

Studi Eksperimen Tungku Biomassa pada Proses Pengeringan Chip Umbi Porang melalui Rumah Plastik Ultra-Violet (*Solar Dryer*) Sistem Hibrid

Verdy A. Koehuan*, Eflinda Milo¹, Defmit B. N. Riwu

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana-Kupang

Alamat resmi Jl. Adi Sucipto, Penfui-Kupang, NTT, Indonesia, 85001

*verdy.koehuan@staf.undana.ac.id

Abstract

This study aims to determine the performance of a biomass stove with coconut shell biomass as fuel for the drying process in a hybrid system dryer house. The method used is an experimental method by testing and analyzing the efficiency of the biomass furnace and the efficiency of the drying house on the variation of the initial mass of coconut shells in the gasification chamber. The test results show that the furnace efficiency or the highest gasification efficiency occurs in combustion with an initial mass of 15 kg of coconut shell, which is 6.18%. Meanwhile, the initial mass of 12 kg and 18 kg showed furnace efficiency of 4.07% and 4.66%, respectively. The efficiency of this biomass furnace is still low, because of the pyrolysis process, which takes place at a relatively low temperature with relatively slow combustion. In the process of drying porang tuber chips through an ultra-violet plastic housing (solar dryer) this hybrid system showed a drying efficiency of 9.58% and a drying house efficiency of 30.02%. The use of biomass heat energy is 9.96%, while the largest heat energy comes from solar radiation into the drying house of 89.11%.

Kata kunci: Biomass Furnace, Solar Dryer, Coconut Shell, Dryer House, pyrolysis

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa dari tungku biomassa dengan bahan bakar biomassa tempurung kelapa untuk proses pengeringan pada rumah pengering sistem hibrid. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan menguji dan menganalisis efisiensi tungku biomassa dan efisiensi rumah pengering terhadap variasi massa awal tempurung kelapa pada ruang gasifikasi. Hasil pengujian menunjukkan efisiensi tungku atau efisiensi gasifikasi tertinggi terjadi pada pembakaran dengan massa awal tempurung kelapa 15 kg yakni sebesar 6,18 %. Sedangkan untuk massa awal 12 kg dan 18 kg masing-masing menunjukkan efisiensi tungku 4,07 % dan 4,66 %. Efisiensi tungku biomassa ini termasuk masih rendah, sebagai akibat dari proses pyrolysis yang berlangsung pada temperatur yang relatif rendah dengan pembakaran yang relatif lambat. Pada proses pengeringan chip umbi porang melalui rumah plastik *ultra-violet (solar dryer)* sistem hibrid ini menunjukkan efisiensi pengeringan sebesar 9,58% dan efisiensi rumah pengering sebesar 30,02%. Penggunaan energi panas biomassa sebesar 9,96%, sementara energi panas terbesar bersumber dari radiasi matahari ke dalam rumah pengering sebesar 89,11 %.

Kata kunci: Tungku Biomassa, Solar Dryer, Tempurung Kelapa, Rumah Pengering, pyrolysis

1. Pendahuluan

Pengembangan sistem pengeringan bahan hasil pangan dengan efisiensi tinggi tapi biaya operasional rendah yang memanfaatkan sumber energi terbarukan dewasa ini sangat gencar dilakukan oleh banyak peneliti [1]. Sistem pengering surya yang memanfaatkan mekanisme efek rumah kaca seperti rumah pengering *ultra-violet solar dryer* sangat potensial untuk dikembangkan dan memiliki daya saing yang tinggi di masa yang akan datang. Karena selain biaya operasionalnya yang murah, alat ini mudah diterapkan di daerah terpencil dengan tidak membutuhkan pengetahuan teknologi tinggi oleh pengguna.

Berbagai upaya yang dilakukan oleh para peneliti untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi untuk proses pengeringan seperti penggunaan sistem hibrid biomassa dengan sumber panas radiasi matahari. Sistem hibrid biomassa ini secara umum digunakan tungku (*burner/furner*) sebagai pembangkit panas tambahan dengan karakteristik sangat tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan. Sementara walaupun pembangkit panas berupa elemen listrik memiliki karakteristik panas yang bersih dan dapat diaplikasikan secara efisien dalam proses pengering, namun relatif mahal. Pembangkit panas berupa tungku pembakaran memiliki kekurangan gas buang yang bersifat polutan yang tentu saja mempengaruhi kualitas bahan pangan yang akan dikeringkan. Namun kekurangan sistem pembangkit panas ini bisa diminimalisir melalui peralatan tambahan seperti alat penukar panas (*heat exchanger*). Gas hasil pembakaran ini tidak kontak langsung dengan udara dalam rumah pengering namun dialirkan dalam saluran udara panas sehingga relatif aman terhadap bahan yang dikeringkan tersebut [2].

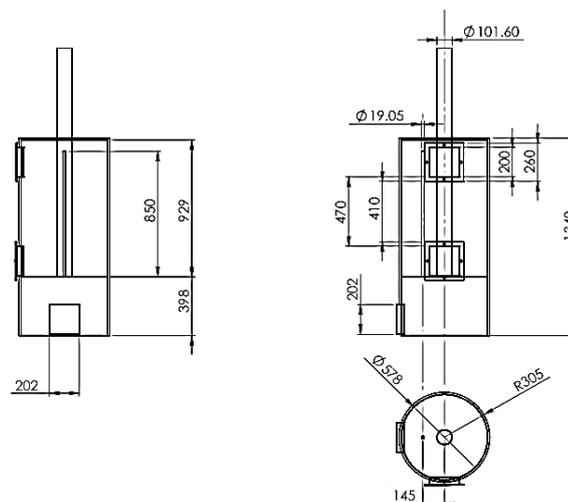
Biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang sangat potensial dan perlu banyak dikembangkan secara optimal untuk mengatasi berkurangnya persediaan energi fosil. Biomassa adalah salah satu jenis bahan bakar padat selain batubara yang proses pembakarannya dilakukan dalam sebuah tungku biomassa [3][4][5]. Tungku biomassa diantaranya tungku bio arang merupakan pengembangan dari tungku tradisional yang memiliki kelebihan selain sebagai media untuk proses konversi energi bahan bakar menjadi energi panas, juga untuk menghasilkan produk bio arang aktif dan asap cair yang memiliki nilai jual tinggi. Bahan biomassa yang terbakar dalam tungku bio arang dengan tahapan mulai dari pemanasan, pirolisis, reduksi, dan pembakaran akan memproduksi energi panas, asap cair dan arang aktif [6]. Oleh karena itu, desain tungku ini merupakan salah satu komponen penting dalam proses pengeringan sistem hibrid biomassa dan *solar dryer*. Selain sumber panas yang digunakan untuk proses pengeringan, produk sampingan berupa bio arang dan asap cair juga memberikan nilai tambah sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat industri kecil maupun menengah [7].

Penelitian ini, dikaji sebuah desain terintegrasi pembangkit panas pada rumah pengering efek rumah kaca (*ultra-violet solar dryer*) kombinasi dengan tungku biomassa melalui serangkaian alat penukar panas yang menghasilkan udara panas bersih yang dapat dimanfaatkan untuk proses pengeringan. Selain alat penukar panas, juga terdapat elemen pemanas air yang ditempatkan pada cerobong sebagai media pemindah panas yang juga disalurkan melewati alat penukar panas. Pengujian performansi rumah pengering sistem hibrid ini meliputi pembangkitan panas dari tungku biomassa dan panas radiasi pada rumah plastik *ultra-violet solar dryer*. Bahan bakar yang digunakan dalam tungku biomassa adalah batok kelapa [8], kemudian dilakukan analisis pindah panas dan efisiensi tungku. Sedangkan rumah pengering yang digunakan adalah tipe ERK (efek rumah kaca) atau *ultraviolet (UV) solar dryer* [9][10]. Dimensi rumah pengering dengan ukuran panjang 550 cm, lebar 290 cm, dan tinggi 190 cm, serta tinggi tiang atap 50 cm. Dinding dan atap rumah pengering masing-masing diselimuti oleh plastik *ultraviolet (UV) protector* 6 % dan ketebalan 0,2 mm, sedangkan rangkanya terbuat dari baja ringan profil C (tebal 0,75 mm). Sementara bahan pangan yang digunakan sebagai beban pengeringan pada pengujian ini digunakan chip umbi porang basah yang diambil dari daerah Amfoang, Kecamatan Amfoang Selatan, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur.

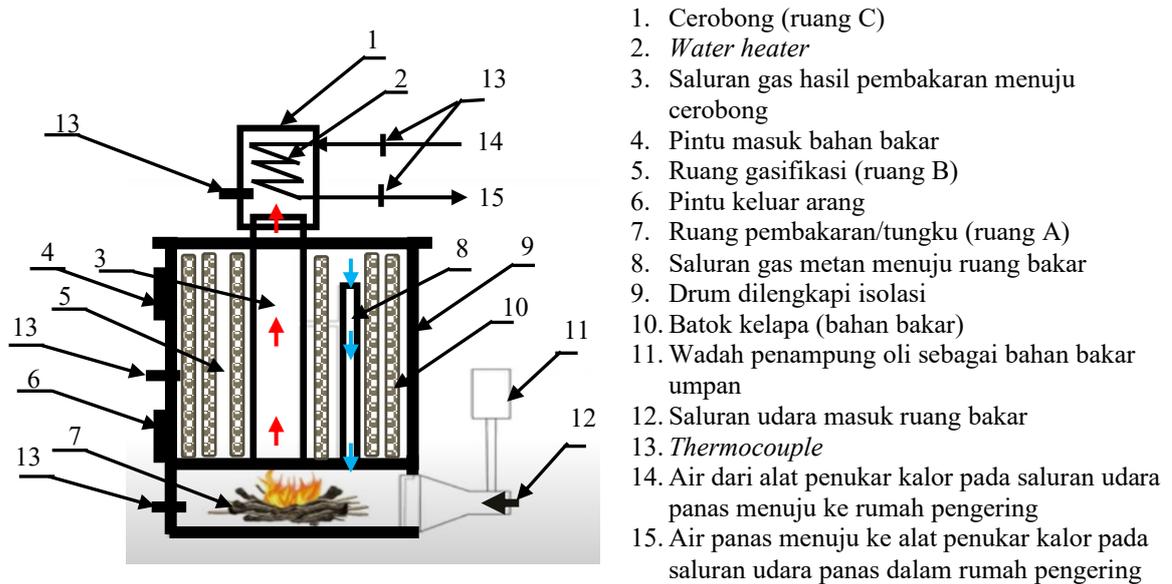
2. Material dan Metode Penelitian

2.1 Model Tungku Biomassa dan Rumah Pengering

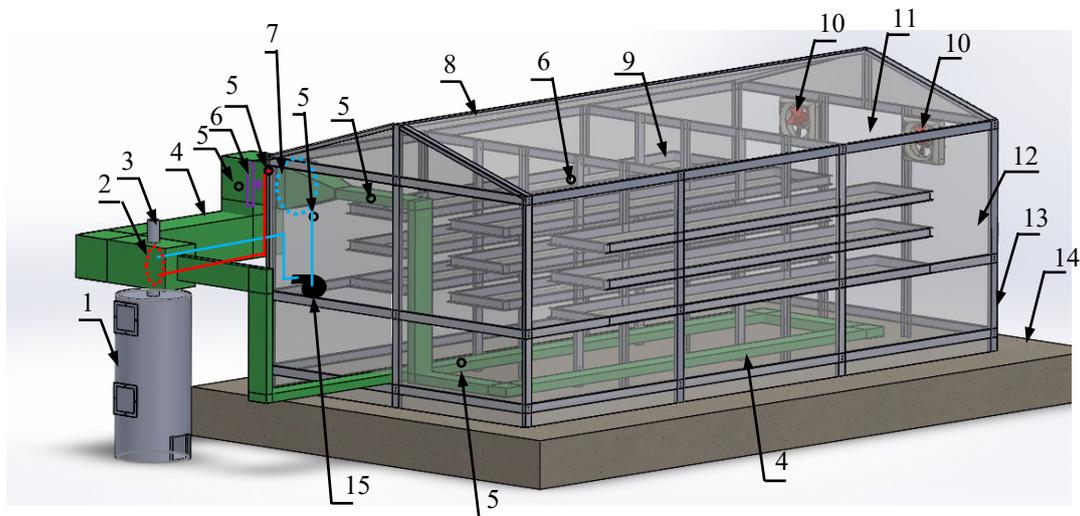
Penelitian ini dilakukan melalui eksperimen dengan model rumah pengering *ultra-violet* kombinasi dengan sistem tungku biomassa dilengkapi sistem sirkulasi udara panas. Model teknologi ini masih menggunakan energi listrik untuk menggerakkan beberapa komponen, yakni: blower, *exhaust fan*, dan pompa air. Rancangan model rumah pengering hibrid tungku biomassa seperti terlihat pada Gambar 1 hingga Gambar 3 masing-masing menunjukkan detail desain dan skema tungku biomassa, rumah pengering, saluran udara panas serta penempatan alat ukur. Rancangan rumah pengering chip umbi porang sistem hibrid biomassa seperti terlihat pada Gambar 3 terdiri dari atas lantai beton, rangka baja ringan, plastik ultraviolet, peralatan utama, alat ukur, dan rak jemur [9]. Lantai cor beton berfungsi untuk mencegah kehilangan panas. Rangka bangunan terbuat dari struktur rangka baja ringan profil C (ketebalan 0,75 mm yang berfungsi untuk menahan plastik ultra-violet. Plastik *ultra-violet* yang digunakan dengan spesifikasi tebal 0,02 mm, UV *protection* 6%, transmisi cahaya 85% dan absorbansi 15%. Rumah pengering porang ini dilengkapi dengan 2 unit *exhaust fan* yang berfungsi untuk sirkulasi udara pengering, sebuah unit blower untuk sirkulasi udara panas dan sebuah pompa untuk sirkulasi air panas. Sedangkan tungku biomassa terbuat dari drum bekas yang kemudian dibuat seperti pada Gambar 1 serta diberi isolasi pada dinding luar drum.



Gambar 1. Model Tungku Biomassa.
Satuan Dimensi: mm



Gambar 2. Skema Tungku Biomassa.



- Keterangan:
- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Tungku biomassa 2. <i>Water heater</i> 3. Cerobong 4. Saluran udara panas 5. <i>Temperature data logger (Elitech)</i> 6. Blower 7. <i>Heat exchanger</i> 8. <i>Ultraviolet solar dryer (rumah pengering ERK)</i> | <ol style="list-style-type: none"> 9. Rak jemur 10. <i>Exhaust fan</i> 11. Pintu masuk rumah pengering 12. Dinding plastik UV (6% <i>UV protector</i>) 13. Rangka baja ringan profil C tebal 0.75 mm 14. Lantai semen 15. Pompa air panas |
|--|--|

Gambar 3. Desain rumah pengering sistem hibrid tungku biomassa.

2.2 Proses Pembakaran pada Tungku Biomassa

- a. Dari Gambar 2, proses pembakaran biomassa dimulai dari inisiasi atau bahan bakar umpan pada tungku (ruang A) untuk menaikkan temperatur sekaligus memulai proses *drying* atau pengeluaran kandungan air dari tempurung kelapa yang terdapat di dalam ruang gasifikasi (ruang B).
- b. Pada temperatur yang cukup akan terjadi proses *pyrolysis* yang menghasilkan gas metan/*volatile* yang kemudian mengalir keluar (anak panah warna biru) secara alamiah akibat perbedaan tekanan dari ruang gasifikasi (ruang B) melalui pipa saluran gas menuju ke ruang tungku pembakaran (ruang A). Proses *pyrolysis* ini menghasilkan bahan

padatan di dalam ruang B berupa bioarang yang mana kandungan karbon dan nilai kalor sangat tinggi (bioarang tempurung kelapa), sehingga produk ini dapat dipakai lagi untuk proses pembakaran bioarang.

- c. Gas metan yang mencapai ruang tungku akan langsung terbakar karena bertemu dengan udara dari luar yang masuk melalui saluran masuk udara. Proses pembakaran ini disebut sebagai pembakaran biogas dengan laju pembakaran yang sangat tergantung pada produk gas metan yang dihasilkan dari proses *pyrolysis*.
- d. Pada tahapan pembakaran biogas ini, pembakaran akan berlangsung secara kontinu di ruang A selama tetap berlangsungnya suplai gas metan dari ruang B dan udara dari saluran udara masuk. Hasil pembakaran ini akan melepaskan sejumlah energi panas dan disalurkan keluar melalui cerobong di ruang C (anak panah warna merah) untuk memanaskan heater yang berisi air yang dialirkan ke rumah pengering kemudian terjadi pertukaran energi kalor melalui alat penukar panas yang terpasang pada saluran udara panas menuju ke rumah pengering untuk proses selanjutnya yaitu proses pengeringan dalam rumah pengering.

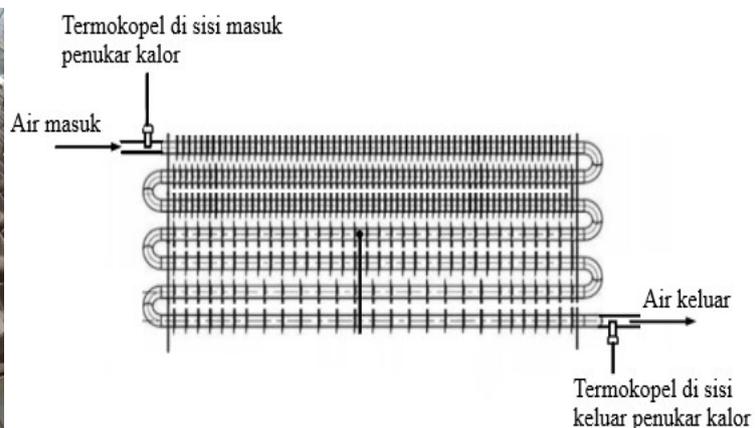
2.3 Pengambilan Data

- a. Menyiapkan alat-alat dan bahan yang akan digunakan pada tahap pengujian tungku biomassa.
- b. Menempatkan sensor termokopel pada beberapa titik seperti pada Gambar 2 dan Gambar 3, guna memperoleh data eksperimental tungku biomassa yaitu pada ruang pembakaran, ruang gasifikasi, cerobong, saluran udara panas, saluran air panas, dan ruangan dalam rumah pengering.
- c. Persiapkan bahan bakar tempurung kelapa.
- d. Bahan bakar yang digunakan dalam pengujian ini yaitu tempurung kelapa dengan variasi massa tempurung kelapa masing-masing ditimbang sebanyak 12 kg, 15 kg dan 18 kg.
- e. Setelah bahan bakar disiapkan maka langkah selanjutnya yaitu bahan bakar biomassa dimasukkan kedalam ruang gasifikasi yang ada pada tungku dan pada ruang bakar.
- f. Menyalakan api pada bahan bakar kayu yang telah disiapkan di ruang bakar.
- g. Kemudian memulai melakukan pengujian pada tungku yang dimulai dari pukul 10:00 -15:00 WITA.
- h. Selanjutnya proses pengambilan data temperatur pada ruang pembakaran, ruang gasifikasi yang ada dalam tungku dan cerobong keluar pipa pada tungku biomassa selama pengujian dengan durasi waktu setiap 15 menit.
- i. Setelah selesai pembakaran, pengujian dihentikan untuk mengeluarkan bioarang dan dilakukan penimbangan bioarang yang dihasilkan oleh setiap variasi beban massa awal tempurung kelapa di dalam ruang gasifikasi sebagai massa akhir dari biomassa setelah pembakaran.

Gambar 4 dan Gambar 5 masing-masing memperlihatkan elemen pemanas air (*water heater* dan alat penukar kalor yang digunakan dalam penelitian ini. Analisis tentang alat penukar kalor ini dapat dilihat pada referensi [11].



Gambar 4. Elemen pemanas air



Gambar 5. Skema alat penukar kalor

2.4 Analisis Data

a. Data Hasil Pengukuran

Setiap data hasil pengukuran temperatur dan kelembaban ditabulasi dan dianalisis. Analisis efisiensi tungku biomassa dapat dilihat pada poin (b) hingga (e) berikut. Sedangkan analisis penggunaan energi dan efisiensi rumah pengering mengikuti prosedur perhitungan pada penelitian yang dilakukan oleh penulis sebelumnya [10].

b. Energi Pembakaran Pada Tungku Biomassa

Nilai energi pembakaran ditentukan oleh nilai kalor bahan bakar dan jumlah bahan bakar yang digunakan. Massa bahan bakar yang digunakan merupakan selisih antara massa awal, awal (kg) tempurung kelapa dan massa akhir, akhir (kg) dengan asumsi bahwa massa akhir merupakan produk bioarang (char) yang memiliki nilai kalor tinggi. Sementara selisih massa tempurung ini merupakan massa bahan bakar yang telah terbakar pada proses gasifikasi hingga pembakaran di tungku. Sedangkan nilai kalor tempurung kelapa, EBB digunakan 18200 kJ/kg [8].

$$Q_{TA} = (m_{awal} - m_{akhir}) \times E_{BB}$$

Sementara panas yang hilang dari dalam tungku akibat konveksi maupun konduksi pada dinding tungku diabaikan, sehingga energi berguna pada proses gasifikasi maupun pembakaran di tungku bio massa dihitung sebagai berikut:

c. Energi Pada Ruang Gasifikasi

Energi berguna pada ruang gasifikasi dengan menggunakan selisih antara massa awal tempurung kelapa dan massa akhir, selisih temperatur ruang bakar, T_{rb} dan ruang gasifikasi, T_{rg} serta panas jenis gas metan, $C_{pm}=2,23$ kJ/ kg⁰C.

$$Q_{in1} = (m_{awal} - m_{akhir}) \times c_{pm} \times (T_{rb} - T_{rg})$$

d. Energi Pada Ruang Bakar

Energi berguna pada ruang bakar yang disalurkan ke cerobong dapat dihitung dengan menggunakan selisih antara massa awal tempurung kelapa dan massa akhir, selisih temperatur ruang bakar dan cerobong, T_{rc} .

$$Q_{in2} = (m_{awal} - m_{akhir}) \times c_{pm} \times (T_{rb} - T_{rc})$$

e. Efisiensi Penggunaan Energi

Efisiensi penggunaan energi merupakan salah satu parameter yang dapat menunjukkan apakah tungku biomassa sudah bekerja secara optimal atau belum. Efisiensi tungku merupakan perbandingan antara energi panas yang keluar untuk proses gasifikasi dan energi yang ada di dalam bahan bakar. Perhitungan efisiensi termal ini melalui asumsi bahwa tidak ada panas yang hilang selama proses, sehingga perhitungan efisiensi termal dapat dilakukan melalui perbandingan temperatur cerobong, T_{rc} terhadap total temperatur dalam ruang gasifikasi, T_{rg} dan ruang bakar, T_{rb} .

$$\eta_{\text{termal}} = \frac{T_{rc}}{T_{rb} + T_{rg}} \times 100\%$$

Sedangkan untuk menghitung efisiensi tungku menggunakan persamaan sebagai berikut:

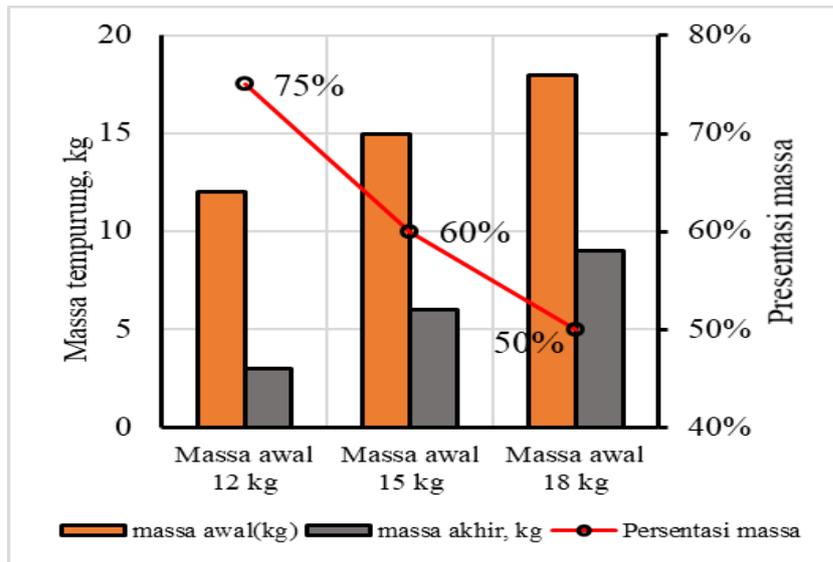
$$\eta_{\text{Tungku A}} = \frac{(Q_{in1} + Q_{in2})}{Q_{TA}} \times 100\%$$

dimana Q_{in1} adalah Panas berguna pada ruang gasifikasi (kJ), Q_{in2} adalah panas berguna pada ruang bakar (kJ), dan Q_{TA} adalah energi pembakaran (kJ).

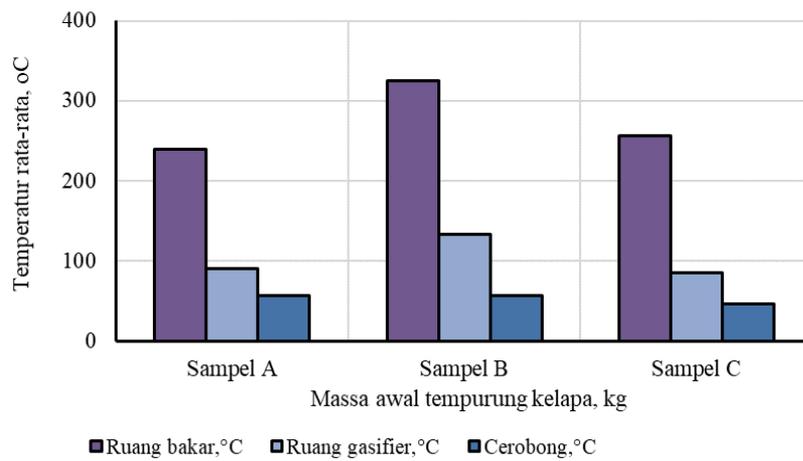
3. Hasil dan Pembahasan

Tungku dalam penelitian ini terbuat dari bahan campuran yaitu lapisan paling dalam menggunakan drum dan lapisan kedua menggunakan tanah sebagai isolator panas dan lapisan luar yaitu aluminium. Hasil persentasi pemakaian energi bahan bakar dengan massa tempurung kelapa sebanyak 12 kg, 15 kg dan 18 kg dapat dilihat pada Gambar 6. Pada Gambar 6 diketahui bahwa persentasi massa dimana tempurung kelapa ditimbang setiap beban yang digunakan untuk mengetahui massa yang hilang akibat proses pemanasan. Semakin besar massa awal biomassa maka semakin kecil nilai presentasi massa akibat penyusutan kadar air. Sedangkan Gambar 7 menunjukkan rata-rata temperatur pada cerobong dan ruang gasifikasi tidak jauh berbeda untuk massa awal tempurung kelapa 12 kg, 15 kg, dan 18 kg sementara untuk ruang bakar mengalami peningkatan temperatur yang sangat tinggi pada massa awal tempurung kelapa 15 kg. Gambar 8 menunjukkan efisiensi termal dan efisiensi tungku biomassa tertinggi 17,13% dan 5,66% masing-masing pada penggunaan massa awal tempurung kelapa 12 kg dan 15 kg.

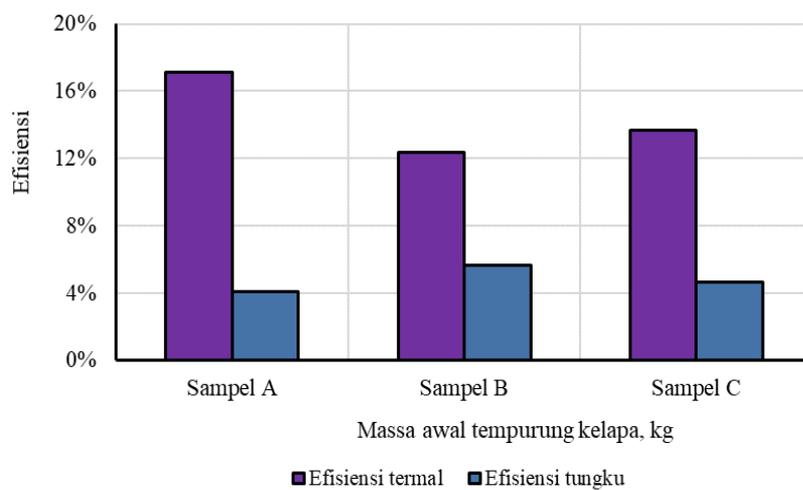
Tabel 1 menunjukkan besaran, nilai dan presentasi penggunaan energi serta efisiensi pada rumah pengering sistem hibrid. Laju aliran udara dalam saluran udara panas maupun sirkulasi air panas menuju ke alat penukar kalor masing-masing dipertahankan konstan. Sementara sirkulasi aliran udara panas dalam rumah pengering juga dipertahankan konstan melalui pengaturan kecepatan udara keluar pada *exhaust fan*. Hasil analisis menunjukkan efisiensi pengeringan 9,58% dan efisiensi rumah pengering sebesar 30,02%. Penggunaan energi panas biomassa sebesar 9,96%, sementara energi panas terbesar bersumber dari radiasi matahari ke dalam rumah pengering sebesar 89,11 %.



Gambar 6. Persentasi massa tempurung kelapa.



Gambar 7. Rata-rata temperatur dalam ruang bakar, ruang gasifikasi, dan cerobong.



Gambar 8. Efisiensi termal dan efisiensi tungku biomassa.

Tabel 1. Besaran, nilai dan presentasi penggunaan energi serta efisiensi pada rumah pengering sistem hibrid.

Besaran	Nilai	Presentasi	Keterangan
V_1 (m/s)	1,30		Kecepatan udara dalam saluran
V_2 (m/s)	1,00		Kecepatan aliran udara keluar rumah pengering
Q_s (kJ)	139318,74	89,11%	Panas radiasi surya
$Q_{biomassa}$ (kJ)	15568,85	9,96%	Panas yang diterima rumah pengering dari biomassa
Q_l (kJ)	1453,32	0,93%	Panas dari komponen listrik
Q_{ts} (kJ)	156340,91	100,00%	Energi total yang diberikan ke sistem
Q_{ud} (kJ)	26075,65	68,08%	Panas yang diterima akibat kalor konveksi dari bahan ke udara
Q_{sp} (kJ)	401,28	1,05%	Panas untuk menaikkan suhu bahan
Q_{uap} (kJ)	11826,05	30,88%	Panas untuk menguapkan air bahan
Q_b (kJ)	12227,33	31,92%	Panas berguna
Q_{bs} (kJ)	38302,98	100,00%	Panas berguna tambah kalor yang diterima udara
Q_{hor} (kJ)	4526,37	15,75%	Rugi kalor pada permukaan dinding horisontal
Q_{ver} (kJ)	24092,19	83,83%	Rugi kalor pada permukaan dinding vertikal
Q_{rout} (kJ)	119,45	0,42%	Rugi kalor akibat radiasi ke luar rumah pengering
Q_{los} (kJ)	28738,00	100,00%	Rugi panas total
KES (kJ/kg)	31584,02		Konsumsi Energi Spesifik
Efisiensi pengeringan		9,58%	
Efisiensi rumah pengering		30,02%	

Nilai kalor tempurung kelapa yang digunakan adalah 18200 kJ/kg. Pembakaran pada tungku biomassa menggunakan tempurung kelapa dengan variasi massa awal sebelum pembakaran 12 kg, 15 kg dan 18 kg yang pengujiannya selama dua hari masing-masing dimulai dari jam 10.00 sampai 15.00 WITA. Setiap variasi massa awal yang dibakar selama dua hari menghasilkan bioarang dengan massa akhir masing-masing yaitu: 12 kg menjadi 3 kg dan 15 kg menjadi 6 kg sedangkan 18 kg menjadi 9 kg. Penurunan massa bahan bakar disebabkan karena terjadinya pemanasan yang mengakibatkan dekomposisi bahan atau terlepasnya senyawa yang mudah menguap atau volatile matter, kemudian gas-gas yang terlepas ini mengalir menuju ruang bakar.

Persentase penurunan massa bahan bakar tempurung kelapa dari hasil pengujian adalah 75% untuk massa awal 12 kg, 60% untuk massa awal 15 kg dan 50% untuk massa awal 18 kg. Penurunan presentasi massa bahan bakar ini menunjukkan pada massa awal yang rendah, proses penguraian (pyrolysis) yang disertai pemanasan relatif berlangsung dengan laju penggunaan bahan bakar yang cukup tinggi (75%). Namun hal ini tidak diikuti dengan peningkatan temperatur ruang bakar yang diakibatkan oleh proses pembakaran yang melambat. Hal ini disebabkan karena gas metan yang mengalir dari ruang gasifikasi lebih didominasi oleh gas-gas non-combustible (O_2 , N_2 , CO_2) [8]. Hal yang sama juga terjadi pada variasi massa awal 18 kg, dimana proses pyrolysis berlangsung dengan laju penggunaan bahan bakar yang rendah, sehingga proses pembakaran di ruang bakar juga relatif lambat. Sementara pada variasi massa awal 15 kg, proses penguraian (pyrolysis) disertai pemanasan yang relatif berlangsung dengan laju penggunaan bahan bakar yang cukup tinggi (60%). Hal ini juga diikuti dengan peningkatan temperatur gasifikasi maupun ruang bakar yang mengakibatkan terjadi pembakaran berlangsung lebih cepat akibat adanya aliran combustible gas (CO , H_2 , CH_4) dari ruang gasifikasi menuju ruang bakar.

Efisiensi termal dari tungku biomassa ini menunjukkan nilai tertinggi pada tungku dengan variasi massa awal 12 kg yakni 17,13 %, sedangkan terendah pada massa awal 15 kg yakni 13,62 %. Hal ini disebabkan pada massa awal 12 kg dimana temperatur pada cerobong yang relatif tinggi dengan total temperatur dalam ruang bakar maupun ruang gasifikasi yang relatif rendah. Sedangkan pada massa awal 15 kg dimana temperatur pada cerobong yang relatif tinggi tapi total temperatur dalam ruang bakar maupun ruang gasifikasi juga tinggi. Sehingga efisiensi termal ini tidak dapat digunakan untuk menilai unjuk kerja dari tungku biomassa terutama pada proses gasifikasi yang terjadi.

Efisiensi tungku ataupun efisiensi gasifikasi dihitung berdasarkan perbandingan energi yang berguna untuk gasifikasi maupun pembakaran di ruang bakar terhadap energi tersedia dalam bahan bakar. Proses gasifikasi yang baik tentu membutuhkan energi gasifikasi yang tinggi pada temperatur di atas 300 °C (lihat Gambar 2.1). Menurut Kamaruddin dkk, 1991 bahwa proses gasifikasi yang didahului oleh proses pemanasan dan pyrolysis berlangsung dalam dua cara, yakni akan pyrolysis primer (120 °C hingga 600 °C) dan pyrolysis sekunder (>600 °C). Sementara pada pyrolysis primer pada temperatur rendah (<300 °C) akan berlangsung lambat, sebaliknya akan berlangsung lebih cepat pada temperatur di atas 300 °C. Dalam penelitian ini, temperatur rata-rata di dalam ruang gasifikasi relatif rendah (<300 °C), sehingga dapat dikategorikan terjadi pyrolysis primer lambat. Oleh karena itu, untuk mempercepat proses pyrolysis, maka perlu dilakukan perluasan daerah perpindahan panas terutama pada dinding cerobong yang melewati ruang gasifikasi.

Hasil penelitian menunjukkan efisiensi tungku tertinggi terjadi pada pembakaran dengan massa awal tempurung kelapa 15 kg yakni sebesar 6,18 %. Sedangkan untuk massa awal 12 kg dan 18 kg masing-masing menunjukkan efisiensi tungku 4,07 % dan 4,66 %. Efisiensi tungku biomassa ini termasuk masih rendah, sebagai akibat dari proses *pyrolysis* yang berlangsung dengan pembakaran yang relatif lambat seperti penjelasan di atas. Tingkat efisiensi pembakaran yang

tinggi dapat menghasilkan panas yang lebih intensif dikarenakan proses pembakaran menghasilkan nyala api yang lebih kuat (Pratoto et.,al) [12]. Banyaknya jumlah bahan bakar yang terpakai tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai efisiensi tungku. Hal ini disebabkan karakteristik dari masing-masing bahan bakar dalam melepaskan energi panas dalam proses pembakaran berbeda-beda. Selain itu, ukuran partikel tempurung kelapa juga turut berpengaruh terhadap efisiensi tungku biomasa.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka ditarik kesimpulan bahwa: (1) Efisiensi termal dari tungku biomassa ini menunjukkan nilai tertinggi pada tungku dengan variasi massa awal 12 kg yakni 17,13 %, sedangkan efisiensi termal pada massa awal 15 kg dan 18 kg masing-masing adalah 13,62 % dan 13,70 %; (2) Efisiensi tungku atau efisiensi gasifikasi tertinggi terjadi pada pembakaran dengan massa awal tempurung kelapa 15 kg yakni sebesar 6,18 %. Sedangkan untuk massa awal 12 kg dan 18 kg masing-masing menunjukkan efisiensi tungku 4,07 % dan 4,66 %. Efisiensi tungku biomassa ini termasuk masih rendah, sebagai akibat dari proses pyrolysis yang berlangsung pada temperatur yang relatif rendah dengan pembakaran yang relatif lambat; (3) Pada proses pengeringan chip umbi porang melalui rumah plastik ultra-violet (solar dryer) sistem hibrid ini menunjukkan efisiensi pengeringan sebesar 9,58% dan efisiensi rumah pengering sebesar 30,02%. Penggunaan energi panas biomassa sebesar 9,96%, sementara energi panas terbesar bersumber dari radiasi matahari ke dalam rumah pengering sebesar 89,11 %.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, Universitas Nusa Cendana, Fakultas Sains dan Teknik. Dibiayai dari Dana DIPA Universitas Nusa Cendana, No. SP-DIPA 023.17.2.677528/2022 Tanggal 17 November 2021, Tahun Anggaran 2022. Kontrak No. 26/UN15.15.2. PPK/SPP/FST/111/2022, tanggal 21 Maret 2022.

Daftar Pustaka

- [1] M. Tahir, "Desain dan Uji Sistem Pengeringan Serta Karakterisasi Pengeringan Komoditas Unggulan Daerah Gorontalo," *Hibah Pekerti (DP2M)*, vol. 2, no. 1026, 2015.
- [2] M. Tahir, R. Kasim, and Y. Bait, "Uji performansi desain terintegrasi tungku biomassa dan penukar panas," *agriTECH*, vol. 33, no. 2, 2013.
- [3] C. Soolany and D. O. P. Aji, "Uji Performansi Tungku Drum Kiln untuk Proses Pembuatan Arang dari Kulit Buah Durian sebagai Alternatif Energi," *JTI-UNUGHA (Jurnal Teknol. Ind.)*, vol. 2, no. 2, 2020.
- [4] N. Cahyo, M. Triani, R. Sitanggang, and E. Supriyanto, "Simulasi Karakteristik Co-Firing Sekam Padi pada PLTU Batubara Pulverized Coal Kapasitas 400 MWe," *Rotasi*, vol. 24, no. 2, pp. 43–54, 2022.
- [5] I. A. Aditya, F. N. Haryadi, and I. Haryani, "Analisis Pengujian Co-Firing Biomassa Cangkang Kelapa Sawit Pada PLTU Circulating Fluidized Bed (CFB) Sebagai Upaya Bauran Energi Terbarukan," *Rotasi*, vol. 24, no. 2, pp. 61–66, 2022.
- [6] A. Kamaruddin et al., "Energi dan listrik pertanian," *Bogor Acad. Dev. Grad. Program, IPB*, 1995.
- [7] G. Mulyono, "Kajian Ergonomi Pada Tungku Masak Dapur Tradisional Masyarakat Desa Sukorejo Kediri." Petra Christian University, 2009.
- [8] L. Najib and S. Darsopuspito, "Karakterisasi proses gasifikasi biomassa tempurung kelapa sistem downdraft kontinyu dengan variasi perbandingan udara-bahan bakar (AFR) dan ukuran biomassa," *J. Tek. ITS*, vol. 1, no. 1, pp. B187–B190, 2012.
- [9] S. Budi, V. A. Koehuan, and N. Nurhayati, "Studi Eksperimental Rumah Pengering Kopi Menggunakan Plastik Ultra Violet (Uv Solar Dryer) Dengan Mekanisme Konveksi Alamiah," *LONTAR J. Tek. Mesin Undana*, vol. 7, no. 02, pp. 38–44, 2020.
- [10] V. A. Koehuan, K. Y. Goab, and M. Jafri, "Pengujian Rumah Pengering Daun Kelor dengan Efek Rumah Kaca (Solar Dryer) Melalui Variasi Kecepatan Udara," *JMPM (Jurnal Mater. dan Proses Manufaktur)*, vol. 5, no. 2, pp. 68–81, 2021.
- [11] S. S. Ludji, M. M. Dwinanto, and V. A. Koehuan, "Studi Eksperimen Kinerja Penukar Kalor Kompak Sebagai Pemanas Tambahan di Rumah Pengering Hibrid," 2022.
- [12] A. M. Pratoto et al., 2010 dalam Ahmad, "Designing and Performance Test of Ceramic Furnace Spiral Tube with Solid Fuel," *J. Teknol. Pertan.*, vol. 12, no. 3, 2012.