



Studi Eksperimental *Burner* untuk Bahan Bakar Pirolisis *Polypropylene*: Analisis Emisi Gas Buang

Aditya Wahyu Pratama ^{1*}, Novangga Adi Mulyono ¹, Audha Fitrah Aulina ¹, Reynaldi Akbar Ali ¹, Faruq Avero Azhar ¹, Andik Irawan ¹, dan Hardian Asep Wijaya ¹

Sitasi: Pratama, Aditya Wahyu.; Mulyono, Novangga Adi.; Aulina, Audha Fitrah. Ali, Reynaldi Akbar.; Azhar, Faruq Avero.; Irawan, Andik.; Wijaya, Hardian Asep (2025). Studi Eksperimental *Burner* dan Karakteristik Pembakaran Bahan Bakar Pirolisis *Polypropylene* Terhadap Emisi Gas Buang. J-TETA: Jurnal Teknik Terapan, V(4) N(2), hlm. 128-138.

¹ Program Studi Mesin Otomotif, Politeknik Negeri Jember;

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

Abstract: Alternative fuels derived from the pyrolysis of Polypropylene (PP) plastic waste present a promising approach to decreasing reliance on fossil fuels while also addressing plastic waste reduction. This experimental study investigates the exhaust emission characteristics of a modified burner equipped with a blower compared to a conventional burner. The experimental setup utilized specially designed burners to enhance the combustion performance of PP pyrolysis oil. Fuel blends containing 5%, 10%, and 20% PP pyrolysis oil mixed with Pertamina were tested. Emission parameters, including CO, CO₂, HC, and NO_x concentrations, were measured under idle operating conditions using a gas analyzer. The findings revealed that the modified burner operating with a 10% PP pyrolysis oil blend produced lower HC, O₂, and lambda emission levels than the standard burner. Conversely, CO and CO₂ emissions were found to be higher for the modified burner configuration. In both burner types, NO_x emissions were not detected.

Keywords: Alternative fuels; Burner; Combustion Characteristics; Emissions; Polypropylene Pyrolysis Oil



Copyright: © 2025 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/>).

Abstrak: Penggunaan bahan bakar alternatif dari hasil pirolisis sampah plastik *Polypropylene* (PP) menjadi salah satu solusi dalam mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sekaligus mengurangi limbah plastik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis emisi gas buang yang dihasilkan oleh *burner* modifikasi yang dilengkapi dengan *blower* dan *burner* standar. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental dengan mengoperasikan *burner* yang dirancang khusus untuk mengoptimalkan proses pembakaran bahan bakar pirolisis PP. Variasi yang digunakan pada penelitian ini berupa persentase minyak pirolisis *Polypropylene* sebesar 5%, 10%, dan 20% yang dicampur dengan Pertamina. Parameter uji yang diukur meliputi konsentrasi emisi CO, CO₂, HC, dan NO_x menggunakan *gas analyzer* pada kondisi *idle*. Penggunaan *burner* modifikasi pada variasi campuran 10% minyak pirolisis *Polypropylene* menghasilkan emisi gas buang HC, O₂, dan lambda yang lebih rendah dibandingkan dengan *burner* standar. Namun, emisi CO dan CO₂ yang dihasilkan oleh *burner* modifikasi lebih tinggi dibandingkan dengan *burner* standar. Pada kedua jenis *burner* tidak menghasilkan emisi gas buang NO_x.

Kata kunci: Bahan Bakar Alternatif; Burner; Emisi Gas Buang; Karakteristik Pembakaran; Minyak Pirolisis *Polypropylene*

1. Pendahuluan

Penggunaan plastik secara global terus meningkat setiap tahun dan menjadi tantangan lingkungan yang sangat besar saat ini. Pada tahun 2022, produksi plastik secara global diperkirakan mencapai 400 juta ton, dengan jenis plastik *Polypropylene* (PP) sebanyak 20% dari total produksi dan menjadikannya sebagai salah satu plastik yang sering digunakan [1]. Namun, plastik dengan jenis PP memiliki sifat yang tahan lama dan sulit untuk terurai mengakibatkan menumpuk di tempat pembuangan akhir dan kebocoran ke ekosistem laut, sehingga akan menimbulkan dampak ekologis yang sangat serius dan berkepanjangan [2]. Salah satu upaya untuk mengubah limbah plastik *Polypropylene*

menjadi bahan bakar alternatif adalah dengan menggunakan proses pirolisis [3]. Proses pirolisis adalah dekomposisi termokimia material organik dalam kondisi tanpa oksigen dan telah terbukti efektif dapat mengubah limbah plastik PP menjadi minyak [4], [5].

Burner merupakan alat yang digunakan untuk mengubah plastik *Polypropylene* menjadi minyak pirolisis. Performa *burner* dipengaruhi oleh banyak faktor seperti bahan bakar yang digunakan, bentuk *head burner* sebagai tempat keluarnya api, material yang digunakan, serta pipa penghubung antara bahan bakar dengan *head burner* [6]. Selain itu, lama waktu pembakaran dan temperatur juga memengaruhi jumlah minyak pirolisis yang dihasilkan. Semakin lama waktu proses pirolisis, semakin banyak minyak pirolisis yang dihasilkan, karena semakin banyak gas yang diubah fasenya menjadi cairan melalui proses kondensasi pada proses pirolisis [7]. Temperatur optimum untuk mendapatkan minyak pirolisis terbanyak yaitu 400 °C [8]. Oleh karena itu, dibutuhkan *burner* yang tepat untuk memaksimalkan produksi minyak pirolisis pada laju waktu pembakaran yang relatif singkat.

Minyak pirolisis *Polypropylene* (PP) memiliki karakteristik fisiko-kimia yang berbeda dibandingkan bahan bakar fosil konvensional, seperti nilai kalor yang lebih rendah, viskositas yang lebih tinggi, dan komposisi hidrokarbon yang kompleks serta rentan terhadap kandungan oksigen [9]. Perbedaan mendasar ini dapat mempengaruhi secara signifikan performa proses pembakaran, termasuk stabilitas nyala, efisiensi pembakaran, dan yang paling krusial, profil emisi gas buang yang dihasilkan. Beberapa studi melaporkan bahwa pembakaran bahan bakar dari pirolisis plastik dapat menghasilkan emisi yang tidak diinginkan seperti Karbon monoksida (CO), Nitrogen oksida (NO_x), dan Hidrokarbon tak terbakar (UHC) dalam tingkat yang lebih tinggi jika tidak dioptimalkan [10], [11]. Apabila dibandingkan dengan jenis plastik yang lain, PPO menunjukkan pelumasan bahan bakar terbaik yang disebabkan oleh viskositas kinematik dan kandungan sulfur yang lebih tinggi sehingga mengurangi gesekan. Namun, viskositas yang tinggi mengakibatkan PPO menghasilkan *Brake Thermal Efficiency* (BTE) terendah akibat lambatnya pembakaran dan *Brake Specific Fuel* (BSFC) tertinggi akibat meningkatnya kehilangan energi [12].

Penelitian mengenai pencampuran minyak hasil proses pirolisis *Polypropylene* (PP) dengan *Low Density Polyethylene* (LDPE) di dalam *Compression Ignition Engine* (CI Engine) [13] dan dengan bahan bakar diesel [14] mampu mengurangi produksi emisi gas karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂) secara signifikan bila dibandingkan dengan bahan bakar diesel komersial. Penelitian mengenai pengaruh temperatur proses pirolisis terhadap minyak *Polypropylene* (PP) juga menunjukkan bahwa minyak *Polypropylene* (PP) mampu mengurangi emisi gas CO₂, namun menghasilkan emisi gas NO_x, HC, dan CO yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar diesel [15].

Berdasarkan literatur yang sudah ada, belum ada penelitian yang mengkaji pengaruh penambahan *blower* pada *burner* terhadap laju waktu pembakaran dan emisi gas buang yang dihasilkan oleh minyak pirolisis *Polypropylene*. penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi eksperimental pada penggunaan *burner* untuk menghasilkan minyak pirolisis *Polypropylene* (PP) dengan keadaan standar dan *burner* yang telah dimodifikasi. Kemudian minyak pirolisis hasil dari kedua *burner* tersebut akan di komparasi. Selain itu, variasi yang digunakan pada penelitian ini berupa persentase campuran minyak *Polypropylene* (PP) yaitu sebesar 5%, 10%, dan 20% yang dicampur dengan menggunakan Pertamina. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pengaruh jenis *burner* terhadap emisi gas buang, termasuk CO, CO₂, HC, O₂, dan NO_x.

2. Bahan dan 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

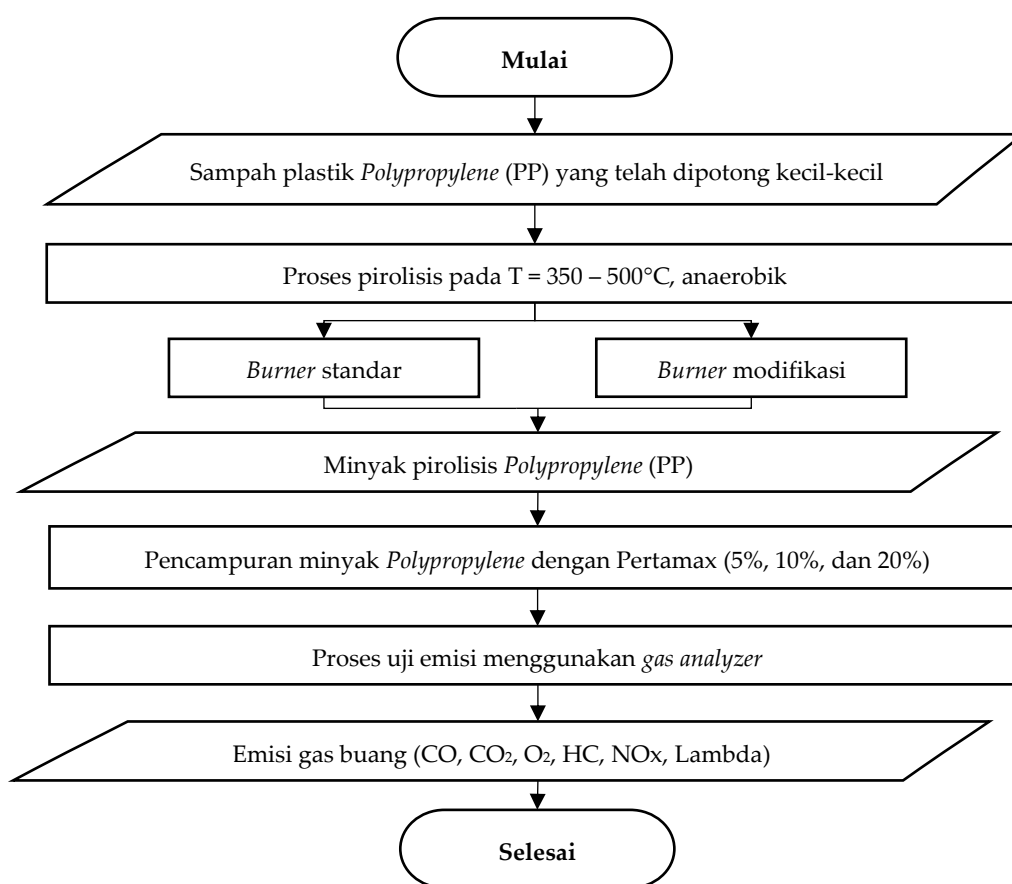
Bahan	Jumlah
Pipa	1
Plat	1
Gas LPG (3 kg)	6
Valve Logam	8
Bahan bakar pirolisis dengan burner standar	5
Bahan bakar pirolisis dengan burner modifikasi	5
Bahan bakar Pertamina	6

2.2. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan untuk menganalisis emisi gas buang yang dihasilkan oleh minyak *Polypropylene* (PP) hasil proses pirolisis dari dua jenis *burner*. *Burner* yang digunakan berupa *burner* standar dan *burner* modifikasi yang menambahkan *blower* pada konfigurasi. Variasi yang digunakan pada penelitian ini berupa persentase minyak *Polypropylene* (PP) yaitu sebesar 5%, 10%, dan 20% yang dicampurkan pada

Pertamax. Persentase tersebut didasarkan pada penelitian yang dilakukan [16] dan pada penelitian tersebut tidak menyarankan untuk menambahkan persentase minyak *Polypropylene* lebih dari 20%.

Sampah plastik *Polypropylene* (PP) yang digunakan berupa botol air bekas yang dipotong kecil-kecil. Proses pirolisis dilakukan di dalam reaktor tertutup tanpa udara (anaerobik) dengan temperatur antara 350 – 500°C pada kedua jenis *burner* yang kemudian memengaruhi laju waktu pembakaran. Hasil minyak pirolisis *Polypropylene* kemudian dicampur dengan Pertamax dengan variasi persentase minyak pirolisis sebesar 5%, 10%, dan 20%. Setelah itu, pengujian emisi dilakukan dengan menggunakan *gas analyzer* atau *smoke tester* pada kondisi *idle*. Pengujian emisi gas buang hanya dilakukan satu kali pada masing-masing variasi. Adapun emisi gas buang yang diuji berupa emisi gas buang karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), hidrokarbon (HC), natrium oksida (NO_x), oksigen (O₂), dan lambda. Diagram alir penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3. Hasil

3.1. Persiapan Bahan

Pada penelitian ini, sampah plastik dengan jenis PP diperoleh dari gelas air mineral dengan berbagai jenis merek. Setelah itu dilakukan pembersihan dan pengeringan. Proses ini dilakukan agar dapat memaksimalkan hasil bahan bakar pirolisis dan mengurangi residu yang mengendap pada alat. Kemudian dilanjutkan pada proses penggilingan plastik. Proses persiapan bahan ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Proses persiapan sampah plastik PP untuk dijadikan bahan bakar; (a) Pembersihan dan pengeringan; (b) Proses penggilingan

3.2. Proses Pirolisis

Pada tahap ini proses pirolisis dilakukan dengan menggunakan dua jenis *burner* yang berbeda, yaitu *burner standar* dan *burner modifikasi*. Penggunaan *burner modifikasi* yang dilengkapi *blower* mampu meningkatkan efisiensi proses pirolisis. Waktu proses pirolisis dengan menggunakan *burner standar* mencapai 6 jam dan berkurang secara drastis menjadi 1,5 jam dengan menggunakan *burner modifikasi*. Selain itu, 7 kg sampah plastik *Polypropylene* (PP) yang telah dihancurkan mampu menghasilkan 3 liter minyak *Polypropylene* (PP) hasil dari proses pirolisis. Warna minyak *Polypropylene* yang dihasilkan pada penelitian ini sama seperti yang dihasilkan oleh Bahri et al [17] yaitu berwarna kuning seperti bahan bakar jenis Premium yang ditampilkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Minyak *Polypropylene* (PP) hasil proses pirolisis

3.3. Proses Uji Emisi

Pada proses uji emisi, minyak *Polypropylene* (PP) hasil proses pirolisis kedua *burner*. Variasi yang digunakan pada penelitian ini berupa persentase campuran minyak *Polypropylene* (PP) sebesar 5%, 10%, dan 20%. Di mana campuran yang digunakan berupa minyak *Polypropylene* (PP) ditambah dengan Pertamina. Sebagai contoh persentase minyak *Polypropylene* (PP) sebesar 5%, maka tambahan Pertamina yang digunakan sebesar 95%. Hasil dari uji emisi pada *burner* standar ditampilkan pada **Tabel 2** dan untuk *burner* modifikasi pada **Tabel 3**.

Tabel 2. Tabel hasil uji emisi bahan bakar PP dengan *burner* kompor standar

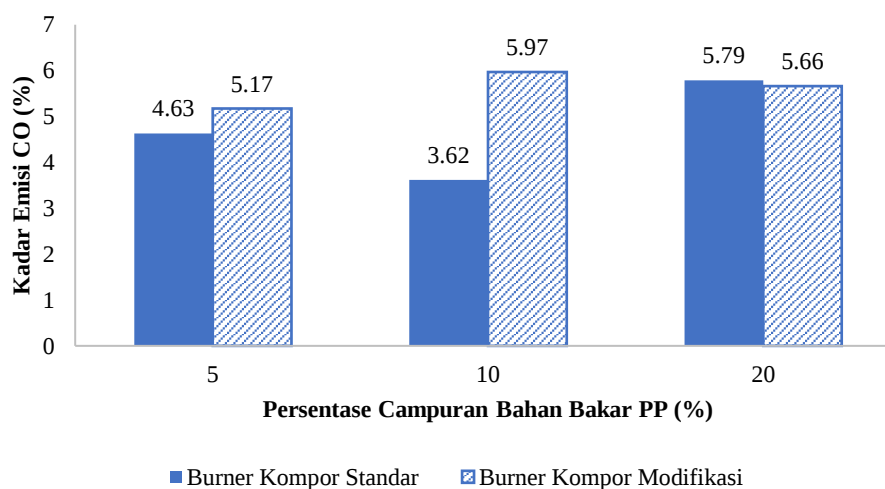
Emisi gas buang	Persentase minyak <i>Polypropylene</i> (PP)		
	5 %	10 %	20%
CO	4,63 % vol	3,62%vol	5,79% Vol
CO ₂	3,2 % vol	2,3 %vol	3,8 % vol
HC	4120 ppm vol	2638 ppm vol	2898 ppm vol
O ₂	12,3% vol	14,30%vol	10,50% Vol
NO _x	0 ppm vol	0 ppm Vol	0 ppm vol
Lambda	1,374	1,882	1,243

Tabel 3. Tabel hasil uji emisi bahan bakar PP dengan *burner* kompor modifikasi

Emisi gas buang	Persentase minyak <i>Polypropylene</i> (PP)		
	5 %	10 %	20%
CO	5,17% Vol	5,97% Vol	5,66 % Vol
CO ₂	3,4% Vol	4,3% Vol	4,2 % Vol
HC	3281 ppm Vol	1701 ppm vol	1843 ppm vol
O ₂	11,50% Vol	9,55% vol	10,00 % vol
NO _x	0 ppm vol	0 ppm vol	0 ppm vol
Lambda	1,336	1,240	1,285

4. Pembahasan

4.1. Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO)

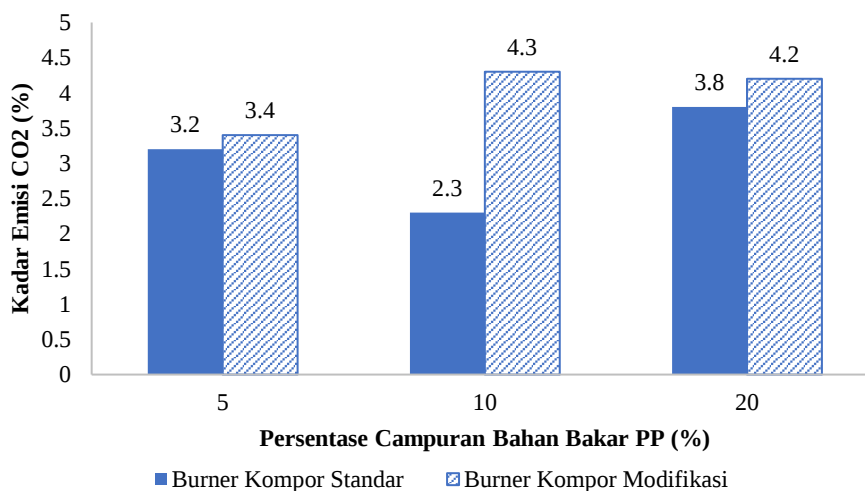


Gambar 5. Grafik kadar emisi gas buang karbon monoksida (CO) terhadap persentase campuran bahan bakar PP

Gambar 5. menunjukkan grafik perbandingan emisi gas buang karbon monoksida (CO) yang dihasilkan oleh kedua *burner*. Emisi gas karbon monoksida (CO) menunjukkan efisiensi dari pembakaran yang terjadi di dalam *burner* [18]. Emisi gas karbon monoksida (CO) merupakan sisa bahan bakar yang tidak terbakar dengan sempurna dan ikut

terbuang melalui *exhaust*. Terbentuknya emisi gas karbon monoksida (CO) akibat komposisi bahan bakar yang lebih banyak dibandingkan dengan udara, yang mengakibatkan terjadinya campuran kaya (*rich mixture*) [19]. Pada **Gambar 5**, memperlihatkan bahwa pada campuran bahan bakar minyak *Polypropylene* (PP) sebesar 5% dan 10% dengan *burner* modifikasi menghasilkan emisi gas CO yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan *burner* standar. Hal tersebut disebabkan oleh udara cepat dari *blower* mempercepat aliran gas melewati zona pembakaran sehingga reaksi oksidasi CO melambat yang menyebabkan emisi gas CO pada *burner* modifikasi lebih tinggi dibandingkan dengan *burner* standar. Selain itu, adanya *blower* memungkinkan terbentuknya area berturbulensi tinggi di bagian tertentu sehingga menghasilkan campuran yang tidak homogen dan menyebabkan beberapa area masih menghasilkan campuran kaya (*rich mixture*) yang menghasilkan gas CO yang tinggi. Pada campuran bahan bakar 20% minyak *Polypropylene* (PP), emisi gas CO yang pada kedua jenis *burner* hampir sama. Namun, pada *burner* modifikasi cenderung mengalami penurunan dan *burner* standar mengalami kenaikan. Fenomena tersebut disebabkan oleh kondisi campuran kaya (*rich mixture*) menjadi lebih mendekati stoikiometri dan adanya *blower* mampu menghasilkan rasio *air/fuel* (A/F) menjadi lebih optimal.

4.2. Emisi Gas Buang Karbon Dioksida (CO₂)



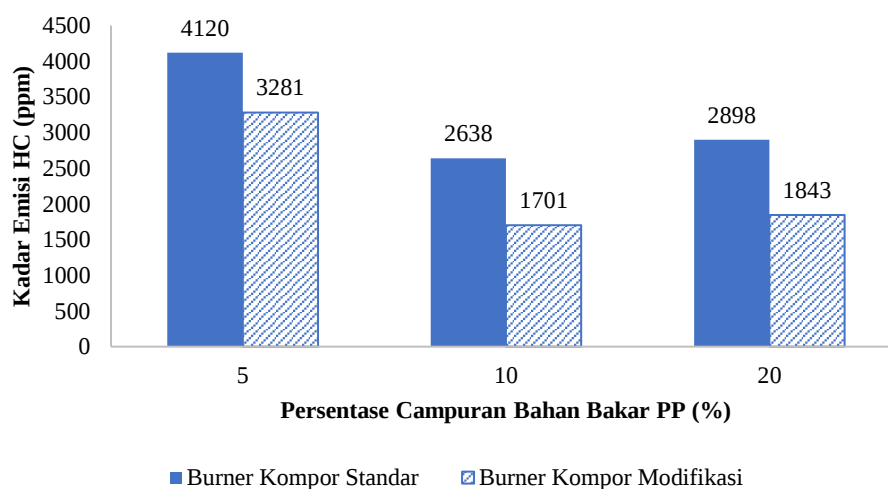
Gambar 6. Grafik kadar emisi gas buang karbon dioksida (CO₂) terhadap persentase campuran bahan bakar PP

Gambar 6. merupakan grafik kadar emisi gas buang karbon dioksida (CO₂) terhadap persentase campuran bahan bakar minyak *Polypropylene* (PP) pada kedua *burner*. Dapat dilihat pada **Gambar 6**, emisi gas CO₂ yang dihasilkan oleh *burner modifikasi* lebih tinggi dibandingkan dengan *burner standar*. Emisi gas CO₂ berbanding terbalik dengan emisi CO dan HC, di mana emisi gas CO₂ yang dihasilkan semakin tinggi maka semakin sedikit bahan bakar yang terbuang dan pembakaran yang terjadi di dalam *burner* semakin sempurna [20]. Adanya udara tambahan dari *blower* mampu meningkatkan proses pencampuran udara dan bahan bakar sehingga reaksi pembakaran semakin sempurna. Selain itu, dengan bantuan *blower* mampu meningkatkan temperatur di dalam *burner* yang mengakibatkan viskositas bahan bakar menjadi turun dan pembakaran menjadi stabil, sehingga proses oksidasi karbon menjadi lebih optimal. Maka dari itu, penggunaan *burner modifikasi* mampu meminimalkan pembakaran tidak sempurna.

4.3. Emisi Gas Buang Hidrokarbon (HC)

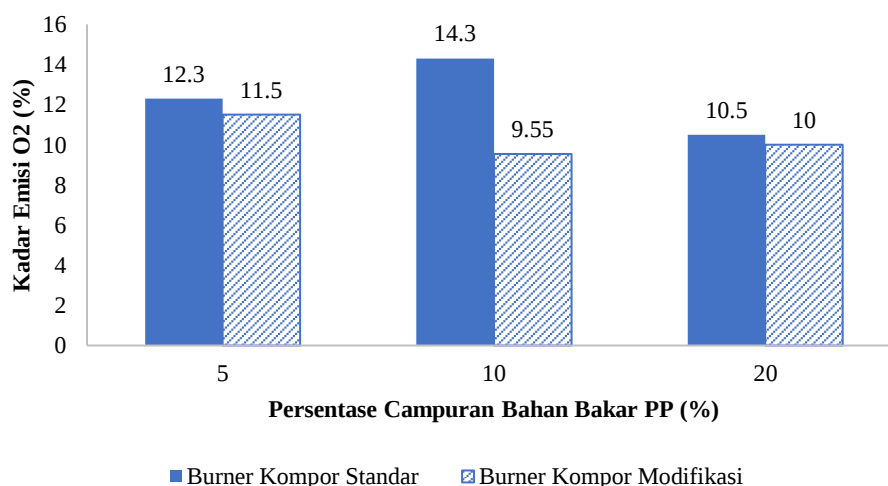
Gambar 7. memperlihatkan grafik kadar emisi gas buang Hidrokarbon (HC) terhadap persentase campuran bahan bakar *Polypropylene* (PP) pada kedua jenis *burner*. Senyawa Hidrokarbon (HC) terbentuk akibat bahan bakar terbuang sebelum terbakar [21]. Pada **Gambar 7**, campuran 5% minyak *Polypropylene* (PP), emisi HC dari *burner standar* lebih tinggi dibandingkan dengan *burner modifikasi*. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa suplai udara tambahan, pencampuran bahan bakar–udara tidak sempurna, sehingga masih banyak senyawa hidrokarbon yang tidak terbakar. Dengan adanya *blower* pada *burner modifikasi*, pencampuran menjadi lebih homogen sehingga lebih banyak HC yang terbakar. Pada 10% campuran minyak *Polypropylene* (PP), terjadi penurunan emisi HC pada kedua *burner*, namun nilai

pada *burner* modifikasi lebih rendah dibanding *burner* standar. Kondisi ini menunjukkan bahwa peran *blower* semakin penting saat viskositas bahan bakar meningkat akibat kandungan minyak *Polypropylene* (PP) yang lebih tinggi, namun atomisasi bahan bakar tetap terjaga. Pada 20% campuran minyak *Polypropylene* (PP), kadar emisi HC sedikit meningkat pada kedua *burner*, yang dapat disebabkan oleh viskositas bahan bakar yang semakin tinggi sehingga proses atomisasi kurang optimal. Meskipun demikian, *burner* modifikasi tetap menghasilkan emisi HC yang lebih rendah dibandingkan *burner* standar. Oleh karena itu, penggunaan *burner* modifikasi mampu meningkatkan temperatur yang menyebabkan viskositas yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan *burner* standar, sehingga pembakaran yang terjadi semakin sempurna.



Gambar 7. Grafik kadar emisi gas buang Hidrokarbon (HC) terhadap persentase campuran bahan bakar PP

4.4. Emisi Gas Buang Oksigen (O_2)



Gambar 8. Grafik kadar emisi gas buang Oksigen (O_2) terhadap persentase campuran bahan bakar PP

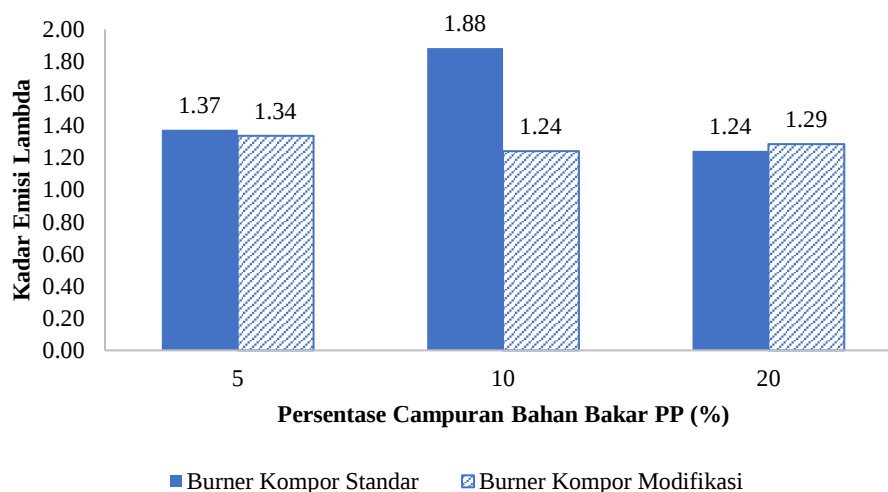
Gambar 8. merupakan grafik kadar emisi gas buang Oksigen (O_2) terhadap persentase campuran bahan bakar minyak *Polypropylene* (PP) pada kedua jenis *burner*. Semakin rendah kadar oksigen (O_2) dalam gas buang mengindikasikan bahwa hampir semua oksigen yang masuk ke ruang bakar telah digunakan dan pembakaran berlangsung dengan lebih baik serta efisien [22]. Pada **Gambar 8**, campuran 5% minyak *Polypropylene* (PP), emisi O_2 dari *burner* standar lebih tinggi dibandingkan dengan *burner* modifikasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa keberadaan *blower* pada *burner* modifikasi mendorong suplai udara lebih efektif digunakan dalam reaksi pembakaran, sehingga sisa oksigen di gas buang lebih sedikit. Pada campuran 10% minyak *Polypropylene* (PP), kadar O_2 pada *burner* standar

mencapai puncaknya, sedangkan pada kompor modifikasi menurun. Hal ini mengindikasikan bahwa pada *burner* standar, pencampuran bahan bakar dengan udara tidak sempurna akibat meningkatnya viskositas bahan bakar, sehingga banyak oksigen yang tidak bereaksi dan terlepas bersama gas buang. Sebaliknya, pada *burner* modifikasi dengan *blower*, mampu memperbaiki atomisasi dan pencampuran, sehingga oksigen lebih banyak bereaksi dengan bahan bakar yang kemudian menurunkan kadar O_2 . Pada campuran 20% minyak *Polypropylene* (PP), kadar emisi O_2 pada kedua *burner* menurun. Penurunan ini terjadi karena viskositas bahan bakar semakin tinggi sehingga proses atomisasi kurang optimal. Oleh karena itu, dengan penggunaan *burner* mampu meningkatkan efisiensi pembakaran akibat perbaikan atomisasi, viskositas bahan bakar menurun dan campuran menjadi lebih homogen.

4.5. Emisi Gas Buang Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen oksida (NO_x) merupakan kelompok gas yang terdiri atas NO dan NO_2 [23]. Emisi NO_x biasanya dihasilkan dari proses pembakaran di dalam ruang bakar kendaraan dan industri yang berbahaya bagi manusia, khususnya untuk pernapasan [24]. Kedua jenis *burner* tidak menghasilkan emisi gas buang NO_x . Hal tersebut menunjukkan bahwa minyak *Polypropylene* (PP) yang dihasilkan selama proses pirolisis pada kedua *burner* menawarkan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan.

4.6. Emisi Gas Buang Lambda



Gambar 9. Grafik kadar emisi gas buang lambda terhadap persentase campuran bahan bakar PP

Gambar 9. memperlihatkan grafik kadar emisi gas buang lambda terhadap persentase campuran bahan bakar minyak *Polypropylene* (PP) pada kedua *burner*. Lambda merupakan perbandingan antara jumlah pasokan udara dengan jumlah udara ideal [25]. Pembakaran dikatakan sempurna apabila nilai lambda sebesar 1. Apabila $\lambda < 1$, maka pembakaran berlangsung pada campuran kaya (*rich mixture*). Apabila $\lambda > 1$, maka pembakaran berlangsung pada campuran miskin (*lean mixture*). Pada **Gambar 9.** menunjukkan bahwa emisi lambda yang dihasilkan lebih dari 1 pada seluruh jenis *burner*. Hal tersebut mengindikasikan bahwa campuran bahan bakar merupakan campuran miskin (*lean mixture*). Pada *burner* standar memiliki fluktuasi nilai lambda yang lebih besar, dengan peningkatan signifikan pada campuran 10% minyak *Polypropylene* (PP) yang mencapai sekitar 1,9, menandakan pembakaran dalam kondisi sangat *lean* (udara berlebih). Sebaliknya, pada *burner* modifikasi dengan *blower*, nilai lambda cenderung stabil pada rentang 1,2–1,3, yang menunjukkan pembakaran lebih terkendali dan mendekati kondisi stoikiometri. Kehadiran *blower* pada *burner* modifikasi membantu mencampurkan udara dengan bahan bakar secara lebih homogen, sehingga meskipun ditambahkan minyak *Polypropylene* (PP) hingga 20%, pembakaran tetap berlangsung relatif stabil tanpa kelebihan udara yang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa modifikasi *burner* dengan *blower* mampu meningkatkan kualitas pencampuran udara-bahan bakar, menjaga kestabilan nyala, serta meminimalkan variasi pembakaran *lean* yang berlebihan seperti yang terlihat pada *burner* standar.

5. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengonversi limbah plastik *Polypropylene* (PP) menjadi bahan bakar cair melalui proses pirolisis dengan dukungan *burner* modifikasi yang dilengkapi dengan *blower* dan *burner* standar. Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan *burner* modifikasi mampu mempercepat laju waktu pembakaran, yang awalnya 6 jam menjadi 1,5 jam untuk membakar 7 kg sampah plastik *Polypropylene* dan menghasilkan 3 liter minyak pirolisis.
2. Penggunaan *burner* modifikasi pada variasi campuran 10% minyak pirolisis *Polypropylene* menghasilkan emisi gas buang HC, O₂, dan lambda yang lebih rendah dibandingkan dengan *burner* standar. Namun, emisi CO dan CO₂ yang dihasilkan oleh *burner modifikasi* lebih tinggi dibandingkan dengan *burner* standar. Pada kedua jenis *burner* tidak menghasilkan emisi gas buang NO_x.
3. Secara keseluruhan, *burner* modifikasi dengan *blower* mampu meningkatkan kualitas pembakaran dengan menghasilkan minyak *Polypropylene* (PP) berviskositas lebih rendah dengan campuran mendekati homogen, mengurangi emisi tidak terbakar, dan menjaga efisiensi pembakaran.

Dengan capaian ini, penelitian telah membuktikan konsep bahwa limbah plastik PP dapat diolah menjadi bahan bakar cair yang berpotensi digunakan sebagai energi alternatif. *Burner* modifikasi terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi pirolisis, mengurangi waktu produksi, dan mendukung stabilitas pembakaran. Namun, penelitian ini belum memberikan hasil mengenai efisiensi termal dan stabilitas nyala pada minyak pirolisis *Polypropylene* pada kedua jenis *burner*.

Referensi

- [1] Plastics Europe, "Plastics – the Facts 2022: An analysis of European plastics production, demand and waste data," Brussels, 2022.
- [2] K. L. Law, N. Starr, T. R. Siegler, J. R. Jambeck, N. J. Mallos, and G. H. Leonard, "The United States' contribution of plastic waste to land and ocean," 2020. [Online]. Available: <https://www.science.org>
- [3] Y. Misra, D. J. Prasanna Kumar, R. K. Mishra, V. Kumar, and N. Dwivedi, "Thermocatalytic pyrolysis of plastic waste into renewable fuel and value-added chemicals: A review of plastic types, operating parameters and upgradation of pyrolysis oil," Dec. 01, 2025, KeAi Communications Co. doi: 10.1016/j.wen.2025.03.002.
- [4] R. Miandad, M. A. Barakat, A. S. Aburizaiza, M. Rehan, and A. S. Nizami, "Catalytic pyrolysis of plastic waste: A review," Process Safety and Environmental Protection, vol. 102, pp. 822–838, Jul. 2016, doi: 10.1016/J.PSEP.2016.06.022.
- [5] S. D. Anuar Sharuddin, F. Abnisa, W. M. A. Wan Daud, and M. K. Aroua, "A review on pyrolysis of plastic wastes," Energy Convers Manag, vol. 115, pp. 308–326, May 2016, doi: 10.1016/J.ENCONMAN.2016.02.037.
- [6] M. Jamaluddin, E. Maulana, and dan Eddy Djatmiko, "Perancangan Burner untuk Reaktor Pirolisis Kapasitas 15 kg dengan Bahan Bakar Refuse Derived Fuel (RDF) dan Gas Design Burner for Pyrolysis Reactor Capacity 15 kg using Refuse Derived Fuel (RDF) and Gas Informasi artikel," vol. 4, pp. 1–12, 2022.
- [7] D. G. H. Adoe, W. Bunganaen, I. F. Krisnawi, and F. A. Soekwanto, "Pirolisis Sampah Plastik PP (Polypropylene) menjadi Minyak Pirolisis sebagai Bahan Bakar Primer," 2016, [Online]. Available: <http://ejournal-fst-unc.com/index.php/LJTMU>
- [8] H. A. Azis and H. B. Rante, "Produksi Bahan Bakar Cair dari Limbah Plastik Polypropylene (PP) Metode Pirolisis," Journal of Chemical Process Engineering, vol. 6, May 2021, doi: <https://doi.org/10.33536/jcpe.v6i1.689>.
- [9] D. K. Ratnasari, M. A. Nahil, and P. T. Williams, "Catalytic pyrolysis of waste plastics using staged catalysis for production of gasoline range hydrocarbon oils," J Anal Appl Pyrolysis, vol. 124, pp. 631–637, Mar. 2017, doi: 10.1016/J.JAAP.2016.12.027.
- [10] S. M. Al-Salem, A. Antelava, A. Constantinou, G. Manos, and A. Dutta, "A review on thermal and catalytic pyrolysis of plastic solid waste (PSW)," J Environ Manage, vol. 197, pp. 177–198, Jul. 2017, doi: 10.1016/J.JENVMAN.2017.03.084.
- [11] M. Rofiqul Islam, H. Haniu, and M. Rafiqul Alam Beg, "Liquid fuels and chemicals from pyrolysis of motorcycle tire waste: Product yields, compositions and related properties," Fuel, vol. 87, no. 13–14, pp. 3112–3122, Oct. 2008, doi: 10.1016/J.FUEL.2008.04.036.

- [12] A. Pumpuang, N. Klinkaew, K. Wathakit, A. Sukhom, and E. Sukjit, "The influence of plastic pyrolysis oil on fuel lubricity and diesel engine performance," *RSC Adv*, vol. 14, no. 14, pp. 10070–10087, 2024, doi: 10.1039/d3ra08150h.
- [13] B. Alawa and S. Chakma, "Synergism and production of hydrocarbon-rich fuel from mixed-feedstock through co-pyrolysis of LDPE and PP: An assessment of fuel properties, engine performance, and gas emission," *J Anal Appl Pyrolysis*, vol. 168, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.jaap.2022.105736.
- [14] H. Yaqoob, H. M. Ali, U. Sajjad, and K. Hamid, "Investigating the potential of plastic pyrolysis oil-diesel blends in diesel engine: Performance, emissions, thermodynamics and sustainability analysis," *Results in Engineering*, vol. 24, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.rineng.2024.103336.
- [15] I. Kalargaris, G. Tian, and S. Gu, "Experimental characterisation of a diesel engine running on polypropylene oils produced at different pyrolysis temperatures," *Fuel*, vol. 211, pp. 797–803, 2018, doi: 10.1016/j.fuel.2017.09.101.
- [16] A. A. Luqvia, G. Soebiyakto, A. Farid, and D. Hermawan, "Analisis Campuran Minyak Plastik (Polypropylene) Dengan Dengan Gasoline Oktan 92 Pda Proses Pembakaran Premixed," *Technology and Agriculture Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 37–46, 2025, doi: 10.37638/sinta.6.1.37-46.
- [17] Mokh. H. Bahri, Hermanto, and A. Fathonisyam, "Pirolisis Limbah Plastik Polypropylene dengan Tambahan Zeolit Alam," *Jurnal Smart Teknologi*, vol. 3, no. 2, pp. 2774–1702, Jan. 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST>
- [18] S. Machmud et al., "Analisis Pengaruh Tahun Perakitan Terhadap Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor," *Jurnal Mesin Nusantara*, vol. 4, pp. 21–29, Jun. 2021, doi: 10.29407/jmn.v4i1.16038.
- [19] O. A. Odunlami, O. K. Oderinde, F. A. Akeredolu, J. A. Sonibare, O. R. Obanla, and M. E. Ojewumi, "The effect of air-fuel ratio on tailpipe exhaust emission of motorcycles," *Fuel Communications*, vol. 11, p. 100040, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.fueco.2021.100040.
- [20] I. M. Mara, I. M. Nuarsa, I. B. Alit, and I. M. A. Sayoga, "Analisis emisi gas buang kendaraan berbahan bakar etanol," *Dinamika Teknik Mesin*, vol. 9, no. 1, p. 45, Jan. 2019, doi: 10.29303/dtm.v0i0.258.
- [21] H. Arizal, A. H. Ramadani, and F. I. Abdi, "Pengaruh Tekanan Bahan Bakar Terhadap Emisi Gas Buang pada Mesin K3-VE," *Otopro*, vol. 16, no. 1, pp. 18–22, Nov. 2020, doi: 10.26740/otopro.v16n1.p18-22.
- [22] Khambali and E. H. Syahputra, "Pengaruh Penambahan Octane Booster Pada Bahan Bakar Terhadap Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Empat Langkah 150cc," *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, vol. 6, no. 2, pp. 71–77, Apr. 2025, doi: 10.18196/jqt.v6i2.19696.
- [23] R. Aida, F. Y. Rohmawati, and A. Turyanti, "The Effect of Car Free Day (CFD) on Pollutant Emissions at Alternative Roads (Case Study: RE Martadinata Street, Bogor City)," *Agromet*, vol. 33, no. 1, pp. 8–19, Jun. 2019, doi: 10.29244/j.agromet.33.1.8-19.
- [24] S. S. Taha et al., "Comprehensive review of health impacts of the exposure to nitrogen oxides (NO_x), carbon dioxide (CO₂), and particulate matter (PM)," Aug. 01, 2025, Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.hazadv.2025.100771.
- [25] A. `Aziz M. Saputra, Ranto, and Basori, "Pengaruh Emisi Gas Buang Sepeda Motor 4 TAK pada Hydrogen Eco Booster terhadap Penggunaan Tipe Elektroliser dan Jenis Larutan," *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, vol. 01, no. 03, pp. 213–223, 2019, doi: 10.20961/nozel.v2i3.46917.