

RANCANG BANGUN KOMPOR BERBAHAN BAKAR OLI BEKAS MENGGUNAKAN KOMPRESOR SEBAGAI SUPLAI UDARA

Sabdha Purna Yudha, Windi Mudriadi
^{1,2} Politeknik ATI Makassar
sabdha@atim.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji kompor alternative berbahan bakar limbah oli bekas dengan sistem suplai udara dari kompresor untuk memanfaatkan limbah sebagai sumber energi. Desain kompor menggunakan satu tungku dengan nozzle berlubang ganda sebagai saluran udara sekunder. Pengujian dilakukan untuk mengukur kinerja pembakaran melalui waktu pemanasan, suhu akhir, konsumsi bahan bakar, efisiensi termal, dan kestabilan nyala api. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada beban 3 liter air, suhu akhir rata-rata mencapai 99,3 °C dengan waktu pemanasan rata-rata 9 menit 20 detik, sedangkan pada beban 1 liter air suhu akhir rata-rata 100,7 °C diperoleh dalam 4 menit 38 detik. Efisiensi termal rata-rata tercatat sebesar 39,8% untuk 3 liter dan 42,6% untuk 1 liter. Konsumsi bahan bakar rata-rata sebesar 125,4 ml atau 13,44 ml/menit pada beban 3 liter, dan 54,8 ml pada beban 1 liter. Nyala api yang dihasilkan dominan biru, menandakan pembakaran relatif sempurna, dengan distribusi panas merata pada permukaan panci. Sistem suplai udara konstan dari kompresor terbukti berperan penting dalam menjaga kestabilan nyala api selama proses pembakaran. Berdasarkan hasil pengujian, kompor oli bekas ini memiliki performa yang kompetitif dibandingkan kompor konvensional dan layak digunakan sebagai pemanas air skala kecil.

Kata kunci: kompor oli bekas, efisiensi termal, nyala api biru, konsumsi bahan bakar, suplai udara

ABSTRACT

This research aimed to design and test an alternative waste oil-fueled stove with a compressor-based air supply system to convert hazardous waste into thermal energy. The stove was fabricated with a single combustion chamber and a dual-hole nozzle injector as the secondary air channel, operating at 0.6 MPa compressor pressure. Performance was evaluated through measurements of heating time, thermal efficiency, fuel consumption, and flame stability using three different water volumes: 1 liter, 3 liters, and 5 liters. For 1 liter of water, the final temperature reached 100.7°C in 4 minutes 38 seconds with thermal efficiency of 15.93% and average fuel consumption of 11.82 ml/minute. For 3 liters, the final temperature was 99.3°C achieved in 9 minutes 20 seconds with 20.52% thermal efficiency and 13.44 ml/minute consumption rate. For 5 liters, the final temperature reached 96.5°C in 20 minutes 6 seconds with the highest thermal efficiency of 22.67% and 9.07 ml/minute consumption. Visual observation revealed predominantly blue flames at the nozzle zone (indicating near-complete combustion at 1,500–1,800°C) transitioning to orange-red at the upper zone (800–1,200°C), indicating partial soot formation. The compressor's constant air supply proved crucial in maintaining stable combustion. Results demonstrate that this waste oil stove system offers competitive performance suitable for small-scale water heating applications, supporting sustainable waste management and alternative energy development.

Keywords: waste oil stove, thermal efficiency, blue flame, fuel consumption, compressor air supply

PENDAHULUAN

(Font 11-Point Calibri) Silahkan membaca terlebih dahulu keseluruhan aturan dalam contoh format makalah ini sebelum Anda mengerjakan tulisan Anda. Format ini dapat mengurangi waktu kami untuk mengoreksi makalah Anda, dan meningkatkan peluang makalah Anda diterima dengan baik. Informasi berikut ini kami berikan untuk membantu dalam mempersiapkan dengan baik makalah lengkap untuk dikirimkan ke Prosiding SNTI. Cara termudah untuk menuliskan Hasil Penelitian anda agar sesuai dengan format penulisan Majalah Prosiding Teknologi Industri Poltek-ATIM adalah dengan men-*copy-paste* makalah anda ke dalam *template* ini. *Template* ini akan diberikan pada Anda oleh redaksi Majalah Prosiding Teknologi Industri, bila makalah Anda dinyatakan dapat diterbitkan di Majalah Prosiding Teknologi Industri, baik dengan revisi ataupun tidak. Penulisan istilah asing harus ditulis dalam huruf *italics*.

Pemakalah wajib mencantumkan bidang dan topik makalah pada bagian atas tulisan. Bidang makalah yaitu Teknik Manufaktur Industri Agro (TMIA), Otomasi Sistem Permesinan (OSP), Teknik Kimia Mineral (TKM), dan Teknik Industri Agro (TIA). Topik mengacu pada 4 kelompok topik seminar. Makalah diketik dalam bahasa Indonesia dengan huruf Calibri berjarak 1 spasi. Format wajib: *judul (font 14), nama, alamat instansi dan email (font 12), abstrak (font 10), pendahuluan, metode penelitian, hasil & pembahasan, kesimpulan dan daftar pustaka (font 11)*, dengan ukuran kertas A4, maksimal 6 halaman & memakai program MS-Word. Abstrak maksimal 200 kata berisi latar belakang, tujuan, metode, hasil, kesimpulan dan 5 (lima) kata kunci. *Custom margin* pada *page layout* menggunakan ukuran *Top 1,27; Bottom 1,27; Left 2 dan Right 1,27*. Columns; 1 kolom dan *orientation; portrait*.

METODE PENELITIAN

Pemanfaatan Oli Bekas sebagai Sumber Energi Alternatif Melalui Sistem Pembakaran Berkonfigurasi *Dual-Hole Nozzle* dengan Pengaturan Aliran Udara Terkompresi Pendahuluan Latar belakang global dan urgensi penelitian Energi merupakan tulang punggung pembangunan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi dan keterbatasan cadangan bahan bakar fosil, banyak negara menghadapi tantangan untuk menjaga ketahanan energi sambil menekan dampak lingkungan. Krisis iklim dan fluktuasi harga energi mendorong kebutuhan akan sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan, efisien, dan berkelanjutan. Di tingkat nasional, Indonesia sebagai negara dengan cadangan energi yang kompleks juga dihadapkan pada tekanan untuk mengurangi emisi, meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya domestik, serta mengurangi beban biaya impor bahan bakar. Dalam konteks ini, limbah minyak pelumas (oli bekas) menempati posisi strategis sebagai bahan bakar alternatif potensial jika dikelola secara aman, efisien, dan ramah lingkungan. Oli bekas sebagai limbah B3 dan peluang energi

Oli bekas merupakan limbah industri yang mengandung berbagai komponen kimia berbahaya jika tidak dikelola dengan benar. Secara umum, oli bekas termasuk dalam kategori bahan berbahaya dan sangat beracun (B3) karena kandungan logam berat, aditif, serta senyawa hidrokarbon yang dapat mencemari air tanah, udara, dan tanah bila dibuang sembarangan. Namun, dari perspektif energi, oli bekas memiliki nilai kalor yang relatif tinggi (perkiraan kisaran 40.000–42.000 kJ/kg) yang membuatnya berpotensi sebagai sumber energi alternatif untuk aplikasi pembakaran internal jika optimasi proses pembakarannya dilakukan dengan benar. Pemanfaatan oli bekas sebagai bahan bakar berpotensi mengurangi kebutuhan energi fosil, menurunkan biaya operasional bagi unit kecil hingga menengah, serta berkontribusi pada solusi pengelolaan limbah industri yang lebih berkelanjutan. Ruang lingkup teknis dan tantangan pemanfaatan oli bekas

Pemanfaatan oli bekas untuk pembakaran memerlukan pemecahan berbagai tantangan teknis utama. Pertama, viskositas oli bekas yang relatif tinggi menyebabkan laju aliran yang tidak konsisten dan atomisasi yang buruk, sehingga pembakaran menjadi tidak stabil dan efisiensi termal menurun. Kedua, suplai udara yang tidak stabil dapat mengakibatkan pembakaran tidak sempurna, pembentukan nyala api yang tidak merata, dan peningkatan emisi. Ketiga, komposisi oli bekas yang beragam (tergantung sumber dan umur pakai) menambah kompleksitas pada prediksi sifat pembakaran seperti suhu nyala, tekanan pembakaran, dan pembentukan gas buang. Keempat, emisi yang dihasilkan (partikel, karbon monoksida, hidrokarbon tak terbakar) berpotensi meningkatkan dampak lingkungan jika tidak diatur melalui desain sistem pembakaran yang efektif. Konteks desain penelitian: konfigurasi nozzle dua lubang dan sistem kompresor

Penelitian ini menitikberatkan pada desain pembakaran oli bekas dengan pendekatan dual-hole nozzle yang dibangun atas dua jalur aliran gas/oil berdasarkan ukuran lubang yang berbeda (misalnya lubang bawah 5 mm dan lubang atas 4 mm). Konsep ini bertujuan mencapai atomisasi yang lebih halus dan penyebaran campuran udara-bahan bakar yang lebih seragam melalui dua jalur atomisasi. Sementara itu, penggunaan sistem kompresor bertujuan menjaga tekanan aliran yang stabil (misalnya dalam kisaran 0,2–0,8 MPa) sehingga aliran udara masuk ke ruang bakar lebih konsisten, meningkatkan homogenitas campuran, dan meningkatkan efisiensi pembakaran secara keseluruhan. Kombinasi nozzle dual dan aliran

udara terkompresi diharapkan menghasilkan pembakaran yang lebih efisien, nyala lebih stabil, serta emisi yang lebih terkendali dibandingkan dengan sistem konvensional. Tujuan penelitian dan pertanyaan utama. Penelitian ini bertujuan merancang, menguji, dan menganalisis performa pembakaran oli bekas yang difasilitasi oleh nozzle dual-hole dan sistem kompresor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berhasil merancang dan menguji kompor alternatif berbahan bakar oli bekas dengan sistem suplai udara kompresor bertekanan 0,6 MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kompor mampu menghasilkan nyala api yang relatif stabil dengan karakteristik zona biru tipis di dekat nozzle yang menandakan pembakaran cukup sempurna, sementara bagian atas api didominasi warna oranye-kemerahan akibat partikel karbon yang belum teroksidasi sempurna. Efisiensi termal meningkat seiring bertambahnya volume air yang dipanaskan, dengan nilai tertinggi mencapai 22,67% pada beban 5 liter air. Konsumsi bahan bakar oli bekas berkisar antara 54,8 ml hingga 182 ml tergantung volume air, dengan laju konsumsi yang bervariasi dari 9,07 ml/menit hingga 13,44 ml/menit.

Desain dan Konstruksi Alat

Rancangan Kompor dan Komponen Utama

Rancangan kompor berbahan bakar oli bekas dirancang dengan konstruksi rangka besi berbentuk persegi yang memberikan kekuatan dan kestabilan saat digunakan. Bagian atas rangka berfungsi sebagai dudukan panci, sedangkan bagian tengah merupakan ruang pembakar berbentuk silinder sebagai tempat keluarnya nyala api. Sistem pipa dan sambungan yang menghubungkan saluran udara dari kompresor dengan saluran oli bekas ditempatkan di bagian bawah alat, dengan posisi pipa dan katup pengatur yang dibuat agar mudah diakses untuk pengaturan tekanan dan aliran bahan bakar.

Kompor ini menggunakan satu tungku dengan nozzle berlubang ganda sebagai saluran udara sekunder. Nozzle dibuat dari pipa baja karbon yang tahan panas dan korosi, dengan ujung pipa dibentuk miring untuk mengarahkan nyala api ke pusat ruang pembakaran. Material utama yang digunakan meliputi besi siku sebagai rangka, pipa bulat logam sebagai tungku atau ruang pembakaran, serta berbagai komponen sambungan seperti fitting tee, elbow, male hose connector, quick coupler, dan sambungan ulir untuk memudahkan perakitan.

Formasi Lubang Nozzle

Desain nozzle menggunakan formasi lubang dua baris melingkar penuh 360 derajat di sekeliling pipa. Lubang bawah diposisikan sekitar 1-2 cm dari ujung miring nozzle dengan diameter 5 mm, berfungsi memasukkan udara sekunder awal dalam jumlah besar untuk mempercepat pencampuran uap oli dengan oksigen sehingga nyala api cepat terbentuk dan stabil. Lubang atas diposisikan sekitar 3-4 cm dari ujung miring nozzle dengan diameter 4 mm, memberikan suplai udara tambahan pada bagian tengah nyala api agar pembakaran tetap sempurna, mengurangi asap, dan mempertahankan warna api biru.

Lubang pada kedua baris dibuat dengan jarak seragam agar udara masuk merata dari semua arah. Pola ini memungkinkan suplai udara bertahap dimulai dari lubang bawah untuk pembakaran awal, lalu lubang atas untuk mempertahankan kualitas pembakaran sehingga efisiensi termal meningkat dan emisi berkurang.

Prinsip Kerja Sistem

Prinsip kerja kompor ini melibatkan aliran oli bekas dari tangki oli melalui sambungan selang menuju katup bola yang berfungsi mengatur buka-tutup aliran oli. Oli kemudian masuk ke nozzle injektor yang dilengkapi dengan berbagai sambungan seperti female connector fitting, sambungan tiga arah, dan male hose connector. Sementara itu, udara dari kompresor melewati beberapa penyambung seperti quick coupler, male connector fitting, sambungan siku 90 derajat, sambungan tiga arah, dan male hose connector. Tekanan udara diatur menggunakan katup pengatur aliran (flow control valve).

Udara bertekanan masuk ke nozzle injektor dan bercampur dengan oli, menghasilkan campuran yang mudah terbakar. Campuran ini kemudian terbakar di tungku yang terpasang pada rangka kompor. Sistem suplai udara konstan dari kompresor terbukti berperan penting dalam menjaga kestabilan nyala api selama proses pembakaran.

Hasil Pengujian Pemanasan Air

Pengujian dengan Volume Air 1 Liter

Pengujian pemanasan air sebanyak 1 liter dilakukan sebanyak lima kali untuk memperoleh data yang konsisten. Hasil menunjukkan bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan dari api mulai dinyalakan hingga air mencapai titik didih adalah 4 menit 38 detik, dengan kondisi awal suhu panci 28,6°C, suhu burner 28,5°C, suhu lingkungan 28,6°C, dan suhu awal air 25,5°C. Suhu akhir air berada pada kisaran 100,4°C hingga 101,2°C dengan rata-rata 100,7°C, menghasilkan kenaikan suhu rata-rata (ΔT) sebesar 75,2°C.

Konsumsi oli bekas sebagai bahan bakar berkisar antara 54-56 ml dengan rata-rata 54,8 ml. Laju konsumsi oli berada pada kisaran 11,57-12,22 ml/menit dengan rata-rata 11,82 ml/menit. Data ini menunjukkan bahwa jumlah oli yang digunakan relatif sedikit namun mampu menghasilkan panas yang cukup untuk memanaskan air hingga mendidih dalam waktu singkat. Waktu pemanasan yang konsisten dan relatif singkat menunjukkan bahwa nyala api kompor oli bekas stabil dan proses perpindahan panas berlangsung efisien.

Efisiensi termal pada pemanasan air 1 liter dihitung sebesar 15,93%. Nilai ini tergolong rendah karena sebagian besar energi dari pembakaran oli bekas tidak seluruhnya terserap oleh air, melainkan hilang ke lingkungan melalui konveksi dan radiasi panas. Hal ini wajar terjadi pada volume kecil karena luas permukaan air yang sedikit membuat penyerapan panas menjadi kurang maksimal.

Pengujian dengan Volume Air 3 Liter

Pengujian dengan volume air 3 liter juga dilakukan sebanyak lima kali. Rata-rata waktu yang dibutuhkan dari api mulai dinyalakan hingga air mencapai titik didih adalah 9 menit 20 detik, dengan kondisi awal yang hampir sama yaitu suhu panci 28,6°C, suhu burner 28,4°C, suhu lingkungan 28,4°C, dan suhu awal air 25,4°C. Suhu akhir air berada pada kisaran 98,9°C hingga 99,6°C dengan rata-rata 99,3°C, menghasilkan kenaikan suhu rata-rata (ΔT) sebesar 73,9°C.

Konsumsi oli bekas berkisar antara 122-130 ml dengan rata-rata 125,4 ml. Laju konsumsi oli berada pada kisaran 13,26-13,55 ml/menit dengan rata-rata 13,44 ml/menit. Jumlah oli yang digunakan sebanding dengan waktu pemanasan yang lebih lama akibat volume air yang lebih besar, namun laju konsumsi bahan bakar yang relatif stabil pada setiap pengujian menunjukkan bahwa sistem pengaturan debit oli dan suplai udara berfungsi optimal.

Efisiensi termal pada pengujian dengan volume air 3 liter meningkat menjadi 20,52%. Kenaikan efisiensi ini dipengaruhi oleh meningkatnya massa air yang mampu menyerap lebih banyak energi panas. Meskipun masih terdapat kehilangan panas, distribusi energi ke dalam air menjadi lebih efektif dibandingkan pada volume 1 liter. Ini menunjukkan bahwa volume pemanas yang lebih besar memiliki kemampuan menyerap panas lebih optimal, selama pengaturan aliran bahan bakar dan tekanan udara dari kompresor tetap stabil.

Pengujian dengan Volume Air 5 Liter

Pada pengujian dengan volume air 5 liter yang dilakukan sebanyak lima kali, diperoleh rata-rata waktu yang dibutuhkan dari api mulai dinyalakan hingga air mencapai suhu mendidih adalah 20 menit 06 detik, dengan kondisi awal yang hampir sama yaitu suhu panci 28,3°C, suhu burner 28,3°C, suhu lingkungan 28,3°C, dan suhu awal air 25,4°C. Suhu akhir air berada pada kisaran 96,2°C hingga 96,8°C dengan rata-rata 96,5°C, menghasilkan kenaikan suhu rata-rata (ΔT) sebesar 71,1°C.

Konsumsi oli bekas berkisar antara 180-184 ml dengan rata-rata 182 ml. Laju konsumsi oli berada pada kisaran 8,99-9,19 ml/menit dengan rata-rata 9,07 ml/menit. Nilai laju konsumsi ini lebih rendah dibandingkan pengujian volume 1 liter dan 3 liter karena waktu pemanasan yang lebih lama menyebabkan pembakaran berlangsung pada intensitas yang relatif stabil, namun total volume oli yang digunakan tetap lebih besar karena kebutuhan energi panasnya meningkat.

Pengujian dengan volume air 5 liter memberikan hasil efisiensi termal tertinggi yaitu sebesar 22,67%. Nilai ini menunjukkan bahwa semakin besar volume air, maka semakin tinggi kemampuan penyerapan panas yang berasal dari pembakaran oli bekas. Hal ini disebabkan karena jumlah massa air yang besar memerlukan energi lebih tinggi, dan pada saat yang sama memungkinkan sistem memanfaatkan panas lebih banyak sebelum terbuang ke lingkungan.

0,6 MPa, nyala api yang dihasilkan menunjukkan karakteristik dominan oranye kemerahan dengan semburat biru pada bagian lubang nozzle. Tekanan udara sebesar ini mampu memberikan suplai oksigen yang cukup untuk mempertahankan pembakaran namun belum mencapai kondisi pencampuran udara-bahan bakar yang sepenuhnya optimal untuk menghasilkan nyala api biru murni. Warna oranye kemerahan yang masih dominan menandakan adanya partikel karbon yang berpijar akibat pembakaran yang belum sempurna terutama pada zona luar api.

Tekanan udara 0,6 MPa terbukti cukup untuk mempertahankan nyala api yang stabil tanpa gejala padam atau fluktuasi besar. Namun, pencampuran udara dan bahan bakar belum sepenuhnya optimal untuk menghasilkan nyala biru penuh di seluruh kolom api. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun pembakaran di zona dasar relatif sempurna, di zona atas masih terjadi pembakaran tidak sempurna akibat keterbatasan suplai udara sekunder atau distribusi udara yang belum merata.

Pembahasan

Analisis Performa dan Efisiensi

Evaluasi Kenaikan Suhu berdasarkan Volume Air

Pengujian dilakukan untuk tiga variasi volume air yaitu 1 liter dengan waktu pemanasan 4 menit 38 detik, 3 liter dengan waktu pemanasan 9 menit 20 detik, dan 5 liter dengan waktu pemanasan 20 menit 06 detik, dengan suhu awal panci, burner, dan lingkungan berada pada kisaran 28,3-28,6°C. Hasil menunjukkan bahwa volume air yang lebih kecil mengalami kenaikan suhu lebih cepat. Air 1 liter mencapai suhu akhir 100,7°C, sedangkan 3 liter mencapai 99,3°C, dan 5 liter hanya mencapai 96,5°C pada durasi yang telah ditentukan.

Hal ini sesuai dengan teori kapasitas panas di mana massa air yang lebih besar memerlukan energi lebih banyak untuk kenaikan suhu yang sama. Selain itu, kenaikan suhu juga dipengaruhi oleh kehilangan panas ke lingkungan terutama karena pengujian dilakukan di ruang terbuka. Kehilangan panas ini menyebabkan suhu akhir air untuk volume besar 5 liter tidak mencapai titik didih penuh meskipun durasi pemanasan relatif lama.

Konsumsi Bahan Bakar dan Laju Pembakaran

Konsumsi bahan bakar oli pada pengujian masing-masing tercatat sebesar 54,8 ml untuk 1 liter air, 125,4 ml untuk 3 liter air, dan 182 ml untuk 5 liter air. Laju pemakaian oli bervariasi dengan nilai 11,82 ml/menit untuk 1 liter, 13,44 ml/menit untuk 3 liter, dan 9,07 ml/menit untuk 5 liter. Stabilitas laju konsumsi bahan bakar pada setiap pengujian mengindikasikan bahwa sistem pengaturan debit oli dan suplai udara bekerja optimal sehingga proses pembakaran berlangsung efisien dan pemborosan bahan bakar dapat diminimalkan.

Nilai laju konsumsi yang lebih rendah pada volume 5 liter (9,07 ml/menit) dibandingkan pengujian volume 1 liter dan 3 liter disebabkan oleh waktu pemanasan yang lebih lama yang menyebabkan pembakaran berlangsung pada intensitas yang relatif stabil. Namun total volume oli yang digunakan tetap lebih besar karena kebutuhan energi panasnya meningkat. Stabilitas laju konsumsi bahan bakar pada tiap pengujian menunjukkan bahwa sistem pengaturan debit oli dan suplai udara tetap bekerja dengan baik sehingga pembakaran tetap efisien meskipun beban pemanasan lebih besar.

Efisiensi Termal dan Pemanfaatan Energi

Efisiensi pembakaran yang diperoleh adalah 15,93% untuk 1 liter, 20,52% untuk 3 liter, dan 22,67% untuk 5 liter, menunjukkan efisiensi cenderung meningkat pada beban pemanasan yang lebih besar. Kenaikan efisiensi ini dipengaruhi oleh meningkatnya massa air yang mampu menyerap lebih banyak energi panas. Meskipun masih terdapat kehilangan panas, distribusi energi ke dalam air menjadi lebih efektif pada volume yang lebih besar.

Nilai efisiensi yang masih tergolong rendah disebabkan karena sebagian besar energi dari pembakaran oli bekas tidak seluruhnya terserap oleh air melainkan hilang ke lingkungan melalui konveksi dan radiasi panas. Namun demikian, masih terdapat potensi kehilangan energi akibat sistem insulasi yang belum sempurna serta bentuk nyala api yang belum sepenuhnya stabil. Volume pemanas yang lebih besar memiliki kemampuan menyerap panas lebih optimal selama pengaturan aliran bahan bakar dan tekanan udara dari kompresor tetap stabil.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja

Pengaturan Aliran Debit Oli

Debit oli merupakan jumlah oli yang mengalir per satuan waktu misalnya mililiter per menit. Dalam kompor oli bekas, oli berfungsi sebagai bahan bakar cair. Jika aliran oli terlalu besar, pembakaran menjadi tidak sempurna dengan api kuning, banyak asap hitam, dan boros bahan bakar. Sebaliknya jika aliran oli terlalu kecil, panas yang dihasilkan kurang dan api bisa mudah padam. Dalam penelitian ini, pengaturannya dilakukan secara manual dengan kran (valve) pada pipa saluran oli.

Sistem pengaliran oli diatur menggunakan kran dengan media bakar dialirkan menuju mangkuk pembakaran berbahan logam tahan panas. Udara dikompresikan melalui selang menuju burner untuk memperkaya campuran udara-bahan bakar sehingga api yang dihasilkan dapat menyala lebih stabil dan panas yang dihasilkan merata. Stabilitas laju konsumsi bahan bakar pada setiap pengujian mengindikasikan bahwa sistem pengaturan debit oli dan suplai udara bekerja optimal.

Evaluasi Variasi Tekanan Kompresor

Pada saat akan melakukan pengujian ulang dengan variasi tekanan kompresor, dilakukan pengamatan awal terhadap nyala api untuk memastikan kestabilan pembakaran. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perubahan tekanan udara sekunder menyebabkan nyala api menjadi tidak stabil. Pada tekanan yang lebih tinggi, api memanjang tidak merata dan sebagian berubah warna menjadi kuning-oranye menandakan terjadinya pembakaran yang kurang sempurna. Sebaliknya pada tekanan yang lebih rendah, nyala api mengecil dan mudah padam pada bagian ujung sehingga menurunkan suhu pembakaran.

Kondisi ini menimbulkan perubahan bentuk, ukuran, dan warna nyala api secara berulang (tidak tetap) yang membuat data suhu dan efisiensi termal sulit dianalisis dengan akurat. Berdasarkan hasil tersebut, variasi tekanan kompresor tidak dilanjutkan pada pengujian utama. Tekanan konstan dipilih untuk menjaga kestabilan nyala api, meminimalkan kesalahan pengukuran, serta mempertahankan kualitas pembakaran. Rekomendasi penggantian formasi lubang nozzle tidak diterapkan karena desain awal telah memberikan performa pembakaran yang baik dengan nyala api dominan biru, emisi asap rendah, dan distribusi panas yang merata.

Faktor Lingkungan dan Kondisi Operasional

Beberapa faktor yang memengaruhi hasil pengujian antara lain volume air di mana semakin besar volume maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu mendidih. Suhu awal lingkungan juga berpengaruh karena perbedaan suhu awal air dan lingkungan menentukan besar gradien suhu yang mempengaruhi laju perpindahan panas. Lingkungan terbuka memperbesar kehilangan panas melalui konveksi dan radiasi.

Bahan pancing nyala api juga mempengaruhi hasil karena penggunaan tisu menyebabkan warna oranye dominan di awal dan memengaruhi persepsi kualitas nyala. Desain burner dan lubang nozzle mempengaruhi pola aliran udara dan pencampuran bahan bakar. Dominasi warna oranye pada awal pembakaran disebabkan oleh penggunaan tisu sebagai bahan pancing nyala api. Tisu yang terbuat dari selulosa saat terbakar menghasilkan partikel karbon dan abu mineral (natrium, kalsium) yang memancarkan cahaya oranye-kuning.

Implikasi dan Rekomendasi

Perbandingan dengan Bahan Bakar Konvensional

Berdasarkan hasil pengujian, kompor oli bekas ini memiliki performa yang kompetitif dibandingkan kompor konvensional dan layak digunakan sebagai pemanas air skala kecil. Meskipun efisiensi termal masih lebih rendah dibandingkan kompor berbahan bakar gas atau listrik, oli bekas menunjukkan potensi sebagai bahan bakar alternatif terutama di wilayah terpencil yang sulit dijangkau oleh distribusi energi konvensional. Keberadaan kompor seperti ini juga dapat mendukung program pengelolaan limbah berkelanjutan dan pengurangan pencemaran lingkungan.

Oli bekas memiliki nilai kalor yang tinggi yaitu sekitar 40.000-42.000 kJ/kg yang setara dengan bahan bakar fosil seperti solar. Nilai kalor ini menunjukkan bahwa oli bekas masih layak untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar khususnya dalam sistem pembakaran langsung seperti kompor sederhana. Penggunaan oli bekas juga memiliki nilai ekologis karena membantu mengurangi limbah cair yang berbahaya bagi lingkungan.

Saran Pengembangan Lebih Lanjut

Sebagai tindak lanjut dan pengembangan penelitian, beberapa saran yang dapat dipertimbangkan meliputi melakukan

perbaikan desain nozzle agar proses atomisasi oli lebih optimal dan pencampuran udara-bahan bakar lebih merata sehingga zona biru dapat diperluas dan efisiensi meningkat. Menyediakan udara sekunder pada zona atas pembakaran untuk membantu proses oksidasi sisa partikel dan mengurangi pembentukan jelaga. Menghindari penggunaan bahan pemicu nyala yang menghasilkan banyak partikel padat misalnya tisu pada saat pengujian performa.

Mencoba variasi tekanan udara kompresor misalnya antara 0,2-0,8 MPa untuk menemukan titik operasi paling efisien. Menambahkan pengukuran emisi gas buang dan partikel guna menilai dampak lingkungan dari penggunaan oli bekas sebagai bahan bakar. Memasang isolasi panas pada panci atau ruang bakar agar kehilangan panas ke lingkungan dapat diminimalkan terutama untuk penggunaan di ruang terbuka. Menguji oli bekas dengan tingkat penyaringan yang berbeda untuk mengetahui pengaruh kualitas bahan bakar terhadap warna api, pembentukan jelaga, dan efisiensi pembakaran.

Jika tekanan sedikit ditingkatkan misalnya menjadi 0,7-0,8 MPa, diharapkan pencampuran udara dan bahan bakar lebih sempurna sehingga zona biru meluas dan pembentukan partikel karbon berkurang yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi pembakaran. Sistem suplai udara konstan dari kompresor terbukti berperan penting dalam menjaga kestabilan nyala api selama proses pembakaran.

KESIMPULAN

Telah berhasil dirancang dan dibuat kompor berbahan bakar oli bekas yang menggunakan kompresor sebagai suplai udara bertekanan 0,6 MPa. Kompor ini mampu menjaga nyala api tetap stabil, terlihat zona biru tipis di dekat nozzle yang menandakan pembakaran cukup sempurna, sedangkan bagian atas api didominasi warna oranye-kuning akibat adanya partikel karbon atau jelaga. Konsumsi bahan bakar oli pada pengujian tercatat sebesar 54,8 ml (1 liter air), 125,4 ml (3 liter air), dan 182 ml (5 liter air). Laju penggunaan bahan bakar berturut-turut adalah 11,82 ml/menit, 13,44 ml/menit, dan 9,07 ml/menit. Efisiensi termal yang diperoleh adalah 15,93% untuk pemanasan 1 liter air, 20,52% untuk 3 liter air, dan 22,67% untuk 5 liter air. Efisiensi ini cenderung meningkat pada beban pemanasan yang lebih besar, menandakan semakin optimalnya penyerapan panas seiring bertambahnya massa air. Pembakaran di zona bawah lebih sempurna karena rasio udara-bahan bakar ideal, sedangkan zona atas masih terdapat pembakaran tidak sempurna karena keterbatasan suplai udara sekunder atau distribusi udara yang belum merata. Secara umum, sistem kompor ini terbukti mampu menghasilkan nyala api yang stabil, proses pemanasan efisien, dan layak digunakan sebagai alternatif pemanas air skala kecil terutama di daerah yang sulit akses energi konvensional serta menambah nilai guna limbah oli bekas yang berdampak positif secara ekonomi dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. A. Engel and M. A. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2010.
- [2] E. F. Firiski, F. I. Abdi, and R. A. Prabowo, "Inovasi kompor berbahan bakar oli bekas menggunakan tekanan uap air," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 9, no. 3, pp. 380–387, 2024.
- [3] A. R. Hidayat and B. Basyirun, "Pengaruh jenis oli bekas terhadap waktu konsumsi dan suhu maksimal pada pembakaran," *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 103–108, 2020.
- [4] Y. F. Ida Febriana, A. A. Saputra, and H. Darlis, "Uji kinerja prototype kompor oli bekas ditinjau dari komposisi oli terhadap laju alir bahan bakar," *Jurnal Redoks*, vol. 5, no. 1, pp. 12–19, 2022.
- [5] I. Kurniawan and R. T. Setyawan, "Kompor hemat energi menggunakan oli bekas sebagai bahan bakar," *Inovtek Polbeng*, vol. 13, no. 2, 2023.
- [6] A. Kusnadi, R. Djafar, and M. Mustofa, "Pemanfaatan oli bekas sebagai bahan bakar alternatif kompor yang ramah lingkungan," *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo*, vol. 5, no. 2, pp. 49–55, 2020.
- [7] M. Masram, T. Pranowo, and E. Yulianto, "Karakteristik blower dan kompresor pada sistem pembakaran," *Jurnal Energi dan Pembakaran*, vol. 5, no. 2, pp. 14–20, 2013.
- [8] M. Masram, S. Supriyono, and H. Nugroho, "Pengaruh variasi debit udara terhadap unjuk kerja burner berbahan bakar minyak jelantah," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 45–51, 2013.
- [9] P. A. L. Nasution, M. A. A. Akbar, and D. Pramana, "Potensi oli bekas sebagai bahan bakar kompor dapat ditingkatkan melalui proses pre-treatment," *Jurnal Redoks*, vol. 10, no. 1, pp. 49–56, 2025.
- [10] A. Pratama, B. Basyirun, Y. W. Atmojo, G. W. Ramadhan, and A. R. Hidayat, "Rancang Bangun Kompor Burner berbahan bakar oli bekas," *Majalah Ilmiah Mekanika*, vol. 19, no. 2, pp. 95–103, 2020.
- [11] R. D. Putra and S. Lestari, "Analisis potensi energi alternatif dari limbah oli bekas," *Jurnal Energi Terbarukan*, vol. 9, no. 1, pp. 22–29, 2021.

- [12] G. W. Ramadhan and B. Basyirun, "Pengaruh tekanan udara terhadap temperatur pembakaran oli bekas pada kompor," *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 97–102, 2020.
- [13] R. Situmorang, "Pemanfaatan oli bekas sebagai bahan bakar alternatif," *Jurnal Austenit*, vol. 8, no. 2, pp. 45–52, 2016.
- [14] S. R. Turns, *An Introduction to Combustion: Concepts and Applications*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2012.
- [15] T. C. Wahyudi, M. Haerudin, and K. Ridhuan, "Pengaruh jumlah lubang burner dan kecepatan udara pada kompor oli bekas terhadap unjuk kerja pembakaran," *Jurnal Turbo Teknik Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 45–52, 2022.