



e-ISSN Number  
2655 2967

Available online at <https://jurnal.teknologiindustriumi.ac.id/index.php/JCPE/index>

*Journal of Chemical Process Engineering*

Volume 6 Nomor 1 (2021)



SINTA Accreditation  
Number 28/E/KPT/2019

## Produksi Bahan Bakar Cair Dari Limbah Plastik Polypropylene (PP) Metode Pirolisis

*(Production Of Liquid Fuel From Waste Plastic Polypropylene (PP) Pyrolysis Method)*

**Hijrah Amaliah Azis\*, Hanizah Batu Rante**

*Prodi Kimia, Universitas Teknologi Sulawesi, Jalan Talasalapang No.51 Makassar,  
Sulawesi Selatan –Indonesia 90235*

### Inti Sari

Produksi dan konsumsi plastik meningkat setiap tahunnya. Olehnya itu perlu dilakukan pemanfaatan plastik khususnya plastik Polypropylene (PP) melalui metode pirolisis menghasilkan bahan bakar minyak (BBM). Hal ini merupakan alternatif untuk dapat menanggulangi pesatnya jumlah pemakaian bahan bakar minyak (BBM) dan konsumsi plastik. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan bahan bakar alternatif dengan mengetahui temperatur dan waktu tinggal dari minyak. Metode perlakuan thermal yaitu pirolisis, dimana bahan yang digunakan yaitu plastik bekas kemasan gelas, dengan variasi suhu 200°C, 250 °C, 300 °C, 350°C, 400°C dan 450°C. Yield terbanyak yang didapat dari pirolisis variasi suhu di pirolisis kembali untuk mendapatkan waktu optimum variasi waktu 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 menit. Hasil penelitian disimpulkan limbah plastik jenis PP metode pirolisis dapat dihasilkan bahan bakar minyak yang setara dengan bensin. Suhu proses yang dihasilkan 400°C yield 79,85% sedangkan waktu optimum 25 menit yield 72,19%. Hasil diperoleh 0,7542 gram/ml untuk uji densitas, 11.621,4 kal/gram untuk uji nilai kalor dan 29,91% area diperoleh kadar senyawa hidrokarbon 2,4-dimethyl-1-heptene (C<sub>9</sub>H<sub>18</sub>) pada pengujian komponen senyawa kimia di alat GC-MS

### Kata Kunci:

Plastik, polypropylene, bahan bakar cair, pirolisis

### Key Words :

Plastic, polypropylene, liquid fuel, pyrolysis

### Abstract

*Production and consumption of plastic increases every year. Polypropylene plastic waste (PP) through the pyrolysis method can be processed into liquid fuel which is an alternative to solve the problem of waste, besides it can overcome the rapid use of fuel oil (BBM). The purpose of this study was to obtain liquid material from pyrolysis by knowing the optimum temperature and residence time of the oil produced. The thermal treatment method used is pyrolysis, where the raw material used is plastic glass packaging, with temperature variations of 200°C, 250°C, 300°C, 350°C, 400°C and 450°C. The highest yield obtained from pyrolysis temperature variations is re-pyrolyzed to get the optimum time variation of time 5, 10, 15, 20, 25 and 30 minutes. The results of the study concluded that the type of Polypropylene (PP) plastic waste with the pyrolysis method could produce liquid fuel which was equivalent to gasoline. The optimum process temperature is 400°C yield 79.85% while the optimum time is 25 minutes yield 72.19%. The results of the density test*

### Published by

Department of Chemical Engineering  
Faculty of Industrial Technology  
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

### Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)  
Makassar- Sulawesi Selatan

### Phone Number

+62 852 5560 3559  
+62 825 4220 3009

### Corresponding Author

ndihijrah20@gmail.com



### Journal History

Paper received : 10 Oktober 2020  
Received in revised : 17 Maret 2021  
Accepted 25 Mei 2021

were 0.7542 gr / ml, for the calorific value test of 11,621.4 cal / g and the GC-MS test, the hydrocarbon content of 2,4-dimethyl-1-heptene (C<sub>9</sub>H<sub>18</sub>) was obtained at 29.91% area. .

## PENDAHULUAN

Masalah keterbatasan energi dan lingkungan saat ini merupakan salah satu permasalahan dunia. Indonesia menjadi salah satu negara dengan penggunaan bahan bakar fosil tertinggi. Di sisi lain terjadi peningkatan dalam produksi dan konsumsi plastik dari tahun ke tahun. Dua permasalahan ini terjadi dengan berkembangnya IPTEK, ekonomi dan banyaknya penduduk. Dari pemakaian plastik yang melimpah, akan menambah limbah plastik. Bagi lingkungan pengaruh limbah plastik sangat besar dalam pencemaran tanah, air dan udara [5]. Kontribusi limbah plastik terhadap jumlah secara keseluruhan penghasil sampah mencapai 15% dengan peningkatan mencapai 14,7% per tahunnya serta menjadikan limbah ini sebagai konsumsi melimpah nomor dua setelah sampah organik [6].

Material plastik yang terbuat dari nafta merupakan hasil turunan minyak bumi yang dihasilkan melalui proses penyulingan. Bahan plastik sebagai sumber material yang digunakan karena memiliki ikatan kimia yang sangat kuat. Hanya saja komponen ini yaitu bahan yang sukar terurai secara alami (*non biodegradable*) yang mengakibatkan akhir penggunaannya, bahan dasar plastik akan menghasilkan limbah yang sukar didegradasi oleh bakteri dan akan berdampak ke sekitar. Selain itu limbah plastik mudah melepaskan senyawa berbahaya yang sebagai penyebab dan pemicu kanker. Plastik salah satu jenis makromolekul yang dibentuk melalui proses polimerisasi. Salah satu senyawa polimer yang unsur komponen pembentuk utamanya adalah karbon (C) dan hidrogen definisi dari plastik. Nafta yang dihasilkan dari pengolahan pemurnian minyak bumi merupakan bahan baku yang kebanyakan ada dalam pembuatan plastik. Diperlukan 1,75 kg minyak bumi untuk membuat 1 kg plastik sebagai gambaran Adapun gambaran, dalam pemenuhan kebutuhan bahan bakunya dan proses energi [7] Berdasarkan sifatnya, untuk penggolongan plastik ada dua macam yaitu Termoplastic dan Termoset. Termoplastic merupakan bahan plastik yang ketika dipergunakan dalam pembuatan material dapat diolah kembali dan dilakukan proses pemanasan untuk menjadi bentuk material lain. Contoh termoplastik antara lain Polyethylene, Polypropylene, Nylon, Polycarbonate.

Termoset yaitu plastik yang tidak dapat diolah kembali yaitu tidak dapat dicairkan ketika dibuat pada material tertentu. Contoh plastik yang termasuk termoset antara lain Phenol formaldehyde, Urea Formaldehyde, Melamine Formaldehyde [13].

Dari semua produk plastik yang dihasilkan, didapatkan persentase limbah plastik yaitu terdiri dari 50-60% jenis PE, 20-30% dari PP, 10-20% PS dan 10% PVC [12]. Polyethylene, Polypropylene, Polystyrene dan Polyvinyl Chloride merupakan jenis plastik yang menghasilkan lebih dari 70% , oleh karena itu, keempat jenis polimer tersebut sebagian besar dijadikan sebagai bahan studi penelitian [11].

Tabel 1. Pemilihan Plastik [2]

Resin	Kesesuaian Komponen Bahan Bakar
Polietilen (PE)	Sangat sesuai
Polipropilena (PP)	Sangat sesuai
Polistiren (PS)	Sangat sesuai (menghasilkan minyak)
Resin ABS (ABS)	Sesuai
Polivinil chlorida (PVC)	Tidak sesuai, sebaiknya dihindari
Poliuritene (PUR)	Tidak sesuai, sebaiknya dihindari
Fiber Reinforced Plastics (FRP)	Terbakar Tidak sesuai,
PET	sebaiknya dihindari

Polypropylene yaitu polimer hidrokarbon yang tergolong termoplastic yang dapat diproses pada temperatur tinggi. Polypropylene berasal dari monomer propilen yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi. Struktur kimia propilen CH<sub>2</sub>=CH-CH<sub>3</sub>[8]. Polypropylene merupakan jenis plastik yang serupa dengan polietilen begitupun sifat-sifat penggunaannya [13]. Sifat PP kuat dan ringan dengan daya tembus uap rendah, ketahanan baik terhadap lemak, stabil pada temperatur tinggi dan cukup mengkilap. Penggunaan jenis plastik Polypropylene sangat banyak digunakan dalam keseharian, karena sifat mekanis yang baik dengan bj yang rendah, tahan terhadap temperatur tinggi dan lembab [10]. Oleh karena itu limbah plastik jenis Polypropylene ini dapat didaur ulang kembali melalui proses thermal guna mendapatkan bahan bakar minyak [12].

Proses mengkonversi limbah plastik menjadi BBM adalah pirolisis. Pirolisis merupakan proses secara thermal ditemperatur tinggi tanpa adanya oksigen oleh penguraian material organik [8]. Secara umum, untuk mendapatkan minyak bahan bakar sebanyak kurang lebih 950 ml perlu dilakukan pirolisis

sebanyak 1 kg plastik Polyolefin misalnya Polypropylene, Polyethylene dan Polystyrene [10].



Gambar 1. Tumpukan limbah plastik Polypropylene dari bekas kemasan gelas

Terdekomposisinya plastik di proses pirolisis akan menghasilkan produk pada fase dalam bentuk minyak bakar, fase padat berupa residu maupun tar, gas berupa campuran gas yang dapat dan tidak dapat terkondensasi [5]. Beberapa kelebihan dari minyak hasil pirolisis plastik bila dibandingkan dengan bio-fuel yaitu tidak menyebabkan korosi karena tidak terdapat oksigen disamping itu tidak mengandung lembab sehingga nilai kalorinya lebih besar [4]. Prospek produk BB dari pirolisis plastik sangat baik sebagai substitusi bahan bakar bensin maupun solar [11].

Jenis Plastik polyethylene (PE) dan polypropylene (PP) banyak dijadikan sebagai bahan penelitian, dalam hal ini penelitian yang hasil produknya berupa bahan bakar minyak. Dibandingkan dengan PVC maupun PET, plastik PP lebih unggul dalam hal kualitas minyak bakar [8]. Proses thermal cracking (pirolisis) banyak digunakan dalam pembuatan bahan bakar minyak dari plastic [9]. Pirolisis dapat dilakukan pada temperatur 450°C dengan waktu 2 jam pada bertemperatur 21°C. Gas yang dihasilkan akan dikondensasikan berupa minyak di dalam kondensor. Gas chromatography digunakan untuk menganalisa produk minyak yang dihasilkan berdasarkan penentuan distribusi jumlah atom carbonnya. Dengan hasil yang diperoleh melalui analisa dapat diketahui bahwa banyak komponen minyak dari gabungan plastik PE dan PP terdapat jumlah atom Carbon yang sama dengan minyak diesel, yaitu C12 – C17. Adapun percobaan lain sejenis yaitu LDPE dan PP. Proses pirolisis yang dilakukan yaitu pada suhu 350°C, 300°C serta 250°C, dan pengujian selanjutnya: penentuan viskositas, densitas dan pengujian nilai kalor. Adapun hasil penelitian menyatakan bahwa pada suhu 400°C didapatkan minyak hasil pirolisis terbanyak untuk PP, sedangkan pada sampah LDPE

diperoleh suhu 300°C. Kemudian dilakukan pengujian densitas minyak pirolisis plastik PP dan LDPE yang masuk range densitas kerosin dan solar. Untuk pengujian viskositas yaitu mendekati nilai viskositas bensin dan pengujian nilai kalorinya mendekati nilai kalor solar [3].

Adapun penelitian yang dilakukan ini yaitu melalui proses pirolisis dengan bahan baku limbah plastik bekas termasuk klasifikasi plastik Polypropylene. Jadi dari penelitian ini untuk memperoleh bahan bakar minyak dari plastik PP teknik pirolisis dengan menentukan suhu dan waktu tinggal optimum yang dihasilkan. Untuk alat pirolisis ini peran sistem pendingin yang efisien dalam hal pendinginan uap atau gas hasil pirolisis sangat penting dalam proses desain alatnya [1].

## METODE PENELITIAN

Adapun bahan dasar yang digunakan adalah limbah plastik bekas kemasan gelas mineral yang merupakan plastik Polypropylene (PP), dan dilakukan melalui teknik pirolisis untuk memperoleh bahan bakar cair. Rangkaian alat pirolisisnya antara lain pemanas listrik, pengontrol temperatur, kondensor dan penampung hasil produk minyak [1]. Pengujian nilai kalor dengan alat bom calorimeter, penentuan densitas dengan piknometer, dan penentuan komponen senyawa kimia dengan alat GC-MS. Penelitian dilaksanakan di Lab. Riset FTI UMI Makassar.

Beberapa tahap dalam penelitian ini. Tahap I adalah persiapan awal. Dilakukan persiapan bahan dasar plastik jenis Polypropylene (PP) yaitu pembersihan, pengeringan dan pencacahan limbah plastik.

Tahap II adalah proses pirolisis. Sebanyak 50 gram sampel limbah plastik PP yang sudah dicacah dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis. Variabel suhu pemanasan yang dilakukan yaitu 200°C, 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, dan 450°C. Yield terbanyak dari proses pirolisis variasi suhu merupakan suhu optimum yang didapatkan. Selanjutnya proses pirolisis kembali dilakukan dari hasil yield terbanyak untuk mengetahui waktu tinggal optimum dengan variasi waktu 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit dan 30 menit. Hasil pirolisis plastik berupa minyak ditampung sebagai bahan bakar minyak

Tahap III adalah analisis minyak hasil pirolisis. Analisis densitas dengan piknometer, analisis nilai kalor dengan bom kalorimeter serta alat Gas Chromatography – Mass Spectrometry (GC – MS). Untuk penentuan komposisi senyawa kimia.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

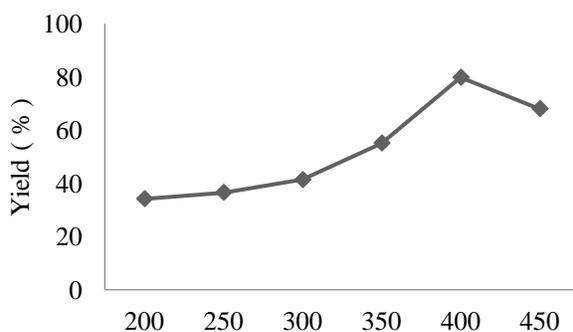
### Hasil Proses Pirolisis Variasi Suhu

Analisis dilakukan terhadap enam variabel perubahan suhu proses pirolisis untuk mencari suhu optimum.

Tabel 2. Hasil yield plastik PP variabel suhu

Sampel	Suhu (°C)	Massa sampel (gr)	Massa minyak (gr)	Yield minyak (%)
1	200	50	17,0719	34,14
2	250	50	18,2379	36,48
3	300	50	20,7212	41,44
4	350	50	27,5320	55,06
5	400	50	39,9230	79,85
6	450	50	34,0102	68,02

Dari tabel 2 mengalami peningkatan yield yaitu terjadi peningkatan suhu pirolisis yang dapat dilihat pada gambar grafik :



Gambar 2. Grafik perolehan yield minyak terhadap variabel suhu

Gambar 2 di atas dapat dilihat hasil yield minyak untuk variabel suhu dengan waktu pirolisis selama kurang lebih 2 jam, yang menunjukkan bahwa hasil yield diperoleh sebesar 79,85% pada suhu optimum 400°C. Hal ini disebabkan yield semakin meningkat seiring dengan peningkatan suhu. Namun pada batas tertentu dan suhu lebih meningkat lagi akan mengalami penurunan seperti terlihat pada suhu 450 °C hanya menghasilkan yield sebesar 68,02 %. Hal ini mengakibatkan yield gas diperoleh lebih banyak dibandingkan yield cairan [10].

### Hasil Proses Pirolisis Variasi Waktu

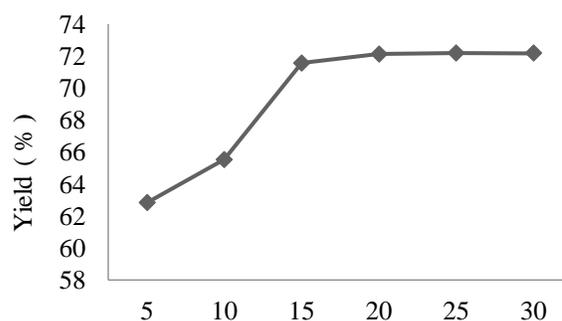
Untuk variasi waktu tinggal pirolisis ini dilakukan dengan melakukan pemanasan pada hasil

yield terbanyak dari variasi suhu sebelumnya, yaitu hasil yield suhu optimum 400°C. Diperoleh hasil yield:

Tabel 3. Hasil yield plastik PP variabel waktu tinggal

Sampel	Waktu (menit)	Massa sampel (gr)	Massa minyak (ml)	Yield minyak (%)
1	5	50	31,4130	62,83
2	10	50	32,7658	65,53
3	15	50	35,7861	71,57
4	20	50	36,0581	72,12
5	25	50	36,0937	72,19
6	30	50	36,0907	72,18

Berdasarkan tabel terjadi kenaikan yield yaitu meningkatnya waktu pirolisis yang terlihat pada grafik di bawah ini :



Gambar 3. Grafik perolehan yield minyak terhadap variabel waktu tinggal

Dari Gambar 3 di atas terlihat perolehan yield tertinggi dari pirolisis limbah plastik Polypropylene (PP) didapat yield sebesar 72,19 % pada waktu selama 25 menit dengan suhu 400°C. Diperoleh waktu pemanasan semakin lama maka akan meningkatkan hasil yield produk. Hal tersebut dikarenakan hampir semua fraksi mengalami penguraian sempurna pada waktu tinggal tersebut dengan bertambahnya waktu. Terlihat pada grafik bahwa didapat pada waktu 25 menit untuk waktu tinggal pirolisis yang efektifnya di suhu optimum 400 °C, apabila melebihi dari proses yang dilakukan akan tidak ekonomis karena jumlah dari yield minyak tidak ada / berkurang. Hal tersebut dikarenakan bahwa hampir semua fraksi akan terpirolisis pada waktu tinggal selama 25 menit

### Hasil Analisis Sifat Fisika

Pengujian sifat fisika yang dilakukan meliputi pengujian nilai kalor dan densitas. Pengujian dilakukan untuk sampel dengan yield tertinggi yaitu di suhu optimum 400°C selama 25 menit pada dengan waktu tinggal optimum

#### Pengujian Densitas

Massa jenis (densitas) yang dihasilkan pada sampel minyak hasil pirolisi yaitu 0,7542 gram/ml. Secara standar nilai densitas untuk BBM Bensin 88 yaitu 0,715 – 0,780 gram/ml, kerosin 0,790 – 0,835 gram/ml, minyak solar ADO 0,815 – 0,870 gram/ml [9].

Jadi hasil pengujian densitas sama dengan nilai densitas untuk jenis Bensin. Begitupun nilai standard persyaratan BBM bensin yaitu 0,715 – 0,770 gram/ml (Dept.ESDM 2016).

#### Pengujian Nilai Kalor

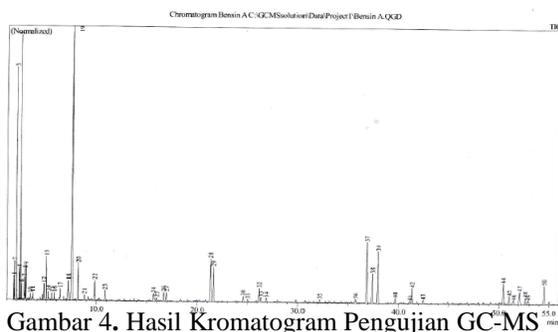
Hasil pengujian nilai kalor akan dibandingkan dengan standar persyaratan bahan bakar minyak yang dipasaran. Kualitas minyak hasil pirolisis lebih baik dibandingkan solar dalam hal indikator berat jenis, lama pemansan, suhu dan banyaknya air yang hilang pada saat dimasakn menggunakan minyak tersebut [13].

Adapun persyaratan nilai kalor BBM yang seharusnya diatas 41,870 J/gram atau 10.000 kal/gram. Untuk hasil nilai kalor diperoleh sebesar 11.621,4 kal/gr atau 48,656 J/gr suhu optimum 400°C pada waktu tinggal 25 menit, hasil tersebut terpenuhi sebagai standar nilai kalor BBM, terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Hasil Nilai kalor BBM

Bahan	CV (kal/gram)
Plastik	11.621,4
Bensin	11.495,003
Solar	10.270
Persyaratan ESDM RI	>10.000

### Hasil Analisis Sifat Kimia



Gambar 4. Hasil Kromatogram Pengujian GC-MS

Kromatogram di atas menunjukkan hasil pengujian GC-MS untuk jenis plastik PP pada yield tertinggi didapat persentase sebesar 29,91 % area dengan resistance time 7.590 untuk senyawa hidrokarbon 2,4-dimethyl-1-heptene (Rumus Molekul : C<sub>9</sub>H<sub>18</sub>), karena senyawa ini akan terbentuk melalui proses pirolisis dari degradasi senyawa hidrokarbon dengan lebih banyak jumlah atom Karbon (C) dan Hidrogen (H). Komponen yang diperoleh adalah komponen yang mudah terbakar dan heptana merupakan komponen bagian molekul penyusun dari BBM premium.

### KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh yaitu:

1. Hasil pirolisis dari limbah plastik jenis PP dapat dihasilkan sebagai bahan bakar cair sumber energi alternatif
2. Suhu optimum yang dihasilkan adalah 400°C hasil yield sebesar 79,85 %
3. Waktu tinggal optimum yang dihasilkan adalah 25 menit hasil yield sebesar 72,19%
4. Nilai densitas minyak pirolisis PP berada pada rentang nilai denistas bensin yaitu 0,7542 gram/ml. Nilai uji kalor mendekati nilai kalor bensin yaitu 11.621,4 kal/gram. Pengujian GC-MS diperoleh senyawa hidrokarbon paling banyak yaitu senyawa 2,4-dimethyl-1-heptene (C<sub>9</sub>H<sub>18</sub>) sebesar 29,91 % area.
5. Masukan pengembangan berikutnya yaitu perlu adanya proses pemurnian lebih lanjut baik dengan destilasi maupun fraksinasi.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional (RISTEK BRIN) yang telah memberi bantuan pendanaan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aladin, A., Ratna Surya Alwi and Takdir Syarif, 2017, *Design of Pyrolysis Reactor For Production Of Bio-Oil and Bio-Char Simultaneously*
- [2] Cahyono, M. S., Liestiono, M. R. P., & Widodo, C, "Proses Pirolisis Sampah Plastik dalam Rotary Drum Reactor dengan Variasi Laju Kenaikan Suhu", *Prosiding Seminar*

- Nasional Teknoka*, 3, 63, 2019. <https://doi.org/10.22236/teknoka.v3i0.2917>
- [3] Endang K, *et al.*, “Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak”, *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, ISSN 1693-4393, 1–7, 2016.
- [4] Hidayah, N, Syafrudin, “A Review on Landfill Management in the Utilization of Plastic Waste as an Alternative Fuel”, In *E3S Web of Conferences* (Vol. 31). EDP Sciences, 2018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183105013>
- [5] Hidayati, N. A., Aziz, I. R., dan Muthiadin, C. ,“Pemanfaatan Limbah Plastik sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan”, Gowa: UIN Alauddin, Volume 3, No.1 , 2017. <https://doi.org/10.24252/psb.v3i1.4730>
- [6] Kholidah, *et al.*, “Polystyrene Plastic Waste Conversion into Liquid Fuel with Catalytic Cracking Process Using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as Catalyst”, *Science and Technology Indonesia*, 3(1), 1–6, 2018. <https://doi.org/10.26554/sti.2018.3.1.1-6>
- [7] Lauhilhulafa, Atmia, “Pemanfaatan Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Dengan Metode Pirolisis”, *OSF Preprints*, 26 Dec. 2019. <https://doi.org/10.31219/osf.io/nxg73>
- [8] Lesmana, R. Y., & Apriyani, N., “Sampah Plastik Sebagai Potensi dalam Pembuatan Bahan Bakar Minyak”, *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 4(2), 47–50, 2019. <https://doi.org/10.33084/mitl.v4i2.1065>
- [9] Liestiono, *et al.*, “ Karakteristik Minyak dan Gas Hasil Proses Dekomposisi Termal Plastik Jenis Low Density Polyethylene (LDPE)”, *Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy*, 1(2), 1, 2017. <https://doi.org/10.30588/jo.v1i2.288>
- [10] Nazif, R., Wicaksana, E., dan Halimatuddahlia, “Pengaruh Suhu Pirolisis Dan Jumlah Katalis Karbon Aktif Terhadap Yield dan Kualitas Bahan Bakar Cair dari Limbah Plastik Jenis PP” , *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5,49-55, 2016. <https://doi.org/10.32734/jtk.v5i3.1545>
- [11] N. Wedayani, “Studi Pengelolaan Sampah Plastik Di Pantai Kuta Sebagai Bahan Bakar Minyak, “Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan, vol.15, No.2, pp.122-126, Sept. 2018. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v15i2.122-126>
- [12] Praputri, *et al.*, “Pengolahan Limbah Plastik Polypropylene Sebagai Bahan Bakar Minyak (BBM) dengan Proses Pyrolysis”, *Seminar Nasional Teknik Kimia-Teknologi Oleo Petro Kimia Indonesia*, Pekanbaru, 2016.
- [13] Wahyudi, J., Prayitno, H. T., & Astuti, A. D, “ Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Bakar Pembuatan Bahan Bakar Alternatif”, *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*, 14(1), 58–67,2018. <https://doi.org/10.33658/jl.v14i1.109>