

## **AUDIT ENERGI PADA PEMBUATAN GULA KELAPA KRISTAL (STUDI KASUS PADA KOPERASI SEMEDO MANISE KECAMATAN PEKUNCEN, KABUPATEN BANYUMAS)**

*Energy Audit on The Manufacture of Crystal Coconut Sugar (A Case Study on The Semedo Manise Cooperative, Pekuncen District, Banyumas Regency)*

Tiara Aghna Fidelia<sup>1\*</sup>, Abdul Mukhlis Ritonga<sup>2</sup>, Ropiudin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Jenderal Soedirman, Banyumas, Indonesia

\* Email: [tiaraghna@gmail.com](mailto:tiaraghna@gmail.com)

DOI: <http://dx.doi.org/10.20884/1.jaber.2023.4.2.9552>

Naskah ini diterima pada 21 Agustus 2023; revisi pada 23 Agustus 2023;  
disetujui untuk dipublikasikan pada 03 November 2023

### **ABSTRAK**

Koperasi Semedo Manise merupakan salah satu produsen gula kelapa kristal yang saat ini belum diketahui jumlah penggunaannya sehingga dibutuhkan perhitungan audit energi untuk memberikan gambaran konsumsi energi dan mencari upaya penghematan energi. Pengambilan data dilakukan dengan mengikuti seluruh proses pada pembuatan gula kelapa kristal. Proses produksi gula kelapa kristal di Koperasi Semedo Manise membutuhkan energi dengan jumlah yang berbeda-beda. Penggunaan energi total dalam proses produksi gula kelapa kristal adalah sebesar 1.073,93 MJ dengan setiap proses produksi gula kelapa kristal yaitu pada proses penyadapan 2,49 MJ, penyaringan dan pemasakan 447,53 MJ, pengentalan 0,35 MJ, pengkristalan 0,18 MJ, pengayakan di petani 0,21 MJ, pengayakan di gudang 0,70 MJ, pengovenan 619,54 MJ, penyortiran 1,96 MJ, serta pengemasan 0,97 MJ. Penggunaan energi berdasarkan bentuk energinya yaitu energi manusia sebesar 15,85 MJ, energi listrik 0,38 MJ, energi biomassa 444,57 MJ, dan energi gas 613,13 MJ. Hasil perhitungan audit energi menunjukkan bahwa energi gas paling banyak dibutuhkan dalam pembuatan gula kelapa kristal. Upaya yang dapat dilakukan untuk menghemat energi tersebut yaitu rutin melakukan pengecekan secara berkala terhadap alat/mesin yang menggunakan energi gas, menyalakan alat/mesin saat akan digunakan dan mematikannya saat selesai digunakan, serta rutin membersihkan alat/mesin yang menggunakan energi gas sehingga dapat menjaga nyala api tetap konstan yang akan berpengaruh terhadap efisiensi energi.

**Kata kunci:** audit energi, efisiensi energi, gula kelapa kristal

### **ABSTRACT**

*The Semedo Manise Cooperative is one of the producers of crystalline coconut sugar whose energy use is currently unknown, so energy audit calculations are needed to provide an overview of energy consumption and seek energy saving efforts. Data collection was carried out by following the entire process of making crystalline coconut sugar. The total energy use in the production process of crystalline coconut sugar is 1073.93MJ with each production process of crystalline coconut sugar namely tapping 2.49 MJ, filtering and cooking 447.53 MJ, condensation 0.35 MJ, crystallization 0.18 MJ, 0.21 MJ for farmers' sieving, 0.70 MJ for warehouse sieving, 619.54 MJ for oven, 1.96 MJ for sorting, and 0.97 MJ for packaging. Energy use based on forms of energy, namely human energy of 15.85 MJ, electrical energy of 0.38 MJ, biomass energy of 444.57 MJ, and gas energy of 613.13 MJ. The results of energy audit calculations show that gas energy is most needed in the manufacture of crystalline coconut sugar. Efforts that can be made to save energy include routinely checking tools/machines that use gas energy, turning on the tools/machines when they are about to be used and turning them off when they are finished, and routinely cleaning tools/machines that use gas energy so they can keep them on. fire remains constant which will affect energy efficiency.*

**Keywords:** crystalline coconut sugar, energy audit, energy efficiency

## PENDAHULUAN

Pohon kelapa (*Cocos nucifera*) adalah tanaman yang banyak terdapat di Indonesia yang hampir seluruh bagian pohonnya dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan. Bagian pohon kelapa yang banyak dimanfaatkan salah satunya adalah nira yang dapat dibuat menjadi gula cetak, gula cair, maupun gula kelapa kristal. Nira yang berasal dari mayang yang ada pada pohon kelapa yang disadap. Satu buah mayang memiliki masa produktif dengan produksi optimal selama 15 hari dan dapat menghasilkan sebanyak 0,5 hingga 4 liter per hari tergantung dari kondisi pohon dan kondisi cuaca (Ahsan *et al.*, 2019).

Jumlah keseluruhan unit usaha gula di Kabupaten Banyumas dilihat dari data terakhir pada 2018 sebanyak 26.959 unit usaha dan dapat memproduksi sebanyak 63.374,27 ton gula setiap tahunnya. Salah satu produk dari besarnya produksi gula kelapa di Kabupaten Banyumas yaitu gula kelapa kristal atau gula kelapa yang berbentuk bubuk. Kabupaten Banyumas memproduksi gula kelapa kristal sebanyak 8.488,8 ton/tahun dan mampu mengekspor sebanyak 500-2000 ton gula kelapa kristal per tahun (Disperindag Kab. Banyumas, 2017).

Salah satu sentra penghasil gula kelapa kristal adalah Kecamatan Pekuncen, Kabupaten Banyumas yang memiliki jarak 25 km dari kantor pemerintahan Kabupaten Banyumas. Luas perkebunan kelapa di Kecamatan Pekuncen mencapai 684,10 ribu hektare (BPS, 2020). Nira kelapa yang dihasilkan dari pohon kelapa di Kecamatan Pekuncen mencapai 4.213,7 ton per tahun (Ma'rufah, 2021). Koperasi Semedo Manise adalah koperasi yang menaungi para petani gula kelapa kristal di Kecamatan Pekuncen. Koperasi Semedo Manise didirikan pada 3 September 2021 dengan dilatarbelakangi oleh banyaknya petani yang mulai beralih pada produksi gula kelapa kristal sehingga terdapat keinginan untuk membantu peningkatan kualitas produksi dan membantu dalam memasarkan produk. Pembuatan gula kelapa kristal dilakukan setiap hari oleh petani dan dijual kepada pengepul. Setelah itu, pengepul menjual kepada Koperasi Semedo Manise dan setelah mencapai Koperasi Semedo Manise kemudian dikumpulkan hingga mencapai berat 1 ton untuk dilakukan proses pengovenan. Koperasi Semedo Manise dapat menjual gula kelapa kristal sebanyak 15 ton setiap bulannya. Hasil gula kelapa kristal yang telah melalui proses peningkatan kualitas di Koperasi Semedo Manise kemudian dijual di pasar lokal dan di ekspor ke negara lain dengan persentase penjualan di pasar lokal sebesar 10% dan 90% untuk di ekspor ke negara lain. Ekspor gula kelapa kristal pada Koperasi Semedo Manise melalui ekportir dan dijual ke beberapa negara yang meliputi German, Korea Selatan, Amerika Serikat, dan Spanyol.

Terdapat dua langkah dalam proses pembuatan gula kelapa kristal menurut Pardi *et al.* (2019) yakni proses persiapan alat dan bahan serta proses pengolahan bahan baku. Proses pengolahan bahan baku terdiri atas tahap penyadapan, penyaringan, pemasakan, pengadukan nira, pengkristalan, pengayakan, pengeringan, dan pengemasan. Proses produksi gula kelapa kristal pada Koperasi Semedo Manise membutuhkan waktu yang cukup lama yakni rata-rata 8 hingga 9 jam per hari untuk sekali proses alur produksi. Lamanya waktu pembuatan gula kelapa kristal itu saling berpengaruh dengan energi yang digunakan. Perhitungan audit energi dalam pembuatan gula kelapa kristal di Koperasi Semedo Manise belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, perlu adanya audit energi untuk menghitung besaran konsumsi energi dan menentukan solusi terhadap penggunaan energi pada pembuatan gula kelapa kristal sehingga penggunaan energi dapat lebih hemat dan sebanding dengan penghasilan yang diterima oleh produsen.

Audit energi merupakan langkah awal untuk mengidentifikasi pemborosan energi yang terjadi pada penggunaan energi sehingga dapat dianalisis, direncanakan, dan direkomendasikan langkah peningkatan nilai efisiensi energi. Audit energi ini adalah langkah awal yang digunakan untuk melakukan manajemen energi dengan baik dan mencari peluang penghematan energi (Shintawaty, 2022). Audit energi dilakukan untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan rasionalitas penggunaan energi tanpa melakukan pengurangan kualitas dan kuantitas produk, serta produktivitas dan kenyamanan kerja pelaku usaha dan karyawan. Menurut Falah (2021),

audit energi dibagi atas 3 jenis yaitu audit energi singkat (*walk through audit*), audit energi awal (*preliminary audit*), serta audit energi rinci (*detail audit*).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan energi dan efisiensi pada tahapan proses produksi gula kelapa kristal, mengetahui kebutuhan energi terbesar pada tahapan proses produksi gula kelapa kristal, serta memberikan solusi penghematan dan diversifikasi energi pada tahapan proses produksi gula kelapa kristal. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan mampu memberikan manfaat seperti memberikan informasi secara utuh kepada pelaku usaha mengenai penggunaan energi dan juga mampu memberikan solusi penghematan energi pada proses produksi gula kelapa kristal, serta penelitian ini diharapkan mampu menjadi acuan dalam penelitian selanjutnya.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan beberapa bahan dan alat sebagai penunjang. Bahan yang digunakan yaitu berupa nira kelapa, bahan bakar (biomassa berupa kayu bakar serta *liquid petroleum gas* atau LPG). Alat yang digunakan yaitu tungku pemasakan, wajan pemasakan, spatula kayu, ayakan kayu, oven, loyang ukuran 60 x 40 x 2, mesin ayakan, piring plastik, spatula plastik, timbangan kapasitas 300 kg, timbangan kapasitas 50 kg, termometer, dan *wattmeter*.

### Rancangan Pengambilan Data

Penelitian dilakukan dengan pengambilan data primer serta data sekunder. Data primer diambil secara langsung dengan mengikuti aliran produksi gula kelapa kristal sebanyak 6 kali. Pengambilan data primer dimulai dari mengikuti proses penyadapan, penyaringan dan pemasakan, pengentalan, pengkristalan, pengayakan di petani, pengayakan di gudang, pengovenan, penyortiran, serta pengemasan. Tahap selanjutnya yaitu pengolahan data yang dilakukan dengan menghitung jumlah konsumsi energi, efisiensi energi, serta pencarian upaya penghematan energi yang dapat dilakukan pada tahap pembuatan gula kelapa kristal. Data sekunder diambil dari pustaka terdahulu.

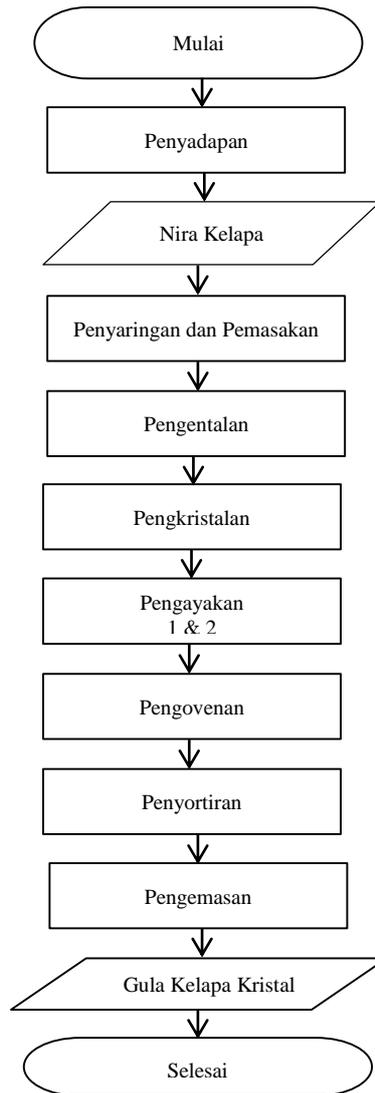
### Variabel dan Pengukuran

Variabel yang diamati yaitu berupa jumlah produksi (kg), kebutuhan energi manusia, kebutuhan energi biomassa, kebutuhan energi listrik, kebutuhan energi gas, serta efisiensi kebutuhan energi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan gula kelapa kristal terdiri atas beberapa tahapan. Diawali dengan melakukan penyadapan nira yang berasal dari bunga kelapa atau yang biasa disebut manggar. Tahapan selanjutnya setelah melakukan penyadapan nira secara berturut-turut yaitu tahap penyaringan dan pemasakan, pengentalan, pengkristalan, pengayakan yang dilakukan dua kali, pengovenan, penyortiran, dan pengemasan.

Pembuatan gula kelapa kristal tidak terlepas dari penggunaan energi, khususnya yaitu penggunaan energi manusia, listrik, biomassa, dan gas. Tahapan pembuatan gula kelapa kristal pada Koperasi Semedo Manise Kecamatan Pekuncen, Kabupaten Banyumas terdiri dari tahap penyadapan hingga tahap pengemasan. Diagram alir pembuatan gula kelapa kristal di Koperasi Semedo Manise Kecamatan Pekuncen, Kabupaten Banyumas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan gula kelapa kristal.

1. Penyadapan Nira

Tahap penyadapan nira ini terdiri atas satu penggunaan energi yaitu energi manusia. Sajian data penggunaan energi manusia pada tahap penyadapan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Penggunaan energi manusia pada tahap penyadapan nira

2. Penyaringan dan Pemasakan

Tahap penyaringan dan pemasakan ini terdiri atas penggunaan energi energi manusia dan biomassa. Sajian dari data penggunaan energi pada tahap ini dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Penggunaan energi manusia pada tahap penyaringan dan pemasakan

Petani/ Ulangan	Energi Manusia (MJ)
P1U1	2,64
P1U2	2,48
P2U1	2,21
P2U2	2,65
Rata-rata	2,49

Tabel 3. Penggunaan energi biomassa pada tahap penyaringan dan pemasakan

Petani/Ulangan	Energi Biomassa (MJ)
P1U1	411,01
P1U2	491,71
P2U1	411,01
P2U2	464,55
Rata-rata	444,57

Tahap penyaringan dan pemasakan membutuhkan energi manusia dan energi biomassa. Masing-masing penggunaan energinya yaitu untuk energi manusia sebanyak 2,93 MJ dan penggunaan energi biomassa sebanyak 444,57 MJ. Oleh karena itu, total penggunaan energi pada tahap penyaringan dan pemasakan sebanyak 447,5 MJ.

3. Pengentalan dan Pendinginan

Tahap pengentalan dan pendinginan terdiri dari satu jenis konsumsi energi yaitu energi manusia. Sajian data penggunaan energi pada proses ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Penggunaan energi manusia pada tahap pengentalan dan pendinginan

Petani/Ulangan	Energi Manusia (MJ)
P1U1	0,49
P1U2	0,23
P2U1	0,24
P2U2	0,43
Rata-rata	0,35

4. Pengkristalan

Tahap pengkristalan terdiri dari satu jenis konsumsi energi yaitu energi manusia. Sajian data penggunaan energi dalam proses ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Penggunaan energi manusia pada proses pengkristalan

Petani/Ulangan	Energi Manusia (MJ)
P1U1	0,21
P1U2	0,23
P2U1	0,11
P2U2	0,19
Rata-rata	0,18

5. Pengayakan

a. Pengayakan di Petani

Tahap pengayakan di petani terdiri dari satu jenis konsumsi energi yaitu energi manusia. Sajian data penggunaan energi dalam tahap ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Penggunaan energi manusia pada proses pengayakan di petani

Petani/Ulangan	Energi Manusia (MJ)
P1U1	0,39
P1U2	0,22
P2U1	0,07
P2U2	0,14
Rata-rata	0,21

b. Pengayakan di Gudang

Tahap pengayakan di Gudang terdiri dari dua jenis konsumsi energi yaitu energi manusia dan energi listrik. Sajian data penggunaan energi dalam tahap ini dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Penggunaan energi manusia pada tahap pengayakan di gudang

Ulangan	Energi Manusia (MJ)
1	0,36
2	0,19
3	0,20
4	0,54
5	0,31
6	0,31
Rata-rata	0,32

Tabel 8. Penggunaan energi listrik pada tahap pengayakan di gudang

Ulangan	Energi Listrik (MJ)
1	0,73
2	0,39
3	0,21
4	0,55
5	0,21
6	0,21
Rata-Rata	0,38

Tahap pengayakan di gudang membutuhkan energi manusia dan energi listrik. Masing-masing penggunaan energi tersebut yaitu energi manusia sebanyak 0,32 MJ dan energi listrik sebanyak 0,38 MJ. Oleh karena itu, total penggunaan energi pada tahap pengayakan di gudang sebanyak 0,70 MJ.

6. Pengovenan

Tahap pengovenan terdiri dari dua jenis konsumsi energi yaitu energi manusia dan energi bahan bakar gas. Sajian data penggunaan energi dalam proses ini dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Penggunaan energi manusia pada tahap pengovenan

Ulangan	Energi Manusia (MJ)
1	5,52
2	7,30
Rata-rata	6,41

Tabel 10. Penggunaan energi gas pada tahap pengovenan

Ulangan	Energi Gas (MJ)
1	504,80
2	721,47
Rata-rata	613,13

Tahap pengovenan membutuhkan energi manusia dan energi bahan bakar gas. Masing-masing penggunaannya yaitu untuk energi manusia sebanyak 6,41 MJ dan penggunaan energi bahan bakar gas sebanyak 613,13 MJ sehingga diketahui total penggunaan energi pada tahap pengovenan sebanyak 619,54 MJ.

7. Penyortiran

Tahap penyortiran terdiri dari satu jenis konsumsi energi yaitu energi manusia. Sajian data penggunaan energi dalam tahap ini dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Penggunaan energi manusia pada tahap penyortiran

Ulangan	Energi Manusia (MJ)
1	1,69
2	2,22
Rata-rata	1,96

8. Pengemasan

Tahap pengemasan terdiri dari satu jenis konsumsi energi yaitu energi manusia. Sajian data penggunaan energi dalam tahap ini dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Konsumsi energi manusia pada proses pengemasan

Ulangan	Energi Manusia (MJ)
1	0,51
2	1,43
Rata-rata	0,97

Perhitungan energi pada pembuatan gula kelapa kristal perlu dilakukan agar dapat diketahui efisiensi penggunaan energi dan menentukan solusi penghematan energi. Salah satu perhitungan yang penting dilakukan adalah konsumsi energi pada pembuatan gula kelapa kristal. Perhitungan konsumsi energi pada pembuatan gula kelapa kristal di Koperasi Semedo Manise dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Penggunaan energi pada proses produksi gula kelapa kristal

Proses	Massa (kg)	Energi Manusia (MJ)	Energi Listrik (MJ)	Energi Biomassa (MJ)	Energi Gas (MJ)	Total Energi (MJ)	Persentase (%)
Penyadapan	43,54	2,49	—	—	—	2,49	0,23
Penyaringan dan Pemasakan	43,54	2,96	—	444,57	—	447,53	41,67
Pengentalan	6,54	0,35	—	—	—	0,35	0,03
Pengkristalan	6,13	0,18	—	—	—	0,18	0,02
Pengayakan di petani	6,09	0,21	—	—	—	0,21	0,02
Pengayakan di gudang	194,58	0,32	0,38	—	—	0,70	0,07
Pengovenan	360,00	6,41	—	—	613,13	619,54	57,69
Penyortiran	242,70	1,96	—	—	—	1,96	0,18
Pengemasan	241,80	0,97	—	—	—	0,97	0,09
Total		15,85	0,38	444,57	613,13	1.073,93	
%		1,48	0,04	41,40	57,09	100	

Penggunaan energi total pada proses produksi gula kelapa kristal adalah 1.073,93 MJ atau sebesar 12,18 MJ/kg, sedangkan penggunaan energi untuk setiap tahapan proses yaitu penyadapan 2,49 MJ atau 0,057 MJ/kg, penyaringan dan pemasakan 447,53 MJ atau 10,27 MJ/kg, pengentalan 0,35 MJ atau 0,053 MJ/kg, pengkristalan 0,18 MJ atau 0,029 MJ/kg, pengayakan di petani 0,21 MJ atau 0,034 MJ/kg, pengayakan gudang 0,70 MJ atau  $3,60 \times 10^{-3}$  MJ/kg, pengovenan 619,54 MJ atau 1,72 MJ/kg, penyortiran 1,96 MJ atau  $8,08 \times 10^{-3}$  MJ/kg, pengemasan 0,97 MJ atau  $4,01 \times 10^{-3}$  MJ/kg.

Tahapan kegiatan proses produksi gula kelapa kristal yang membutuhkan konsumsi energi terbesar yaitu tahapan pengovenan dengan total energi sebesar 619,54 MJ atau sebesar 57,69% dari total masukan energi untuk proses produksi gula kelapa kristal. Adapun tahapan proses produksi gula kelapa kristal yang membutuhkan konsumsi energi terkecil yaitu proses pengkristalan dengan total energi sebesar 0,18 MJ atau sebesar 0,02% dari total masukan energi

untuk proses produksi gula kelapa kristal. Kebutuhan energi pada proses produksi gula kelapa kristal berdasarkan bentuk energinya dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Penggunaan energi berdasarkan bentuk energi

Bentuk Energi	MJ/kg	Persentase (%)
Manusia	0,27	2,22
Listrik	0,002	0,016
Biomassa	10,21	83,80
Gas	1,70	13,96
Total	12,18	100,00

Kebutuhan energi pada setiap proses produksi gula kelapa kristal di Koperasi Semedo Manise dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Energi manusia

Energi manusia terdapat pada semua tahap produksi gula kelapa kristal, yaitu dari tahap awal penyadapan hingga tahap terakhir pengemasan. Total konsumsi energi manusia pada proses produksi gula kelapa kristal di Koperasi Semedo Manise yaitu sebesar 15,85 MJ atau sebesar 0,27 MJ/kg (Tabel 15).

Tabel 15. Penggunaan energi manusia pada setiap proses produksi gula kelapa kristal

Proses	Massa (kg)	Energi Manusia (MJ)	Konsumsi Energi (MJ/kg)	Persentase (%)
Penyadapan	43,54	2,49	0,057	20,87
Penyaringan dan Pemasakan	43,54	2,96	0,068	24,80
Pengentalan	6,54	0,35	0,054	19,53
Pengkristalan	6,13	0,18	0,029	10,71
Pengayakan di petani	6,09	0,21	0,034	12,58
Pengayakan di gudang	194,58	0,32	0,002	0,60
Pengovenan	360,00	6,41	0,018	6,50
Penyortiran	242,70	1,96	0,008	2,95
Pengemasan	241,80	0,97	0,004	1,46
Total		15,85	0,27	100

Nilai penggunaan energi manusia terbesar pada proses produksi gula kelapa kristal terdapat pada proses penyaringan dan pemasakan yaitu dengan konsumsi energi manusia sebesar 0,068 MJ/kg atau sebesar 24,80% dari total penggunaan energi manusia pada proses produksi gula kelapa kristal. Adapun nilai penggunaan energi manusia terkecil terdapat pada tahapan proses pengayakan yang dilaksanakan di gudang dengan konsumsi energi manusia sebesar 0,002 MJ/kg atau 0,60% dari total penggunaan energi manusia pada proses produksi gula kelapa kristal.

2. Energi Listrik

Gudang pengolahan gula kelapa kristal menggunakan energi listrik dalam proses pengayakan sebagai penggerak mesin produksi. Data penggunaan energi listrik pada proses produksi gula kelapa kristal ditunjukkan pada Tabel 16.

Tabel 16. Penggunaan energi listrik pada proses produksi gula kelapa kristal

Proses	Energi Listrik (MJ)	Konsumsi Energi (MJ/kg)
Pengayakan di gudang	0,38	0,002
Total	0,38	0,002

Total konsumsi energi listrik pada proses produksi gula kelapa kristal sebesar 0,002 MJ/kg atau sebesar 0,016% dari total konsumsi energi pada proses produksi gula kelapa

kristal. Penggunaan energi listrik hanya terdapat pada proses pengayakan di gudang dengan total konsumsi 0,002 MJ/kg atau 100% dari total konsumsi energi listrik pada seluruh proses produksi gula kelapa kristal. Daya yang terpasang pada mesin pengayakan sebesar 750 watt dan daya yang terukur sebesar 415,5 watt yang digunakan selama 0,26 jam atau 924 sekon untuk mengayak gula kelapa kristal sebanyak 194,58 kg.

3. Energi Biomassa

Penggunaan energi bahan bakar biomassa dalam proses produksi gula kelapa kristal hanya terdapat pada proses penyaringan dan pemasakan yang menggunakan bahan bakar biomassa berupa kayu. Data penggunaan energi bahan bakar biomassa pada proses produksi gula kelapa kristal ditunjukkan pada Tabel 17.

Tabel 17. Penggunaan energi biomassa pada setiap proses produksi gula kelapa kristal

Proses	Energi Biomassa (MJ)	Konsumsi Energi (MJ/kg)
Penyaringan dan Pemasakan	444,57	10,21
Total	444,57	10,21

Total konsumsi energi yang berasal dari bahan bakar biomassa yaitu sebesar 10,21 MJ/kg atau sebesar 83,80% dari total kebutuhan energi pada proses produksi gula kelapa kristal. Penggunaan energi bahan bakar biomassa pada proses penyaringan dan pemasakan membutuhkan energi yang besar karena proses ini membutuhkan waktu yang cukup lama yaitu 4,05 jam untuk produksi gula kelapa kristal sebanyak 43,54 kg. Kayu bakar yang merupakan bahan bakar biomassa digunakan terus menerus pada saat proses penyaringan dan pemasakan untuk menjaga suhu tetap konstan yang berpengaruh terhadap kualitas akhir gula kelapa kristal yang diproduksi.

4. Energi Gas

Penggunaan energi gas dalam proses produksi gula kelapa kristal hanya terdapat pada proses pengovenan. Data penggunaan energi gas pada proses produksi gula kelapa kristal ditunjukkan pada Tabel 18.

Tabel 18. Penggunaan energi gas pada proses produksi gula kelapa kristal

Proses	Energi Gas (MJ)	Konsumsi Energi (MJ/kg)
Pengovenan	613,13	1,70
Total	613,13	1,70

Nilai efisiensi riil dapat diperoleh dari perbandingan jumlah energi yang digunakan (*output*) dengan jumlah energi *input*. Manusia menerima asupan kalori minimal untuk memenuhi kebutuhan energinya sebesar 2000 kkal setiap harinya. *Input* energi diperoleh dengan mengonversikan 2000 kkal menjadi MJ dengan rumus  $2000 \times 4,186 \times 10^{-3}$ . Hasil yang diperoleh yaitu 8,37 MJ.  $4,186 \times 10^{-3}$  adalah faktor konversi kalori menjadi MJ (Putri *et al.*, 2019). *Output* konsumsi energi manusia diperoleh dari menjumlahkan total konsumsi energi manusia dari awal sampai akhir tahap pembuatan gula kelapa kristal. *Input* energi listrik adalah kebutuhan energi yang dibutuhkan oleh mesin untuk menggerakkan mesin, *input* energi listrik ini biasanya tertera pada spesifikasi mesin. *Output* energi listrik adalah daya terukur pada mesin yang dioperasikan menggunakan energi listrik dan diperoleh dari pengukuran daya listrik dengan alat yang dinamakan *wattmeter*. *Input* energi biomassa merupakan energi biomassa yang dipakai pada pembuatan gula kelapa kristal. *Output* energi biomassa diperoleh dari total kebutuhan energi pemasakan pada proses yang membutuhkan energi biomassa, kalor yang dibutuhkan untuk menguapkan air, dan kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan alat yang berupa wajan. *Input* energi gas dihitung dengan menimbang kebutuhan gas pada pembuatan gula kelapa kristal. *Output* energi gas diperoleh dari total kebutuhan energi pengovenan karena gas digunakan pada proses pengovenan, kalor yang dibutuhkan untuk menguapkan air, dan kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan alat yang berupa oven. Perhitungan efisiensi pada pembuatan gula kelapa kristal dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 19. Efisiensi energi pada proses produksi gula kelapa kristal

No	Bentuk Energi	Output (MJ)	Input (MJ)	Efisiensi (%)
1	Manusia	15,85	175,77	9,02
2	Listrik	0,38	0,69	55,07
3	Biomassa	98,02	444,57	22,05
4	Gas	252,67	613,13	41,21

Berdasarkan data pada Tabel 24, energi listrik merupakan energi dengan tingkat efisiensi terendah yaitu sebesar 55,07%, diikuti oleh efisiensi energi gas sebesar 41,21%, serta efisiensi energi biomassa sebesar 22,05%. Adapun tingkat efisiensi energi manusia pada proses produksi gula kelapa kristal paling rendah yaitu sebesar 9,02%. Efisiensi energi manusia paling rendah dikarenakan perbedaan keterampilan pekerja sehingga kinerja kurang maksimal. Selain itu, kurangnya kerjasama antar pekerja dan profesionalitas kerja pada proses produksi gula kelapa kristal juga berpengaruh terhadap hasil efisiensi energi manusia.

Berdasarkan data perhitungan konsumsi energi pada proses produksi gula kelapa kristal di Koperasi Semedo Manise, usaha penghematan energi mungkin dilakukan terhadap energi yang digunakan yaitu berupa energi manusia, energi listrik, energi bahan bakar biomassa, serta energi gas. Konsumsi energi paling besar pada proses produksi gula kelapa kristal yaitu energi gas.

Peluang penghematan energi gas dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya, mengecek kebocoran pada tabung gas yang digunakan, rutin dilakukan pengecekan berkala terhadap alat/mesin yang menggunakan energi gas, menyalakan alat/mesin hanya saat akan digunakan dan dimatikan kembali saat selesai digunakan, membersihkan alat/mesin yang berhubungan langsung dengan gas sehingga dapat menjaga nyala api karena semakin konstan nyala api, efisiensi energi gas juga semakin tinggi. Selain energi gas, energi bahan bakar biomassa juga menjadi bentuk energi dengan penggunaan tertinggi ke dua. Energi bahan bakar biomassa hanya digunakan pada proses penyaringan dan pemasakan tetapi konsumsi energinya cukup besar. Penghematan konsumsi energi bahan bakar biomassa dapat dilakukan dengan mengoptimalkan kapasitas tungku dan tidak menggunakan bahan bakar yang melebihi kapasitas tungku, selalu menjaga kebersihan tungku dan membuang sisa-sisa pembakaran sebelumnya, dan menjaga suhu ruang pemasakan. Selain itu penghematan konsumsi energi bahan bakar biomassa juga dapat dilakukan dengan menggunakan kayu bakar kering dengan kandungan air yang rendah. Kandungan air pada kayu bakar berpengaruh terhadap banyaknya konsumsi bahan bakar biomassa dan berpengaruh terhadap tingkat efisiensi energi.

Peluang penghematan energi juga dilakukan pada penggunaan energi listrik dan energi manusia. Peluang penghematan energi listrik dapat dilakukan dengan cara menghidupkan mesin hanya pada saat gula kelapa kristal sudah siap diproses dan segera mematikannya setelah selesai digunakan, serta rutin membersihkan mesin yang menggunakan energi listrik sehingga mesin selalu bersih dan dapat bekerja dengan optimal. Peluang penghematan energi manusia dapat dilakukan dengan cara meningkatkan profesionalitas di tempat kerja dengan fokus terhadap pekerjaan dan tidak banyak mengobrol dengan rekan kerja. Selain itu, peluang penghematan energi manusia juga dapat dilakukan dengan mengadakan *training* kepada pekerja sehingga dapat meningkatkan keterampilan kerja, serta memperketat SOP (*Standard Operating Procedure*) sehingga kinerja para pekerja dapat lebih maksimal dan profesional.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut kesimpulan yang dapat ditarik yaitu kebutuhan energi total dalam proses produksi gula kelapa kristal adalah sebesar 1.073,93 MJ dengan rincian yaitu pada proses penyadapan 2,49 MJ, penyaringan dan pemasakan 447,53 MJ, pengentalan 0,35 MJ, pengkristalan 0,18 MJ, pengayakan di petani 0,21 MJ, pengayakan gudang 0,70 MJ, pengovenan 619,54 MJ, penyortiran 1,96 MJ, pengemasan 0,97 MJ. Kebutuhan energi berdasarkan bentuk energinya yaitu energi manusia sebesar 15,85 MJ,

energi listrik 0,38 MJ, energi biomassa 444,57 MJ, dan energi gas 613,13 MJ. Energi listrik merupakan energi dengan tingkat efisiensi tertinggi yaitu 55,07%, diikuti oleh efisiensi energi gas sebesar 41,21%, energi biomassa sebesar 22,05%, serta efisiensi energi manusia sebesar 9,02%. Konsumsi energi terbesar pada proses produksi gula kelapa kristal yaitu pada tahapan pengovenan dengan total energi sebesar 619,54 MJ atau 57,69% dari total masukan energi untuk proses produksi gula kelapa kristal. Upaya penghematan energi pada proses produksi gula kelapa kristal dapat dilakukan dengan cara menggunakan alat/mesin secara dan mematakannya setelah selesai digunakan. Hal ini dapat menghemat penggunaan energi gas dan energi listrik. Upaya penghematan penggunaan energi bahan bakar biomassa dengan mengoptimalkan kapasitas tungku. Upaya penghematan energi manusia dapat dilakukan dengan melakukan *training* pegawai sehingga keterampilan dan profesionalitas kerja dapat ditingkatkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahsan, A., Mela, E., Widjonarko, G., & Sitoresmi, I. 2019. Produk Nira Kelapa Untuk Pengembangan Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah di Kabupaten Banyumas. *Jurnal Agrin*, 23(2): 85-102.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Banyumas. 2020. *Kabupaten Banyumas dalam Angka Tahun 2020*. Banyumas: Badan Pusat Statistik.
- Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Banyumas. 2017. *Eksportir Gula Kelapa Terbesar dan Harga Jual Gula Kelapa Kristal Organik di Kabupaten Banyumas Tahun 2017*. Banyumas: Dinas Perindustrian dan Perdagangan.
- Falah, D. 2021. Analisis Audit Energi Listrik pada PT. PLN (Persero) Unit Layanan PLTA Bilibili Kab. Gowa. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, 21 September, Makassar. 142-146.
- Ma'rufah, L. A. 2021. Pemberdayaan Petani Kelapa Melalui Pola Kemitraan di PT Bangkit Daya Kreasindo Desa Semedo Kecamatan Pekuncen Kabupaten Banyumas. *Skripsi*. Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam, UIN Prof. KH. Saifuddin Zuhri, Purwokerto.
- Pardi, I., Yudiana, I., & Miskawi. 2019. Pelatihan dan Pendampingan Pembuatan Gula Semut di Desa Patoman, Kecamatan Blimbingsari, Kabupaten Banyuwangi. *Aksiologi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1): 84-93.
- Putri, R. E., Fadhilah, R., Cherie, D. 2019. Studi Perbandingan Konsumsi Energi pada Proses Penanaman Padi Manual dan *Rice Transplanter*. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 23(2): 125-135.
- Shintawaty, L., Ahmad, H., & Gunawan, H. 2022. Audit Energi Listrik pada Sistem Kelistrikan. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 10(2): 144-151.