E-ISSN: 3025-0994
Halaman 2994-3008
Volume 4 Nomor 4 Tahun 2026

Performa Pembakaran dan Karakterisitik Termal Kompor Oli Bekas Dengan Campuran Biosolar Pada Proses Penempaan Baja Karbon Rendah

Pandu Pangestu[1], Syamsul Rizal[2], Rizky Brillian Yuliandi[3]

[1,2,3] Teknik Mesin Produksi Dan Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya
E-Mail : Pandupgt11@Gmail.Com, Rizalsyamsul255@Gmail.Com, Rizky.Brillian.Yuliandi@Polsri.Ac.Id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan biosolar terhadap performa termal kompor oli bekas pada proses penempaan baja ST41. Pemanfaatan oli bekas sebagai bahan bakar alternatif merupakan upaya mengurangi limbah dan meningkatkan efisiensi energi. Namun, viskositas oli bekas yang tinggi menyebabkan proses atomisasi dan pembakaran kurang optimal sehingga memengaruhi temperatur dan kestabilan nyala api. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan membandingkan dua jenis bahan bakar, yaitu oli bekas murni 100% dan campuran 70% oli bekas dengan 30% biosolar. Setiap pengujian menggunakan 3 liter bahan bakar selama 30 menit, dengan pengukuran temperatur setiap dua menit menggunakan termometer inframerah. Parameter yang dianalisis meliputi temperatur maksimum, temperatur rata-rata, laju kenaikan temperatur, temperatur akhir, dan kemampuan mencapai temperatur hot forging di atas 900°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran oli bekas dan biosolar memberikan performa termal lebih baik dibandingkan oli bekas murni. Temperatur maksimum meningkat dari 840,67°C menjadi 909,3°C, temperatur rata-rata dari 742,67°C menjadi 820°C, laju kenaikan temperatur dari 7,95°C/menit menjadi 13,21°C/menit, dan temperatur akhir dari 825,33°C menjadi 891°C. Campuran tersebut juga mampu mencapai temperatur hot forging, sedangkan oli bekas murni tidak. Penambahan biosolar membantu menurunkan viskositas dan memperbaiki atomisasi bahan bakar sehingga pembakaran lebih optimal. Dengan demikian, campuran 70% oli bekas dan 30% biosolar berpotensi menjadi bahan bakar alternatif untuk kompor penempaan baja ST41.

Kata Kunci: Oli Bekas, Biosolar, Performa Pembakaran, Karakteristik Termal, Kompor Oli Bekas

Abstrac

This study aims to analyze the effect of adding biodiesel (biosolar) on the thermal performance of a waste-oil stove used in the forging process of ST41 steel. The utilization of waste oil as an alternative fuel is an effort to reduce waste and improve energy efficiency. However, the high viscosity of pure waste oil causes suboptimal atomization and

combustion, affecting temperature and flame stability. This study employed an experimental method by comparing two types of fuel: 100% pure waste oil and a mixture of 70% waste oil and 30% biosolar. Each test used 3 liters of fuel for 30 minutes, with temperature measurements taken every two minutes using an infrared thermometer. The analyzed parameters included maximum temperature, average temperature, heating rate, final temperature, and the ability to reach the hot forging temperature above 900°C. The results showed that the mixture of waste oil and biosolar provided better thermal performance than pure waste oil. The maximum temperature increased from 840.67°C to 909.3°C, the average temperature increased from 742.67°C to 820°C, the heating rate increased from 7.95°C/minute to 13.21°C/minute, and the final temperature increased from 825.33°C to 891°C. The mixture also achieved the hot forging temperature, whereas pure waste oil did not. The addition of biosolar helped reduce fuel viscosity and improve atomization, resulting in more optimal combustion. Therefore, a mixture of 70% waste oil and 30% biosolar has the potential to serve as an alternative fuel for stoves used in the forging of ST41 steel.

Keywords: Used Motor Oil, Biosolar, Combustion Performance, Thermal Characteristic, Used Oil Stove

PENDAHULUAN

Perkembangan sektor industri dan transportasi di Indonesia menyebabkan peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang berimplikasi pada meningkatnya penggunaan oli pelumas. Berdasarkan penelitian Angelisa et al. (2025), jumlah kendaraan bermotor di Indonesia meningkat dari 133 juta unit pada tahun 2019 menjadi lebih dari 157 juta unit pada tahun 2023. Peningkatan ini menunjukkan adanya lonjakan aktivitas transportasi yang berimplikasi langsung terhadap konsumsi energi berbasis fosil dan kualitas lingkunga. Penggunaan oli secara terus-menerus menghasilkan limbah berupa oli bekas yang tergolong limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) apabila tidak dikelola dengan baik. Di sisi lain, oli bekas masih mengandung base oil dan senyawa hidrokarbon yang memiliki nilai kalor relatif tinggi, sehingga berpotensi dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar alternati.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Nisah dan Hilman (2024), menjelaskan bahwa oli bekas masih mengandung fraksi hidrokarbon dengan nilai kalor yang relatif besar dan dapat digunakan sebagai sumber energi melalui proses pembakaran yang tepat. Pemanfaatan oli bekas sebagai bahan bakar dapat menjadi salah satu solusi dalam mengurangi pencemaran lingkungan sekaligus meningkatkan efisiensi energi. Salah satu aplikasi yang memungkinkan adalah penggunaan oli bekas sebagai bahan bakar pada kompor burner untuk proses pemanasan logam, khususnya pada kegiatan penempaan (forging)

Proses penempaan baja memerlukan temperatur tinggi agar material mencapai kondisi plastis sehingga mudah dibentuk. Dalam penelitian Rohmah et al. (2022) mengenai pengaruh temperatur *hot forging* terhadap baja karbon rendah, deformasi plastis yang optimal terjadi ketika baja berada dalam fase austenit, yaitu pada temperatur sekitar 900–1100°C. Pada rentang tersebut material memiliki plastisitas yang baik, sedangkan pada

temperatur yang terlalu tinggi dapat terjadi pertumbuhan butir austenit (*grain growth*) yang berlebihan dan berpotensi menurunkan sifat mekanik material. Untuk baja karbon rendah seperti ST41, pencapaian suhu penempaan panas idealnya berada pada kisaran di atas 900°C berdasarkan klasifikasi metalurgi untuk memudahkan deformasi material.

Performa pembakaran dan karakteristik termal kompor burner sangat dipengaruhi oleh karakteristik bahan bakar cair yang digunakan, seperti nilai kalor, viskositas, volatilitas, dan kemampuan pengabutan. Oli bekas memiliki kekorangan berupa viskositas yang tinggi (mencapai 54,161 mm²/s) serta adanya residu pengotor yang dapat mengakibatkan pembakaran kurang sempurna, nyala api berfluktuasi, dan pembentukan jelaga berlebih. Salah satu metode optimasi untuk memperbaiki karakteristik pengkabutan bahan bakar tersebut adalah melakukan pencampuran dengan bahan bakar cair yang memiliki viskositas lebih rendah, seperti biosolar. Penambahan biosolar diharapkan mampu memperbaiki fluiditas bahan bakar, menstabilkan nyala api, dan meningkatkan laju kenaikan suhu pembakaran. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi secara komprehensif performa pembakaran dan karakteristik termal kompor oli bekas melalui variasi pencampuran biosolar guna mengukur tingkat efektivitas termalnya dalam memenuhi standar pemanasan baja ST41.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif untuk mengevaluasi performa pembakaran dan karakteristik termal tungku tempa (forging furnace) tipe drip system dengan suplai udara paksa (forced draft). Pengujian dilakukan dengan membandingkan dua variasi bahan bakar, yaitu oli bekas murni 100% dan campuran 70% oli bekas dengan 30% biosolar. Peralatan yang digunakan meliputi tungku tempa tipe drip system yang dilengkapi blower sentrifugal, termometer inframerah, stopwatch, flow meter bahan bakar, dan timbangan digital. Bahan penelitian terdiri atas oli bekas yang telah dihomogenkan dan tidak bercampur air serta biosolar sebagai bahan pencampur. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur temperatur ruang bakar setiap dua menit selama 30 menit menggunakan termometer inframerah. Setiap variasi bahan bakar diuji sebanyak tiga kali pengulangan untuk memperoleh data yang lebih konsisten. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis bahan bakar, sedangkan variabel terikat meliputi temperatur maksimum, laju kenaikan temperatur, dan waktu pencapaian temperatur maksimum. Data yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif dengan membandingkan hasil pengukuran dari setiap variasi bahan bakar. Laju kenaikan temperatur ditentukan berdasarkan perubahan temperatur awal dan akhir terhadap waktu pemanasan. Hasil analisis digunakan untuk mengevaluasi perbedaan performa termal tungku tempa antara penggunaan oli bekas murni dan campuran oli bekas dengan biosolar, sehingga dapat diketahui pengaruh penambahan biosolar terhadap efektivitas pembakaran dan kemampuan tungku mencapai temperatur yang dibutuhkan dalam proses penempaan baja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data diperoleh dari hasil pengujian kompor tungku dengan dua variasi bahan bakar: oli bekas murni dan campuran oli bekas dengan biosolar (70:30). Setiap pengujian

menggunakan volume total bahan bakar 3 liter (2,1 liter oli bekas dan 0,9 liter biosolar untuk campuran), dengan *blower* listrik satu fasa (220V, 50/60Hz, 1,1A, 3000–3600 rpm) sebagai penyuplai udara pembakaran. Pengukuran temperatur dilakukan menggunakan *termometer infrared* setiap interval 2 menit selama 30 menit pengujian, dengan 3 kali pengulangan untuk masing-masing bahan bakar.

Tabel 1
Data Hasil Pengujian dengan Bahan Bakar Oli Bekas

No	Menit	Tempereratur (°C)		
		Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
1	2	434	687	687
2	4	522	595	739
3	6	605	634	681
4	8	634	696	713
5	10	659	742	728
6	12	744	730	726
7	14	850	790	778
8	16	706	801	738
9	18	769	835	802
10	20	801	875	772
11	22	808	870	800
12	24	770	870	735
13	26	786	756	761
14	28	803	722	790
15	30	843	832	801

Tabel 2
Data Hasil Pengujian dengan Bahan Bakar Campuran Oli Bekas Dan Biosolar

No	Menit	Tempereratur (°C)		
		Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
1	2	422	511	629
2	4	500	615	790
3	6	599	769	829
4	8	635	797	886
5	10	797	849	869
6	12	775	866	800
7	14	906	862	896
8	16	897	912	910
9	18	891	883	900
10	20	867	858	855
11	22	879	869	890

12	24	867	876	885
13	26	890	853	871
14	28	884	878	895
15	30	892	880	900

Pengolahan Data Temperatur

Berdasarkan data yang sudah didapatkan selajuntya diolah untuk memperoleh temperatur puncak setiap pengujian, serta waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur tempa. Dimana untuk proses penempaan baja dibutuhkan unutk mencaoai temperatur tempa (> 900 °C).

Temperatur Puncak Per Pengujian

Tabel 3
Temperatur Puncak (Oli Bekas)

No	Percobaan	Temperatur Puncak (°C)
1	Pengujian Pertama	850°C (menit ke-14)
2	Pengujian Kedua	875°C (menit ke-20)
3	Pengujian Ketiga	802°C (menit ke-18)

Tabel 4
Temperatur Puncak (Oli Bekas + Biosolar)

No	Percobaan	Temperatur Puncak (°C)
1	Pengujian Pertama	906 °C (menit ke-14)
2	Pengujian Kedua	912 °C (menit ke-16)
3	Pengujian Ketiga	910 °C (Menit ke 16)

Hasil pengujian pada kedua tabel menunjukkan perbedaan signifikan antara temperatur puncak pembakaran oli bekas murni dan campuran oli bekas dengan biosolar. Pada oli bekas murni (Tabel 4.3), temperatur puncak berkisar 802°C–875°C dengan rata-rata 842,3°C. Nilai tertinggi tercatat 875°C di menit ke-20 (pengujian kedua), dan terendah 802°C di menit ke-18 (pengujian ketiga), dengan selisih 73°C yang mengindikasikan proses pembakaran belum stabil. Sebaliknya, pada campuran oli bekas dan biosolar (Tabel 4.4), temperatur puncak lebih tinggi dan stabil, berkisar 906°C–912°C dengan rata-rata 909,3°C serta selisih hanya 6°C. Waktu pencapaian puncak juga lebih konsisten, yaitu pada menit ke-14 hingga ke-16.

Waktu Mencapai Temperatur Tempa

Berdasarkan data pada tabel 1 , bahan bakar oli bekas murni tidak pernah mencapai temperatur 900°C pada ketiga pengujian selama 30 menit durasi pengujian (temperatur tertinggi yang tercapai adalah 875°C). Sementara itu, berdasarkan Tabel 2, campuran oli bekas dan biosolar berhasil mencapai temperatur tempa pada seluruh pengujian, dengan rincian sebagai berikut

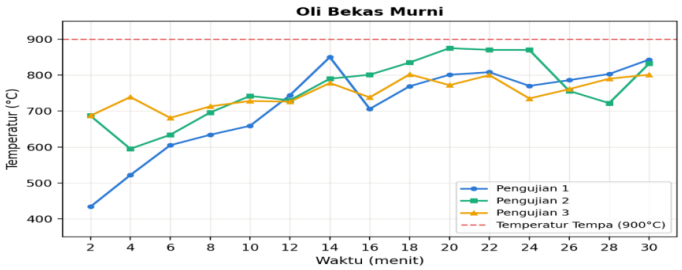
Tabel 4
Waktu Mencapai Temperatur Tempa

Percobaan	Oli Bekas Murni	Campuran Biosolar
Pengujian Pertama	Tidak tercapai	Menit ke-14 (906°C)
Pengujian Kedua	Tidak tercapai	Menit ke-16 (912°C)
Pengujian Ketiga	Tidak tercapai	Menit ke-16 (910°C)
Rata-rata	Tidak tercapai dalam 30 menit	≈ Menit ke-15,3

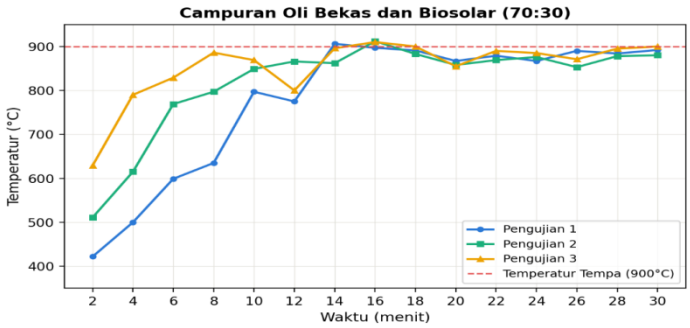
Berdasarkan Tabel 4.4, terlihat perbedaan performa yang signifikan antara oli bekas murni dan campuran biosolar dalam mencapai temperatur tempa. Oli bekas murni tidak mampu mencapai temperatur tempa pada ketiga percobaan, bahkan hingga batas waktu pengamatan 30 menit, yang mengindikasikan bahwa bahan bakar ini memiliki efisiensi pembakaran yang rendah, kemungkinan disebabkan oleh viskositas yang tinggi sehingga proses atomisasi bahan bakar kurang optimal, serta adanya pengotor dan residu hasil degradasi termal yang menurunkan nilai kalor efektifnya.

Sebaliknya, campuran biosolar berhasil mencapai temperatur tempa secara konsisten pada seluruh percobaan, yaitu pada menit ke-14 (906°C), menit ke-16 (912°C), dan menit ke-16 (910°C), dengan rata-rata waktu pencapaian sekitar menit ke-15,3, serta selisih hasil antar percobaan yang relatif kecil menunjukkan proses pembakarannya lebih stabil dan dapat diprediksi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pencampuran biosolar ke dalam oli bekas secara signifikan meningkatkan efisiensi pembakaran, sehingga lebih efektif dan layak digunakan sebagai bahan bakar untuk proses pemanasan logam pada praktik tempa dibandingkan penggunaan oli bekas murni.

Grafik Temperatur Terhadap Waktu



Gambar 1 Grafik Temperatur Oli Bekas



Gambar 2 Grafik Temperatur Campuran Oli Bekas dan Biosolar (70:30)

Perhitungan Laju Kenaikan Temperatur

Selain waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur tempa, parameter penting lainnya yang perlu dianalisis dalam penelitian ini adalah laju kenaikan temperatur, yaitu besarnya perubahan temperatur per satuan waktu selama proses pembakaran berlangsung. Parameter ini digunakan untuk mengetahui seberapa cepat dan konsisten masing-masing bahan bakar-oli bekas murni dan campuran biosolar—dalam menaikkan temperatur pembakaran, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih mendalam mengenai karakteristik dan efisiensi pembakaran dari kedua jenis bahan bakar yang diuji

Perhitungan Laju Kenaikan Temperatur Oli Bekas

a. Pengujian Pertama
   Diketahui :
   Temperatur Awal (T_1) = 434°C
   Temperatur Akhir (T_2)= 843°C
   Waktu Awal (t_1) = 2 menit
   Waktu Akhir ($t_{2)}$ = 30 menit
   Maka :

$$\frac{843-434}{30-2}=\frac{409}{28}=14{,}61°C/menit$$

b. Pengujian Kedua
   Diketahui :
   Temperatur Awal (T_1) = 687°C
   Temperatur Akhir (T_2)= 832°C
   Waktu Awal (t_1) = 2 menit
   Waktu Akhir ($t_{2)}$ = 30 menit
   Maka :

$$\frac{832-687}{30-2}=\frac{145}{28}=5{,}18°C/menit$$

c. Pengujian Ketiga
   Diketahui :
   Temperatur Awal (T_1) = 687°C
   Temperatur Akhir (T_2)= 801°C
   Waktu Awal (t_1) = 2 menit

Waktu Akhir ($t_)$= 30 menit
Maka :

$$\frac{801-687}{30-2}=\frac{114}{28}=4{,}07°C/menit$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan dari laju kenaikan temperatur dengan menggunakan bahan bakar oli bekas didapatkan hasil rata rata dari laju kenaikan temperatur, yaitu sebagai berikut :

$$\frac{14{,}61+5{,}18+4{,}07}{3}=7{,}95°C/menit$$

Jadi, rata-rata laju kenaikan temperatur dari ketiga pengujian tersebut adalah **± 7,95°C/menit**.

Perhitungan Laju Kenaikan Temperatur Campuran Oli Bekas dan Biosolar

a. Pengujian Pertama
Diketahui:
Temperatur Awal (T_1) = 422°C
Temperatur Akhir (T_2)= 844°C
Waktu Awal (t_1) = 2 menit
Waktu Akhir ($t_{2)}$ = 30 menit
Maka :

$$\frac{892-422}{30-2}=\frac{470}{28}=16{,}78°C/menit$$

b. Pengujian Kedua
Diketahui:
Temperatur Awal (T_1) = 511°C
Temperatur Akhir (T_2)= 880°C
Waktu Awal (t_1) = 2 menit
Waktu Akhir ($t_{2)}$ = 30 menit
Maka :

$$\frac{880-511}{30-2}=\frac{369}{28}=13{,}18°C/menit$$

c. Pengujian Ketiga
Diketahui:
Temperatur Awal (T_1) = 629°C
Temperatur Akhir (T_2)= 900°C
Waktu Awal (t_1) = 2 menit
Waktu Akhir ($t_{2)}$ = 30 menit
Maka :

$$\frac{900-629}{30-2}=\frac{271}{28}=9{,}67°C/menit$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan dari laju kenaikan temperatur dengan menggunakan bahan bakar campuran oli bekas dan biosolar didapatkan hasil rata rata dari laju kenaikan temperatur, yaitu sebagai berikut :

$$\frac{16{,}78+13{,}18+9{,}67}{3}=13{,}21°C/menit$$

Jadi, rata-rata laju kenaikan temperatur dari ketiga pengujian tersebut adalah **± 13,21°C/menit.**

Uji Normalitas (Shapiro Walk)

Sebelum dilakukan uji beda antara kedua kelompok bahan bakar, data temperatur terlebih dahulu diuji normalitasnya menggunakan uji *Shapiro-Wilk* dengan bantuan *software SPSS v.31 for Windows*. Data yang diuji merupakan rata-rata temperatur pada setiap interval waktu pengamatan (15 titik data untuk masing-masing kelompok bahan bakar). Hasil statistik deskriptif kedua kelompok data ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 5
Statistik Deskriptif

Bahan Bakar	*N*	*Mean (°C)*	*Median (°C)*	*Std. Deviation*	*Min–Max (°C)*
Oli bekas tanpa campuran	15	742,67	767,70	76,09	602,70 – 826,00
Oli bekas dengan campuran biosolar	15	820,40	875,00	111,27	521,00 – 904,00

Berdasarkan Tabel 5**,** diperoleh statistik deskriptif temperatur pembakaran kompor pada penggunaan bahan bakar oli bekas tanpa campuran dan campuran oli bekas dengan biosolar yang meliputi nilai minimum, nilai maksimum, nilai rata-rata (*mean*), *median*, dan simpangan baku (*standard deviation).* Pada kelompok oli bekas tanpa campuran diperoleh temperatur minimum sebesar 602,70°C**,** temperatur maksimum 826,00°C**,** nilai rata-rata 742,67°C*, median* 767,70°C**,** dan simpangan baku 76,09°C. Sementara itu, pada kelompok oli bekas dengan campuran biosolar diperoleh temperatur minimum 521,00°C**,** temperatur maksimum 904,00°C, nilai rata-rata 820,40°C, median 875,00°C, dan simpangan baku 111,27°C**.**

Berdasarkan hasil analisis deskriptif tersebut, penggunaan campuran oli bekas dengan biosolar menghasilkan rata-rata temperatur pembakaran yang lebih tinggi dibandingkan oli bekas tanpa campuran, dengan selisih sebesar 77,73°C. Selain itu, temperatur maksimum yang dicapai campuran biosolar juga lebih tinggi, meskipun memiliki nilai simpangan baku yang lebih besar sehingga menunjukkan variasi data yang lebih tinggi. Meskipun secara deskriptif terlihat adanya perbedaan karakteristik temperatur antara kedua jenis bahan bakar, analisis ini belum dapat digunakan untuk menyimpulkan adanya perbedaan yang signifikan secara statistik. Oleh karena itu, dilakukan uji normalitas menggunakan metode *Shapiro-Wilk* sebagai dasar dalam menentukan metode pengujian hipotesis yang sesuai.

Tabel 6
Uji Normalitas

Bahan Bakar	*Shapiro-Wilk*			Keterangan
	Statistic	*df*	*Sig.*	
Oli bekas tanpa campuran	0,895	15	0,079	Normal
Oli bekas dengan campuran biosolar	0,725	15	< 0,001	Tidak Normal

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data temperatur pembakaran pada masing-masing kelompok bahan bakar berdistribusi normal atau tidak. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Shapiro-Wilk* karena jumlah sampel pada masing-masing kelompok kurang dari 50 (n = 15). Dasar pengambilan keputusan pada uji ini adalah apabila nilai signifikansi (*Sig.)* lebih besar dari 0,05 maka data berdistribusi normal, sedangkan apabila nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 maka data dinyatakan tidak berdistribusi normal.

Berdasarkan Tabel 6, kelompok oli bekas tanpa campuran memiliki nilai *Shapiro-Wilk* sebesar 0,895 dengan nilai signifikansi 0,079**,** sehingga data pada kelompok tersebut dinyatakan berdistribusi normal karena nilai signifikansi lebih besar dari 0,05. Sementara itu, kelompok oli bekas dengan campuran biosolar memiliki nilai *Shapiro-Wilk* sebesar 0,725 dengan nilai signifikansi < 0,001, sehingga data pada kelompok tersebut tidak berdistribusi normal karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05.

Karena salah satu kelompok data tidak memenuhi asumsi normalitas, maka uji statistik parametrik tidak dapat digunakan untuk menguji perbedaan temperatur antara kedua jenis bahan bakar. Oleh karena itu, pengujian hipotesis dalam penelitian ini dilanjutkan menggunakan uji *Mann-Whitney U,* yaitu uji nonparametrik yang digunakan untuk membandingkan dua kelompok independen tanpa mensyaratkan data berdistribusi normal.

Uji Mann-Whitney U

Uji perbedaan rata-rata yang digunakan adalah uji perbedaan rata-rata dari *Mann Whitney* atau disebut juga uji-*U* pada taraf signifikansi α = 0,05. Adapun bentuk hipotesis dari uji perbedaan rata-rata ini adalah sebagai berikut.

H_0: tidak terdapat perbedaan kemampuan awal antara siswa pada kelompok eksperimen dengan kemampuan awal siswa pada kelompok kontrol

H_1: terdapat perbedaan kemampuan awal antara siswa pada kelompok eksperimen dengan kemampuan awal siswa pada kelompok kontrol

Kriteria pengujiannya adalah ditolak jika nilai *P-value (Sig.2-talied)* lebih kecil dari α = 0,05.Perhitungan uji-U dari *Mann Whitney* ini menggunakan bantuan *software SPSS v.31 for Windows*. Data hasil perhitungan uji-*U* dari *Mann Whitney* dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 7
Uji *Mann-Whitney U*

Statistik Uji	Temperatur
Mann-Whitney U	44,000
Wilcoxon W	164,000
Z	-2,841
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,004

Berdasarkan Tabel 7, kelompok oli bekas dengan campuran biosolar memiliki *mean* rank yang lebih tinggi (20,07) dibandingkan kelompok oli bekas tanpa campuran (10,93), yang mengindikasikan bahwa secara umum temperatur pada kelompok campuran biosolar cenderung lebih tinggi. Hasil uji *Mann-Whitney U* pada Tabel 4.7 menunjukkan nilai Asymp. Sig. (*2-tailed*) sebesar 0,004. Oleh karena nilai tersebut lebih kecil dari taraf signifikansi α = 0,05 (0,004 < 0,05), maka H0 ditolak dan H1 diterima. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara temperatur pembakaran oli bekas tanpa campuran dengan oli bekas yang dicampur biosolar. Hasil ini memperkuat temuan pada analisis deskriptif sebelumnya bahwa penambahan biosolar ke dalam oli bekas memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan performa termal kompor.

Analisis Perbandingan Data

Hasil pengujian kompor penempaan baja, dilakukan analisis perforoma termal meggunakan dua jenis bahan bakar, yaitu oli bekas murni dan campuran oli bekas dengan menggunakan biosolar. Hasil Pengujian disajikan sebagai berikut:

Tabel 8
Perbandingan Data

Parameter (Rata-rata)	Bahan Bakar	
	Oli bekas	Oli Bekas + Biosolar
Temperatur Maksimun	840,67°C	909,3°C
Temperatur Rata-Rata	742,67°C	820°C
Laju Kenaikan Temperatur	7,95°C/Menit	13,21°C/Menit
Waktu Mencapai Temperatur Tempa (≥900°C)	Tidak tecapai	≈ Menit ke-15,3

Berdasarkan Tabel 4.8, perbandingan data antara bahan bakar oli bekas dan campuran oli bekas dengan biosolar menunjukkan bahwa penambahan biosolar memberikan pengaruh yang signifikan terhadap performa pembakaran. Pada parameter temperatur maksimum, bahan bakar oli bekas hanya mencapai 840,67°C, sedangkan campuran oli bekas dengan biosolar mampu mencapai 909,3°C, atau meningkat sebesar 68,63°C. Hal serupa juga terlihat pada temperatur rata-rata, di mana oli bekas menghasilkan 742,67°C sementara campuran oli bekas dengan biosolar menghasilkan 820°C, sehingga terjadi peningkatan sebesar 77,33°C. Selain itu, laju kenaikan temperatur pada campuran oli bekas

dengan biosolar juga jauh lebih cepat, yaitu 13,21°C/menit, dibandingkan dengan oli bekas murni yang hanya sebesar 7,95°C/menit, atau hampir dua kali lipat lebih cepat.

Tabel 9
Hasil *Uji Mann-Whitney U*

Statistik Uji	Temperatur
Mann-Whitney U	44,000
Wilcoxon W	164,000
Z	-2,841
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,004

Hasil analisis deskriptif tersebut didukung oleh hasil uji statistik menggunakan *Mann-Whitney U Test*. Berdasarkan pengujian diperoleh nilai *Asymp. Sig. (2-tailed*) sebesar 0,004, yang lebih kecil dari taraf signifikansi 0,05. Dengan demikian, hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara temperatur pembakaran yang dihasilkan oleh oli bekas tanpa campuran dan campuran oli bekas dengan biosolar. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan biosolar memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan performa termal kompor oli.

Tabel 10
Perbedaan Viskositas Kedua Bahan Bakar

Bahan Bakar	Viskositas (mm^2/s)
Oli bekas	54,161 mm^2/s
Biosolar	2,09 - 5 mm^2/s

Perbedaan performa tersebut tidak terlepas dari karakteristik fisik masing-masing bahan bakar, khususnya viskositas. Berdasarkan Tabel 10, oli bekas memiliki viskositas yang sangat tinggi, yaitu sebesar 54,161 mm^2/s, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan biosolar yang hanya berkisar antara 2,09 hingga 5 mm^2/s, atau lebih dari 10 kali lipat lebih tinggi. Viskositas yang tinggi pada oli bekas menyebabkan bahan bakar sulit terkabutkan secara sempurna saat proses atomisasi, sehingga menghasilkan ukuran droplet yang lebih besar dan proses pencampuran dengan udara menjadi kurang optimal, yang pada akhirnya menyebabkan pembakaran berlangsung tidak sempurna. Hal inilah yang menjadi salah satu penyebab mendasar mengapa oli bekas murni menghasilkan temperatur maksimum, temperatur rata-rata, dan laju kenaikan temperatur yang lebih rendah, serta tidak mampu mencapai temperatur tempa selama pengujian. Sebaliknya, penambahan biosolar yang memiliki viskositas jauh lebih rendah membantu menurunkan viskositas campuran bahan bakar secara keseluruhan, sehingga proses atomisasi menjadi lebih baik, pembakaran menjadi lebih sempurna, dan temperatur yang dihasilkan pun menjadi lebih tinggi serta lebih cepat mencapai temperatur tempa.

Dengan mengaitkan ketiga hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa perbedaan viskositas antara oli bekas dan biosolar merupakan faktor fisik utama yang

mendasari perbedaan kualitas atomisasi dan pembakaran, yang kemudian berdampak langsung pada perbedaan temperatur maksimum, temperatur rata-rata, laju kenaikan temperatur, serta waktu pencapaian temperatur tempa sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.8, dan perbedaan tersebut telah terbukti signifikan secara statistik melalui *uji Mann-Whitney U* pada Tabel 4.9. Oleh karena itu, campuran oli bekas dengan biosolar terbukti memberikan performa pembakaran yang lebih baik dan lebih direkomendasikan sebagai bahan bakar alternatif untuk proses penempaan *(forging*) dibandingkan penggunaan oli bekas saja.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh campuran oli bekas dan biosolar terhadap performa termal kompor oli pada proses penempaan baja ST41, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut: 1) Penggunaan oli bekas murni sebagai bahan bakar kompor menghasilkan temperatur maksimum rata-rata sebesar 840,67°C dengan laju kenaikan temperatur 7,95°C/menit**,** sehingga belum mampu memenuhi temperatur minimum proses *hot forging* baja ST41. 2) Penambahan biosolar dengan komposisi 70% oli bekas dan 30% biosolar meningkatkan performa termal kompor. Temperatur maksimum rata-rata mencapai 909,3°C dengan laju kenaikan temperatur 1°C/menit, yang menunjukkan proses pembakaran menjadi lebih baik. 3) Dibandingkan oli bekas murni, penggunaan campuran oli bekas dan biosolar meningkatkan temperatur maksimum sebesar 8,16%, temperatur rata-rata sebesar 8,39%, serta laju kenaikan temperatur sebesar 47,92%, sehingga menghasilkan performa termal yang lebih baik.. 4) Campuran 70% oli bekas dan 30% biosolar merupakan kondisi terbaik pada penelitian ini karena telah mencapai temperatur di atas 900°C, sehingga layak digunakan sebagai alternatif bahan bakar kompor penempaan baja ST41.

DAFTAR PUSTAKA

Ashing-Giwa, K. T., Padilla, G., Tejero, J., Kraemer, J., Wright, K., Coscarelli, A., Williams, I., & Hills, D. (2004). Understanding The Breast Cancer Experience Of Women: A Qualitative Study Of African American, Asian American, Latina And Caucasian Cancer Survivors. *Psycho-Oncology*, *13*(6), 408-428. Https://Doi.Org/10.1002/Pon.750

Beyne, W., T'Jollyn, I., Lecompte, S., Cabeza, L. F., & De Paepe, M. (2023). Standardised Methods For The Determination Of Key Performance Indicators For Thermal Energy Storage Heat Exchangers. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, *176*, 113139. Https://Doi.Org/Https://Doi.Org/10.1016/J.Rser.2022.113139

Budiman, Wibisono, S., & Sudarno. (2022). Analisa Pengaruh Variasi Waktu Penahanan Panas Dengan Proses Normalizing Pada Baja ST 41 Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro, 7(2). 26-31.

Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). Materials Science And Engineering An Introduction By William D. Callister, Jr., David G. Rethwish (Z-Lib.Org).

Fachrurrazi, N., & Zuhaimi. (2025). Pengaruh Variasi Media Pendingin Pada Proses Pack Carburizing Material St-41 Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro. (Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja), 9(2). 69-75.

Febriana I, Fari Sapyytra Y, Nursal Alfarabi N, Erlinawati, & Yunanto I. (2024). Uji Kinerja Prototype Kompor Oli Bekas Ditinjau Dari Komposisi Oli Terhadap Laju Alir Bahan Bakar

Ghajar, A., & Cengel, Y. (2020). Heat And Mass Transfer - Fundamentals And Applications, 6th Edition, Mcgraw-Hill Education, New York, NY, 2020.

Intan Angelisa, M. Ridwansyah, Jaya Kusuma Edi, & Zainul Bahri. (2025). Analysis Of Population Density, Economic Growth Rate, And The Number Of Motorized Vehicles On Environmental Qual-Ity In Indonesia. *Momentum Matrix: International Journal Of Communication, Tourism, And Social Economic Trends*, *2*(4), 14–27. Https://Doi.Org/10.62951/Momat.V2i4.513

Irawan, I., Prasetyo, T., Budiarto, H., & Yusron, R. M. (2026). Pemanfaatan Limbah Cair Oli Bekas Sebagai Bahan Bakar Alternatif Untuk Kompor Bertekanan Udara. *Jurnal Simetris*, 17(1).

Kadam, T. V, Pakhare, S. Y., & Godse, A. B. (2025). "Performance Analysis Of Solar Thermal Collectors: A Comprehensive Review." *Measurement: Energy*, *7*, 100059. Https://Doi.Org/Https://Doi.Org/10.1016/J.Meaene.2025.100059

Liang, Y., Yang, Y., Guo, S., Tian, F., & Wang, S. (2023). Combustion Mechanism And Control Approaches Of Underground Coal Fires: A Review. In International Journal Of Coal Science And Technology (Vol. 10, Number 1). Springer International Publishing. Https://Doi.Org/10.1007/S40789-023-00581-W

Mazumder, S., & Roy, S. P. (2023). Modeling Thermal Radiation In Combustion Environments: Progress And Challenges. In Energies (Vol. 16, Number 10). MDPI. Https://Doi.Org/10.3390/En16104250

Muzhaffar, I., Suwandi, & Nurwulan F. (2021). Pengolahan Oli Bekas Menjadi Bahan Bakar Diesel Dengan Metode Pemurnian Menggunakan Asam Klorida Dan Natrium Hidroksida *Used Oil Processing Into Diesel Fuel With The Purification Method Using Chloride Acid And Sodium Hydroxide*

Nisah, K., & Zihni Hilman, M. (2024). Pemanfaatan Oli Bekas (*Oil Waste*) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Industri

Nurwahyu Chamidy, Dwi Jayati R, Syafitri Kurniasetiawati A, Keryanti, Amalia D, Syafitri Kurniasetiawati A, & Anda Falahudin M. (2025). Pengaruh Komposisi Bahan Bakar Oli Bekas Dan Minyak Goreng.

Pratomo, A. W., Haryanto, P., Paryono, & Suyandi. (2017). Pengembangan Tempa Berbahan Bakar Oli Bekas Untuk Meningkatkan Efisiensi Pembakaran Kalsinasi Kapur Aktif. 83-88

Puspitasari, K., Rohman, F., & Nadliroh, K. (2021). Analisa Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Antara Biosolar, Minyak Jelantah, Dan Oli Bekas Terhadap Kecepatan Peningkatan Suhu Api. Https://Doi.Org/10.29407/Inotek.V4i1.190

Rajendran, N., Yurgel, C. C., Misiolek, W. Z., & Alves De Sousa, R. (2023). Hot Forging Die Design Optimization Using FEM Analysis For Near-Net Forming Of 18crnimo7-6 Steel Pinion Shaft. Metals, 13(4). Https://Doi.Org/10.3390/Met13040815

Ristinen, R., Kraushaar, J., & Brack, J. (2020). Energy And The Environment. Http://Svs.Gsfc.Nasa.Gov/Goto?11719

Rivan Hidayat, A., & Basyirun. (2020). Pengaruh Jenis Oli Bekas Sebagai Bahan Bakar Kompor Pengecoran Logam Terhadap Waktu Konsumsi Dan Suhu Maksimal Pada Pembakaran. 5(2), 103-108

Tambunan, C. N., Gantina, T. M., & Manunggal, B. P. (2023). Analisis Perbandingan Bahan Bakar Biosolar Dan Dexlite Terhadap Performansi Generator Set Tipe Cummins 60 Kva. (Bahan Bakar). 27–32

Zakirovich-, N. I., Muminovich, S. A., Mirzaahmadovich, Teshaboyev U., & Toshtemirovich, G. M. (2022). Tests Of A Reactor For Supplying Hydrogen And Ozone To An Internal Combustion Engine.