

PENGARUH KEMIRINGAN LUBANG ATAS GASIFIER PADA KINERJA KOMPOR GASIFIKASI TIPE UPDRAFT

THE EFFECT OF THE GASIFIER HOLE SLOPE ON UPDRAFT TYPE GASIFICATION STOVE PERFORMANCE

Adzka Muzayyin Rahmadhya Naisabur¹, Suwandi², Nurwulan Fitriyanti³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

adzkaatekfis@student.telkomuniversity.ac.id¹, suwandi@telkomuniversity.ac.id²,
nurwulanf@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Biomassa merupakan energi terbarukan yang berasal dari organisme yang hidup atau belum lama mati seperti kayu, limbah pertanian, dan biogas. Salah satu penerapan biomassa sebagai energi alternatif yakni sebagai bahan bakar kompor gasifikasi. Perkembangan kompor gasifikasi sebagai solusi dalam teknologi pengolahan pangan sudah marak dilakukan, akan tetapi masih terdapat kekurangan salah satunya adalah banyaknya kalor yang terbuang ke lingkungan atau tidak terdistribusikan dengan baik kepada panci yang menyebabkan menurunnya performa kompor gasifikasi. Faktor bagian atap *gasifier* yang berbentuk datar dinilai merupakan penyebab dari tidak terdistribusinya kalor dengan baik karena api yang dihasilkan tidak terfokus kepada panci. Dengan menggunakan bahan bakar pelet kayu sengan serta kompor gasifikasi tipe *updraft*, pada penelitian ini dilakukan modifikasi bentuk bagian atap *gasifier* menjadi lebih mengerucut dengan beberapa variasi sudut kemiringan sehingga dapat meminimalisasi terbuangnya kalor keluar, serta distribusi kalor yang lebih terfokus pada panci. Performa kompor gasifikasi terbaik dicapai oleh *gasifier* bersudut 10° karena memiliki nilai efisiensi tertinggi yakni 4.38% (*Cold-Start High Power*) dan 11.86% (*Hot-Start High Power & Simmering-Low Power*).

Kata Kunci: *gasifier*, sudut kemiringan atap *gasifier*, efisiensi termal.

Abstract

Biomass is a renewable energy derived from living or recently dead organisms such as wood, agricultural waste, and biogas. One of the applications of biomass as an alternative energy is as a gasification stove fuel. The development of gasification stoves as a solution in food processing technology has been rampant, but there are still shortcomings, one of which is the amount of heat wasted into the environment or not distributed properly to the pan that causes a decrease in the performance of gasification stove. The factor of the roof of the gasifier in the form of a flat is considered to be the cause of the poor distribution of heat because the resulting fire is not focused on the pan. By using sengan wood pellet fuel and updraft type gasification stove, in this study was done modification of the shape of the roof of the gasifier becomes more angled with some variation of slope angle so as to minimize the waste of heat out, and more focused the heat distribution on the pan. The best gasification stove performance is achieved by a 10° gasifier because it has the highest efficiency values of 4.38% (Cold-Start High Power) and 11.86% (Hot-Start High Power & Simmering-Low Power).

Keywords: *gasifier*, *tilt angle of roof gasifier*, *thermal efficiency*

1. Pendahuluan

Energi merupakan kebutuhan fundamental manusia dalam menghadapi kehidupan yang terus meningkat seiring dengan perkembangan zaman. Skenario baruan energi primer BaU (Business as Usual) untuk tahun 2025 yang mengacu pada target KEN (Kebijakan Energi Nasional) dan RUEN (Rencana Umum Energi Nasional), menunjukkan bahwa batu bara memiliki tingkat proyeksi penggunaan energi terbesar yakni 34%, disusul oleh gas: 24%; minyak: 21%; dan EBT: 21% [1]. Gas merupakan sumber energi konvensional yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi terutama dalam keperluan memasak. Penggunaan gas yang berlebihan dapat menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan akibat proses eksplorasi dan eksploitasi sumber gas, seperti longsor, banjir, pemanasan global warming, bahkan pencemaran air laut. Maka dari itu, pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan dengan sumber yang melimpah, serta ramah lingkungan perlu dikembangkan.

Kompur gasifikasi merupakan kompor yang menghasilkan gas bakar akibat proses gasifikasi dari bahan padatan yang mengandung karbon seperti pelet. Pelet adalah biomassa yang merupakan gabungan limbah-limbah organik yang diolah dengan cara dipadatkan sehingga memiliki volume yang lebih kecil. Pada penelitian ini, bagian atas (atap) gasifier akan dimodifikasi yang semula berbentuk datar dan tidak memiliki kemiringan sehingga tidak terfokusnya distribusi api terhadap alat masak, menjadi gasifier dengan bagian atas berbentuk kerucut dengan beberapa variasi sudut kemiringan. Hal ini bertujuan untuk meminimalisasi terbuangnya kalor keluar, serta distribusi kalor yang lebih terfokus pada panci. Dengan modifikasi tersebut, diharapkan kompor dapat digunakan lebih efektif dan efisien serta nyaman untuk digunakan. Jenis kompor yang digunakan berjenis Updraft karena memiliki karakteristik yang mudah untuk divariasikan, serta pembuangan sisa pembakaran yang mudah. Pengujian kompor gasifikasi menggunakan metode *Water Boiling Test* (WBT) yakni dengan membandingkan kalor yang dihasilkan oleh bahan bakar terhadap kalor yang diterima oleh air untuk menaikkan suhunya hingga mencapai titik didih dan menguapkannya [2].

2. Dasar Teori

2.1 Biomassa

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan [3]. Pada penelitian ini, biomassa yang digunakan berupa pelet kayu sengon. Pelet diproduksi dengan memasukkan bahan yang telah dikeringkan secara terus menerus pada suatu alat sehingga termampatkan melewati lingkaran baja dengan beberapa lubang yang memiliki ukuran tertentu [4].

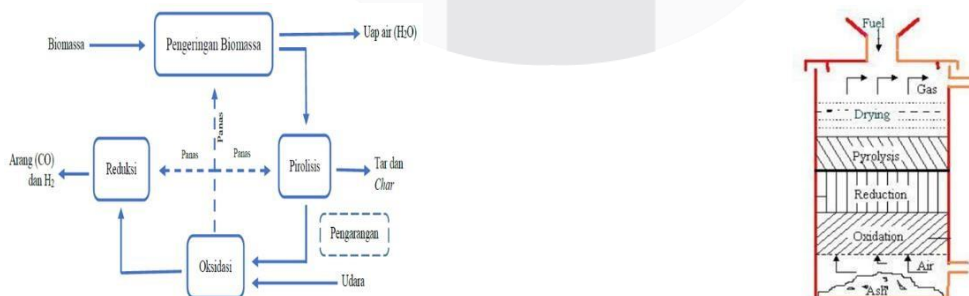
Table 1. Sifat fisika dan kimia dari kayu sengon[5]

Biomassa	Suhu (°C)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Terbang (%)	Nilai Kalor (kal/g)	Kerapatan (gr/cm ³)	Keteguhan Tekan (kg/cm ³)
Sengon (<i>Paraserianthes falataria</i>)	150	2,91	1,26	86,10	3556,3	0,46	320,13

Jumlah pelet kayu sengon yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 1000 gram untuk setiap pengujian gasifier.

2.2 Gasifikasi

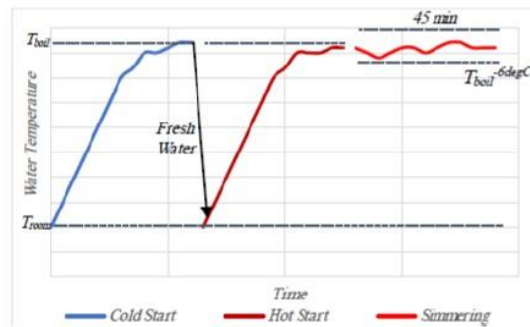
Gasifikasi merupakan proses yang menghasilkan gas mampu bakar (CO , CH_4 , H_2) melalui pengkonversian bahan bakar padat dengan suplai udara antara 20% hingga 40% udara stoikiometri [6]. Proses gasifikasi merupakan proses endotermis yang membutuhkan panas dari luar selama proses berlangsung. Proses gasifikasi menghasilkan syngas atau gas utama yaitu CO_2 , NO_3 , CH_4 , H_2 , bahan cair, dan bahan padat. Gasifikasi terjadi pada ruang pembakaran yang disebut dengan gasifier.



Gambar 1. (a) proses gasifikasi; (b) prinsip updraft gasifier [9]

2.3 Water Boiling Test (WBT)

Water Boiling Test (WBT) merupakan metode pengujian untuk mengetahui kualitas energi panas yang terdistribusi pada suatu alat masak dibandingkan jika menggunakan kompor masak [10]. WBT menghasilkan perbandingan kalor yang dihasilkan proses gasifikasi, terhadap kalor yang diterima oleh air pada panci untuk menaikkan suhu hingga mencapai titik didih dan menguapkan air. Data hasil uji WBT berupa suhu akhir dan waktu operasi yang kemudian diolah untuk menghitung parameter kinerja kompor gasifikasi. WBT memiliki tiga tahap pengujian yakni *cold start-high power*, *hot start-high power*, & *simmering-low power*.



Gambar 2. Grafik WBT [9]

3. Metodologi

Kompor atau badan kompor terbuat dari bahan aluminium sebagai pelindung bagian luar kompor. Badan kompor memiliki dimensi tinggi 900 mm dengan diameter 500 mm. Gasifier merupakan tempat terjadinya proses gasifikasi dan pembakaran yang memiliki tinggi 200 mm dan berdiameter 150 mm. Diameter atap gasifier berukuran 52 mm dengan jumlah lubang gasifier sebanyak 35 yang berdiameter 7 mm. Setiap gasifier memiliki kemiringan atap dengan nilai $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ$ seperti gambar dibawah ini :



Gambar 3. (a) Badan kompor gasifikasi; (b) varian gasifier

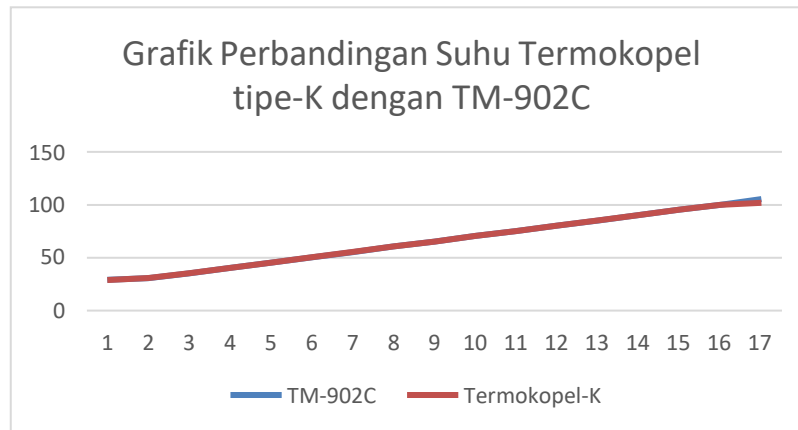
Pada penelitian ini terdapat dua jenis variabel penelitian, yaitu variabel terikat berupa laju konsumsi bahan bakar, laju spesifik gasifikasi, laju zona pembakaran, laju kalor, persentase char, dan efisiensi termal. Sedangkan untuk variabel bebas yakni berupa kemiringan sudut lubang atas gasifier.

Temperatur air diukur oleh termokopel-k dengan modul MAX6675 yang kemudian dihubungkan pada Arduino sehingga data dapat ditampilkan di monitor. Kipas yang digunakan berjenis EWIG 220/240V 50/60Hz 0,08A untuk mendistribusikan udara sehingga api pada gasifier dapat meningkat. Parameter yang diukur pada penelitian ini adalah efisiensi termal, laju kalor, laju konsumsi bahan bakar, laju spesifik gasifikasi, laju zona pembakaran, dan persentase char.

4. Pembahasan

4.1 Hasil Kalibrasi Sensor Termokopel

Kalibrasi sensor termokopel dilakukan untuk mengetahui kelayakan penggunaan dari termokopel dalam mengukur suhu dengan meninjau nilai error antara termokopel dengan TM-902C. Data kalibrasi didapatkan dari pengukuran suhu air yang direbus menggunakan kompor gas dengan rentang suhu 28 – 105 dengan kenaikan suhu air setiap 5 C.



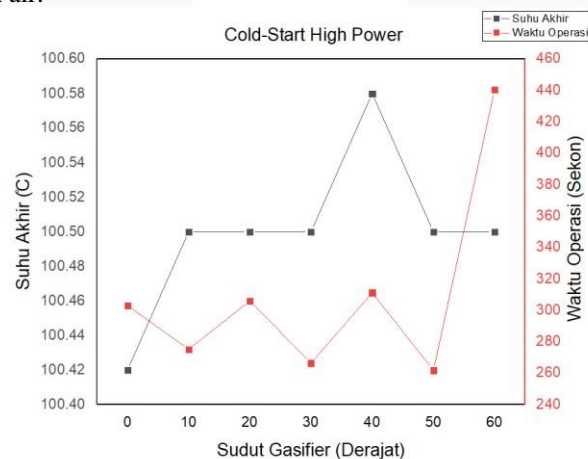
Gambar 4. Grafik perbandingan suhu termokopel dengan TM-902C

Berdasarkan gambar 4 disimpulkan bahwa data tersebut akurat karena memiliki nilai rata-rata selisih error yang kecil yakni 0.33% serta persamaan regresi linear $Y=0.651+0.986X$ dengan nilai R square 0.9989761 (mendekati 1) sehingga termokopel layak untuk digunakan.

4.2 Hasil Uji Kompor Gasifikasi

4.2.1 Cold Start- High Power

Cold-Start High Power merupakan tahap pertama dari metode WBT untuk mengetahui kinerja kompor gasifikasi dalam keadaan baru menyala dengan mengukur kenaikan suhu air pada panci serta total waktu operasi kompor selama mendidihkan air.



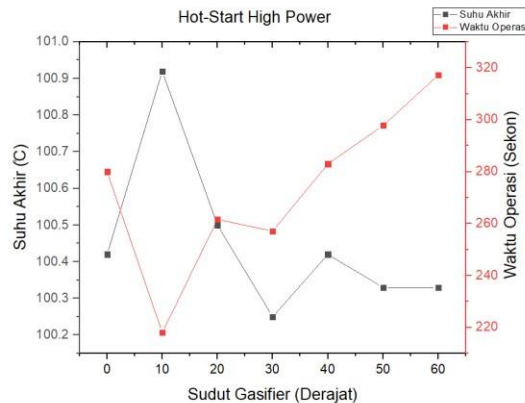
Gambar 5. Grafik cold start-high power

Dari keenam variasi sudut gasifier yang diteliti, didapatkan bahwa suhu akhir atau titik didih air tertinggi dicapai oleh gasifier dengan sudut 40° yakni 100.58. Perbedaan titik didih air pada tahap ini disebabkan oleh kemampuan seluruh bagian zat cair dalam menyerap kalor. Kalor yang dihasilkan dari gasifier 40° diserap lebih sempurna oleh zat cair dibandingkan dengan varian gasifier lainnya, sehingga air memiliki titik didih yang lebih tinggi. Adapun gasifier yang memiliki waktu operasi tercepat diperoleh gasifier dengan sudut 50° yakni 261.8 sekon. Waktu operasi tahap cold-start high power berakhir ketika air yang dididihkan mencapai suhu akhir dengan konstan, sehingga sebagian gasifier memiliki waktu yang relatif lama untuk mendapatkan suhu akhir air yang

stabil. Perbedaan waktu operasi juga disebabkan akibat proses gasifikasi yang belum maksimal, sehingga bahan bakar pada masing-masing gasifier memiliki waktu yang berbeda untuk tergasifikasi, menimbang tahap ini merupakan tahap awal pengujian dimana kompor gasifikasi baru saja beroperasi.

4.2.2 Hot Start-High Power

Hot-Start High Power merupakan tahap kedua dari metode WBT untuk mengetahui kinerja kompor gasifikasi dalam keadaan gasifier sudah beroperasi pada tahap sebelumnya, dengan mengukur kenaikan suhu air pada panci serta total waktu operasi kompor selama mendidihkan air. Air pada panci awal yang sudah dididihkan saat tahap cold-start high power diganti dengan panci kedua yang berisikan air baru bersuhu normal ketika kompor dalam keadaan beroperasi.

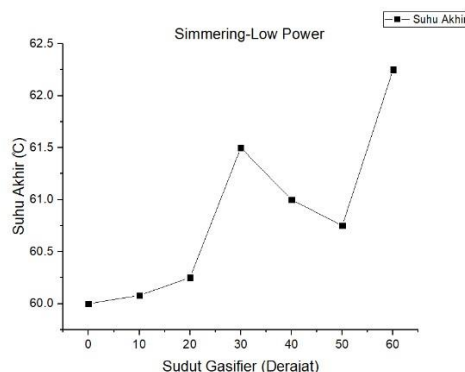


Gambar 6. Grafik hot-start high power

Kondisi gasifier yang sudah beroperasi pada tahap sebelumnya mengakibatkan kompor menjadi lebih panas serta proses gasifikasi bahan bakar semakin maksimal menyebabkan waktu operasi yang dibutuhkan menjadi lebih singkat. Gasifier bersudut 10° memiliki waktu operasi tercepat dan titik didih air yakni 218 sekon dan 100.92 . Penyebab perbedaan titik didih air yang terjadi pada tahap hot-start high power dengan tahap cold-start high water relatif berbeda karena selain dari kemampuan zat cair menyerap kalor, gasifier dengan sudut tertentu lebih maksimal dalam mentransmisi kalor pada panci. Tahap hot-start high power menghasilkan api yang lebih besar dibanding dengan tahap cold-start high power yang menyebabkan kalor dari api gasifier bersudut tinggi (gasifier 40° , 50° & 60° mengalami perambatan pada atap gasifier yang terbuat dari bahan konduktor panas, sehingga kalor yang teralirkan pada panci lebih sedikit.

4.2.3 Simmering-Low Power

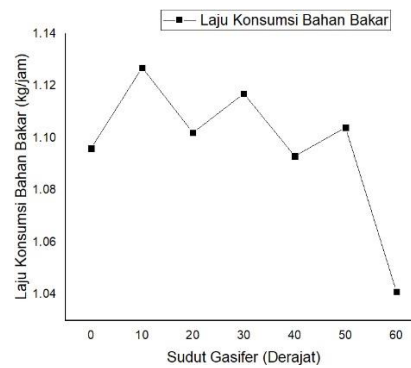
Tahap simmering-low power merupakan tahap terakhir dari metode WBT yang berfungsi untuk menguji performa kompor dalam memasak air dengan bahan-bakar seminimal mungkin, yakni bahan bakar yang sudah digunakan pada tahap cold-start high power dan hot-start high power, selama 45 menit (2700 sekon). Pengujian dimulai saat air pada tahap hot-start high power mencapai titik didihnya.



Gambar 7. Grafik simmering-low power

Berdasarkan gambar 7 didapatkan gasifier 60° memiliki suhu akhir tertinggi yakni 62.25 C. Penyebab dari tingginya suhu akhir air yang dihasilkan oleh gasifier 60° adalah dekatnya jarak antara lubang api gasifier dengan panci, sehingga meskipun kalor terserap oleh atap gasifier tetapi kalor masih teralirkan dengan baik.

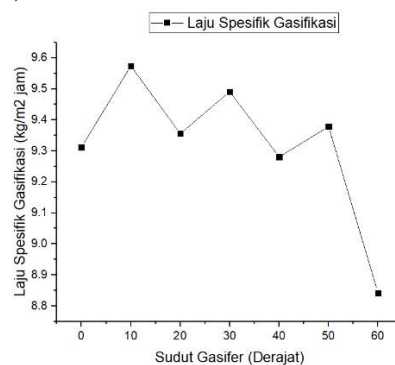
4.2.4 Laju Konsumsi Bahan Bakar (FCR)



Gambar 8. Grafik Laju Konsumsi Bahan Bakar

Pengujian laju konsumsi bahan bakar pada kompor gasifikasi bertujuan untuk mengetahui nilai penggunaan bahan bakar sebesar per satuan waktu, maka semakin tinggi laju konsumsi bahan bakar, performa kompor gasifikasi semakin baik karena waktu yang diperlukan kompor dalam beroperasi semakin singkat. Pada gambar 8 dapat diketahui bahwa gasifier yang memiliki nilai FCR tertinggi dicapai oleh gasifier bersudut 10° yakni 1.127 kg/jam. Nilai FCR berbanding terbalik dengan total waktu operasi sehingga semakin singkat waktu kompor beroperasi, nilai FCR semakin tinggi.

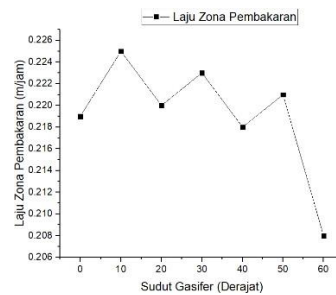
4.2.5 Laju Spesifik Gasifikasi (SGR)



Gambar 9. Grafik Laju Spesifik Gasifikasi

Specific Gasification Rate (SGR) merupakan parameter dalam menilai performa kompor gasifikasi yang menunjukkan tingkat gasifikasi biomassa pada gasifier ketika memanaskan panci. Nilai SGR yang tinggi menunjukkan kualitas proses gasifikasi biomassa yang baik pada suatu gasifier. Pada gambar 9 dapat diketahui bahwa gasifier yang memiliki nilai SGR tertinggi dicapai oleh gasifier bersudut 10° yakni 9.574 ($\text{kg/m}^2 \text{ jam}^2$). Perbedaan nilai SGR disebabkan karena berbedanya kemampuan gasifier dalam mendapatkan laju konsumsi bahan bakar, karena nilai SGR berbanding lurus dengan nilai FCR.

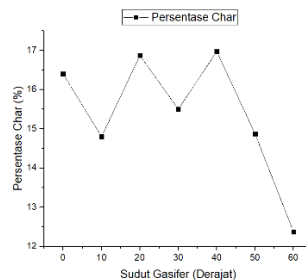
4.2.6 Laju Zona Pembakaran (CZR)



Gambar 10. Grafik Laju Zona Pembakaran

Combustion Zone Rate (CZR) merupakan kecepatan yang dibutuhkan daerah pembakaran untuk bergerak sampai dasar gasifier. Nilai CZR berpengaruh terhadap waktu terbakarnya bahan bakar biomassa pada gasifier, sehingga semakin tinggi nilai CZR performa kompor gasifikasi semakin baik. Pada gambar 10 dapat diketahui bahwa gasifier yang memiliki nilai SGR tertinggi dicapai oleh gasifier bersudut 10° yakni 0.225 m/jam. Perbedaan nilai CZR disebabkan karena waktu operasi yang dibutuhkan oleh masing-masing gasifier yang berbeda, sehingga semakin singkat waktu operasi yang dibutuhkan oleh gasifier, semakin meningkat nilai CZR yang didapat.

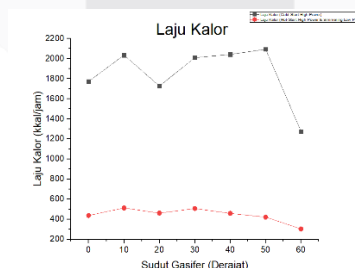
4.2.7 Persentase Char



Gambar 11. Grafik Persentase Char

Persentase char merupakan nilai perbandingan antara massa arang pasca pembakaran dengan jumlah massa bahan bakar yang digunakan, sehingga menunjukkan kualitas performa kompor dalam melakukan pembakaran pada bahan bakar. Semakin kecil nilai persentase char maka semakin baik kualitas gasifier karena semakin banyak bahan bakar biomassa yang terbakar. Berdasarkan gambar 11 dapat diketahui bahwa gasifier yang memiliki nilai persentase char terendah adalah gasifier bersudut 60° yakni 12.37%, karena memiliki waktu operasi terlama sehingga bahan bakar dapat terbakar secara keseluruhan.

4.2.8 Laju Kalor

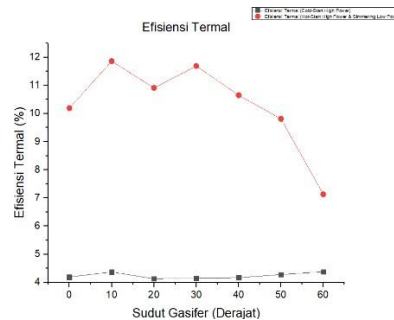


Gambar 12. Grafik Laju Kalor

Laju kalor merupakan nilai kecepatan perpindahan kalor selama masa operasi kompor gasifikasi. Nilai laju kalor ditentukan oleh perbandingan antara jumlah kalor laten dan kalor sensibel dengan waktu operasi pada setiap tahapan WBT. Berdasarkan gambar 12, dapat diketahui bahwa nilai laju kalor tertinggi pada tahap cold-start high power dicapai oleh gasifier bersudut 50° yakni 2092.89 kkal/jam. Sedangkan untuk nilai laju kalor tertinggi pada tahap *hot-start high power & simmering-low power* dicapai oleh gasifier bersudut 10° yakni 512.82 kkal/jam. Semakin singkat waktu operasi maka semakin tinggi nilai kalor yang dicapai. Selain itu, jumlah total antara kalor

sensibel dan kalor laten yang dihasilkan berpengaruh terhadap nilai laju kalor, maka semakin besar jumlah kalor sensibel dengan kalor laten, kalor yang dihasilkan pun semakin besar sehingga nilai laju kalor akan meningkat.

4.2.9 Efisiensi Termal



Gambar 13. Grafik efisiensi termal

Efisiensi termal merupakan parameter yang dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah kalor yang dihasilkan dengan jumlah kalor pada bahan bakar biomassa. Semakin tinggi nilai efisiensi termal yang dicapai, maka semakin baik kualitas termal yang terjadi pada kompor gasifikasi. Berdasarkan gambar 13 dapat diketahui bahwa efisiensi termal tertinggi pada tahap cold-start high water dicapai oleh gasifier bersudut 60° yakni 4.38%. Sedangkan nilai efisiensi termal tertinggi pada tahap hot start-high power & simmering-low power dicapai oleh gasifier bersudut 10° yakni 11.86%. Perbedaan pada nilai efisiensi termal disebabkan oleh berbedanya jumlah nilai kalor sensibel dan kalor laten yang dihasilkan oleh masing-masing gasifier. Pencapaian nilai efisiensi termal bernilai lebih tinggi jika dibandingkan dengan salah satu pengujian terbaru kompor gasifikasi yang menggunakan metode WBT berjenis *updraft gasifier* berbahan bakar pelet kayu sengon, yakni oleh Septiana (2018) yang hanya mencapai nilai 7.86% pada tahap *hot-start high power*.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil dan pembahasan bab sebelumnya, penelitian yang dilakukan dapat mendapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Variasi sudut gasifier memberikan pengaruh dalam meningkatkan performa kompor gasifikasi terutama dalam meningkatkan kualitas distribusi kalor kepada panci berdasarkan uji WBT. Pencapaian waktu operasi dan suhu akhir air tertinggi pada tahap *hot-start high power* dicapai oleh *gasifier* 10° yakni 218 sekon dan 100.92 °C. Sedangkan untuk tahap *simmering-low power* suhu akhir air tertinggi dicapai oleh *gasifier* 60° yakni 62.25 °C.
2. Efisiensi termal tahap *cold-start high power* nilai tertinggi dicapai oleh *gasifier* 60° sedangkan tahap *hot-start high power & simmering low power* dicapai oleh *gasifier* 10° yakni 4.38% dan 11.86%. Laju kalor dicapai nilai tertinggi pada tahap *cold-start high power* oleh *gasifier* 50° yakni 2092.89 kkal/jam sedangkan tahap *hot-start high power* oleh *gasifier* 10° yakni 512.82 kkal/jam. Presentase char dicapai nilai terbaik oleh *gasifier* 60° dengan nilai 12.37%. Sedangkan untuk laju konsumsi bahan bakar, laju zona pembakaran, dan laju spesifik gasifikasi, nilai tertinggi ketiganya dicapai oleh *gasifier* 10° yakni berturut-turut 1.127 kkal/jam, 0.225 m/jam, dan 9.574 kg/m² jam². Maka, berdasarkan parameter-parameter tersebut dapat disimpulkan bahwa performa gasifier terbaik dicapai oleh *gasifier* 10°.

Referensi

- [1] Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, "Indonesia Energy Out Look 2019," ISSN 2527-3000, pp. 1–73, 2019.
- [2] P. Debajit and M. Sanjay, "Biomass gasifier systems for thermal applications in rural areas.," *Boil. Point*, no. 53, pp. 17–19, 2007.
- [3] A. Arhamsyah, "Pemanfaatan Biomassa Kayu Sebagai Sumber Energi Terbarukan," *J. Ris. Ind. Has. Hutan*, vol. 2, no. 1, p. 42, 2010, doi: 10.24111/jrihh.v2i1.914.
- [4] A. Tarsiputra, "ANALISA NILAI KALOR BAHAN BAKAR ALTERNATIF (BIOPELET) DARI KAYU JATI, KAYU SENGON DAN SEKAM PADI," vol. 0, no. 0, pp. 5–9, 2017.
- [5] A. R. Tuzzahra, "PENGARUH UKURAN LUBANG UDARA PADA TUNGKU PEMBAKARAN SERTA VARIASI KECEPATAN ALIRAN UDARA TERHADAP PERFORMA KOMPOR GASIFIKASI UPDRAFT DENGAN OPTIMASI BAHAN BAKAR KAYU SENGON," 2020.
- [6] F. Vidian, "Gasifikasi Tempurung Kelapa Menggunakan Updraft Gasifier pada Beberapa Variasi Laju Alir Udara Pembakaran," *J. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 2, pp. 88–93, 2008, doi: 10.9744/jtm.10.2.pp.88-93.
- [7] C. Fadilah, "Pengaruh Jenis Bahan Bakar dan Kecepatan Aliran Udara Terhadap Kinerja Kompor Gasifikasi," pp. 19–37, 2018.
- [8] Sidik Purwoko Jati, "ANALISIS PENGARUH VARIASI BIOMASSA DAN POLA TIUPAN UDARA TERHADAP EFISIENSI PADA KOMPOR GASIFIKASI TIPE UPDRAFT." Telkom University, Bandung, pp. 10–18, 2019.
- [9] F. G. Septiana, "ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN UAP AIR SEBAGAI ALIRAN UDARA PADA KOMPOR GASIFIKASI BIOMASSA ANALYSIS OF THE EFFECT OF WATER VAPOR USAGE AS AIR FLOW ON BIOMASS GASIFICATION COMPORTS PROPOSAL TUGAS AKHIR," pp. 21–29, 2020.
- [10] O. Nurhilal, "Pengaruh Komposisi Campuran Sabut dan Tempurung Kelapa terhadap Nilai Kalor Biobriket dengan Perekat Molase," *J. Ilmu dan Inov. Fis.*, vol. 2, no. 1, pp. 8–14, 2018, doi: 10.24198/jiif.v2i1.15606.