

Unjuk kerja tungku berbahan bakar kayu untuk penukar kalor tipe *tubeless* pada pengering unggun terfluidisasi teh hitam orthodox

***The performance of fire wood stove for heat exchanger tubeless type
in the fluidized bed dryer of orthodox black tea***

Tadjudin Abas

*Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung
Pasirjambu, Kabupaten Bandung; Kotak Pos 1013 Bandung 40010
Telepon 022 5928780, Faks. 022 5928186*

Diajukan: 16 September 2013; diterima: 17 Oktober 2013

Abstract

The biomass potential of tea plantations such as tea pruning waste, shade tree waste and waste of tea replanting are large enough. Energy derived from biomass is a renewable energy source that environmentally friendly, and it does not cause a negative impact to the environment. Heat exchanger tubeless type can only use fossil fuel. To replace the fuel derived from biomass on the tubeless type of heat exchanger, the furnace must be designed specifically as a substitute for fuel oil burner. This paper provides the result of engineering design of tubeless type heat exchanger of and their performance in a fluidized bed dryer of orthodox black tea. Apart from that, the design suitable also for the green tea drying machines. As a substitute for fuel oil burner, the heat exchanger tubeless type can use waste of tea replanting. The ratio of fire wood was 0.90 kg per kilogram of made tea with 57.9% of the energy efficiency and 46.3% of drying energy efficiency.

Keywords: *heat exchanger tubeless type, stove, tea field biomass, black tea, green tea*

Abstrak

Potensi biomassa perkebunan teh dari limbah pangkasan teh, limbah pangkasan pohon pelindung, dan limbah replanting cukup besar. Energi yang berasal dari biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Penukar kalor (*heat exchanger*) tipe *tubeless* dirancang hanya dapat menggunakan bahan bakar minyak asal fosil. Untuk mengganti bahan bakar berasal dari biomassa pada penukar kalor tipe *tubeless*, harus dirancang tungku khusus sebagai pengganti *burner* bahan bakar minyak. Tulisan ini menyajikan hasil rancang bangun tungku berbahan bakar kayu untuk penukar kalor tipe *tubeless* dan hasil pengujian unjuk kerjanya pada pengering unggun terfluidisasi (*fluidized bed*) teh hitam orthodox. Selain dapat digunakan pada penukar kalor tipe *tubeless*, rancangan tungku ini dapat juga digunakan pada mesin-mesin pengering teh hijau. Dengan bantuan tungku hasil rancangan sebagai pengganti *burner* bahan bakar minyak, penukar kalor tipe *tubeless* dapat menggunakan bahan bakar kayu teh. Rasio bahan bakar kayu sebesar 0,90 kg kayu/kg teh kering dengan efisiensi energi penukar kalor tipe *tubeless* sebesar 57,9% dan efisiensi energi pengeringan sebesar 46,3%.

Kata kunci: penukar kalor tipe *tubeless*, tungku, biomassa kebun teh, teh hitam, teh hijau

PENDAHULUAN

Pengolahan teh hitam membutuhkan energi kinetik untuk menggerakkan mesin pengolahan dan energi panas untuk menguapkan air pada proses pelayuan dan pengeringan. Energi kinetik berasal dari energi listrik dan umumnya energi panas diperoleh dari pembakaran bahan bakar langsung pada tungku (*furnace*) melalui penukar kalor (*heat exchanger*). Kebutuhan energi pengolahan teh hitam orthodox sekitar 7,18 kWh/kg teh jadi. Porsi energi listrik sekitar 8,6–12,6%, sedangkan porsi energi panas berkisar antara 87,4–91,7% dari total kebutuhan energi dalam pengolahan teh hitam orthodox. Efisiensi konsumsi energi termal dalam pengolahan teh masih rendah, yang dimanfaatkan kurang dari 42% (Ramakrishna, 1999; De Silva, 1996).

Teknologi pemanfaatan energi fosil selama ini relatif tidak ramah lingkungan sehingga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Kesadaran masyarakat akan lingkungan semakin tinggi sehingga teknologi energi yang tidak ramah lingkungan akan ditinggalkan, sedangkan teknologi energi yang ramah terhadap lingkungan akan menjadi salah satu pilihan untuk dimanfaatkan. Meskipun demikian, pertimbangan aspek lingkungan saja dalam pemilihan teknologi energi tidak cukup. Pemilihan teknologi harus didasarkan juga pada aspek ekonomi dan efisiensinya sehingga jenis teknologi energi yang dipilih adalah yang paling optimal ditinjau dari segi aspek ekonomi dan lingkungan. (Anonim, 2002).

Energi yang berasal dari biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Biomassa seperti hutan, limbah pertanian, dan limbah organik pengolahan dapat dikonversi menjadi produk komersial, baik melalui proses biokimia maupun termokimia (Lijun Wang, 2008). Energi yang tersimpan dalam biomassa berasal dari radiasi matahari melalui proses fotosintesis. Selama proses fotosintesis, energi disimpan dalam bentuk karbohidrat yang terdiri atas elemen-elemen karbon, hidrogen, dan oksigen (Teodorita Al Seadi, 2008).

Potensi biomassa perkebunan teh dari limbah pangkasan teh, limbah pangkasan pohon pelindung, dan limbah replanting cukup besar. Luas areal pangkasan teh setiap tahun mencapai 25-33% luas tanaman teh menghasilkan (TM) dengan limbah pangkasan 23.750 kg/ha yang terdiri atas 77% cabang dan ranting atau sekitar 18.288 kg/ha dan 23% daun atau sekitar 5.462 kg/ha (Tobroni & Adimulyo, 1997). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pohon pelindung disamping bermanfaat mengurangi suhu lingkungan juga bermanfaat sebagai biomassa. Nimba (*Azadirachta indica*) dapat menghasilkan serasah 40 ton/ha/tahun yang terdiri atas daun 50%, buah 25% dan kayu 25%. Pohon pelindung tersebut mengandung *azadirachtin* yang dapat digunakan sebagai insektisida nabati (Widayat & Santoso, 1995). Penelitian jarak tanam rapat pohon pelindung yang djarangkan sampai 10 x 10 m tidak meningkatkan serangan penyakit cacar dan tidak menurunkan produksi (Sukas-

man, 1997). Bobot kayu perdu teh limbah replanting antara 13–15 kg per perdu. Dengan asumsi populasi tanaman saat di-replanting sebanyak 6.000 perdu/ha, maka potensi biomassa kayu limbah *replanting* sebesar 78–90 ton/ha (Abas, 2010).

Penukar kalor yang umum digunakan pada proses pelayuan atau pengeringan teh hitam adalah tipe *multitube* dan tipe *tubeless*. Tipe *multitube* dirancang dapat menggunakan bahan bakar cair (minyak) dan bahan bakar padat (kayu). Sedangkan, tipe *tubeless* hanya dapat menggunakan bahan bakar cair (minyak). Untuk mengganti bahan bakar cair dengan bahan bakar padat pada penukar kalor tipe *tubeless*, harus dirancang tungku khusus sebagai pengganti *burner* bahan bakar minyak.

Tulisan ini menyajikan hasil rancang-bangun tungku berbahan bakar kayu untuk penukar kalor tipe *tubeless* dan hasil pengujian unjuk kerjanya pada pengering unggun terfluidisasi (*fluidized bed*) teh hitam orthodox. Selain dapat digunakan pada penukar kalor tipe *tubeless*, rancangan tungku ini dapat juga digunakan pada mesin-mesin pengering teh hijau.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan penelitian dibagi dalam empat tahap, yaitu rancang bangun, uji fungsional, analisis kayu limbah replanting, dan uji unjuk kerja. Rancang bangun dan uji fungsional dilakukan di Pusat Penelitian Teh dan Kina, Gambung. Pengujian unjuk kerja dilakukan pada penukar kalor tipe *tubeless* pada pengering unggun terfluidisasi (*fluidized bed*) teh hitam orthodox KP Gambung. Analisis kayu limbah replanting teh dilakukan di Labora-

torium Pengujian tekMIRA, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.

Rancang bangun tungku

Tungku untuk penukar kalor tipe *tubeless* yang menggunakan bahan bakar padat kayu dirancang dengan konsep sebagai berikut:

1. Dirancang untuk bahan bakar kayu berupa biomassa kayu perdu teh limbah replanting dengan diameter 3–5 cm, panjang ± 30 cm, dan kadar air 15–20%.
2. Rasio udara pembakaran diatur dengan menggunakan saluran udara primer dan sekunder.
3. Kapasitas pengumpanan 200 kg per jam.
4. Sistem pengumpanan bahan bakar menggunakan sistem *updraft* atau *counterflow*, untuk mendapatkan panas yang tinggi (Reed, 1996). Sket dasar sistem pengumpanan bahan bakar seperti dalam Gambar 2.
5. Untuk memudahkan pemeliharaan dan perbaikan penukar kalor, kaki tungku dilengkapi roda agar dapat ditarik kebelakang.
6. Pembuangan abu sisa pembakaran dilakukan di depan ID fan penukar kalor.

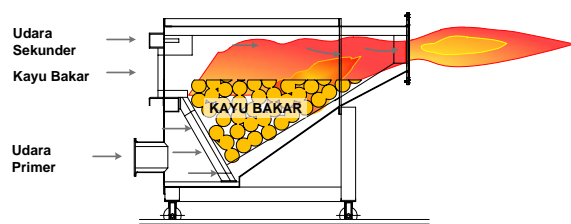
Uji fungsional tungku

Uji fungsional dilakukan untuk mengetahui apakah komponen utama tungku sudah berfungsi sesuai dengan rancangan. Dalam uji ini dilakukan juga kegiatan sebagai berikut:

1. Mencari laju pengumpanan bahan bakar yang optimal.
2. Mencari rasio udara primer dan sekunder dengan bahan bakar.



GAMBAR 1
Kayu pohon teh limbah *replanting*.



GAMBAR 2
Sket dasar rancangan tungku untuk penukar kalor tipe *tubeless* dengan bahan bakar kayu.

Uji unjuk kerja tungku

Pengujian dilakukan di Pabrik Teh Hitam Orthodox, KP Gambung, Pusat Penelitian Teh dan Kina. Tungku dipasang pada penukar kalor *tubeless* pengering unggun terfluidisasi teh hitam orthodox. Bahan olah yang digunakan adalah bubuk I dari program olah RV–RV–PCR (*rotor-vane–rotorvane–press cap roller*) dengan derajat layu sebesar 45%.

Dalam pengujian unjuk kerja, kayu teh limbah replanting yang digunakan berdiameter 3–5 cm, panjang 30 cm, dan kadar air kayu rata-rata 17,98%. Aliran udara primer yang digunakan sebesar 816 cfm dan aliran udara sekunder yang digunakan sebesar 350 cfm.

Uji unjuk kerja meliputi beberapa tahapan, yaitu: (1) persiapan, (2) aplikasi, dan (3) pencatatan data.

Persiapan

Tahap persiapan meliputi penyiapan bahan bakar kayu dan teh bubuk I dari program olah RV–RV–PCR yang akan digunakan.

Aplikasi

Tahap aplikasi meliputi pengumpanan bahan bakar kayu setiap 10 menit, mengatur volume aliran udara primer–sekunder untuk mendapatkan pembakaran sempurna, dan pengaturan suhu outlet penukar kalor, serta suhu diatur antara 114–127°C. Rancangan tungku yang telah dihasilkan dan penukar kalor tipe *tubeless* ditunjukkan pada Gambar 3.

Pencatatan data

Data yang diambil meliputi laju pengumpanan bahan bakar, suhu inlet, dan suhu outlet penukar kalor, debit aliran udara *main fan* penukar kalor, kapasitas kerja pengering, kadar air teh bubuk I dan kadar air teh jadi.

Analisis kayu teh

Untuk mendapatkan energi kayu yang digunakan, dilakukan analisis nilai kalori kayu limbah replanting teh. Dalam analisis kayu teh dilakukan juga uji proksimat dan ultimat kayu limbah replanting teh. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pengujian tekMIRA, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancang bangun tungku

Rancangan tungku terdiri atas enam bagian utama, yaitu: (1) bagian depan; (2) bagian tengah; (3) bagian belakang; (4) *grille*; (5) kaki dan roda, (6) *intake* udara. Hasil rancangbangun tungku dan penukar kalor tipe *tubeless* CCC no.1 (7) dapat dilihat pada Gambar 3.



GAMBAR 3

Tungku dan penukar kalor tipe *tubeless*.

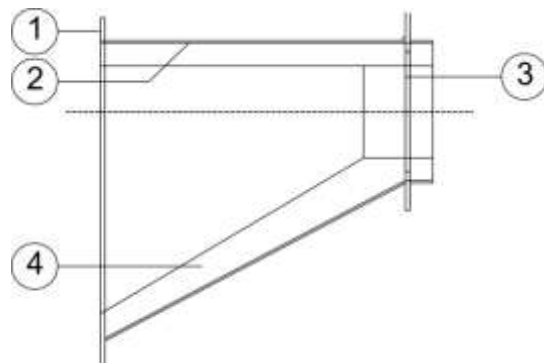
Dimensi dan material tungku

Volume ruang bakar tungku dirancang sebesar 500 liter dengan dimensi lebar 1.530 mm, panjang 2.250 mm, dan tinggi 1.415 mm. Dinding tungku menggunakan plat besi 5 mm, ruang bakar dilapisi 100 mm *Castable* C 1400, *ducting* udara primer dan sekunder dengan menggunakan plat besi 3,5 mm dan kaki tungku menggunakan besi siku 100 mm.

Bagian utama tungku

Bagian depan tungku merupakan *nozzle*, dengan diameter 150 mm, tinggi 1.205 mm dengan bagian dalam dilapisi 100 mm *Castable* C 1400 (Gambar 4). Bagian tengah tungku terdapat ruang bakar, dengan volume 500 liter (Gambar 5). Bagian dalam ruang bakar dilapisi 100 mm *Castable* C 1400, bagian belakang ruang bakar dibuat *Grille* (garangan) sebagai pintu masuk udara primer ke ruang bakar (Gambar 6). Bagian belakang tungku diletakkan pintu pengumpanan bahan bakar,

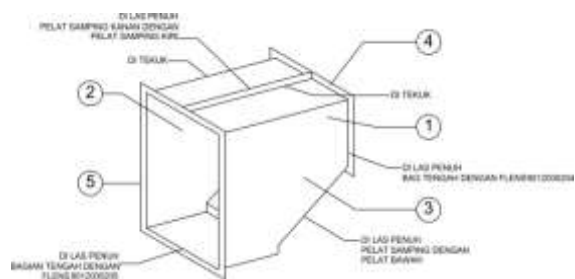
intake udara primer dan *intake* udara sekunder (Gambar 7).



4	1	CASTABLE	-
3	1	FLNS NOZZLE	190210103
2	1	NOZZLE CONN 645x1000 KE DIA 300	190210102
1	1	FLNS 645 x 1000 mm, PELAT T = 10 mm	190210101
Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc	Article No./Reference

GAMBAR 4

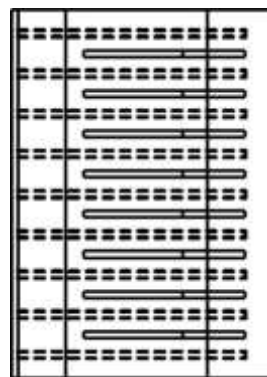
Bagian depan.

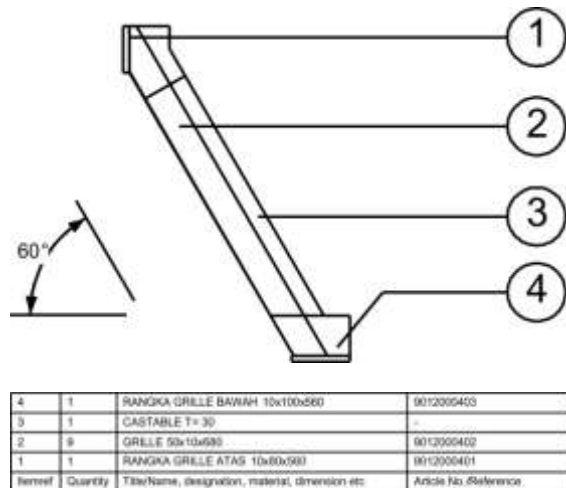


5	1	FLNS BT2 1100x700	9012000205
4	1	FLNS BT1 650x700	9012000204
3	1	PELAT BAWAH	9012000203
2	1	PELAT SAMPING KIRI	9012000202
1	1	PELAT SAMPING KANAN	9012000201
Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc	Article No./Reference

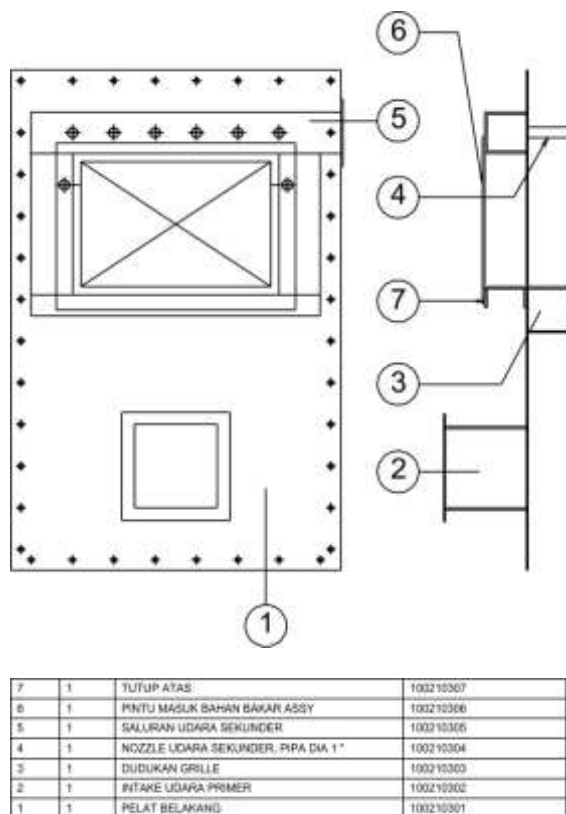
GAMBAR 5

Bagian tengah.





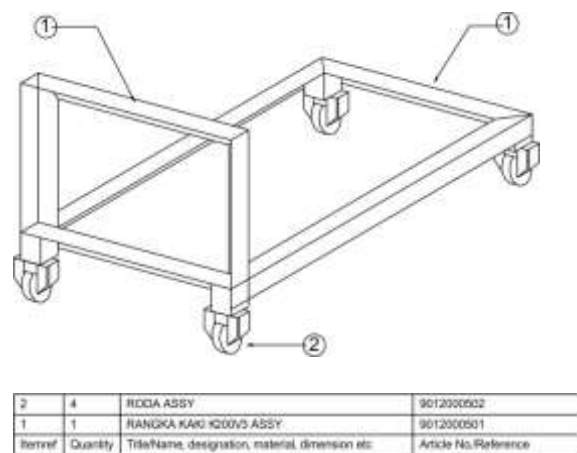
GAMBAR 6
Grille (garangan) tungku.



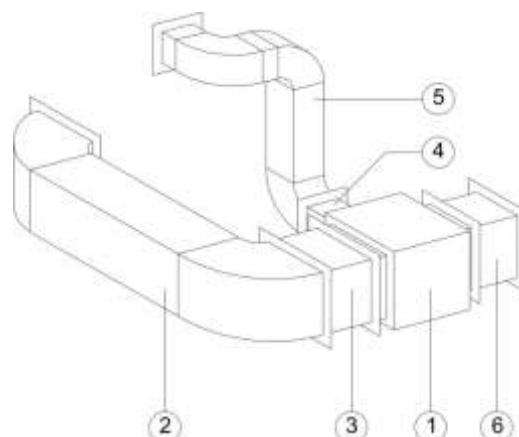
GAMBAR 7
Bagian belakang.

Untuk memudahkan pemeliharaan dan perbaikan penukar kalor, kaki tungku dilengkapi roda supaya dapat ditarik ke belakang (Gambar 8). Penampang *intake*

udara primer dibuat ukuran 200 x 200 mm dengan panjang 900 mm. Penampang *intake* udara sekunder dibuat ukuran 100 x 100 mm dengan panjang 1.540 mm. Posisi *intake* sekunder dibuat dari belakang, untuk mengurangi *backpressure*. Damper volume untuk mengatur besarnya udara pembakaran dan damper pembagi untuk mengatur rasio udara primer dengan sekunder (Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11).

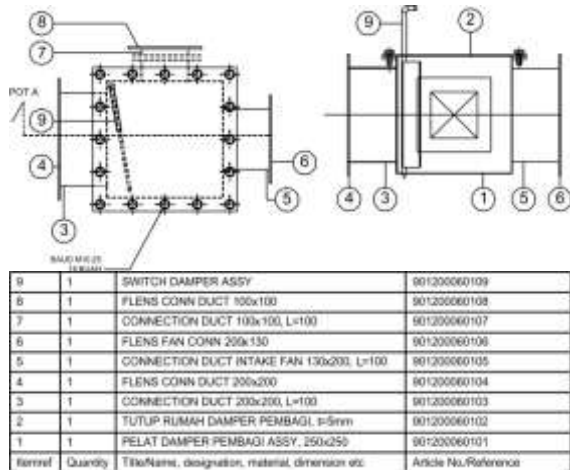


GAMBAR 8
Kaki dan roda.

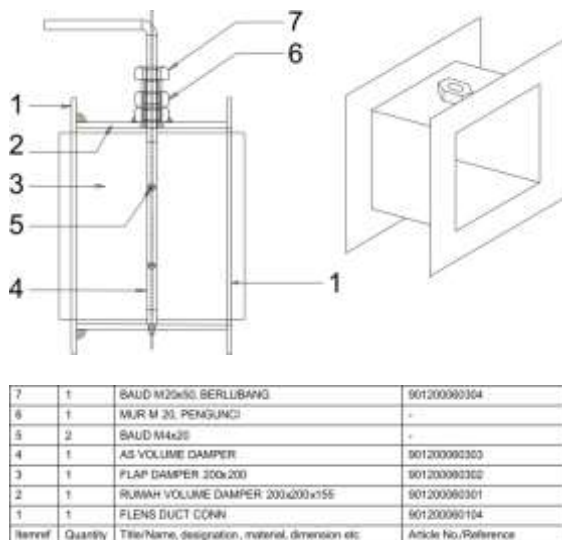


6	1	VOLUME DAMPER 130x250 ASSY	9012000606
5	1	DUCTING INTAKE SEKUNDER ASSY, 100x100	9012000605
4	1	VOLUME DAMPER 100x100 ASSY	9012000604
3	1	VOLUME DAMPER 200x250 ASSY	9012000603
2	1	DUCTING INTAKE PRIMER ASSY, 250x250	9012000602
1	1	RUMAH DAMPER PEMBAGI ASSY, 250x250x250	9012000601
Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc	Article No./Reference

GAMBAR 9
Intake udara primer dan sekunder tungku.



Gambar 10
Rumah damper pembagi.

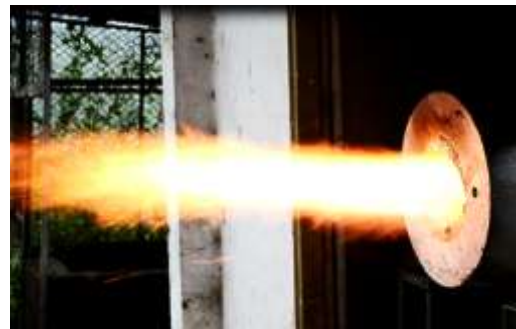


GAMBAR 11
Damper volume.

Hasil uji fungsional

Uji fungsional menggunakan bahan bakar kayu teh dengan diameter 3–5 cm, panjang \pm 30 cm, dan kadar air 15–20%. Hasil uji fungsional pada saat pembakaran sempurna (Gambar 12) sebagai berikut:

1. Laju pengumpanan bahan bakar 162 kg/jam.
2. Debit aliran udara primer 816 cfm.
3. Debit aliran udara sekunder 350 cfm.



GAMBAR 12
Nyala api tungku untuk penukar kalor tipe *tubeless*.

Hasil analisis kayu teh

Kadar air dan nilai kalori kayu limbah *replanting* teh-kayu yang terdiri atas batang, ranting dan akar disajikan dalam Tabel 1.

TABEL 1
Kadar air dan nilai kalori kayu teh dalam suhu ruangan

PARAMETER	KAYU TEH			SATUAN
	Batang	Ranting	Akar	
Kadar air	17.98	19.43	28.86	%
Nilai Kalori	3512	3331	2975	kal/g

Hasil uji unjuk kerja

Penukar kalor tipe *tubeless* dapat dioperasikan berbahan bakar kayu dengan bantuan tungku hasil rancangan. Hasil uji unjuk kerja tungku untuk penukar kalor tipe *tubeless*, disajikan dalam Tabel 2. Kapasitas pengumpanan batang kayu teh sebesar 153 kg per jam. Efisiensi energi penukar kalor tipe *tubeless* sebesar 57,9% dan efisiensi energi pengeringan *Fluidized Bed Drier* (FBD) sebesar 46,3 %. Rasio bahan bakar kayu sebesar 0,90 kg kayu/kg teh kering. Penggunaan bahan bakar kayu tersebut lebih rendah dibandingkan rata-rata rasio bahan bakar kayu penukar kalor tipe *multitubes* dengan pengering *Endless Chain Pressure* (ECP) sekitar 1,5 kg kayu/kg teh kering.

TABEL 2

Hasil uji unjuk kerja tungku untuk penukar kalor tipe *tubeless* dipasang pada pengering unggun terfluidisasi teh hitam orthodox

PARAMETER	HASIL UJI	SATUAN
I. TUNGKU		
Kapasitas Pengumpanan	153	kg/jam
II. PENUKAR KALOR (HE)		
Udara Main Fan	4,900	cfm
Suhu Outlet HE	118	(OC)
Suhu ruangan	23	(OC)
III. PENGERING FBD		
Kapasitas kerja	170	kg/jam
Kadar air teh jadi	3.38	%
IV. RASIO KAYU BAKAR	0.90	kg

KESIMPULAN

Dengan bantuan tungku hasil rancangan sebagai pengganti burner bahan bakar minyak, penukar kalor tipe *tubeless* dapat menggunakan bahan bakar kayu teh. Rasio bahan bakar kayu sebesar 0,90 kg kayu/kg teh kering, dengan efisiensi energi penukar kalor tipe *tubeless* sebesar 57,9% dan efisiensi energi pengeringan sebesar 46,3%. Penggunaan bahan bakar kayu tersebut lebih rendah dibandingkan rata-rata rasio bahan bakar kayu penukar kalor tipe *multitubes* dengan pengering *Endless Chain Pressure* (ECP) sekitar 1,5 kg kayu/kg teh kering.

DAFTAR PUSTAKA

- Abas, T. 2010. Pengembangan teknologi konversi biomassa perkebunan teh sebagai sumber energi terbarukan melalui teknologi gasifikasi. *Laporan Hasil Penelitian Tahun 2010*. Bandung: PPTK.
- Anonim. 2002. Inisiatif Energi Hijau. Jakarta: Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi.

De Silva, W. 1996. Thermal Energy Demands of The Tea Industry and The Role of Fuelwood Trees in A Self Sustaining Environment. S. L. J. Tea Sci. 64(1/2): 43–50.

Lijun Wang, C. L. 2008. Contemporary issues in thermal gasification of biomass and its application to electricity and fuel production. 32: 573–581.

Ramakrishna, P. 1999. Energy for Tea Manufacture. Dalam: N. K. Jain (ed.). Global Advances in Tea Science (h. 841–844). New Delhi: Aravoli Books International, Ltd.

Reed, T. B. (1996). A wood-gas stove for developing countries. *Developments in Thermochemical Biomass Conversion*. Banff, Canada.

Sukasman. 1997. Pengelolaan pohon pelindung sebagai sarana pengendalian mikro iklim yang optimal di perkebunan teh. Risalah Hasil Penelitian Pusat Penelitian Teh dan Kina 1991–1995.

Teodorita Al Seadi, D. R. 2008. Biogas Handbook. Esbjerg, Denmark: University of Southern Denmark Esbjerg.

Tobroni, M. & S. Adimulyo. 1997. Pemangkasan. Dalam Petunjuk Kultur Teknis Tanaman Teh. Edisi kedua. Bandung: Pusat Penelitian Teh dan Kina.

Widayat, W. & J. Santoso. 1995. Pemanfaatan insektisida nabati nimba (*Azadirachta indica*), mindi (*Melia azedarach*), dan tuba (*Derris elliptica*) untuk pengendalian hama tanaman teh. Risalah Hasil Penelitian 1991–1995.