COMSERVA:
Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat
Volume 5 No. 2 Juni 2025 (1182-1191)

e-ISSN: 2798-5210
p-ISSN: 2798-5652

Kajian Pemanfaatan Produk Pirolisis Sampah Plastik Sebagai Bahan Bakar Alternatif PLTU 8 Suralaya

Anisah Zahira La'ali, Adithya Sudiarno
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

*Email: anisahzl0209@gmail.com, adithya_sudiarno@ie.its.ac.id
*Correspondence: anisahzl0209@gmail.com

DOI: 10.59141/comserva.v5i2.3298

ABSTRAK

Sumber utama sampah plastik berasal dari kemasan makanan dan minuman, kemasan consumer goods, kantong belanja, serta pembungkus barang lainnya. PLTU Suralaya berada di Kota Cilegon yang menghasilkan sampah 101.772,80 ton/tahun dengan komposisi sampah plastik 17,45%. Salah satu pengolahan sampah plastik dapat menggunakan metode pirolisis. Pirolisis adalah dekomposisi bahan oleh temperatur yang dimulai pada suhu tinggi dan tanpa oksigen. Kajian ini dianalisis melalui 3 aspek (Operasional, Lingkungan, dan Finansial). Tujuan penelitian adalah mengevaluasi efektivitas pirolisis dalam mengolah sampah plastik jenis HDPE, LDPE, dan PP, serta menganalisis dampaknya terhadap lingkungan dan keuangan PLTU 8 Suralaya. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan pengumpulan data primer melalui wawancara dan observasi serta data sekunder dari perusahaan. Analisis data menggunakan skala likert dan uji statistik IBM SPSS dengan uji validitas, reliabilitas, dan korelasi Spearman Rank. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode pirolisis di PLTU 8 Suralaya terbukti efektif dalam mengolah sampah plastik tidak layak pakai jenis HDPE, LDPE, dan PP dengan kapasitas 50-100 kg/hari atau sekitar 1.800 kg/bulan. Metode pirolisis menghasilkan minyak dengan flash point 35°C dan nilai kalor tinggi yang berpotensi sebagai bahan bakar alternatif. Pemantauan kualitas udara menunjukkan bahwa emisi gas buang seperti SO_2, CO, dan NO_2 tetap stabil dan jauh di bawah baku mutu. Secara finansial, metode ini memberikan keuntungan signifikan dengan penghematan energi sebesar Rp4.712.774,4/bulan. Metode pirolisis efektif di PLTU 8 Suralaya, ditunjukkan oleh korelasi sangat kuat antara aspek lingkungan dan finansial dengan sig = 0,000 dan koefisien korelasi sebesar 0,887.

Kata kunci: Analisis 3 aspek, IBM SPSS, Pirolisis, Sampah Plastik, Skala Likert

ABSTRACT

The main source of plastic waste comes from food and beverage packaging, consumer goods packaging, shopping bags, and other product packaging. Suralaya PLTU is located in Cilegon City which produces 101.772,80 tons/year of waste with a plastic waste composition of 17,45%. One of the plastic waste processing methods can use the pyrolysis method. Pyrolysis is the decomposition of materials by temperature that begins at high temperatures and without oxygen. This study was analyzed through 3 aspects (Operational, Environmental, and Financial). The purpose of this study is to evaluate the effectiveness of pyrolysis in processing HDPE, LDPE, and PP plastic waste, as well as to analyze its impact on the environment and finances of the Suralaya 8 PLTU. This research uses descriptive quantitative method with primary data collection through interviews and observations and secondary data from companies. Data analysis used Likert scale and IBM SPSS statistical test with validity, reliability, and Spearman Rank correlation tests. The results showed that the application of pyrolysis method at PLTU 8 Suralaya proved effective in processing HDPE, LDPE, and PP unusable plastic waste with a capacity of 50-100 kg/day or around 1,800 kg/month. The pyrolysis method produces oil with a flash point of 35°C and high calorific value that has potential as an alternative fuel. Air quality monitoring shows that exhaust emissions such as SO_2, CO, and NO_2 remain stable and well below quality standards. Financially, this method provides significant benefits with energy savings of Rp4.712.774,4/month. The pyrolysis method is effective in PLTU 8 Suralaya, indicated by a very strong correlation between environmental and financial aspects with sig = 0.000 and a correlation coefficient of 0.887.

Keywords: *aspect analysis, IBM SPSS, Likert Scale, Plastic Waste, Pyrolysis*

PENDAHULUAN

Sampah sebagai hasil dari aktivitas manusia, telah menjadi salah satu masalah lingkungan terbesar di dunia. Menurut World Health Organization (WHO), sampah adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak disenangi, atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) bahwa dari total timbulan sampah yang dihasilkan di Indonesia pada tahun 2023 sebesar 31.950.444,04 ton/tahun dengan komposisi sampah plastik adalah urutan kedua terbanyak yaitu sebesar 19,3%. Sumber utama sampah plastik berasal dari kemasan makanan dan minuman, kemasan consumer goods, kantong belanja, serta pembungkus barang lainnya (SIPSN, 2023).

PLTU Suralaya berada di Kota Cilegon yang menghasilkan sampah 101.772,80 ton/tahun dengan komposisi sampah plastik 17,45%. Saat ini pengolahan sampah di Kota Cilegon dapat dijadikan sebagai bahan bakar PLTU 1-7 Suralaya sebagai Refuse Derived Fuel (RDF). Refuse-Derived Fuel (RDF) adalah bentuk limbah terpilah yang diperoleh dengan menggabungkan proses mekanis-biologis dari limbah padat kota (Alfe et al., 2022). Selain itu, RDF merupakan salah satu bentuk pemulihan energi yang menghasilkan bahan bakar dari limbah melalui berbagai tahapan proses (Hajinezhad et al., 2016).

Salah satu pengolahan sampah plastik dapat menggunakan metode pirolisis. Menurut Riandis et al. (2021), pirolisis adalah dekomposisi bahan oleh temperatur. Proses pirolisis dimulai pada suhu tinggi dan tanpa oksigen. Produk cair yang menguap biasanya terdiri dari 3 tipe yaitu gas (H_2, CO, CO_2, H_2O, dan CH_2), tar (minyak pirolisis), dan arang. Bahan-bahan alam tanaman, biomassa, atau polimer (plastik) dapat menjadi umpan atau bahan baku untuk proses pirolisis (Alfe et al., 2022; Damayanti et al., 2023; Hajinezhad et al., 2016; Lubis et al., 2022; Wardhana et al., 2022).

Menurut Nofendri dan Haryanto (2021), sebuah proses yang disebut pirolisis dapat digunakan untuk membuat bahan bakar minyak dari material berbahan dasar polimer (plastik). Mekanisme pirolisis ini dapat mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. Karena, bahan dasar pembuatan plastik berasal dari minyak bumi (Wardhana et al., 2022). Metode pirolisis sebenarnya memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan pembakaran (incineration). Pirolisis dapat mengurangi gas buang sampai dengan 20 kali lebih banyak dari pembakaran, dan produk yang dihasilkan dari proses ini dapat digunakan lebih fleksibel dan dirawat lebih mudah (Arini & Lovisia, 2020).

Menurut Islami et al. (2019), pirolisis memiliki keuntungan konsumsi energi yang rendah, proses tidak membutuhkan udara atau campuran hidrogen, tidak memerlukan tekanan. Polutan dan kontaminan dari proses pirolisis terkonsentrasi di dalam sebuah coke-like matriks, yaitu sebuah residu padat dari proses pirolisis yang dilakukan dalam sebuah sistem tertutup sehingga tidak ada polutan yang dapat keluar. Hingga tahun 2024, pirolisis masih digunakan dan terus berkembang. Karena, metode pirolisis berperan penting dalam berbagai industri.

PLTU Suralaya melaksanakan program CSR (Corporate Social Responsibility) dengan tujuan meningkatkan penggunaan energi hijau dan menekan biaya produksi. Dalam kegiatan CSR ini, PLTU Suralaya membantu mengatasi masalah sampah di sekitar area pembangkit. Sampah yang tersedia sebesar 6 ton/hari, berasal dari sumber internal (unit sendiri) dan eksternal (Pasar Merak, pelabuhan, Krakatau Posco, resto sekitar). Komposisi sampah terdiri dari 60% sampah organik dan 40% plastik. Sampah organik diproses menjadi RDF dan digunakan sebagai biomassa yang dicampur dengan batu bara untuk pembakaran di boiler PLTU Suralaya. Karena sampah plastik tidak dapat langsung digunakan di PLTU, sampah ini diproses melalui pirolisis yang menghasilkan gas dan BBM.

Saat ini, kondisi eksisting di PLTU 8 Suralaya dengan metode pirolisis memiliki kapasitas mengolah sampah plastik 50-100 kg/hari menghasilkan energi sekitar 5000 Watt. Sampah plastik dibakar di dalam chamber tertutup menggunakan gas sebagai bahan bakar, tanpa plastik PVC yang mengandung klorin (Cl) karena dapat menyebabkan korosif. Bahan bakar pirolisis dapat menggunakan oil bekas dan destilase hasil pirolisis dapat digunakan sebagai bahan bakar.

Oleh karena itu, harus dilakukan analisis melalui 3 aspek supaya mengetahui efektivitas pirolisis sampah plastik sebagai bahan bakar untuk PLTU 8 Suralaya. Aspek tersebut berupa aspek operasional, lingkungan, dan finansial. Aspek operasional dapat dilihat untuk komposisi bahan baku optimal yang dapat menghasilkan produk pirolisis sesuai dengan standar. Aspek lingkungan dapat dilihat dari gas buang hasil proses pirolisis supaya minimum dan tidak merusak lingkungan. Aspek finansial dapat dilihat dari biaya yang diperlukan, memanfaatkan hasil pirolisis supaya dapat digunakan pada proses pirolisis itu sendiri agar mengetahui penghematan yang didapat.

Permasalahan sampah plastik telah menjadi tantangan global yang mendesak, terutama di sektor industri dan pembangkit listrik. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), Indonesia menghasilkan 31,95 juta ton sampah pada tahun 2023, dengan komposisi sampah plastik mencapai 19,3%. PLTU Suralaya sebagai salah satu pembangkit terbesar di Indonesia

berkontribusi signifikan terhadap timbulan sampah, dengan 17,45% berupa plastik. Kondisi ini memerlukan solusi pengelolaan yang tidak hanya mengurangi volume sampah tetapi juga memberikan nilai tambah, seperti konversi menjadi bahan bakar alternatif.

Penelitian terdahulu telah mengkaji berbagai metode pengolahan sampah plastik, termasuk pirolisis. Misalnya, Al-Rumaihi et al. (2022) mengevaluasi potensi pirolisis untuk menghasilkan biochar dari campuran plastik dan biomassa, sementara Armenise et al. (2021) melakukan tinjauan bibliometrik yang menunjukkan peningkatan minat terhadap pirolisis sebagai solusi daur ulang plastik. Studi oleh Aboelela et al. (2023) juga mengoptimalkan kondisi operasi pirolisis untuk meningkatkan hasil bioenergi. Namun, penelitian-penelitian tersebut masih terbatas pada skala laboratorium atau tidak secara khusus membahas integrasi pirolisis dalam sistem PLTU.

Kesenjangan penelitian terletak pada kurangnya kajian komprehensif tentang penerapan pirolisis di PLTU, khususnya dalam hal analisis multidimensi yang mencakup aspek operasional, lingkungan, dan finansial. Sebagian besar studi terdahulu berfokus pada karakteristik produk pirolisis tanpa mengevaluasi dampak nyata terhadap operasional pembangkit atau kelayakan ekonominya. Selain itu, penelitian sebelumnya belum banyak membahas pengaruh pirolisis terhadap emisi gas buang dalam konteks regulasi lingkungan yang ketat, seperti yang diterapkan di Indonesia.

Urgensi penelitian ini didasarkan pada dua hal utama: pertama, kebutuhan PLTU Suralaya untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil sekaligus mengatasi masalah sampah plastik di wilayah operasionalnya. Kedua, perlunya bukti empiris bahwa pirolisis tidak hanya layak secara teknis tetapi juga menguntungkan secara finansial dan ramah lingkungan. Dengan semakin ketatnya regulasi emisi dan tuntutan keberlanjutan, temuan penelitian ini dapat menjadi acuan bagi PLTU lain di Indonesia untuk mengadopsi teknologi serupa.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan terpadu yang mengintegrasikan tiga aspek (operasional, lingkungan, dan finansial) dalam mengevaluasi efektivitas pirolisis di PLTU 8 Suralaya. Selain itu, penelitian ini menggunakan data primer dari lapangan serta analisis statistik untuk menguji hubungan antar-aspek, yang jarang dilakukan dalam studi sejenis. Kombinasi antara metode kuantitatif deskriptif dan uji korelasi Spearman Rank juga memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk menyimpulkan dampak pirolisis secara holistik.

Tujuan penelitian ini adalah: (1) mengevaluasi kinerja operasional pirolisis dalam mengolah sampah plastik jenis HDPE, LDPE, dan PP di PLTU 8 Suralaya; (2) menganalisis dampak lingkungan dari penggunaan produk pirolisis sebagai bahan bakar alternatif; dan (3) menghitung manfaat finansial yang diperoleh dari substitusi bahan bakar konvensional. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk memverifikasi kelayakan teknis pirolisis tetapi juga memberikan rekomendasi praktis bagi pengambil kebijakan.

Manfaat penelitian ini mencakup akademik dan praktis. Secara akademik, hasil penelitian memperkaya literatur tentang pirolisis sampah plastik dalam konteks pembangkit listrik. Secara praktis, temuan penelitian dapat menjadi panduan bagi PLTU dalam mengimplementasikan pirolisis, baik sebagai bagian dari program CSR maupun strategi efisiensi energi. Selain itu, penelitian ini mendorong transisi menuju ekonomi sirkular dengan mengubah limbah plastik menjadi sumber daya yang bernilai ekonomi, sekaligus mendukung komitmen Indonesia dalam mengurangi emisi karbon.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif deskriptif dengan pengumpulan data primer melalui wawancara dan observasi serta data sekunder dari perusahaan. Data

primer diperoleh melalui wawancara dengan CDO CSR dan staff project, sedangkan data sekunder berupa logbook harian, hasil laboratorium produk pirolisis, regulasi terkait emisi, dan data biaya operasional.

Kajian ini dianalisis melalui 3 aspek yaitu operasional, lingkungan, dan finansial. Aspek operasional mencakup flow chart sampah dan hasil laboratorium produk pirolisis. Aspek lingkungan meliputi regulasi PLTU 8 Suralaya dan Indonesia serta hasil laboratorium emisi metode pirolisis. Aspek finansial terdiri dari perbandingan data sebelum dan sesudah metode pirolisis serta biaya metode pirolisis.

Penilaian terhadap 3 aspek dilakukan menggunakan skala likert dengan 4 pilihan jawaban yaitu sangat setuju (SS)=4, setuju (S)=3, tidak setuju (TS)=2, dan sangat tidak setuju (STS)=1. Data dikumpulkan dari 32 responden yang memiliki pengalaman dalam kegiatan pirolisis. Selanjutnya dilakukan uji statistik menggunakan IBM SPSS dengan uji validitas, reliabilitas, dan korelasi Spearman Rank.

Uji validitas dilakukan dengan membandingkan nilai r hitung dengan r tabel (0,349 untuk N=32, α=5%). Uji reliabilitas menggunakan metode Cronbach's Alpha. Uji korelasi Spearman Rank digunakan untuk mengetahui hubungan antar aspek dengan hipotesis sebagai berikut:

1. H0: Tidak ada hubungan antara aspek operasional dan aspek lingkungan H1: Ada hubungan antara aspek operasional dan aspek lingkungan
2. H0: Tidak ada hubungan antara aspek lingkungan dan aspek finansial H1: Ada hubungan antara aspek lingkungan dan aspek finansial
   H0: Tidak ada hubungan antara aspek operasional dan aspek finansial H1: Ada hubungan antara aspek operasional dan aspek finansial

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aspek Operasional

Penerapan metode pirolisis di PLTU 8 Suralaya telah efektif dalam mengolah sampah plastik tidak layak pakai jenis HDPE, LDPE, dan PP dengan kapasitas 50-100 kg/hari atau sekitar 1.800 kg/bulan. Meskipun perusahaan belum memiliki logbook untuk pencatatan sistematis, metode pirolisis berjalan dengan baik melalui perlakuan pengeringan untuk sampah basah guna meningkatkan efisiensi.

Flow chart metode pirolisis PLTU 8 Suralaya terdiri dari 6 tahapan yaitu mulai, pemilahan bahan baku, proses pemanasan, pemisahan produk, pemanfaatan produk, hingga selesai. Sampah yang masuk di PLTU 8 Suralaya sebesar 6 ton/hari sampah basah. Sampah plastik yang masuk dengan kondisi masih layak pakai akan dipungut oleh pemulung. Sedangkan untuk metode pirolisis hanya menggunakan sampah plastik yang memang sudah tidak layak pakai sebanyak 60 kg/hari.

Hasil laboratorium produk pirolisis menunjukkan bahwa minyak pirolisis memiliki flash point 35°C, LHV (Lower Heating Value) 18.484 BTU/lb, dan HHV (Higher Heating Value) 19.713 BTU/lb. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa produk minyak pirolisis memiliki potensi besar sebagai bahan bakar alternatif dengan nilai kalor yang cukup tinggi.

Aspek Lingkungan

Dampak gas buang yang dihasilkan dari penggunaan hasil metode pirolisis sampah plastik di PLTU 8 Suralaya berada dalam batas aman dan tidak menyebabkan penurunan kualitas udara secara signifikan. Regulasi yang digunakan oleh PLTU 8 Suralaya mengacu pada Lampiran VII Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Hasil pemantauan kualitas udara ambien menunjukkan bahwa kadar Sulfur Dioksida (SO_2), Karbon Monoksida (CO), dan Nitrogen Dioksida (NO_2) sebelum dan saat operasional tetap stabil serta jauh di bawah baku mutu yang ditetapkan. Parameter SO_2 menunjukkan nilai 40-45 µg/Nm³ (baku mutu 150 µg/Nm³), CO sebesar 3.589-3.699 µg/Nm³ (baku mutu 10.000 µg/Nm³), dan NO_2 sebesar 42-46 µg/Nm³ (baku mutu 200 µg/Nm³).

Dengan demikian, penggunaan hasil pirolisis sebagai bahan bakar di PLTU 8 Suralaya tidak menimbulkan dampak negatif yang berarti terhadap lingkungan, serta telah memenuhi ketentuan perlindungan kualitas udara yang berlaku.

Aspek Finansial

Penggunaan sampah plastik sebagai bahan baku reaktor pirolisis mampu memberikan keuntungan finansial yang signifikan. Melalui substitusi solar dan listrik konvensional dengan BBM dan gas hasil pirolisis, diperoleh total penghematan energi sebesar Rp4.712.774,4 per bulan.

Tabel 1. Perbandingan Data Metode Pirolisis

Kategori	Sebelum Metode Pirolisis	Sesudah Metode Pirolisis
Solar untuk kapal	Rp68.000/hari	Digantikan BBM pirolisis
Solar untuk genset penerangan	Rp34.000/hari	Digantikan BBM pirolisis
Solar untuk mesin pencacah ranting	Rp13.600/hari	Digantikan BBM pirolisis
Solar untuk motor viar	Rp13.600/hari	Digantikan BBM pirolisis
Total Solar Harian	Rp129.200/hari	Penghematan Rp129.200/hari
Total Solar Bulanan	Rp3.897.000/bulan	Tanpa Biaya
Gas Pirolisis	Tidak tersedia	16 kWh x Rp1.699,53 = Rp27.192,48/hari
Total Penghematan Energi	Tidak ada	Rp4.712.774,4/bulan

Biaya investasi awal (CAPEX) dan biaya operasional tahunan (OPEX) untuk metode pirolisis mencapai Rp258.537.333. Meskipun membutuhkan investasi awal yang cukup besar, efisiensi biaya dan kesesuaian terhadap regulasi lingkungan menjadikan metode ini sebagai solusi yang tidak hanya ekonomis, tetapi juga berkelanjutan dalam jangka panjang.

Penilaian 3 Aspek dengan Skala Likert

Berdasarkan analisis dari 32 responden menggunakan skala likert, diperoleh hasil bahwa sebagian besar indikator masih berada dalam kategori Tidak Setuju (TS) yang menunjukkan perlunya perbaikan dalam berbagai aspek. Aspek operasional menunjukkan rata-rata nilai 42,3, aspek lingkungan 37,1, dan aspek finansial 34,7, yang kesemuanya masuk dalam kategori Tidak Setuju (TS) dengan rentang 26-50.

Uji Validitas dan Reliabilitas

Uji validitas menunjukkan bahwa seluruh instrumen penelitian memiliki nilai r hitung > r tabel (0,349), sehingga dinyatakan valid. Uji reliabilitas menggunakan Cronbach's Alpha menunjukkan nilai aspek operasional 0,385, aspek lingkungan 0,523, dan aspek finansial 0,436, yang kesemuanya > r tabel (0,349) sehingga instrumen dinyatakan reliabel.

Uji Korelasi Spearman Rank

Tabel 2. Hasil Uji Korelasi Setiap Hipotesis

Hubungan	Sig	Koefisien Korelasi	Tingkat Hubungan
Operasional dan Lingkungan	0,203	0,231	Rendah
Lingkungan dan Finansial	0,000	0,887	Sangat Kuat
Operasional dan Finansial	0,301	0,189	Sangat Rendah

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa hubungan antara aspek lingkungan dengan aspek finansial memiliki korelasi sangat kuat dengan sig = 0,000 (sig < 0,05) dan koefisien korelasi sebesar 0,887. Hal ini menunjukkan bahwa kedua aspek saling berpengaruh secara signifikan, dimana investasi dalam teknologi ramah lingkungan tidak hanya mampu mengurangi emisi dan mendukung keberlanjutan, tetapi juga berkontribusi langsung terhadap efisiensi biaya dan kinerja keuangan perusahaan.

Sedangkan hubungan antara aspek operasional dengan aspek lingkungan (sig = 0,203) dan aspek operasional dengan aspek finansial (sig = 0,301) menunjukkan hubungan yang tidak signifikan secara statistik.

Implikasi Manajerial

Berdasarkan hasil analisis, untuk memperkuat integrasi antara aspek operasional dan lingkungan, disarankan penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) sebagai panduan umum yang mengarahkan proses pirolisis agar lebih efisien dan ramah lingkungan. SOP dapat mencakup prioritas penggunaan jenis plastik tertentu seperti HDPE, LDPE, dan PP yang terbukti menghasilkan emisi lebih rendah serta penetapan waktu pirolisis yang optimal.

Untuk memperkuat integrasi antara aspek operasional dengan finansial, disarankan melakukan analisis biaya berdasarkan jenis plastik yang diolah untuk mengidentifikasi jenis plastik yang paling ekonomis untuk diproses. Jenis plastik yang masih sesuai namun tidak ekonomis dalam proses pirolisis dapat dijual ke pemulung..

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa metode pirolisis merupakan pilihan yang tepat dan efektif untuk digunakan di PLTU 8 Suralaya. Penerapan metode pirolisis terbukti efektif dalam mengolah sampah plastik jenis HDPE, LDPE, dan PP dengan kapasitas 50-100 kg/hari. Produk minyak pirolisis memiliki flash point 35°C dan nilai kalor tinggi yang berpotensi sebagai bahan bakar alternatif. Dampak emisi gas buang berada dalam batas aman dan tidak menyebabkan penurunan kualitas udara secara signifikan. Secara finansial, metode ini memberikan penghematan energi sebesar Rp4.712.774,4/bulan. Hasil uji statistik menunjukkan korelasi sangat kuat antara aspek lingkungan dan finansial dengan sig = 0,000 dan koefisien korelasi 0,887, yang menandakan investasi teknologi ramah lingkungan dapat mengurangi emisi dan meningkatkan efisiensi biaya secara berkelanjutan. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah PLTU 8 Suralaya perlu membangun sistem logbook terintegrasi, berinvestasi dalam teknologi pirolisis yang lebih canggih, memperluas kolaborasi dengan berbagai pihak, dan menyusun strategi jangka panjang yang mengintegrasikan pendekatan teknologi hijau ke dalam kebijakan operasional perusahaan.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan efisiensi pirolisis dengan memvariasi parameter operasional seperti suhu, waktu reaksi, dan jenis katalis guna meningkatkan kualitas dan kuantitas produk minyak pirolisis, serta mengevaluasi dampak jangka panjang penggunaan bahan bakar pirolisis terhadap kinerja mesin PLTU dan lingkungan. Selain itu, disarankan untuk mengembangkan model ekonomi sirkular terintegrasi yang menggabungkan pirolisis dengan teknologi pengolahan sampah lainnya seperti gasifikasi atau daur ulang mekanis, serta melakukan studi kelayakan untuk penerapan skala industri dengan mempertimbangkan aspek regulasi, investasi, dan kolaborasi multistakeholder. Penelitian mendatang juga dapat memperluas cakupan analisis dengan membandingkan berbagai jenis sampah plastik dan campurannya untuk menentukan komposisi optimal yang menghasilkan emisi terendah dan nilai ekonomi tertinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Aboelela, D., Saleh, H., Attia, A. M., Elhenawy, Y., Majozi, T., & Bassyouni, M. (2023). Recent advances in biomass pyrolysis processes for bioenergy production: Optimization of operating conditions. Journal of Sustainability, 15, 1–30.

Alfe, M., Gargiulo, V., & Porto, M. (2022). Pyrolysis and gasification of a real refuse-derived fuel (RDF): The potential use of the products under a circular economy vision. Journal of Molecules, 27, 1–25.

Al-Rumaihi, A., Shahbaz, M., McKay, G., Mackey, H., & Al-Ansari, T. (2022). A review of pyrolysis technologies and feedstock: A blending approach for plastic and biomass towards optimum biochar yield. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 167, 1–16.

Al-Salem, S. M., Antelava, A., Constantinou, A., Manos, G., & Dutta, A. (2017). A review on thermal and catalytic pyrolysis of plastic solid waste (PSW). Journal of Environmental

Management, 197, 177–198. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.084

Arini, W., & Lovisia, E. (2020). Pengembangan alat pirolisis sampah plastik sebagai media belajar berbasis lingkungan pada materi suhu dan kalori di SMP Kabupaten Musi Rawas. Jurnal Perspektif Pendidikan, 14(1), 22–35.

Armenise, S., Syieluing, W., Ramirez, J. M., Launay, F., Wuebben, D., Ngadi, N., Rams, J., & Munos, M. (2021). Plastic waste recycling via pyrolysis: A bibliometric survey and literature review. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 158, 1–15.

Astuti, W., Sari, R. M., & Putra, H. T. (2021). Pemanfaatan sampah plastik melalui pirolisis sebagai solusi energi alternatif. Jurnal Teknik Energi, 9(2), 65–71. https://doi.org/10.25077/jte.9.2.65-71.2021

Damayanti, E., Sari, R. P., & Widodo, S. (2023). Karakteristik termoplastik dan aplikasinya dalam industri. Jurnal Teknologi Material, 12(3), 45–52.

Hajinezhad, A., Halimehjani, E. Z., & Tahani, M. (2016). Utilization of refuse-derived fuel (RDF) from urban waste as an alternative fuel for cement factory: A case study. Journal of Renewable Energy Research, 6(2), 702–714.

Iglinski, B., Kujawski, W., & Kielkowska, U. (2023). Pyrolysis of waste biomass: Technical and process achievements, and future development—A review. Energies, 16, 1–26.

Islami, A. P., Sutrisno., & Herianti. (2019). Pirolisis sampah plastik jenis polipropilena (PP) menjadi bahan bakar cair–Premium-like. Jurnal Kimia dan Terapannya, 3(2), 1–6.

Kalivodova, M., Balas, M., Milcak, M., Lisa, H., Lisy, M., Lachman, J., Kracik, P., Krizan, P., & Vejazka, K. (2022). The determination of higher heating value by calculation based on elemental analysis. Journal of Derermination of Higher Heating Value by Calculation Based on Elemental Analysis, 14(1), 8–20.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta: KLHK.

Lubis, D. A., Arifin., & Fitrianingsih, Y. (2022). Pengolahan sampah plastik HDPE (High Density Polyethylene) dan PET (Polyethylene Terephthalate) sebagai bahan bakar alternatif dengan proses pirolisis. Jurnal Ilmu Lingkungan, 20(4), 735–742.

Miandad, R., Barakat, M. A., Rehan, M., Aburiazaiza, A. S., Ismail, I. M. I., & Nizami, A. S. (2017). Plastic waste to liquid oil through catalytic pyrolysis using natural and synthetic zeolite catalysts. Waste Management, 69, 66–78. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.012

Marquez, A., Ortiz, I., Sánchez-Hervás, J. M., Monte, M. C., Negro, C., & Blanco, A. (2024). Global trends of pyrolysis research: A bibliometric analysis. Environmental Science and Pollution Research, 31, 931–937.

Nofendri, Y., & Haryanto, A. (2021). Perancangan alat pirolisis sampah plastik menjadi bahan bakar. Jurnal Kajian Teknik Mesin, 6(1), 1–11.

Panda, A. K., Singh, R. K., & Mishra, D. K. (2015). Thermolysis of waste plastics to liquid fuel: A suitable method for plastic waste management and manufacture of value-added

products—A world prospective. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(1), 233–248. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.027

Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Riandis, J. A., Setyawati, A. R., & Sanjaya, A. S. (2021). Pengolahan sampah plastik dengan metode pirolisis menjadi bahan bakar minyak. Jurnal Chemurgy, 5(1), 8–14.

Syamsiro, M., Saptoadi, H., Norsujianto, T., Noviasri, P., Cheng, S., & 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.2014.01.211

Wardhana, P. B. W., Hanafi, A. F., Finali, A., Umar, M. L., & Prasetyo, A. B. (2022). Diseminasi teknologi pirolisis sampah plastik di Desa Kedungringin, Kecamatan Muncar, Kabupaten Banyuwangi. Jurnal Pengabdian Masyarakat, 5(2), 371–377.