

EFEK PENGGUNAAN TABUNG SECONDARY PREHEATING TERHADAP KOMPOR BIOMASSA UB

Arini A.R.¹, M. Nurhuda², M. Djamil²
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya
Email: ¹ariniauliarahman@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan tabung *secondary preheating* atau tanpa penggunaan tabung *secondary preheating* pada Kompor Biomassa UB serta level efisiensi termal secara keseluruhan. Metode yang digunakan untuk penentuan efisiensi adalah *water boiling method* dengan variasi volume air 10, 7, dan 5 liter. Bahan bakar yang digunakan adalah biomassa kayu kopi. Kayu kopi memiliki nilai kalor sebesar 3906,91 kal/gram. Pembakaran dari potongan kayu kopi dapat di manfaatkan selama 2 jam lebih untuk memasak menggunakan Kompor Biomassa UB. Dari hasil pengujian diperoleh nilai efisiensi *overall* sebesar 45,07%- 48,80% untuk volume 10 liter, 39,70% – 45,45% untuk volume 7 liter, dan 29,13%– 37,77% volume 5 liter.

Kata kunci: efisiensi, Tabung *Secondary Preheating*, Kompor Biomassa UB, Kayu Kopi

PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia, mengakibatkan tingkat kebutuhan energi juga semakin tinggi. Hal ini akan memungkinkan terjadinya krisis bahan bakar minyak (BBM) yang hanya tinggal menunggu waktu. Pengurangan konsumsi bahan bakar fosil sesuai dengan blue print pengelolaan energi nasional 2005-2025, kebijakan indonesia memiliki sasaran salah satunya adalah meningkatkan energi terbarukan (penggunaan energi bomassa) menjadi 15 % dari total pemakaian sumber energi (Utami, 2008)[1].

Dalam upaya mencegah krisis energi, diperlukan sumber energi alternatif yang melimpah dan dapat diperbaharui, salah satunya ialah biomassa. Hampir 2 milyar penduduk negara berkembang termasuk indonesia terutama yang bermukim dipedesaan sudah sejak lama mengandalkan bahan bakar biomassa dan teknologi tradisional untuk kepentingan memasak.

Biomassa adalah keberagaman sumber bahan organik yang diperoleh kembali dari tanaman atau hewan, dimana keragamannya dapat diklasifikasikan dalam berbagai cara tergantung pada asal-usul dan struktur (Dalquist, 2013)[2]. Biomassa pada umumnya dimanfaatkan dengan menggunakan tungku tradisional. Proses mengkonversi energi yang terkandung dalam biomassa digunakan tungku pembakaran langsung, kemudian panas yang dihasilkan digunakan untuk keperluan memasak.

Desain tungku yang digunakan oleh masyarakat masih sangat sederhana sehingga efisiensi pembakaran masih sangat rendah (Budianto dkk, 2014 dalam Mulyanto 2016)[3]. Diketahui bahwa asap yang dihasilkan dari tungku tradisional sangat banyak karena sistem pembakaran yang belum sempurna, asap tersebut juga dapat mengganggu sistem pernapasan

Pembakaran yang tidak sempurna serta perpindahan panas yang tidak signifikan mengakibatkan efisiensi termal yang rendah (Haryanto dkk, 2010)[4]. Dalam sebuah penelitian diketahui bahwa tungku tungku berbahan bakar biomassa hanya memiliki efisiensi energi antara 11% hingga 17%. Sebagai contoh, tungku yang digunakan dalam pembuatan gula merah mempunyai efisiensi 15% hingga 18,6% (Nurhayati dkk., 2006)[5].

Tungku tradisional saat ini telah banyak dikembangkan menjadi lebih efektif, efisien dan dalam segi disain pun lebih praktis. Salah satu tungku yang telah dikembangkan ialah tungku UB. dalam mengoptimalkan tungku ub dapat menggunakan bahan bakar berupa pelet biomassa. Di indonesia untuk mendapatkan pelet tidaklah mudah karena penjualan pelet cenderung dalam kapasitas besar, sehingga konsumen rumah tangga yang ingin memanfaatkan tungku biomassa terkendala bahan bakar berupa pelet tersebut. Pada dasarnya tungku biomassa UB dapat menggunakan bahan bakar berupa limbah cacahan kayu maupun ranting, sehingga potensi penggunaan Tungku biomassa UB tidak di batasi oleh penggunaan bahan bakar pelet biomassa saja.

Dalam penelitian kali ini salah satu limbah kayu dari wilayah yang diketahui masih memanfaatkan kayu bakar dalam kegiatan pemasakan akan dioptimalkan, yaitu wilayah pemukiman disekitar Waduk Selorejo dengan potensi sumber alternatif kayu kopi yang dinilai sebagai kayu dengan karakteristik yang cukup bagus sebagai bahan bakar.

Dengan melalui kompor Biomassa UB dan bahan bakar kayu kopi akan digunakan metode pengujian efisiensi termal yaitu *Water Boiling Test* untuk melihat aplikasi perpindahan panas yang terjadi. Dalam penelitian ini juga akan diteliti kompor biomassa UB untuk mengetahui fenomena difusi panas dalam tabung pembakaran beserta

pengaruhnya terhadap pendidihan air saat menggunakan dan tidak menggunakan tabung *Secondary preheating*.

Hasil penelitian Bryden (2002) menunjukan bahwa efisiensi paling baik dihasilkan dengan perlakuan pemberian tabung *secondary preheating* untuk menambah efisiensi transfer panas adalah salah satu strategi untuk mengoptimalkan *heat transfer*. Pada sistem pembakaran *open fire* diperoleh 90% lebih efisien, namun ada sebagian kecil 10% sampai 40% panas yang dilepaskan (Bryden,2002)[6].

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di perumahan Taman Permata Kendalsari Kav. 5 Malang 65141 pada bulan Maret sampai Juni 2016. Penelitian menggunakan kayu kopi sebagai bahan bakar kompor biomassa UB.

Sebelum proses pemasakan air dilakukan, temperatur mula-mula air diukur terlebih dahulu dengan termometer sebagai T_0 . Pada saat proses pemasakan air, setiap menit diukur temperatur air hingga mencapai temperatur maksimal yang bisa dicapai.

Massa air mula-mula dan massa air ketika temperatur maksimal sebelumnya juga harus ditimbang menggunakan timbangan digital. Dari massa air awal sebelum pemasakan dan massa air setelah mencapai temperatur maksimum maka dapat diketahui massa uap air. Massa uap air merupakan selisih antara massa air ketika temperatur maksimal dengan massa air mula-mula.

Data percobaan yang diperoleh diplot menjadi grafik hubungan antara waktu pemasakan air dengan temperatur menggunakan Microsoft Excel. Untuk pembakaran sampai api mati, diplot menjadi grafik hubungan antara waktu dan massa bahan bakar. Untuk efisiensi akan dicari dengan menggunakan persamaan (Syamsuri, 2013)[6]:

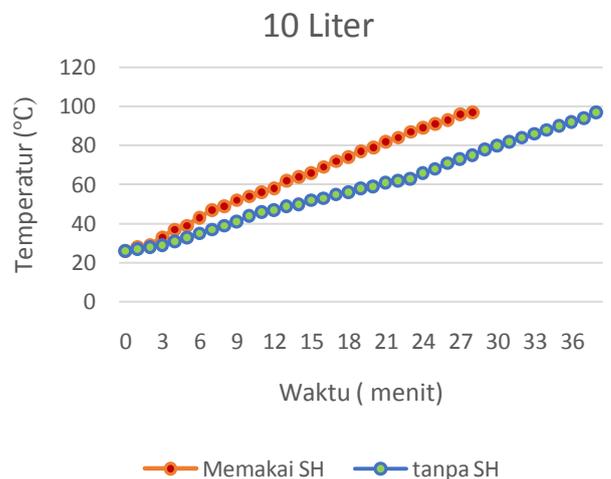
$$\eta_{all} = \frac{(m_a \cdot c_a + m_{pa} \cdot c_{pa})(T_2 - T_1) + m_s \cdot H_e}{m_f \cdot E_f} \times 100\%$$

Keterangan:

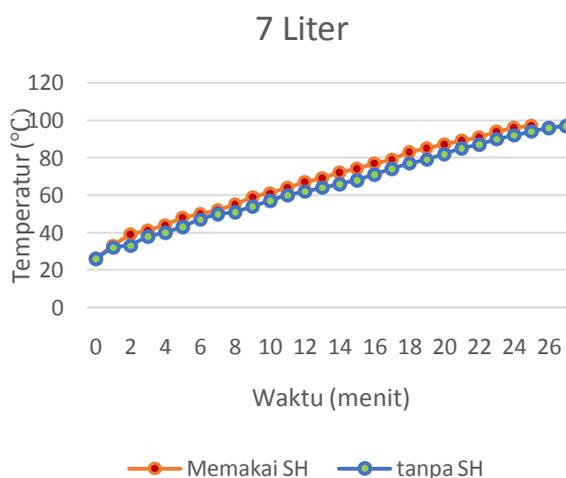
- η_{all} = efisiensi secara keseluruhan (%)
- m_a = massa air yang dipanaskan (kg)
- c_a = kalor jenis air (kJ/kg⁰C)
- m_{pa} = massa panci yang digunakan (kg)
- c_{pa} = kalor jenis panci (kJ/kg⁰C)
- T_2 = temperatur air mendidih (°C)
- T_1 = temperatur mula-mula air (°C)
- m_s = massa air yang menguap (kg)
- H_e = panas laten penguapan air (2440 kJ/kg)
- m_f = panas laten penguapan air (2440 kJ/kg)
- E_f = Nilai kalori bahan bakar (kJ/kg)

HASIL DAN PEMBAHASAN

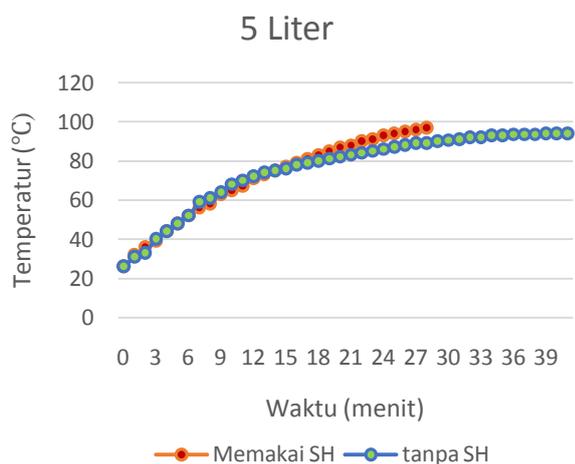
Data yang dihasilkan dalam pemasakan air terhadap variasi volume dapat diimplementasikan kedalam bentuk grafik hubungan antara temperatur dan waktu untuk setiap masing-masing volume air. Satu gambar grafik terdapat tiga variasi air yaitu 10, 5, dan 7 liter air.



(a)



(b)



(c)

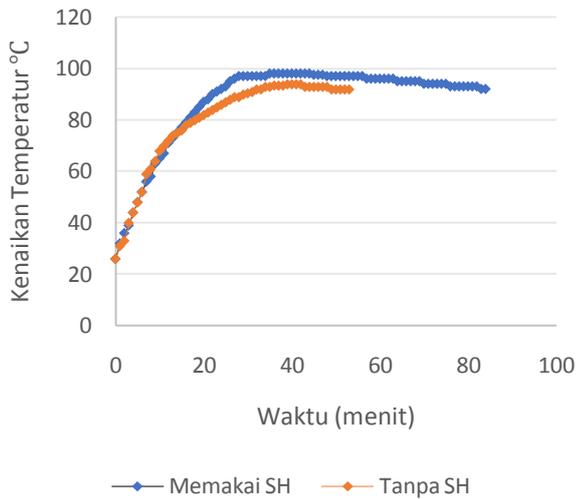
Gambar 4. 1 Grafik Hasil pemasakan air bergantung waktu (menit) dengan menggunakan dan tanpa menggunakan tabung *secondary preheating*

Grafik 4.1 menunjukkan hasil pengambilan data tungku biomassa UB untuk pemasakan pada masing masing air yaitu 5 liter, 7 liter dan 10 liter. Pada pemasakan air awal tanpa menggunakan tabung *secondary preheating* yakni 10 liter, air akan mengalami kenaikan temperatur lebih lambat dikarenakan jumlah bahan bakar yang terbakar masih relatif sedikit dibandingkan dengan volume air yang cukup besar. Sedangkan pada pemasakan air kedua dengan volume air yakni 7 liter akan mengalami proses pendidihan yang paling cepat hal ini dikarenakan pembakaran terhadap bahan bakar yang terbakar cukup banyak dan boros dengan volume air sedang. Kemudian pada pemasakan air yang ketiga yakni 5 liter, proses pendidihan air beserta kenaikan temperatur cukup stabil dalam artian jumlah bahan bakar yang terbakar sebanding dengan volume yang sedikit.

Saat pemasakan air tanpa menggunakan tabung *secondary preheating* dapat diasumsikan pada awal pemasakan air, pasokan massa udara yang diperoleh dari luar dan masuk melalui bukaan udara sekunder berpengaruh terhadap laju pembakaran serta nyala api. Proses perpindahan energi panas ke panci pada menit ke awal yaitu menit ke 0 sampai ke menit ke 3 untuk volume air 10 liter mengalami kenaikan temperatur secara konstan, sedangkan pada volume 7 liter dan 5 liter air, diperoleh kenaikan temperatur yang berubah-ubah. Kemudian pada menit selanjutnya kenaikan temperatur pada 10 liter air mengalami

kenaikan temperatur yang konstan, sama halnya dengan kenaikan temperatur pada volume air 7 liter yaitu konstan namun kenaikannya cukup pesat, sedangkan pada volume 5 liter air terjadi kenaikan temperatur yang berubah-ubah mulai dari kenaikan temperatur yang cukup signifikan hingga konstan dan selanjutnya semakin melamban. Pada kasus kenaikan temperatur air pada penelitian terdahulu seringkali didapatkan kenaikan temperatur yang stabil. Pada grafik 4.1 kenaikan temperatur pada proses *boiling* masing-masing volume air terlihat tidak stabil dikarenakan pasokan udara dingin dari luar yang masuk melalui bukaan sekunder belum sepenuhnya terkontrol dengan baik saat didalam tabung sekunder sehingga menyebabkan laju pembakaran kurang stabil dan mempengaruhi nyala api serta perpindahan kalor dari tungku ke panci yang merupakan faktor kenaikan temperature air.

Kemudian pada pengambilan data menggunakan tabung *secondary preheating* menunjukkan hasil pengambilan data tungku biomassa UB untuk pemasakan 5 liter, 7 liter dan 10 liter air menggunakan tabung *secondary preheating*. Pada pemasakan air menggunakan tabung *secondary preheating* nyala api cukup stabil dan didapatkan kenaikan temperatur yang juga stabil. Hal ini dikarenakan ketika proses pembakaran tabung *secondary preheating* mengalami *heat transfer* dan membuat pasokan udara yang masuk melalui bukaan sekunder dapat dikontrol sehingga mencegah terjadinya *heat lose* yang berlebihan. Berkurangnya *heat lose* menyebabkan terjadinya peningkatan suhu thermal di dalam tabung sehingga dapat memaksimalkan pembakaran di dalam tabung pembakaran. Pada grafik ditunjukkan perbedaan waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan yang tidak menggunakan tabung *secondary preheating*.



Gambar 4. 2 Grafik kenaikan temperatur pembakaran terhadap waktu untuk nyala bara untuk volume 5 liter air.

Gambar 4.2 menunjukkan lama waktu yang dibutuhkan bahan bakar terbakar pada pemasakan volume 5 liter air pada saat nyala api kecil hingga padam dan tersisa nyala bara api. Dapat dianalisa bahwa nyala bara api dari proses karbonisasi pada variasi volume udara saat menggunakan tabung *secondary preheating* apat memanaskan air dengan volume 5 liter air sampai pada suhu maksimum 97°C dan bara api bertahan sampai 84 menit hingga menjadi abu. Pada saat pemasakan volume 5 liter air tanpa menggunakan tabung *secondary preheating* nyala bara api dapat memanaskan air dengan suhu maksimum 94°C dan bertahan sampai 53 menit.

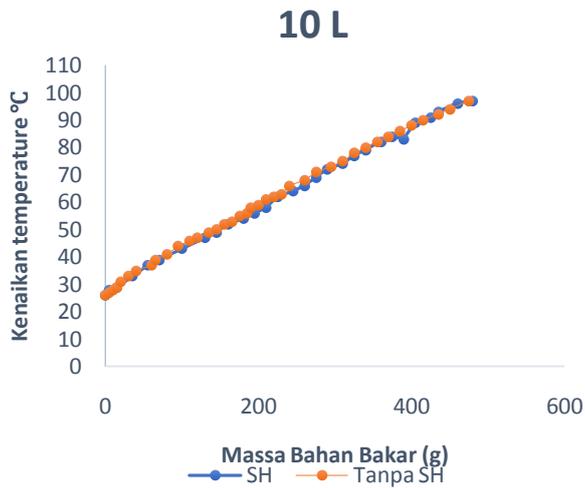
Dalam pengujian menggunakan variasi pemasakan air dengan tabung *secondary preheating* dan tanpa tabung *secondary preheating* didapatkan hasil berupa nilai efisiensi keseluruhan tungku biomassa UB pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Efisiensi keseluruhan Tungku Biomassa UB untuk variasi pemasakan air dengan tabung *secondary preheating* dan tanpa tabung *secondary preheating* (massa jenis air = 1 kal/gram°C, NK = 3906.91kal/gram).

Massa uap air (gram)	100	55	60	55	85	45
Massa bahan bakar (gram)	385	280	250	420	325	320
Efisiensi Keseluruhan (%)	48,80	45,45	37,77	45,07	39,70	29,13

Bahan bakar alternatif pengganti biomassa yang memiliki beberapa keunggulan ialah kayu kopi.Keunggulan kayu kopi yaitu memiliki nilai kalor yang cukup besar dibandingkan beberapa jenis kayu yang lainnya dengan struktur densitas yang cukup tinggi serta memiliki aroma yang khas.Pada grafik 4.2 dapat dilihat banyaknya bahan bakar yang terbakar setiap menit. Penurunan grafik yang berbeda pada setiap pengujian masing-masing volume air dapat diasumsikan bahwa terdapat banyak faktor-faktor lain yang besar kecil berpengaruh pada jumlah massa bahan bakar yang terbakar. Pertama pada 10 liter air dihitung selisih banyaknya pemakaian bahan bakar yang tidak terlalu signifikan antara dua variabel yaitu saat menggunakan tabung *secondary preheating* dari 1350 gram menurun hingga mencapai 865 gram, sehingga bahan bakar yang terpakai untuk pemasakan yaitu 470 gram, sedangkan tanpa tabung *secondary preheating* bahan bakar yang terpakai untuk pemasakan yaitu 475 gram. Kedua pada 7 liter air dihitung selisih banyaknya pemakaian bahan bakar antara dua variabel yang cukup banyak yaitu saat menggunakan tabung *secondary preheating* dihitung sebesar 365 gram sedangkan tanpa tabung *secondary preheating* dihitung sebesar 390 gram. Ketiga pada 5 liter air dihitung selisih banyaknya pemakaian bahan bakar antara dua variabel yang signifikan yaitu saat menggunakan tabung *secondary preheating* dihitung sebesar 290 gram sedangkan tanpa tabung *secondary preheating* dihitung sebesar 365 gram. Dari hasil perbandingan ketiga grafik dapat dianalisa bahwa penggunaan tabung *secondary preheating* mempengaruhi banyaknya bahan bakar yang terpakai sehingga dapat diketahui proses pendidihan air berlangsung lebih singkat.

Besaran	Tabung SH			Tanpa Tabung SH		
	VB	VS	VK	VB	VS	VK
Massa air (gram)	9445	6585	4740	10000	7000	5000



(a)



(b)



(c)

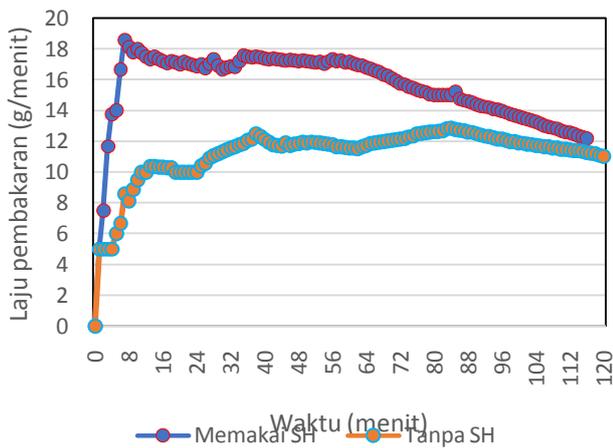
Gambar 4. 3 Grafik bahan bakar yang terbakar pada saat pemasakan masing-masing volume air.

Heat gain merupakan salah satu faktor yang menentukan efisiensi kinerja tabung pembakaran agar dapat meningkatkan laju pembakaran. Asumsi mekanismenya ialah ketika terjadi proses pembakaran didalam tabung pembakar maka dapat dimungkinkan terjadinya *heat transfer* atau *heat loss* sehingga temperatur didalam tabung pembakar menjadi tidak stabil karena banyak panas yang terbuang. Temperatur yang tidak stabil dalam tabung pembakaran mengakibatkan proses pemasakan air hingga mendidih memerlukan waktu yang lebih lambat dan mempengaruhi banyaknya bahan bakar yang terpakai untuk proses pembakaran.

Dengan adanya permasalahan tersebut maka dibutuhkan kontrol panas yang lebih baik agar meminimalisir pembakaran yang tidak stabil. Tabung *secondary preheating* dapat mencegah terjadinya *heat loss* dengan cara menangkap panas yang hilang melalui dinding tabung pembakaran dikarenakan insulasi termal yang rendah. Jika diamati melalui grafik 4.3, kurva kenaikan massa bahan bakar dengan menggunakan tabung *secondary preheating* lebih sedikit daripada tanpa menggunakannya. Grafik (a), (b) dan (c) masing-masing mewakili setiap variasi volume air 10, 7, dan 5 liter,

Berdasarkan gambar 4.3 (a), (b), dan (c) dapat dilakukan analisis yaitu pengaruh penggunaan tabung *secondary preheating* terhadap jumlah bahan bakar yang digunakan. Perbedaan signifikan antara gambar 4.3 (a), (b), dan (c) adalah pada selisih tinggi kurva kenaikan bahan bakar (kurva oranye) tanpa tabung *secondary preheating* dan penggunaan bahan bakar (kurva biru) menggunakan tabung *secondary preheating*. Untuk mencapai titik didih setiap variasi air diperlukan bahan bakar yang cukup banyak dibandingkan dengan menggunakan tabung *secondary preheating*. Pemasangan tabung *secondary preheating* dapat. Dalam upaya penghematan energi termasuk bahan bakar, penggunaan tabung *secondary preheating* cukup efisien dalam membantu mengurangi penggunaan bahan bakar biomassa.

Salah satu faktor yang mempengaruhi kecepatan pemasakan air hingga mendidih selain adanya pasokan udara yang terkontrol ialah temperatur di dalam tabung. Kestabilan temperatur di dalam tabung akan mempengaruhi banyaknya jumlah bahan bakar yang terbakar. Fenomena tersebut dapat dianalisa melalui grafik laju pembakaran terhadap bahan bakar.



Gambar 4. 4 Grafik laju pembakaran bergantung pada waktu pemasakan

Untuk menentukan laju pembakaran dalam penelitian ini digunakan metode proses pemasakan air yang berkelanjutan mulai dari volume air 10 liter, 7 liter, dan 5 liter secara berurutan dengan menggunakan bahan bakar tetap tanpa penggantian untuk variasi volume air seperti pada penelitian sebelumnya.

Grafik 4.4 menunjukkan bahwa laju pembakaran lebih cepat pada saat menggunakan tabung *secondary preheating*. Nilai laju pembakaran terjadi seperti apa yang terjadi pada temperatur pembakaran, temperatur secara berkala mengalami kenaikan dengan rentang waktu yang tertentu, tetapi disaat mencapai temperatur tertinggi secara berkala pula temperatur tersebut akan mengalami penurunan. Nilai laju pembakaran pada suatu ketika laju pembakaran mencapai titik maksimum dan setelah mencapai titik maksimum, maka akan terjadi penurunan laju pembakaran. Laju pembakaran dipengaruhi oleh temperatur, yaitu semakin tinggi temperatur maka semakin singkat waktu yang dibutuhkan dalam pembakaran. Melalui grafik 4.3 dapat dianalisa bahwa titik puncak tertinggi pada penggunaan tabung *secondary preheating* yang diperoleh pada menit ke-7 yaitu sebesar 18,58 gr/menit dan pada saat tanpa penggunaan tabung *secondary preheating* diperoleh pada menit 84 yaitu sebesar 12,58 gr/menit yang mengindikasikan bahwa terjadi ketidakstabilan temperatur dalam tabung pembakar.

Laju pembakaran adalah faktor utama pembentukan nyala api dan ketahanan api dari struktur bahan bakar kayu. Pelepasan panas berhubungan dengan massa bahan bakar yang hilang dalam pembakaran yang efektif. Salah satu faktor lama waktu pembakaran ialah kandungan struktur kimia dari bahan bakar kayu, *moiture content* dan massa jenis kayu tersebut. Kandungan *moiture content* berpengaruh terhadap berat jenis kayu, sehingga semakin banyak kadar air yang tersimpan dari kayu, semakin tinggi nilai densitas suatu kayu.

Massa jenis dapat dirumsukan sebagai berikut;

$$Massa\ jenis\ (\rho) = \frac{massa}{volume} \quad (4.1).$$

Laju api pembakaran terhadap bahan bakar akan semakin berkurang seiring dengan bertambahnya nilai densitas kayu, dan laju penyebaran api terhubung secara linear terhadap densitas kayu (Bruce, 1961). Berikut adalah tabel nilai densitas dari kayu kopi dengan teknik pengulangan sebanyak 3 kali untuk memastikan keakuratan data yang diperoleh.

Tabel 4. 2 Densitas (ρ) kayu kopi pada pangkal, tengah dan ujung

Sampel	Pangkal					
	I		II		III	
	m (gram)	v (ml)	m (gram)	v (ml)	m (gram)	v (ml)
	12	20	14	25	13	20
Densitas (g/ml)	0,6		0,56		0,56	
Sampel	Tengah					
	I		II		III	
	m (gram)	v (ml)	m (gram)	v (ml)	m (gram)	v (ml)
	9	15	11	17	9	15
Densitas (g/ml)	0,6		0,647		0,6	
Sampel	Ujung					

	I		II		III	
	m (gram)	v (ml)	m (gram)	v (ml)	m (gram)	v (ml)
	3	5	3	5	3	5
Densitas (g/ml)	0,6		0,6		0,6	

Dari tabel 4.1 terlihat bahwa rata rata nilai dari massa jenis untuk bagian pangkal kayu memiliki nilai yang lebih rendah dari ujung dan tengah yaitu , hal ini dikarenakan bagian pangkal kayu memiliki volume yang lebih besar dari yang lainnya.

Tabel 4. 3 Densitas kayu tanpa rongga udara pada isian tabung bahan bakar tungku biomassa UB (volume tabung : 4016.57cm³)

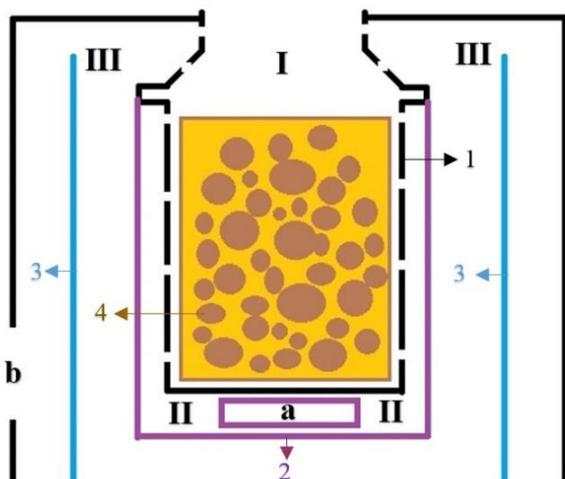
Sampel	Pangkal		
	I	II	III
	14.42	14.42	13.61
Rata-rata (gram)	14.15		
Sampel	Tengah		
	I	II	III
	10.60	10.60	10.60
Rata-rata (gram)	10.60		
Sampel	Ujung		
	I	II	III
	2.65	4.71	4.71
Rata-rata (gram)	4.02		

Pada tabel 4.2 di atas memperlihatkan bahwa jika kayu kopi tanpa rongga dapat mengisi tabung bahan bakar tungku biomassa UB rata-rata untuk

bagian pangkal sebesar 14.15gram, untuk bagian tengah sebesar 10.60 gram dan untuk bagian ujung sebesar 4.02gram. Perbedaan pada beberapa nilai densitas kayu kopi padat maupun berongga dipengaruhi oleh bagian kayu yang diteliti. Bagian pangkal merupakan bagian cabang batang kayu yang dekat dengan batang pohon kemudian dilanjutkan pada bagian tengah dan bagian paling ujung cabang yang paling jauh dari batang pohon, sehingga diasumsikan bagian pangkal jauh lebih padat daripada yang lain sehingga memiliki nilai densitas yang jauh lebih tinggi dari densitas tengah dan ujung. Namun saat percobaan dengan 3-4 kali pengulangan didapatkan nilai densitas bagian tengah lebih tinggi, sedangkan densitas tanpa rongga memiliki nilai yang pada bagian pangkal. Hal ini dimungkinkan karena kadar air pada bagian tengah diindikasikan lebih tinggi sehingga mempengaruhi perhitungan terhadap nilai densitas. Sedangkan pada nilai densitas berongga nilai kadar airnya sangat kecil pada tiap bagian sehingga tidak terlalu mempengaruhi nilai densitas.

Dalam proses pemasakan air akan terjadi proses perpindahan energi atau difusi panas yaitu terdiri dari konduksi, konveksi, dan radiasi Dalam grafik yang diimplementasikan pada gambar 4.1 dan 4.2 terjadi proses perpindahan panas yang ditunjukkan pada proses *boiling* dan *simmering*. Proses *boiling* ditandai grafik dengan kenaikan signifikan atau terjadi pada kenaikan temperatur paling tinggi sedangkan proses *simmering* ditandai dengan grafik relatif mulai konstan atau terjadi pada kenaikan temperatur air paling rendah. Transfer panas dari permukaan atas kompor ke permukaan bawah panci terjadi secara konveksi dan radiasi sedangkan transfer panas dari panci ke udara bebas yang merupakan panas hilang (*heat loss*) yang merupakan selisih dari temperatur antara permukaan panci dengan temperatur udara lingkungan sekitar. Dengan demikian, ketika temperatur air masih relatif rendah, kalor dari tabung pembakaran sepenuhnya diserap oleh panci, karena panas yang hilang (*heat loss*) masih rendah. Tampak pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.1 sampai 4.2, di mana kenaikan temperatur praktis linear ketika temperatur air masih rendah. Pada proses selanjutnya terjadi kesetimbangan antara panas yang diserap panci dengan panas yang dilepaskan ke lingkungan dan panas untuk mempertahankan air tetap mendidih.

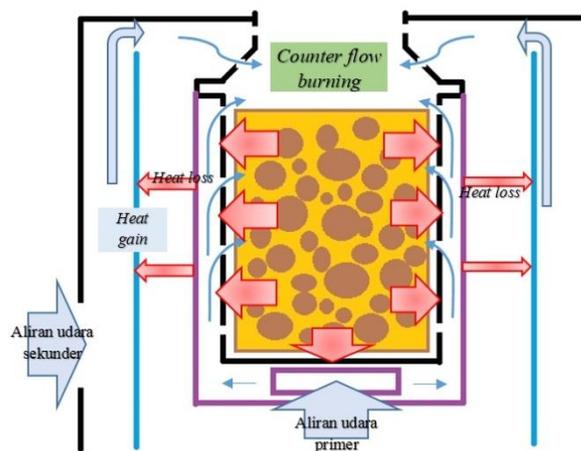
Penggunaan tabung *secondary preheating* dalam proses pemasakan air berpengaruh pada kestabilan kenaikan temperatur air dan temperatur pada tabung pembakaran dan efisiensi Kompor Biomassa UB. Seperti pada persamaan (2.1), (2.2) dan (2.3) dijelaskan secara umum kinerja dari tabung *secondary preheating*, gambar diagram dan simulasi dibawah menunjukkan transfer panas.



Keterangan:

- | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 1: Tabung pembakaran | I: Ruang pembakaran | a : Pintu aliran primer |
| 2: Tabung <i>primary preheating</i> | II: Ruang <i>primary air</i> | b : Pintu aliran sekunder |
| 3: Tabung <i>secondary preheating</i> | III: Ruang <i>secondary air</i> | |
| 4: Bahan Bakar | | |

Gambar 4. 5 Gambaran Diagram Kompor Biomassa UB menggunakan tabung *secondary preheating*



Gambar 4. 6 Mekanisme kinerja tabung *secondary preheating*.

Pada saat proses pembakaran bahan bakar, temperatur didalam tabung pembakar akan mengalami kenaikan secara linear, mengakibatkan suhu udara dingin dari luar masuk dari pintu aliran udara sekunder. Kemudian akan memungkinkan mengalami *counter flow burning* saat udara sekunder dan udara primer bercampur dan mengalami turbulen sehingga menghasilkan api dari pembakaran asap. Temperatur tabung pembakaran yang naik mengakibatkan temperatur udara pada ruangan kedua menjadi ikut naik, sehingga udara menjadi panas. Keadaan ini disebut *preheating*. Aliran udara primeryang panas mengakibatkan tabung pemisah antara ruangan kedua dan ketiga (tabung *primary preheating*) menjadi ikut panas, sehingga terjadi *heat loss* atau *heat transfer*. Kemudian panas yang tedifusi dari tabung *primary preheating* akan ditangkap oleh tabung *secondary preheating*, sehingga meminimalisirkehilangan panas ke lingkungan. Udara dalam ruangan *secondary air* akan mengalami kenaikan temperatur secara signifikan sehingga memungkinkan terjadinya peningkatan sirkulasi aliran udara sekunder dan turbulensi dengan udara primer secara maksimal, Hal ini akan meningkatkan efisiensi pembakaran asap pada tabung pembakaran sehingga dihasilkan api yang sangat stabil.

Pada drafik 4.3 dan 4.2 diperoleh suatu hubungan dimana massa bahan bakar yang terbakar saat menggunakan tabung *secondary preheating* mengalami trend kenaikan yang konstan, sehingga diperoleh laju pembakaran yang konstan, pada saat pemasakan terakhir yaitu pada volume 5 liter air, laju

pembakaran semakin meunurun ditandai dengan grafik massa bahan bakar terbakar yang melandai. Salah satu faktor peningkatan laju pembakaran juga dipengaruhi oleh densitas kayu, namun tidak sebesar pengaruh difusi termal pada saat terjadi pembakaran. Nilai densitas dan karakteristik kayu kopi terhitung cukup padat sebagai bahan bakar sehingga pada saat pembakaran, akan mengalami selang waktu yang cukup lama sehingga bahan bakar tidak cepat boros. Hal ini juga bisa dianalisa dari grafik lamanya waktu pembakaran massa bahan bakar yang bisa mencapai kurang lebih 2 jam, dimana pada beberapa jenis kayu yang lain pada penelitian sebelumnya didapatkan lamanya waktu pembakaran berkisar kurang lebih 1 jam.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dengan tiga variasi volume 10 liter, 7 liter, 5 liter air dengan menggunakan atau tanpa menggunakan tabung *secondary preheating* dapat diambil kesimpulan bahwa pada saat pemasakan menggunakan tabung

secondary preheating mengalami pendidihan air yang lebih singkat serta laju pembakaran yang lebih cepat daripada tanpa menggunakan tabung *secondary preheating* dengan selang waktu lama pemasakan 20 s/d 30 menit saat menggunakan tabung *secondary preheating* dan 28 s/d 40 menit pada saat tanpa menggunakan tabung *secondary preheating*. Nilai efisiensi keseluruhan Kompor Biomassa UB yang diperoleh yaitu 29,13% s/d 48,80% dengan nilai efisiensi tertinggi 48,80% diperoleh dari hasil pembakaran menggunakan tabung *Secondary Preheating* pada pemasakan awal volume 10 liter air, dan nilai efisiensi terendah 29,13% diperoleh dari hasil pembakaran tanpa menggunakan tabung *Secondary Preheating* pada pemasakan air terakhir yaitu volume 5 liter air.

Penambahan tabung *secondary preheating* dapat meminimalisir *heat loss* sehingga pemasakan berlangsung singkat dan hemat bahan bakar, dan meningkatkan level efisiensi pada Kompor Biomassa UB.

Daftar Pustaka

- [1] Utami, Y., 2008. *Desain dan uji unjuk kerja tungku briket biomassa*. Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [2] Dhalquist, Erick. 2013. *Biomass as energy source: resources, system and application*. CRC Press. London..
- [3] Budianto, A., Nurhuda, M., Nadhir, A. 2014. *Uji Efisiensi Tungku Tanah Liat Berdaya Sedang*. Jurusan Fisika, FMIPA,. Universitas Brawijaya.
- [4] Haryanto, A. dan Triyono, S. 2010. *Kinerja energetik tungku masak rumah tangga*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi III, 18-19, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- [5] Nurhayati, T., Waridi, Y. dan Roliadi, H. 2006. *Progress in the technology of energy conversion from woody biomass in Indonesia*. Forestry Studies in China 8: 1-8.
- [6] Bryden, Dr. Mark., Dean, Still., Scott, Peter. 2002. *Design Principles for Wood Burning Cook Stoves*. Environmental Protection Agency (EPA). US