengan cara ini sampai tercapai titik di mana spesimen tidak menunjukkan gerakan saat tabung uji dipegang posisi mendatar selama 5 s. Catat pembacaan yang diamati dari termometer percobaan.
9. Untuk spesimen hitam, stok silinder, dan nondistilasi spesimen bahan bakar, hasil yang diperoleh dengan prosedur yang dijelaskan adalah titik tuang atas (maksimum). Jika diperlukan, tentukan titik tuang (minimum) yang lebih rendah dengan pemanasan sampel sambil diaduk, hingga 105°C ,





menuangkannya ke dalam stoples, dan menentukan titik tuang seperti yang dijelaskan dalam 8.4 sampai 8.7.




10. Beberapa spesifikasi memungkinkan tes lulus/gagal atau memiliki batas titik tuang pada suhu yang tidak habis dibagi 3°C. Dalam ini kasus, itu adalah praktik yang dapat diterima untuk melakukan titik tuang pengukuran sesuai dengan jadwal berikut: Mulailah untuk memeriksa penampilan spesimen ketika suhu spesimen adalah 9°C di atas titik tuang spesifikasi. Lanjutkan pengamatan pada interval 3°C seperti yang dijelaskan pada 8.6 dan 8.7 sampai suhu spesifikasi tercapai. Laporkan sampel sebagai lulus atau tidak.

2.2 Plastik

Material plastik adalah turunan dari minyak bumi yang diperoleh dari hasil penyulingan. Susunan dan zat pembentuk material dalam plastik merupakan rangkaian polymer dan zat *additive*. Secara sederhana *polymer* merupakan susunan dari ikatan *monomer*. Berdasarkan sifatnya plastik dikelompokkan menjadi *thermoplastic* dan *termosetting*. *Thermoplastic* adalah sifat plastik yang pada saat dipanaskan dalam suhu tertentu akan mencair dan dapat dibentuk keinginan. Sedangkan sifat *termosetting* adalah sifat plastik yang tidak dapat dicairkan maupun di bentuk kembali dengan proses pemanasan. Berdasarkan kedua sifat plastik tersebut, plastik memiliki potensi dan sangat memungkinkan untuk didaur ulang. Plastik daur ulang dapat di klasifikasi menjadi beberapa 7 jenis.

Table 1 Karakteristik Jenis Plastik

Kode	Tipe Plastik	Beberapa Penggunaan Plastik
	PET atau PETE	Botol minuman, yang memiliki warna biru pada dasar botol
	HDPE	Botol pembersih, Shampo, Sabun cair, kebanyakan yang memiliki tekstur padat dan berwarna mencolok
	PVC atau V	Pipa saluran yang berwarna putih
	LDPE	Kantong sampah,

Kode	Tipe Plastik	Beberapa Penggunaan Plastik
	PP	Sedotan, kotak makanan
	PS	Styrofoam
	OTHER	Acrylic dan nylon

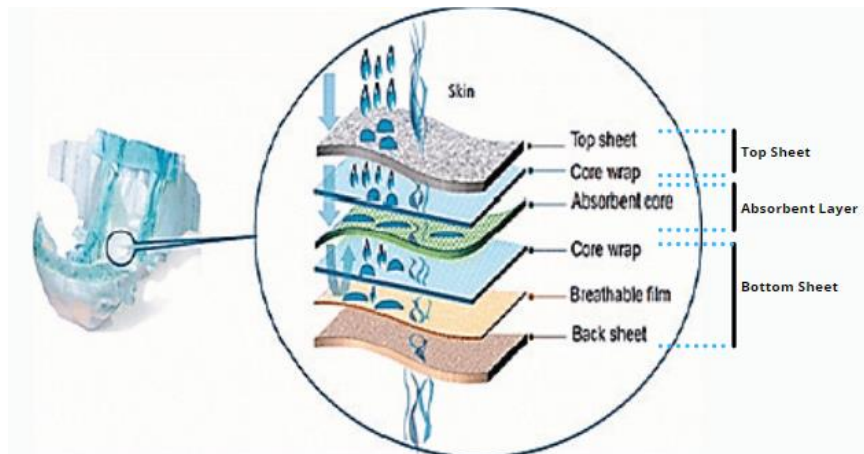
Sumber: Surono, 2013

Plastik dengan jenis PP dan PE pada proses daur ulang dengan metode pirolisis dapat menghasilkan minyak bakar dengan nilai energi kalor yang cukup tinggi. Bahan baku memproduksi 950ml minyak memerlukan 1 kg plastik PP dan PE (Thorat dkk, 2013). Adapun faktor lain dalam proses pirolisis adalah sifat *thermal* plastik. Sifat *thermal* plastik dibagi menjadi tiga, yaitu Titik Lebur (T_m) suhu tertentu dimana kondisi plastik mengalami perbesaran volume sehingga partikel bergerak lebih bebas sedangkan Titik Transisi (T_g) nilai suhu dimana plastik menjadi plastisin dan yang terakhir adalah suhu dekomposisi merupakan perubahan fasa plastik dari padat menjadi gas dan dapat dikondensasikan menjadi minyak. Suhu dekomposisi plastik 1.5 kali dari nilai T_g (Budiyantoro, 2010).

2.3 Popok Bayi dan Sampah Kemasan

Sampah popok yang beredar di masyarakat memiliki waktu yang lama untuk dapat terurai secara maksimal. Salah satu material yang ada didalam popok adalah kandungan *Super Absorbent Polymer* (SAP) yang akan berubah bentuk menjadi gel apabila terkena air. SAP ini akan mengeluarkan zat kimia lain yang beracun saat digunakan. Berdasarkan Chelstowska -Makos P (2021) popok bayi yang beredar di pasaran mengandung zat kimia yang berbahaya bagi lingkungan diantaranya zat *xenobiotic* terdiri dari (*organotions, pesticides, PAHs, PCDDs, bisphenols, benzothiazoles, monoaromatic hydrocarbons, phthalates*) yang beracun bagi bayi. Kandungan plastik yang umum terdapat dalam popok bayi antara lain PP, PE, dan LDPE. Pada penelitian oleh (Das dan Pande, 2007) plastik PP dan PE memiliki nilai kalor sebesar 46,4 MJ/kg dan 46,3 MJ/kg. Berikut gambar 1 merupakan ilustrasi

lapisan-lapisan dalam popok.



Gambar 1 Lapisan popok (Uyanik SEVAL dkk.2018)

Pembahasan mengenai sampah kemasan diantaranya adalah kantong plastik, plastik kemasan produk seperti pembungkus makanan, detergen, sabun mandi isi ulang, bumbu makanan dan lainnya. Dalam (Yuriandala, 2016) plastik kemasan disebut juga plastik multilayer terdapat kandungan aluminium foil (Al).

2.4 *Recycle* Plastik (Daur Ulang)

Recycle adalah penggunaan kembali barang barang yang sudah tidak di gunakan. Konsep *recycle* plastik ini terdapat 4 cara dalam perlakuannya. *Recycle* primer yaitu proses daur ulang sampah plastik menjadi produk baru yang kualitasnya sama dengan produk aslinya, dengan syarat sampah haruslah bersih dan tidak ada kontaminan sama sekali. *Recycle* sekunder membuat produk yang sama dari produk aslinya tetapi kualitasnya tidak sama. *Recycle* tersier merupakan daur ulang menjadikan bahan bakar alternatif. *Recycle* quarter adalah daur ulang dengan tujuan mendapatkan energi dari pengolahan sampah (Kumar dkk, 2011).

2.5 Penelitian Terkait

Pada jurnal penelitian oleh Yuriandala dkk (2016) pada pirolisis dilakukan dengan campuran plastik polistirena (PS) dan plastik multilayer yang mengandung Aluminium. Dengan berat sample PS masing-masing 50 gram dengan variasi berat plastik multilayer 10%,20%,30%,40%. Pirolisis dilakukan dengan suhu 450°C karena berdasarkan (Santoso, 2010) pada suhu tersebut menghasilkan minyak paling banyak. Hasil penelitian yang didapatkan pada penambahan plastik multilayer berdampak besar dalam kecepatan peningkatan suhu hingga titik optimum 450 °C. Sedangkan hasil minyak lebih banyak didapatkan pada saat kandungan plastik multilayer sedikit dan dengan jumlah plastik multilayer yang menyebabkan banyak minyak terbentuk gas atau tidak terkondensasi.

Susilo dkk (2016) melakukan pirolisis dengan plastik PE, PS dan *Other* dengan suhu 450°C. Dengan berat sampel masing masing PE 50 % + *Other* 50% , PE 50 % + PS 50 % , PE 50 % +PS 25 % + *Other* 25 % parameter yang diuji merupakan *pour point*, *flash point*, kadar air, dan hasil abu. Pada hasil penelitian minyak terbentuk paling banyak pada campuran PE 50% +PS 50% yaitu 50% dan hasil paling sedikit pada campuran PE 50 % + *Other* 50 % yaitu 43.42 %. Penambahan plastik PS meningkatkan persentase *liquid* yang dihasilkan, dan adanya plastik *Other* mengurangi kadar minyak yang dihasilkan. Karakteristik minyak *pour point* PE 50 % + PS 25 % + *Other* 25 % sama dengan biodisel (6°C), PE 50 % + PS 50 % (-12°C) dibawah biodisel, dan PE 50 % + *Other* 50 % (12°C) lebih tinggi dari biodisel.

Pada Rachmawati dan Herumurti (2015), sampah plastik berjenis HDPE, PS, dan PET diuji bersama sampah ranting yang merupakan sampah kebun. Pirolisis dilakukan pada suhu 500°C. Hal ini dikarenakan jenis plastik HDPE, PS, dan PET dapat *cracking* pada suhu masing-masing 495°C, 480°C, dan 420°C (Caglar, 2009). Selain itu sampah plastik yang digunakan masing-masing sebesar 500 gram. Hasil penelitian yang didapatkan pada penelitian tersebut adalah untuk plastik dengan jenis PET menghasilkan gas 45,40%; *wax* 36,42%; dan *char* 18,18%. Pirolisis dengan plastik jenis PET memang akan menghasilkan gas yang banyak. Gas yang mendominasi ini dikarenakan sifat dari PET itu sendiri yaitu

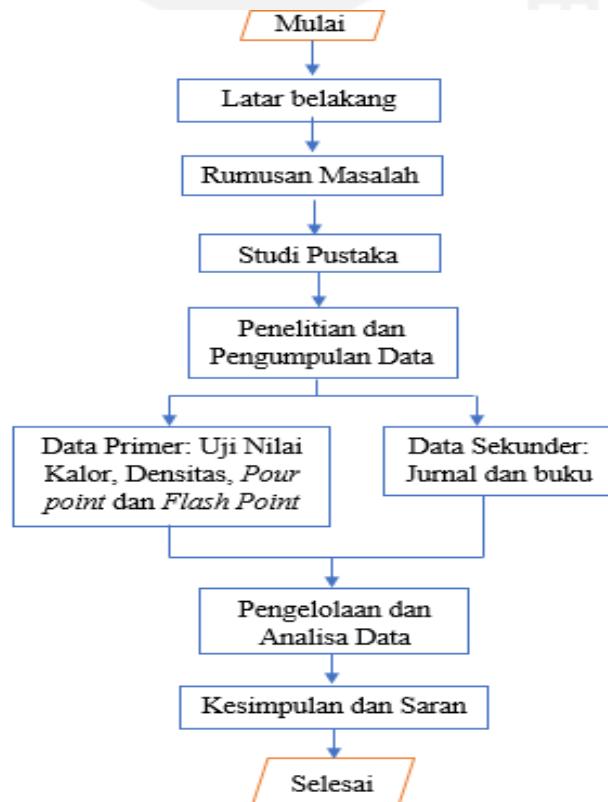
mudah menyublim (Scheirs, 2006). Nilai *wax* yang tinggi pada pirolisis dengan plastik jenis PS dapat diolah menjadi bahan bakar *alternative*.

Pada penelitian Nasrun dkk (2015) tas plastik dengan jenis kresek sebesar 500gram dipirolisis pada suhu 260°C, 270°C, 280°C, 290°C dan 300°C. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini yaitu nilai kalor sebesar 10.541,75 kkal/kg. Nilai kalor yang didapatkan sesuai dengan standar mutu nilai kalor bahan bakar minyak yaitu berkisar antara 18.300-19.800 BTU/lb atau 10.160 -11.000 kkal/kg. Nilai titik nyala yang diperoleh dari beberapa sampel produk memenuhi standar baku mutu bahan bakar minyak di Indonesia. Nilai flash point yang paling mendekati nilai titik minimum pada proses pirolisis suhu 300°C yaitu sebesar 57,5°C. Secara teori semakin tinggi suhu pirolisis, maka semakin rendah titik nyala yang didapatkan. Tjokrowisastro dkk, (1990) Semakin tinggi suhu pirolisis, maka akan semakin kecil kandungan air pada minyak yang diperoleh sehingga api cepat menyambar dan menghasilkan titik nyala yang semakin menurun.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Penelitian dimulai dari perumusan masalah yang berdasarkan latarbelakang kondisi saat ini. Merumuskan tujuan dan hasil penelitian sehingga penelitian berjalan dengan sistematis. Langkah selanjutnya adalah melakukan studi literatur untuk mengetahui teori atau penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Dari studi literatur tersebut didapatkan juga metode penelitian dari prosedur persiapan bahan, pelaksanaan percobaan dan pengujian hasil. Bahan sampah kemasan yang dikumpulkan berasal dari sampah aktifitas rumah tangga dan restoran, sedangkan popok bayi dikumpulkan dari rumah kerumah. Sedangkan analisis yang dilakukan berupa pencatatan peningkatan suhu reaktor dan berat cairan yang dihasilkan akan dianalisis nilai kalor, *flash point* dan *pour point*. Diagram alir metodologi penelitian yang digunakan ditunjukkan pada Gambar.



Gambar 2 Gambar diagram alir metodologi penelitian

3.2 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk mencari data-data, informasi dan dasar teori yang jelas pada saat menjalankan penelitian. Dalam mengumpulkan data dan dasar teori yang ada studi pustaka dilakukan dengan mencari informasi dari buku-buku teks, laporan hasil penelitian sebelumnya, jurnal publikasi skala nasional dan internasional. Penggunaan referensi tersebut diharapkan membantu penelitian ini dan mendapatkan hasil yang valid, serta sesuai dengan teori yang sudah ada.

3.3 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahap yaitu: pengambilan sampel dan pengujian proses pirolisis, serta pengujian kandungan yang terdapat pada bahan bakar yang dihasilkan dari proses pirolisis. Pengambilan sampah kemasan dan sampah popok dilakukan di salah satu bank sampah yang ada di Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat pirolisis yang menggunakan listrik sebagai tenaga pemanasnya. Proses pirolisis dilakukan pada suhu 450°C, dimana dengan adanya sampel plastik beralumunium foil (*multilayer*) akan mempercepat pirolisis mencapai suhu optimum yaitu 450°C (Yuriandala dkk, 2016).

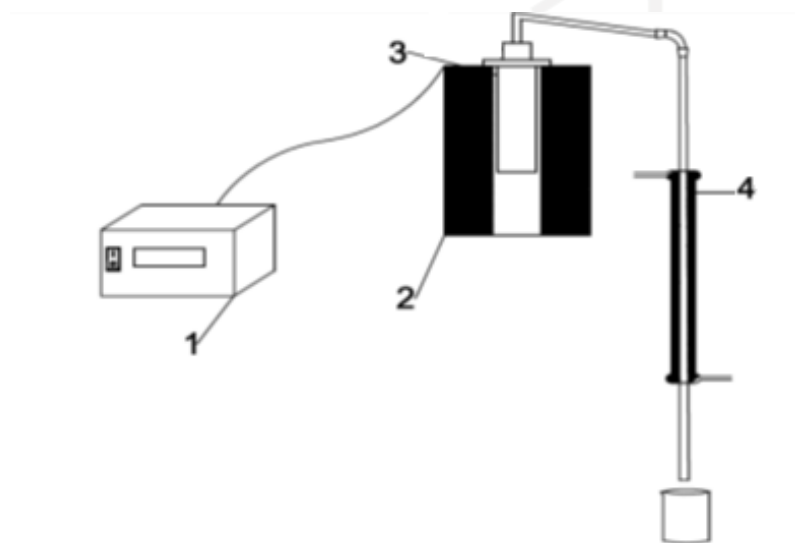
Secara teori pirolisis yang bagus terjadi pada suhu antara 370 °C- 500°C untuk jenis plastik. Semakin tinggi suhu pirolisis, jumlah minyak yang dihasilkan semakin besar. Akan tetapi, diatas suhu 500 °C, terjadi proses dekomposisi produk lebih lanjut menjadi gas sehingga minyak yang dihasilkan akan mulai berkurang Mandala dkk (2016).

Variasi berat sampel pada penelitian ini antara sampah kemasan dengan sampah popok diadopsi berdasarkan jurnal Susilo dkk (2016) bahwa sampel PS dengan dengan plastik *other* 50%:50% diketahui bahwa plastik *other* menurunkan kadar minyak yang dihasilkan. Berikut perbandingan bahan pirolisis yang akan digunakan :

Table 2 Perbandinga Sampel pirolisis

Nama	Perbandingan	Berat total
P1	100 % sampah popok :0% sampah kemasan	500 gram
P2	50 % sampah popok :50% sampah kemasan	500 gram
P3	0% sampah popok :100% sampah kemasan	500 gram

Komponen dari alat pirolisis ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 3 Alat Pirolisis (Prianto, 2018)

Keterangan:

1. *Digital Temperature Controller*
2. *Furnace*
3. Kolom pirolisis
4. Kondensor

Alat pirolisis berbentuk tabung berukuran tinggi 50 cm dengan diameter 30 cm bersistem batch dengan kapasitas maksimum 500 gram. *Furnace* yang digunakan untuk memanaskan kolom pirolisis berbentuk tabung memiliki diameter total sebesar 30 cm dengan diameter rongga dalam sebesar 10 cm dan tinggi 40 cm.

Proses pirolisis akan menghasilkan luaran dalam bentuk cair, gas dan padat.

Dimana pada penelitian ini yang akan diuji yaitu yang dalam bentuk cairan. Cairan yang berupa minyak akan diuji karakteristiknya dengan parameter antara lain: nilai kalor, densitas, *pour point* (titik tuang) dan *flash point* (titik nyala). Pengujian ini dilakukan oleh laboratorium UGM.

Table 3 Metode penentuan Parameter

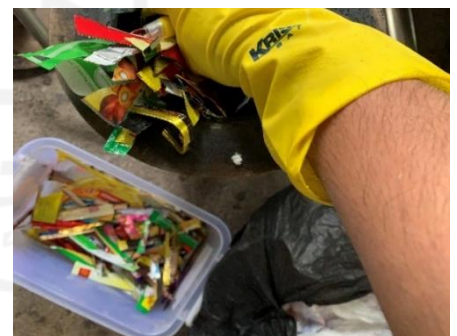
No	Parameter	Metode
1	Nilai Kalor	Bom Calorimeter
2	<i>Flash point</i>	SNI 2433:2011
3	<i>Pour point</i>	ASTM D97
4	<i>Density</i>	SNI 1973:2016

3.3.1 Menyiapkan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu sampah kemasan (sachet atau bungkus kemasan produk) dan sampah popok. Kedua sampah tersebut didapatkan dari salah satu bank sampah yang ada di Yogyakarta. Sampah popok dan sampah kemasan dipersiapkan masing masing 750 gram . Jenis plastik kemasan seperti kemasan minyak goreng (PET) dan kemasan sachet plastik multilayer dinyatakan dalam Syuhada (2008) plastik tersebut mengandung jenis LDPE, LLDPE, PP, p-PVC, Nylon, EVOH dan PET yang direkatkan dengan EVA, EAA



Gambar 4 Pemisahan Popok



Gambar 5 Sampah Kemasan

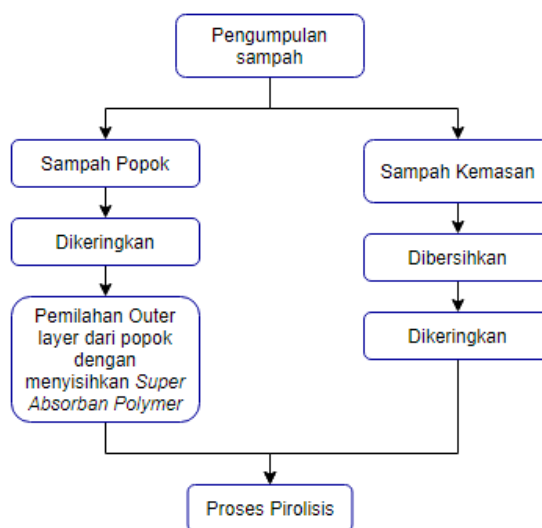
dan grafted polymer serta mengandung Al. Proses pemilahan bahan baku sebagai berikut :

Sampah popok dipilah dengan memisahkan SAP (*super absorbant polymer*) dari *top sheet* dan *bottom sheet*-nya. Berdasarkan Day dkk (2016) dan Su Shing

Lam, dkk, (2019) pada bagian *top sheet* tersusun dari PE (*Polyethylene*) dan pada bagian *bottom sheet* terdiri dari *non-woven PP (Polypropylene)*. Setelah dipisah maka sampah popok dan sampah kemasan dikeringkan untuk mengurangi kandungan air. Dalam perlakuan bahan baku P1, P2, dan P3 tidak melakukan pencampuran bahan secara merata ataupun melakukan pencacahan sampah agar berada pada ukuran tertentu sehingga meningkatkan proses reaksi.

3.3.2 Pengamatan Pirolisis

Proses pirolisis dilakukan pengamatan pada kenaikan suhu dan berat hasil minyak yang terbentuk. Pada pengamatan, pencatatan kenaikan suhu dilakukan awal menyala hingga mencapai suhu maksimum 450°C. Minyak hasil pirolisis yang terbentuk dilakukan pencatatan dimulai saat minyak pertama kali terkondensasi. Pengamatan ini dalam Yuriandala dkk (2016) untuk mengetahui efek dari pencampuran sampah terhadap proses pirolisis.

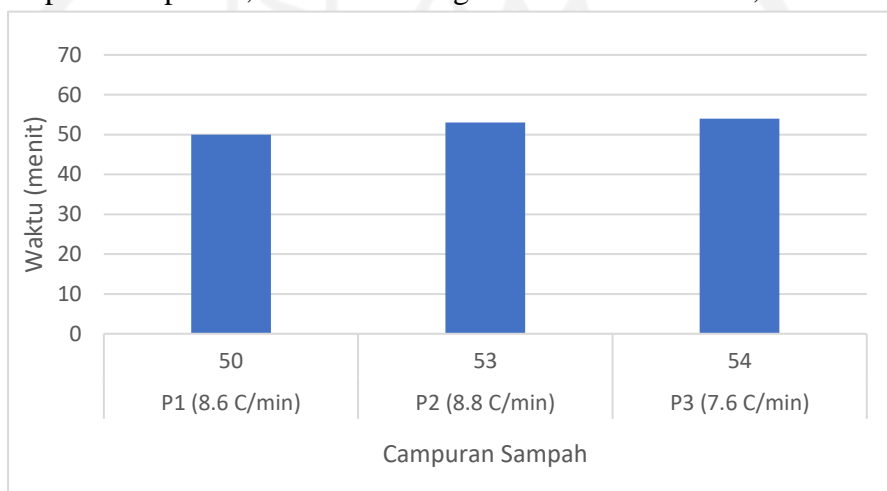


Gambar 6 Proses Perlakuan Bahan Baku

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

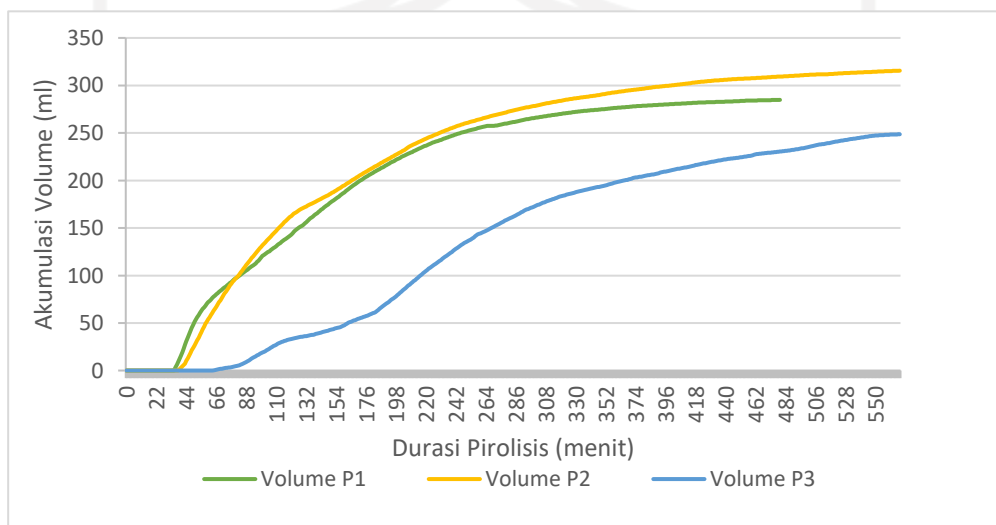
4.1 Proses Pirolisis

Proses pirolisis ditunjukkan pada gambar 8. P1 mencapai suhu maksimum 450°C paling cepat diantara sampel lainnya. Tingkat *Heating rate* ditunjukkan berurutan pada sampel P1, P2 dan P3 sebagai berikut 8.6°C/menit, 8.8°C/menit dan



Gambar 8 Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu 450oC

7.6°C/menit. Hasil penelitian ini sesuai dengan yang dikemukakan dalam Yuriandala dkk (2016) bahwa penambahan sampah kemasan yang banyak mengandung Al, dapat mempercepat proses kenaikan suhu dalam proses pirolisis karena Al dapat menghantarkan energi kalor secara baik. Sampah popok pada

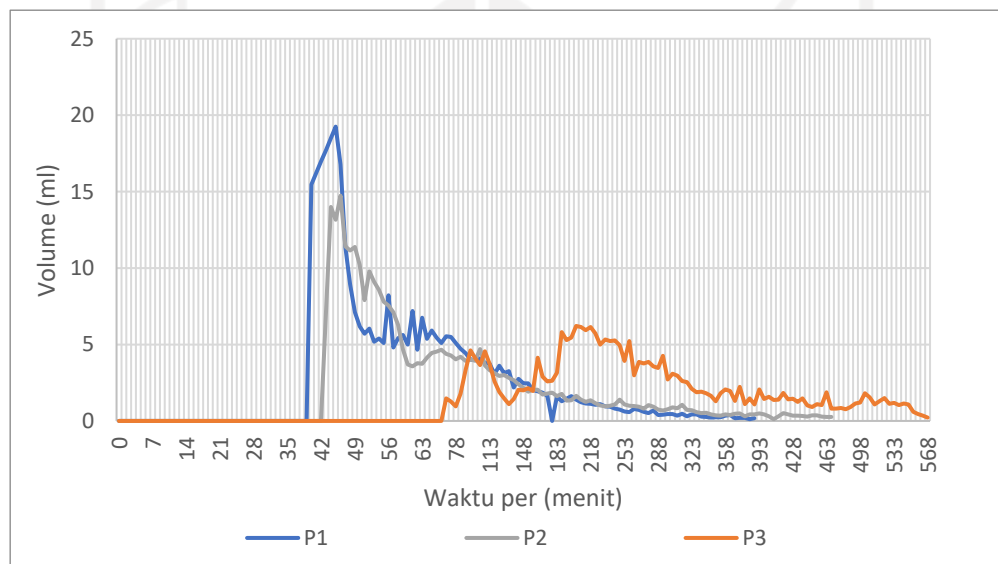


Gambar 7 Grafik Proses Pirolisis

dasarnya terdiri dari *top sheet*, *Absorbant sheet*, dan *bottom sheet*. Pada penelitian ini yang digunakan sebagai bahan pyrolisis adalah bagian *Inner sheet* yang terdiri dari jenis plastik Polypropylane (PP) dan bagian *back sheet* terdiri dari polyethylene (PE) Day dkk (2016). Penelitian ini sesuai Endang K (2016) bahwa kenaikan suhu naik pada P1 ini disebabkan oleh plastik jenis PE yang memiliki reaksi optimum pembentukan minyak pada suhu 300°C dan palstik PP dengan suhu optimum pembentukan minyak pada suhu 400°C. Laju proses pirolisis berlangsung bervariasi dalam 470 menit sampai 560 menit dilakukan hingga kondensasi *liquid* tidak terbentuk lagi. Hasil cairan yang terbentuk berurutan sebagai berikut P1 (284.7 ml), P2 (315.5 ml), P3 (248.6 ml).

Grafik pembentukan *liquid* per menit ditunjukkan pada gambar 9. Pembentukan *liquid* pertama kali di sampel P3 lebih lama dibandingkan P1, tetapi pada sampel P2 berada di pertengahan. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan material sampah popok dapat meningkatkan kondensasi terbentuknya *liquid* lebih awal. Sampel P1 peningkatan produksi *liquid* pada menit 30-80 setelah itu terlihat adanya penurunan dan grafik pada sampel P3 terdapat peningkatan menit 70-120, terbukti pada P2 untuk grafik yang terbentuk meningkat pada menit 30-120 kemudian mengalami penurunan. Sehingga dapat diketahui bahwa jenis material sampah popok lebih cepat menguap terbentuk terkondensasi dibandingkan sampah kemasan.

Produksi *liquid* pada sampel P1 dan P2 mulai tinggi pada menit 40-50. P1 terdiri dari PP, PE dan lain menunjukkan puncak produksi *liquid* tertinggi pada menit ke 44 dengan produksi minyak 19.2 ml, sedangkan P3 sampah kemasan mengandung Al pada menit ke 203 dengan produksi *liquid* tertinggi 6.2 ml. Sampel P2 menunjukkan produksi *liquid* tertinggi 14.7 ml pada menit ke 58. Berdasarkan hasil berikut bahwa penambahan sampah kemasan dapat meningkatkan pembentukan *liquid* sampah popok. Walaupun dengan berat sampel yang berbeda, reaksi pembentukan dalam P2 dapat memaksimalkan pembentukan *liquid* dari sampah popok.



Gambar 9 Grafik Tingkat Volume per menit

4.2 Produk Pirolisis

Penelitian pada tabel 4 ini diketahui bahwa P3 menghasilkan padatan lebih banyak dibandingkan dengan P1. Sampel P3 dengan padatan terbesar 29.6% merupakan terdiri plastik multilayer yang terdapat lapisan Al yang tidak dapat menguap pada suhu 450 °C. Pertambahan berat padatan dalam P1 dikarenakan susunan popok terdiri dari berbagai jenis layer yaitu polimer, termasuk selulosa, PP, PS, dan PE Widiatningrum dkk (2018). P2 menunjukkan bahwa pencampuran sampah kemasan dan popok dapat memaksimalkan terbentuknya *liquid* dan mengurangi padatan. Pengaruh adanya Al dalam sampah kemasan yang

menyebabkan persebaran panas dalam reaktor menjadi optimum, meningkatkan efektifitas pirolisis sampah popok. Hal ini dijelaskan dalam Hartulistyo, E dkk (2015) bahwa proses *cracking* oleh suhu maksimum tabung reaktor pirolisis dipengaruhi oleh konduksi panas dalam tabung.

Table 4 Hasil Pirolisis Sampah Popok dengan Sampah Kemasan

No	Sampel	Padat		<i>Liquid</i>		Gas		v/w _o (ml/g)
		(gram)	(%)	(gram)	(wt%)	(gram)	(%)	
1	P1	123.34	24.7	263.91	52.7	112.75	22.6	0.93
2	P2	99.7	19.9	277.32	55.5	122.98	24.6	0.88
3	P3	148	29.6	189.63	37.9	162.37	32.5	0.76

Produksi gas dalam P3 telah dibahas dalam penelitian Yuriandala dkk (2016) bahwa penambahan plastik berlapis alumunium (Al) dapat meningkatkan *heating rate*. P1 menunjukkan produksi cairan dan padatan yang tinggi. Padatan ini disebabkan oleh adanya material yang tidak dapat terjadi *cracking* pada suhu optimum pirolisis. Pada sampel P3 produksi gas lebih tinggi ini karena suhu yang tinggi dapat menyebabkan PP dan PE menguap Hidayah (2018) sehingga terbentuk gas saat pirolisis tetapi tidak bisa terkondensasi dan tersisa padatan karena material popok dan sisa Al dalam plastik kemasan yang tidak menguap pada suhu 450 °C.

Distribusi panas dalam proses pirolisis dijelaskan bahwa adanya perbedaan suhu dalam tabung Hartulistyo, E dkk (2015). Persebaran panas dalam tabung disebabkan oleh penumpukan material pada dasar tabung dan *heat transfer* dari dinding tabung. Suhu pada dasar tabung paling tinggi, berkala turun hingga bagian atas tabung. Pada perlakuan sampel P2 sampah kemasan dimasukkan terlebih dahulu kedalam tabung baru setelah itu diikuti oleh sampah popok. Pada hasilnya Al mengkonduksi panas lebih cepat dan mengakibatkan menguapnya material popok yang dapat terkondensasi. Terkait distribusi panas dalam tabung pirolisis dengan penambahan sampah kemasan perlu dilakukan studi lebih lanjut.

4.3 Analisis Minyak Hasil Pirolisis

Karakteristik minyak yang dihasilkan terlihat pada Tabel 5. Nilai densitas yang didapatkan pada P1 tidak termasuk dalam kriteria standar bahan bakar komersial. Adapun nilai P2 termasuk dalam kriteria solar dan biodiesel. P3 termasuk dalam kriteria minyak tanah dan bensin.

Nilai kalor pada penelitian ini semua termasuk dalam jenis biodiesel karena tidak tercantum batasan nilainya. Sampel P1 sedikit lebih tinggi dari yang lain karena sampel terdiri dari bahan organik seperti pulp kain dan yang lain yang dapat mempengaruhi nilai kalor. Menurut Himawanto (2011) nilai kalor kemasan (*sachet*) berkisar 8326 kal/g. Pada penelitian hasil nilai kalor P3 yang dihasilkan lebih rendah yaitu 8016.18 kal/gram. Pada sampel P2 nilai kalor yang dihasilkan berkisar 8125.75 kal/gram nilai ini berada di tengah diantara nilai P1 dan P3. Ketiga sampel ini melebihi kriteria dari minyak tanah, tetapi masih jauh jika dibandingkan dengan bensin atau solar.

Table 5 Hasil Kualitas Minyak

Kelompok	Bahan	Densitas (gram/cm ³)	Nilai Kalor (kal/g)	Flash point (°C)	Pour point (°C)
Sampel	P1	0.93	8228.96	105	-5
	P2	0.88	8125.75	108	-1
	P3	0.76	8016.18	113	3
Lisa dan Kirana (2020)	(100% sampah popok) + zeolite	0.85	8358.84	90	-12
	(100% kemasan minyak goreng) + zeolite	0.76	8159.81	97	-7
Bahan Bakar Komersial	Minyak Tanah	0.76-0.84	5832.14	>38	-54
	Bensin	0.72-0.77	11414.45	-42.77	-17
	Solar	0.82-0.86	11106.33	>60	<18
	Biodiesel	0.85-0.89	-	>130	<65

(Ket: > = Minimum, < = Maksimum)

Secara umum nilai *flash point* sampel yang ada masuk dalam kriteria minyak tanah, solar, dan biodiesel. Adapun nilai *pour point* masuk dalam kriteria solar dan biodiesel. Menurut Susilo (2016) semakin tinggi persentase aromatic, maka *pour point* akan semakin rendah sebaliknya, semakin tinggi persentase paraffin maka *pour point* akan semakin tinggi. Senyawa aromatic mengakibatkan buruknya proses pembakaran yang mengakibatkan api menjadi berwarna merah atau hitam serta lebih banyak menghasilkan asap. Sedangkan senyawa paraffin memicu pembakaran yang baik. Senyawa aromatic yang tinggi pada ketiga sampel tersebut menandakan bahwa minyak hasil prolisis ini mempunyai kualitas pembakaran yang kurang baik.

Penelitian ini menunjukkan bahwa adanya sampah popok dapat meningkatkan nilai kalor. Hal ini karena adanya material yang memicu tingginya nilai kalor dalam minyak hasil pirolisis. Sampah kemasan juga dapat meningkatkan nilai suhu *flash point* dan *pour point*. Tahap produksi *liquid* hasil pirolisis, sampah kemasan terbukti mampu meningkatkan jumlah minyak yang terbentuk.

Penelitian serupa melakukan pirolisis sampah popok dengan menambahkan zeolit sebagai katalis. Perbandingan antara P1 dan sampah popok + katalis secara umum dapat menurunkan nilai parameter kecuali nilai kalor. Sehingga kualitas minyak masuk dalam karakteristik minyak tanah. Pirolisis dengan sampah kemasan minyak goreng + zeolite menghasilkan *liquid* dengan karakteristik yang sama dengan P3 hanya sedikit berbeda pada nilai *flash point* dan nilai kalor yang lebih tinggi.

Persebaran panas dalam tabung pirolisis menjadi optimal dengan adanya sampah kemasan yang mengandung Al. Hasil penelitian yang didapatkan bahwa minyak hasil pirolisis sampah popok dengan sampah kemasan ini belum dapat dikategorikan dalam beberapa karakteristik bahan bakar. Hal ini juga dinyatakan oleh Hidayah dkk (2018) bahwa proses *pyrolysis* ini masih belum bisa mendekati standar bahan baku. Penambahan katalis atau dengan rasio yang tepat diperlukan untuk mengurangi biaya produksi dan meningkatkan kualitas minyak tetapi akan meningkatkan *complexity* produksi bahan bakar.

BAB IV

KESIMPULAN

1. Penambahan plastik kemasan dalam proses pyrolisis sampah popok dapat meningkatkan produksi cairan karena adanya Al yang mengoptimalkan suhu dalam tabung. Kandungan Al juga meningkatkan *heating rate*.
2. Pirolisis ini menunjukkan bahwa produksi minyak paling tinggi adalah pada campuran sampah popok dan kemasan 315.5 ml. Secara kualitas minyak adanya sampah kemasan efektif meningkatkan *pour point*, menurunkan *flash point* tetapi menurunkan nilai kalor. Sampah popok efektif meningkatkan nilai kalor, tetapi menurunkan *pour point* dan *flash point*. Berdasarkan hasil analisis nilai kalor, *pour point*, dan *flash point* yang ada pada penelitian secara umum masih dibawah kriteria bahan bakar yang di komersilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiyantoro, C. 2010. *Thermoplastik dalam Industri*. Teknika Media. Surakarta
- Caglar, A., Aydinli, B. 2009. Isothermal Co –Pyrolysis of Hazelnut Shell and Ultra High Molecular Weight Polyethylene: The Effect of Temperature and Composition on the Amount of Pyrolysis Products. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 86, 304-309.
- Das, S. dan Pande, S. 2007. *Pyrolysis and Catalytic Cracking of Municipal Plastic Waste for Recovery of Gasoline Range Hydrocarbons*. Thesis. Chemical Engineering Department National Institute of Technology Rourkela.
- Dey, S., Kenneally, D., Odio, M., & Hatzopoulos, I. (2016). Modern diaper performance: construction, materials, and safety review. *International Journal of Dermatology*, 55(S1), 18-20.
- Endang K, et, al. 2016. *Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Minyak*. Jurnal. Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung.
- Hamdi, W., Enri, D., dan Haryo, S. T. 2018. *Proses Pemulihan Sampah Plastik Multilayer Pada Variasi Temperatur Dan Dosis Katalis Zeolit Alam*. Thesis. Program Magister Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung.
- Hamidi, N., Tebyanian, F., Massoudi, R., Whitesides, L. 2013. Pyrolysis of Household Plastic Wastes. *British Journal of Applied Science & Technology*, 3(3), 417-439
- Hidayah, N., Syafrudin. 2018. A Review on Landfill Management in the Utilization of Plastic Waste as an Alternative Fuel. *Proceeding*

The 2nd International Conference on Energy, Environmental and Information System (ICENIS 2017). Semarang. Universitas Diponegoro

- Himawanto, D. A., Indarto, Saptoadi, H., dan Rohmat, T. A. 2011. *Kinetika Global Proses Slow Pyrolysis Municipal Solid Wastes Terseleksi Dan Analisa Thermogravimetry Refuse Derived Fuel*. Disertasi Program Studi Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada.
- Himawanto, D. A., Indarto, Saptoadi, H., dan Rohmat, T. A. 2011. *Karakteristik Dan Pendekatan Kinetika Global Pada Pirolisis Lambat Sampah Kota Terseleksi*. Reaktor Vol. 13 No. 3 Hal 140-147.
- Jatmiko, W., Hermain, T. P., dan Arieanti, D. A. 2018. Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Litbang*, 14(1), 58-67.
- Kumar, S., Panda, A.K., dan Singh, R.K. 2011. *A Review on Tertiary Recycling of High-Density Polyethylene to Fuel*, Resources, Conservation and Recycling, 55, 893– 910
- Naimah, Siti., Aviandharie, S. A., dan Aidha, N.N. 2016. Karakteristik Pelarut dan Solar Hasil Pirolisis Limbah Plastik Polietilen. *Jurnal Balai Besar Kimia dan Kemasan*, Kementerian Perindustrian.
- Nasrun. Kurniawan, E., dan Sari, I. 2015. Pengolahan Limbah Kantong Plastik Jenis Kresek Menjadi Bahan Bakar Menggunakan Proses Pirolisis. *Jurnal Energi Listrik*, 4(1), 1-5
- Pramiati, P. 2016. Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 8(2), 141-147
- Rachmawati, Q., dan Herumurti, W. 2015. Pengolahan Sampah Secara Pirolisis

dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik.
Jurnal Teknik ITS, 4(1), 27-29.

Scheirs. 2006. *Pyrolysis of Plastic Waste: Engineering Principles And Issues*.
McGraw Hill International Editions

Susastriawan, A.A.P., Purnomo, dan Sandria, A. 2020. Experimental study the influence of zeolite size on low-temperature pyrolysis of low-density polyethylene plastic waste. *Journal of Thermal Science and Engineering Progress*, 17

Susilo, Gunawan Budi. 2016. Pembuatan Bahan Bakar dari Pirolisis Limbah Plastik Jenis Polietilen, Polistiren, dan Other. *Jurnal Teknologi Technoscianta*, ISSN: 1979-8415

Thorat, P.V., Warulkara, S dan Sathone, H. 2013. Thermofuel – “Pyrolysis of waste plastic to produce Liquid Hydrocarbons”. *Advances in Polymer Science and Technology: An International Journal*, 3(1), 14-18

Tjokrowisastro, E. H. 1990. *Teknik Pembakaran Dasar Dan Bahan Bakar*.
Diktat ITS-Surabaya.

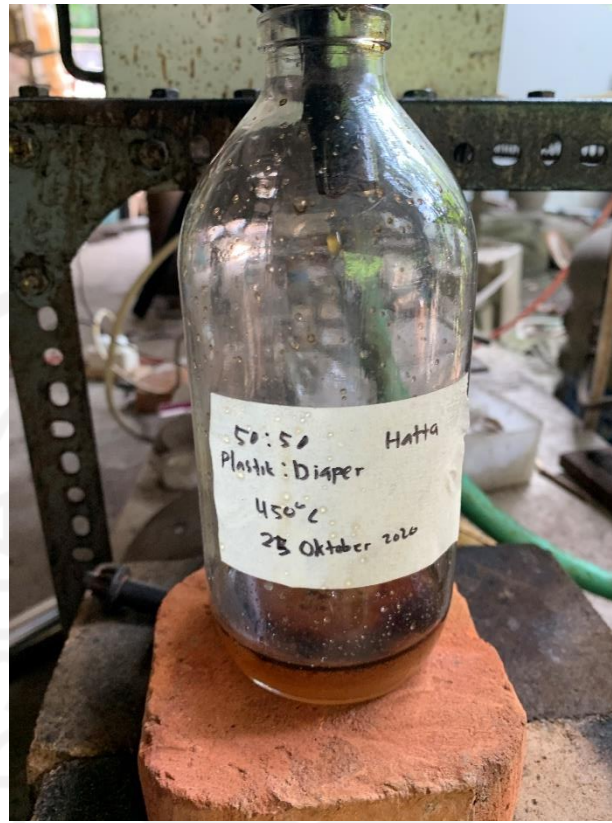
Surono, U. B. 2013. Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak, *Jurnal Teknik*, 3(1), 32–40.

Yuriandala, Y., Syamsiah. S., dan Saptoadi, H. 2016. Pirolisis Campuran Sampah Plastik Polistirena Dengan Sampah Plastik Berlapisan Aluminium Foil (*Multilayer*). *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 8(1), 10-20.

Widianingrum, T, et,al. 2018. *Pemanfaatan Limbah Popok Sebagai Sarana Pendidikan Karakter Peduli Lingkungan Anak Usia Dini*. *Jurnal Pascasarjana Universitas Negeri Semarang*.

LAMPIRAN





UNIVERSITAS
INDONESIA
الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

