

## PENGARUH LAJU ALIRAN UDARA TERHADAP KUALITAS NYALA API DAN EFISIENSI KOMPOR GASIFIKASI BIOMASSA TIPE *UPDRAFT* DENGAN BAHAN BAKAR TEMPURUNG KELAPA

**Riska Aprilia**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: [riska.18049@mhs.unesa.ac.id](mailto:riska.18049@mhs.unesa.ac.id)

**Indra Herlamba Siregar**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: [indrasiregar@unesa.ac.id](mailto:indrasiregar@unesa.ac.id)

### Abstrak

Tempurung kelapa merupakan salah satu biomassa yang berpotensi untuk dapat menghasilkan energi. Salah satu alternatif teknologi untuk skala rumah tangga, khususnya di wilayah pedesaan dengan kondisi di atas yaitu kompor gasifikasi biomassa dengan memanfaatkan tempurung kelapa sebagai bahan bakar kompor. Gasifikasi adalah konversi secara termokimia dengan panas yang dapat mengubah biomassa kering menjadi bahan bakar gas sebuah proses pembakaran dengan mengatur tekanan udara masuk dalam *gasifier*. Banyaknya udara yang masuk ke dalam *gasifier* akan berpengaruh terhadap laju alir massa *syn-gas* dan kualitas dari *syn-gas*. Penelitian ini dilakukan dengan metode ekperimental deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju aliran masuk *gasifier* tipe *updraft* terhadap temperatur nyala api, tinggi dan lebar nyala api, durasi nyala api, warna api, lama nyala api efektif, efisiensi *thermal* kompor, dan daya yang dihasilkan kompor gasifikasi biomassa. Pada penelitian ini menggunakan variasi laju aliran udara yaitu 6 m/s, 8 m/s, dan 10 m/s. Hasil penelitian diperoleh rata-rata temperatur nyala api tertinggi diperoleh dari aliran udara 10 m/s yaitu 925°C. Semakin banyak kandungan *flammable gas* pada *syngas* akan meningkatkan temperatur nyala api. Durasi nyala api terlalu lama yaitu 22 menit pada aliran udara 6 m/s. Tinggi dan lebar api tertinggi adalah 60 cm dengan lebar api 16 cm pada aliran udara 10 m/s. Warna api yang dihasilkan pada semua variasi adalah warna jingga. Lama nyala api efektif terbaik dari laju aliran udara 10 m/s yaitu 8,71 menit. Hasil efisiensi *thermal* terbesar diperoleh pada aliran udara 10 m/s yaitu 3,31%. Dan nilai daya tertinggi pada aliran udara 10 m/s yakni 105,8 kW.

**Kata Kunci:** tempurung kelapa, kompor gasifikasi biomassa, laju aliran udara, kualitas nyala api, efisiensi *thermal*.

### Abstract

*Coconut shell is one of the biomasses that has the potential to produce energy. One alternative technology for household scale, especially in rural areas with the above conditions is a biomass gasification stove by utilising coconut shells as stove fuel. Gasification is a thermochemical conversion with heat that can convert dry biomass into gaseous fuel by regulating the air pressure in the gasifier. The amount of air entering the gasifier will affect the mass flow rate of syn-gas and the quality of syn-gas. This research was conducted with a quantitative descriptive experimental method which aims to determine the effect of the updraft type gasifier inflow rate on flame temperature, flame height and width, flame duration, flame colour, effective flame length, stove thermal efficiency, and power produced by the biomass gasification stove. In this study using variations in air flow rates of 6 m / s, 8 m / s, and 10 m / s. The results of the study obtained the highest average flame temperature obtained from 10 m / s air flow which is 925 ° C. The more flammable gas content in syngas will increase the flame temperature. The longest flame duration was 22 minutes at 6 m/s air flow. The highest flame height and width were 60 cm with a flame width of 16 cm at 10 m/s air flow. The colour of the flame produced in all variations was orange. The best effective flame duration of the 10 m/s air flow rate is 8.71 minutes. The largest thermal efficiency results were obtained at an air flow of 10 m/s, namely 3.31%. And the highest power value at 10 m/s air flow is 105.8 kW.*

**Keywords:** coconut shell, biomass gasification stoves, air flow rate, flame quality, thermal efficiency.

### PENDAHULUAN

Pada masa yang akan datang, energi dunia akan terancam semakin sulit untuk menemukan sumber energi dari fosil.

Hal tersebut dikarenakan sumber daya fosil seperti minyak dan gas bumi semakin menipis. Sementara itu, pengembangan sumber daya energi terbarukan masih belum signifikan untuk mencukupi kebutuhan energi dalam

negeri seiring dengan penambahan penduduk, peningkatan perekonomian serta keberhasilan pembangunan ditengarai menjadi pemicu krisis energi saat ini. Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari proses alam yang terus berkelanjutan, seperti energi berasal dari tenaga angin, tenaga matahari, tenaga air, biomassa, dan panas bumi (Chryssanti, 2021).

Biomassa adalah material organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun buangan (Putera, 2019). Biomassa memiliki potensi menjadi salah satu sumber energi utama di masa yang akan datang, dan modernisasi sistem bioenergi disarankan sebagai kontributor penting bagi pengembangan energi berkelanjutan di masa depan, khususnya bagi pembangunan berkelanjutan di negara-negara industri maupun di negara-negara berkembang (Berndes *et al.*, 2003). Salah satu sumber biomassa yang dapat digunakan sebagai sumber energi yaitu tempurung kelapa. Tempurung kelapa merupakan salah satu biomassa yang berpotensi untuk dapat menghasilkan energi. Dikarenakan jumlah produksi tempurung kelapa yang sangat banyak dan hanya menjadi limbah pertanian. Pemanfaatannya juga saat ini hanya sebatas digunakan untuk pembakaran langsung dan digunakan sebagai arang. Selain untuk mengatasi masalah limbah tempurung kelapa, pemanfaatan tempurung kelapa menjadi energi juga bermanfaat untuk menaikkan nilai ekonomis dari tempurung kelapa tersebut (Effendi, *et. al.*, 2013).

Kompur menjadi salah satu teknologi yang berperan sangat penting dalam pemanfaatan energi pada sektor rumah tangga. Secara tidak langsung kebutuhan energi pada skala rumah tangga menjadi masalah seiring dengan kebutuhan bahan bakar untuk memasak. Salah satu alternatif teknologi untuk skala rumah tangga, khususnya di wilayah pedesaan dengan kondisi di atas yaitu kompor gasifikasi biomassa dengan memanfaatkan limbah pertanian sebagai bahan bakar kompor (Lingga, 2021).

Gasifikasi merupakan konversi secara termokimia dengan panas yang dapat merubah biomassa karbon atau biomassa kering menjadi bahan bakar gas yang bermanfaat juga ke bahan kimia melalui sebuah proses pembakaran atau oksidasi separuh dengan mengatur tekanan udara dalam wadah *gasifier* (Suhendi, 2017). Menurut Pathak, *et al* (2008) berdasarkan arah aliran, gasifikasi dibedakan menjadi dua yaitu gasifikasi *downdraft* dan gasifikasi *updraft*. Pada gasifikasi tipe *downdraft*, arah aliran gas dan arah aliran padatan sama-sama ke bawah. Pada gasifikasi *updraft*, arah aliran padatan ke bawah sedangkan arah aliran gas ke atas. Pembakaran berlangsung dibagian bawah tumpukan bahan bakar dalam *gasifier*, gas hasil pembakaran akan mengalir keatas melewati tumpukan bahan bakar sekaligus terjadi proses pengeringan. Bahan bakar dimasukkan kedalam ruang bakar melalui saluran masuk bagian atas (Chopra dan Jain, 2007). Karena kandungan tar nya tinggi, reaktor tipe *updraft* cocok untuk memasok gas untuk tungku dan tidak cocok untuk memasok bahan bakar untuk motor bakar. Tipe *updraft* lebih flexibel terhadap kualitas bahan bakar biomassa tempurung kelapa yang digunakan.

Kecepatan aliran udara dalam proses gasifikasi tipe *updraft* sangat berpengaruh terhadap *syngas* yang

dihasilkan. Pada prinsipnya kecepatan aliran udara juga akan mempengaruhi kecepatan rambat pembakaran tempurung kelapa dalam *gasifier*. Penggunaan udara sebagai media gasifikasi adalah yang paling mudah dan murah. Udara mengandung 79% volume nitrogen yang tidak bereaksi dengan bahan bakar (biomassa).

Pemanfaatan biomassa dengan metode konversi energi gasifikasi dinilai ekonomis dalam menghasilkan energi yang relatif bersih. Penelitian ini dimaksudkan untuk memanfaatkan limbah tempurung kelapa sebagai salah satu alternatif teknologi untuk skala rumah tangga, khususnya di wilayah pedesaan adalah kompor gasifikasi limbah tempurung kelapa.

## METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode uji eksperimen (*experimental research*). Metode eksperimen merupakan metode yang digunakan untuk mencari adanya hubungan sebab akibat dari beberapa faktor yang saling berkaitan. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan kualitas nyala api dan efisiensi kompor gas hasil proses gasifikasi biomassa tempurung kelapa. Hal ini yang diteliti meliputi temperatur api, durasi waktu nyala api, tinggi dan lebar api, warna nyala api, lama nyala api efektif, efisiensi *thermal*, dan daya dari kompor dengan metode *Water Boiling Test* (WBT).

## Tempat dan Waktu Penelitian Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fenomena Dasar Mesin, Gedung A8 lantai 4, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

## Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Maret – April 2023.

## Variabel Penelitian

### Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi laju aliran udara masuk pada *gasifier* yaitu 6 m/s, 8 m/s, dan 10 m/s.

### Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah temperatur api, tinggi dan lebar api, durasi waktu nyala api, warna nyala api, waktu nyala api efektif, efisiensi *thermal* kompor, dan daya yang dihasilkan kompor.

### Variabel Kontrol

Variabel kontrol ialah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel independen terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:

- Bahan bakar yang digunakan adalah limbah tempurung kelapa.

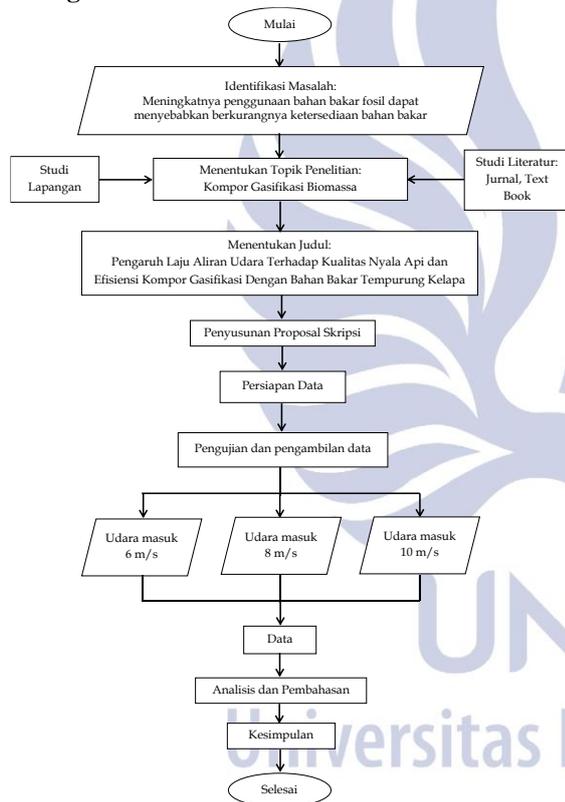
- Berat kering bahan baku untuk proses gasifikasi yaitu 2,7 kg dan berat arang untuk bara yaitu 0,3 kg.
- Proses gasifikasi menggunakan *gasifier* tipe *updraft*.
- Beban yang digunakan untuk uji kompor adalah air.
- Mencatat data temperatur api setiap satu menit dari waktu operasional kompor.

### Peralatan dan Instrumen Penelitian

Peralatan dan instrumen yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

1. *Gasifier*
2. *Blower* dan Katup
3. *Dimmer*
4. Panci Air
5. Korek Api
6. Timbangan
7. *Anemometer*
8. *Thermometer*
9. *Stopwatch*
10. Kawat *Mesh*
11. Kamera

### Rancangan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### Prosedur Pengujian

Sebelum melakukan pengujian ada lima langkah yang harus dilakukan sebelum benar-benar memulai pengujian, yaitu:

- Pastikan bahwa ada cukup bahan bakar dan air untuk tes uji.
- Lakukan sedikitnya satu kali uji percobaan pada kompor agar terbiasa dengan prosedur pengujian dan karakteristik kompor.

- Lakukan percobaan dengan menggunakan *mesh* yang diletakkan di atas lubang keluaran api dengan ukuran yang berbeda-beda. Lalu pilihlah ukuran *mesh* yang terbaik pengujian.
- Uji percobaan juga digunakan untuk menentukan titik didih lokal air. Hal ini harus ditentukan dengan prosedur berikut:
  - a. Panaskan air hingga mendidih.
  - b. Dengan menggunakan *thermometer* yang sama yang akan digunakan untuk pengujian, ukurlah suhu didih dengan kondisi *thermometer* diletakkan di tengah, 5 cm di atas dari dasar panci.
- Pastikan ada ruang dan waktu yang cukup untuk melakukan pengujian tanpa terganggu.

### Tahap Pengambilan Data

#### a. Tanpa Beban

- 1) Mempersiapkan peralatan yang akan digunakan saat pengujian
- 2) Mempersiapkan serta memasang *thermometer*, kamera, dan *stopwatch*.
- 3) Menimbang tempurung kelapa seberat 0,7 kg, lalu masukkan ke dalam *gasifier* terlebih dahulu.
- 4) Menimbang 0,3 kg tempurung kelapa, kemudian dibakar hingga menjadi bara yang digunakan sebagai pematik di dalam *gasifier*, lalu masukkan bara tersebut ke dalam *gasifier*.
- 5) Nyalakan *blower*.
- 6) Mengatur kecepatan udara yang telah ditentukan dengan cara mengatur kecepatan *blower* menggunakan *dimmer* dan mengatur bukaan katup yang terdapat pada *blower* sebesar 6 m/s, 8 m/s, dan 10 m/s.
- 7) Timbang dan masukkan tempurung kelapa seberat 2 kg ke dalam *gasifier*.
- 8) Ketika api sudah bisa dinyalakan, maka pengukuran waktu bisa dimulai.
- 9) Menyalakan *stopwatch*, mengamati, dan mencatat durasi waktu nyala api.
- 10) Mengamati visualisasi warna nyala api yang dihasilkan serta mengambil dokumentasi gambar menggunakan kamera.
- 11) Menunggu sampai proses gasifikasi selesai (tempurung kelapa habis).
- 12) Mematikan listrik pada *blower*.
- 13) Keluarkan semua arang sisa pembakaran. Timbang beratnya dan catat ke dalam tabel dan pengukuran data.

#### b. Dengan Beban

- 1) Mengulangi langkah (1) – (8) dengan menggunakan beban yaitu air pada panci.

- 2) Isi panci dengan air pada kondisi suhu ruangan sebanyak 3 kg (3 liter). Dan letakkan panci diatas dudukan yang terletak di atas *gasifier*.
- 3) Ukur suhu awal air pada panci dan pastikan bahwa tidak memiliki perbedaan signifikan dengan suhu ruangan.
- 4) Menyalakan *stopwatch*, mengamati, dan mencatat durasi waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan air 3 liter.
- 5) Catat waktu dimana air pertama kali mencapai suhu titik didih lokal dan juga catat suhunya.
- 6) Ketika air dalam panci sudah mendidih atau mencapai suhu titik didih lokal segera matikan *blower*.
- 7) Singkirkan semua tempurung kelapa dari pembakaran dan matikan api.
- 8) Biarkan air dalam panci selama 5 menit untuk proses penguapan.
- 9) Timbang berat panci bersama dengan air di dalamnya. Catat hasilnya ke dalam tabel pengukuran dan data.
- 10) Timbang berat tempurung kelapa yang tidak habis. Catat hasilnya ke dalam tabel pengukuran dan data.
- 11) Pastikan semua data pengukuran sudah tercatat mulai dari waktu, suhu air mendidih, tempurung kelapa yang tersisa, berat panci dan air yang tersisa, sisa abu pembakaran yang dicatat ke dalam tabel pengukuran dan data.

### Teknik Analisa Data

Pada penelitian ini teknik analisa data yang digunakan yaitu dengan metode analisis data kualitatif deskriptif. Pengambilan data dilakukan dengan alat ukur yang kemudian dimasukkan ke dalam tabel, dihitung secara teoritis, lalu disajikan dalam bentuk tabel dengan penjelasan agar lebih mudah dipahami. Hal ini dilakukan untuk memberi informasi mengenai karakteristik minyak yang terbaik, hubungan antara variabel-variabel dan fenomena-fenomena yang terjadi dalam penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Penelitian tentang pengaruh laju kecepatan udara yang masuk ke dalam *gasifier* tipe *updraft* dengan menggunakan variasi kecepatan udara masuk dengan mengatur kecepatan udara dari *blower* menggunakan *dimmer* serta mengatur bukaan katup pada *blower*. Kemudian mengamati hasil visualisasi nyala api yang meliputi temperatur nyala api, durasi waktu nyala api, tinggi dan lebar nyala api, serta warna api yang dihasilkan. Pengujian kompor biomassa menggunakan metode pengujian *water boiling test*, dimana kompor diuji untuk mendidihkan air sebanyak 3 kg hingga mencapai titik didih lokal. Pengujian *water boiling test*

dapat dimulai saat *syngas* sudah mulai tercipta dan api bisa dinyalakan pada kompor.

Setelah melakukan pengujian pada masing-masing variabel bebas maka didapatkan data hasil penelitian. Hasil penelitian ini meliputi hasil pengujian temperatur nyala api, durasiwaktu nyala api, tinggi dan lebar nyala api, warna nyala api, waktu nyala api efektif, efisiensi *thermal*, dan daya yang dihasilkan oleh kompor gasifikasi biomassa.

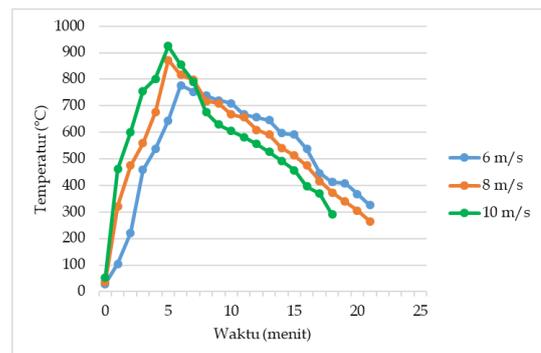
### Pembahasan

#### • Temperatur Nyala Api

Pengukuran temperatur nyala api pada pembakaran *syngas* yaitu dengan menggunakan *thermometer* yang dipasang di bagian atas kompor. Sensor *thermocouple* diletakan pada inti dari nyala api yang dihasilkan kompor tersebut. Pengambilan data dari temperatur api yaitu dengan mencatat temperatur setiap satu menit sampai nyala api habis atau padam.

Tabel 1. Data Temperatur Nyala Api

Waktu (min)	Laju Aliran Udara		
	6 m/s	8 m/s	10 m/s
0	29	36	53
1	105	322	461
2	221	475	601
3	459	559	756
4	538	676	802
5	644	873	925
6	778	817	855
7	753	798	789
8	738	718	676
9	720	709	630
10	710	667	605
11	667	657	582
12	657	609	557
13	646	592	527
14	597	542	492
15	592	513	458
16	588	475	396
17	447	417	369
18	412	374	291
19	409	339	
20	368	305	
21	326	265	



Gambar 3. Grafik Temperatur Nyala Api

Dapat dilihat pada menit ke-0 sampai dengan menit ke-2 suhu mulai meningkat setelah dimulainya pembakaran. Pada menit ke-2 hingga ke-5 suhu api meningkat secara signifikan yang menandakan *syngas* sudah terbentuk, sehingga nyala api stabil. Pada menit ke-8 temperatur api menurun tajam yang menandakan bahwa *syngas* mulai berkurang seiring berkurangnya biomassa dalam *gasifier* dan pada saat api padam, temperatur kompor kembali menyesuaikan dengan suhu lingkungan.

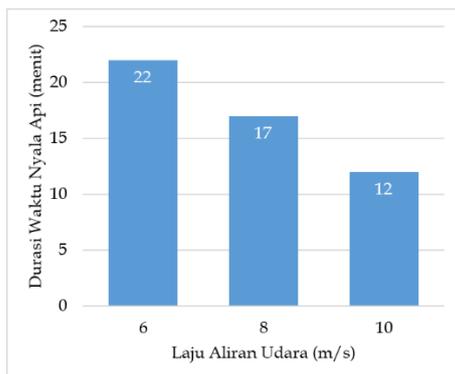
Temperatur nyala api maksimal pada masing-masing laju aliran udara 6 m/s, 8m/s, dan 10 m/s yaitu 778°C, 873°C, dan 925°C. Berdasarkan hasil penelitian dapat dinilai bahwa semakin besar laju aliran udara masuk, maka laju alir *syngas* yang dihasilkan akan semakin besar pula. Semakin besar laju *syngas* yang dihasilkan, maka suplai oksigen untuk pembakaran di daerah oksidasi juga akan semakin meningkat sehingga semakin banyak CO<sub>2</sub> dan arang karbon yang terbentuk (Vidian, 2008). Dengan semakin banyaknya H<sub>2</sub>O yang terbentuk dan CO<sub>2</sub> yang teruapkan dari bahan bakar, akan semakin banyak gas CO dan H<sub>2</sub> yang bereaksi membentuk gas methane (CH<sub>4</sub>) atau *syngas*. Semakin kaya kandungan *flammable gas* pada *syngas*, maka temperatur nyala api akan semakin tinggi dan dapat berpengaruh juga ke visualisasi nyala api. Sebaliknya apabila kandungan *flammable gas* pada *syngas* rendah, maka temperatur nyala api akan semakin rendah begitu pula akan berpengaruh ke visualisasi nyala apinya juga (Adrieq, 2016).

• **Durasi Waktu Nyala Api**

Pengukuran durasi waktu nyala api yang dihasilkan yaitu menggunakan alat bantu *stopwatch*. Hasil dari *syngas* yang sudah dinyalakan menjadi api akan diukur lama nyala apinya sampai tempurung kelapa yang ada didalam *gasifier* habis dan api menjadi padam.

Tabel 2. Data Durasi Nyala Api

Laju Aliran Udara	Durasi Waktu Api
6 m/s	22 menit
8 m/s	17 menit
10 m/s	12 menit



Gambar 4. Grafik Durasi Waktu Nyala Api

Durasi nyala api yang berhasil dicapai pada masing-masing laju aliran udara 6 m/s, 8 m/s, dan 10 m/s yaitu 22 menit, 17 menit, dan 12 menit. Dilihat dari data di atas lama nyala api akan menurun seiring dengan bertambahnya kecepatan laju aliran udara yang disuplai masuk kedalam *gasifier*. Semakin besar udara yang disuplai kedalam *gasifier* akan semakin mempercepat proses oksidasi, sehingga proses dekomposisi biomassa akan semakin cepat (Vidian, 2008).

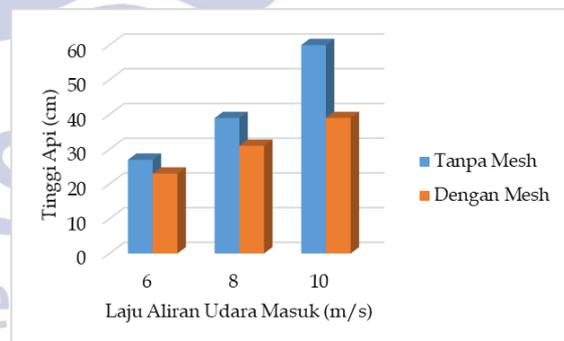
Ditinjau dari dari segi keluaran *syngas*, kecepatan *syngas* akan semakin besar seiring bertambahnya kecepatan laju aliran udara yang masuk. Jika semakin besar kecepatan udara yang masuk maka semakin cepat *syngas* yang akan keluar. Sehingga dalam hal ini biomassa tempurung kelapa akan semakin cepat habis. Jika biomassa tempurung kelapa cepat habis maka lama nyala api akan semakin cepat Myzhar (2019).

• **Tinggi dan Lebar Nyala Api**

Pengukuran tinggi nyala api yang dihasilkan dari pembakaran *syngas* yaitu dengan mendokumentasikan gambar nyala api lalu dicetak pada selembar kertas dan diukur secara manual dengan menggunakan skala.

Tabel 3. Data Tinggi Nyala Api

Laju Aliran Udara (m/s)	Tinggi Api	
	Tanpa Mesh (cm)	Dengan Mesh (cm)
6	27	23
8	39	31
10	60	38



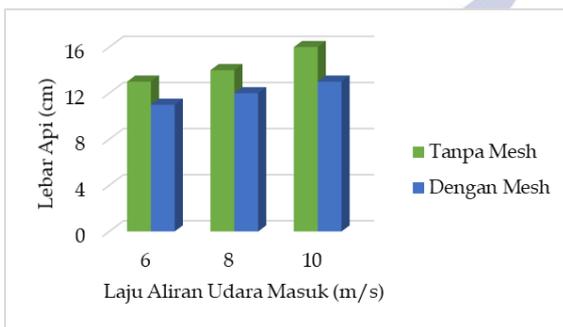
Gambar 5. Grafik Perubahan Tinggi Nyala Api

Berdasarkan gambar 5. tinggi nyala api yang mampu dicapai pada masing-masing kecepatan aliran udara 6 m/s, 8 m/s, dan 10 m/s tanpa *mesh* yaitu 27 cm, 39 cm, dan 60 cm. Nyala api akan semakin tinggi seiring penambahan kecepatan aliran udara yang masuk ke dalam *gasifier*. Oleh karena itu, semakin besar kecepatan aliran udara, semakin tinggi pula tinggi api yang diperoleh, karena semakin besar kecepatan aliran udara yang masuk, maka *syngas* yang keluar akan semakin banyak dan dengan kecepatan yang tinggi sehingga api yang dihasilkan dari pembakaran hasil *syngas* akan semakin tinggi.

Penambahan kawat *mesh* pada bagian atas *gasifier* berpengaruh pada tinggi api yang dihasilkan pada masing-masing laju aliran udara masuk. Tinggi api yang mampu dicapai pada laju aliran udara 6 m/s, 8 dan 10 m/s masing-masing adalah 23 cm, 31 cm, dan 38 cm yang mana tinggi api tersebut mengalami penurunan yang signifikan dibandingkan dengan tinggi api pada *gasifier* tanpa *mesh*.

Tabel 4. Data Lebar Nyala Api

Laju Aliran Udara (m/s)	Lebar Api	
	Tanpa Mesh (cm)	Tanpa Mesh (cm)
6	13	13
8	14	14
10	16	16



Gambar 6. Grafik Lebar Nyala Api

Dari gambar diatas diketahui bahwa lebar api pada setiap variasi memiliki lebar yang relatif sama yaitu berkisar antara 11-16 cm dengan diameter lubang keluar api sebesar 14 cm. Lebar api juga dipengaruhi oleh diameter lubang keluar *syngas* dan api, sehingga lebar api yang dihasilkan tidak jauh beda dengan ukuran diameter lubang keluar api.

• **Warna Nyala Api**

Warna nyala api merupakan hasil perpaduan dari *volatile metter*, jelaga dan campuran udara (baik primer maupun skunder).

Tabel 5. Visualisasi Warna Nyala Api

Laju Aliran Udara (m/s)	Warna	Visualisasi	Temperatur
6	Jingga		1000°C-1200°C
8	Jingga		1000°C-1200°C

10	Jingga		1000°C-1200°C
----	--------	--	---------------

Pada visualisasi nyala api, warna nyala api tidak didapati ada yang berwarna kebiru-biruan. Namun temperatur nyala api tertinggi berhasil menyentuh angka sebesar 925°C pada laju aliran udara 10 m/s. Warna api yang dihasilkan pada laju aliran 6 m/s, 8 m/s, dan 10 m/s yaitu warna jingga yang menunjukkan bahwa temperatur pada nyala api lumayan tinggi. Warna api yang dihasilkan berwarna jingga ini dikarenakan pembentukan OH lebih banyak dibandingkan dengan CH dan C<sub>2</sub> sehingga api yang dihasilkan cenderung kemerahan.

Menurut Sya'roni (2016), yang mempengaruhi semakin birunya nyala api yaitu kandungan CH<sub>4</sub> pada kandungan *syngas* bagian *combustible gas* (CO, H<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub>). Secara keseluruhan pada penelitian ini masih berupa campuran kaya, karena pembakaran masih belum sempurna.

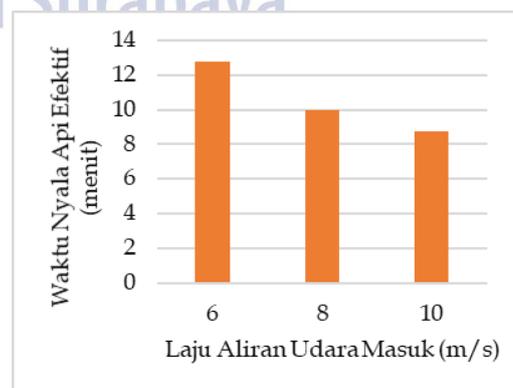
• **Water Boiling Test**

a. Waktu Nyala Api Efektif

Metode dari pengujian lama nyala api efektif yang dihasilkan dari kompor gasifikasi biomassa ini, yaitu dengan mengukur lama waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan 3 kg air dengan menggunakan bahan bakar yaitu tempurung kelapa sebanyak 3 kg.

Tabel 6. Data Waktu Nyala Api Efektif

No.	Laju Aliran Udara (m/s)	Waktu Nyala Api Efektif (menit)
1.	6	12,79
2.	8	9,95
3.	10	8,71



Gambar 7. Grafik Waktu Nyala Api Efektif

Gambar 7. menunjukkan perbandingan nyala efektif kompor pada kecepatan aliran udara masuk 6 m/s, 10 m/s, dan 10 m/s masing-masing yaitu 12,79 menit; 9,95 menit; dan 8,71 menit.

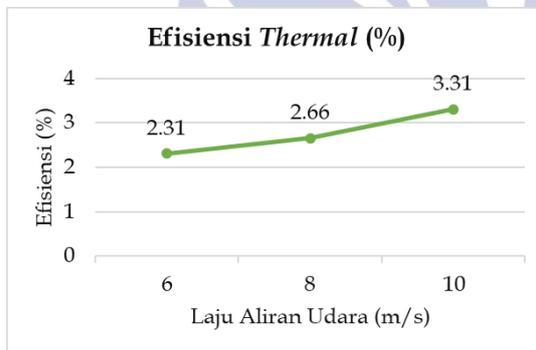
Terdapat perbedaan yang signifikan diantara semua variabel terhadap lama waktu memasak air. Hal tersebut membuktikan bahwa perbedaan kecepatan aliran udara pada kompor gasifikasi biomassa mempengaruhi terhadap lama nyala api efektif yang digunakan untuk mendidihkan 3 kg air. Semakin cepat kompor mendidihkan air, maka akan semakin baik dan efektif.

b. Efisiensi *Thermal*

Metode yang digunakan yaitu dengan mengukur rasio energi yang digunakan dalam mendidihkan dan menguapkan air terhadap energi panas atau kalor yang tersedia dalam bahan bakar.

Tabel 7. Data Efisiensi *Thermal* Kompor

No.	Laju Aliran Udara (m/s)	Efisiensi <i>Thermal</i> (%)
1.	6	2,31
2.	8	2,66
3.	10	3,31



Gambar 8. Grafik Efisiensi *Thermal* Kompor

Berdasarkan gambar 8. didapatkan efisiensi *thermal* pada pengujian kompor dengan kecepatan aliran udara 6 m/s, 8 m/s, dan 10 m/s adalah 2,31 %; 2,66%; dan 3,31%. Pada laju aliran udara 10 m/s menghasilkan efisiensi *thermal* tertinggi, hal ini disebabkan pada variasi laju aliran udara 10 m/s menghasilkan tinggi api yang paling tinggi dan temperatur nyala api yang tinggi sehingga akan lebih cepat untuk memanaskan dan kehilangan kalor (*heat loss*) ke lingkungan dapat terminimalisir.

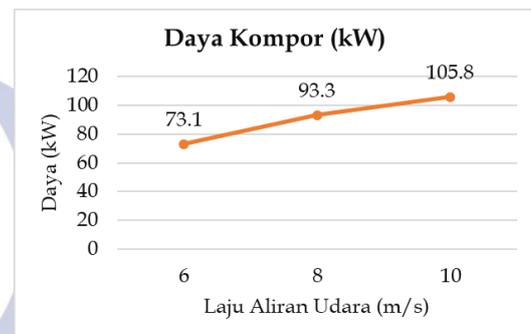
Hal tersebut menunjukkan bahwa efisiensi *thermal* yang dihasilkan kompor cenderung meningkat dengan meningkatnya laju aliran udara yang masuk, dikarenakan dengan meningkatnya laju aliran udara pembakaran akan meningkatkan laju aliran *syngas* hasil gasifikasi, sehingga otomatis efisiensi gasifikasi akan meningkat. Efisiensi *thermal* yang lebih tinggi menunjukkan kemampuan yang lebih baik untuk mentransfer panas yang dihasilkan ke dalam panci.

c. Daya Kompor

Metode dari pengujian daya kompor yang dihasilkan dari kompor gasifikasi biomassa ini yaitu dengan mengukur total energi yang dihasilkan kompor dibagi dengan waktu lama nyala api efektif.

Tabel. 8 Data daya Kompor

No.	Laju Aliran Udara (m/s)	Daya Kompor (W)
1.	6	73.063
2.	8	93.288
3.	10	105.809



Gambar 9. Grafik Daya Kompor

Berdasarkan gambar 9. diperoleh nilai daya pada pengujian kompor dengan kecepatan aliran udara masuk 6 m/s yaitu 73,1 kW, kecepatan aliran udara masuk 8 m/s yaitu 93,3 kW, dan kecepatan aliran udara masuk 10 m/s yaitu 105,8 kW. Semakin besar kecepatan aliran udara, akan semakin tinggi pula daya yang dikeluarkan oleh kompor. Maka kecepatan aliran udara masuk ke dalam *gasifier* akan mempengaruhi nilai daya kompor.

PENUTUP

Simpulan

Setelah melakukan serangkaian tahapan proses penelitian dan telah melakukan analisa dari penelitian, maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

- Dari pengujian yang telah dilakukan ada pengaruh laju aliran udara masuk pada *gasifier* tipe *updraft* terhadap temperatur nyala api, durasi waktu nyala api, tinggi dan lebar nyala api, serta warna nyala api. Temperatur nyala api *syngas* tertinggi terdapat pada laju aliran udara 10 m/s yaitu 925°C dan yang terendah pada laju aliran udara 6 m/s yaitu 778°C. Hal tersebut disebabkan karena semakin besar laju aliran udara, maka *syngas* yang dihasilkan juga akan semakin besar serta kandungan *flammable gas* juga akan semakin tinggi sehingga temperatur yang dihasilkan akan tinggi pula. Durasi nyala api terlama diperoleh pada laju aliran udara masuk 6 m/s yaitu selama 22 menit dan yang tercepat berdurasi 12 menit pada laju aliran udara

10 m/s. Semakin besar laju aliran udara, maka proses pembakaran akan semakin cepat dan biomassa akan semakin cepat habis. Sehingga lama nyala api juga semakin cepat. Tinggi nyala api *syngas* tertinggi diperoleh pada laju aliran udara masuk 10 m/s yaitu 60 cm dengan lebar api 16 cm pada *gasifier* tanpa *mesh*, sedangkan nyala api terendah dihasilkan dari laju aliran udara 6 m/s dengan *mesh* yaitu 23 cm dan lebar api 11 cm. Semakin besar laju aliran udara yang masuk, maka *syngas* yang keluar semakin banyak sehingga tinggi api yang dihasilkan dari pembakaran akan semakin tinggi. Warna api yang dihasilkan pada semua laju aliran udara yaitu warna jingga. Warna api jingga dikarenakan pembentukan OH lebih banyak dibandingkan dengan CH dan C<sub>2</sub> yang menandakan pembakaran yang terjadi kurang dimana didominasi oleh pembakaran difusi.

- Ada pengaruh laju aliran udara masuk pada *gasifier* tipe *updraft* terhadap *water boiling* tests (WBT). Lama nyala api efektif untuk mendidihkan 3 kg air dari kompor biomassa tempurung kelapa yang terbaik yaitu selama 8,71 menit pada laju aliran udara masuk 10 m/s. Hal ini membuktikan bahwa laju aliran udara mempengaruhi lama nyala api efektif, semakin besar laju aliran udara, maka semakin singkat nyala api efektif yang dibutuhkan. Efisiensi *thermal* terbaik dihasilkan pada kompor dengan laju aliran udara masuk 10 m/s yakni 3,31%. Efisiensi *thermal* yang dihasilkan cenderung meningkat seiring bertambahnya laju aliran udara yang menyebabkan laju alir *syngas* juga meningkat, otomatis efisiensi *thermal* meningkat pula. Nilai daya terbaik yang bisa dihasilkan pada kompor biomassa dengan beban 3 kg air adalah pada laju aliran udara masuk 10 m/s yakni 105,8 kW. Semakin besar laju aliran udara, maka daya yang dikeluarkan kompor akan semakin besar.

### Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian ini, maka peneliti dapat memberikan saran sebagai berikut ini:

- Perlu adanya penelitian lebih lanjut pada *gasifier* agar dapat bekerja sempurna dengan bahan bakar tempurung kelapa.
- Perlu adanya penelitian lanjut terhadap laju aliran udara masuk pada *gasifier* untuk mengetahui laju aliran udara terbaik untuk kompor biomassa tempurung kelapa.
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang kandungan *syngas* yang dihasilkan oleh kompor gasifikasi.
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap berat bahan bakar yang digunakan dan berat air yang diuji.
- Diharapkan untuk penelitian kedepannya bisa mempertimbangkan bahan bakar lain yang mudah ditemukan disekitar.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adrieq, A., Sudarmanta, B. (2016). Studi Eksperimental Pengaruh Air Fuel Ratio Proses Gasifikasi Briket Municipa Solid Waste Terhadap Unjuk Kerja Gasifier Tipe Downdraft. *JURNAL TEKNIK ITS*, 1(1).
- Berndes, G., Hoogwijk, M. dan Van Den Broek, R. (2003). The contribution of biomass in the future global energy supply: A review of 17 studies. *Biomass dan Bioenergy*, 25(1), 1–28.
- Chopra, S and A. Jain. (2007). A review of Fixed Bed Gasification System for Biomass. *Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal*, 9(5).
- Chryssanti, W., Supriyani, N., Andianti, R. dan Zulkifli, M. (2021). Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2021: Energi dan Edited by Krismawati, C. Widya, dan N. Supriyani. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Effendi, Sairul, Azharuddin, dan Pramedian Gybson. (2013). Rancang Bangun Alat Gasifikasi Sistem Updraft Double Gas Outlet Berbahan Bakar Biomassa (Tempurung Kelapa) Dengan Pengaruh Laju Alir Udara Pembakaran Terhadap Produk Syngas. *Jurnal Austenit*, 5(2), 15-21.
- Lingga, E.E. (2021). Rancang Bangun Kompor Biomassa Dengan Bahan Bakar Biopellet. Universitas Medan Area, 1–59.
- Myzhar, R., Heru Sutjahjo, D. (2019). Uji Kualitas Syngas Gasifikasi Biomassa Cangkang Sawit Terhadap Afr Dan Kadar Air Pada Gasifier Tipe Updraft. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(2).
- Putera, P.B., Hermawati, W. dan Poerbosisworo, I.R. (2019). Kecenderungan Perkembangan Teknologi Gasifikasi Biomassa: Studi Perbandingan di Beberapa Negara. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 17(3).
- Suhendi, E., Paradise, G.U. dan Priandana, I. (2017). Pengaruh Laju Alir Udara Dan Waktu Proses Gasifikasi Terhadap Gas Producer Limbah Tangkai Daun Tembakau Menggunakan Gasifier Tipe Downdraft. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 5(2), 45–
- Sya'roni, A. I. (2016). Analisa Warna Api Dan Suhu Pembakaran Biogas Limbah Pasar Yang Sudah Dipurifikasi Dengan Kalium Hidroksida.
- Vidian, F. (2008). Gasifikasi Tempurung Kelapa Menggunakan Updraft Gasifier pada Beberapa Variasi Laju Alir Udara Pembakaran. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(02), 88–93.