

RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN KOMPOR *BIOMASS* DENGAN GENERATOR *DOWNDRAFT* BERBAHAN BAKAR KAYU PELET

Aribati Fabi Insani

Prodi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : aribati17050754003@mhs.unesa.ac.id

Indra Herlamba Siregar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : indrasiregar@unesa.ac.id

Abstrak

Meningkatnya permintaan gas menyebabkan peningkatan permintaan bahan bakar juga. Hal ini menyebabkan berkurangnya pasokan bahan bakar, sehingga perlu dicari energi alternatif yaitu biomassa untuk mengatasi hal tersebut. Salah satu jenis biomassa adalah wood pellet yang berpotensi menjadi sumber energi terbarukan di masa depan. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental untuk mengetahui pengaruh perbedaan bukaan katup (ball valve) 30°, 60°, 90° pada pipa syngas dengan aksi deaktivasi generator gas. Pengambilan data dilakukan untuk mengetahui efisiensi termal kompor, daya yang dihasilkan kompor dengan beban, durasi nyala efektif, jenis nyala api yang dihasilkan, dan tinggi nyala api kompor. Ini berasal dari gasifikasi 60% arang dan 40% pelet kayu. Oleh karena itu, efisiensi termal terbaik diperoleh dari bukaan katup pada 90°, yaitu 4,87%. Nilai daya terbaik yang dapat dihasilkan pada bukaan katup 90° adalah 19,5 kW. Waktu nyala efektif untuk merebus 1 kg air pada bukaan katup 90° adalah 16 menit. Jenis api yang dihasilkan adalah difusi. Ketinggian nyala api maksimum saat membuka katup 90 derajat adalah 14 cm. Didapatkan bahwa semakin besar bukaan katup pada selang syngas maka akan semakin baik. Namun, disini lain perlu adanya pengujian lebih lanjut seperti pengaruh jumlah lubang diameter pada burner, bentuk burner, dan diameter lubang udara pada burner.

Kata Kunci : Energi terbarukan, Biomassa, Kayu pellet, Katup.

Abstract

Increased demand for gas leads to increased need for fuel. This will lead to a shortage of fuel supplies, and we will have to look for alternative energy sources to overcome this: biomass. One type of biomass is wood pellets, which have the potential to become a renewable energy source in the future.

This study used experimental research methods to determine the effects of his 30°, 60° and 90° variable valve openings (ball valves) on syngas hoses with carburetor generators in downdraft. increase. Data searches were performed to determine the thermal efficiency of the kiln, the power produced by the kiln when loaded, the effective flame duration, the type of fire produced, and the kiln fire height. It is made by gasifying 60% charcoal and 40% wood pellets. As a result, the highest thermal efficiency is achieved at 90° valve opening, which is 4.87%. The maximum output value that can be generated with a valve opening angle of 90° is 19.5 kW. Effective flame time to boil 1 kg of water from 90° valve opening is 16 minutes. The type of fire produced is diffusion. Maximum flame height at 90° valve opening is 14 cm. It was found that the larger the valve opening in the syngas hose, the better. However, on the other hand, further testing is needed, such as the effect of the number of orifice diameters on the burner, the shape of the burner, and the diameter of the air holes on the burner.

Keywords: Renewable energy, Biomass, , wood pellet, valve

PENDAHULUAN

Dewasa ini energi menjadi kebutuhan pokok bagi kegiatan sehari-hari mulai dari kebutuhan dibidang industri sampai dengan kebutuhan rumah tangga. Energi menjadi kebutuhan yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia sekarang. Penggunaan energi akan terus meningkat seiring semakin banyaknya populasi penduduk dunia, meningkatnya teknologi transportasi, dan munculnya industri baru (Yunizurwan, 2007). Sebagai sumber daya alam, energi harus dimanfaatkan sebesar-besarnya bagi kemakmuran masyarakat dan pengelolaannya harus mengacu pada asas pembangunan berkelanjutan. Dari aspek penyediaan, Indonesia merupakan negara yang kaya dengan sumberdaya energi baik energi yang bersifat *unrenewable resources* maupun yang bersifat *renewable resources*. Namun demikian, eksplorasi sumber daya energi lebih banyak difokuskan pada energi fosil yang bersifat *unrenewable resources* sedangkan energi yang bersifat *renewable* relatif belum banyak dimanfaatkan. Kondisi ini menyebabkan ketersediaan energi fosil, khususnya minyak mentah, semakin langka yang menyebabkan Indonesia saat ini menjadi net importir minyak mentah dan produk-produk turunannya.

Saat ini, biomassa telah menjadi sumber energi paling penting di setiap wilayah dunia (Thran et al, 2010). Biomassa memiliki potensi untuk menjadi salah satu sumber energi utama di masa mendatang, 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). Gasifikasi biomassa adalah salah satu cara yang dapat dilakukan sebagai alternatif kebutuhan energi fosil, terutama dalam sektor rumah tangga. Selain karena bahan biomassa adalah bahan yang dapat diperbarui dalam kurun waktu yang relatif singkat, ketersediaannya di Indonesia juga cukup melimpah. Salah satu bentuk sumber energi alternatif yang jumlahnya melimpah dengan kandungan energi yang lebih besar adalah biomassa hewan maupun tumbuhan. Sumber energi biomassa mempunyai keuntungan antara lain dapat dimanfaatkan karena sifatnya yang dapat diperbaharui.

Limbah biomassa pertanian belum dimanfaatkan atau bahkan hanya dibuang dan dibakar sehingga dapat menyebabkan masalah pencemaran lingkungan (Hambali dkk, 2007). Pemanfaatan limbah biomassa sebagai sumber bahan bakar disebabkan karena kandungan energi yang terdapat pada limbah tersebut cukup signifikan. Salah satu contohnya adalah kayu pelet yang tidak mempunyai nilai ekonomis tinggi tetapi mempunyai nilai kalor yang cukup tinggi.

Gasifikasi bertujuan untuk mengkonversi bahan bakar cair maupun padat menjadi *flammable* gas atau gas mampu bakar menggunakan suatu reaktor yang disebut *gasifier*.

Kinerja dari sebuah kompor dengan bahan bakar gas dapat dinilai baik apabila memiliki efisiensi termal yang tinggi. Maka tugas burner untuk mengarahkan orientasi nyala. Orientasi nyala dapat dideskripsikan sebagai bentuk nyala yang dihasilkan oleh pembakaran dan arah nyala tersebut. Oleh karena itu peneliti ingin menguji pengaruh katup keluarnya *syngas* pada kompor terutama kompor biomassa dengan variabel derajat bukaan katup pada selang *syngas* terhadap pengaruhnya pada efisiensi kompor.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, yaitu penelitian dengan cara mencari suatu hubungan sebab akibat antara beberapa faktor yang saling berpengaruh. Eksperimen dalam penelitian ini dilaksanakan di laboratorium dengan kondisi dan peralatan yang disesuaikan guna memperoleh data tentang hasil dari proses gasifikasi pada kayu pelet sebagai bahan bakar untuk kompor.

Waktu dan Tempat Penelitian

- Waktu
Penelitian ini dilakukan sejak judul penelitian disetujui oleh dosen pembimbing, kemudian menganalisis dan menghasilkan data.
- Tempat
Tempat penelitian ini dilaksanakan di lantai 1 Gedung A8, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Variabel Penelitian

Variabel penelitian pada dasarnya adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2010). Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Variabel Bebas

Variabel bebas adalah sebuah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen atau variabel terikat (Sugiyono, 2011).

- a. Sudut derajat bukaan katup ball valve 30° pada selang syngas.
- b. Sudut derajat bukaan katup ball valve 60° pada selang syngas.
- c. Sudut derajat bukaan katup ball valve 90° pada selang syngas.

Variabel Terikat

Variabel terikat adalah sebuah variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 2011).

- a. Efisiensi thermal
- b. Nilai daya terbaik yang bisa dihasilkan
- c. Lama nyala api efektif
- d. Jenis api yang dihasilkan
- e. Tinggi nyala api

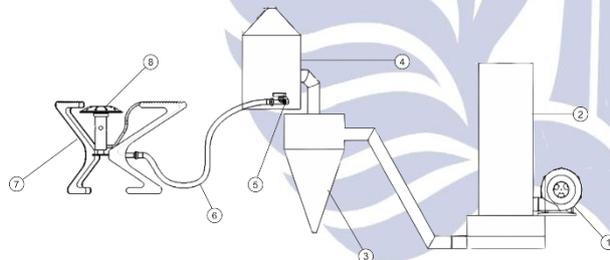
Variabel Kontrol

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

- Bahan baku yang digunakan berasal dari kayu pelet dengan bantuan arang kayu sebagai pemantik.
- Jenis bahan bakar yang digunakan adalah syngas dari hasil gasifikasi dengan sistem downdraft.
- Jumlah lubang burner kompor yang digunakan adalah 20 lubang berdasarkan penelitian sebelumnya dimana 20 lubang memiliki kelebihan mampu mendidihkan air lebih cepat.
- AFR yang digunakan adalah 0,72 dimana pada penelitian sebelumnya terbukti menghasilkan durasi nyala api yang paling lama (Satriono, 2021)
- Beban yang digunakan untuk setiap fase pengujian adalah 1 kg air.
- Bahan bakar yang digunakan untuk pengujian adalah 4 kg yang terdiri dari 60% arang kayu (2,5 kg) dan 40% kayu pelet (1,5 kg).
- Desain, ukuran, dan bentuk burner telah disesuaikan sesuai dengan desain yang ada.
- Pada penelitian ini hanya menggunakan variabel pengaruh sudut derajat bukaan katup (ball valve) selang syngas pada burner kompor biomassa.

Skema Alat Penelitian

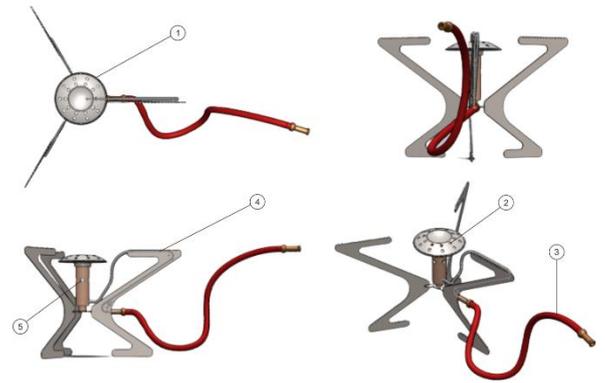
Untuk gambar skema penelitian dapat dilihat pada gambar 1 dan 2 di bawah ini:



Gambar 1 Skema Alat Kompor Gasifikasi Biomassa

Keterangan:

- Blower
- Gasifier
- Cyclone
- Reactor trapping
- Katup
- Selang gas
- Penyangga kompor
- Burner kompor



Gambar 2 Desain Kompor Biomassa

Keterangan:

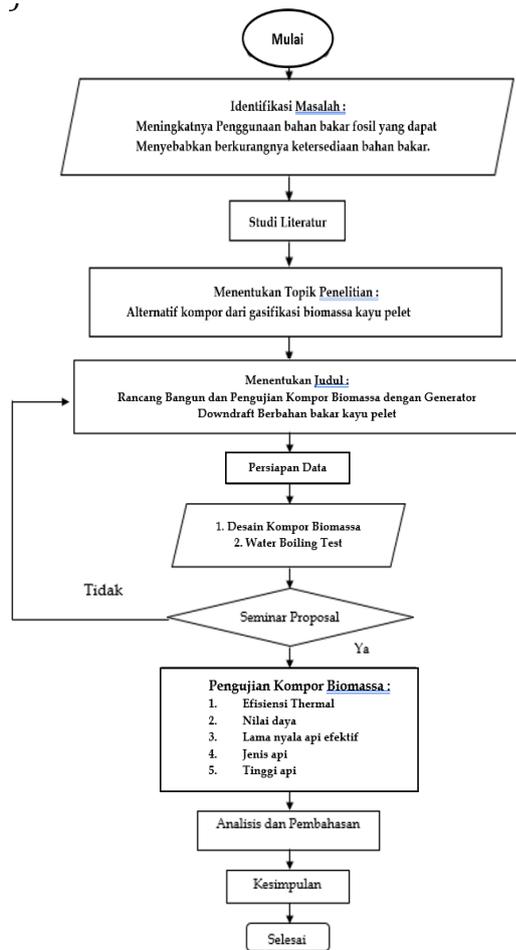
- Kepala burner
- Lubang burner
- Selang gas
- Penyangga kompor
- Lubang udara

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah suatu cara yang digunakan untuk mengumpulkan data-data penelitian yang diperoleh untuk mencapai tujuan penelitian Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini berupa dokumentasi dan eksperimen.

- Dokumentasi**
Dokumentasi merupakan sebuah cara penyajian dokumen-dokumen, foto, video sebagai bukti yang akurat.
- Eksperimen**
Metode eksperimen dimana peneliti melakukan penelitian secara sengaja dan melakukan manipulasi terhadap variabel-variabel yang sudah ditentukan yang kemudian akan saling berpengaruh untuk mendapatkan sebab akibat dengan menggunakan satu atau lebih kondisi perlakuan pada satu atau lebih kelompok eksperimen dan kemudian membandingkan hasilnya sebagai kontrol.

Rancangan Penelitian



Gambar 3 Flowchart Rancangan Penelitian

Teknik Pengambilan Data

Teknik pengambilan data yang digunakan dalam pengumpulan data pada penelitian ini adalah teknik eksperimen, yaitu mengumpulkan data dengan cara mengukur atau menguji objek yang diteliti selanjutnya mencatat data-data yang diperlukan.

Data-data yang diperlukan adalah hasil dari gasifikasi *downdraft* biomassa, lama pengujian, berat bahan bakar awal dan akhir, berat abu sisa pembakaran, suhu awal dan akhir air, berat awal dan akhir air.

Tabel 1. Format Pengumpulan Data

Derajat Bukaannya Katup			
Variabel	Unit	Start	End
Time	min		
Weight of fuel	kg		
Water temperature	°C		
Weight of water	kg		
Weight of char	kg		

Teknik Analisis Data

Menurut Sugiyono (2009) analisis data merupakan kegiatan setelah data dari seluruh responden atau

sumber data lain terkumpul. Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis data kualitatif deskriptif. Data yang dianalisis adalah hasil pengujian efisiensi *thermal*, nilai daya terbaik yang bisa dihasilkan, lama nyala api efektif, jenis api yang dihasilkan, dan tinggi nyala api. Kemudian mendeskripsikan data yang diperoleh dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan dipresentasikan untuk menjawab rumusan masalah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil dari penelitian variabel Sudut derajat bukaan katup *ball valve* pada selang syngas kompor biomassa gasifikasi *downdraft* dengan bahan bakar kayu pelet dibuat dalam bentuk tabel dan grafik yang nantinya dapat dibandingkan dan ditarik kesimpulan tentang variabel yang diteliti. Dengan cara ini akan diketahui bagaimana pengaruh dari perbedaan variabel Sudut derajat bukaan katup *ball valve* pada selang syngas dari kompor. Data hasil pengujian disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 2 Hasil Pengujian WBT *Burner* Diameter 6 mm

Derajat Bukaannya Katup 30°			
Variabel	Unit	Start	End
Time	min	0	52
Weight of fuel	kg	4	0,34
Water temperature	°C	27	100
Weight of water	kg	1	0,74
Weight of char	kg	-	0,34

Tabel 3 Hasil Pengujian WBT *Burner* Diameter 8 mm

Derajat Bukaannya Katup 60°			
Variabel	Unit	Start	End
Time	min	0	36
Weight of fuel	kg	4	0,96
Water temperature	°C	27	100
Weight of water	kg	1	0,86
Weight of char	kg	-	0,96

Tabel 4 Hasil Pengujian WBT *Burner* Diameter 10mm

Derajat Bukaannya Katup 90°			
Variabel	Unit	Start	End
Time	min	0	16
Weight of fuel	kg	4	1,81
Water temperature	°C	27	100
Weight water	kg	1	0,94
Weight of char	kg	-	1,81

Pengambilan data dilakukan dengan pengujian *water boiling test*, yakni mendidihkan 1 kg air untuk setiap variabel dengan menggunakan bahan bakar campuran 60% arang kayu sono dan 40% kayu pelet. Bahan bakar dibakar didalam gasifier tipe *downdraft* untuk kemudian dihasilkan *syn-gas* yang akan dinyalakan pada kompor biomassa. Hasil pengujian berupa waktu pengujian, berat awal dan akhir dari bahan bakar, suhu air, berat awal dan akhir air, berat abu pembakaran kemudian dimasukkan ke dalam variabel perhitungan untuk didapatkan data berupa efisiensi thermal, nilai daya terbaik yang bisa dihasilkan, lama nyala api efektif, jenis api yang dihasilkan dan tinggi nyala api.

Variabel Perhitungan Water Boiling Test

LHV : *Lower heating value* (kJ/kg). *Heating value* adalah jumlah energi panas yang terlepas untuk tiap satu satuan massa bahan bakar. LHV tidak memasukkan energi panas laten yang dilepaskan oleh terkondensasinya uap air tersebut ke dalam nilai *heating value*. Dengan kata lain LHV mengasumsikan bahwa uap air akan tetap sebagai uap air hingga proses akhir pembakaran. Menurut penelitian oleh Najib (2012) kayu pelet memiliki *heating value* 20890 kJ/kg dan menurut Nabawiyah (2010) arang kayu sono memiliki *heating value* 229,01 kal/g atau 961,842 kJ/kg

m : *moisture content* (%-wet basis). Ini merupakan kadar air pada bahan bakar yang digunakan pada kondisi basah.

$$m = \frac{m_{fuel\ wet} - m_{fuel\ dry}}{m_{fuel\ wet}} \times 100\%$$

Bailis et al (2007)

P : *dry weight of empty pot* (gr). Merupakan berat kosong dari panci masak.

T_b : *local boiling point of water* (°C).

Variabel yang diukur secara langsung:

f_i: berat bahan baku sebelum tes (gr)

f_f: berat bahan baku setelah tes (gr)

W_i: berat air sebelum tes (gr)

W_f: berat air setelah tes (gr)

T_i: suhu air sebelum tes (°C)

T_f: suhu air setelah tes (°C)

t_i: waktu awal tes (min)

t_f: waktu akhir tes (min)

c_c: berat abu sisa pembakaran

Variabel yang dihitung:

Δt: *duration of phase* (min). Menyatakan lama nyala api efektif untuk kompor biomassa mendidihkan air

$$\Delta t = t_f - t_i$$

Bailis et al (2007)

f_c: *fuel consumed* (kg). Menyatakan konsumsi bahan bakar yang digunakan untuk mendidihkan air

$$f_c = f_i - f_f - c_c$$

Bailis et al (2007)

η_T: *thermal efficiency*. Ini adalah rasio kerja yang dilakukan dari memanaskan dan menguapkan air dengan energi yang dikonsumsi dengan membakar bahan bakar. Dihitung dengan cara berikut:

$$\eta_T = \frac{4,2 \times W_i(T_f - T_i) + 2260 (W_i - W_f)}{f_c \times LHV} \times 100$$

BSNI (2013)

Dalam perhitungan ini, kerja yang dilakukan dengan memanaskan air ditentukan dengan menambahkan dua besaran: (1) hasil kali massa air yang dididihkan, kalor jenis air (4,2 kJ/kg°C), perubahan suhu air (T_{ef} - T_{ei}) dan (2) hasil kali jumlah air yang diuapkan dari panci dan panas laten penguapan air (2260 kJ/kg). Penyebut (bagian bawah rasio) ditentukan dengan mengambil produk bahan bakar yang dikonsumsi selama fase pengujian ini dan LHV.

P: *Firepower* (W). Ini adalah rasio energi bahan bakar yang dikonsumsi oleh kompor per unit waktu. Dengan ini dapat diketahui output daya rata-rata kompor (dalam Watt) selama pengujian. Dihitung menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$P = \frac{E}{t}$$

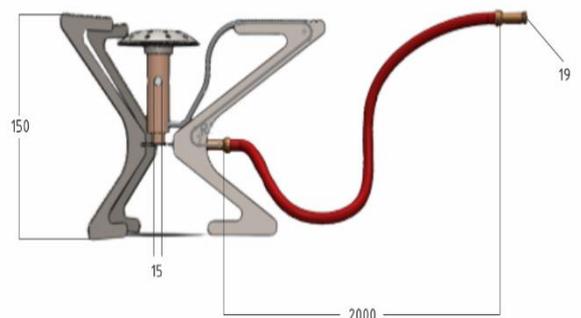
Baldwin (1987)

Tabel 5 Data Hasil Pengujian Kompor Biomassa

Bukaan Derajat Katup Ball Valve	Lama Nyala Api (min)	Efisiensi Thermal (%)	Daya Kompor (kW)
30°	52	2,34	9,8
60°	36	3,54	14,9
90°	16	4,17	19,5

Pembahasan

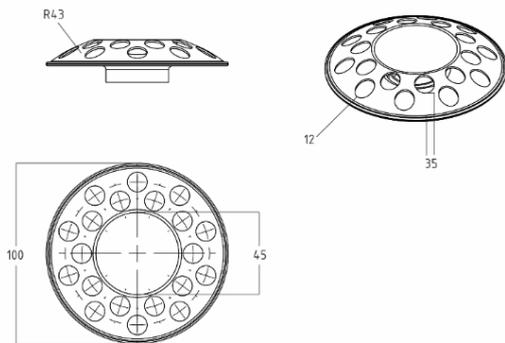
- **Desain Kompor Biomassa**



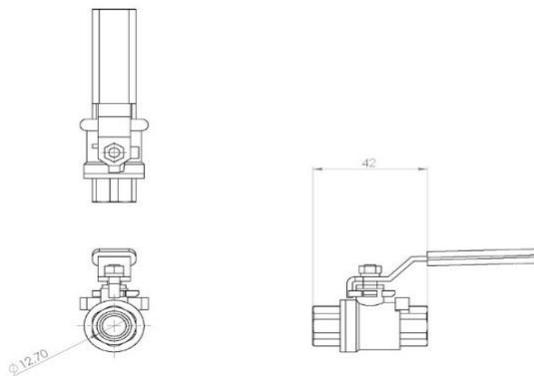
Gambar 4 Desain dan Ukuran Kompor Biomassa

Pada gambar 4 didapatkan desain kompor biomassa untuk pengujian ini, dimana ketinggian kompor adalah 150 mm, diameter lubang udara

pada kompor 15 mm, panjang selang 2000 mm, diameter lubang selang adalah 19 mm



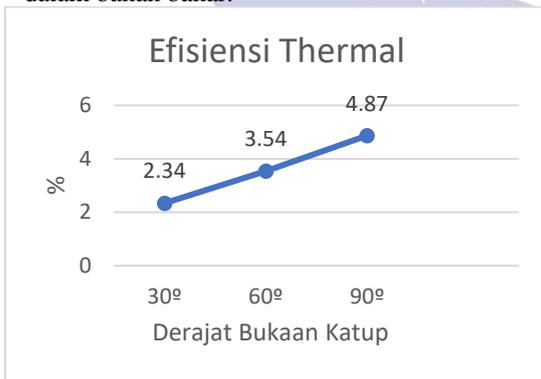
Gambar 8 Desain dan Ukuran Burner 12 mm



Gambar 8 Desain Katup Ball Valve

• Efisiensi Thermal Kompor Biomassa

Metode dari pengujian efisiensi thermal yang dihasilkan dari kompor gasifikasi biomassa ini, yaitu dengan mengukur rasio energi yang digunakan dalam mendidihkan dan menguapkan air terhadap energi panas atau kalor yang tersedia dalam bahan bakar.



Gambar 9 Grafik Data Efisiensi Thermal

Berdasarkan gambar 9 didapatkan efisiensi thermal pada pengujian kompor dengan derajat sudut bukaan katup ball valve pada selang syngas 30° adalah 2,34% ; sudut bukaan 60° adalah 3,54% dan sudut bukaan 90° adalah 4,17%.

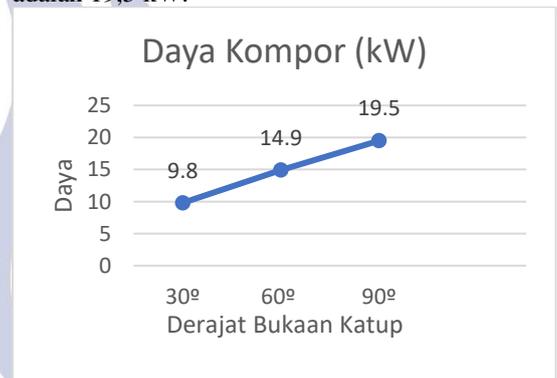
Efisiensi thermal yang lebih tinggi menunjukkan kemampuan yang lebih baik untuk

mentransfer panas yang dihasilkan ke dalam panci. Pada data tabel 5 ada peningkatan efisiensi thermal pada setiap bukaan katup, akan tetapi tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa bukaan katup yang makin besar akan meningkatkan efisiensi *thermal* dari kompor biomassa.

• Daya Kompor Biomassa Berbeban

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.

Berdasarkan tabel 5, Maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar bukaan katup selang syngas maka akan semakin tinggi pula daya yang dikeluarkan oleh kompor. Dapat diambil kesimpulan bahwa bukaan katup selang syngas mempengaruhi nilai daya kompor. kompor dengan derajat sudut bukaan katup ball valve pada selang syngas 30° adalah 9,8 kW ; sudut bukaan 60° adalah 14,9 kW dan sudut bukaan 90° adalah 19,5 kW.



Gambar 10 Grafik Data Daya Kompor

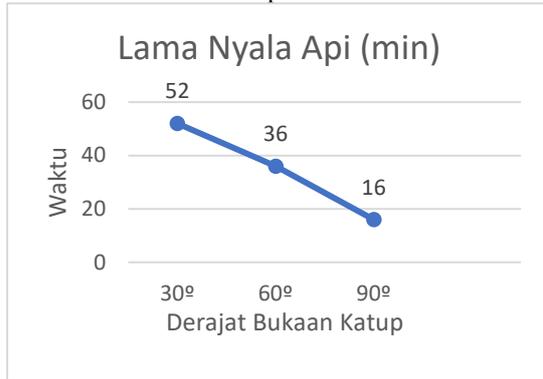
Pada gambar 10 ada peningkatan nilai daya yang dihasilkan pada setiap diameter kompor. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar bukaan katup biomassa, akan semakin tinggi pula daya yang dikeluarkan oleh kompor

• Lama Nyala Api Efektif

Metode dari pengujian lama nyala api efektif yang dihasilkan dari kompor gasifikasi biomassa ini, yaitu dengan mengukur lama waktu yang diperlukan kompor untuk mendidihkan 1 kg air dengan menggunakan bahan bakar yakni kayu pelet dan arang kayu sebanyak 4 kilogram. Lama nyala api merupakan hal yang mempengaruhi nilai daya dan efisiensi thermal yang dihasilkan oleh kompor. Lama nyala api dapat dihitung dari pengurangan waktu dari mulai awal kompor dinyalakan untuk mendidihkan air hingga air mendidih atau hingga bahan bakar yang digunakan habis.

Berdasarkan tabel 5, didapatkan lama nyala api efektif pada pengujian kompor dengan sudut

derajat bukaan katup pada selang syngas 30° adalah 52 menit, bukaan katup 60° adalah 36 menit dan bukaan katup 90° adalah 17 menit.



Gambar 11 Grafik Data Lama Nyala Api Efektif

Semakin cepat kompor mendidihkan air akan semakin baik dan efektif. Berdasarkan gambar 11 terdapat perbedaan lama waktu memasak yang signifikan diantara keempat variabel, ini membuktikan bahwa perbedaan lubang diameter burner pada kompor biomassa gasifikasi *downdraft* ini mempengaruhi terhadap lama nyala api efektif yang digunakan untuk mendidihkan 1 liter air.

• **Jenis Api Yang Dihasilkan**

Berdasarkan tabel 6 dapat dilihat bahwa jenis api yang dihasilkan ialah difusi yang identik dengan warna jingga. Api difusi terjadi karena udara dan bahan bakar tidak langsung bercampur dan melalui saluran yang berbeda dan pencampuran awal yang selanjutnya keluar dalam bentuk produk setelah terbakar di zona reaksi (Wardana, 2014) proses pembakaran yang terjadi dimana bahan bakar yang dialirkan melalui burner belum tercampur dengan udara, namun pencampuran tersebut terjadi pada saat di ujung burner dan menyala di tempat yang sama dengan suhu api berkisar 600 °C - 1200°C.

Dalam hal ini pembakaran difusi lah yang menjadi topik utama dimana bahan bakar dan udara sebagai pengoksida tidak bercampur secara mekanik, melainkan dibiarkan bercampur secara alami melalui proses difusi dalam ruang bakar. Api tersebut juga termasuk turbulen karena menunjukkan pola aliran nyala api tidak beraturan atau acak yang memberi indikasi aliran yang bergerak tersebut sangat aktif.

• **Tinggi Nyala Api**

Tabel 6 Data Hasil Pengujian Kompor Biomassa

Derajat Bukaan Katup (°)	Tinggi Nyala Api(cm)	Tampak Api (Foto)
30°	5	
90°	9	
90°	14	

Pembakaran biomassa kayu pelet akan menghasilkan produk syngas yang kemudian akan disulut api agar terbakar. Syngas yang sudah terbakar diukur Tinggi nyala api rata-rata pada sudut derajat bukaan katup Ball Valve 30° pada selang syngas adalah 32 mm, derajat bukaan katup 60° adalah 76 mm dan derajat bukaan katup 90° adalah 118 mm. Berdasarkan data tersebut, semakin besar ukuran lubang sudut derajat bukaan katup Ball Valve maka semakin tinggi nyala api yang dihasilkan. Semakin besar kecepatan aliran udara yang masuk ke dalam gasifier mengakibatkan semakin tinggi pula nyala api yang dihasilkan dari pembakaran syngas. (Riansyah, 2019).

Dapat disimpulkan bahwa semakin besar bukaan katup sudut derajat bukaan katup Ball Valve maka tinggi nyala api yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini diakibatkan semakin kecil ukuran lubang sudut derajat bukaan katup Ball Valve sehingga syngas mengalami penyumbatan yang maksimal dan akan berbanding lurus terhadap tinggi nyala api yang semakin rendah dan begitu pula sebaliknya.

PENUTUP

Simpulan

- Didapatkan desain kompor biomassa dengan derajat sudut bukaan katup *ball valve* pada selang syngas terbaik yaitu pada 90°.
- Efisiensi thermal terbaik dihasilkan pada kompor dengan sudut derajat bukaan katup *ball valve* pada selang syngas 90° dengan diameter lubang burner 12 mm yakni 4,87%, menghasilkan perbedaan yang signifikan antara variabel derajat bukaan katup *ball valve* karena mendapatkan hasil efisiensi thermal terbaik.
- Nilai daya terbaik yang bisa dihasilkan pada sudut derajat bukaan katup *ball valve* pada selang syngas 90° dengan diameter lubang burner 12 mm yakni 19,5 kW.
- Lama nyala api efektif untuk mendidihkan 1 kg air dari kompor biomassa kayu pelet dengan sudut derajat bukaan katup *ball valve* pada selang syngas 90° dengan diameter lubang burner 12 mm adalah yang terbaik yakni 16 menit.
- Jenis api yang dihasilkan ialah difusi yang identik dengan warna jingga. Api difusi terjadi karena udara dan bahan bakar tidak langsung bercampur dan melalui saluran yang berbeda dan pencampuran awal yang selanjutnya keluar dalam bentuk produk setelah terbakar di zona reaksi (Wardana, 2014) proses pembakaran yang terjadi dimana bahan bakar yang dialirkan melalui burner belum tercampur dengan udara, namun pencampuran tersebut terjadi pada saat di ujung burner dan menyala di tempat yang sama dengan suhu api berkisar 600 °C - 1200°C.
- Tinggi nyala api rata-rata pada sudut derajat bukaan katup Ball Valve 30° pada selang syngas adalah 5 cm, derajat bukaan katup 60° adalah 9 cm dan yang tertinggi pada derajat bukaan katup 90° adalah 14 cm. Hal ini dikarenakan pada debit sehingga syngas yang keluar mempunyai debit terbesar. Semakin besar bukaan katup sudut derajat bukaan katup Ball Valve maka tinggi nyala api yang dihasilkan semakin tinggi. Sehingga dapat ditarik kesimpulan, nyala api akan semakin tinggi seiring dengan bertambahnya debit syngas yang masuk ke dalam kompor.

Saran

- Semoga alat kompor biomassa ini dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya sebagai mana untuk mengurangi limbah kayu industri yang tidak terpakai.
- Penelitian ini diharapkan mampu untuk perbandingan hasil eksperimen yang selanjutnya.
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut pada gasifier agar dapat bekerja sempurna dengan bahan bakar kayu pelet.
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut pada bahan bakar biomassa lainnya yang digunakan untuk mengetahui bahan bakar biomassa yang terbaik .

- Perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap ukuran diameter di atas 12 mm untuk mengetahui ukuran lubang burner terbaik untuk kompor biomassa kayu pelet.
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh jumlah lubang diameter pada burner.
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh bentuk burner.
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh diameter lubang udara pada kompor.
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai suhu api yang dihasilkan pada kompor.
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik warna api yang dihasilkan pada kompor menggunakan aplikasi photoshop.

DAFTAR PUSTAKA

- Berndes, Göran., Monique Hoogwijk, and Richard van den Broek. 2003. "The Contribution Of Biomass In The Future Global Energy Supply: A Review Of 17 Studies". *Journal Biomass and Bioenergy*. Vol. 25 pp 1-28. Netherlands.
- Hambali, Erliza., Siti Mujdalifah, A.H. Tambunan, A.W. Pattiwiri, dan Roy Hendroko. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Satriono, Alfin. 2021. "Pengaruh Variasi Air Fuel Ratio (Afr) Pada Gasifier Tipe Downdraft Terhadap Kadar Syngas Dan Nyala Api Pada Gasifikasi Biomassa Kayu pelet". Skripsi diterbitkan 2021. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suhartana. 2007. *Pemanfaatan Kayu pelet Sebagai Bahan Baku Arang Aktif Dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Air Limbah Industri Petis Di Tambak Lorok Semarang*. Vol. 3, No. 2, Hal 10-11. Semarang: Jurusan Ilmu Kimia Fakultas MIPA Universitas Diponegoro Semarang
- Thran, Daniela., Thilo Seidenberger, Jorgen Zeddies, and Ruth Offerman. 2010. "Global Biomass Potentials — Resources, Drivers and Scenario Results". *Journal Energy for Sustainable Development*. Vol 14: pp 200-205. Germany.
- Yunizurwan. 2007. *Analisis Potensi dan Peluang Ekonomi Biodiesel Dari Minyak Jarak Pagar Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Tesis diterbitkan 2008. Medan: Universitas Sumatera Utara