

LOMBA KARYA TULIS ILMIAH EXPECTO 2024

**PEMANFAATAN TEKNOLOGI KONVERSI LIMBAH PLASTIK
MENJADI BAHAN BAKAR: UPAYA GENERASI MUDA MENUJU
INDONESIA EMAS**



Disusun oleh:

Zahro Ainur Rohimah, Luthfiyah Salsabila Azzahro

SMA TRENSAINS MUHAMMADIYAH SRAGEN

SRAGEN, JAWA TENGAH

2024

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama ketua tim : Zahro Ainur Rohimah

Tempat, tanggal lahir : Pati, 14 Februari 2007

NIS : 0919

Sekolah : SMA Trensains Muhammadiyah Sragen

Dengan ini menyatakan, karya tulis dengan judul:

PEMANFAATAN TEKNOLOGI KONVERSI LIMBAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR: UPAYA GENERASI MUDA MENUJU INDONESIA EMAS

adalah benar-benar hasil karya sendiri dan bukan merupakan plagiat atau saduran dari karya tulis orang lain serta belum pernah dipublikasikan maupun diikutsertakan dalam lomba sebelumnya. Apabila di kemudian hari pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh panitia EXPECTO 2024 berupa diskualifikasi dari kompetisi.

Demikian surat ini dibuat dengan sebenar-benarnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Sragen, 19 Oktober 2024



Zahro Ainur Rohimah

ABSTRAK

Pemanfaatan Teknologi Konversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Alternatif: Upaya Generasi Muda Menuju Indonesia Emas

Generasi muda merupakan salah satu elemen bangsa yang memiliki peran penting sebagai agen perubahan dalam menciptakan Visi Indonesia Emas. Salah satu arah pembangunan pada Visi Indonesia Emas 2045 yaitu lingkungan hidup berkualitas. Namun, hingga saat ini, terdapat permasalahan yang mendesak yaitu krisis limbah sampah plastik. Dengan semangat berinovasi, generasi muda telah menemukan berbagai metode untuk mengubah limbah plastik menjadi barang bernilai seperti, pirolisis, gasifikasi, dan berbagai metode inovatif lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi teknologi konversi limbah plastik dengan proses pirolisis menjadi alternatif bahan bakar minyak. Fokus penelitian ini adalah peran generasi muda dalam mengimplementasikan metode tersebut. Metode penelitian menggunakan deskriptif kuantitatif melalui pengumpulan data dengan eksperimen, observasi dan pengujian serta studi literatur. Pengujian yang dilakukan yakni uji densitas, uji viskositas, uji bilangan asam, uji titik nyala dan mengamati karakteristik visual dari bahan bakar. Setelah dilakukannya eksperimen, didapatkan hasil bahwa bahan bakar minyak (BBM) memiliki nilai densitas sebesar 857 kg/m^3 , viskositas senilai $4,3 \text{ mm}^2/\text{s}$ (cST), bilangan asam sebesar $0,28 \text{ mg-KOH/g}$, titik nyala pada suhu 60°C serta penampilan visual berwarna kuning keruh.

PENDAHULUAN

Limbah adalah zat buangan yang dihasilkan dari suatu usaha maupun proses produksi yang apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan dampak negatif. Berdasarkan jenisnya, limbah di Indonesia pada tahun 2022 memiliki komposisi yakni sampah sisa makanan: 41,55%, sampah plastik: 18,55%, sampah kayu/ranting: 13,27%, sampah kertas/karton: 11,04%, sampah logam: 2,86%, sampah kain: 2,54%, sampah kaca: 1,96%, sampah karet/kulit: 1,68%, dan sampah jenis lainnya: 6,55% (Putri, 2023). Sampah plastik menempati posisi kedua jumlah sampah plastik terbanyak di Indonesia. Plastik adalah material jenis polimer yang dibentuk dengan proses polimerisasi dan tersusun atas rantai monomer. Penggunaan plastik sendiri dipilih karena bahannya yang ringan, kuat, fleksibel, dan mudah dibentuk.

Di samping keunggulannya, sampah plastik merupakan jenis limbah anorganik yang sukar terurai dalam tanah dan membutuhkan waktu sebanyak 5080 juta tahun untuk terurai. Sedangkan, limbah plastik yang ada saat ini pada umumnya hanya dibuang, dibakar atau didaur ulang (*recycle*). Sehingga proses tersebut belum menyelesaikan semua permasalahan limbah plastik. Hal ini dikarenakan sampah plastik sulit terurai, dalam perspektif lingkungan, pencemaran yang diakibatkan oleh sampah plastik meliputi pencemaran air, tanah, dan udara. Pada tanah, sampah plastik dapat menghalangi resapan air menjadi residu polutan, menyumbat jalannya air dari air hujan, dan sinar matahari sehingga mengurangi kesuburan tanah dan dapat menyebabkan banjir (Hidayati, 2017). Perubahan lingkungan udara disebabkan adanya pencemaran udara yaitu dengan masuknya gas dan partikel kecil ke udara akibat pembuangan sampah plastik ataupun pembakaran sampah plastik yang berperan dalam menambah jumlah zat pencemar di udara terutama debu dan hidrokarbon. Emisi tersebut sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dalam jangka panjang.

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, pada tahun 2021, volume sampah di Indonesia mencapai 68,5 juta ton dan meningkat hingga 70 juta ton pada tahun 2022. Sampah plastik menyumbang 90% sampah di lautan, menyebabkan kerusakan ekosistem pesisir yang mengakibatkan degradasi

ekosistem pesisir (KLHK, 2023). Selain itu, sampah plastik yang terbuang sembarangan di laut akan membahayakan satwa laut, merusak habitat laut, merugikan industri perikanan, dan menurunkan kualitas hidup masyarakat pesisir. Karena adanya permasalahan tersebut, maka diperlukan penanganan terhadap sampah plastik.

Salah satu solusi untuk menangani masalah tersebut yakni dengan mengolahnya menjadi bahan bakar minyak alternatif melalui proses pirolisis. Pirolisis adalah dekomposisi termokimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau pereaksi kimia lainnya, di mana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas (Wikipedia, 2024). Sedangkan, menurut Sarah E. Boslaugh pirolisis merupakan dekomposisi kimia bahan organik (berbasis karbon) melalui penerapan panas. Pirolisis yang juga merupakan langkah pertama dalam gasifikasi dan pembakaran terjadi tanpa atau hampir tanpa oksigen dan dengan demikian berbeda dari pembakaran yang dapat terjadi hanya jika ada cukup oksigen. Laju pirolisis meningkat seiring peningkatan suhu. Dalam aplikasi industri, suhu yang digunakan seringkali 430 °C (sekitar 800 °F) atau lebih tinggi, sedangkan dalam operasi skala kecil suhunya mungkin jauh lebih rendah (Boslaugh, 2024).

Pembakaran pirolisis dapat menghasilkan produk utama yang berupa arang (char), asap cair (bio-oil) dan gas. Arang yang dihasilkan merupakan bahan bakar bernilai kalori yang tinggi ataupun digunakan sebagai karbon aktif. Asap cair yang dihasilkan dapat digunakan sebagai zat additive atau bahan pengawet makanan atau produk tertentu. Sedangkan gas yang terbentuk dapat dibakar secara langsung. Gas dari pirolisis dapat dibedakan menjadi gas yang tidak dapat dikondensasi (CO, CO₂, CH₄, dll) dan gas yang dapat dikondensasi (tar). Minyak akan terjadi pada proses kondensasi dari gas yang terbentuk, disebut juga asap cair (Kemas, 2019).

Transformasi limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif memiliki peran penting dalam mewujudkan visi Indonesia Emas 2045, terutama dalam aspek ketahanan energi dan kelestarian lingkungan. Dengan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan memanfaatkan limbah plastik yang melimpah sebagai sumber energi baru, teknologi ini mendukung transisi menuju energi terbarukan

yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, transformasi ini dapat menciptakan peluang ekonomi baru dan meningkatkan keberlanjutan industri, yang sejalan dengan tujuan Indonesia Emas 2045 untuk menciptakan masyarakat yang mandiri, inovatif, dan berdaya saing global, dengan tetap menjaga kelestarian sumber daya alam.

PEMBAHASAN

Teknologi pirolisis merupakan salah satu inovasi paling menjanjikan dalam pengelolaan limbah plastik. Proses ini bekerja dengan cara memanaskan plastik pada suhu tinggi tanpa atau dengan sedikit oksigen, sehingga plastik terurai menjadi senyawa yang lebih sederhana. Proses pirolisis ini menghasilkan bahan bakar cair, gas, dan residu padat. Bahan bakar cair yang dihasilkan dari kondensasi uap proses pirolisis, dialirkan melalui pipa besi dan ditampung di sebuah wadah. Dari 1 kg limbah plastik, dapat menghasilkan 0,98 L bahan bakar cair. Limbah plastik yang sulit didaur ulang melalui metode konvensional, seperti plastik polietilen dan polipropilen, dapat dikonversi menjadi bahan bakar dengan efisiensi yang cukup tinggi. Hasilnya, bahan bakar cair yang dihasilkan dari pirolisis dapat digunakan sebagai substitusi bahan bakar fosil untuk berbagai keperluan, seperti pembangkit listrik, bahan bakar kendaraan, dan kebutuhan industri.

Untuk mengetahui efektivitas dan kualitas BBM, tentunya perlu dilakukan beberapa pengujian.

Menurut keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi nomor 146.k/10/DJM/2020, Bahan Bakar Minyak jenis solar dapat dikatakan memenuhi standar apabila telah sesuai dengan spesifikasi pada Gambar 1.

BAGIAN A

STANDAR DAN MUTU (SPESIFIKASI) BAHAN BAKAR MINYAK JENIS MINYAK SOLAR MURNI (B-0) DENGAN ANGKA SETANA (CN) 48

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji	
			Min.	Maks.	ASTM	lainnya
1.	Bilangan Setana :					
	Angka Setana, atau Indeks Setana		48	-	D613	-
2.	Berat Jenis (pada Suhu 15°C)	kg/m ³	815	870	D4052/ D1298	-
	Viskositas (pada Suhu 40°C)	mm ² /s	2,0	4,5	D445	-
4.	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,25 0,05 ¹⁾ 0,005 ²⁾	D4294/ D5453/ D2622	-
5.	Distilasi : 90% vol. Penguapan	°C	-	370	D86	-
6.	Titik Nyala	°C	52	-	D93	-
7.	Titik Kabut, atau	°C	-	18	D2500/ D5773	-
	Titik Tuang	°C	-	18	D97/ D5949	-
8.	Residu Karbon	% m/m	-	0,1	D189/ D4530	-
9.	Kandungan Air	mg/kg	-	400	D6304/ D1744	-
10.	Korosi Bilah Tembaga	Kelas	-	Kelas 1	D130	-
11.	Kandungan Abu	% m/m	-	0,01	D482	ISO 6245
12.	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01	D473	-
13.	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	0		D664	-
14.	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	-	0,6	D664	-
15.	Penampilan Visual	-	Jernih dan Terang			Visual
16.	Warna	No. ASTM	-	3	D1500	-
17.	Lubrisitas (HFRR wear scar dia.@60°C)	micron	-	460 ³⁾	D6079	-

Gambar 1. Tabel Standar dan Mutu BBM

Hasil yang diperoleh dari pengolahan sampah plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) sebanyak satu kilogram menghasilkan minyak pirolisis sebanyak 0,98 L dengan waktu pembakaran satu jam dan temperatur pembakaran 1.500 °C.

Uji densitas didapatkan hasil bahwa minyak sapi yang diproduksi senilai 857 kg/m³. Spesifikasi BBM yang dihasilkan telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Semakin rendah massa jenis, semakin bagus kualitas BBM. Angka densitas dapat dipengaruhi oleh proses pemurnian sub optimal sehingga dapat mengakibatkan adanya kontaminan seperti sulfur, nitrogen, logam atau air yang dapat mengubah komposisi BBM secara signifikan. BBM dengan densitas yang tidak sesuai dengan standar dapat menyebabkan kinerja mesin yang buruk karena

adanya korosi pada mesin dan emisi yang lebih tinggi. Densitas yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan peningkatan viskositas, sehingga dapat menghambat aliran BBM dalam sistem bahan bakar dan mengurangi efisiensi pembakaran. Namun, angka densitas dapat berkurang seiring dengan kenaikan tekanan dan suhu. Selain itu, setiap BBM memiliki rentang densitas yang berbeda karena perbedaan komposisi.

Hasil uji angka viskositas senilai 4,8 mm²/s. Viskositas BBM harus memenuhi nilai SNI yang berkisar 2,3-6,0 mm²/s (cST). Pengujian viskositas sangat penting untuk dilakukan karena akan memengaruhi kinerja mesin. Viskositas yang terlalu tinggi dapat menghambat penyemprotan bahan bakar secara merata pada ruang bakar, sehingga pembakaran menjadi tidak sempurna dan mengurangi efisiensi mesin. Sebaliknya, viskositas yang terlalu rendah dapat menyebabkan penguapan yang terlalu cepat sebelum bahan bakar mencapai ruang bakar. BBM dengan viskositas tinggi seringkali mengandung lebih banyak senyawa sulfur. Senyawa sulfur dapat menyebabkan korosi pada komponen mesin yang terbuat dari logam. Selain itu, pemakaian bahan bakar yang memiliki angka viskositas tinggi dapat mempengaruhi kompresi mesin pengapian. Nilai viskositas yang sesuai standar menunjukkan tingkat ketahanan suatu cairan untuk mengalir dapat dikatakan baik.

Pengujian angka asam didapatkan hasil sebesar 0,28 mg-KOH/g. Pengujian angka asam dilakukan dengan metode titrasi. Angka asam dinyatakan sebagai banyaknya miligram KOH yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas pada 1 gram minyak. Semakin tinggi bilangan asam, semakin banyak kandungan asam organik dalam BBM. Asam-asam ini bersifat korosif dan dapat merusak komponen mesin, terutama yang terbuat dari logam. BBM dengan angka asam tinggi cenderung mudah terdegradasi dan membentuk endapan selama penyimpanan. Untuk menurunkan bilangan asam, dapat dilakukan proses penambahan aditif yang berfungsi untuk menetralkan asam organik. Aditif ini sering disebut sebagai inhibitor korosi atau antioksidan. Inhibitor korosi merupakan aditif yang berfungsi untuk melindungi permukaan logam dari serangan korosi yang disebabkan oleh asam organik. Contohnya adalah senyawa organik nitrogen atau senyawa organik sulfur. Antioksidan merupakan aditif yang berfungsi untuk

menghambat proses oksidasi yang dapat menghasilkan asam organik. Contohnya adalah fenol, amina aromatik, atau senyawa organofosfat.

Pengujian titik nyala didapatkan hasil bahwa BBM dapat menyala pada suhu 60°C. Titik nyala suatu bahan bakar dapat berbeda-beda sesuai faktor yang mempengaruhinya, seperti komposisi bahan bakar dan tekanan. Kandungan hidrokarbon yang berbeda dalam BBM akan menghasilkan titik nyala yang berbeda pula. Semakin rendah titik nyala, semakin mudah bahan bakar menguap dan terbakar. Ini berarti risiko kebakaran akan semakin tinggi jika tidak ditangani dengan benar.

Pengujian karakteristik didapatkan hasil bahwa BBM berwarna kuning keruh. Hal ini menunjukkan adanya endapan (char) didalam minyak. Warna keruh tersebut juga bisa terjadi karena perubahan suhu yang terjadi ketika awal proses pirolisis. Proses pembakaran yang tidak sempurna dapat menghasilkan kandungan karbon yang terbawa ke minyak. Selain itu, warna kuning keruh juga dapat dipengaruhi kandungan air pada minyak.

Pembuatan bahan bakar dengan bahan baku plastik telah dilakukan melalui proses pirolisis dengan menggunakan alat sederhana. Setelah melakukan pembuatan dan pengujian BBM didapatkan hasil bahwa BBM memiliki nyala api berwarna kuning, viskositas sebesar 4.3 mm²/s (cST), densitas sebesar 857 kg/m³, bilangan asam sebesar 0,28 mg-KOH/g dan titik nyala pada suhu 60°C yang mengindikasikan bahwa BBM memenuhi standar BBM jenis solar.

SIMPULAN

Pembuatan bahan bakar dengan bahan baku plastik telah dilakukan melalui proses pirolisis dengan menggunakan alat sederhana. Setelah dilakukannya eksperimen, didapatkan hasil bahwa bahan bakar minyak (BBM) memiliki nilai densitas sebesar 857 kg/m³, viskositas senilai 4,3 mm²/s (cST), bilangan asam sebesar 0,28 mgKOH/g, titik nyala pada suhu 60°C serta penampilan visual berwarna kuning keruh. Maka dapat disimpulkan bahwa teknologi konversi limbah plastik dengan proses pirolisis berpotensi menjadi alternatif bahan bakar minyak. Setelah penelitian ini, diharapkan generasi muda tidak hanya mengetahui bagaimana cara

melakukan metode yang telah ada, namun juga mengembangkan inovasi metode yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Boslaugh, S. E. (2024, October 2). *Pyrolysis | Chemical Reaction & Energy Conversion*. Britannica. Retrieved October 20, 2024, from

<https://www.britannica.com/science/pyrolysis>

I. R. A. C. M. NUR ALFI HIDAYATI (2017) "Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan," dalam Prosiding Seminar Nasional Biology for Life, Gowa.

Kemas Ridhuan, Dwi Irawan, Rizki Inthifawzi. (2019). Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, 8(1), 70. file:///C:/Users/ADVAN/Downloads/924-1854-1-PB.pdf

K. KLHK, "Oase Kabinet dan KLHK Ajak Masyarakat Kelola Sampah Organik Menjadi Kompos," Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2023, 10 juni). [Online]. Available: <https://ppid.menlhk.go.id/berita/siaranpers/7222/oase-kabinet-dan-klhk-ajak-masyarakat-kelola-sampah-organikmenjadi-kompos>. [Diakses 10 oktober 2024].

Putri, A. M. (2023, Maret 14). *Parah! Ini Dia 5 Jenis Komposisi Sampah di Indonesia*. Retrieved from CNBC Indonesia: <https://www.cnbcindonesia.com/research/20230314073930-128-421382/parah-ini-dia-5-jenis-komposisi-sampah-di-indonesia#:~:text=Komposisi%20Timbulan%20Sampah%20di%20Indonesia%20Berdasarkan%20Jenisnya&text=Berdasarkan%20jenisnya%2C%20mayoritas%20timbulan%20sa>

Wikipedia. (2024, Januari 4). *Pirolisis*. Retrieved from Wikipedia.org: <https://id.wikipedia.org/wiki/Pirolisis>

Biodata Ketua Tim Lomba EXPECTO 2024

1. Nama lengkap ketua tim : Zahro Ainur Rohimah
2. Judul penelitian : PEMANFAATAN TEKNOLOGI
KONVERSI LIMBAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR: UPAYA
GENERASI MUDA MENUJU INDONESIA EMAS
3. Subtema : Teknologi
4. Tempat, tanggal lahir : Pati, 14 februari 2007
5. Jenis kelamin : Perempuan
6. NIS : 0919
7. Asal sekolah : SMA Trensains Muhammadiyah Sragen
8. Alamat sekolah : Dawe RT.15/06, Banaran, Kec.
Sambungmacan, Kabupaten Sragen, Jawa Tengah 57253
9. Alamat rumah : Langenharjo RT.07/02, Nambangan, Kec.
Margorejo, Kabupaten Pati, Jawa Tengah
10. No. Telp/HP : 0813 9346 7097
11. Alamat Email : zahroainur03@gmail.com

Sragen, 20 Oktober 2024



Zahro Ainur Rohimah

0919