

DESIGN OF BIOMASS FUEL AS ENERGY

PERANCANGAN BAHAN BAKAR BIOMASSA SEBAGAI ENERGI

Ray Kentkhute¹, Handayani Sriwinarno², Diananto Prihandoko³

¹) Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Kalimantan

²)³) Institut Teknologi Yogyakarta

Email: raykentkhute@gmail.com

ABSTRACT

Biomass waste from wood carpentry, which amounts to 15-20% of the woody biomass used, is still not fully utilized. Meanwhile, the biomass can be utilized as a renewable energy source derived from natural materials. The design of energy utilization from biomass waste as an alternative energy source for cooking is a simple utilization effort that can be done by the community. So on the stove design to utilize this waste wood chip biomass is done semi-closed combustion with a limited amount of air entry, so that the heat calorie fire stove that occurs will come out centrally on the hole above the stove. So the selected research topic is the way of utilization of wood chip waste biomass into alternative energy sources for cooking needs. The purpose of this research is to get the design of the utilization of biomass waste (wood chips) as an alternative energy source for cooking. The treatment in this study is the number of holes on the bottom plate of the stove, namely: A has 3 holes, B has 4 holes, C has 5 holes, and D has 6 holes. Based on the result of the analysis of variance (ANOVA), it is seen that the value of F-count is much bigger than the F-Table value either 5% or 1%, so H_0 will be rejected and receive H_1 . This means that the treatment of the number of holes on the plate under the design of the biomass waste stove (wood chips) as a fuel gives a very real effect of its ability in the heat achievement to boil test water as much as 1 liter in the test pan. The treatment which gives effect and different from all other treatments is the D treatment with 6 holes on the bottom plate of the stove, which has a larger LSD value for 1%, but for the C treatment with 5 holes on the bottom plate of the stove is only different at the 5% level. While for treatment C to treatment A and B only differ on level of 5% only. The conclusion of this study is that the best stove design is D treatment, with a faster flame stabilized with a more perfect combustion process and leaving only a small amount of charcoal.

Key words: *Biomass waste, Stove design, Stove bottom plate*

ABSTRAK

Limbah biomassa hasil pertukangan kayu yang berjumlah 15-20% dari biomassa kayu yang dimanfaatkan masih belum dimanfaatkan secara maksimal. Sedangkan biomasanya dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan yang berasal dari bahan alam. Rancangan pemanfaatan energi dari limbah biomassa sebagai sumber energi alternatif untuk memasak merupakan upaya pemanfaatan sederhana yang dapat dilakukan oleh masyarakat. Maka pada perancangan tungku yang memanfaatkan limbah biomassa serpihan kayu ini dilakukan pembakaran semi tertutup dengan jumlah udara yang masuk terbatas, sehingga kalori panas tungku pembakaran yang terjadi akan keluar terpusat pada lubang diatas tungku. Maka topik penelitian yang dipilih adalah cara pemanfaatan biomassa limbah serpihan kayu menjadi sumber energi alternatif untuk kebutuhan memasak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan desain pemanfaatan limbah biomassa (serpihan kayu) sebagai sumber energi alternatif untuk memasak. Perlakuan pada penelitian ini adalah jumlah lubang pada pelat bawah kompor yaitu : A sebanyak 3 lubang, B sebanyak 4 lubang, C sebanyak 5 lubang, dan D sebanyak 6 lubang. Berdasarkan hasil analisis varians (ANOVA) terlihat bahwa nilai F-hitung jauh lebih besar dari nilai F-Tabel baik 5% maupun 1%, maka H_0 akan ditolak dan diterima H_1 . Artinya perlakuan jumlah lubang pada pelat dibawah desain tungku limbah biomassa (serpihan kayu) sebagai bahan bakar memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kemampuannya dalam pencapaian panas untuk merebus air uji sebanyak 1 liter dalam panci uji. Perlakuan yang memberikan pengaruh dan berbeda dengan perlakuan lainnya adalah perlakuan D dengan 6 lubang pada pelat bawah kompor yang mempunyai nilai LSD lebih besar sebesar 1%, namun untuk perlakuan C dengan 5 lubang pada pelat bawah kompor. kompor hanya berbeda pada level 5%. Sedangkan untuk perlakuan C terhadap perlakuan A dan B hanya berbeda taraf 5% saja. Kesimpulan dari penelitian ini adalah desain tungku yang terbaik adalah perlakuan D, dengan nyala api yang lebih cepat stabil dengan proses pembakaran yang lebih sempurna dan hanya menyisakan sedikit arang.

Kata Kunci : *Limbah Biomassa, Desain Kompor, Pelat Bawah Kompor*

PENDAHULUAN

Pada pertukangan kayu tersebut limbah biomassa yang terbuang bisa mencapai 15 – 20% dari biomassa kayu yang dipergunakan. Sampai saat sekarang ini limbah tersebut masih hanya sebagai limbah saja yang terbuang dan tidak termanfaatkan secara maksimal. Sementara itu, sejak zaman dahulu masyarakat terutama masyarakat pedesaan penggunaan kayu sebagai kayu bakar masih banyak. Selanjutnya dikatakan bahwa biomassa merupakan jenis sumber energi terbarukan yang diperoleh dari materi alami.

Rancangan pemanfaatan energi biomassa sebagai sumber energi alternatif untuk memasak ini bukan untuk merubah mainstream masyarakat untuk kembali ke penggunaan kayu sebagai bahan bakar, tetapi dilihat dari banyak limbah kayu yang masih bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Maka pada rancangan kompor untuk memanfaatkan limbah serpihan kayu ini dengan tempat pembakaran yang semi tertutup dengan jumlah udara masuk yang dibatasi. Dengan kalori panas api kompor yang terjadi akan keluar secara terpusat pada lubang tutup atas kompor.

Masalah yang diteliti dalam penelitian ini adalah bagaimana cara pemanfaatan limbah serbuk kayu (biomassa) menjadi sumber energi alternatif untuk kebutuhan memasak?, dan berapa ukuran lubang plat bawah kompor yang dapat memberikan kalori panas tertinggi yang dibuktikan dengan kecepatan waktu untuk mendidihkan air sebanyak 1 liter?. Adapun yang menjadi tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan rancangan pemanfaatan limbah biomassa (serpihan kayu) sebagai sumber energi alternatif untuk memasak.

Produksi Kayu

Berdasarkan data dari Merdeka.com - Kapanlagi.com (2007) bahwa produksi kayu dari sekitar 60-an HPH di Kalimantan Tengah sendiri dalam tahun 2006 tercatat hanya terealisasi sekitar 1,3 juta meter kubik atau 80% dari kuota tebang yang ditetapkan Departemen Kehutanan sebesar 1,6 juta meter kubik (<https://www.merdeka.com/uang/hph-di-kalteng-diharuskan-penuhi-kebutuhan-kayu-lokal-7u46o4y.html>).

Kayu yang dihasilkan oleh perusahaan HPH umumnya adalah kayu mekanis yang secara umum harganya cukup mahal. Namun sekarang untuk pemenuhan kayu bagi kebutuhan papan masyarakat di Kota Palangka Raya dan kabupaten lainnya di Kalimantan Tengah diambil dari hutan bantaran sungai dengan memanfaatkan kayu-kayu yang mempunyai nilai ekonomis rendah. Kayu-kayu ini yang disebut sebagai “kayu hutan” (sebutan untuk kayu sembarang jenis). Kayu hutan merupakan golongan kayu olahan dari pohon yang masih mempunyai diameter kecil. Hasil pengolahan kayu hutan berupa balok kayu yang mudah bengkok (tidak lurus) dan tidak merata kualitasnya (karena memang tidak terpilih jenisnya).

Industri Pengolahan Kayu

Tiga jenis industri pengolahan kayu yang ada di Indonesia yang secara dominan mengkonsumsi kayu dalam jumlah yang relatif besar adalah penggergajian kayu, veneer atau kayu lapis, dan pulp atau kertas (Pari, 2002). Namun ketiga jenis industri pengolahan kayu ini mempunyai perbedaan yang cukup besar bila dilihat dari sisi kebutuhan kayu yang diolah.

Limbah Kayu

Secara harfiah bahwa yang disebut limbah adalah hasil sampingan dari proses produksi yang tidak digunakan yang dapat berbentuk benda padat, cair, gas, debu, suara, getaran, perusakan dan lain-lain, yang dapat menimbulkan pencemaran bilamana tidak dikelola dengan benar (Ismoyo dan Rijaluzzaman, 1994).

Limbah dari pekerjaan tukang kayu berupa serpihan dan potongan balok dan lain-lain umumnya tersebar di sekitar lokasi pertukangan kayu, lokasi rumah yang dibangun. Limbah dari tukang kayu ini sering diabaikan begitu saja atau dibakar, dan sedikit dipergunakan untuk menggemburkan tanah sekitar pekarangan. Limbah dari tukang kayu ini sering tidak masuk dalam perhitungan buangan limbah kayu. Sebagaimana yang telah diungkapkan di atas bahwa lebih dari 50% kayu dari produksi kayu olahan hanya sebagai limbah (Pari, 2002).

Adanya limbah kayu akan menimbulkan masalah baru bagi pelaku usaha dan masyarakat sekitar (Anonim, 2010). Kenyataan di lapang bahwa limbah kayu yang terbentuk tersebut akan menimbulkan masalah baru, seperti hasil dari pembakaran akan meningkatkan emisi karbon di atmosfer, limbah yang dibuang atau terbawa ke aliran sungai akan menyebabkan pencemaran air, dan limbah yang dibuang di tanah akan mencemari lingkungan sekitar pemukiman dan lain-lain. Komponen kimia di dalam kayu mempunyai arti yang penting dalam pemanfaatan kayu dan tingkat bahaya pencemaran oleh limbah kayu. Menurut Trihadi (2003) bahwa komposisi kayu terdiri dari 50% Karbon, 6% Hidrogen, 0,04 – 0,10% Nitrogen, 0,20 – 0,50% abu, dan sisanya adalah Oksigen.

Kompor Alternatif

Purnomo et al. (2014) mengatakan bahwa prinsip dasar kompor adalah sebagai sarana proses pembakaran bahan bakar. Potensi total limbah kayu yang cukup besar sebagai sumber energi sangat memungkinkan penggunaan limbah tersebut sebagai bahan bakar alternatif pada skala rumah tangga sebagai pengganti energi kayu atau minyak (Pari, 2002). Sekarang sudah banyak masyarakat yang menggunakan kompor dengan bahan bakar gas. Penggunaan limbah kayu sebagai bahan bakar karena limbah kayu tersebut mempunyai kandungan energi yang cukup banyak Purnomo et al., (2014). Sementara itu, pemanfaatan limbah kayu juga telah banyak dilakukan, baik sebagai bahan bakar (alternatif) maupun sebagai bahan campuran penggembur tanah pada persemaian kelapa sawit dan tumbuhan lainnya. Pemanfaatan limbah serbuk gergaji

atau serpihan kayu sebagai bahan bakar alternatif umumnya hanya yang bersifat sederhana dalam peralatan bantu sebagai kompor. Sedangkan rancangan kompor yang sifatnya khusus untuk menggunakan biomassa (limbah serpihan kayu) masih belum banyak pengembangannya.

Cara kerja kompor biomassa (serpihan kayu) ini juga relatif lebih mudah dan aman bagi mereka yang awam soal penggunaan kompor untuk memasak. Kurniawan et al., 2008 mengatakan bahwa kompor secara umum memiliki beberapa bagian utama dengan fungsi masing-masing yang meliputi tempat bahan bakar (minyak atau limbah biomasa), tungku pembakaran dan aliran udara alami. Kompor yang berbahan bakar biomasa mempunyai tambahan bagian penting lainnya untuk proses pembakaran, yaitu tempat penampung abu dan aliran udara masuk. Dalam rancang bangun kompor digunakan plat yang cukup kuat agar dapat bertahan dalam waktu yang lama dan tidak mudah rusak (Basyuni et al., 1993). Uji teknik dilakukan pada kompor untuk mengetahui proses pembakaran yang terjadi dan efisiensi panas yang dihasilkan dalam proses perhitungan (Belonio, 2005 dalam Purnomo et al., 2014).

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah efisiensi panas yang dihasilkan pada kompor. Selanjutnya juga perlu dipertimbangkan masalah biaya, kemudahan operasi dan pemeliharaan kompor (Armando et al., 2005). Selanjutnya dikatakan oleh Santoso (2004) bahwa efisiensi kompor adalah perbandingan antara panas yang berguna (untuk memasak suatu makanan dalam jumlah tertentu, dari suhu awal sampai masak) terhadap nilai panas yang diberikan oleh minyak tanah.

Aliran Udara Dalam Kompor

Prinsip pembakaran kayu atau kebakaran pada umumnya, bila udara banyak atau angin berhembus mengenai api biasanya akan memperbesar kobaran api. Proses pembakaran adalah reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen (Santoso, 2004). Pada proses ini perlu

diperhatikan rasio antara jumlah bahan bakar dan oksigen (yang diwakili oleh laju aliran udara) yang tepat sehingga proses pembakaran mendekati sempurna (Armando et al., 2005). Menurut Santoso (2004) bahwa efisiensi kompor tidak dapat mencapai 100% karena terdapat energi panas yang hilang yaitu: (1) panas untuk menguap campuran air (moisture) yang dikandung oleh bahan bakar (2) panas bahan bakar yang tidak terbakar (3) panas radiasi yang keluar ruang bakar. Pertambahan lubang udara kompor dapat mempengaruhi kesempurnaan pembakaran, dimana untuk mencapai pembakaran yang sempurna dibutuhkan campuran udara yang tepat.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Untuk pelaksanaan penelitian dilakukan pada tempat khusus yang terlindung dan terhindar dari pengaruh angin, yaitu didalam gudang. Pelaksanaan penelitian ini mulai dari persiapan sampai dengan pengambilan data sekitar 2 minggu mulai dari persiapan sampai dengan pelaksanaan penelitian.

Variabel Penelitian

Variabel penelitiannya yang terdiri dari variabel bebas adalah jumlah lubang pada plat bawah kompor sebagai ventilasi udara masuk ke ruang pembakaran biomassa, sedangkan variabel terikatnya adalah jumlah kalori yang dihasilkan yang diukur dengan waktu untuk mendidihkan air sebanyak 1 (satu) liter. Dalam hal ini, kepadatan tumpukan biomassa (serpihan kayu), jenis kayu, dan bobot tumpukan biomassa (serpihan kayu) dibuat merata dan dianggap sama. Pengukuran hasil penelitian dengan menghitung kecepatan waktu untuk mendidihkan air sebanyak 1 liter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengamatan

Hasil pengamatan terhadap beberapa faktor yang diamatiseperti yang disajikan pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1. Hasil Pengamatan Dalam Pelaksanaan Penelitian

No.	Parameter	Satuan	Satuan Percobaan													
			A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3		
1.	Berat biomassa	Gram														
2.	Suhu air awal	°C	27	28	27	27	28	27	27	28	27	27	28	27		
3.	Suhu air akhir	°C	68	71	65	77	70	72	77	100	80	100	98	100		
4.	Waktu sampai api stabil	Menit	5	6	7	4	5	5	3	5	4	3	3	3		
5.	Waktu terbakar habis	Menit	78	82	71	64	67	79	57	57	65	46	52	40		

Sumber : Data Primer, 2018

Berat Biomassa

Berat biomassa (serpihan kayu) adalah jumlah berat (gram) bobot serpihan kayu yang dimasukkan di dalam rancangan pasangan plat bawah dan dinding kompor. Adapun ukuran silinder dinding kompor diameter 18 cm dan tinggi dinding kompor adalah 16 cm, dengan ukuran lubang tengah berdiameter 2,5 cm. Maka volume masing-

masing silinder dinding kompor adalah 4.069,44 cm². Namun tinggi pengisian serpihan yang dicobakan hanya 12 cm saja, maka volume biomassa (serpihan kayu) yang digunakan dalam perlakuan penelitian ini adalah 3.815,10 cm² dikurangi dengan volume lubang tengah 40,91 cm² sama dengan 3.011,17 cm². Volume biomassa ini adalah volume yang diperhitungkan dari volume wadahnya, yaitu

pasangan plat bawah dan dinding kompor dengan tinggi pengisian hanya 12 cm.

Sedangkan berat biomassa (serpihan kayu) yang digunakan dalam setiap satuan percobaan diperoleh dari hasil penimbangan pasangan rancangan plat bawah dan dinding kompor yang telah diisi dengan biomassa (serpihan kayu), ditimbang secara total, dikurangi dengan berat pasangan plat bawah dan dinding kompor. Dengan demikian, berat biomassa (serpihan kayu) yang digunakan

dalam penelitian ini berkisar antara 510,6 – 513,6 gram, dengan rata-rata adalah 512,12 gram. Berat biomassa ini memang dirancang tidak berbeda jauh, apabila hasil penimbangan ternyata jauh berbeda maka tumpukan biomassa tersebut ditambah atau dikurangi untuk menyamakan berat biomassa yang digunakan. Untuk lebih jelas tentang jumlah berat biomassa (serpihan kayu) yang digunakan dalam penelitian ini seperti yang disajikan pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2. Berat Biomassa (Serpihan Kayu) yang Digunakan Dalam Penelitian

No.	Perlakuan	Ulangan			Jumlah
		1	2	3	
1.	A (3 lubang pada plat bawah kompor)	510,6	511,2	511,3	1533,10
2.	B (4 lubang pada plat bawah kompor)	512,1	513,6	513,0	1538,70
3.	C (5 lubang pada plat bawah kompor)	510,9	511,7	513,4	1536,00
4.	D (6 lubang pada plat bawah kompor)	511,8	513,0	512,8	1537,60
	Jumlah	2045,40	2049,50	2050,50	6145,40
	Rata-rata	511,35	512,38	512,63	

Sumber : Data Primer yang diolah, 2018

Suhu Air Awal

Suhu air awal ini adalah suhu air yang diukur pada setiap satuan percobaan sesaat setelah pengisian air ke dalam panci uji. Hasil pengukuran seperti yang disajikan pada Tabel 4.1 di atas, berkisar antara 27 – 28 oC. Pada percobaan hari pertama tanggal 23 Januari 2018 yaitu 27 oC, sedangkan pada pelaksanaan hari kedua tanggal 24 Januari 2018 yaitu 28 oC, dan pada percobaan hari ketiga tanggal 25 Januari 2018 yaitu 27 oC.

Suhu Air Uji Akhir

Suhu air uji akhir adalah suhu air uji yang diukur setelah salah satu atau lebih satuan percobaan telah mencapai suhu 100 oC atau mendidih. Pada saat salah satu satuan percobaan mencapai suhu 100 oC atau sudah mendidih maka pada saat tersebut juga dilakukan pemeriksaan dan pencatatan suhu air uji pada masing-masing satuan percobaan lainnya. Kemudian penelitian tetap dilanjutkan sampai dengan suhu air uji terlihat menurun. Pada beberapa satuan percobaan saat tersebut terlihat suhu air uji bertahan dan bahkan sudah ada terlihat menurun.

Pada pelaksanaan penelitian ini hanya beberapa satuan percobaan saja yang air ujinya sempat mendidih atau mencapai suhu 100 °C, yaitu pada perlakuan C-2, D-1 dan D-3. Sedangkan pada satuan percobaan lainnya suhu

air uji tidak mencapai 100 °C atau air ujinya tidak sampai mendidih (lihat Tabel 4.1 di atas).

Waktu Sampai Api Stabil

Api kompor yang dikatakan sudah stabil yaitu apabila api yang besarnya sedang dengan gerakan nyala yang tidak banyak bergoyang seperti ditiup angin. Waktu untuk mencapai api kompor yang stabil ini sebagaimana yang disajikan pada Tabel 4.1 di atas terlihat berbeda untuk masing-masing satuan percobaan. Dimana pada perlakuan D hanya diperlukan waktu 3 menit untuk mencapai kondisi api yang stabil, sedangkan pada perlakuan yang lain ada yang mencapai 7 menit. Dan secara rata-rata terlihat bahwa pada perlakuan A cenderung lebih lama, kemudian perlakuan B menjadi agak cepat, disusul oleh perlakuan C yang cukup cepat mencapai api yang stabil, dan yang paling cepat adalah perlakuan D.

Dengan pengamatan yang dilakukan terlihat bahwa sejak dinyalakan pada kondisi kompor sudah dipasangkan tutupnya, api kompor pada semua perlakuan langsung menyala dengan cepat bahkan ada yang terlihat mempunyai nyala api yang cukup tinggi keluar dari tutup atas kompor. Namun pada perlakuan A dan B nyala api akan cepat mengecil dan terlihat bergoyang serta tingkat semburan yang kurang. Untuk lebih jelas disajikan pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1. Kondisi Api Kompor

Api kompor yang stabil akan menghasilkan nyala yang baik sebagaimana yang terdapat pada Gambar 4.1 di

atas. Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini bahwa kestabilan api

dipengaruhi oleh jumlah lubang udara yang masuk ke dalam kompor (ruang pembakaran). Karena lubang bawah kompor yang kecil maka udara yang dapat masuk ke dalam ruang pembakaran di dalam kompor juga sedikit, sehingga ada kecenderungan udara akan masuk dari atas. Hal ini juga yang mempengaruhi cepat atau lambatnya mencapai kestabilan api kompor.

Waktu Biomassa sampai Terbakar Habis

Walaupun pencatatan waktu ini relatif kurang tepat, karena biomassa dianggap sudah habis terbakar jika asap sudah tidak terlihat lagi keluar dari tutup atas kompor dan sudah tidak ada rasa panas (dirasakan dengan tanagn kosong) yang keluar dari tutup atas kompor tersebut.

Waktu untuk biomassa terbakar habis ternyata lebih cepat pada perlakuan D (6 lubang pada plat bawah kompor) dengan rancangan jumlah lubang pada plat bawah kompor yang lebih banyak, sebaliknya pada perlakuan A (3 lubang pada plat bawah kompor) waktu untuk biomassa dapat terbakar habis terlihat lebih panjang, dan bahkan pada perlakuan A ini menyisakan arang yang lebih banyak. Hasil ini juga bisa diartikan bahwa pada perlakuan A api lebih cepat berhenti menyala sehingga biomassa lebih banyak terbakar karena panas yang tersimpan dalam ruang pembakaran kompor itu saja. Sedangkan pada perlakuan D dimana jumlah lubang pada plat kompor lebih banyak sehingga udara yang masuk ke dalam ruang pembakaran kompor tersebut lebih banyak, akan menyebabkan biomassa dapat

terbakar secara sempurna, dan sisa arangnya sedikit, abu yang lebih banyak.

Hal ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Santoso (2004) bahwa proses pembakaran adalah reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen. Dan menurut Armando *et al.* (2005) bahwa pada proses ini perlu diperhatikan rasio antara jumlah bahan bakar dan oksigen (yang diwakili oleh laju aliran udara) yang tepat sehingga proses pembakaran mendekati sempurna.

Hasil Penelitian

Sesuai dengan aspek yang diteliti dalam pelaksanaan penelitian ini adalah waktu untuk mendidihkan air sebanyak 1 liter didalam panci uji. Sedangkan hasil penelitian ini air uji yang sempat mendidih hanya pada perlakuan C dan D saja, tetapi pada perlakuan A dan B air uji tidak sempat mendidih.

Tidak sempat mendidihnya air pada beberapa satuan percobaan pada pelaksanaan penelitian ini, sesuai dengan hasil pengamatan bahwa biomassa yang terbakar tetapi tidak menyala atau nyala apinya tidak keluar dari tutup atas kompor tidak mampu lagi untuk menaikkan suhu air uji dalam panci uji. Hal ini diduga disebabkan karena jumlah air yang terlalu banyak dan banyak biomassa yang sedang terbakar tetapi tidak mendapatkan suplai udara yang cukup sehingga bara api yang terbentuk oleh biomassa di dalam ruang pembakaran kompor tidak mampu mengeluarkan panas yang cukup lagi. Sebagaimana yang disajikan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3. Suhu Maksimum ($^{\circ}\text{C}$) dan waktu Pencapaian (menit) Pada Masing- masing Satuan Percobaan

No.	Perlakuan	Ulangan		
		1	2	3
1.	A (3 lubang pada plat bawah kompor)	69	74	69
	<i>Waktu pencapaian suhu maksimum</i>	37	34	36
2.	B (4 lubang pada plat bawah kompor)	78	72	73
	<i>Waktu pencapaian suhu maksimum</i>	35	40	36
3.	C (5 lubang pada plat bawah kompor)	78	100	81
	<i>Waktu pencapaian suhu maksimum</i>	32	41	33
4.	D (6 lubang pada plat bawah kompor)	102	98	103
	<i>Waktu pencapaian suhu maksimum</i>	34	30	31

Sumber : Data Primer yang diolah, 2018

Berdasarkan data pada Tabel 4.3 tersebut di atas bahwa dalam waktu pencapaian suhu air mencapai 100°C atau air mendidih pada salah satu satuan percobaan ada beberapa satuan percobaan lainnya justru suhu air ujinya sudah menurun.

Pada percobaan hari pertama dimana satuan percobaan yang mencapai suhu air uji 102°C terdapat pada perlakuan D-1 pada waktu menit ke 34, sementara suhu maksimum pada perlakuan C-1 sudah mencapai suhu maksimum (78°C) pada menit ke 32. Yangmana pada perlakuan C-1 ini suhu air uji sudah tidak meningkat lagi dan justru menurun dari 78°C menjadi 77°C . Artinya api yang membakar biomassa (serpihan kayu) dalam ruang pembakaran kompor pada perlakuan C-1 tersebut sudah tidak menyala lagi. Sedangkan pada perlakuan A dan B mencapai suhu maksimum masing-masing pada

menit ke 37 dan menit ke 35, setelah itu suhu air uji terlihat menurun.

Pada percobaan hari kedua, dimana air uji yang mencapai suhu 100°C atau air mendidih adalah perlakuan C-2 dalam menit ke 41. Sementara pada perlakuan A dan B masing-masing air uji hanya mencapai suhu 71°C dan 70°C , serta dapat mencapai suhu air uji maksimum masing-masing pada menit ke 34 dan ke 40. Terlihat bahwa pada perlakuan A dan B tersebut suhu air ujinya sudah menurun. Sedangkan pada perlakuan D suhu air sudah mencapai 98°C sejak menit ke 30 dan suhu air ujinya tetap bertahan sampai pada menit ke 41 tersebut.

Pada percobaan hari ketiga, dimana satuan percobaan yang mencapai suhu maksimum air uji 103°C adalah perlakuan D-3 dalam menit ke 31, sementara itu pada perlakuan C-3 suhu air uji hanya mencapai 80°C ,

pada perlakuan A suhu air uji hanya mencapai 65 °C dan perlakuan B-3 juga suhu air uji hanya mencapai 72 °C. Pencapaian suhu air uji maksimum pada perlakuan A, B dan C masing-masing terjadi pada menit ke 36, 36 dan 33. Sehingga dalam percobaan hari ketiga ini pada perlakuan

D-3 air uji dapat mendidih sebelum perlakuan lainnya mencapai angka suhu air uji maksimum.

Berdasarkan pencatatan terhadap waktu rancangan kompor biomassa (serpihan kayu) untuk mendidihkan air uji sebanyak 1 liter, dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4. Waktu Mendidihkan Air Uji (1 liter) Pada Masing-masing Satuan Percobaan

No.	Perlakuan	Ulangan		
		1	2	3
1.	A (3 lubang pada plat bawah kompor)	--	--	--
2.	B (4 lubang pada plat bawah kompor)	--	--	--
3.	C (5 lubang pada plat bawah kompor)	--	41	--
4.	D (6 lubang pada plat bawah kompor)	34	--	31

Catatan : -- air belum mendidih atau suhu air uji belum mencapai 100 °C

Sumber : Data Primer yang diolah, 2018

Berdasarkan data pada Tabel 4.4 tersebut di atas terlihat bahwa air uji yang sempat mendidih hanya pada perlakuan C dan D. Pada perlakuan D air sempat mendidih pada percobaan hari pertama dan hari ketiga, sedangkan pada percobaan hari kedua air uji sempat mendidih yaitu pada perlakuan C. Pada perlakuan A dan B air uji tidak sempat mendidih atau suhu air uji tidak mencapai 100 °C.

Karena data tidak bisa diperoleh secara lengkap, maka dalam analisis dan pengambilan kesimpulan untuk penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data suhu akhir (°C) pada masing-masing satuan percobaan.

Hal ini yang terlihat pada hasil pengamatan terhadap suhu akhir pada masing-masing satuan percobaan sebagaimana yang telah disajikan pada Tabel 4.1 di atas, yang disajikan kembali pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5. Suhu Akhir (°C) Pada Masing-masing Satuan Percobaan

No.	Perlakuan	Ulangan		
		1	2	3
1.	A (3 lubang pada plat bawah kompor)	68	71	65
2.	B (4 lubang pada plat bawah kompor)	71	70	72
3.	C (5 lubang pada plat bawah kompor)	76	100	80
4.	D (6 lubang pada plat bawah kompor)	100	98	100

Sumber : Data Primer yang diolah, 2018

Sebagaimana yang telah diungkapkan di atas bahwa pencatatan suhu air uji akhir (°C) pada masing-masing satuan percobaan ini dilakukan setelah salah satu satuan

percobaan mencapai suhu air uji 100 °C atau air uji sudah mendidih. Data hasil penelitian disajikan pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6. Data Hasil Penelitian

No.	Percobaan	Satuan Percobaan			
		A1=68	C1=76	D1=100	B1=71
1.	Hari Pertama (ulangan 1)	A1=68	C1=76	D1=100	B1=71
2.	Hari Kedua (ulangan 2)	D2=98	B2=70	A2=71	C2=100
3.	Hari Ketiga (ulangan 3)	C3=80	D3=100	B3=72	A3=65

Sumber : Data Primer yang diolah, 2018

Untuk dapat melihat atau mengambil kesimpulan dari pengaruh jumlah lubang pada plat bawah kompor terhadap kemampuan dalam memberikan suhu yang cukup untuk mendidihkan air uji dalam panci uji, maka akan dilakukan dengan Analysis of Varians (ANOVA).

Sesuai dengan persyaratan atau tahap dalam penggunaan ANOVA tersebut maka beberapa analisis yang harus dilakukan sebelumnya, yaitu: Uji Kenormalan Data yang dilakukan dengan menggunakan Uji Liliefors, dan Uji Kehomogenan Ragam dengan menggunakan Uji Barlett.

Setelah dilakukan analisis terhadap kenormalan data dengan Uji Liliefors tersebut ternyata $L_{hit} = 0,135$ yang lebih kecil dari $L_{tab(0,05)} = 0,242$ dan $L_{tab(0,01)} = 0,275$. Maka data dinyatakan menyebar normal.

Kemudian dilakukan Uji Kehomogenan Ragam dengan menggunakan Uji Barlett, ternyata diperoleh nilai $X^2_{hit} = 16,20$ yang lebih besar dari $X^2_{tab(0,05)} = 7,81$, maupun

dari $X^2_{tab(0,01)} = 11,3$. Maka data mempunyai tingkat berbeda sangat nyata, dan data homogen. Setelah data terlihat menyebar normal dan dianggap homogen maka analisis ANOVA dapat dilakukan. Berdasarkan hasil perhitungan dalam Analisis Sidik Ragam (ANOVA) sebagaimana yang disajikan pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7. Analisis Sidik Ragam (ANOVA)

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-Hitung	F-Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	1871,58	623,86	14,13	4,07	7,59
Galat	8	160883,33	20110,42			
Total	11					

Maka berdasarkan pada hasil analisis sidik ragam (ANOVA) yang dilakukan sebagaimana yang disajikan pada Tabel 4.7 tersebut di atas terlihat bahwa nilai F-hitung jauh lebih besar daripada nilai F-Tabel baik 5% maupun 1%, dimana H_0 akan ditolak dan menerima H_1 . Artinya perlakuan jumlah lubang pada plat bawah rancangan kompor biomassa (serpihan kayu) sebagai bahan bakar memberikan pengaruh yang sangat nyata kemampuannya dalam capaian panas untuk mendidihkan air uji sebanyak 1 liter didalam panci uji.

Sebagaimana beberapa uraian di atas berdasarkan hasil pengamatan bahwa jumlah lubang pada plat bawah rancangan kompor biomassa (serpihan kayu) memberikan pengaruh terhadap waktu yang lebih cepat dalam peningkatan panas air uji, waktu yang lebih cepat dalam mencapai nyala api yang stabil, tetapi juga memberikan dampak pada pembakaran biomassa (serpihan kayu) yang lebih cepat habis terbakar, serta menyisakan arang yang sedikit. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pembakaran pada plat bawah kompor dengan jumlah lubang yang lebih banyak akan menyebabkan pembakaran biomassa dalam kompor yang lebih sempurna.

Setelah mendapatkan pengaruh yang sangat nyata dari perlakuan yang dilakukan pada penelitian ini, maka untuk dapat melihat perlakuan yang berpengaruh terhadap kemampuan capaian panas untuk mendidihkan air uji, maka harus dilakukan dengan uji lanjutan. Sebagaimana yang dikatakan oleh Hanafiah (1993) bahwa uji lanjutan harus memenuhi kriteria, yang dilihat dengan nilai Koefisien Keragaman (KK).

Berdasarkan uji Koefisien Keragaman (KK) yang dilakukan diperoleh KK sebesar 8,21%, dengan demikian uji lanjutan yang paling tepat adalah Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) (Hanafiah, 1993). Dari perhitungan Uji BNT yang dilakukan, diperoleh nilai BNT (0,05) sebesar 13,05 °C dan nilai BNT (0,01) sebesar 21,64 °C. Terlihat bahwa perlakuan yang memberikan pengaruh dan berbeda dari seluruh perlakuan lainnya adalah perlakuan D dengan 6

lubang pada plat bawah kompor, dimana mempunyai nilai BNT yang lebih besar untuk 1%, tetapi terhadap perlakuan C (5 lubang pada plat bawah kompor hanya berbeda pada tingkat 5%. Sedangkan untuk perlakuan C terhadap perlakuan A dan B hanya berbeda pada tingkat 5% saja.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian Perancangan Bahan Bakar Biomassa Sebagai Energi yang telah dilaksanakan dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Rancangan pemanfaatan limbah biomassa (serpihan kayu) sebagai sumber energi alternatif untuk memasak telah mampu mendidihkan air uji sebanyak 1 liter dalam waktu 31 – 41 menit. Perlakuan yang mampu mendidihkan air uji tersebut hanya pada perlakuan D (6 lubang pada plat bawah kompor) dan perlakuan C (5 lubang pada plat bawah kompor).
2. Rancangan kompor yang terbaik adalah perlakuan D dengan jumlah lubang pada plat bawah kompor sebanyak 6 lubang, dengan nyala api yang lebih cepat stabil. Setelah proses pembakaran selesai menyisakan arang yang sedikit, pembakaran biomassa lebih sempurna.
3. Berdasarkan hasil ANOVA bahwa perlakuan perbedaan jumlah lubang pada plat bawah kompor berpengaruh sangat nyata terhadap kemampuan mendidihkan air uji sebanyak 1 liter, dengan nilai $F_{hit} = 14,13$ dan $F_{tab(5\%)} = 4,07$ dan $F_{tab(1\%)} = 7,59$. Dengan uji lanjutan LSD atau BNT diperoleh hasil bahwa perlakuan D (6 lubang pada plat bawah kompor) sebagai perlakuan terbaik, dan selanjutnya perlakuan C (5 lubang pada plat bawah kompor), dengan nilai BNT (5%) = 13,05 °C, dan BNT (1%) = 21,64 °C.
4. Jumlah biomassa yang digunakan hanya cukup untuk mendidihkan air uji sebanyak 1 liter, karena pencapaian suhu maksimum hanya beberapa menit setelah itu, selanjutnya nyala api menurun dan

mengecil. Jumlah biomassa yang digunakan sebagai bahan bakar berkisar antara 510,6 – 513,6 gram.

5. Pada perlakuan A (3 lubang pada plat bawah kompor) dan perlakuan B (4 lubang pada plat bawah kompor) masih belum mampu mendidihkan air uji sebanyak 1 liter, karena suhu maksimum yang dicapai hanya berkisar antara 74 °C dan 78 °C. Nyala api kompor lebih cepat menurun dan suhu air uji juga menurun. Pada kedua perlakuan ini terlihat jumlah arang yang tersisa menjadi lebih banyak. Dalam hal ini biomassa tidak terbakar sempurna.
6. Rancangan kompor yang juga ikut menentukan kestabilan nyala kompor adalah bentuk plat tutup kompor. Pada percobaan awal penggunaan plat tutup kompor yang datar, nyala api kurang stabil dan banyak asap atau nyala api yang keluar dari samping, sehingga panas banyak yang terhalang oleh plat tutup kompor tersebut. Sehingga dibuat bentuk tutup kompor yang kerucut sehingga nyala api terlihat mengarah ke puncaknya dan langsung mengarah ke dasar panci uji. Pemanfaatan panas api kompor menjadi lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Basyuni, S.; S. Sumaryono; dan Suganda. 1993. Pembuatan Briket Batu Bara Tidak Berasap Untuk Rumah Tangga. Berita PPTM. Bandung.
- Gasperzs, V., 1989. Metode Perancangan Percobaan untuk Ilmu-Ilmu Pertanian, Ilmu-Ilmu Teknik, Biologi. Armico., Bandung.
- Hanafiah, 1993. Rancangan Percobaan, Teori dan Aplikasi. Edisi Ke-2. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta. <https://www.merdeka.com/uang/hph-di-kalteng-diharuskan-penuhi-kebutuhan-kayu-lokal-7u46o4y.html>.
- Ismoyo, I.H. dan Rijaluzzaman, 1994. Kamus Istilah Lingkungan. PT. Bina Rena Pariwara, Jakarta.
- Kurniawan; Oswan; dan Marsono. 2008. Super Karbon Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah dan Gas. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Mujetahid, A. 2009. Analisis Biaya Penebangan Pada Hutan Jati Rakyat di Kabupaten Bone. Jurnal Parenial, 6(2): 108-115.
- Pari, G., 2002, Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu, Institut Pertanian Bogor.
- Purnomo, R.H; E.G. Kuncoro; dan D. Wahyuni, 2014. Rancang Bangun dan uji Teknik Kompor Berbahan Bakar Limbah Biomassa Pertanian. Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya 30662. Buana Sain Vol. 14. No. 2 : 71-78. 2014.
- Purnomo, R.H; Endo Agro Kuncoro; dan Dian Wahyuni, 2014. Rancang bangun dan Uji Teknik Kompor Berbahan Bakar Limbah Biomassa Pertanian. Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya.
- Santoso, B., 2004. Pengujian Efisiensi Kompor Minyak Tanah Bersumbu. Fakultas Teknik UNS, Jurusan Teknik Mesin, Surakarta.
- Srigandono, B. 1989. Rancangan Percobaan Experimental Design. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sudjana, 1992. Desain dan Analisis Eksperimen. Edisi Ke-3. Penerbit Tarsito. Bandung.
- Trihadi, B., 2003. Pemanfaatan Limbah Padat Berupa Arang Bagasse. UPN- Veteran Jawa Timur.
- Wibowo, W.A.; H.M. Afriyadi; dan N. Driyatmono, 2014. Pengaruh Laju Alir Udara Dan Tipe Aliran Udara Terhadap Kinerja Kompor Gasifikasi Tongkol Jagung. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Windyasari, N., 2004, Penggunaan Kadar Lignin pada Proses Pembuatan Pulp dari Kayu Lamtorogung dengan Proses Asam Asetat-Ethyl Asetat, UPN" Veteran" Jatim, hal. 7.