

ANALISIS PERBANDINGAN KONSUMSI ENERGI DAN KEBUTUHAN ENERGI PADA PENYANGRAIAN BIJI KAKAO DENGAN SKALA BERBEDA

*(Comparative Analysis of Energy Consumption and Energy Requirements
in Cocoa Bean Roasting at Different Scale)*

Sang Norma Lintang Asmara¹, Cikha Ananda Prasetyaningtyas¹, Anjar Ruspita Sari¹,
Galih Kusuma Aji¹, Budi Ariyani Hermawati²

¹Departemen Teknologi Hayati dan Veteriner, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada

²Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada

Email: snlasmara@ugm.ac.id

ABSTRAK

Proses penyangraian biji kakao pada skala laboratorium umumnya menggunakan roaster sederhana dengan bahan bakar LPG dan proses pembalikan biji secara manual. Hal ini menyebabkan kualitas pada biji hasil penyangraian tidak seragam pada tiap batch produksi. Berbeda dengan skala ganda, mesin penyangraian biji kakao sudah menggunakan bahan bakar listrik dan teknologi yang lebih canggih, sehingga dapat lebih mudah menjaga kualitas produk. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan energi dari perbedaan kedua kondisi penyangraian tersebut untuk mengoptimalkan proses produksi cokelat dengan skala yang sesuai. Metode penelitian yang dilakukan adalah melakukan dan mengamati proses penyangraian selama 60 menit. Parameter yang diamati meliputi kadar air, massa biji, dan suhu proses pada kedua skala. Selain itu diamati pula massa LPG yang terpakai untuk skala laboratorium dan daya listrik yang terpakai pada skala pilot. Hasil perhitungan konsumsi energi pada skala laboratorium adalah 5.277,295 kJ/kg dengan total biaya sebesar Rp. 8.437,5/kg. Sedangkan proses penyangraian skala pilot menggunakan listrik memerlukan energi sebesar 1.260 kJ/kg. Biaya listrik yang dikeluarkan jika menggunakan biaya dasar listrik tegangan rendah sebesar Rp1.699,53 per kWh, sehingga biaya listrik yang dikeluarkan kurang lebih sebesar Rp2.141,41/kg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan mesin sangrai dalam skala pilot lebih murah bila dilakukan produksi massal.

Kata kunci— Biji kakao; Kebutuhan energi; Konsumsi energi; Skala ganda

ABSTRACT

The process of roasting cocoa beans on a laboratory scale generally uses a simple roaster with LPG fuel and a manual turning process for the beans. This causes the quality of the roasted beans to not be uniform in each production batch. In contrast to the double scale, the cocoa bean roasting machine uses electricity and more sophisticated technology, so it can be easier to maintain product quality. This research aims to analyze the energy requirements of the differences between the two roasting conditions to optimize the chocolate production process at an appropriate scale. The research method used was to carry out and observe the roasting process for 60 minutes. The parameters observed included water content, seed mass, and processing temperature on both scales. Apart from that, the mass of LPG used on the laboratory scale and the electrical power used on the pilot scale were also observed. The calculation results for energy consumption on a laboratory scale are 5,277.295 kJ/kg with a total cost of Rp. 8,437.5/kg. Meanwhile, the pilot scale roasting process using electricity requires energy of 1,260 kJ/kg. The electricity costs incurred if you use the basic low voltage electricity costs are IDR 1,699.53 per kWh, so the electricity costs incurred are approximately IDR 2,141.41/kg. The research results show that using a roasting machine on a pilot scale is cheaper if mass production is carried out.

Keywords— Cocoa beans; Energy requirements; Energy consumption; Scale up

PENDAHULUAN

Proses pengolahan biji kakao untuk mendapatkan produk utama umumnya melalui beberapa tahapan yakni, penyangraian/pemanggangan (*roasting*), pelepasan kulit biji kakao (*winning/crushing*), pencampuran (*mixing*), *refining* dan *conching*, *tempering*, serta pencetakan (*moulding*)

(Adabe & Ngo-Samnack, 2014). Proses penyangraian sangat penting karena dapat menentukan aroma dan rasa, mengubah komposisi kimia biji secara signifikan oleh reaksi kimia yang diinduksi dari energi panas (Rojas et al., 2022). Proses penyangraian merupakan tahapan di mana rasa dan aroma biji terbentuk. Jika biji memiliki keseragaman dalam hal ukuran, berat jenis, tekstur, kadar air, dan komposisi kimianya, maka pengendalian proses penyangraian akan lebih mudah. Namun, pada kenyataannya, jenis biji seringkali bervariasi secara signifikan, sehingga proses penyangraian menjadi suatu seni yang memerlukan keterampilan dan pengalaman, sesuai dengan preferensi konsumen (Saloko et al., 2019). Perubahan aroma dan rasa terbentuk dari senyawa volatil yang terkandung didalam biji kakao.

Selain itu, proses penyangraian juga memiliki peran untuk merubah tekstur biji menjadi lebih lunak untuk mempermudah proses pengolahan selanjutnya (Kongor et al., 2016). Proses produksi pada tahap penyangraian yang dilakukan pada skala laboratorium di Ruang Pengolahan Kakao, Laboratorium Departemen Teknologi Hayati dan Veteriner memiliki beberapa kelemahan dalam pengaturan suhu dan pengukuran suhu aktual operasi alat masih dilakukan secara manual. Alat roaster yang digunakan pada skala laboratorium masih sangat sederhana dengan bahan bakar gas LPG dan tanpa adanya *exhaust*. Sedangkan, tahap penyangraian yang dilakukan di Field Research Center UGM menggunakan alat yang cukup canggih, dapat mendeteksi suhu produk secara real-time dan memiliki pengaturan kondisi *exhaust* terbuka atau tertutup. *exhaust* ini dapat mempengaruhi tingkat keasaman pada biji kakao yang diinginkan. Selain itu, perbedaan umum antara skala laboratorium dengan skala *mini plant* adalah pada kapasitas alat yang digunakan.

Kapasitas alat yang digunakan memungkinkan penggandaan skala yaitu penggunaan skala ganda yang merupakan salah satu cara untuk meningkatkan jumlah produksi tanpa mengesampingkan faktor biaya lainnya, seperti biaya energi. Penggandaan skala adalah salah satu tahapan dalam mengembangkan suatu produk. Dalam penggandaan skala (*scale up*) akan terjadi peningkatan jumlah produksi semula dalam skala kecil atau laboratorium menjadi skala yang lebih besar. Strategi peningkatan skala merupakan hal terpenting untuk mencapai produksi skala besar yang optimal (Chaudhari et al., 2022). Formulasi yang tepat akan mempengaruhi hasil produk yang dikembangkan dengan skala besar. Perlu diperhatikan bahwa *scale up* memungkinkan adanya proses yang sama, namun kinerja dari alat yang digunakan akan berbeda. Berangkat dari kondisi tersebut, penelitian dilakukan menggunakan dua skala produksi. Tujuan lain dari adanya *scale up* produksi tentu untuk mempertahankan kualitas produk yang identik atau sesuai (Sitompul et al., 2013).

Analisis energi penyangraian bertujuan untuk mengetahui lebih lanjut pemakaian energi pada suatu proses untuk dapat dihasilkan konsumsi energi yang tepat (Hakim et al., 2020). Secara segi ekonomis, perbedaan kondisi penyangraian tersebut akan mempengaruhi energi yang dibutuhkan dan konsumsi energi yang dihasilkan. Kebutuhan energi dapat terjadi secara tidak terduga dan selalu berubah sehingga diperlukan perencanaan untuk memproyeksikan pertumbuhan beban dan alokasi daya yang sesuai dengan fluktuasi kebutuhan energi tersebut (Fadillah et al., 2015). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kebutuhan energi dari perbedaan kedua kondisi penyangraian tersebut untuk mengoptimalkan proses produksi cokelat dengan skala yang sesuai. Proses produksi cokelat yang optimal baik dari segi kualitas produk dan biaya produksi yang minimum diharapkan dapat mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan di bidang industri, inovasi, dan infrastruktur.

Penambahan nilai dan konversi tanaman pangan menjadi berbagai produk siap konsumsi biasanya melibatkan operasi yang membutuhkan banyak energi. Pemahaman terhadap pola konsumsi energi dalam industri tersebut sangat penting untuk perencanaan dan operasi yang efektif. Studi konsumsi energi dalam pengolahan pertanian telah menarik perhatian penelitian yang serius selama beberapa waktu karena upaya yang gigih terus dilakukan untuk menghemat sumber daya energi dunia yang langka dan mengurangi biaya produksi. Namun, hanya sedikit industri di hulu rantai pasokan makanan yang memiliki data konsumsi energi untuk operasi mereka. Konsumsi energi langsung dalam semua operasi unit dalam pengolahan biji kakao. Semua perusahaan bergantung pada energi yang diperoleh dari jaringan nasional dan diesel. Untuk setiap operasi unit, data energi yang mencakup konsumsi listrik, konsumsi bahan bakar, nilai kalor bahan bakar, jumlah bahan baku yang digunakan, durasi operasi unit, dan kebutuhan tenaga kerja ditentukan. Data tersebut disesuaikan dengan persamaan yang ada untuk menjelaskan konsumsi energi dalam operasi manufaktur. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan energi dari perbedaan kedua kondisi penyangraian tersebut untuk mengoptimalkan proses produksi cokelat dengan skala yang sesuai dengan kebutuhan.

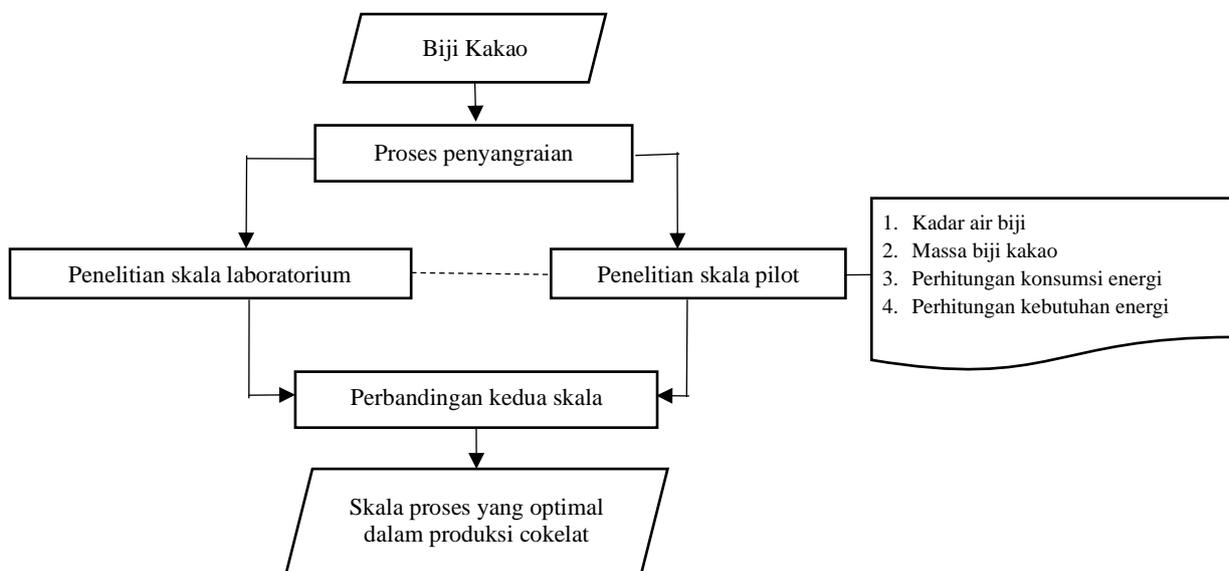
METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan pada bulan Mei - Juli 2023. Penelitian dilaksanakan dengan dua tahap, yakni tahap pertama yang dilakukan pada skala laboratorium di Ruang Pengolahan Kakao, Laboratorium Departemen Teknologi Hayati dan Veteriner, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada dan tahap kedua yang dilakukan pada skala *mini plant* di Field Research Center UGM, Kabupaten Kulonprogo.

B. Metode Penelitian

Biji kakao yang sudah siap untuk di penyangraian ditimbang sebanyak 4 kg untuk skala laboratorium dan 10 kg untuk skala pilot. Pada proses penyangraian dilakukan selama 60 menit dengan suhu yang dipertahankan pada skala laboratorium adalah 120°C dan 125°C pada skala pilot. Perbedaan batas maksimal suhu ini dikarenakan pada skala laboratorium pengukuran suhu masih dilakukan secara manual dengan termometer setiap 5 menit, sedangkan pada skala pilot mesin penyangrai sudah dilengkapi dengan sensor suhu dan terpantau pada layar panel. Batas maksimal suhu skala laboratorium lebih kecil untuk agar mempertahankan kondisi biji kakao tidak gosong. Penelitian dan pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali dengan parameter yang diukur adalah massa awal dan akhir (kg), massa gas LPG yang terpakai (kg) (skala laboratorium), dan besar energi listrik yang terpakai (kWh) (skala pilot). Data penelitian kemudian diproses dengan rumus perhitungan energi dan konsumsi energi., lalu dibandingkan besaran nilainya untuk mengetahui skala proses dengan nilai terbaik. Data pengukuran kadar air pada kedua skala dan lama waktu penyangraian setiap 15 menit dilakukan pengujian *Two Way ANOVA* dengan tingkat kepercayaan 0,95 dan analisis statistik yang menguji perbedaan rerata antar grup. Kemudian, dilanjutkan dengan uji Duncan untuk mengetahui lebih lanjut pengaruh skala proses dengan lama waktu terhadap kadar air biji kakao serta menunjukkan perbedaan pengaruh antar perlakuan. Alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

C. Pengujian dan Pengamatan

1. Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan menggunakan *Grain Moisture Meter LDS-01* yang diisi penuh dengan biji kakao yang sudah melalui tahap penyangraian dengan kondisi biji bersuhu ruang hingga maksimal 40°C.

2. Massa Biji

Pengukuran massa biji dilakukan untuk mengetahui penurunan berat bahan setelah proses penyangraian berakhir dan memudahkan perhitungan energi. Pengukuran dilakukan dengan penimbangan menggunakan timbangan digital.

3. Perhitungan Kebutuhan Energi Penyangraian

Perhitungan energi bertujuan untuk mengetahui estimasi rasio pemakaian energi dan besaran energi yang digunakan dalam suatu proses. Proses penyangraian memerlukan energi yang bersumber dari panas aliran listrik. Persamaan-persamaan yang digunakan untuk menghitung energi penyangraian dari berbagai literatur adalah sebagai berikut (Husna et al., 2017; Putra & Novrinaldi, 2019; Suhelmi et al., 2022):

a. Perhitungan energi panas untuk memanaskan biji kakao

$$Q_k = m_k C_k (T_1 - T_2) \quad (1)$$

Keterangan:

Q_k : energi panas yang dibutuhkan untuk memanaskan biji kakao (J)

m_k : massa biji kakao (kg)

C_k : panas jenis kakao yang dikeringkan (J/kg °C)

T_1 : suhu awal biji kakao (°C)

T_2 : suhu akhir biji kakao (°C)

b. Perhitungan energi panas untuk menguapkan kandungan air biji kakao

$$Q_a = m_a \lambda_a \quad (2)$$

Keterangan:

Q_a : energi panas yang dibutuhkan untuk menguapkan air (J)

m_a : massa air yang diuapkan dalam bahan (kg)

λ_a : panas laten penguapan air (J/kg)

c. Perhitungan energi total *roasting*

$$Q_t = Q_k + Q_a \quad (3)$$

Keterangan:

Q_t : total energi panas yang dibutuhkan (J)

Q_k : energi panas yang dibutuhkan untuk memanaskan biji kakao (J)

Q_a : energi panas yang dibutuhkan untuk menguapkan air (J)

4. Perhitungan Konsumsi Energi Penyangraian

Perhitungan konsumsi energi pada proses *penyangraian* mengacu pada persamaan berikut (Firmanto et al., 2016):

$$P = I \times V \quad (4)$$

Keterangan:

P = konsumsi energi (Watt)

I = daya listrik (Ampere)

V = tegangan (Volt)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kadar Air dengan Perbedaan Skala dan Waktu Penyangraian

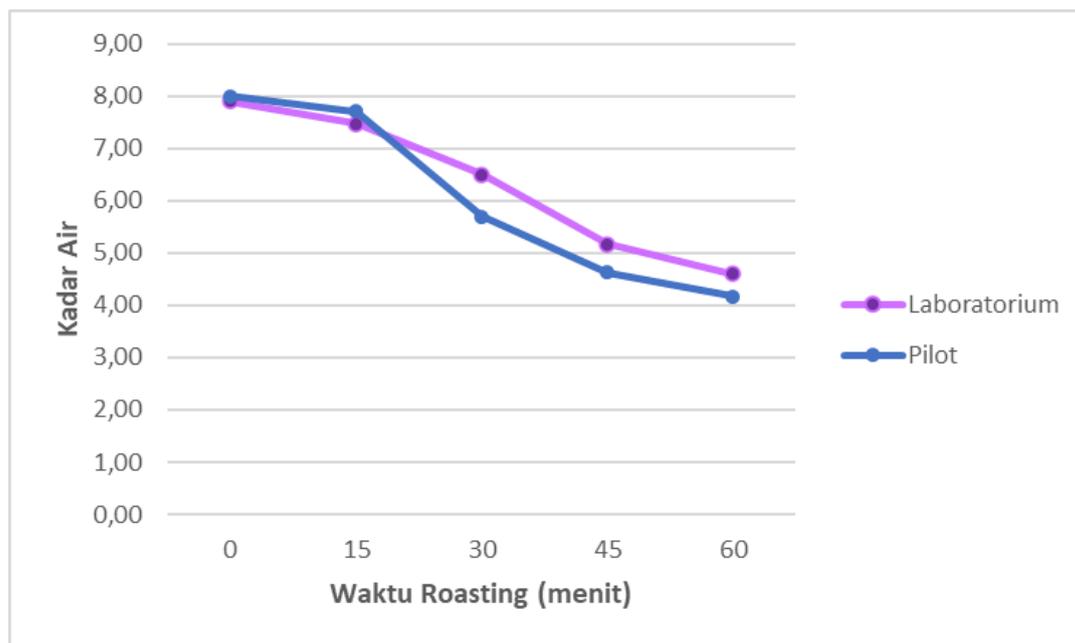
Kadar air biji kakao selama proses penyangraian ditampilkan pada Gambar 2. Kadar air awal ditunjukkan pada waktu ke-0 yang menunjukkan bahwa tingkat kadar air berada pada titik 8%. Kondisi ini terus mengalami penurunan seiring berjalannya waktu proses penyangraian yaitu selama 60 menit. Perbedaan kadar ini dapat disebabkan karena energi panas yang tersebar pada biji kakao di skala laboratorium kurang merata. Hal tersebut dapat terjadi karena suhu dan waktu penyangraian berpengaruh terhadap kadar air biji kakao (Wijanarti, et al., 2018). Selain itu, kadar air juga mempengaruhi kapasitas panas biji kakao, semakin tinggi kadar air pada biji maka nilai kapasitas panas biji kakao akan meningkat (Mardjan et al., 2022). Hasil penelitian menunjukkan kadar air pada skala pilot yang semula tinggi pada menit penyangraian 0-15 menit menjadi lebih rendah pada menit selanjutnya hingga penyangraian berakhir (disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 2). Analisis *Two Way*

ANOVA menunjukkan hasil signifikansi kurang dari 0,05 dan terjadi interaksi yang nyata antara skala proses dengan lama waktu penyangraian, serta untuk uji lanjut Duncan menunjukkan adanya perbedaan pengaruh antara kedua perlakuan.

Tabel 1. Pengaruh Waktu dan Skala Proses terhadap Kadar Air Biji Kakao

Skala Proses	Kadar Air (%)				
	0 menit	15 menit	30 menit	45 menit	60 menit
Laboratorium	7,90 _{ab}	7,46 _c	6,50 _d	5,16 _f	4,60 _g
Pilot	8,00 _a	7,70 _b	5,70 _e	4,63 _g	4,16 _h

Keterangan: Angka yang diikuti dengan simbol abjad sama tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 0,95.



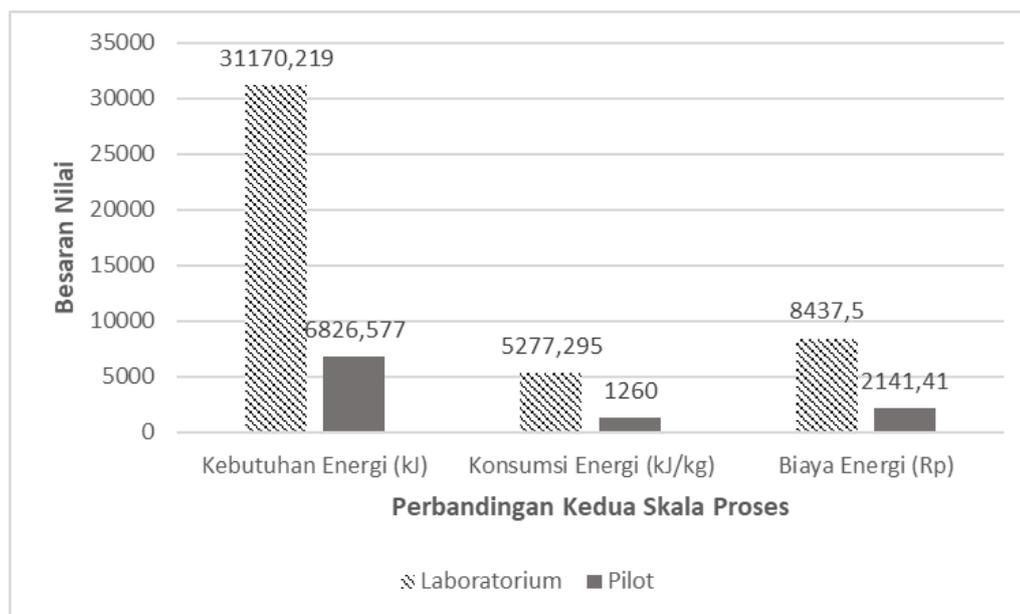
Gambar 2. Grafik Perbandingan Kadar Air Biji Kakao

Tabel 1 menampilkan pengaruh waktu dan skala proses terhadap kadar air biji kakao. Terdapat beberapa waktu yang berbeda, yaitu 0, 15, 30, 45, dan 60 menit. Kadar air biji kakao diukur dalam persen. Berdasarkan tabel tersebut, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan dalam kadar air biji kakao antara skala laboratorium dan skala pilot pada beberapa waktu tertentu. Pada tingkat kepercayaan 95% terdapat perbedaan signifikan dalam kadar air biji kakao. Hal ini sesuai dengan penelitian serupa, bahwa waktu dan skala proses memiliki pengaruh yang signifikan pada kadar air biji kakao, dengan perbedaan-perbedaan yang tampak antara dua skala proses tersebut (Wijanarti et al., 2018).

B. Kebutuhan Energi Penyangraian

Perhitungan energi pada penggandaan skala ini dilakukan untuk mengetahui perubahan karakteristik pada biji kakao yang telah dilakukan penyangraian. Penelitian skala laboratorium menggunakan kapasitas bahan baku sebesar 4 kg, sedangkan untuk skala pilot menggunakan kapasitas bahan sebesar 10 kg. Sehingga didapatkan perbandingan kapasitas bahan sebesar 1:2,5. Perbandingan hasil perhitungan ditampilkan pada Gambar 3.

Penelitian yang telah dilakukan berdasarkan perhitungan skala laboratorium didapatkan sebesar 31.170,219 kJ. Sedangkan energi penyangraian pada skala pilot hanya sebesar 6.826,577 kJ dengan suhu dan waktu yang sama yakni $\pm 125^{\circ}\text{C}$ dan 60 menit. Besar kapasitas pada alat yang digunakan menyebabkan perbedaan kebutuhan energi. Semakin besar kapasitas dan banyaknya bahan yang diproses, maka kebutuhan energi cenderung lebih rendah (Bermúdez et al., 2015). Pada skala pilot, energi yang dibutuhkan untuk proses penyangraian adalah sebesar 6.826,577 kJ, dan proses ini dilakukan pada suhu dan waktu yang sama, yaitu sekitar $\pm 125^{\circ}\text{C}$ selama 60 menit.



Gambar 3. Perbandingan Kebutuhan, Konsumsi, dan Biaya Energi Proses Penyangraian Biji Kakao

Perbedaan dalam kebutuhan energi antara skala laboratorium dan pilot dapat dijelaskan oleh kapasitas peralatan yang digunakan. Kapasitas mesin merupakan ukuran dari kemampuan proses produksi dalam mengubah sumber daya yang dimiliki menjadi satu produk. Semakin besar kapasitas dan semakin banyak bahan yang diproses, maka kebutuhan energi cenderung lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa skala pilot memiliki peralatan yang lebih besar dan mampu memproses lebih banyak biji kakao sekaligus, sehingga secara relatif lebih efisien dalam penggunaan energi. Peralatan yang lebih besar memungkinkan distribusi panas yang lebih merata dan lebih efektif yang akhirnya mengurangi kebutuhan total energi yang diperlukan untuk proses penyangraian. Dengan kata lain, semakin besar kapasitas peralatan, semakin efisien proses penyangraian dari segi energi.

C. Konsumsi Energi Penyangraian

Proses penyangraian biji kakao pada skala laboratorium dilakukan selama 60 menit menggunakan gas LPG. Sedangkan, proses penyangraian pada skala pilot menggunakan listrik selama 60 menit membutuhkan energi konsumsi total yang lebih rendah. Perbedaan konsumsi energi antara skala pilot dan skala laboratorium dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti perbedaan dalam desain peralatan, efisiensi operasional, dan penggunaan bahan baku yang berbeda. Pelaku usaha dapat mempertimbangkan peningkatan skala produksi untuk merencanakan penghematan konsumsi energi. Biaya listrik yang dikeluarkan pada skala pilot jika menggunakan biaya tarif dasar listrik tegangan rendah sebesar Rp 1.699,53 per kWh, maka biaya listrik yang dikeluarkan kurang lebih sebesar Rp2.141,41/kg lebih rendah dibandingkan dengan skala laboratorium yang memerlukan gas LPG sebanyak 0,45 kg dengan biaya yang lebih tinggi. Perbedaan biaya energi antara skala pilot dan skala laboratorium juga merupakan faktor penting bagi pelaku usaha. Dengan konsumsi energi yang lebih rendah pada skala pilot, biaya produksi cenderung lebih murah, karena biaya bahan bakar atau listrik yang digunakan dalam proses produksi lebih rendah. Hal ini dapat menjadi pertimbangan penting dalam menentukan kelayakan ekonomi suatu produk atau proses produksi. Apabila biaya yang dikeluarkan tinggi pada skala laboratorium membuat harga produk menjadi tidak kompetitif di pasaran, maka perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan skala produksi agar biaya produksi lebih rendah. Hasil perhitungan konsumsi energi penyangraian biji kakao dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Konsumsi Energi Pengeringan

	Skala Laboratorium	Skala Pilot
Konsumsi Energi	5.277,295 kJ/kg	1.260 kJ/kg
Biaya Pengeluaran	Rp8.437,5	Rp2.141,41

Dalam kasus ini, penggunaan energi listrik pada proses *roasting* biji cokelat sangat menguntungkan bagi pelaku usaha. Hasil penelitian ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Pramana et al. (2021), biaya energi proses pengeringan teripang menunjukkan biaya terendah pada penggunaan listrik dibandingkan dengan LPG.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan analisis kebutuhan energi pada proses penyangraian menggunakan energi listrik pada skala pilot yang berada di *Field Research Center* UGM menghasilkan performa konsumsi dan kebutuhan energi yang lebih baik dibandingkan dengan skala laboratorium. Hal ini sejalan dengan biaya energi yang dikeluarkan lebih rendah pada skala pilot sehingga dapat mengoptimalkan proses produksi. Berdasarkan hasil yang didapatkan pada penelitian ini, skala pilot yang berada di FRC UGM sangat berpotensi untuk dilakukan produksi massal untuk mendapatkan profit yang lebih tinggi dan dapat mendukung proses pembelajaran maupun penelitian lanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan dana penelitian melalui skema Afirmasi Dana Masyarakat dengan nomor kontrak perjanjian 28/UNI.SV/K/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Adabe, K. E., & Ngo-Samnick, E. L. (2014). *Cocoa: Production and Processing*. ISF Cameroun and The Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation.
- Bermúdez, J. M., Beneroso, D., Rey-Raap, N., Arenillas, A., & Menéndez, J. A. (2015). Energy consumption estimation in the scaling-up of microwave heating processes. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 95, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2015.05.001>
- Chaudhari, S. S., Hucche, B., & Bawage, S. B. (2022). A Current Review on Pilot Plant Scale-up Technique. *International Journal of Research Publication and Reviews Journal Homepage: Www.Ijrpr.Com*, 3(1), 593–600. www.ijrpr.com
- Fadillah, M. B., Sukma, D. Y., & Nurhalim. (2015). Analisis Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2015-2024 Wilayah Kota Pekanbaru dengan Metode Gabungan. *Jom FTEKNIK*, 2(2).
- Firmanto, H., Aklimawati, L., & Abdurrizal, B. S. (2016). Performance of Roasted Cocoa Bean Winnower for Smallholder Chocolate Producers. *Edition Pelita Perkebunan*, 32(2), 120–129.
- Hakim, A. R., Handoyo, W. T., & Prasetyo, A. W. (2020). Performa dan Analisis Konsumsi Energi Pengeringan Rumput Laut Menggunakan Energi Gelombang Mikro. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 15(1), 85. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v15i1.639>
- Husna, A., Khathir, R., & Siregar, K. (2017). Karakteristik Pengeringan Bawang Putih (*Allium sativum* L) Menggunakan Pengering Oven. In *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah* (Vol. 2, Issue 1). www.jim.unsyiah.ac.id/JFP
- Kongor, J. E., Hinneh, M., de Walle, D. Van, Afoakwa, E. O., Boeckx, P., & Dewettinck, K. (2016). Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile - A review. In *Food Research International* (Vol. 82, pp. 44–52). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.012>
- Mardjan, S. S., Purwanto, E. H., & Pratama, G. Y. (2022). Pengaruh Suhu Awal Dan Derajat Penyangraian Terhadap Sifat Fisikokimia Dan Citarasa Kopi Arabika Solok. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 10(2), 108–122. <https://doi.org/10.19028/jtep.10.2.108-122>
- Pramana, R., Akhirmansyah, & Irawan, H. (2021). The effectiveness of the electricity and LPG for the sustainability of Sandfishes *Holothuria scabra* drying process on small islands. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 800(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/800/1/012017>
- Putra, S. A., & Novrinaldi. (2019). Analisis Energi Panas Pada Alat Pengeringan Gabah Tipe Swirling Fluidized Bed. *TEKNIK*, 40(2), 84–90. <https://doi.org/10.14710/teknik.v40n2.62602>

- Rojas, M., Hommes, A., Heeres, H. J., & Chejne, F. (2022). Physicochemical Phenomena in the Roasting of Cocoa (*Theobroma cacao* L.). In *Food Engineering Reviews* (Vol. 14, Issue 3, pp. 509–533). Springer. <https://doi.org/10.1007/s12393-021-09301-z>
- Saloko, S., Sulastri, Y., Murad, & Rinjani, M. A. (2019). The effects of temperature and roasting time on the quality of ground Robusta coffee (*Coffea arabica*) using Gene Café roaster. *AIP Conference Proceedings*, 2199. <https://doi.org/10.1063/1.5141310>
- Sitompul, J. P., Lee, H. W., Kim, Y. C., & Chang, M. W. (2013). A scaling-up synthesis from laboratory scale to pilot scale and to near commercial scale for paste-glue production. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 45 B(1), 9–24. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2013.45.1.2>
- Suhelmi, M. F., Anjani, R. D., & Fauji, N. (2022). Perhitungan Efisiensi Pengeringan pada Mesin Pengering Gabah Tipe Flat Bed Dryer di CV. XYZ. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 17(1), 15–20. <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>
- Wijanarti, S., Rahmatika, A. M., & Hardiyanti, R. (2018). Pengaruh Lama Penyangraian Manual Terhadap Karakteristik Kako Bubuk. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan*, 2(2), 212–222.