

PENGARUH PENAMBAHAN ISOLATOR TERHADAP PERFORMA ROCKET STOVE DENGAN BAHAN BAKAR BIOPELET

Bakti Laksono^{1*}, Karnowo²

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang
Jl. Raya Banaran, Sekaran, Kec. Gn. Pati, Kota Semarang, Jawa Tengah 50229

*email : baktilaksono110@students.unnes.ac.id

(Received: 10-07-2026; Reviewed: 17-07-2026; Accepted: 25-07-2026)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan isolator *fiber ceramic* terhadap performa kompor rocket stove berbahan bakar biopellet. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Water Boiling Test* (WBT) yang meliputi fase cold start, hot start, dan low power. Parameter yang dianalisis meliputi *Time to Boil* (TTB), efisiensi termal, *Specific fuel consumption* (SFC), *Fuel consumption rate* (FCR), *Fire Power*, dan *Turndown Ratio* (TDR). Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan isolator mampu mempercepat waktu pendidihan air pada kondisi cold start dan hot start masing-masing sebesar 5,56% dan 16,67%. Pada kondisi hot start, kompor berisolator menghasilkan efisiensi termal sebesar 14,47%, lebih tinggi dibandingkan kompor tanpa isolator sebesar 11,64%. Nilai SFC dan FCR pada kompor berisolator juga lebih rendah pada kondisi hot start dan low power, yang menunjukkan konsumsi bahan bakar yang lebih efisien. Nilai TDR kompor berisolator sebesar 1,417 lebih tinggi dibandingkan kompor tanpa isolator sebesar 1,095. Pada kondisi cold start, penggunaan isolator belum menunjukkan peningkatan pada seluruh parameter performa, ditunjukkan oleh waktu pendidihan yang lebih cepat dan *fire power* yang lebih tinggi, tetapi efisiensi termal yang masih lebih rendah dibandingkan kompor tanpa isolator.

Kata Kunci: *rocket stove, water boiling test, efisiensi termal, biopellet*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan perkembangan sektor industri. Di sisi lain, ketersediaan bahan bakar fosil semakin menurun serta menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan akibat emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Kondisi tersebut mendorong pengembangan sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Biomassa merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar di Indonesia karena ketersediaannya yang melimpah dari limbah pertanian, perkebunan, maupun kehutanan (Fajar Aryansyah et al., 2022; Yunus Nasution et al., 2022).

Salah satu bentuk biomassa yang banyak dikembangkan sebagai bahan bakar adalah biopellet. Biopellet merupakan bahan bakar padat hasil proses densifikasi biomassa yang memiliki ukuran seragam, densitas tinggi, karakteristik pembakaran yang stabil, serta nilai kalor yang relatif tinggi sehingga berpotensi digunakan sebagai alternatif bahan bakar untuk kebutuhan rumah tangga maupun usaha kecil. Namun, pemanfaatan biopellet secara optimal memerlukan teknologi pembakaran yang mampu menghasilkan efisiensi tinggi dan konsumsi bahan bakar yang rendah (Kamperidou, 2022; Mack et al., 2024)

Rocket stove merupakan salah satu jenis kompor biomassa yang dirancang untuk meningkatkan kualitas pembakaran melalui ruang bakar berbentuk huruf L atau K yang mampu menghasilkan temperatur tinggi dan aliran udara yang lebih baik. Dibandingkan kompor biomassa konvensional,

rocket stove memiliki keunggulan berupa efisiensi pembakaran yang lebih tinggi, waktu pendidihan yang lebih cepat, serta emisi yang lebih rendah (Hestirianoto et al., 2024).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan isolator pada kompor biomassa dapat meningkatkan performa termal dan efisiensi pemanfaatan energi. Okino et al. (2021) melaporkan bahwa isolator berbahan serbuk gergaji mampu mengurangi kehilangan panas dan meningkatkan efisiensi termal. Esther Kyuvi (2024) menunjukkan bahwa material keramik berpori dapat meningkatkan efisiensi termal melalui peningkatan kemampuan insulasi ruang bakar. Selain itu, Musonda dan Mutembo (2024) menemukan bahwa penggunaan fiberglass pada rocket stove mampu meningkatkan efisiensi termal, mempercepat waktu memasak, dan menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik. Ghiwe et al. (2024) juga melaporkan bahwa karakteristik material isolator, seperti perlite, vermiculite, dan ceramic wool, memengaruhi performa pembakaran, sedangkan Rathore et al. (2022) dan Bofo-Mensah et al. (2021) menunjukkan bahwa desain kompor dan penggunaan ruang bakar berisolasi berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi termal dan performa pembakaran. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa karakteristik isolator dan desain ruang bakar merupakan faktor penting yang memengaruhi performa kompor biomassa.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu menggunakan material isolasi seperti serbuk gergaji, fiberglass, perlite, vermiculite, ceramic wool, dan keramik berpori pada berbagai jenis kompor biomassa. Penelitian mengenai penggunaan fiber ceramic sebagai isolator internal pada rocket stove berbahan bakar biopellet masih relatif terbatas, padahal material ini memiliki konduktivitas termal yang rendah sehingga berpotensi mengurangi kehilangan panas, mempertahankan temperatur ruang bakar, dan meningkatkan kualitas pembakaran. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan isolator fiber ceramic terhadap performa rocket stove berbahan bakar biopellet menggunakan metode Water Boiling Test (WBT).

2. METODOLOGI

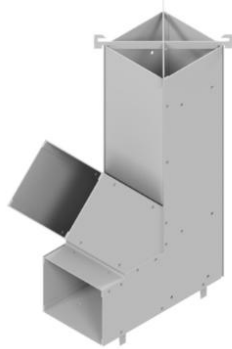
2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan satu unit kompor rocket stove tipe K yang diuji pada dua kondisi, yaitu tanpa isolator dan dengan penambahan isolator *fiber ceramic*. Bahan yang digunakan meliputi biopellet sebagai bahan bakar, air sebanyak 0,5 L sebagai media pemanasan, dan *fiber ceramic* sebagai material isolator yang dipasang pada bagian dalam dan bagian bawah ruang bakar kompor. Alat yang digunakan meliputi timbangan digital untuk mengukur massa bahan bakar dan air, termometer digital untuk mengukur suhu air, stopwatch untuk mengukur waktu, gelas ukur untuk menentukan volume air, serta panci berkapasitas 2 liter sebagai media pemanasan.

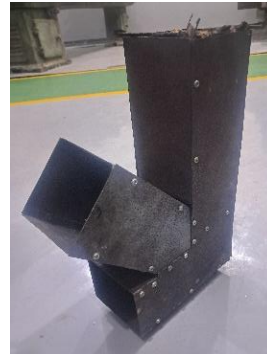
2.2 Rancang Bangun Kompor Rocket Stove

Kompor yang digunakan dalam penelitian ini merupakan kompor rocket stove tipe K yang dirancang untuk menggunakan bahan bakar biopellet. Desain kompor dibuat menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor, sedangkan prototipe kompor dibuat berdasarkan desain yang telah dirancang. Gambar 1 menunjukkan desain kompor hasil pemodelan menggunakan Autodesk Inventor, sedangkan Gambar 2 menunjukkan prototipe kompor yang digunakan dalam pengujian. Material utama kompor menggunakan pelat besi dengan ketebalan 1 mm. Prototipe kompor dirakit menggunakan sambungan baut sehingga setiap komponen dapat dibongkar dan dipasang kembali dengan mudah. Penggunaan sambungan baut bertujuan untuk memudahkan proses modifikasi desain, perbaikan, maupun penggantian komponen apabila selama tahap pengujian ditemukan konfigurasi yang kurang sesuai atau diperlukan penyesuaian terhadap rancangan awal. Konfigurasi kompor dirancang untuk menghasilkan aliran udara alami (natural draft) sehingga dapat

meningkatkan intensitas pembakaran dan memperbaiki perpindahan panas dari ruang bakar menuju panci.

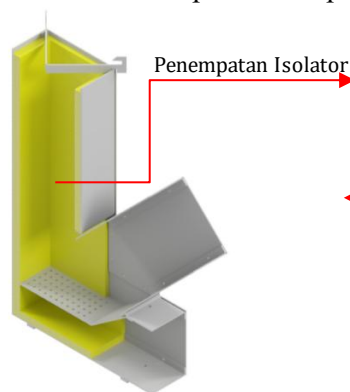


Gambar 1. Desain Kompor

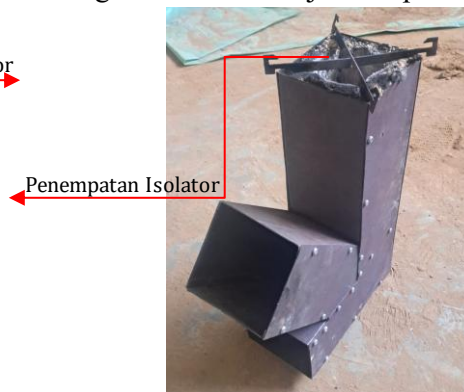


Gambar 2. Prototipe Kompor

Penelitian ini menggunakan satu desain kompor yang sama dengan dua kondisi pengujian, yaitu tanpa isolator dan dengan penambahan isolator termal berupa *fiber ceramic*. Penambahan isolator dilakukan pada bagian dalam dinding ruang bakar dan bagian bawah ruang bakar tanpa mengubah dimensi, geometri, maupun konfigurasi kompor. Dengan demikian, pengaruh yang diamati dalam penelitian ini berasal dari penggunaan isolator termal. Pemasangan *fiber ceramic* bertujuan untuk mengurangi kehilangan panas ke lingkungan serta mempertahankan temperatur pembakaran yang lebih tinggi di dalam ruang bakar. Letak pemasangan isolator *fiber ceramic* ditunjukkan pada Gambar 3 melalui tampilan potongan kompor dengan isolator *fiber ceramic* berwarna kuning sedangkan bentuk keseluruhan kompor setelah pemasangan isolator ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Desain Penempatan Isolator



Gambar 4. Aplikasi Isolator pada kompor

2.3 Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah biopellet konvensional yang diperoleh dari salah satu penjual daring. Biopellet merupakan bahan bakar padat berbentuk silinder yang dihasilkan melalui proses densifikasi biomassa dengan tekanan tinggi (Picchio et al., 2024). Penggunaan biopellet konvensional bertujuan untuk merepresentasikan bahan bakar yang umum tersedia dan digunakan oleh masyarakat. Salah satu parameter yang digunakan dalam perhitungan efisiensi termal adalah nilai *Lower Heating Value* (LHV) biopellet. Dalam penelitian ini, nilai LHV ditetapkan sebesar 16.000 kJ/kg berdasarkan karakteristik termal biopellet (Stolarski et al., 2025; Telmo & Lousada, 2011). Salah satu keterbatasan penelitian ini adalah tidak dilakukannya pengujian karakteristik biopellet secara laboratorium, sehingga parameter seperti nilai kalor mengacu pada

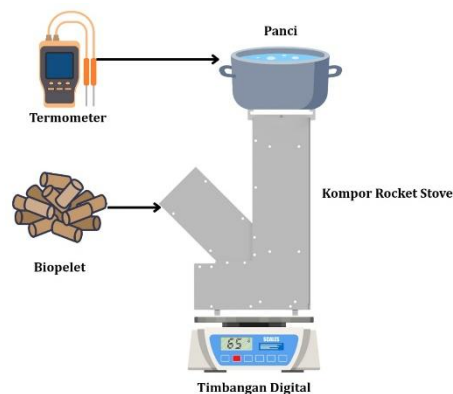
spesifikasi yang diberikan oleh produsen. Pada setiap pengujian, massa biopellet yang digunakan ditetapkan sebesar 1 kg untuk menjaga keseragaman kondisi pengujian dan memungkinkan perbandingan performa kompor pada setiap variasi perlakuan.

2.4 Isolator Termal

Isolator termal merupakan material yang digunakan untuk menghambat laju perpindahan panas melalui mekanisme konduksi, konveksi, dan radiasi. Kemampuan suatu material dalam menghambat perpindahan panas sangat dipengaruhi oleh nilai konduktivitas termalnya, di mana semakin rendah nilai konduktivitas termal suatu material maka semakin baik kemampuan isolasinya (Tarigan & Simamora, 2023). Dalam penelitian ini, isolator termal yang digunakan adalah *fiber ceramic* dengan densitas 96 kg/m^3 . Material diperoleh dalam bentuk lembaran dengan ketebalan awal 25 mm, kemudian dibelah sehingga diperoleh ketebalan isolator yang digunakan sekitar 10 mm. Isolator dipasang pada bagian dalam ruang pembakaran dan bagian bawah ruang pembakaran kompor rocket stove tanpa mengubah dimensi utama maupun konfigurasi kompor. Pemasangan *fiber ceramic* bertujuan untuk mengurangi kehilangan panas dari ruang pembakaran ke dinding kompor dan lingkungan sekitar, sehingga temperatur pembakaran dapat dipertahankan lebih tinggi.

2.5 Uji Performa Rocket Stove

Gambar 5 menunjukkan skema pengujian performa kompor rocket stove tipe K menggunakan metode WBT. Pengujian dilakukan pada dua kondisi, yaitu kompor tanpa isolator dan kompor dengan penambahan isolator *fiber ceramic*. Selama pengujian, kompor dioperasikan menggunakan bahan bakar biopellet dan ditempatkan di atas timbangan digital untuk memantau perubahan massa bahan bakar. Panci berkapasitas 2 L yang diisi air sebanyak 0,5 L digunakan sebagai media pengujian, sedangkan suhu air diukur menggunakan termometer selama proses pemanasan. Pengukuran dilakukan secara kontinu sesuai standar WBT. Setiap kondisi pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan pada kondisi lingkungan yang relatif seragam untuk meminimalkan pengaruh faktor eksternal. Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan Microsoft Excel sebagai dasar analisis perbandingan kedua konfigurasi kompor.



Gambar 5. Skema Pengujian Kompor Rocket Stove

2.5.1 Water Boiling Test

Water Boiling Test (WBT) merupakan metode pengujian terstandar yang digunakan untuk mengevaluasi performa kompor melalui pengukuran efisiensi termal, konsumsi bahan bakar, dan parameter kinerja lainnya pada kondisi laboratorium yang terkendali. Metode ini memungkinkan perbandingan kinerja berbagai desain kompor dan jenis bahan bakar secara konsisten. Pengujian WBT terdiri atas tiga fase, yaitu *cold-start high-power phase*, *hot-start high-power phase*, dan *low*

power. Fase *cold-start high-power* dilakukan saat kompor berada pada suhu lingkungan dengan memanaskan air hingga mencapai titik didih menggunakan biopellet yang telah ditimbang sebelumnya untuk mengevaluasi performa awal kompor. Selanjutnya, fase *hot-start high-power* dilakukan segera setelah fase *cold-start* selesai ketika kompor masih dalam kondisi panas dengan prosedur yang sama untuk mengevaluasi pengaruh kondisi termal kompor terhadap performa pembakaran dan pemanfaatan energi. Setelah itu, fase *low power* dilakukan dengan mempertahankan suhu air mendekati titik didih menggunakan laju pembakaran yang lebih rendah untuk mengevaluasi kemampuan kompor dalam mempertahankan panas serta efisiensi penggunaan bahan bakar (Clean Cooking Alliance, 2014; Kole et al., 2022).

2.5.2 Parameter Performa Kompor Rocket Stove

Data hasil pengujian WBT digunakan untuk menghitung beberapa parameter performa kompor, yaitu efisiensi termal, *Specific fuel consumption* (SFC), *fuel consumption rate* (FCR), *fire power* (FP), dan *turndown ratio* (TDR). Perhitungan masing-masing parameter mengacu pada prosedur Water Boiling Test yang dikembangkan oleh Clean Cooking Alliance (2014).

2.5.2.1 Efisiensi Termal

Efisiensi termal adalah ukuran seberapa besar panas yang dihasilkan oleh bahan bakar yang benar-benar diterima oleh air di dalam panci, tanpa memperhitungkan energi yang hilang ke lingkungan.

$$\eta = \frac{SH + LH}{WFU \times LHV} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan

η = Efisiensi termal (%); SH = Sensible heat (kkal); LH = Latent heat (kkal); LHV = Lower heating value (kkal/kg); WFU = Massa bahan bakar yang digunakan (kg)

2.5.2.2 Fuel Consumption Rate

Fuel consumption rate merupakan parameter yang menunjukkan laju konsumsi bahan bakar selama proses pembakaran per satuan waktu. Parameter ini digunakan untuk menggambarkan tingkat penggunaan bahan bakar oleh kompor selama pengoperasian.

$$FCR = \frac{WFU}{t} \quad (2)$$

Keterangan

FCR = Fuel consumption rate (kg/jam); t = Durasi pengujian (jam)

2.5.2.3 Specific Fuel Consumption

Specific fuel consumption menyatakan banyaknya bahan bakar yang diperlukan untuk mendidihkan air. Dengan menggunakan persamaan SFC, dapat diketahui jumlah bahan bakar yang benar-benar dikonsumsi selama proses pemanasan.

$$SFC = \frac{WFU}{M_w} \quad (3)$$

Keterangan

SFC = Specific fuel consumption (kg/L); M_w = Volume air (L)

2.5.2.4 Fire Power

Fire power merupakan parameter yang menunjukkan laju pembakaran bahan bakar dalam menghasilkan energi panas per satuan waktu yang dinyatakan dalam Watt. Nilai firepower dipengaruhi oleh desain kompor dan kondisi pengoperasian.

$$FP = \frac{WFU \times LHV}{t} \quad (4)$$

Keterangan

FP = Fire power (kW); t = Durasi pengujian (jam)

2.5.2.5 Turndown Ratio

Turndown ratio (TDR) merupakan parameter yang menunjukkan perbandingan antara daya panas pada kondisi daya tinggi dan daya rendah selama pengujian. Nilai TDR yang lebih tinggi menunjukkan perbedaan keluaran panas antara kedua kondisi tersebut semakin besar, sehingga kemampuan kompor untuk diatur dari daya rendah ke daya tinggi menjadi lebih fleksibel.

$$TDR = \frac{FP_{high}}{FP_{low}} \quad (5)$$

Keterangan

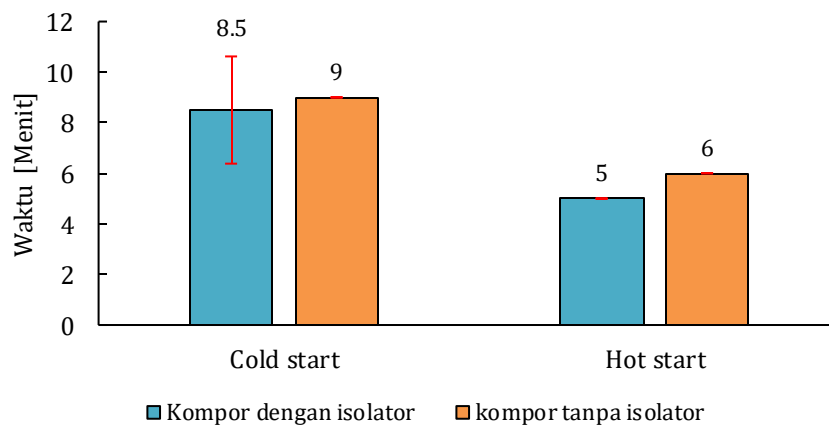
TDR =Turndown ratio; FP_{low} =Firepower low power; FP_{high} =Firepower high power

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menyajikan hasil pengujian performa kompor rocket stove berbahan bakar biopellet pada dua kondisi, yaitu tanpa isolator dan dengan penambahan isolator *fiber ceramic*. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Water Boiling Test* (WBT) yang meliputi fase cold start, hot start, dan low power. Parameter yang dianalisis meliputi *Time to Boil* (TTB), efisiensi termal, SFC, FCR, *Fire Power*, dan *turndown ratio*. Hasil pengujian yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh penggunaan isolator *fiber ceramic* terhadap performa kompor rocket stove berbahan bakar biopellet serta membandingkannya dengan teori dan hasil penelitian terdahulu yang relevan.

3.1 Time to Boil

Gambar 6 menunjukkan perbandingan nilai TTB pada kompor rocket stove dengan isolator *fiber ceramic* dan tanpa isolator. Pada fase cold start, kompor dengan isolator menghasilkan waktu pendidihan sebesar 8,5 menit, sedangkan kompor tanpa isolator memerlukan waktu 9 menit, sehingga penggunaan isolator mampu menurunkan waktu pendidihan sebesar 5,56%. Pada fase hot start, kompor dengan isolator mencapai titik didih dalam waktu 5 menit, sementara kompor tanpa isolator membutuhkan waktu 6 menit, sehingga terjadi penurunan waktu pendidihan sebesar 16,67%. Penurunan nilai TTB pada kompor berisolator mengindikasikan bahwa panas yang dihasilkan selama proses pembakaran dapat dimanfaatkan lebih efektif untuk memanaskan air. Isolator *fiber ceramic* yang dipasang pada ruang pembakaran berfungsi mengurangi kehilangan panas ke dinding kompor dan lingkungan sehingga temperatur ruang bakar dapat dipertahankan lebih tinggi. Kondisi tersebut memungkinkan proses pembakaran biopellet berlangsung lebih intensif dan meningkatkan laju perpindahan panas menuju panci. Pengaruh isolator terlihat lebih besar pada fase hot start dibandingkan cold start. Hasil ini sejalan dengan penelitian Musonda dan Mutembo (2024) yang melaporkan bahwa penggunaan isolasi pada kompor biomassa berbasis rocket stove mampu mempercepat proses memasak melalui peningkatan pemanfaatan panas hasil pembakaran. Temuan ini juga mendukung penelitian Okino et al. (2021) yang menunjukkan bahwa penggunaan isolator dapat mengurangi kehilangan panas ke lingkungan dan mempertahankan panas di dalam ruang bakar sehingga energi hasil pembakaran dapat dimanfaatkan secara lebih efektif.



Gambar 6. Grafik Time to Boil

3.2 Performa Kompor

Tabel 1. Parameter Performa Kompor

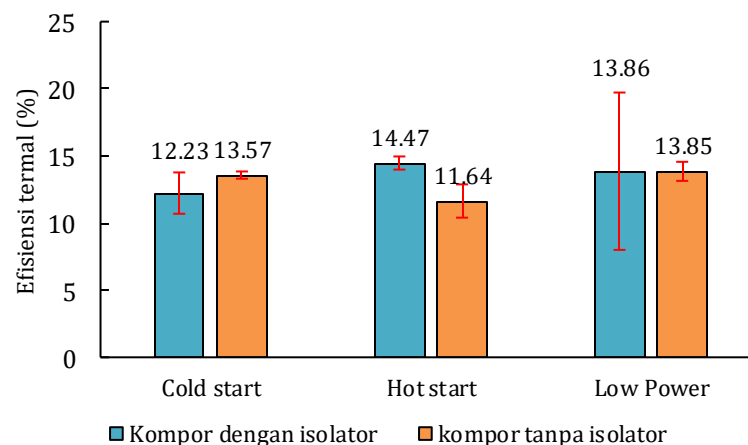
Parameter	Kompor Isolator			Kompor Tanpa Isolator		
	Cold start	Hot Start	Low Power	Cold start	Hot Start	Low Power
Termal Efisiensi	12,23%	14,47%	13,86%	13,57%	11,64%	13,85%
FCR	0,898	1,176	0,633	0,783	1,220	0,715
SFC	0,251	0,196	0,677	0,235	0,244	0,770
Fire power	3,992	5,227	2,813	3,481	5,422	3,178
TDR	-	-	1,417	-	-	1,095

Tabel 1 menyajikan hasil pengujian kompor rocket stove dengan dan tanpa isolator pada *kondisi* cold start, hot start, dan low power. Hasil pengujian memperlihatkan adanya perbedaan performa antara kedua konfigurasi kompor. Variasi nilai yang diperoleh pada setiap parameter mengindikasikan bahwa penggunaan isolator memengaruhi karakteristik pembakaran dan kinerja kompor. Oleh karena itu, pembahasan selanjutnya difokuskan pada analisis masing-masing parameter untuk mengevaluasi pengaruh isolator terhadap performa termal kompor rocket stove berbahan bakar biopellet.

3.2.1 Efisiensi Termal

Gambar 7 menunjukkan perbandingan efisiensi termal kompor dengan dan tanpa isolator pada kondisi cold start, hot start, dan low power. Pada kondisi cold start, kompor tanpa isolator menghasilkan efisiensi termal sebesar 13,57%, lebih tinggi dibandingkan kompor dengan isolator sebesar 12,23%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada tahap awal pengoperasian, penggunaan isolator belum memberikan peningkatan efisiensi termal. Meskipun kompor berisolator menghasilkan waktu pendidihan yang lebih cepat dan nilai *fire power* yang lebih tinggi, sebagian energi hasil pembakaran diduga masih digunakan untuk meningkatkan temperatur ruang bakar dan material isolator sebelum dimanfaatkan secara optimal untuk memanaskan air. Akibatnya, energi yang terserap oleh air relatif lebih kecil dibandingkan energi yang dilepaskan bahan bakar sehingga efisiensi termal yang diperoleh masih lebih rendah dibandingkan kompor tanpa isolator. Sebaliknya, pada kondisi hot start, kompor dengan isolator menghasilkan efisiensi termal sebesar 14,47%, lebih

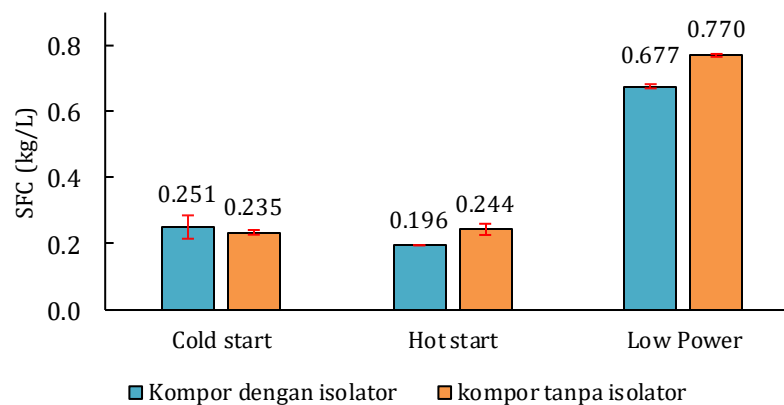
tinggi dibandingkan kompor tanpa isolator sebesar 11,64%. Pada kondisi ini, ruang bakar dan material isolator telah mencapai temperatur operasi yang lebih tinggi sehingga kemampuan isolator dalam mengurangi kehilangan panas menjadi lebih efektif. Akibatnya, energi hasil pembakaran dapat dimanfaatkan secara lebih optimal untuk memanaskan air meskipun nilai *fire power* yang dihasilkan tidak lebih tinggi dibandingkan kompor tanpa isolator. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi termal lebih dipengaruhi oleh efektivitas pemanfaatan energi daripada besarnya laju pelepasan energi dari bahan bakar. Hasil ini sejalan dengan penelitian Musonda dan Mutembo (2024) yang melaporkan bahwa penggunaan isolasi pada kompor biomassa berbasis rocket stove dapat meningkatkan pemanfaatan energi panas hasil pembakaran. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Esther Kyuvi (2024), yang menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan insulasi termal ruang bakar berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi termal kompor biomassa. Pada kondisi *low power*, kedua konfigurasi kompor menghasilkan nilai efisiensi termal yang relatif sama, yaitu sebesar 13,86% pada kompor dengan isolator dan 13,85% pada kompor tanpa isolator. Perbedaan yang sangat kecil tersebut menunjukkan bahwa pengaruh isolator terhadap efisiensi termal menjadi kurang signifikan ketika kompor dioperasikan pada daya pembakaran yang rendah. Namun, nilai efisiensi termal pada fase *low power* tidak dijadikan parameter utama dalam evaluasi kinerja kompor berdasarkan standar WBT karena fase ini lebih ditujukan untuk mengevaluasi kemampuan kompor mempertahankan proses pemanasan pada daya rendah, sedangkan penilaian efisiensi termal umumnya didasarkan pada hasil pengujian fase cold start dan hot start.



Gambar 7. Grafik Efisiensi Termal

3.2.2 *Specific Fuel Consumption*

Gambar 8 menunjukkan perbandingan nilai SFC kompor rocket stove dengan dan tanpa isolator pada kondisi cold start, hot start, dan low power. Pada kondisi cold start, kompor dengan isolator menghasilkan nilai SFC sebesar 0,251 kg/L, sedangkan kompor tanpa isolator sebesar 0,235 kg/L. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pada tahap awal pengoperasian, kompor berisolator membutuhkan bahan bakar yang sedikit lebih banyak untuk menghasilkan keluaran panas yang sama. Kondisi ini diduga terjadi karena sebagian energi hasil pembakaran masih digunakan untuk meningkatkan temperatur ruang bakar dan material isolator sebelum dimanfaatkan secara optimal untuk memanaskan air.



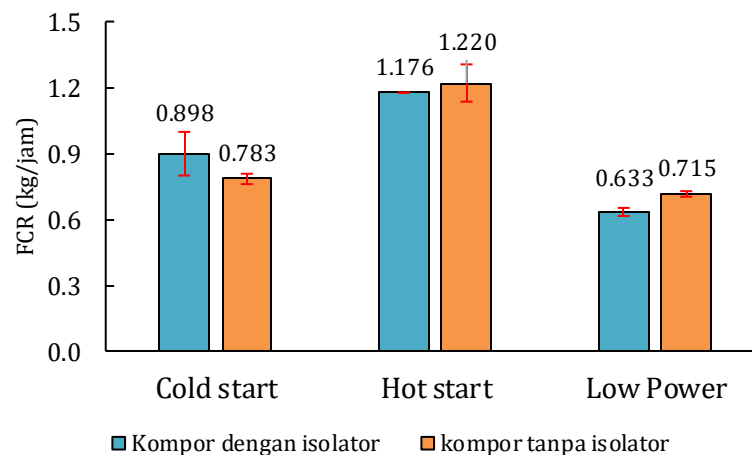
Gambar 8. Grafik SFC

Pada kondisi hot start, nilai SFC kompor dengan isolator sebesar 0,196 kg/L, lebih rendah dibandingkan kompor tanpa isolator sebesar 0,244 kg/L. Hasil ini menunjukkan bahwa setelah ruang bakar mencapai kondisi operasi yang stabil, penggunaan isolator mampu meningkatkan pemanfaatan energi hasil pembakaran sehingga jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk memanaskan air menjadi lebih sedikit. Temuan ini sejalan dengan penelitian Musonda dan Mutembo (2024) yang melaporkan bahwa penggunaan isolasi pada kompor biomassa berbasis rocket stove dapat menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik melalui pengurangan kehilangan panas ke lingkungan. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Okino et al. (2021) yang menunjukkan bahwa isolator mampu mempertahankan panas di dalam ruang bakar sehingga konsumsi biomassa menjadi lebih rendah dibandingkan kompor tanpa isolasi.

Pada kondisi low power, kompor dengan isolator menghasilkan nilai SFC sebesar 0,677 kg/L, sedangkan kompor tanpa isolator sebesar 0,770 kg/L. Nilai SFC yang lebih rendah pada kompor berisolator menunjukkan bahwa kebutuhan bahan bakar untuk mempertahankan proses pemanasan pada daya rendah menjadi lebih kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa isolator *fiber ceramic* mampu mempertahankan temperatur ruang bakar dengan lebih baik sehingga energi panas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara lebih efektif selama fase low power.

3.2.3 Fuel Consumption Rate

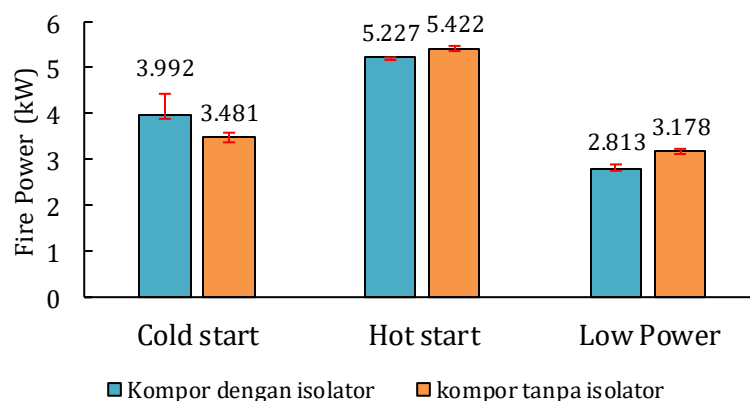
Gambar 9 menunjukkan perbandingan nilai FCR kompor rocket stove dengan dan tanpa isolator pada kondisi cold start, hot start, dan low power. Pada kondisi cold start, kompor dengan isolator menghasilkan nilai FCR sebesar 0,898 kg/jam, lebih tinggi dibandingkan kompor tanpa isolator sebesar 0,783 kg/jam. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada tahap awal pengoperasian laju konsumsi bahan bakar masih relatif tinggi karena sebagian energi hasil pembakaran digunakan untuk meningkatkan temperatur ruang bakar dan material isolator. Pada kondisi hot start, nilai FCR kompor dengan isolator sebesar 1,176 kg/jam, sedikit lebih rendah dibandingkan kompor tanpa isolator sebesar 1,220 kg/jam. Hasil ini mengindikasikan bahwa setelah ruang bakar mencapai kondisi operasi yang stabil, penggunaan isolator mampu membantu mempertahankan panas sehingga kebutuhan bahan bakar selama proses pembakaran menjadi lebih rendah. Kondisi serupa juga terlihat pada fase low power, di mana kompor dengan isolator menghasilkan nilai FCR sebesar 0,633 kg/jam, lebih rendah dibandingkan kompor tanpa isolator sebesar 0,715 kg/jam. Temuan ini menunjukkan bahwa isolator *fiber ceramic* berkontribusi dalam menekan laju konsumsi bahan bakar melalui pengurangan kehilangan panas dari ruang pembakaran, sejalan dengan hasil penelitian Okino et al. (2021) dan Musonda dan Mutembo (2024).



Gambar 9. Grafik FCR

3.2.4 Fire Power

Gambar 10 menunjukkan perbandingan nilai *Fire power* kompor rocket stove dengan dan tanpa isolator pada kondisi cold start, hot start, dan low power. Pada kondisi cold start, kompor dengan isolator menghasilkan *fire power* sebesar 3,992 kW, lebih tinggi dibandingkan kompor tanpa isolator sebesar 3,481 kW. Nilai *fire power* yang lebih tinggi menunjukkan bahwa laju pelepasan energi dari bahan bakar berlangsung lebih besar sehingga berkontribusi terhadap waktu pendidihan yang lebih cepat pada kompor berisolator. Pada kondisi hot start, *fire power* kompor dengan isolator sebesar 5,227 kW, sedikit lebih rendah dibandingkan kompor tanpa isolator sebesar 5,422 kW. Kondisi serupa juga terjadi pada fase low power, di mana kompor dengan isolator menghasilkan *fire power* sebesar 2,813 kW, sedangkan kompor tanpa isolator sebesar 3,178 kW. Nilai *fire power* menggambarkan laju energi yang dilepaskan dari bahan bakar selama proses pembakaran, namun tidak secara langsung menunjukkan seberapa besar energi tersebut dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa meskipun kompor berisolator menghasilkan nilai *fire power* yang lebih rendah pada kondisi hot start dan low power, kompor tersebut tetap menghasilkan efisiensi termal yang lebih tinggi pada hot start serta nilai SFC dan FCR yang lebih rendah dibandingkan kompor tanpa isolator. Kondisi ini mengindikasikan bahwa penggunaan isolator *fiber ceramic* membantu mengurangi kehilangan panas ke lingkungan dan mempertahankan temperatur ruang bakar sehingga energi hasil pembakaran dapat dimanfaatkan secara lebih efektif.



Gambar 10. Grafik *Fire power*

3.2.5 Turndown Ratio

Nilai Turndown Ratio (TDR) kompor dengan isolator sebesar 1,417, sedangkan kompor tanpa isolator sebesar 1,095. Nilai TDR yang lebih tinggi pada kompor berisolator menunjukkan bahwa kompor memiliki rentang operasi daya yang lebih luas antara kondisi daya tinggi dan daya rendah. Kondisi ini mengindikasikan bahwa penggunaan isolator *fiber ceramic* membantu mempertahankan temperatur di dalam ruang bakar sehingga proses pembakaran tetap berlangsung relatif stabil ketika laju pelepasan energi diturunkan pada fase low power. Kemampuan mempertahankan kestabilan pembakaran pada berbagai tingkat daya merupakan karakteristik yang penting pada kompor biomassa karena memungkinkan kompor digunakan secara lebih fleksibel untuk berbagai kebutuhan memasak, mulai dari proses pemanasan cepat hingga pemasakan yang memerlukan daya rendah dalam waktu yang lebih lama. Selain itu, kemampuan mempertahankan panas di dalam ruang bakar juga berpotensi mengurangi kebutuhan bahan bakar untuk menjaga proses pembakaran tetap berlangsung.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian WBT, penggunaan isolator *fiber ceramic* memberikan pengaruh terhadap performa kompor rocket stove berbahan bakar biopellet. Penggunaan isolator mampu mempercepat waktu pendidihan air pada kondisi cold start dan hot start. Pada kondisi hot start, isolator meningkatkan efisiensi termal dari 11,64% menjadi 14,47% serta menurunkan nilai SFC dan FCR, yang menunjukkan pemanfaatan energi bahan bakar yang lebih efektif. Pada kondisi low power, penggunaan isolator juga menghasilkan nilai SFC dan FCR yang lebih rendah serta nilai TDR yang lebih tinggi dibandingkan kompor tanpa isolator. Namun demikian, pada kondisi cold start penggunaan isolator belum menunjukkan peningkatan pada seluruh parameter, ditunjukkan oleh efisiensi termal yang lebih rendah serta konsumsi bahan bakar yang sedikit lebih tinggi dibandingkan kompor tanpa isolator. Secara keseluruhan, isolator *fiber ceramic* lebih efektif meningkatkan performa kompor setelah ruang bakar mencapai kondisi operasi yang stabil, sehingga berpotensi meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi pada kompor rocket stove berbahan bakar biopellet.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Boafo-Mensah, G., Neba, F. A., Tornyeviadzi, H. M., Seidu, R., Darkwa, K. M., & Kemausuor, F. (2021). Modelling the performance potential of forced and natural-draft biomass cookstoves using a hybrid Entropy-TOPSIS approach. *Biomass and Bioenergy*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106106>
- Clean Cooking Alliance. (2014). *The Water Boiling Test Version 4.2.3*. <http://www.cleancookstoves.org/our-work/standards-and-testing/learn->
- Esther Kyuvi. (2024). *Improvement of Ceramic insulation of Cook Stoves using Carbonized Organic Waste*.
- Fajar Aryansyah, Hadi Santoso, & Muh Firdan Nurdin. (2022). *Analisis Efisiensi Termal Pada Kompor Biomassa Dengan Menggunakan Water Boiling Test (WBT)*.
- Ghiwe, S. S., Kalamkar, V. R., Kshirsagar, M. P., & Sawarkar, P. D. (2024). The Influence of Stove Materials on the Combustion Performance of a Hybrid Draft Biomass Cookstove. *Combustion Science and Technology*, 196(14), 2380–2400. <https://doi.org/10.1080/00102202.2022.2138710>
- Hestirianoto, T., Irzaman, I., Pujiyati, S., & Solikin, S. (2024). Rocket stoves for marine trash utilization (Preliminary concept of K or L and T form). *BIO Web of Conferences*, 106. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410601004>

- Kamperidou, V. (2022). Quality Analysis of Commercially Available Wood Pellets and Correlations between Pellets Characteristics. *Energies*, 15(8). <https://doi.org/10.3390/en15082865>
- Kole, A. T., Zeru, B. A., Bekele, E. A., & Ramayya, A. V. (2022). Design, development, and performance evaluation of husk biomass cook stove at high altitude condition. *International Journal of Thermofluids*, 16. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2022.100242>
- Mack, R., Schön, C., Kuptz, D., Hartmann, H., Brunner, T., Obernberger, I., & Behr, H. M. (2024). Influence of pellet length, content of fines, and moisture content on emission behavior of wood pellets in a residential pellet stove and pellet boiler. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(21), 26827–26844. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03302-6>
- Musonda, K. E., & Mutembo, S. (2024). Adjustable Sawdust Stove for Optimal Pot Placement and Improved Insulation Materials. *Journal of Renewable Energy*, 2024(1). <https://doi.org/10.1155/2024/6525754>
- Okino, J., Komakech, A. J., Wanyama, J., Ssegane, H., Olomo, E., & Omara, T. (2021). Performance Characteristics of a Cooking Stove Improved with Sawdust as an Insulation Material. *Journal of Renewable Energy*, 2021, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2021/9969806>
- Picchio, R., Venanzi, R., Civitarese, V., Bonaudo, A., Lo Monaco, A., & Latterini, F. (2024). Energetic Features of Hardwood Pellet Evaluated by Effect Size Summarisation. *Forests*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/f15071259>
- Rathore, N. S., Singh, C. K., Rathore, N., & Panwar, N. L. (2022). Thermal performance and heat storage behaviour of three pots improved cookstove. *Energy Nexus*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100074>
- Stolarski, M. J., Krzyżaniak, M., & Olba-Zięty, E. (2025). Properties of Pellets from Forest and Agricultural Biomass and Their Mixtures. *Energies*, 18(12). <https://doi.org/10.3390/en18123137>
- Tarigan, N., & Simamora, M. (2023). *Pengaruh Bahan Isolasi Termal Terhadap Perpindahan Kalor Pada Tangki Penyimpanan Steam Untuk Meminimalisir Heat Loss dan Tekanan*.
- Telmo, C., & Lousada, J. (2011). Heating values of wood pellets from different species. *Biomass and Bioenergy*, 35(7), 2634–2639. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.02.043>
- Yunus Nasution, A., Hiro, F., Tarigan, L., Kunci, K., Bahan, :, Konvensional, B., Biomassa, L., & Biomassa, K. (2022). *ANALISA DESAIN KOMPOR BIOMASSA BERBAHAN BAKAR TEMPURUNG KELAPA MENGGUNAKAN ANSYS*. 10(1), 22–29. <https://talenta.usu.ac.id/dinamis>