

REKAYASA DAN UJI PERFORMANSI KOMPOR LPG BERTEKANAN DENGAN TUNGKU SERBUK KAYU PADA PRODUKSI GULA KELAPA KRISTAL

Abdul Mukhlis Ritonga

Dosen
Universitas Jenderal Soedirman
Prodi Teknik Pertanian
abdul.ritonga@unsoed.ac.id

Mustaufik

Dosen
Universitas Jenderal Soedirman
Prodi Teknologi Pangan
mustaufik@unsoed.ac.id

Andrian

Mahasiswa S1
Universitas Jenderal Soedirman
Prodi Teknik Pertanian
Andry2511.kramat@gmail.com

Crystal coconut sugar is a local Indonesian food product that has enormous potential, not only domestically but also abroad. The temperature and cooking time in the production of ant sugar are things that need to be considered because they are related to the efficiency and quality of ant sugar products. Therefore, the required fuel has a high-efficiency value so as to produce high-quality ants. This study aims to compare the performance and energy efficiency as well as the quality of ant sugar products produced from cooking sap using a pressurized LPG stove with a sawdust-fueled stove. Parameters measured include temperature and production time, production rate, yield, fuel consumption rate, fuel demand, fuel cost, energy efficiency, physicochemical and sensory parameters. The method used in this research is an experimental method with the object of research namely coconut sap. Coconut sap used from coconut plantations in Gandatapa Village. From the data analysis carried out, the results showed that the sap cooked with a pressurized LPG stove had a higher energy efficiency (43.29%) compared to the sawdust-fueled stove (13.83%), but in terms of the quality produced using the stove LPG NPSO and furnace can produce granulated sugar with quality standards according to SNI 01-3743-1995.

Keywords: *Crystal Coconut Sugar, Pressurized LPG Stove, Sawdust-Fueled Stove, Energy Efficiency*

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia kebutuhan dan ketergantungan konsumsi gula semakin meningkat dari tahun ke tahun. Tahun 2014, kebutuhan gula nasional mencapai 5.700 juta ton. Salah satu jenis gula yang sering dikonsumsi dan dibutuhkan oleh masyarakat umum adalah gula kelapa. Konsumsi rata-rata gula kelapa atau gula merah di tahun 2013 mencapai 0,105 ons per kapita per minggu [1]. Gula kelapa atau gula merah terbuat dari nira kelapa dengan proses atau tahapan pembuatan gula kelapa meliputi penyadapan nira, penyaringan dan pemasakan nira, pengentalan/ pemekatan nira, pendinginan, pencetakan atau pengkristalan dan pengemasan. Produksi gula kelapa tidak hanya terbatas pada gula kelapa cetak, tetapi sudah berkembang dalam bentuk gula cair dan gula kelapa kristal (gula semut) [2].

Proses pemasakan nira banyak menggunakan tungku dengan berbahan bakar biomassa (kayu bakar), pada proses pemasakan nira menggunakan tungku memakan waktu lama sehingga kurang efisien dan membutuhkan massa biomassa yang sangat banyak. Dalam satu kali produksi gula kelapa kristal membutuhkan energi sebesar 66.078,4 kJ dengan efisiensi tungku sebesar 18,96% [3]. Selain itu, penggunaan tungku juga tidak ramah lingkungan karena menyebabkan emisi gas CO yang tergolong tinggi yaitu 13-426 g udara/kg bahan bakar kering [4]. Emisi yang tinggi dan efisiensi tungku yang rendah tentu perlu diatasi agar dalam pemasakan nira lebih baik lagi, salah satunya dengan menggunakan kompor gas LPG. Beberapa penelitian mengenai kompor gas LPG yang berhubungan dengan pengaruh kecepatan gas, ketinggian beban masak (*loading height*), komposisi bahan bakar yang dipakai mempunyai pengaruh terhadap efisiensi sekaligus emisinya. Emisi pada kompor gas LPG mempunyai kadar CO lebih rendah dari pada kompor gas dengan bahan bakar minyak tanah ataupun biomassa, tetapi sebaliknya mempunyai kadar NO_x lebih tinggi

[5]. Oleh sebab itu, untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan uji coba penggunaan kompor bertekanan berbahan bakar gas LPG yang bertujuan untuk mengefisiensikan pembakaran sehingga waktu pemasakan nira menjadi lebih cepat dan ramah lingkungan.

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini mengkaji permasalahan dengan menguji performansi tungku dengan kompor bertekanan pada pemasakan nira di Desa Gandatapa, Kecamatan Sumbang, Kabupaten Banyumas. Pada penelitian ini bahan bakar yang digunakan yaitu serbuk kayu untuk tungku dan gas LPG NPSO (*Non Public Service Obligation*) untuk kompor bertekanan. Data yang diperoleh selanjutnya dapat digunakan untuk informasi kepada pelaku produksi gula mengenai nilai kalor yang dibutuhkan, laju kebutuhan energi pemasakan, nilai efisiensi dan mutu produk gula semut pada pemasakan nira menggunakan tungku dan kompor bertekanan tinggi

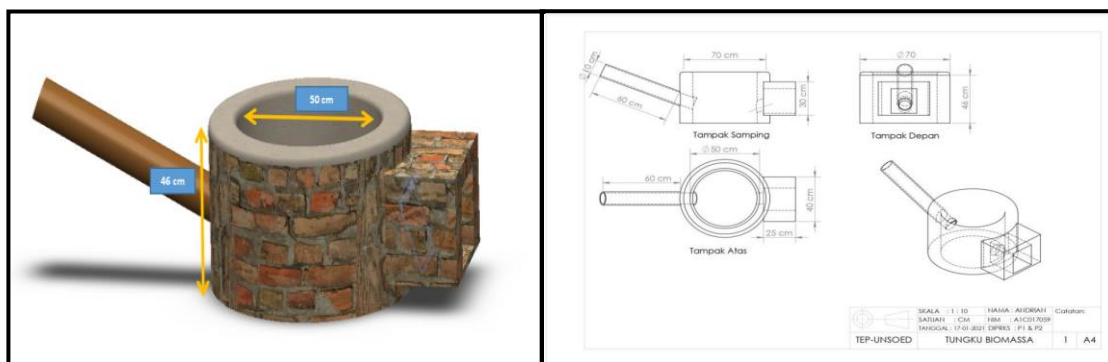
2. METODE DAN BAHAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu penelitian secara eksperimental dengan membandingkan penggunaan tungku serbuk kayu dan kompor LPG bertekanan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah nira, serbuk kayu dan potongan kayu serta gas LPG 5,5 kg. Sedangkan alat yang digunakan antara lain kompor bertekanan, tungku, thermometer infrared, timbangan digital, *stopwatch*, kamera *handphone*, wajan, kipas angin, ayakan 20 mesh, pengaduk kayu, batok kelapa (gerusan), dan alat tulis. Penelitian dilakukan dengan menggunakan 2 jenis bahan bakar yaitu serbuk kayu ditambah potongan kayu dan LPG NPSO 5,5 kg dengan massa nira sebanyak 30 liter. Pengambilan data dilakukan sebanyak dua pengulangan dengan mengukur variabel yang telah ditentukan, yaitu suhu, meliputi suhu nira, wajan bagian dalam, nyala api, lingkungan dan dinding tungku/kompor yang masing-masing diukur setiap 10 menit sekali sampai nira matang; waktu pemasakan nira sampai matang; konsumsi bahan bakar yaitu massa awal bahan bakar dikurangi massa akhir bahan bakar setelah pemasakan: massa uap air yang terbuang ketika pemasakan. Analisis data dilakukan dengan melakukan perhitungan efisiensi energi meliputi nilai efisiensi tungku dan nilai efisiensi sistem, laju konsumsi bahan bakar (*Fuel Consumption Rate*), rendemen, harga bahan bakar per kg, kebutuhan konsumsi energi, biaya bahan bakar atau energi per kg produk, laju produksi, biaya bahan bakar per satuan produksi.

Berikut adalah desain tungku serbuk kayu buatan petani dan kompor LPG bertekanan yang digunakan pada penelitian sebagai berikut:



(a)



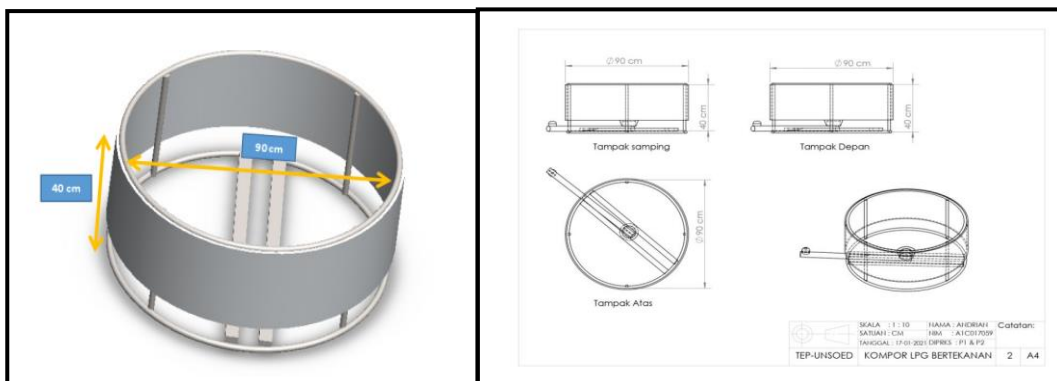
(b)

Gambar 1: (a) Gambar asli tungku buatan petani dan (b) desain 3D dan 2D tungku

Gambar 1 merupakan tungku yang digunakan merupakan tungku dengan bahan bakar serbuk kayu yang khusus digunakan perajin gula untuk memproduksi gula kelapa kristal di Desa Gandatapa, Kecamatan Sumbang, Kabupaten Banyumas. Tungku serbuk kayu tersebut terbuat dari campuran semen dengan abu, batu bata, dan besi. Besi yang digunakan berfungsi sebagai cerobong untuk membuang emisi gas yang ditimbulkan dari proses pembakaran. Ukuran tungku yang digunakan berdiameter 50 cm sesuai dengan ukuran wajan yang digunakan, diameter luar 70 cm, tinggi tungku 46 cm, lebar lubang pemasukan bahan bakar 20 cm, diameter cerobong 10 cm, panjang cerobong asap 60 cm.



(a)



(b)

Gambar 2: (a) Gambar asli kompor LPG bertekanan dan (b) desain 3D dan 2D kompor LPG bertekanan

Gambar 2 merupakan kompor LPG bertekanan yang pengadaan dari PT. Pertamina area Tegal yang kemudian digunakan dalam penelitian ini untuk dibandingkan dengan tungku yang sebelumnya digunakan oleh para perajin gula untuk memproduksi gula kelapa kristal. Kompor LPG bertekanan ini biasa disebut dengan kompor NPSO (Non-Public Service Obligation) sesuai dengan LPG yang digunakan berjenis NPSO yaitu Bright Gas. Kompor NPSO tersebut terbuat dari bahan *stainless steel* dengan ukuran kompor berdiameter 90 cm dan tinggi 40 cm.

2.1 Pengambilan Data

Secara garis besar penelitian ini tersusun atas tahap persiapan dan tahap pelaksanaan, berikut penjelasan setiap tahapannya:

Pada tahap persiapan ini dilakukan dengan observasi tempat untuk penelitian kemudian menyiapkan alat dan bahan yang dipakai saat penelitian berlangsung di Desa Gandatapa, Kecamatan Sumbang, Kabupaten Banyumas. Kemudian tahap persiapan bahan bakar, yaitu potongan kayu dan serbuk kayu, dan LPG 5,5 kg. Dan tahap selanjutnya pengambilan bahan baku (nira).

Pada tahap pelaksanaan dilakukan dari awal persiapan alat dan bahan hingga pengukuran data dan perhitungan data dari variabel yang telah ditentukan selama pembuatan gula kelapa kristal. Pengukuran yang dilakukan ketika pemasakan nira yaitu suhu yang dihasilkan (suhu wajan, suhu api, suhu lingkungan, suhu dinding tungku/kompor), waktu pemasakan/produksi, energi yang terpakai, dan hasil gula kelapa kristal. Proses pengukuran dilakukan dengan dua pengulangan pada masing-masing bahan bakar yang berbeda yaitu LPG dan serbuk kayu. Kemudian, perhitungan yang dilakukan yaitu berupa efisiensi energi, laju konsumsi energi, rendemen, harga bahan bakar per kg, kebutuhan konsumsi energi, biaya bahan bakar atau energi per kg produk, laju produksi, biaya bahan bakar per satuan produksi.

2.2 Analisis Data

Pengukuran suhu dengan menggunakan termometer *infrared* dan waktu produksi menggunakan stopwatch.

Untuk menghitung laju konsumsi energi yaitu dengan membandingkan massa bahan bakar yang digunakan dengan waktu pemasakannya seperti pada persamaan sebagai berikut:

$$\text{laju konsumsi energi (kg / jam)} = \frac{\text{massa bahan bakar}}{\text{waktu pemasakan}} \quad (1)$$

Untuk menghitung rendemen yaitu dengan membandingkan massa gula kelapa yang dihasilkan dengan volume nira yang digunakan seperti pada persamaan sebagai berikut:

$$\text{rendemen (\%)} = \frac{\text{massa gula kelapa kristal}}{\text{volumenira}} \quad (2)$$

Untuk menghitung laju produksi yaitu dengan membandingkan massa gula kelapa yang dihasilkan dengan volume nira yang digunakan seperti pada persamaan sebagai berikut:

$$\text{laju produksi (kg / jam)} = \frac{\text{massa gula kelapa kristal}}{\text{waktu pemasakan}} \quad (3)$$

Untuk menghitung biaya bahan bakar dalam satu kali produksi yaitu dengan mengalikan harga bahan bakar per kilogram dan massa bahan bakar yang terpakai seperti pada persamaan sebagai berikut:

$$\text{biaya bahan bakar (Rp)} = \text{harga bahan bakar per kg} \times \text{massa bahan bakar terpakai} \quad (4)$$

Untuk menghitung efisiensi energi terdapat dua macam yaitu efisiensi tungku dan efisiensi sistem. Efisiensi tungku merupakan perbandingan energi yang digunakan pada pemasakan (Q_{total}) ditambah energi yang diserap wajan (Q_{wajan}) dengan energi yang masuk saat pemasakan (Q_{masuk}) seperti pada persamaan sebagai berikut:

$$\eta_{\text{tungku}} (\%) = \frac{Q_{total} + Q_{wajan}}{Q_{masuk}} \quad (5)$$

Sedangkan untuk menghitung efisiensi sistem yaitu perbandingan energi yang digunakan pada pemasakan (Q_{guna}) seperti pada persamaan sebagai berikut:

$$\eta_{\text{sistem}} (\%) = \frac{Q_{total}}{Q_{masuk}} \quad (6)$$

Untuk menghitung energi total (Q_{total}), energi wajan (Q_{wajan}) dan energi masuk (Q_{masuk}) dapat dihitung seperti pada persamaan sebagai berikut:

$$Q_{total} = Q_{sensibel} + Q_{laten} + Q_{sensibel2} \quad (7)$$

$$Q_{wajan} = M_{wajan} \times C_p \times \Delta T_{wajan} \quad (8)$$

$$Q_{masuk} = M_{bb} \times H \quad (9)$$

Keterangan:

M_{bb} = massa bahan bakar terpakai (kg);

H = nilai kalor bahan bakar (kJ/kg) LPG = 46.100 kJ/kg [6], serbuk kayu = 16.747,2 kJ/kg [7].

Parameter fisikokimia dan sensoris gula kelapa kristal adalah parameter mutu gula kelapa kristal yang meliputi kadar air, abu, bahan tidak larut air, kadar gula sukrosa, gula reduksi dan gula total, warna, aroma dan rasa. Berikut merupakan persyaratan mutu gula kelapa kristal menurut Badan Standar Nasional:

Tabel 1: Persyaratan mutu gula kelapa kristal sesuai dengan SNI 01-3743-1995 [8]

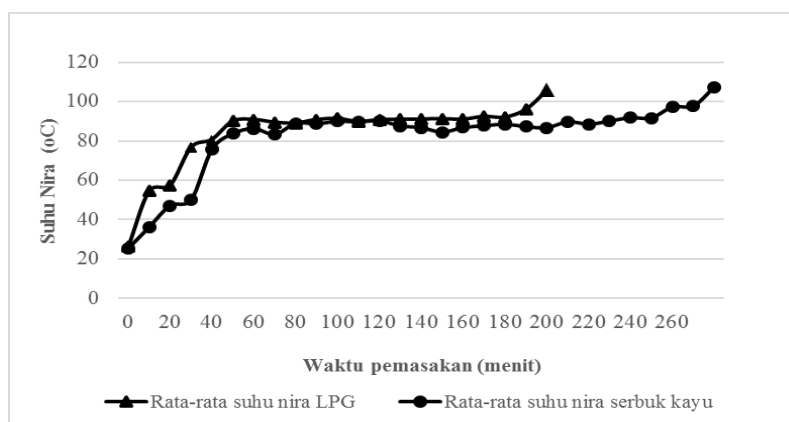
NO	KRITERIA UJI	SATUAN	PERSYARATAN	
			CETAK	BUTIRAN/GRANULA
1	Keadaan			
1.1	Bentuk		Normal	Normal
1.2	Rasa dan aroma		Normal, khas	Normal, khas
1.3	Warna		Kecoklatan sampai coklat	Kecoklatan sampai coklat
2	Bagian yang tak larut dalam air	% b/b	Maks. 1,0	Maks. 0,2
3	Air	% b/b	Maks. 10,0	Maks. 3,0
4	Abu	% b/b	Maks. 2,0	Maks. 2,0
5	Gula pereduksi	% b/b	Maks. 10,0	Maks. 6,0
6	Jumlah gula sebagai sukrosa	% b/b	Maks. 77,0	Maks. 90,0
7	Cemaran logam			
7.1	Seng (Zn)	mg/kg	Maks. 40,0	Maks. 40,0
7.2	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 2,0	Maks. 2,0
7.3	Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks. 10,0	Maks. 10,0
	Raksa (Hg)	mg/kg	Maks. 0,03	Maks. 0,03
	Timah (Sn)	mg/kg	Maks. 40,0	Maks. 40,0
8	Arsen	mg/kg	Maks. 1,0	Maks. 1,0

3. HASIL DAN DISKUSI

Dari analisis data yang dilakukan dalam produksi gula kelapa kristal menggunakan tungku serbuk kayu dan kompor LPG bertekanan didapatkan hasil sebagai berikut:

3.1 Perubahan Suhu

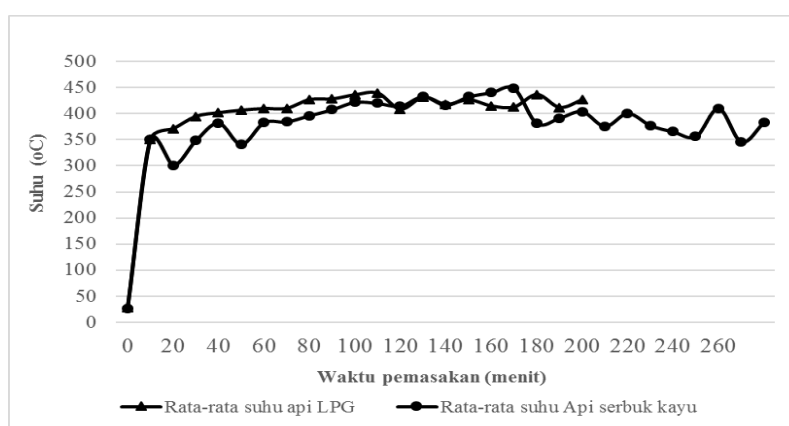
Proses pemasakan nira untuk menjadi gula tentunya menyebabkan perubahan suhu. Pengaturan suhu dan lama pemasakan merupakan beberapa faktor yang menyebabkan hasil produksi gula menjadi bervariasi [9]. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pengambilan data suhu diantaranya yaitu suhu nira dan suhu nyala api pada proses pemasakan yang diukur setiap 10 menit sekali sampai nira matang. Pengambilan data dilakukan sebanyak dua kali pada masing-masing bahan bakar, data pengamatan suhu nira dan suhu api pada proses pembuatan gula kelapa kristal dapat dilihat pada Lampiran 3. Waktu pemasakan nira dengan menggunakan LPG dan serbuk kayu berbeda, dimana penggunaan LPG dapat menghasilkan gula kelapa kristal lebih cepat dengan waktu pemasakan rata-rata 3 jam 21 menit, sedangkan penggunaan serbuk kayu membutuhkan waktu rata-rata 4 jam 28 menit. Berikut ini hubungan antara waktu pemasakan dengan rata-rata perubahan suhu nira dengan menggunakan bahan bakar LPG dan serbuk kayu.



Gambar 3: Grafik hubungan waktu pemasakan dengan rata-rata suhu nira menggunakan LPG dan serbuk kayu

Gambar 3 menunjukkan bahwa kenaikan suhu nira yang dimasak dengan menggunakan bahan bakar LPG lebih cepat daripada dimasak dengan menggunakan bahan bakar serbuk kayu. Suhu nira awal dari pemasakan dengan menggunakan LPG dan serbuk kayu masing-masing $26,15^{\circ}\text{C}$ dan $25,30^{\circ}\text{C}$, kemudian suhu nira akhir masing-masing bahan bakar yaitu $105,25^{\circ}\text{C}$ dan $107,20^{\circ}\text{C}$. Pada menit 180- 200, nira yang dimasak dengan menggunakan bahan bakar LPG sudah mencapai suhu $92 - 105^{\circ}\text{C}$, sedangkan suhu nira dengan menggunakan serbuk kayu masih dalam kisaran $86 - 88^{\circ}\text{C}$. Suhu optimal untuk pemanasan nira yaitu dibawah $110 - 120^{\circ}\text{C}$ [10]. Apabila suhunya terlalu tinggi, maka akan terjadi karamelisasi berlebihan sehingga gula yang dihasilkan dapat menjadi gosong. Kenaikan suhu nira yang dimasak dengan bahan bakar LPG lebih konsisten daripada menggunakan bahan bakar serbuk kayu karena pada bahan bakar serbuk kayu lebih sering terjadi suhu yang naik turun. Hal ini menunjukkan bahwa dari segi konsistensi panas dan waktu pemasakan nira, penggunaan bahan bakar dari LPG lebih efektif dan efisien daripada bahan bakar serbuk kayu.

Selain suhu nira, pengamatan juga dilakukan terhadap perubahan suhu nyala api pada bahan bakar LPG dan serbuk kayu. Berikut ini hubungan antara waktu pemasakan dengan rata-rata perubahan suhu nyala api dengan menggunakan bahan bakar LPG dan serbuk kayu.

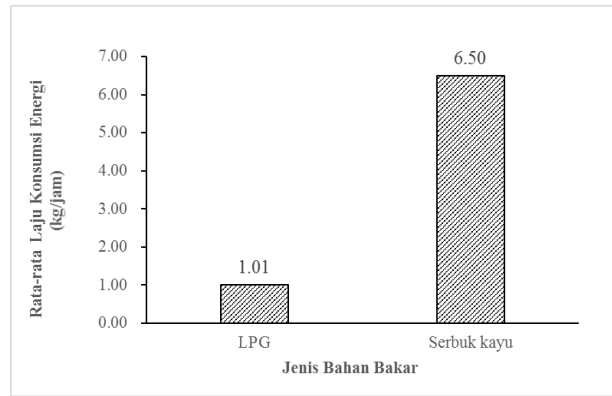


Gambar 4: Grafik hubungan waktu pemasakan dengan rata-rata suhu nyala api menggunakan LPG dan serbuk kayu

Gambar 4 Menunjukkan bahwa rata-rata suhu nyala api yang dihasilkan oleh kompor berbahan bakar LPG bertekanan berkisar $350,1 - 439,2^{\circ}\text{C}$ sedangkan rata-rata suhu api yang dihasilkan oleh tungku serbuk kayu berkisar $301,4 - 449,0^{\circ}\text{C}$. Kenaikan suhu api yang dihasilkan oleh kompor LPG bertekanan lebih konsisten daripada tungku serbuk kayu, hal tersebut dapat dilihat dari perubahan suhu api pada serbuk kayu sering terjadi naik turun yang signifikan. Konsistensi dan tingginya suhu api yang dihasilkan akan menentukan lama dan tidaknya waktu pemasakan dan kualitas dari gula kelapa kristal yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu pemasakan semakin baik kualitas warna, rasa, dan tekstur dari gula yang dihasilkan [11].

3.2 Laju Konsumsi Energi

Laju konsumsi bahan bakar adalah perbandingan antara jumlah bahan bakar yang terpakai dengan waktu yang dibutuhkan untuk pengolahan [12]. Konsumsi bahan bakar pada penelitian ini adalah kebutuhan bahan bakar yang digunakan untuk memasak nira hingga matang. Setelah dilakukan pengambilan data sebanyak dua kali, konsumsi bahan bakar untuk masing-masing percobaan berbeda, baik dengan menggunakan serbuk kayu maupun LPG. Laju aliran pembakaran yang berbeda terjadi disebabkan oleh banyak sedikitnya bahan bakar yang keluar selama proses pembakaran berlangsung [13]. Berikut ini disajikan mengenai rata-rata laju konsumsi bahan bakar atau energi selama pemasakan nira.



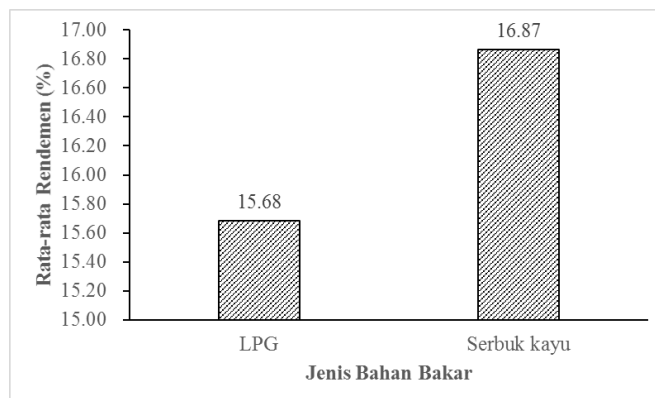
Gambar 5: Grafik hubungan rata-rata laju konsumsi energi dan jenis bahan bakar pada pemasakan gula kelapa kristal

Gambar 5 menunjukkan bahwa jenis bahan bakar serbuk kayu memiliki rata-rata laju konsumsi energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata laju konsumsi energi pada bahan bakar LPG. Dari hasil yang didapat menunjukkan bahwa laju konsumsi energi dengan menggunakan bahan bakar LPG memiliki laju rata-rata yaitu sebesar 1,01 kg/jam artinya setiap satu jam produksi gula kelapa kristal dapat menghabiskan massa LPG sebesar 1,01 kg, dimana nilai tersebut lebih rendah jika dibandingkan dengan laju konsumsi energi dengan menggunakan bahan bakar serbuk kayu yang memiliki laju rata-rata sebesar 6,50 kg/jam yang artinya setiap satu jam produksi gula kelapa kristal dapat menghabiskan massa serbuk kayu masing-masing sebesar 6,50 kg. Tingginya laju konsumsi energi dengan menggunakan bahan bakar serbuk kayu disebabkan karena rata-rata massa bahan bakar yang terpakai lebih banyak yaitu sebesar 28,92 kg jika dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar LPG yang hanya membutuhkan rata-rata massa bahan bakar sebesar 3,39 kg.

Hal lain yang menyebabkan tingginya laju konsumsi energi yaitu suhu api dan nilai kalor bahan bakar. Semakin lama api menyala konstan maka efisiensinya semakin tinggi. Hal ini dapat dimungkinkan karena pembakaran yang tidak sempurna terjadi pada kayu, sehingga banyak energi pada bahan bakar kayu yang terbuang [12] dan nilai kalor berpengaruh pada laju pembakaran [14]. Semakin tinggi nilai kalor bahan bakar maka semakin lambat laju pembakaran pada proses pembakaran. Besarnya nilai kalor LPG yaitu 46.100 kJ/kg dimana nilai tersebut lebih besar dari nilai kalor serbuk kayu yang hanya 16.747,20 kJ/kg. Hal itu menyebabkan nilai laju konsumsi bahan bakar LPG lebih kecil dibandingkan dengan serbuk kayu.

3.3 Rendemen

Rendemen merupakan perbandingan antara berat gula kelapa kristal yang dihasilkan dengan berat nira panen (sebelum pemasakan). Sehingga dari hasil perhitungan rendemen tersebut dapat diketahui berapa besar kehilangan berat bahan selama proses pembuatan gula kelapa kristal berlangsung [15]. Rendemen suatu produk sangat penting dihitung untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perlakuan maupun pengolahan terhadap hasil akhir produk [16]. Selain itu, nilai rendemen juga merupakan parameter yang penting diketahui untuk digunakan sebagai dasar perhitungan analisis finansial, memperkirakan jumlah bahan baku untuk memproduksi bahan tersebut dalam volume tertentu, dan mengetahui tingkat efisiensi dari suatu proses pengolahan [17]. Berikut ini hubungan rendemen dan jenis bahan bakar pada pemasakan gula kelapa kristal dapat.



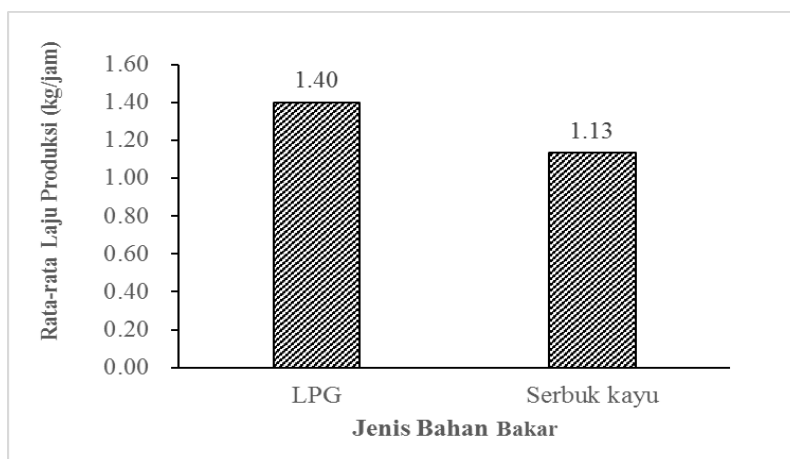
Gambar 6: Grafik hubungan rata-rata rendemen dan jenis bahan bakar pada pemasakan gula kelapa kristal

Gambar 6 menjelaskan rata-rata rendemen yang dihasilkan dengan menggunakan masing-masing bahan bakar pada proses pemasakan gula kelapa kristal. Dari hasil yang didapat menunjukkan bahwa rata-rata rendemen gula kelapa kristal dengan menggunakan bahan bakar LPG yaitu sebesar 15,68% yang artinya setiap 1 kg nira akan menghasilkan sebanyak 0,1568 kg gula kelapa kristal, dimana nilai tersebut lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata rendemen gula kelapa kristal yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar serbuk kayu yang memiliki presentase sebesar 16,87%. yang artinya setiap 1 kg nira akan menghasilkan sebanyak 0,1687 kg gula kelapa kristal. Tingginya rendemen gula kelapa kristal yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar serbuk kayu disebabkan karena rata-rata massa gula kelapa kristal yang dihasilkan lebih tinggi yaitu 5,06 kg jika dibandingkan dengan rata-rata massa gula kelapa kristal yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar LPG yang hanya 4,71 kg. Sementara massa nira yang digunakan dalam pembuatan gula kelapa kristal ini sama yaitu 30 liter.

Hal lain yang menyebabkan rendahnya rendemen gula kelapa kristal yaitu karena cukup sulitnya gula mengkristal sehingga cukup banyak gula kelapa yang tertinggal pada tempat kristalisasi. Padatan yang tertinggal pada tempat kristalisasi tidak dapat dikategorikan sebagai produk gula kelapa kristal karena tidak terjadi proses kristalisasi. Sulitnya gula kelapa mengkristal disebabkan oleh tingginya gula reduksi pada gula kelapa tersebut. Semakin tinggi kadar gula reduksi pada produk gula kelapa, maka semakin tinggi pula kadar airnya, sehingga rendemen yang dihasilkan semakin rendah. Selain itu, faktor pengayakan juga merupakan salah satu yang mempengaruhi nilai produk. Gula kelapa kristal yang tidak lolos dalam ayakan 20 mesh, tidak dihitung sebagai nilai rendemen [15].

3.4 Laju Produksi

Produksi merupakan suatu kegiatan menciptakan suatu barang dan jasa, membuat bahan baku menjadi barang jadi atau barang setengah jadi, ataupun menambah nilai suatu barang. Sedangkan untuk mengetahui jumlah produksi yang dapat dihasilkan setiap satuan waktu disebut dengan laju produksi. Laju produksi atau kapasitas produksi merupakan hasil produksi maksimum yang dapat diproduksi atau dihasilkan dalam satuan waktu tertentu [18]. Hal tersebut penting diketahui agar produsen atau para pemilik usaha dapat memastikan dalam waktu tertentu mereka dapat menghasilkan sampai berapa jumlah produk. Berikut ini ubungan laju produksi dan jenis bahan bakar pada pemasakan gula kelapa kristal.



Gambar 7: Grafik hubungan rata-rata laju produksi dan jenis bahan bakar pada pemasakan gula kelapa kristal

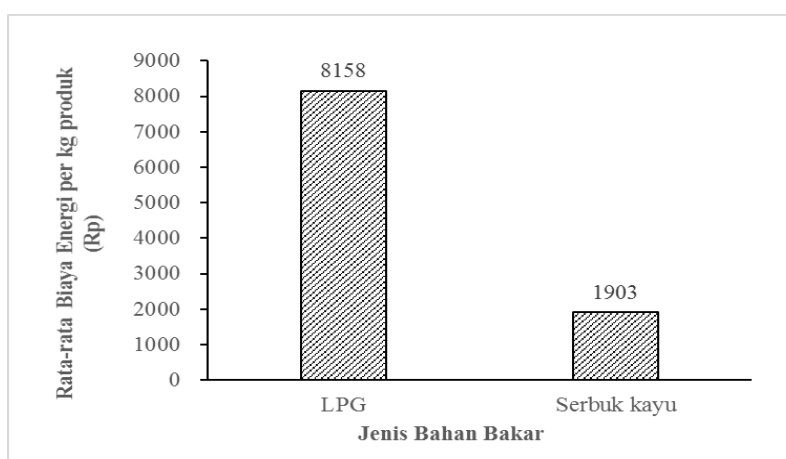
Gambar 6 menjelaskan rata-rata laju produksi yang dihasilkan oleh masing-masing bahan bakar pada proses pemasakan gula kelapa kristal. Dari hasil yang didapat menunjukkan bahwa rata-rata laju produksi yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar LPG yaitu sebesar 1,40 kg/jam yang artinya setiap satu jam produksi dapat menghasilkan massa gula kelapa kristal sebesar 1,40 kg, dimana nilai tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan laju produksi yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar serbuk kayu yang memiliki rata-rata laju produksi sebesar 1,13 kg/jam yang artinya setiap satu jam produksi dapat menghasilkan massa gula kelapa kristal sebesar 1,13 kg. Tingginya laju produksi gula kelapa kristal dengan menggunakan bahan bakar LPG disebabkan karena rata-rata waktu produksi yang lebih cepat yaitu 3,36 jam jika dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar serbuk kayu yang membutuhkan rata-rata waktu 4,48 jam. Walaupun massa gula kelapa kristal yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar LPG lebih

sedikit yaitu sebesar 4,71 kg jika dibandingkan dengan massa gula kelapa kristal yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar serbuk kayu yaitu sebesar 5,06 kg. Produksi gula kelapa menjadi meningkat karena waktu masak yang lebih cepat [19]. Hal lain yang menyebabkan tinggi atau rendahnya produksi, adalah jumlah pohon kelapa deres, nira, bahan bakar, tenaga kerja, dan bahan penolong yang terdiri dari minyak kelapa dan kapur. Sedangkan produksinya (*output*) adalah berupa gula kelapa [20].

3.5 Biaya Bahan Bakar Dalam Sekali Produksi

Nilai dari seluruh penggunaan sarana produksi (input) dan lain-lain yang diperlukan atau dibebankan pada proses produksi yang bersangkutan [21]. Biaya bahan bakar menjadi salah satu faktor yang berpengaruh nyata terhadap pendapatan pengrajin gula kelapa [22]. Jenis bahan bakar yang digunakan dalam memproduksi gula kelapa kristal dalam penelitian ini tentunya memiliki harga yang jauh berbeda yaitu antara bahan bakar LPG dan serbuk kayu, dimana LPG memiliki harga Rp62.500 per tabung 5,5 kg yang lebih tinggi dibandingkan dengan serbuk kayu yang hanya Rp10.500 per karung 30 kg. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan bahwa bahan bakar yang paling murah pada pengolahan gula kelapa adalah serbuk gergaji, sebaliknya yang paling mahal adalah gas [23].

Pada penelitian ini dilakukan analisis biaya bahan bakar diantaranya yaitu biaya bahan bakar per kilogram produk gula kelapa kristal dan biaya bahan bakar per satuan produksi. Biaya bahan bakar per satuan produksi merupakan biaya bahan bakar yang dibutuhkan untuk satu kali produksi gula kelapa kristal dimana harga bahan bakar per kilogram dikalikan dengan gula kelapa kristal yang dihasilkan dalam satu produksi tersebut. Berikut ini hubungan laju produksi dan jenis bahan bakar pada pemasakan gula kelapa kristal.



Gambar 8: Grafik hubungan rata-rata biaya bahan bakar per satuan produksi dan jenis bahan bakar pada pemasakan gula kelapa kristal

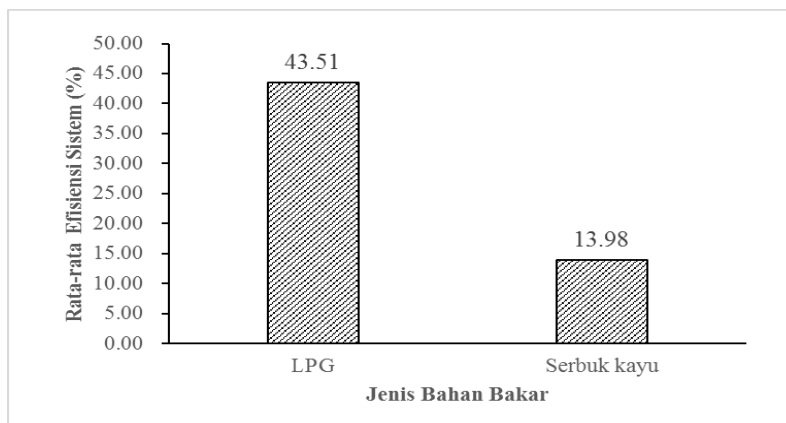
Gambar 8 menjelaskan rata-rata biaya energi atau bahan bakar yang digunakan setiap satu kali produksi dengan menggunakan bahan bakar LPG dan serbuk kayu pada proses pemasakan gula kelapa kristal. Dari hasil yang didapat menunjukkan bahwa rata-rata biaya energi per satuan produksi yang harus dikeluarkan dengan bahan bakar LPG yaitu Rp38.465 yang artinya dalam sekali produksi dengan massa nira 30 liter membutuhkan biaya bahan bakar Rp38.465, dimana biaya tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan rata-rata biaya energi per satuan produksi yang harus dikeluarkan bahan bakar serbuk kayu yang memiliki biaya sebesar Rp9.623.

Tingginya biaya energi per satuan produksi dengan menggunakan bahan bakar LPG pada pembuatan gula kelapa kristal ini disebabkan karena harga bahan bakar LPG per kilogram yang lebih tinggi yaitu Rp11.364 dibandingkan dengan harga bahan bakar serbuk kayu per kilogram yang hanya sebesar Rp333. Walaupun jika dibandingkan dengan massa bahan bakar yang terpakai, bahan bakar LPG membutuhkan massa yang lebih sedikit yaitu sebesar 3,07 kg dibandingkan dengan bahan bakar serbuk kayu yaitu sebesar 31,55 kg.

Komponen biaya tertinggi, penghematan bahan bakar akan memiliki nilai yang sangat signifikan terhadap penekanan biaya produksi [24]. Salah satu cara untuk menekan biaya bahan bakar adalah dengan menggunakan sistem pengolahan yang konsumsi energinya lebih rendah.

3.6 Efisiensi Energi

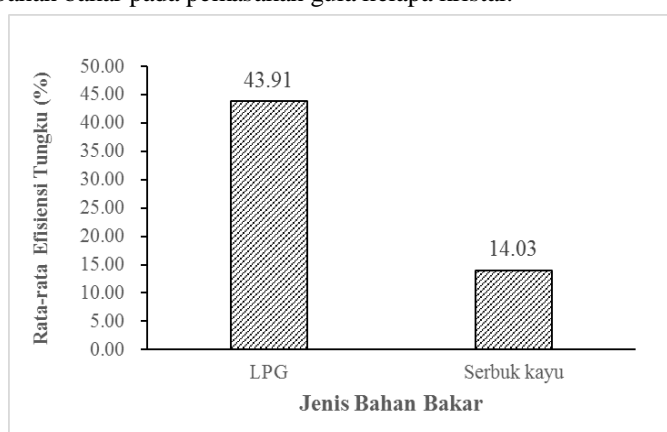
Efisiensi tungku merupakan perbandingan antara jumlah energi panas yang digunakan untuk memasak dan energi yang tersedia di dalam bahan bakar [25]. Efisiensi pembakaran pada sebuah tungku tergantung dari kesempurnaan bahan bakar. Suatu pembakaran bahan bakar yang efisien menjadi dasar pencapaian efisiensi tungku, suatu pembakaran yang efisien akan menghemat penggunaan bahan bakar [26]. Berikut ini hubungan efisiensi sistem dan jenis bahan bakar pada pemasakan gula kelapa kristal.



Gambar 9: Grafik hubungan rata-rata efisiensi sistem dan jenis bahan bakar pada pemasakan gula kelapa kristal

Gambar 9 menjelaskan rata-rata efisiensi sistem pada proses pemasakan gula kelapa kristal menggunakan tungku serbuk kayu dan kompor LPG bertekanan. Dari hasil perhitungan yang didapatkan, rata-rata nilai efisiensi sistem bahan bakar LPG yaitu sebesar 43,51% sedangkan rata-rata efisiensi sistem pada serbuk kayu sebesar 13,98%.

Selain efisiensi sistem, perlu juga diketahui efisiensi dari alat yang digunakan dalam pemasakan gula kelapa kristal ini yaitu kompor dan tungku. Efisiensi tungku adalah perbandingan antara energi yang digunakan pada proses pengolahan dengan energi yang disediakan oleh bahan bakar. Berikut ini hubungan efisiensi tungku dan jenis bahan bakar pada pemasakan gula kelapa kristal.



Gambar 10: Grafik hubungan rata-rata efisiensi tungku dan jenis bahan bakar pada pemasakan gula kelapa kristal

Gambar 10 menjelaskan efisiensi tungku pada proses pemasakan gula kelapa kristal menggunakan tungku serbuk kayu dan kompor LPG bertekanan. Dari hasil perhitungan yang didapatkan, nilai efisiensi tungku bahan bakar LPG yaitu sebesar 43,91% sedangkan efisiensi tungku pada serbuk kayu sebesar 14,03%.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai efisiensi sistem dan tungku pada kompor LPG bertekanan memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai efisiensi sistem dan tungku pada tungku serbuk kayu, Hal tersebut disebabkan karena nilai panas bahan bakar LPG lebih tinggi yaitu sebesar 46.100 kJ/kg jika dibandingkan dengan nilai panas bahan bakar serbuk kayu yang hanya sebesar 16.747,20 kJ/kg. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan [12] bahwa nilai kalor LPG yang lebih tinggi membuat pembakaran menjadi lebih efisien dan dapat menghemat kebutuhan bahan bakar yang digunakan, sehingga laju pembakarannya menghasilkan api yang stabil (konstan). Semakin lama api menyala konstan maka

efisiensinya semakin tinggi. Hal ini dapat dimungkinkan karena pembakaran yang tidak sempurna terjadi pada kayu, sehingga banyak energi pada bahan bakar kayu yang terbuang.

3.7 Paramter Fisikokimia dan Sensoris

Pada penelitian ini untuk memastikan bahwa adanya korelasi dan dampak dari penggunaan jenis energi bahan bakar terhadap produk gula kelapa kristal yang dihasilkan maka dilakukan analisis mutu atau sifat fisikokimia dan sensoris gula kelapa kristal. Di bawah ini adalah data hasil uji laboratorium komposisi kimia dan sifat sensoris gula kelapa kristal yang diproduksi dengan bahan bakar dari LPG dan serbuk kayu.

Tabel 2: Perbandingan sifat fisikokimia gula kelapa kristal yang diproduksi dengan menggunakan bahan bakar LPG, dan serbuk kayu

JENIS BAHAN BAKAR	KADAR AIR (%)	KADAR ABU (%)	KADAR KOTORAN (%)	KADAR GULA REDUKSI (%)	KADAR GULA SUKROSA (%)	KADA GULA TOTAL (%)
LPG	2,85	0,85	2,20	2,45	92,3	94,76
Serbuk kayu	4,62	1,73	5,57	0,80	77,07	77,88
SNI gula Pama (No.3743-1995)	Maks. 3,0	Maks. 2,0	Maks. 0,2	Maks.6,0	Min. 80	Min. 90

Tabel 3: Perbandingan sifat sensoris gula kelapa kristal yang diproduksi dengan menggunakan bahan bakar LPG dan serbuk kayu

JENIS BAHAN BAKAR	WARNA	AROMA KHAS KELAPA	RASA
LPG	3,8 (coklat tua)	3,2 (Kuat)	3.6 (sangat manis)
Serbuk kayu	2,8 (coklat)	2,5 (agak kuat)	3.0 (manis)

Berdasarkan tabel 2 hasil uji laboratorium terhadap komposisi kimia gula kelapa kristal yang diproduksi dengan bahan bakar yang berbeda, diketahui bahwa produk gula kelapa kristal diproduksi dari pemasakan dengan bahan bakar LPG mempunyai komposisi kimia yang lebih baik daripada bahan bakar serbuk kayu. Hal ini ditunjukkan dengan rendahnya kadar air (2,85%) dan kadar gula reduksi (2,45%) dan tingginya kadar gula sukrosa (92,31%) dan kadar gula total (94,76%) gula kelapa kristal yang diproduksi dengan bahan bakar jenis LPG dibandingkan dengan bahan bakar serbuk kayu. Komposisi kimia gula kelapa kristal hasil produksi dengan bahan bakar LPG juga sudah sesuai dengan persyaratan standar mutu SNI gula palma No. 3743-1995 yang mensyaratkan bahwa gula kelapa kristal yang bermutu baik adalah dengan sifat fisikokimia kadar air maksimal 3%, kadar gula reduksi maksimal 6%, kadar gula sukrosa minimal 80% dan kadar gula total 90-95% [8].

Berdasarkan tabel 3 hasil uji penulis terhadap sifat sensoris gula kelapa kristal yang diproduksi dengan bahan bakar yang berbeda, diketahui bahwa produk gula kelapa kristal dihasilkan dari pemasakan dengan bahan bakar LPG mempunyai sifat sensoris yang lebih baik (warna coklat tua, aroma khas kelapa yang kuat dan rasa yang sangat manis) daripada sifat sensoris yang dihasilkan oleh bahan bakar serbuk kayu.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengujian, pengukuran dan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kompor LPG NPSO memiliki efisiensi sistem dan tungku yang lebih tinggi yaitu 43,51% dan 43,91% jika dibandingkan dengan tungku serbuk kayu yang memiliki efisiensi sistem dan tungku 13,98% dan 14,03%.
2. Mutu yang dihasilkan baik oleh kompor LPG NPSO dan tungku serbuk kayu telah memenuhi syarat mutu gula kelapa kristal yang telah ditetapkan yaitu SNI 01-3743-1995.

5. PERNYATAAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada PT. Pertamina manajer sales area Tegal dan LPPM Unsoed atas kerjasamanya dalam penelitian ini sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] KEMENTAN, *Rencana Strategis Kementerian Pertanian Indonesia Tahun 2015-2019*, Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2015.
- [2] HARYANTI & MUSTAUFIK, "Evaluasi Keragaman dan Penyimpanan Mutu Gula Kelapa Kristal di Kawasan Home Industri Kab. Banyumas", *Jurnal Agroteknologi*, v. 5, n. 1, pp. 48-61, 2011.
- [3] AMINUDIN, *Uji Performansi Tungku Lorena Berbahan Bakar Kayu Bakar Pada Produksi Gula kelapa kristal Di UD. Tarbiyah Desa Rancamaya Kecamatan Cilongok Kabupaten Banyumas*, Skripsi, Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, 2019.
- [4] WINATA, R., *Perancangan dan Optimasi Kompor Gas-Biomassa yang Beremisi Gas CO Rendah Menggunakan Bahan Bakar Pelet Biomassa dari Limbah Bagas*, Skripsi, Fakultas Teknik. Universitas Indonesia, Depok, 2012.
- [5] WIDODO, A., "Peningkatan Efisiensi Sistem Pemanasan dengan Penambahan Grid pada Perforated Burner", *Jurnal Rekayasa Mesin*, v. 7, n. 1, pp. 21-25, 2016.
- [6] DINARYANTO, O., "Pengaruh Jenis Burner Terhadap Konsumsi Bahan Bakar LPG". *Angkasa*, v. 2, n. 1, pp. 77-84, 2010.
- [7] CAHYONO, T. D., Z. COTO & F. FEBRIANTO., "Analisis nilai kalor dan kelayakan ekonomis kayu sebagai bahan bakar substitusi batu bara di pabrik semen", *Forum Pasca- sarjana*, v. 31, n. 2 , pp. 105-116, 2008.
- [8] BADAN STANDARISASI NASIONAL, *Gula Palma SNI 01-3743-1995*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 1995.
- [9] PUTRI, W. R., Y. GARNIDA, D. Z. ARIEF, *Pengaruh Jenis Pengawet Alami Pada Nira Dan Konsentrasi Stpp Terhadap Kualitas Gula Merah Aren (Arenga pinnata Merr)*, Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Pasundan, Bandung, 2017.
- [10] UTAMI, M. F., *Studi Pengembangan Usaha Gula Merah Tebu Di Kabupaten Rembang (Studi Kasus di Kecamatan Pamotan, Kabupaten Rembang)*, Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2008.
- [11] DEWI, S. R., N. IZZA, D. A. AGUSTININGRUM, D. W. INDRIANI, Y. SUGIARTO, D. M. MAHARANI, & R. YULIANINGSIH, "Pengaruh Suhu Pemasakan Nira Dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Kualitas Gula Merah Tebu", *Jurnal Teknologi Pertanian*, v. 15, no. 3, pp. 149-158, 2014.
- [12] MOKODOMPIT, R., F. PANGKEREKO, L. LENGKEY, "Modifikasi Tungku Pembuatan Gula Aren (Arenga Pinnata) Menggunakan Bahan Bakar LPG (Liquified Petroleum Gas)", *Jurnal Cocos*, v. 1, n. 4, pp. 1-9, 2019.
- [13] INDRAMAJID, D., *Uji Performansi Tungku Tanah Liat dengan Bahan Bakar Biomassa*, Skripsi, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, 2015.
- [14] TIRONO, M. & S. ALI, "Efek Suhu pada Proses Pengarangan Terhadap Nilai Kalor Arang Tempurung Kelapa (Coconut Shell Charcoal)", *Jurnal Neutrino*, v. 3, n. 2, pp. 143-147, 2011.
- [15] ZULIANA, C., WIDYASTUTI, W. H. SUSANTO, "Pembuatan Gula kelapa kristal Kelapa (Kajian pH Gula Kelapa dan Konsentrasi Natrium Bikarbonat)", *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, v. 4, n. 1, pp. 109-119, 2016.
- [16] ANDRIANI, D., *Pengolahan Rumput Laut (Eucheuma Cottonii) Menjadi Tepung Atc (Alkali Treated Carregeenan) Dengan Jenis Dan Kosentrasi Larutan Alkali Yang Berbeda*, Skripsi, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2006.
- [17] JUNIANTO, HAETAMI, MAULINA, *Produksi Gelatin dari Tulang Ikan dan Pemanfaatannya Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Cangkang Kapsul*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran, 2006.
- [18] KUSUMA, H., *Manajemen Produksi*. Andi, Yogyakarta, 2009.
- [19] WARDANA, H., M. BADARUDDIN, S. P. GINTING, *Peningkatan Produksi Gula Merah UKM Desa Purworejo Kecamatan Negerikaton, Kabupaten Pesawaran Melalui Desain Dan Rancang Bangun Tungku Biomassa Hemat Bahan Bakar*, Dalam Laporan Akhir Program Kemitraan Masyarakat (PKM), Fakultas Teknik, Universitas Lampung, 2018.
- [20] SUKIMAN, DUMASARI, & S. BUDININGSIH, "Analisis Kelayakan Usaha Agroindustri Gula Kelapa Di Desa Panerusan Kulon Kecamatan Susukan Kabupaten Banjarnegara", *Jurnal Agritech*, v. 9, n. 1, pp. 36-52, 2007.

- [21] SOEKARTAWI, *Analisis Usahatani*, Raja Grafindo Persada, Jakarta, 2005.
- [22] KHOTIMAH, S., A. KUSMIATI, T. AGUSTINA, "Analisis Pendapatan Pengrajin Gula Kelapa Dan Kontribusinya Terhadap Pendapatan Keluarga Di Desa Lojejer Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember", *Jurnal JSEP*, v. 7, n. 2, pp. 45-54, 2014.
- [23] IRAWANTI, S., H. DWIPRABOWO, A. P. SUKA., "Kajian Ekonomi Substitusi Bahan Bakar Gas Dengan Limbah Biomassa Pada Industri Kecil-Menengah", *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, v. 9, n. 4, pp. 198 - 215, 2012.
- [24] PRANOWO, D., S. WIJANA, ROHMANINGTYAS, "Analisis Efisiensi Produksi Sirup Gula Kelapa Pada Berbagai Jenis Bahan Baku Dan Bahan Bakar Yang Digunakan", *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional, FKPT-TPI*, 2014.
- [25] SUPRIYATNO, "Uji Coba Karakteristik Contoh Produk Inovasi Briket Batubara Biomassa di Pusat Penelitian Fisika, LIPI Bandung", *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*, Kelompok Energi Puser Penelitian Fisika-LIPI, Bandung, 2010.
- [26] KRATZEISEN, M. & J. MULLER, *Energy from Seed Shells of Jatropha Curcus*, Landtechnik, 2009.