

e-ISSN : 3031-0342  
Diterima : 27 Agustus 2023  
Disetujui : 28 Mei 2024  
Tersedia online di <https://journal.unram.ac.id/index.php/agent>

## ANALISIS KINERJA ALAT GASIFIKASI TIPE *UPDRAFT* BERBAHAN BAKAR TEMPURUNG KELAPA

*Performance Analysis of Updraft-Type Gasifier with Coconut Shell as Fuel*

Katrian Ambawa Prawira<sup>1\*</sup>, Sukmawaty<sup>2</sup>, Amuddin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram

email\*: [katrianwira09@gmail.com](mailto:katrianwira09@gmail.com)

### ABSTRACT

Coconut shell is one of biomass that has an abundant source among us. But in most time are neglected and thrown away although it has a lot of benefits. One of its potential is to be a source of alternative energy. In this research, coconut shells are converted into combustible gas or syngas through gasification process by an updraft-type gasifier. The purpose of this research is to analyze the performance of the gasifier to generate heat with two different sizes of coconut shell as the fuel. The used coconut shell size are  $\pm 3 \times 3$  cm (P1) and  $\pm 5 \times 5$  cm (P2). The air supply used in this research is 7,13 m/s, or equivalent to 866,72 l/min. The method used in this research is an experimental one, then descriptively explained followed by data shown in charts. Heat that generated inside the reactor of P1 and P2 by average for 50 minutes are 413,6 °C and 420,9 °C. While the detected heat at the burner throughout the combustible gas generation are 375,7 °C for P1 and 396,3 °C for P2. The test for thermal efficiency by a water-boiling method is 2.22% for P1 and 2.43% for P2. While for the gasification efficiency simulation rate number are 55% for P1 and 65% for P2.

**Keywords:** burner; coconut shell; combustible gas; gasifier; reactor

### ABSTRAK

Tempurung kelapa adalah salah satu biomassa yang ketersediaannya melimpah di sekitar kita. Namun kerap diabaikan dan dibuang begitu saja meskipun memiliki banyak manfaat. Salah satu potensi pada tempurung kelapa ialah sebagai sumber energi alternatif. Pada penelitian ini dilakukan konversi tempurung kelapa menjadi gas mampu bakar atau *syngas* melalui proses gasifikasi menggunakan alat gasifikasi tipe *updraft*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja alat gasifikasi tipe *updraft* dalam menghasilkan panas dengan perlakuan ukuran tempurung kelapa. Ukuran tempurung kelapa yang digunakan adalah  $\pm 3 \times 3$  cm (P1) dan  $\pm 5 \times 5$  cm (P2). Untuk suplai udara dari *blower*, digunakan kecepatan angin yakni 7,13 m/s atau 866,72 lpm. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental yang kemudian dijelaskan secara deskriptif dengan data disajikan dalam bentuk grafik. Panas yang dihasilkan dalam reaktor pada P1 dan P2 selama 50 menit secara rata-rata adalah 413,6 °C dan 420,9 °C. Sedangkan panas yang terdeteksi pada lidah api pada *burner* selama gas mampu bakar keluar secara rata-rata adalah 375,7 °C untuk P1 dan 396,3 °C untuk P2. Pengujian efisiensi termal dengan metode pemanasan air yang didapatkan adalah 2,22% untuk P1 dan 2,43% untuk P2. Sedangkan untuk simulasi efisiensi gasifikasi didapatkan angka 55% untuk P1 dan 65% untuk P2.

**Kata kunci:** alat gasifikasi; *burner*; gas mampu bakar; reaktor; tempurung kelapa

**PENDAHULUAN**

**Latar Belakang**

Biomassa menjadi salah satu alternatif sumber energi yang banyak ditemui namun jarang dimanfaatkan. Dikarenakan masyarakat belum mengetahui pemanfaatan suatu biomassa, sehingga potensi yang ada masih belum dimaksimalkan. Akibat dari kurangnya pemanfaatannya, biomassa kerap dianggap sebagai sampah dan menimbulkan masalah yang lain lebih rumit.

Buah kelapa merupakan komoditi yang penting bagi masyarakat Indonesia. Dalam setahun produksi kelapa di Indonesia mencapai 3,8 juta ton atau setara dengan sekitar 15 miliar butir kelapa. Salah satu bagian dari buah kelapa yakni tempurung kelapa, merupakan bagian terkeras yang melindungi daging kelapa. Setidaknya sekitar 12% dari buah kelapa merupakan tempurung kelapa.

Potensi yang dapat digali dari tempurung kelapa ini adalah sebagai bahan bakar dari alat gasifikasi. Alat gasifikasi memanfaatkan sifat dari biomassa yang menghasilkan gas-gas tertentu ketika dibakar dengan kadar udara yang terbatas. Gasifikasi adalah proses termokimia yang mengkonversi biomassa padat seperti sabut kelapa menjadi *combustible gas* atau gas yang dapat dibakar.

Alat gasifikasi tipe *updraft* adalah alat gasifikasi yang aliran udara masuknya berasal dari bawah. Sifat dari biomassa yang menghasilkan syngas atau gas sintetik dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Setiap biomassa memiliki karakteristik yang berbeda-beda sehingga mempengaruhi panas dan gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi.

Dari penelitian serupa dengan bahan yang berbeda, menunjukkan perbedaan hasil dari perlakuan terhadap ukuran biomassa serta laju aliran udara. Maka untuk mengetahui energi atau panas yang dapat dihasilkan dari biomassa tempurung kelapa dengan menggunakan alat gasifikasi tipe *updraft* berdasarkan dua perlakuan tersebut, dilakukanlah penelitian ini.

**Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu, diantaranya:

1. Mengetahui variasi besar panas dari perlakuan ukuran biomassa tempurung kelapa yang variatif;
2. Mengetahui efisiensi termal dan gasifikasi alat gasifikasi dengan bahan bakar biomassa tempurung kelapa sebagai bahan bakarnya; dan

**METODE PENELITIAN**

**Alat dan Bahan Penelitian**

**Alat-alat Penelitian**

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat gasifier tipe vertikal desain Roda Tani, termokopel 4 *channel* tipe K, anemometer digital, korek api, panci aluminium diameter 22 cm, timbangan analog, *blower 2"*, dan palu.

**Bahan Penelitian**

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tempurung kelapa tua kering (kadar air <12%)

**Parameter Penelitian**

1. *Fuel Consumption Rate* (FCR)

*Fuel Consumption Rate* adalah perbandingan antara banyaknya bahan baku yang dibutuhkan selama proses dengan waktu operasional, dengan persamaan

$$FCR = \frac{M_T}{O_T} \dots\dots\dots(1)$$

2. *Sensible Heat* (SH)

*Sensible Heat* Adalah jumlah energi kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu air yaitu diukur pada saat sebelum dan sesudah air mendidih, dengan persamaan:

$$SH = M_a \times C_p \times (T_{ak} - T_{aw}) \dots\dots\dots(2)$$

3. *Latent Heat* (LH)

*Latent Heat* Adalah jumlah energi kalor yang digunakan untuk menguapkan air, dihitung dengan persamaan:

$$LH = M_a \times H_{fg} \text{ (Belonio, 2005)} \dots\dots\dots(3)$$

4. *Thermal Efficiency* (TE)

*Thermal Efficiency* Yakni perbandingan antara energi yang digunakan pada pemanasan dan

penguapan air dengan energi panas yang ada pada bahan bakar. Persamaan yang digunakan adalah:

$$TE = \frac{SH+LH}{LHV_t \times M_t} \dots\dots\dots(4)$$

5. *Gasification Efficiency* ( $\eta_{gas}$ )

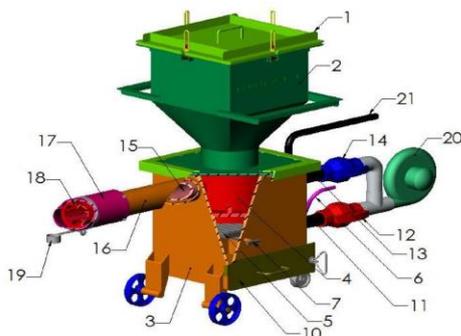
*Gasification Efficiency* Adalah perbandingan aliran energi syngas atau gas mampu bakar hasil gasifikasi dengan aliran energi udara dan biomassa bahan bakar gasifikasi.

$$\eta_{gas} = \frac{E_{syngas} \times \text{durasi produksi syngas}}{(E_{udara} + E_{tempurung}) \times \text{operation time}} \times 100\%$$

**Prosedur Penelitian**

Tempurung kelapa diberi perlakuan ukuran yakni ± 3×3 cm (P1) dan ± 5×5 cm (P2). Pertama-tama alat gasifikasi diisi hingga penuh dengan kedua perlakuan bahan sehingga alat terisi dengan massa bahan yang berbeda, yakni 10 kg (P1) dan 8,5 kg (P2). Setelah itu dinyalakan biomassa kemudian dialiri udara dari *blower* setelah api terbentuk. Dicatat setiap durasi proses pembakaran seperti waktu *syngas* mulai terbentuk, air mendidih, *syngas* telah habis, dan hingga waktu pembakaran selesai. Selama proses pembakaran berlangsung dicatat panas yang dihasilkan dalam reaktor dan pada *burner*. Setelah semua data telah didapatkan, data dianalisa kemudian diolah untuk dijelaskan secara deskriptif dan disajikan dalam grafik.

**Gasifier Tipe Updraft**



**Gambar 1.** Desain Alat Gasifier Updraft (Zulhairi, 2021)

Keterangan:

1. Tutup Hopper

2. Hopper
3. Casing
4. Reaktor
5. Griil
6. Penggetar
7. Penahan grill
8. Roda
9. Pipa T
10. Pintu
11. Pipa Udara Primer
12. Kran Saluran Udara Pipa Primer
13. Pipa Udara Sekunder
14. Kran Saluran Udara Pipa Sekunder
15. Pipa Pengeluaran Dalam
16. Pipa Pengeluaran Luar
17. Out Burner
18. In Burner
19. Pemantik
20. Blower
21. Saluran Pipa Udara Atas



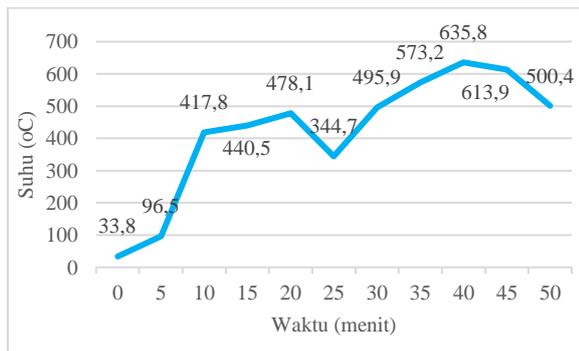
**Gambar 2.** Perbandingan ukuran tempurung kelapa kecil (P1) dan besar (P2)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

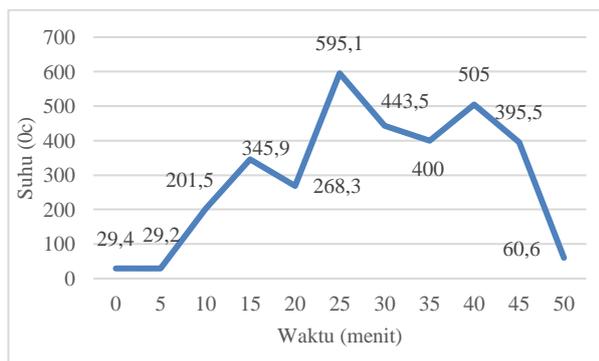
Pada penelitian dilakukan dua perlakuan dalam hal ukuran bahan biomassa. Ukuran yang digunakan yakni ±9 cm<sup>2</sup> dan ±25 cm<sup>2</sup>. Penentuan ukuran ini berdasarkan ukuran yang biasa ditemui kemudian dibagi menjadi dua bagian agar perbedaan ukuran terlihat jelas. Sehingga massa bahan yang digunakan di setiap perlakuan tergantung ukuran. Massa bahan dengan ukuran kecil (P1) adalah 10 kg, sedangkan ukuran besar (P2) adalah 8,5 kg. Kedua massa bahan ini adalah massa yang dibutuhkan untuk mengisi penuh alat gasifikasi mulai dari reaktor hingga tabung bagian atas. Untuk suplai udara dari *blower* digunakan satu variasi kecepatan. Pada pipa primer yang mengarah pada bagian bawah reaktor kecepatan maksimalnya 14,76 m/s, sedangkan pipa sekunder yang mengarah pada bagian atas reaktor kecepatan maksimalnya 2,14 m/s. Pada

penelitian ini digunakan kecepatan suplai udara 7,13 m/s atau 866,72 lpm.

### Suhu dalam Reaktor



**Gambar 3.** Grafik suhu dalam reaktor pada perlakuan tempurung kecil (P1)



**Gambar 4.** Grafik suhu dalam reaktor pada perlakuan tempurung besar (P2)

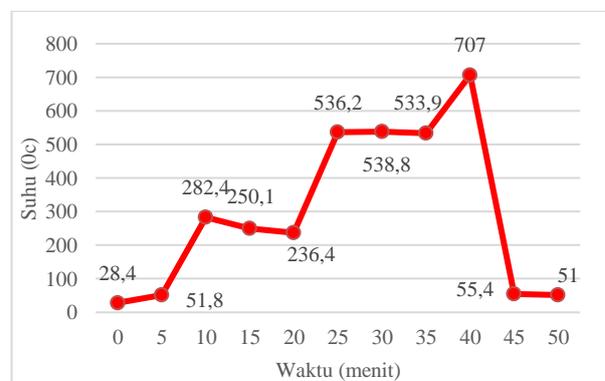
Reaktor adalah bagian dari alat gasifikasi yang berfungsi sebagai tempat pembakaran biomassa. Dari kedua grafik, terlihat tren yang menunjukkan kemiripan diantara keduanya. Proses awal gasifikasi yakni penguapan air berlangsung hingga gas yang keluar dari reaktor dapat terbakar. Hal ini yang menyebabkan asap berwarna pekat dan belum bisa terbakar karena masih mengandung uap air dari bahan tempurung kelapa.

Nyala lidah api pada P1 dan P2 cukup stabil meski terpapar angin pada pagi dan malam hari waktu pelaksanaan penelitian. Hingga pada satu titik dimana gas mampu bakar habis sehingga lidah api tidak lagi terlihat. Suhu dalam reaktor masih tercatat tinggi hingga menit ke-40 pada kedua perlakuan perlahan turun secara signifikan. Panas yang tersisa ini adalah panas dari bara dan juga dinding reaktor setebal 12 mm. Namun panas ini hanya terdapat dalam reaktor dan tidak mampu keluar meskipun *blower*

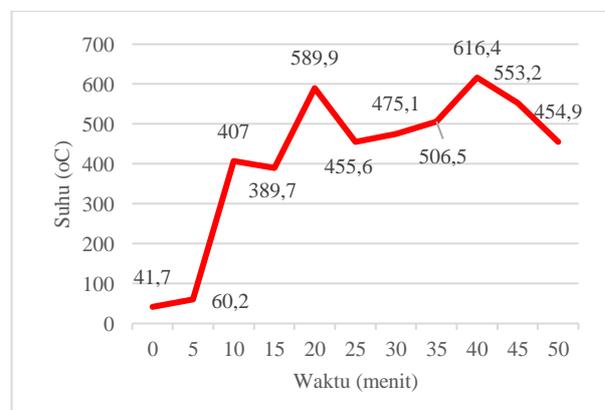
tetap menyala. Dengan demikian pencatatan suhu selama pembakaran hingga *blower* dimatikan, menghasilkan suhu rata-rata P1 sebesar 413,6 °C, dan P2 sebesar 420,9 °C.

### Suhu pada Burner

*Burner* adalah bagian dari alat gasifikasi yang terletak di ujung tempat hasil proses gasifikasi keluar. Pada *burner* ini gas mampu bakar dinyalakan untuk sehingga menjadi lidah api yang dimanfaatkan sesuai dengan keperluan. Data yang ditunjukkan grafik P1 terlihat lebih fluktuatif atau mengalami penurunan suhu yang lebih signifikan dibandingkan P2. Penurunan suhu terjadi salah satunya karena nyala api yang tidak stabil akibat produksi gas mampu bakar dan juga faktor eksternal seperti terkena terpaan angin. Terlihat pada grafik di menit ke-35 suhu pada burner P1 dan P2 mengalami peningkatan, terutama P2.



**Gambar 5.** Suhu pada burner pada perlakuan tempurung kecil (P1)

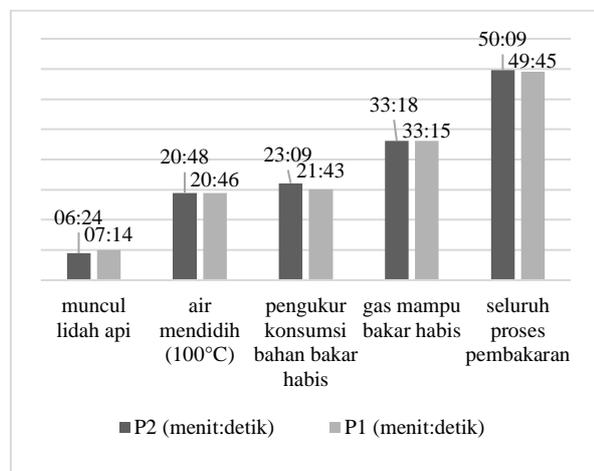


**Gambar 6.** Grafik Suhu pada burner pada perlakuan tempurung besar (P2)

Pengambilan data suhu secara keseluruhan, telah selesai karena diasumsikan

panas yang dimanfaatkan yakni panas pada *burner* sudah tidak dapat dimanfaatkan lagi. Suhu rata-rata *burner* baik pada P1 dan P2 selama kurang lebih 33 menit gas mampu bakar keluar dari dalam reaktor tidak terdapat perbedaan signifikan yakni sebesar 375,7°C dan 396,3°C.

### Laju Konsumsi Bahan Bakar Biomassa



**Gambar 7.** Grafik waktu dari setiap fase proses pembakaran

Penelitian ini menggunakan bahan bakar biomassa dengan berat yang disesuaikan dengan kapasitas ruang yang dapat terisi oleh alat gasifikasi. Masing-masing bahan yang digunakan pada P1 (ukuran kecil) dan P2 (ukuran besar) adalah 10 kg dan 8,5 kg atau selisih 15% massa bahan. Bahan bakar yang dihabiskan untuk menguapkan air sebanyak 5 liter pada perlakuan pertama yakni 3,57 kg dalam waktu 20 menit 46 detik. Sementara untuk perlakuan perlakuan kedua membutuhkan waktu selama 20 menit 48 detik dengan bahan bakar 3,245 kg. Untuk konsumsi bahan secara keseluruhan, P1 sebesar 3,35 gram/detik yang setara dengan 12,06 kg/jam dan P2 sebesar 2,82 gram/detik yang setara dengan 10,17 kg/jam.

Ditinjau dari durasi pembakaran kedua perlakuan tidak terlihat perbedaan yang signifikan. Namun secara laju konsumsi bahan bakar, P1 menunjukkan laju yang lebih cepat dibandingkan P2. Hal ini dapat terjadi karena kepadatan partikel bahan bakar dalam ruang alat gasifikasi. Pada P1 kepadatan bahan per volume ruang alat gasifikasi adalah 0,288 g/cm<sup>3</sup> dan 0,245 g/cm<sup>3</sup> untuk P2. Kepadatan

partikel tersebut memudahkan untuk membakar bahan lebih banyak dalam waktu yang sama.

### Efisiensi Termal Alat Gasifikasi

**Tabel 1.** Panas laten, panas sensibel, dan efisiensi termal pada P1 dan P2

Parameter	P1	P2
Panas Laten (kJ)	451,4	451,4
Panas Sensibel (kJ)	1295,8	1295,8
Massa bahan (kg)	$3575 \times 10^{-3}$	$3245 \times 10^{-3}$
Efisiensi termal	2,22%	2,43%

Efisiensi termal adalah persentase dari besar panas yang diterima oleh objek, dalam hal ini untuk memanaskan dan menguapkan air. Pada kedua perlakuan digunakan 5 liter air untuk mengukur panas sensibel dan panas laten yang terhubung kedua perlakuan memiliki besar yang sama, yakni 451,4 kJ dan 1295,8 kJ. Hal ini dikarenakan massa air yang diuapkan sama, sebesar 0,2 kg dan suhu yang dinaikkan sama sebesar 62 °C. Massa bahan diperoleh dari pendekatan waktu konsumsi bahan pada alat pengukur laju konsumsi bahan sebanyak 3,575 kg untuk P1 dan P2 sebanyak 3,245 kg. Sehingga efisiensi termal yang dihasilkan oleh alat gasifikasi ini untuk memanaskan air dari suhu 28 °C hingga 100 °C untuk P1 dan P2 adalah 2,22% dan 2,43%. Efisiensi termal ini masih tergolong sangat rendah dikarenakan panas yang terdapat pada *burner* mengarah horizontal sehingga banyak panas yang hilang atau terjadi *heat loss*.

### Efisiensi Gasifikasi ( $\eta_{gas}$ )

**Tabel 2.** LHV gas sintetik (*syngas*), laju aliran energi *syngas*, udara, dan biomassa, serta efisiensi gasifikasi

Parameter	P1	P2
LHV <sub>syngas</sub> (kJ/kg)	4152,98	
E <sub>syngas</sub> (kJ/s)	82,61	80,49
E <sub>udara</sub> (kJ/s)	4,71	
E <sub>tempurung kelapa</sub> (kJ/s)	73,7	62,04
Efisiensi gasifikasi/ $\eta_{gas}$	55%	65%

Perhitungan efisiensi gasifikasi didasarkan pada perbandingan antara nilai bakar bawah (low heating value/LHV) gas mampu bakar yang dihasilkan dari proses

gasifikasi dengan jumlah udara masuk dan nilai kalor dari tempurung kelapa yang digunakan selama proses gasifikasi. LHVsyngas dikutip dari penelitian serupa yang telah dilakukan oleh Vidian (2008), dengan menyesuaikan rumus efisiensi gasifikasi yang digunakan oleh Siahaan (2018) dalam penelitian serupa dengan biomassa cangkang kulit sawit dan kulit kopi. Dari perhitungan tersebut, didapatkan hasil dari efisiensi gasifikasi ( $\eta_{gas}$ ) untuk tempurung kelapa kecil (P1) sebesar 55% dan 65% untuk tempurung kelapa besar (P2).

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan dari hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa suhu yang dihasilkan dari kedua perlakuan ukuran tempurung kelapa baik dari dalam reaktor dan pada *burner* secara rata-rata tidak terlalu jauh berbeda. Di dalam reaktor P1 dan P2 tercatat suhu yang dihasilkan adalah 413,6°C dan 420,9°C dalam rentang waktu 50 menit. Sedangkan suhu rata-rata pada burner P1 dan P2 tercatat sebesar 297,63°C dan 297,4°C; dan Efisiensi termal pada P1 dan P2 masing-masing adalah 2,22% dan 2,43%. sedangkan untuk efisiensi gasifikasi pada P1 sebesar 55% dan P2 sebesar 65%.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Belonio, A.T., (2005). *Rice Husk Gas Stove Handbook*. Departement of Agricultural.
- Siahaan, T. (2018). Skripsi. Pembuatan syngas menggunakan updraft gasifier dari limbah cangkang kelapa sawit cks dan kulit kopi. Jakarta: Universitas Islam Negeri Jakarta.
- Vidian, F. (2008). Gasifikasi Tempurung Kelapa Menggunakan Updraft Gasifier Pada Beberapa Variasi Laju Alir Udara Pembakaran. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(2), 88-93.
- Zulhairi, A. (2021). Skripsi. Uji kinerja mesin gasifier tipe vertical updraft. Mataram: Universitas Mataram