

PELATIHAN DAN PENGENALAN KEPADA SISWA SMA NEGERI SURABAYA BARAT TENTANG PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK MENGGUNAKAN SISTEM PIROLISIS KAPASITAS 10 LITER

Mochamad Syahrul Gunawan^{1,a}, Muharom Muharom^{2,b}, Siswadi Siswadi^{3,c}, Slamet Riyadi^{4,d}, Wahyu Nugroho^{5,e} dan Mochammad Muchid^{6,f}

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Wijaya Putra^{1,2,3,4,5,6}

Jl. Raya Benowo No. 1-3 Surabaya, Jawa Timur, Indonesia^{1,2,3,4,5,6}

bmgunawan93@gmail.com

Abstrak.

Dengan rendahnya tingkat daur ulang saat ini dan peningkatan produksi plastik secara eksponensial, terjadi peningkatan pemborosan bahan plastik, sehingga diperlukan teknologi baru untuk pemurnian limbah. Saat ini di Surabaya, hanya sekitar 14% limbah plastik yang didaur ulang, yang sebagian besar dicapai melalui daur ulang mekanis. Metode daur ulang kimia seperti pirolisis dapat meningkatkan tingkat daur ulang ini secara signifikan, karena dapat memanfaatkan campuran limbah plastik tidak seperti daur ulang mekanis. Pirolisis menawarkan alternatif yang ramah lingkungan untuk insinerasi dan penimbunan sampah yang tidak efisien. Saat ini, tantangan utama untuk pirolisis limbah plastik adalah tidak tersedianya dan kualitas bahan baku yang tidak konsisten, pemilahan yang tidak efisien dan karenanya mahal, tidak adanya pasar yang menyatakan kurangnya produk standar, dan peraturan yang tidak jelas seputar pengelolaan limbah plastik. Solusi yang mungkin dapat mencakup kerja sama yang erat antara penyedia bahan baku dan konverter untuk memastikan kuantitas dan kualitas bahan baku yang stabil. Tujuan kegiatan ini untuk melaksanakan pelatihan dan pengenalan bagi siswa SMA Wachid Hasyim 5 Surabaya tentang proses kondensasi pada pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar minyak menggunakan sistem pirolisis dengan kapasitas 10 liter.

Kata kunci: pelatihan, limbah plastik, siswa SMA, pirolisis.

Abstract.

With the current low recycling rate and exponential increase in plastic production, there is an increase in plastic waste, so new technologies are needed for waste purification. In Surabaya, only about 14% of plastic waste is recycled, primarily achieved through mechanical recycling. Chemical recycling methods such as pyrolysis can significantly increase this recycling rate, as they can utilize a mixture of plastic waste, unlike mechanical recycling. Pyrolysis offers an environmentally friendly alternative to inefficient incineration and landfilling. Currently, the main challenges for plastic waste pyrolysis are the unavailability and inconsistent quality of raw materials, unproductive and expensive sorting, the absence of a market stating a lack of standard products, and unclear regulations around plastic waste management. Possible solutions could include close cooperation between raw material suppliers and converters to ensure stable raw material quantity and quality. The purpose of this activity is to conduct training and introduction for students of SMA Wachid Hasyim 5 Surabaya about the condensation process in processing plastic waste into fuel oil using a pyrolysis system with a capacity of 10 liters.

Keywords: training, plastic waste, high school students, pyrolysis.

Pendahuluan.

Plastik yang dibuang dapat diubah menjadi berbagai bahan bakar dan bahan kimia untuk menghasilkan nilai ekonomi positif alih-alih mencemari lingkungan. Dalam beberapa tahun terakhir, pirolisis telah menarik banyak perhatian di komunitas industri dan ilmiah sebagai platform serbaguna yang menjanjikan untuk mengubah sampah plastik menjadi sumber daya yang berharga. Namun, masih sulit untuk menyempurnakan proses pirolisis yang efisien dan selektif untuk mempersempit distribusi produk agar dapat diproduksi secara komersial [1]. Lebih jauh lagi, teknologi plastik-ke-bahan bakar tradisional tampak seperti cara lain yang mahal untuk membakar bahan bakar fosil, tidak memberikan kontribusi apa pun terhadap ekonomi sirkular plastik. Dengan belajar dari teknologi plastik-ke-bahan bakar yang dikembangkan, mencapai konversi sampah plastik menjadi nafta atau monomer plastik yang dapat digunakan untuk pembuatan plastik baru secara tertutup merupakan jalur pemulihan sumber daya yang lebih menjanjikan [2]. Namun, sejauh ini belum ada tinjauan komprehensif tentang pencapaian daur ulang/penggunaan kembali sampah plastik melalui pirolisis. Fenomena ini akan memberikan tinjauan kritis tentang jalur pemulihan pirolisis plastik berdasarkan berbagai produk (bahan bakar, nafta, hidrogen, dan olefin ringan). Tinjauan ini akan mengulas kemajuan terkini terkait proses pirolisis plastik dan desain reaktor, memperkenalkan berbagai jalur pemulihan berdasarkan proses pirolisis, merangkum pengoptimalan proses dan pengembangan katalis, membahas tantangan pirolisis plastik saat ini, menyoroti pentingnya dan signifikansi menciptakan ekonomi sirkular plastik, membahas kelayakan ekonomi, dampak lingkungan, dan prospek pengembangan pirolisis plastik di masa mendatang [3]. Proses pirolisis dapat menyajikan informasi yang berguna untuk lebih mengembangkan dan merancang proses pirolisis tingkat lanjut, dengan efisiensi yang lebih baik, selektivitas produk yang diinginkan, dan dampak lingkungan yang minimal. Sangat membantu untuk mendorong lebih banyak penelitian yang berorientasi pada ekonomi sirkular yang bertujuan mengubah limbah plastik menjadi nafta dan monomer plastik alih-alih hanya memproduksi bahan bakar dari komunitas ilmiah kimia, energi, dan lingkungan [4].

Mengubah limbah plastik menjadi minyak plastik melalui pirolisis merupakan salah satu teknik yang menjanjikan untuk memberantas polusi limbah plastik dan mempercepat ekonomi sirkular bahan plastik. Limbah plastik merupakan bahan baku pirolisis yang menarik untuk produksi minyak plastik karena sifat kimianya yang menguntungkan dari analisis proksimat, analisis ultimat, dan nilai kalor selain ketersediaannya yang melimpah [5]. Meskipun terjadi pertumbuhan eksponensial dalam hasil ilmiah dari tahun 2015 hingga 2022, sebagian besar saat ini membahas pirolisis limbah plastik menjadi serangkaian bahan bakar dan produk bernilai tambah, dan tinjauan terkini yang secara eksklusif membahas produksi minyak plastik dari pirolisis relatif langka. tinjauan ini berupaya memberikan gambaran terkini tentang limbah plastik sebagai bahan baku pirolisis untuk produksi minyak plastic [6]. Penekanan khusus diberikan pada jenis-jenis plastik umum sebagai sumber utama pencemaran plastik, karakteristik (analisis proksimat, analisis ultimat, rasio hidrogen/karbon, nilai kalor, dan suhu degradasi) berbagai limbah plastik dan potensinya sebagai bahan baku pirolisis, serta sistem pirolisis (jenis reaktor dan metode pemanasan) dan kondisi (suhu, laju pemanasan, waktu tinggal, tekanan, ukuran partikel, atmosfer reaksi, katalis dan mode operasinya, serta limbah plastik tunggal dan campuran) yang digunakan dalam pirolisis limbah plastik untuk produksi minyak plastik. Karakteristik minyak plastik dari pirolisis dalam hal sifat fisik dan komposisi kimia juga diuraikan dan dibahas. Tantangan utama dan prospek masa depan untuk produksi minyak plastik skala besar dari pirolisis juga dibahas [7].

Produksi plastik telah berkembang pesat di seluruh dunia dan, pada akhir penggunaannya, banyak produk plastik menjadi limbah yang dibuang di tempat pembuangan akhir atau tersebar, yang menyebabkan masalah lingkungan dan kesehatan yang serius. Dari sudut pandang keberlanjutan, konversi limbah plastik menjadi bahan bakar atau, lebih baik lagi, menjadi monomer individual, mengarah pada pengelolaan limbah yang jauh lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan pembuangan di tempat pembuangan akhir [8]. Secara sistematis meninjau potensi pirolisis sebagai metode konversi termokimia yang efektif untuk valorisasi limbah plastik. Berbagai jenis pirolisis, bersama dengan pengaruh kondisi operasi, misalnya, jenis katalis, suhu, waktu tinggal uap, dan

jenis limbah plastik, pada hasil, kualitas, dan aplikasi produk plastik retak dibahas. Kualitas minyak plastik pirolisis, sebelum dan sesudah peningkatan, dibandingkan dengan bahan bakar diesel konvensional. Hasil minyak plastik setinggi 95 wt.% dapat dicapai melalui pirolisis lambat. Minyak plastik memiliki nilai kalor yang kira-kira setara dengan bahan bakar diesel, yaitu, 45 MJ/kg, tanpa sulfur, kadar air dan abu yang sangat rendah, dan pH yang hampir netral, menjadikannya alternatif yang menjanjikan untuk bahan bakar berbasis minyak bumi konvensional. Minyak ini, sebagaimana adanya atau setelah modifikasi kecil, dapat dengan mudah digunakan dalam mesin diesel konvensional [9]. Pirolisis cepat terutama menghasilkan lilin daripada minyak. Namun, dengan adanya katalis yang sesuai, produk lilin selanjutnya retak menjadi minyak. Lilin adalah bahan baku antara dan dapat digunakan dalam unit perengkahan katalitik fluida (FCC) untuk menghasilkan bahan bakar atau produk petrokimia berharga lainnya. Pirolisis kilat limbah plastik, dilakukan pada suhu tinggi, yaitu, mendekati 1000 °C, dan dengan waktu tinggal uap yang sangat singkat, yaitu, kurang dari 250 ms, dapat memulihkan hingga 50 wt.% monomer etilena dari limbah polietilena. Alternatifnya, konversi pirolitik limbah plastik menjadi olefin dapat dilakukan dalam dua tahap, yaitu konversi limbah plastik menjadi minyak plastik, diikuti oleh perengkahan termal minyak menjadi monomer pada tahap kedua. Konversi limbah plastik menjadi karbon nanotube, yang merupakan produk bernilai lebih tinggi daripada bahan bakar, juga dibahas secara rinci. Hasilnya menunjukkan bahwa hingga 25 wt.% limbah plastik dapat diubah menjadi karbon nanotube [10]. Melalui Implementasi kegiatan pengabdian masyarakat, Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wijaya Putra Surabaya memberikan pelatihan dan pengenalan kepada siswa sma negeri surabaya barat tentang pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak menggunakan sistem pirolisis kapasitas 10 liter. Tujuan dari pelatihan ini adalah meningkatkan pengetahuan siswa SMA tentang pirolisis yang sangat bermanfaat terhadap lingkungan.

Metode Pelaksanaan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dengan tema pelatihan dan pengenalan kepada siswa sma negeri surabaya barat tentang pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak menggunakan sistem pirolisis kapasitas 10 liter direncanakan pada bulan Mei 2024. Kegiatan ini bertujuan untuk mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar yang bernilai ekonomis dan ramah lingkungan. Pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat ini dilakukan dengan penyuluhan, ceramah, penjelasan teori dan teknik pengolahan sampah plastik yang diikuti oleh siswa SMA Wachid Hasyim 5 Surabaya, mereka menyimak dan mengikuti pelatihan materi yang disampaikan oleh tim pengabdian Prodi Teknik Mesin. Peralatan untuk pemanfaatan sampah juga sangat sederhana sehingga siswa dapat memahami dengan mudah. Terakhir, monitoring dan evaluasi keberhasilan kerja di lapangan akan dilakukan dengan terjun langsung ke lapangan bersama-sama, monitoring dengan cara berkunjung untuk mengetahui apakah siswa dapat memahami dan mengetahui tentang proses pirolisis. Selain itu, kontak akan dilakukan melalui telepon untuk mengatasi permasalahan yang timbul. Secara umum kegiatan pengabdian kepada masyarakat telah berhasil dilaksanakan dan terlihat adanya hubungan kerjasama yang baik antara Perguruan Tinggi khususnya Tim Pelaksana dengan siswa SMA Wachid Hasyim 5 Surabaya. Siswa menyadari pentingnya menjaga lingkungan dan sekaligus meningkatkan taraf hidup mereka karena dapat membuat bahan bakar sendiri.

Hasil dan Pembahasan

Hasil yang diperoleh dalam kegiatan ini dengan memberikan pengetahuan dengan kombinasi penyuluhan, pelatihan, praktik langsung dan evaluasi kerja. Dengan pengelolaan sampah terpadu diharapkan siswa SMA Wachid Hasyim 5 Surabaya menghasilkan produk luar yang bermanfaat seperti bahan bakar. Selain sebagai pengisi waktu luang bagi siswa juga menjadi solusi atas mahalnnya bahan bakar saat ini. Dengan demikian sampah benar-benar termanfaatkan, sampah tidak lagi dibakar dan dibuang ke sungai seperti sebelumnya. Gambar 1 menunjukkan penjelasan dari tim

pengabdian pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak menggunakan sistem pirolisis kapasitas 10 liter.



Gambar 1 Penjelasan proses pirolisis oleh tim pengabdian

Sasaran dan luaran dengan pengolahan sampah plastik diharapkan kelompok masyarakat desa memperoleh pengetahuan (peningkatan SDM) pemanfaatan sampah plastik menjadi bahan bakar. Disamping itu menjadi salah satu alternatif yang paling tepat untuk mengisi waktu dan lingkungan menjadi lebih terjaga karena sampah plastik yang sulit diuraikan tidak dibuang begitu saja melainkan diolah menjadi bentuk yang lebih bermanfaat. Dalam pengabdian masyarakat ini kelompok Pemulung mengolah sampah plastik menjadi bahan bakar. gambar 2 menunjukkan bahwa minyak hasil pirolisis sampah plastik yang dihasilkan mengandung air sebesar 15-20%. Nilai kalor minyak hasil pirolisis plastik PP dan LDPE semakin meningkat seiring dengan kenaikan suhu operasi pirolisis, artinya semakin tinggi suhu operasi pirolisis maka nilai kalor minyak yang dihasilkan semakin tinggi. Pengolahan sampah plastik sangat mudah, praktis, ekonomis, dan murah, hanya memerlukan waktu beberapa jam saja dan dapat dilakukan oleh siapa saja.



Gambar 2 hasil pirolisis dengan varian bahan plastic

Kesimpulan

Berdasarkan kegiatan pengabdian kepada masyarakat mengenai pemanfaatan sampah plastik menjadi bahan bakar siswa SMA Wachid Hasyim 5 Surabaya, maka dapat ditarik beberapa simpulan sebagai berikut pemanfaatan sampah plastik dapat diubah menjadi bahan bakar minyak, pemanfaatan sampah plastik dapat memberikan nilai ekonomis dan ekologis. Pirolisis telah dieksplorasi sebagai alternatif untuk mengolah sampah plastik campuran yang terkontaminasi dan memperoleh bahan-bahan berharga, seperti minyak dan arang. Bahan-bahan ini secara efektif dapat menggantikan bahan bakar dan karbon aktif. Namun, proses pirolisis juga memiliki dampak lingkungan yang signifikan, terutama karena emisi gas.

Daftar Pustaka

- [1] L. Dai *et al.*, “Pyrolysis technology for plastic waste recycling: A state-of-the-art review,” *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 93, p. 101021, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.PECS.2022.101021.
- [2] S. H. Chang, “Plastic waste as pyrolysis feedstock for plastic oil production: A review,” *Sci. Total Environ.*, vol. 877, p. 162719, Jun. 2023, doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2023.162719.
- [3] T. Xayachak *et al.*, “Pyrolysis for plastic waste management: An engineering perspective,” *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 10, no. 6, p. 108865, Dec. 2022, doi: 10.1016/J.JECE.2022.108865.
- [4] S. Armenise *et al.*, “Plastic waste recycling via pyrolysis: A bibliometric survey and literature review,” *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, vol. 158, p. 105265, Sep. 2021, doi: 10.1016/J.JAAP.2021.105265.
- [5] M. Kusenbergs *et al.*, “A comprehensive experimental investigation of plastic waste pyrolysis oil quality and its dependence on the plastic waste composition,” *Fuel Process. Technol.*, vol. 227, p. 107090, Mar. 2022, doi: 10.1016/J.FUPROC.2021.107090.
- [6] T. Maqsood, J. Dai, Y. Zhang, M. Guang, and B. Li, “Pyrolysis of plastic species: A review of resources and products,” *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, vol. 159, p. 105295, Oct. 2021, doi: 10.1016/J.JAAP.2021.105295.
- [7] O. Dogu *et al.*, “The chemistry of chemical recycling of solid plastic waste via pyrolysis and gasification: State-of-the-art, challenges, and future directions,” *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 84, p. 100901, May 2021, doi: 10.1016/J.PECS.2020.100901.
- [8] S. Papari, H. Bamdad, and F. Berruti, “Pyrolytic Conversion of Plastic Waste to Value-Added Products and Fuels: A Review,” *Mater. 2021, Vol. 14, Page 2586*, vol. 14, no. 10, p. 2586, May 2021, doi: 10.3390/MA14102586.
- [9] M. J. B. Kabeyi and O. A. Olanrewaju, “Review and Design Overview of Plastic Waste-to-Pyrolysis Oil Conversion with Implications on the Energy Transition,” *J. Energy*, vol. 2023, no. 1, p. 1821129, Jan. 2023, doi: 10.1155/2023/1821129.
- [10] Y. Peng *et al.*, “A review on catalytic pyrolysis of plastic wastes to high-value products,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 254, p. 115243, Feb. 2022, doi: 10.1016/J.ENCONMAN.2022.115243.