

## **Bahan Bakar dari Limbah Ban dan Plastik dengan Metode Pirolisis**

### *Fuel from Waste Tires and Plastic Using the Pyrolysis Method*

**Ida Bagus Alit<sup>1</sup>, I Made Mara<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Teknik Mesin Unram, Mataram, Indonesia

e-mail: [alit.ib<sup>1</sup>@unram.ac.id](mailto:alit.ib<sup>1</sup>@unram.ac.id), [made.mara<sup>1</sup>@unram.ac.id](mailto:made.mara<sup>1</sup>@unram.ac.id)

#### **Abstrak**

Limbah plastik dan karet merupakan dua jenis limbah non-biodegradable yang sulit terurai di alam dan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Penggunaan bahan berbasis plastik sangat luas dalam kehidupan sehari-hari karena sifatnya yang ringan, tahan air, fleksibel, dan murah. Berbagai produk berbasis plastik, seperti botol air mineral, kantong plastik, kemasan makanan, dan peralatan rumah tangga semakin banyak digunakan sehingga akan menghasilkan limbah yang besar. Plastik dan karet juga memiliki nilai kalor yang tinggi sehingga dapat dikonversikan menjadi bahan bakar. Plastik merupakan salah satu produk turunan dari minyak bumi, sehingga mudah dibuat menjadi bahan bakar seperti bensin maupun solar. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan bahan bakar alternatif dari limbah karet dan plastik. Limbah karet yang digunakan adalah ban motor sedangkan limbah plastik yang dipakai adalah botol minuman air mineral. Metode yang digunakan untuk mengkonversi bahan tersebut adalah metode pirolisis. Bahan bakar hasil pirolisis kemudian diuji sifat fisik dan kimia yang meliputi densitas, viskositas kinematis, nilai kalor, kandungan abu dan kandungan belerang. Konversi limbah plastik menghasilkan lebih banyak bahan bakar dari pada konversi limbah karet. Densitas minyak pirolisis limbah ban lebih mendekati bahan bakar Diesel, sementara densitas minyak pirolisis plastik lebih mendekati bahan bakar bensin. Nilai kalor minyak pirolisis yang dihasilkan diatas 40 Mj/kg. kandungan abu dan timbal minyak pirolisis plastik berada dibawah batas maksimal bahan bakar Diesel maupun bensin.

**Kata kunci:** Pirolisis; Bahan bakar alternatif; Limbah karet; Limbah plastik

#### **Abstract**

*Plastic and rubber waste are two types of non-biodegradable waste that decompose slowly in nature and can have negative environmental impacts if not properly managed. The use of plastic-based materials is widespread in daily life due to their lightweight, water resistance, flexibility, and affordability. Various plastic-based products, such as mineral water bottles, plastic bags, food packaging, and household items, are increasingly used, leading to significant waste generation. Plastic and rubber also have high calorific value, making them suitable for conversion into fuel. Plastic is a derivative product of petroleum, making it easy to process into fuels such as gasoline and diesel. The aim of this research is to produce alternative fuel from rubber and plastic waste. The rubber waste used is motorcycle tires, while the plastic waste used is mineral water bottles. The method used to convert these materials is the pyrolysis method. The resulting pyrolysis fuel is then tested for physical and chemical properties, including density, kinematic*

*viscosity, calorific value, ash content, and sulfur content. The conversion of plastic waste produces more fuel than the conversion of rubber waste. The density of the pyrolysis oil from tire waste is closer to diesel fuel, while the density of the pyrolysis oil from plastic is closer to gasoline. The calorific value of the produced pyrolysis oil is above 40 MJ/kg. The ash and lead content of the pyrolysis oil from plastic are below the maximum limits for diesel and gasoline.*

**Keywords :** *Pyrolysis; Alternative fuel; Rubber waste; Plastic*

## 1. PENDAHULUAN

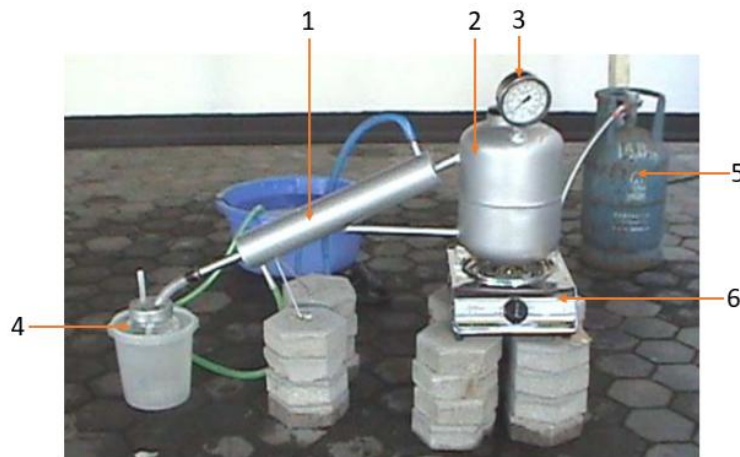
Sampah merupakan konsekuensi dari adanya aktifitas manusia. Setiap aktifitas manusia pasti menghasilkan buangan atau sampah. Jumlah atau volume sampah sebanding dengan tingkat konsumsi kita terhadap barang / material yang digunakan sehari-hari. Demikian juga dengan jenis sampah, sangat tergantung dari jenis material yang dikonsumsi. Pengelolaan sampah tidak bisa lepas juga dari gaya hidup masyarakat. Peningkatan jumlah kendaraan dalam bidang transportasi tentunya juga membawa dampak negatif baik secara langsung maupun tidak langsung. Dampak yang dihasilkan secara langsung dari aktifitas transportasi berupa polusi udara yang dihasilkan asap kendaraan bermotor, sedangkan dampak tidak langsungnya berupa pemakaian ban karet yang senantiasa berganti secara periodik. Kegiatan penggantian ban sebagai aspek perawatan kendaraan tentunya akan menghasilkan ban karet bekas sebagai sampah. Ban bekas tersebut kemudian akan menumpuk dalam Tempat Pembuangan Sampah (TPS), menimbulkan polusi udara dan berbagai macam penyakit. Secara global, sekitar 1,4 miliar ban bekas (ST) dibuang setiap tahunnya karena peningkatan jumlah kendaraan di jalan raya (Sienkiewicz et al., 2012), setara dengan 17 juta ton setiap tahunnya. Sampah karet bisa menjadi masalah lingkungan karena sulit terurai dan dapat mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Selain itu penggunaan plastic sebagai kemasan minuman air mineral juga semakin banyak digunakan, akibatnya semakin banyak pula limbah yang plastic yang akan dihasilkan. Untuk mengatasi masalah sampah karet dan plastic, diperlukan tindakan yang melibatkan pemerintah, industri, dan masyarakat secara keseluruhan. Membakar limbah karet dan plastic biasanya dilarang karena kekhawatiran akan polusi udara, dan menguburkannya dapat menyebabkan kontaminasi lahan pembuangan sampah. Beberapa langkah yang dapat diambil termasuk pengurangan penggunaan karet dan plastic seperti, pengembangan teknologi daur ulang yang efisien, serta pendidikan dan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengelolaan sampah yang baik. Untuk mengatasi masalah sampah karet dan plastic, diperlukan tindakan yang melibatkan pemerintah, industri, dan masyarakat secara keseluruhan.

Para peneliti telah melakukan penelitian untuk menemukan solusi untuk masalah pembuangan ban adalah mengubah dengan mengubahnya menjadi isian beton (Raafidiani et al., 2022) maupun pembuatan batako (Iduwini et al., 2023). Pemanfaatan lain dari limbah karet adalah dijadikan bahan bakar dengan metode pirolisis (Abdallah et al., 2020). ataupun diubah menjadi bahan bakar dan produk hidrokarbon melalui proses termal dan termokimia seperti pembakaran [mendele, stefano], Bahan bakar cair tersebut diperoleh melalui proses pemecahan termomekanik yang dilakukan pada suhu moderat (300-500 °C). Sifat fisik bahan bakar tersebut kemudian diuji seperti kerapatan, viskositas, nilai kalor dan titik nyala. Hasil sifat fisik bahan bakar tersebut sebanding dengan bahan bakar Diesel. Pembuatan Bahan bakar minyak dari campuran limbah karet dan plastic telah dilakukan (Biantoro, 2018). Bahan yang digunakan adalah limbah ban dan plastic jenis LDPE. Kemudian diuji sifat fisik bahan bakar tersebut. Pembuatan bahan bakar minyak dari limbah karet lainnya menggunakan dengan cara gasifikasi (Oboirien & North, 2017). Pengolahan karet menjadi bahan bakar minyak telah dilakukan seperti, mengubahnya menjadi bahan bakar minyak dengan metode

pirolisis (Ahmad et al., 2018). Pembuatan minyak dari limbah ban bekas menggunakan katalis zeolite juga telah dilakukan (Arita et al., 2015). Penelitian dilakukan melalui pirolisis dengan penambahan katalis zeolit 20%,40%, 60%, dan 80% dari berat karet ban bekas yaitu 500 gram, serta tanpa katalis,danwaktu operasi selama2 jam dan 3 jam. Seperti halnya limbah karet pemanfaatan limbah plastic menjadi bahan bakar minyak juga telah banyak diteliti seperti: mesin penghasil polyester symtetic fiber jenis PET (Alfauzi et al., 2020), dan mengubah plastic tersebut menjadi bahan bakar dengan metode pirolisis (Novia, 2021). Pembuatan bahan bakar pirolisis dari jenis plastic HDPE dan LDPE juga dilakukan, hasilnya komposisi bahan bakar yang dihasilkan mengandung nafta, bensin, solar dan residu berupa karbon aktif (Istoto & Puspitasari, 2024). Selanjutnya alat pirolisis diuji pengaruh diameter penukar kalor (Alit & Rudy, 2023). Diameter pipa yang digunakan  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ . Dan 1 inchi. Hasilnya semakin besar pipa penukar kalor temperature pirolisis semakin menurun. Penggunaan pipa dengan diameter terbesar menghasilkan bahan bakar yang paling banyak, dengan kerapatan minyak yang paling rendah. Minyak hasil pirolisis juga telah diuji pada kendaraan bermotor untuk mengetahui kualitas bahan bakar minyak hasil pirolisis dengan bahan bakar biosolar (Anwar et al., 2022).

## 2. METODE

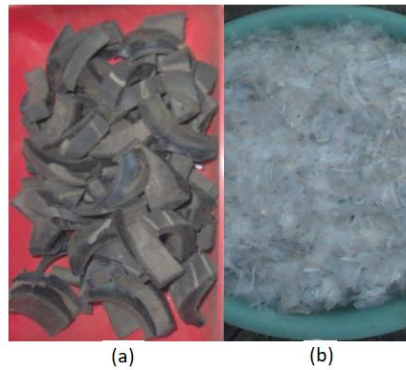
Metode penelitian adalah eksperimental. Sebelum eksperimen bahan limbah ban motor dan plastik botol air mineral dibersihkan terlebih dahulu, kemudian dipotong kecil-kecil. 1kg bahan baku kemudian dimasukkan ke dalam reactor, kemudian dipanaskan sampai mencair lalu menguap. Uap tersebut kemudian dikondensasi di heat exchanger. Pendinginan pada heat exchanger menggunakan fluida air.



1. Alat penukar kalor; 2. Tabung pirolisis; 3. Termometer; 4. Penampung kondensat;  
5. Tabung LPG; 6. Kompor

Gambar 1 Alat pirolisis

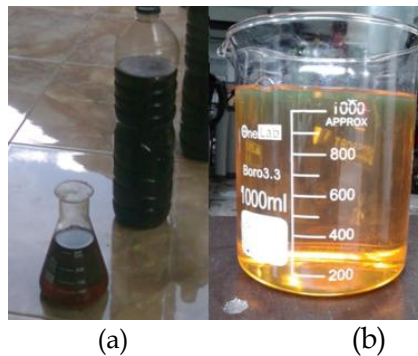
Bahan bakar minyak yang dihasilkan ditampung kemudian dianalisis. Volume minyak diukur lalu sampelnya diuji kerapatan, viskositas, serta nilai kalor. Pengujian viskositas kinematik bahan bakar minyak dari limbah karet dan botol plastik menggunakan alat Saybolt viscosimeter ASTM D 88. Pengujian nilai kalor dengan alat Adiabatic Bomb calorimeter ASTM D 7843. pengukuran kadar timbal dalam abu tersebut dengan menggunakan alat Atomic Absorption Spectrofotometric (AAS) ASTM D 3335 tipe AA 55



Gambar 2. Bahan baku: (a) karet ban; (b) gelas plastik

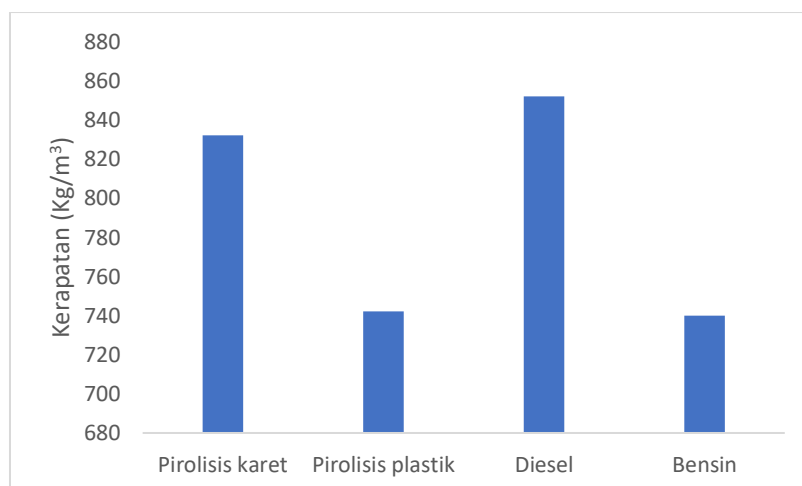
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pirolisis limbah karet ban menghasilkan 643 ml (0,56 kg), sementara bahan bakar minyak dari limbah plastic menghasilkan 1215 ml (0,9 kg) dari 1 kg bahan baku. Dari data diperoleh bahan bakar minyak dari limbah plastic menghasilkan bahan bakar yang lebih banyak dibandingkan dengan bahan baku ban karet.



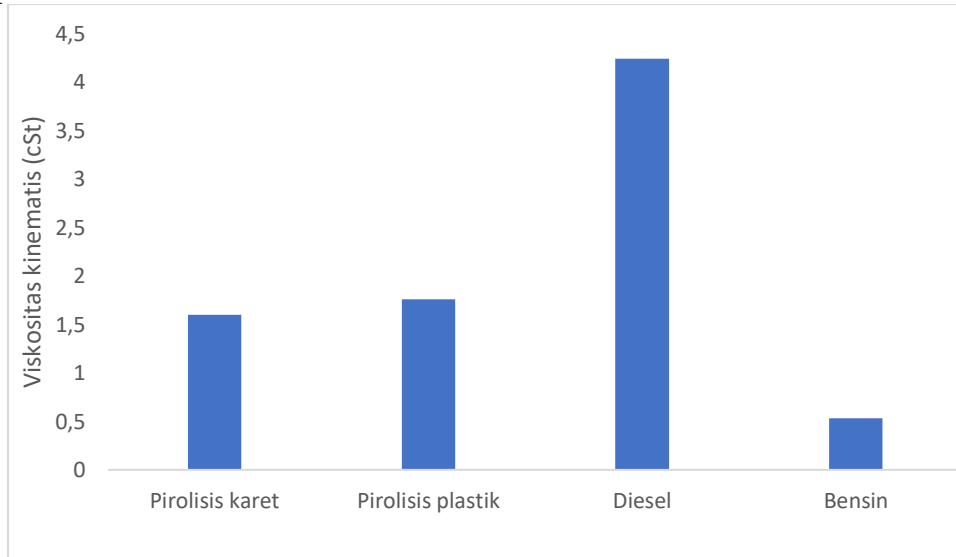
Gambar 3. Bahan bakar hasil pirolisis: (a) minyak dari limbah ban; (b) minyak dari limbah plastik

Temperatur maksimum reactor pirolisis adalah  $240^{\circ}\text{C}$  untuk pirolisis ban karet dan temperatur maksimum  $305^{\circ}\text{C}$  untuk minyak pirolisis gelas plastik. Bahan bakar hasil pirolisis limbah karet ban dan gelas plastik selanjutnya di uji dan dibandingkan dengan bahan bakar bensin dan solar, seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



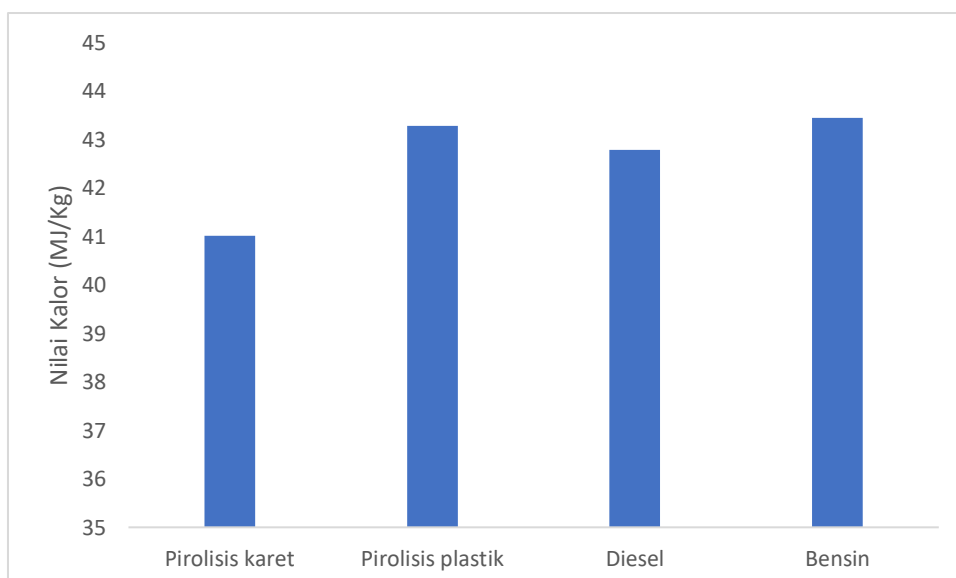
Gambar 4. Densitas bahan bakar hasil pirolisis berbanding bahan bakar Diesel dan bensin

Gambar 4 memperlihatkan kerapatan bahan bakar hasil pirolisis karet ban besar dibandingkan dengan kerapatan dari bahan bakar pirolisis plastik. Hal ini juga tampak dari warna bahan bakar hasil pirolisis karet ban lebih gelap dan kental dibandingkan dengan bahan bakar pirolisis plastik. Hasil serupa ditunjukkan pada penelitian (Anwar et al., 2022), dengan bahan baku limbah plastic jenis HDPE. Besarnya kerapatan bahan bakar hasil pirolisis karet ban lebih mendekati kerapatan bahan bakar Diesel, sementara kerapatan bahan bakar pirolisis plastik lebih mendekati bensin.



Gambar 5. Viskositas kinematis bakar hasil pirolisis berbanding bahan bakar Diesel dan bensin

Besarnya Viskositas kinematis bahan bakar hasil pirolisis karet ban hampir sama dengan bahan bakar pirolisis plastik. Bahan bakar yang memiliki viskositas tinggi akan cenderung membentuk tetesan yang lebih besar saat injeksi, sehingga menghasilkan atomisasi yang lebih buruk dan menciptakan masalah seperti kerak pada ruang pembakaran. Besarnya viskositas kinematis bahan bakar hasil pirolisis berada diantara viskositas Diesel dan bensin.



Gambar 6. Nilai bakar hasil pirolisis berbanding bahan bakar Diesel dan bensin



Gambar 6 menunjukkan besarnya nilai kalor bawah yang dihasilkan menggunakan alat alat Adiabatic Bomb calorimeter ASTM D 7843. Nilai kalor minyak hasil pirolisis limbah karet dan plastik diatas 40 Mj/kg. Nilai kalor kinematis bahan bakar hasil pirolisis karet lebih rendah sedikit dengan bahan bakar pirolisis plastik. Nilai kalor bahan bakar hasil pirolisis yang diperoleh nilainya setara dengan penelitian (Syamsiro et al., 2014). Besarnya nilai kaloir bahan bakar pirolisis plastik setara dengan nilai kalor bensin. Besarnya nilai kalor minyak pirolisis ini mengindikasikan besar pula energi yang mampu dibebaskan bahan bakar tersebut saat melewati reaksi pembakaran.

Tabel 1. Kandungan abu dan timbal minyak hasil pirolisis

Karakteristik	Pirolisis karet	Pirolisis plastik	Diesel	Bensin
Kandungan abu (%)	0,0254	0,003905	0,01(Maks)	-
Kandungan timbal (Pb) (%)	0,00008	0,0000231	-	0,04 (Maks)

Table diatas menampilkan kandungan abu dan kandungan timbal dari minyak hasil pirolisis. Kandungan abu bahan bakar hasil pirolisis karet lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar pirolisis plastik. Kandungan abu bakar hasil pirolisis karet lebih tinggi dari bahan bakar Diesel. Sementara kandungan timbal bakar hasil pirolisis karet dan plasti masih berada dibawah batas maksimal kandungan Pb dari bensin.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pirolisis limbah karet dan plastik dapat dijadikan solusi alternatif pengelolaan limbah. Hasil penelitian ini menampilkan sifat fisik dan kimia minyak hasil pirolisis limbah karet dan plastik. Besarnya kerapatan bahan bakar hasil pirolisis karet lebih mendekati kerapatan Diesel, sementara kerapatan bahan bakar pirolisis plastik lebih mendekati bensin. Viskositas kinematis bahan bakar hasil pirolisis berada diantara viskositas Diesel dan bensin, dan besarnya nilai kalor minyak pirolisis diatas 40 Mj/kg. kandungan abu bahan bakar hasil pirolisis karet masih berada diatas kandungan abu maksimum yang ditetapkan, sementara kandungan timbal minyak hasil pirolisis berada dibawah nilai maksimum yang diperbolehkan.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Abdallah, R., Juaidi, A., Assad, M., Salameh, T., & Manzano-Agugliaro, F. (2020). Energy recovery from waste tires using pyrolysis: Palestine as case of study. *Energies*, 13(7), 1–13. <https://doi.org/10.3390/en13071817>
- Ahmad, N., Abnisa, F., & Wan Daud, W. M. A. (2018). Liquefaction of natural rubber to liquid fuels via hydrous pyrolysis. *Fuel*, 218, 227–235. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2017.12.117>
- Alfauzi, A. S., Purnomo, A., & Yanuar, P. (2020). Rancang Bangun Mesin Penghasil Polyester Syntetic Fiber Berbahan Limbah Plastik Jenis PET. *Prosiding Seminar Nasional NCIET*, 1, 84–90. <http://conf.nciet.id/index.php/nciet/article/view/77%0Ahttps://conf.nciet.id/index.php/nciet/article/download/77/221>

- Alit.I.B, & Sutanto.R. (2023). Effect of heat exchanger pipe diameter on the conversion of polypropylene plastic waste. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 8(2), 339–343. <https://doi.org/10.30574/wjaets.2023.8.2.0114>
- Anwar, S., Permana.H, & Susanto.I. (2022). Analisa kinerja motor bakar bensin 4 langkah menggunakan bahan bakar dari minyak plastik. *Metrik Serial Humaniora Dan Sains*, 3(2), 16–23.
- Biantoro,E., B. (2018). Analisa karakteristik bahan bakar dari ban dalam bekas dan plastik jenis LDPE. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 281–286.
- Iduwin, T., Purnama, D. D., & Putri, P. S. (2023). Penggunaan Limbah Karet Ban Terhadap Kuat Tekan Dan Penyerapan Paving Block. *Jurnal Forum Mekanika*, 12(1), 2356–1491.
- Istoto.E.H, & Puspitasari.P. (2024). *Produksi bahan bakar dari limbah plastik HDPE dan LDPE menggunakan metode pirolisis*. 5(4), 1154–1162.
- Novia, T. (2021). Pengolahan Limbah Sampah Plastik Polythylene Terephthlate (PET) Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Proses Pirolisis. *GRAVITASI: Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains*, 4(1), 33–41. <https://doi.org/10.33059/gravitasi.jpfs.v4i01.3481>
- Oboirien, B. O., & North, B. C. (2017). A review of waste tyre gasification. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(5), 5169–5178. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.09.057>
- Raafidiani, R., Handriawan, I. R., & Febriansya, A. (2022). Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi dan Karet Ban sebagai Bahan Tambah Agregat pada Beton. *Jurnal TEDC*, 16(2), 173–176.
- S. Arita, A. Assalami, D. I. N. (2015). Proses pembuatan bahan bakar cair dengan memanfaatkan limbah ban bekas menggunakan katalis zeolit. *Jurnal Teknik Kimia*, 2(21), 8–14.
- Sienkiewicz, M., Kucinska-Lipka, J., Janik, H., & Balas, A. (2012). Progress in used tyres management in the European Union: A review. *Waste Management*, 32(10), 1742–1751. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.05.010>
- Syamsiro, M., Saptoadi, H., Norsujianto, T., Noviasri, P., Cheng, S., Alimuddin, Z., & Yoshikawa, K. (2014). Fuel oil production from municipal plastic wastes in sequential pyrolysis and catalytic reforming reactors. *Energy Procedia*, 47, 180–188. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.212>