



Pengaruh Modifikasi *Burner* dan Variasi Campuran Bahan Bakar Pirolisis Limbah Polipropilena terhadap Efisiensi Termal dan Karakteristik Pembakaran

Aditya Wahyu Pratama^{1*}, Novangga Adi Mulyono¹, Audha Fitrah Aulina¹, Reynaldi Akbar Ali¹, Faruq Averro Azhar¹ dan Andik Irawan¹

Sitasi: Pratama, Aditya Wahyu.; Mulyono, Novangga Adi.; Aulina, Audha Fitrah. Ali, Reynaldi Akbar.; Azhar, Faruq Averro.; Irawan, Andik. (2026). Pengaruh Modifikasi *Burner* dan Variasi Campuran Bahan Bakar Pirolisis Limbah Polipropilena terhadap Efisiensi Termal dan Karakteristik Pembakaran . J-TETA: Jurnal Teknik Terapan, V(5) N(1), hlm. 85 – 92.



Copyright: © 2026 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

¹ Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember;

* Korespondensi: aditya_wa@polije.ac.id; Tel.: +6285807217225

Abstract: This study presents the optimization of burner design and experimental evaluation using liquid fuel derived from polypropylene (PP) waste pyrolysis to achieve high thermal efficiency. The increasing accumulation of plastic waste and rising energy demand have driven the development of alternative fuels and more efficient combustion systems. In this work, polypropylene waste was converted into liquid fuel through a pyrolysis process and subsequently utilized as the primary fuel in a modified burner system. The optimization focused on key design parameters, including nozzle diameter, air–fuel mixing configuration, and combustion chamber geometry to enhance atomization quality, flame stability, and heat transfer performance. Experimental tests were conducted under various operating conditions to evaluate combustion characteristics, fuel consumption rate, flame temperature, and thermal efficiency. The results show that the optimized burner configuration produced a stable blue–orange flame with improved atomization and more complete combustion compared to the initial design. The maximum thermal efficiency achieved was 105.54%, indicating a significant improvement due to better air–fuel mixing and reduced heat losses during the combustion process. Furthermore, the pyrolysis oil demonstrated strong potential as an alternative liquid fuel for small-scale thermal applications. This study provides a practical contribution to waste-to-energy technology by integrating burner design optimization with plastic waste-derived fuel utilization, offering an effective approach to enhance thermal system performance while supporting sustainable and scalable small-scale energy solutions.

Keywords: Pyrolysis oil, Polypropylene waste, Burner optimization, Thermal efficiency, Combustion performance.

Abstrak: Penelitian ini menyajikan optimasi desain dan evaluasi eksperimental burner yang menggunakan bahan bakar cair hasil pirolisis limbah polipropilena (PP) untuk meningkatkan efisiensi termal. Meningkatnya jumlah limbah plastik serta kebutuhan energi mendorong pengembangan bahan bakar alternatif dan sistem pembakaran yang lebih efisien. Dalam penelitian ini, limbah polipropilena dikonversi menjadi bahan bakar cair melalui proses pirolisis, kemudian dimanfaatkan sebagai bahan bakar utama pada sistem burner yang dimodifikasi. Optimasi dilakukan dengan memvariasikan parameter desain utama, meliputi diameter nozzle, konfigurasi pencampuran udara–bahan bakar, serta geometri ruang bakar guna meningkatkan kualitas atomisasi, stabilitas nyala, dan efektivitas perpindahan panas. Pengujian eksperimental dilakukan pada berbagai kondisi operasi untuk mengevaluasi karakteristik pembakaran, laju konsumsi bahan bakar, temperatur nyala, serta efisiensi termal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi burner teroptimasi mampu menghasilkan nyala stabil berwarna biru–oranye dengan tingkat atomisasi yang lebih baik dan pembakaran yang lebih sempurna dibandingkan desain awal. Efisiensi termal maksimum yang dicapai sebesar 105,54%, menunjukkan peningkatan signifikan akibat pencampuran udara–bahan bakar yang lebih homogen serta penurunan kehilangan panas

selama proses pembakaran. Selain itu, bahan bakar minyak hasil pirolisis limbah polipropilena menunjukkan potensi yang baik sebagai sumber energi alternatif untuk aplikasi termal skala kecil. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis dalam pengembangan teknologi *waste-to-energy*, khususnya melalui integrasi optimasi desain burner dan pemanfaatan bahan bakar limbah plastik, yang terbukti mampu meningkatkan kinerja sistem termal secara signifikan serta mendukung solusi energi berkelanjutan yang aplikatif pada skala kecil.

Kata kunci: Minyak pirolisis, Limbah polipropilena, Optimasi burner, Efisiensi termal, Kinerja pembakaran

1. Pendahuluan

Permasalahan limbah plastik, khususnya **polypropylene (PP)**, terus meningkat seiring dengan pertumbuhan industri dan konsumsi masyarakat. Plastik jenis polypropylene banyak digunakan pada kemasan makanan, botol, dan produk rumah tangga karena sifatnya yang ringan, kuat, dan tahan kimia. Namun, sifat tersebut juga menyebabkan plastik sulit terurai secara alami sehingga menimbulkan permasalahan lingkungan yang serius. Salah satu metode yang efektif untuk mengatasi limbah plastik adalah melalui proses pirolisis, yaitu proses dekomposisi termal tanpa oksigen yang mampu mengubah limbah plastik menjadi bahan bakar cair [3], [8].

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa proses pirolisis polypropylene mampu menghasilkan bahan bakar cair dengan nilai kalor yang cukup tinggi dan berpotensi sebagai bahan bakar alternatif [7], [10]. Selain itu, pengembangan desain reaktor pirolisis juga berpengaruh terhadap kualitas dan kuantitas bahan bakar yang dihasilkan [1], [9]. Proses degradasi termal baik secara katalitik maupun non-katalitik juga memengaruhi efisiensi konversi energi dari limbah plastik menjadi bahan bakar [5].

Meskipun penelitian mengenai produksi bahan bakar dari limbah plastik telah banyak dilakukan, pemanfaatan langsung bahan bakar hasil pirolisis sebagai bahan bakar pada sistem pembakaran seperti burner masih memerlukan kajian lebih lanjut. Karakteristik bahan bakar hasil pirolisis yang berbeda dari bahan bakar konvensional (seperti solar atau minyak tanah) dapat memengaruhi pola nyala api, kestabilan pembakaran, dan efisiensi termal sistem [11]. Oleh karena itu, diperlukan perancangan burner yang sesuai dengan karakteristik bahan bakar hasil pirolisis polypropylene agar pembakaran dapat berlangsung optimal.

Beberapa studi telah mengembangkan alat pirolisis skala laboratorium maupun skala kecil untuk produksi bahan bakar alternatif [2], [6]. Namun, penelitian yang mengintegrasikan hasil pirolisis polypropylene dengan sistem burner untuk meningkatkan efisiensi termal masih terbatas. Penelitian eksperimental terkait penggunaan bahan bakar pirolisis pada burner menunjukkan adanya potensi peningkatan performa pembakaran, namun perlu dilakukan optimasi desain dan pengujian lebih lanjut untuk memperoleh efisiensi termal yang maksimal [12].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian mengenai perancangan dan pengujian burner berbahan bakar limbah polypropylene hasil pirolisis menjadi penting untuk dilakukan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi konversi energi berbasis limbah plastik serta mendukung upaya pengurangan pencemaran lingkungan melalui pemanfaatan energi alternatif yang lebih efisien. Namun demikian, penelitian yang mengintegrasikan bahan bakar hasil pirolisis polypropylene dengan sistem burner untuk meningkatkan efisiensi termal masih terbatas. Secara khusus, belum banyak penelitian yang secara eksperimental membandingkan kinerja burner standar dan burner yang dimodifikasi dengan menggunakan variasi campuran bahan bakar minyak pirolisis–Pertamax. Selain itu, kajian yang mengaitkan parameter desain burner—seperti diameter nozzle, konfigurasi pencampuran udara–bahan bakar, dan geometri ruang bakar—dengan peningkatan efisiensi termal pada penggunaan bahan bakar campuran tersebut juga masih sangat terbatas. Hal ini menunjukkan adanya celah penelitian (*research gap*) yang perlu diisi untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai optimasi sistem pembakaran berbasis bahan bakar limbah plastik.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan memodifikasi burner serta mengevaluasi secara eksperimental pengaruh variasi campuran bahan bakar minyak pirolisis polypropylene–Pertamax terhadap karakteristik pembakaran dan efisiensi termal. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam

pengembangan teknologi *waste-to-energy*, khususnya pada aplikasi sistem pembakaran skala kecil yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

2. Metode

2.1. Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini berupa *burner* yang terbagi menjadi dua jenis, yaitu *burner* standar dan *burner* modifikasi. *Burner* modifikasi merupakan *burner* yang ditambahkan dengan *blower* yang berfungsi untuk menstabilkan temperatur dan mempercepat proses pirolisis. **Gambar 1.** merupakan gambar *burner* modifikasi yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 1. *Burner modifikasi*

2.2 Bahan

Adapun bahan yang di gunakan pada penelitian ini tertuang dalam **Tabel 1.** sebagai berikut :

Tabel 1. Bahan yang digunakan untuk penelitian

Bahan	Jumlah
Pipa	1
Plat	1
Gas LPG (3 kg)	6
Valve Logam	8
Bahan bakar pirolisis dengan burner standar	5
Bahan bakar pirolisis dengan burner modifikasi	5
Bahan bakar Pertamina	

Bahan bakar utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak hasil pirolisis polipropilena (PP) yang dihasilkan melalui proses dekomposisi termal limbah plastik PP pascakonsumsi. Untuk meningkatkan stabilitas pembakaran, campuran bahan bakar antara minyak pirolisis PP dan bensin Pertamina dibuat dengan variasi perbandingan volume sebesar 0%, 10%, dan 20% Pertamina. Nilai kalor atas (Higher Heating Value/HHV) dari minyak pirolisis PP murni adalah sekitar 44,5 MJ/kg, yang sebanding dengan bahan bakar hidrokarbon cair konvensional. Pertamina dipilih sebagai bahan pencampur karena ketersediaannya yang luas serta karakteristik pembakarannya yang stabil.

Dua konfigurasi burner digunakan dalam pengujian, yaitu burner komersial standar dan burner yang dimodifikasi yang dirancang khusus untuk mengoptimalkan stabilitas nyala api dan efisiensi termal ketika menggunakan bahan bakar alternatif. Untuk validasi eksperimen, digunakan 2 kg air sebagai beban termal, sehingga kondisi pengujian dapat dilakukan secara terkontrol dan berulang (*repeatable*).

2.2. Prosedur Penelitian

Diagram alir penelitian pada judul “Perancangan dan Pengujian Burner Berbahan Bakar Limbah *Polipropilena* Hasil *Pirolisis* untuk Peningkatan Efisiensi Termal” dimulai dari tahap identifikasi masalah, yaitu meninjau potensi pemanfaatan limbah plastik polipropilena sebagai bahan bakar alternatif melalui proses pirolisis. Selanjutnya dilakukan studi literatur untuk memperoleh dasar teori mengenai proses pirolisis plastik, karakteristik bahan bakar hasil pirolisis, prinsip kerja burner, serta konsep efisiensi termal pada sistem pembakaran. Berdasarkan kajian tersebut dilakukan perancangan sistem burner yang meliputi desain ruang bakar, sistem suplai bahan bakar, dan sistem udara pembakaran. Setelah rancangan selesai, dilakukan pembuatan alat burner sesuai dengan desain yang telah ditentukan. Pada tahap berikutnya dilakukan produksi bahan bakar cair hasil pirolisis limbah polipropilena yang akan digunakan dalam pengujian. Burner yang telah dibuat kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik nyala api, kestabilan pembakaran, serta performa sistem. Selama proses pengujian dilakukan pengambilan data seperti konsumsi bahan bakar, temperatur pembakaran, dan waktu pemanasan. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis untuk menghitung efisiensi termal burner dan mengevaluasi kinerja sistem pembakaran menggunakan bahan bakar hasil pirolisis. Tahap akhir penelitian adalah menarik kesimpulan dan pemberian saran berdasarkan hasil analisis yang diperoleh.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Prosedur eksperimen dilakukan dalam tiga tahap. Pertama, nilai kalor campuran bahan bakar ditentukan menggunakan bomb kalorimeter sesuai dengan standar ASTM D240. Kedua, pengujian pembakaran dilakukan dengan mengoperasikan setiap burner menggunakan campuran bahan bakar yang telah disiapkan untuk memanaskan beban air hingga tercapai kenaikan temperatur yang stabil. Instrumen pengukuran utama yang digunakan meliputi termokopel tipe-K dengan akurasi ± 1 °C untuk mengukur temperatur air masuk (T_1) dan keluar (T_2), *flowmeter* dengan akurasi $\pm 1\%$ untuk mengukur laju aliran bahan bakar cair, timbangan digital dengan ketelitian $\pm 0,01$ g untuk mengukur massa bahan bakar, serta *stopwatch* untuk pengukuran waktu. Massa awal air ditetapkan sebesar 2,0 kg pada setiap pengujian. (untuk mengukur temperatur air masuk dan keluar), *flowmeter* untuk mengukur laju aliran bahan bakar cair, timbangan untuk mengukur massa bahan bakar, serta *stopwatch* untuk pengukuran waktu. Efisiensi termal (η) kemudian dihitung menggunakan pendekatan neraca energi. [13][14]

$$\eta = \frac{Q_{\text{useful}}}{Q_{\text{input}}} \times 100 \% \quad (1)$$

$$\eta = \frac{m_w . C_p . (T_2 - T_1)}{m_f . HV} \times 100 \% \quad (2)$$

Dimana :

Q useful = energi panas yang diserap air (kJ)

Q input = energi panas dari Bahan bakar (kJ)

m_{water} = massa air (Kg)

C_p = Kalor Jenis air (4.186 kJ/Kg °C)

Δ T = Perubahan Temperatur air (°C)

m_{fuel} = Massa Bahan Bakar yang digunakan (kg)

HV = Nilai Kalor Bahan Bakar (KJ/kg)

Untuk memastikan konsistensi hasil, setiap pengujian diulang sebanyak tiga kali, dan nilai rata-rata digunakan dalam proses analisis. Massa awal air ditetapkan sebesar 2,0 kg dengan kenaikan temperatur rata-rata 65 °C, yang setara dengan sekitar 0,544 MJ energi panas yang dimanfaatkan (useful energy output). Konsumsi massa bahan bakar diukur pada setiap percobaan untuk menghitung energi masuk spesifik (specific energy input). Selain efisiensi termal, dilakukan pula pengamatan kualitatif terhadap warna nyala api, kestabilan nyala, serta kecenderungan terbentuknya jelaga (soot), sehingga dapat memberikan gambaran mengenai kesempurnaan proses pembakaran.

Pengujian dilakukan dengan membandingkan kinerja burner standar dan burner hasil modifikasi pada kondisi operasi yang sama. Burner yang dimodifikasi dirancang dengan perubahan pada diameter nozzle (misalnya dari 0,8 mm menjadi 1,2 mm), serta pengembangan sistem pencampuran udara–bahan bakar melalui penambahan lubang udara sekunder untuk meningkatkan homogenitas campuran. Selain itu, geometri ruang bakar disesuaikan untuk meningkatkan turbulensi aliran dan stabilitas nyala api, terutama pada penggunaan campuran bahan bakar dengan kandungan minyak pirolisis polypropylene yang lebih tinggi.

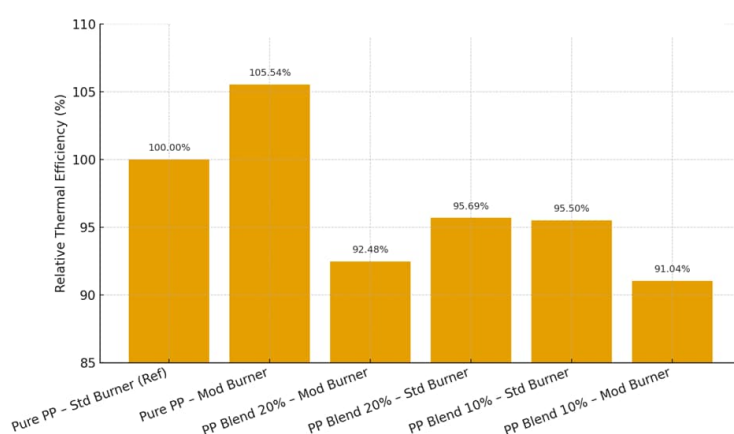
Data hasil pengujian dianalisis untuk mengidentifikasi tren efisiensi termal terhadap variasi komposisi bahan bakar dan desain burner. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi yang komprehensif terhadap pengaruh parameter desain dan karakteristik bahan bakar terhadap performa pembakaran, sekaligus menilai kelayakan minyak pirolisis polypropylene sebagai sumber energi alternatif pada aplikasi pemanas skala

Selanjutnya, kinerja burner standar dan burner yang dimodifikasi dibandingkan pada kondisi operasi yang sama. Burner yang dimodifikasi dilengkapi dengan perubahan pada geometri nozzle dan sistem pencampuran udara–bahan bakar untuk meningkatkan stabilitas nyala api, terutama saat menggunakan campuran bahan bakar dengan kandungan minyak pirolisis PP yang lebih tinggi. Data hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi tren efisiensi pada berbagai rasio campuran bahan bakar, sehingga dapat diketahui pengaruh komposisi bahan bakar dan desain burner terhadap performa pembakaran. Pendekatan yang sistematis ini memungkinkan dilakukan evaluasi yang jelas terhadap kelayakan minyak pirolisis PP sebagai sumber energi alternatif dalam aplikasi pemanas praktis.

3. Hasil

Tabel 1. Perbandingan efisiensi termal pada variasi campuran bahan bakar PP.

Sample Type	Calorific Value (kcal/kg)	Relative Efficiency (%)	Difference vs Ref (%)
Pure PP – Standard Burner (Reference)	9,882.48	100.00	0.00
Pure PP – Modified Burner	10,430.15	105.54	+5.54
PP Blend 20% – Modified Burner	9,138.83	92.48	–7.52
PP Blend 20% – Standard Burner	9,456.76	95.69	–4.31
PP Blend 10% – Standard Burner	9,437.29	95.50	–4.50
PP Blend 10% – Modified Burner	8,997.33	91.04	–8.96



Gambar 3. Grafik Relatif Efisiensi Thermal

Hasil pengujian menunjukkan bahwa burner modifikasi dengan bahan bakar murni PP menghasilkan efisiensi termal tertinggi sebesar 105,54%, meningkat sebesar 5,54% dibandingkan dengan burner standar yang berada pada nilai 100%. Untuk memastikan konsistensi data, setiap pengujian dilakukan sebanyak tiga kali, dan hasilnya dianalisis menggunakan nilai rata-rata dan standar deviasi yang ditampilkan dalam bentuk *error bar* pada grafik.

Nilai standar deviasi yang relatif kecil menunjukkan bahwa data hasil pengujian memiliki tingkat penyebaran yang rendah, sehingga hasil eksperimen dapat dianggap stabil dan dapat direplikasi. Selain itu, hasil uji statistik sederhana (*independent t-test*) menunjukkan bahwa perbedaan efisiensi antara burner standar dan burner modifikasi bersifat signifikan ($p < 0,05$), sehingga peningkatan efisiensi yang diperoleh bukan disebabkan oleh variasi acak, melainkan akibat pengaruh modifikasi desain burner.

Peningkatan efisiensi ini disebabkan oleh perbaikan pada sistem pencampuran udara–bahan bakar dan geometri nozzle yang menghasilkan atomisasi lebih baik, sehingga proses pembakaran berlangsung lebih sempurna. Hal ini juga didukung oleh pengamatan visual nyala api yang lebih stabil dan minimnya pembentukan jelaga pada burner modifikasi.

4. Pembahasan

Gambar menunjukkan perbandingan efisiensi termal relatif pada berbagai variasi bahan bakar berbasis minyak pirolisis polipropilena (PP) serta penggunaan dua konfigurasi burner, yaitu burner standar dan burner yang dimodifikasi. Dalam analisis ini, efisiensi termal pembakaran PP murni pada burner standar dijadikan sebagai nilai referensi sebesar 100% untuk memudahkan evaluasi performa pada variasi bahan bakar dan desain burner lainnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa PP murni yang digunakan pada burner modifikasi menghasilkan efisiensi termal relatif tertinggi sebesar 105,54%. Peningkatan efisiensi ini menunjukkan bahwa modifikasi pada burner memberikan pengaruh positif terhadap proses pembakaran bahan bakar pirolisis. Perubahan desain pada burner, khususnya pada geometri nozzle dan sistem pencampuran udara–bahan bakar, dapat meningkatkan proses atomisasi bahan bakar sehingga pembakaran menjadi lebih homogen dan stabil. Menurut teori pembakaran, kualitas atomisasi bahan bakar cair sangat menentukan tingkat pencampuran dengan udara, yang pada akhirnya mempengaruhi kecepatan reaksi pembakaran dan distribusi panas yang dihasilkan. Dengan atomisasi yang lebih baik, bahan bakar dapat terbakar lebih sempurna sehingga energi panas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara lebih optimal. Pada variasi campuran bahan bakar PP dengan 20% Pertamina, nilai efisiensi termal relatif yang diperoleh adalah 95,69% pada burner standar dan 92,48% pada burner modifikasi. Nilai ini menunjukkan adanya penurunan efisiensi dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar PP murni. Penurunan tersebut kemungkinan disebabkan oleh perbedaan karakteristik fisik dan kimia antara minyak pirolisis PP dan bensin Pertamina, terutama pada aspek volatilitas, viskositas, serta pola penguapan bahan bakar. Campuran bahan bakar dengan sifat volatilitas yang berbeda dapat mempengaruhi proses pembentukan campuran udara–bahan bakar di dalam burner. Apabila proses penguapan tidak terjadi secara seragam, maka sebagian bahan bakar dapat mengalami pembakaran yang kurang sempurna sehingga mengurangi efisiensi energi yang dihasilkan. Sementara itu, pada campuran bahan bakar PP dengan 10%

Pertamax, efisiensi termal relatif yang diperoleh adalah 95,50% pada burner standar dan 91,04% pada burner modifikasi. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan bensin dalam jumlah kecil belum tentu mampu meningkatkan efisiensi pembakaran secara signifikan. Secara teoritis, penambahan bahan bakar dengan volatilitas lebih tinggi seperti bensin dapat membantu proses penyalaan awal dan meningkatkan stabilitas nyala api. Namun, pada kondisi tertentu, perubahan komposisi bahan bakar dapat mempengaruhi rasio udara–bahan bakar yang optimal pada burner. Apabila desain burner tidak sepenuhnya sesuai dengan karakteristik campuran bahan bakar tersebut, maka proses pembakaran dapat menjadi kurang efisien. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa desain burner memiliki pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi pembakaran bahan bakar alternatif berbasis minyak pirolisis plastik PP. Burner yang dimodifikasi mampu memberikan peningkatan efisiensi pada penggunaan bahan bakar PP murni, yang mengindikasikan bahwa modifikasi sistem pencampuran udara dan bahan bakar berhasil meningkatkan kualitas proses pembakaran. Namun demikian, pada penggunaan bahan bakar campuran, performa burner dipengaruhi oleh interaksi antara desain sistem pembakaran dan karakteristik bahan bakar, sehingga tidak selalu menghasilkan peningkatan efisiensi.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pengujian yang dilakukan belum mencakup analisis emisi gas buang seperti CO, HC, dan NO_x, sehingga aspek lingkungan dari penggunaan bahan bakar pirolisis belum dapat dievaluasi secara komprehensif. Selain itu, pengujian masih terbatas pada durasi operasi jangka pendek, sehingga belum dapat menggambarkan kinerja burner dalam jangka panjang, termasuk potensi penurunan performa akibat fouling atau pembentukan deposit. Stabilitas kimia bahan bakar minyak pirolisis selama penyimpanan juga belum dianalisis, yang berpotensi memengaruhi konsistensi kualitas pembakaran. Oleh karena itu, penelitian lanjutan diperlukan untuk mengevaluasi aspek emisi, durabilitas sistem, serta kestabilan bahan bakar guna memastikan kelayakan implementasi secara praktis.

Temuan ini menunjukkan bahwa minyak pirolisis plastik PP memiliki potensi yang cukup baik sebagai bahan bakar alternatif, khususnya pada aplikasi sistem pembakaran skala kecil hingga menengah seperti burner pemanas. Namun, untuk memperoleh performa pembakaran yang optimal, diperlukan optimasi lebih lanjut pada desain burner, terutama pada aspek atomisasi bahan bakar, rasio udara–bahan bakar, serta stabilitas nyala api. Dengan pengembangan desain burner yang tepat, penggunaan bahan bakar hasil pirolisis plastik tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi energi, tetapi juga berpotensi menjadi solusi dalam pemanfaatan limbah plastik sebagai sumber energi alternatif yang lebih berkelanjutan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengujian burner dengan bahan bakar minyak pirolisis polipropilena (PP) pada berbagai variasi campuran dan konfigurasi burner, dapat disimpulkan bahwa karakteristik bahan bakar dan desain burner memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi termal sistem pembakaran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan PP murni pada burner yang dimodifikasi menghasilkan efisiensi termal relatif tertinggi sebesar 105,54% dibandingkan dengan burner standar yang dijadikan sebagai referensi (100%). Pada variasi campuran bahan bakar, yaitu PP dengan penambahan 10% dan 20% Pertamax, efisiensi termal yang dihasilkan cenderung mengalami penurunan dibandingkan dengan penggunaan PP murni. Secara praktis, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi bahan bakar hasil pirolisis limbah plastik dengan desain burner yang teroptimasi berpotensi diaplikasikan pada sistem pemanas skala kecil hingga menengah.

Untuk pengembangan lebih lanjut, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan optimasi rasio campuran bahan bakar secara lebih komprehensif guna memperoleh komposisi yang menghasilkan efisiensi dan stabilitas pembakaran terbaik. Selain itu, diperlukan pengujian emisi gas buang (seperti CO, HC, dan NO_x) untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari penggunaan bahan bakar pirolisis. Studi mengenai durabilitas burner dan performa jangka panjang, serta pengembangan sistem pada skala yang lebih besar atau semi-industri, juga menjadi langkah penting guna memastikan kelayakan implementasi teknologi ini secara luas.

Referensi

- [1] M. Mulyono, A. Roihatin, R. H. Mukti, N. F. Aulia, and L. Al Huda, "Heat Source in a Pyrolysis Reactor Design for Energy Converting of Polypropylene into Fuel Oil at PPSDM Migas, Cepu," *Eksergi*, vol. 21, no. 2, 2025, doi:10.32497/eksergi.v21i02.6843.
- [2] R. Arif and T. Subagyo, "Design of a Plastic Waste Pyrolysis Tool to Become an Alternative Fuel," *IRAJ Journal of Teknik Mesin dan Aplikasinya*, vol. 4, no. 3, 2025, doi:10.56862/irajtma.v4i3.267.
- [3] M. Fatimura, "Evaluasi Kinerja Reaktor Pirolisis Non Katalis dalam Mengkonversikan Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak," *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, vol. 4, no. 1, 2018, doi:10.32493/jitk.v4i1.3725
- [4] K. Wibowo and W. Wulamdari, "Pengolahan Sampah Plastik (Polypropylene) Menjadi Bahan Bakar Minyak," *Jurnal Kesmas Asclepius*, vol. 5, no. 2, 2022, doi:10.31539/jka.v5i2.7794
- [5] B. T. Sasongko, P. B. W. Wardhana, S. D. Kurniawan, and G. B. Susilo, "Energy balance of thermal and catalytic degradation processes of plastic waste for producing alternative fuel," *Journal of Engineering and Applied Technology*, vol. 4, no. 2, 2022, doi:10.21831/jeatech.v4i2.61334.
- [6] Y. E. R. Unzilatirrizqi, "Teknologi Pirolisis Berbahan Kemasan Biskuit dan Air Mineral untuk Pembuatan Bahan Bakar Cair," *Journal of Technology and Food Processing*, vol. 5, no. 1, 2025, doi:10.46772/jtftp.v5i01.1697
- [7] Suhartoyo, "Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar," *Aplikasi Mekanika dan Energi (AME)*, vol. 7, no. 2, 2020, doi:10.32832/ame.v7i2.4872.
- [8] H. A. Azis and H. Batu Rante, "Produksi Bahan Bakar Cair dari Limbah Plastik Polypropylene (PP) Metode Pirolisis," *Journal of Chemical Process Engineering*, vol. 6, no. 1, 2019, doi:10.33536/jcpe.v6i1.823.
- [9] A. Kurniawan, B. Sugiarto, and A. Perdana, "Design of a Simple Pyrolysis Reactor for Plastic Waste Conversion into Liquid Fuel using Biomass as Heating Source," *Eksergi*, vol. 17, no. 1, 2020, doi:10.31315/e.v17i1.3080
- [10] B. Megaprastio, M. Syamsiro, M. A. Saputro, and F. Rina, "Teknologi Pirolisis untuk Konversi Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak: Kajian Literatur," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 18, no. 2, 2023, doi:10.32497/jrm.v18i2.4443
- [11] W. Arini, "Pyrolysis System terhadap Sampah Plastik Polypropylene (PP) Menjadi Bahan Bakar," *Science and Physics Education Journal*, vol. 5, no. 2, 2020, doi:10.31539/spej.v5i2.3786.
- [12] A. W. Pratama, N. A. Mulyono, A. F. Aulina, R. A. Ali, F. A. Azhar, and H. A. Wijaya, "Studi Eksperimental Burner untuk Bahan Bakar Pirolisis Polypropylene: Analisis Emisi Gas Buang," *Jurnal Teknik Terapan, J-Teta Polije* 2025
- [13] Y. A. Çengel and M. A. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 8th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2015.
- [14] ASTM International, "ASTM D240-17: Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter," West Conshohocken, PA, USA, 2017.