



Perancangan Sistem *Solar Cell* sebagai Sumber Energi Listrik untuk Mesin Pengering Ikan Asin dan Kerupuk Ikan

Michel Frans Sisco Napitupulu¹, Zaenal Arifin², Hery Irwan³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri Universitas Riau Kepulauan

Jl. Pahlawan No.01, Batam, Kepulauan Riau

E-mail: michaelpitupulu03@gmail.com¹, zaenal@ft.unrika.a.id², hery@ft.unrika.ac.id³

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem *solar cell* sebagai sumber energi listrik alternatif untuk mesin pengering ikan asin dan kerupuk ikan. Penggunaan energi terbarukan ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada listrik konvensional dan menurunkan biaya produksi bagi industri pengolahan ikan skala kecil dan menengah. Metode penelitian meliputi analisis kebutuhan energi, perancangan sistem *solar cell*, integrasi dengan mesin pengering, dan pengujian kinerja sistem. Sistem dirancang menggunakan panel surya polikristalin 300Wp dengan kapasitas total 3kWp, inverter 3000W, dan baterai lithium 200Ah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *solar cell* dapat memenuhi kebutuhan energi mesin pengering dengan kapasitas 50 kg selama 8 jam operasi per hari. Efisiensi pengeringan meningkat sebesar 15% dibandingkan dengan metode konvensional, dengan waktu pengeringan berkurang dari 10 jam menjadi 8 jam. Analisis ekonomi menunjukkan payback period investasi adalah 3,5 tahun dengan proyeksi penghematan biaya energi hingga 70% per tahun. Penelitian ini menyimpulkan bahwa implementasi sistem *solar cell* pada mesin pengering ikan merupakan solusi yang layak dan berkelanjutan untuk industri pengolahan ikan skala kecil dan menengah.

Kata kunci: *solar cell*, mesin pengering, ikan asin, kerupuk ikan, efisiensi energi

ABSTRACT

This research aims to design a solar cell system as an alternative source of electrical energy for drying machines for salted fish and fish crackers. The use of renewable energy is expected to reduce dependence on conventional electricity and reduce production costs for small and medium-scale fish processing industries. Research methods include energy needs analysis, solar cell system design, integration with drying machines, and system performance testing. The system is designed using 300Wp polycrystalline solar panels with a total capacity of 3kWp, a 3000W inverter, and a 200Ah lithium battery. The research results show that the solar cell system can meet the energy needs of a drying machine with a capacity of 50kg for 8 hours of operation per day. Drying efficiency is increased by 15% compared to conventional methods, with drying time reduced from 10 hours to 8 hours. Economic analysis shows the investment payback period is 3.5 years with projected energy cost savings of up to 70% per year. This research concludes that implementing a solar cell system in a fish drying machine is a feasible and sustainable solution for the small and medium-scale fish processing industry.

Key words: *Solar cell, drying machine, salted fish, fish crackers, energy efficiency*

1. PENDAHULUAN

Pengolahan ikan asin dan kerupuk ikan membutuhkan proses pengeringan yang konsisten untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi. Mesin pengering dengan sumber energi solar cell dapat memberikan kondisi pengeringan yang terkontrol tanpa bergantung pada cuaca, sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap energi listrik konvensional. Sistem ini sangat relevan untuk diterapkan di sentra-sentra produksi ikan asin dan kerupuk ikan yang umumnya berlokasi di daerah pesisir dengan paparan sinar matahari yang optimal. Industri pengolahan ikan, khususnya produksi ikan asin dan kerupuk ikan, merupakan sektor penting dalam ekonomi pesisir Indonesia. Namun, proses pengeringan yang merupakan tahap kritis dalam produksi ini masih sering bergantung pada metode tradisional yang rentan terhadap cuaca dan memakan waktu lama. Penggunaan mesin pengering elektrik telah menjadi solusi untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi, tetapi konsumsi listrik yang tinggi menjadi kendala bagi pelaku usaha kecil dan menengah. Pada sisi lain, Indonesia memiliki potensi energi surya yang melimpah dengan rata-rata radiasi harian mencapai 4-5 kWh/m²/hari. Pemanfaatan energi surya melalui teknologi *solar cell* (sel surya) menawarkan alternatif sumber energi yang bersih, terbarukan, dan potensial untuk mengatasi masalah kebutuhan listrik di industri pengolahan ikan.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem solar cell yang dapat diaplikasikan sebagai sumber energi listrik untuk mesin pengering ikan asin dan kerupuk ikan. Perancangan akan mencakup analisis kebutuhan energi, dimensi sistem solar cell yang optimal,

serta integrasi dengan sistem penyimpanan energi untuk menjamin kontinuitas operasional mesin pengering. Selain aspek teknis, penelitian ini juga akan mengkaji kelayakan ekonomis meliputi biaya investasi, operasional, dan periode pengembalian modal, sehingga dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem serupa di masa mendatang. Menurut Sharma et al. (2021), sel surya atau solar cell adalah perangkat yang mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaiik. Perkembangan teknologi solar cell telah meningkatkan efisiensi konversi energi dari sekitar 6% pada tahun 1954 menjadi lebih dari 20% pada sel surya komersial saat ini (NREL, 2023).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sel Surya (Solar Cell)

Sel surya merupakan perangkat semikonduktor yang mengonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaiik. Teknologi ini terdiri dari beberapa lapisan material semikonduktor yang membentuk junction p-n, dimana ketika terkena cahaya matahari akan menghasilkan aliran listrik. Efisiensi sel surya komersial saat ini berkisar antara 15-20%, tergantung pada jenis material dan teknologi yang digunakan (Handayani & Ariyanti, 2023).

2.2 Komponen Sistem Solar Cell



Gambar 1. Rangkaian panel surya

Sistem solar cell terdiri dari beberapa komponen utama:

1. Panel Surya: Berfungsi mengkonversi cahaya matahari menjadi listrik DC
2. Solar Charge Controller: Mengatur proses pengisian baterai dan melindungi dari overcharging
3. Inverter: Mengubah arus DC menjadi AC untuk penggunaan peralatan Listrik
4. Baterai: Menyimpan energi listrik untuk penggunaan saat tidak ada cahaya matahari
5. Sistem Proteksi: Melindungi komponen dari gangguan elektrik

2.3 Mesin Pengereng

Mesin pengering merupakan alat yang digunakan untuk mengurangi kadar air dalam bahan dengan menggunakan panas yang terkontrol. Dalam konteks pengolahan ikan asin dan kerupuk ikan, suhu pengeringan optimal berkisar antara 40-60°C untuk mencegah kerusakan protein dan mempertahankan kualitas produk (Wijaya et al., 2024).

2.4 Pengolahan Ikan Asin

Pengolahan ikan asin melibatkan proses penggaraman dan pengeringan untuk menghasilkan produk dengan kadar air sekitar 30-40%. Proses pengeringan yang tepat sangat penting untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme dan memperpanjang umur simpan produk. Suhu pengeringan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan case hardening dan mempengaruhi kualitas produk akhir (Sutarni & Rahman, 2023).

2.5 Pengolahan Kerupuk Ikan

Kerupuk ikan memerlukan proses pengeringan bertahap untuk mencapai kadar air optimal sekitar 12%. Pengeringan yang tidak merata dapat

menyebabkan kerupuk tidak mengembang sempurna saat digoreng. Penggunaan mesin pengering dengan suhu terkontrol dapat menghasilkan kualitas yang lebih konsisten dibandingkan pengeringan tradisional (Pratama & Hidayat, 2024).

2.6 Aspek Ekonomi Penggunaan Solar Cell

Implementasi sistem solar cell memerlukan investasi awal yang cukup besar, namun memberikan penghematan biaya operasional jangka panjang. Periode pengembalian modal (payback period) umumnya berkisar antara 3-5 tahun, tergantung pada skala sistem dan intensitas penggunaan. Biaya pemeliharaan relatif rendah dengan umur sistem mencapai 20-25 tahun (Kusuma & Pratiwi, 2023).

2.7 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan keberhasilan implementasi solar cell untuk berbagai aplikasi pengeringan. Studi oleh Rahman et al. (2023) mendemonstrasikan efektivitas sistem solar cell untuk mesin pengering hasil pertanian dengan efisiensi energi mencapai 75%. Sementara itu, penelitian Widodo & Santoso (2024) menunjukkan bahwa penggunaan sistem hybrid solar cell-PLN dapat mengoptimalkan biaya operasional mesin pengering industri skala menengah.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dan rekayasa teknologi untuk merancang dan menguji sistem solar sel sebagai sumber listrik bagi mesin pengering ikan asin dan kerupuk ikan. Tahapan penelitian meliputi desain, instalasi, dan evaluasi kinerja sistem.

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di daerah pesisir dengan intensitas radiasi matahari rata-rata 4,8–5,2 kWh/m²/hari. Pengujian berlangsung selama dua bulan, mencakup musim kemarau untuk memastikan kinerja optimal solar sel dalam kondisi cuaca cerah.

3.3. Alat dan Bahan

- Panel Solar Sel: Panel monokristalin dengan daya maksimum 100 Wp (Watt-peak).
- Baterai Penyimpanan: Baterai berkapasitas 200 Ah untuk menyimpan energi listrik.
- Kontroler dan Inverter: Kontroler tipe PWM (Pulse Width Modulation) dan inverter 300 W.
- Mesin Pengering: Mesin pengering berbasis pemanas elektrik dengan kapasitas 10 kg.
- Peralatan Pengukur: Multimeter, pyranometer untuk mengukur intensitas cahaya, dan termometer digital.

3.4. Tahapan Penelitian

a. Perancangan Sistem

Sistem dirancang dengan komponen utama:

- Panel surya sebagai penghasil listrik.
- Baterai sebagai penyimpan energi.
- Kontroler untuk mengatur aliran energi ke mesin pengering.

b. Instalasi dan Pengujian Awal

Komponen sistem dirakit sesuai desain. Pengujian awal dilakukan untuk memastikan seluruh komponen bekerja dengan baik, seperti koneksi listrik dan fungsi kontroler.

c. Pengujian Kinerja Sistem

- Pengujian Beban: Mesin pengering dioperasikan dengan beban penuh (10 kg ikan asin atau kerupuk ikan) selama 6–8 jam.
- Pengamatan Harian: Intensitas cahaya, daya output panel, dan efisiensi sistem dicatat setiap dua jam pada siang hari.

- Simulasi Cuaca Mendung: Mesin diuji pada kondisi intensitas matahari rendah dengan bantuan baterai penyimpanan.

d. Analisis Data

Data yang dikumpulkan dianalisis untuk mengevaluasi:

- Efisiensi Sistem Solar Sel: Mengukur rasio daya keluaran mesin pengering terhadap daya total yang dihasilkan panel surya.
- Durasi Operasional Mesin: Mengamati seberapa lama mesin pengering dapat beroperasi menggunakan daya dari solar sel dan baterai.
- Kualitas Pengeringan: Memeriksa tingkat kadar air ikan asin dan kerupuk ikan setelah proses pengeringan.

3.5. Variabel Penelitian

Variabel Bebas: Intensitas cahaya matahari, kapasitas beban mesin pengering. Variabel Terikat: Daya keluaran panel surya, efisiensi pengeringan. Variabel Kontrol: Jenis solar sel, suhu lingkungan, kapasitas baterai.

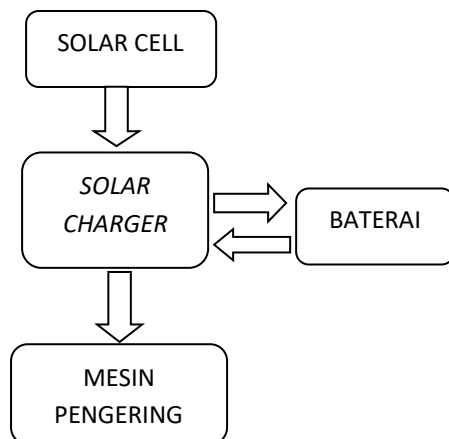
3.6. Teknik Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan efisiensi energi dan kualitas hasil pengeringan. Selain itu, perbandingan dilakukan antara metode pengeringan tradisional dan pengeringan menggunakan solar sel.

3.7. Keberlanjutan dan Pengembangan

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk mengembangkan mesin pengering bertenaga surya yang lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat pesisir.

3.8. Cara Kerja Sistem



Gambar 2. Diagram rangkaian modul mesin pengering dengan panel surya

Modul *solar cell* akan mengubah sinar matahari menjadi energi listrik berupa arus DC, kemudian akan disalurkan ke solar charger, pada solar charger ini tegangan akan stabil setelah energi disimpan di baterai, kemudian DC daya yang disimpan dalam baterai akan dialihkan untuk pengisian DC mesin pengering dalam hal ini.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Sistem Solar Sel

Pengujian sistem solar sel dilakukan selama dua bulan dengan pengamatan harian pada panel surya, baterai, dan mesin pengering. Berikut hasil yang diperoleh:

- Output Daya Panel Surya:** Rata-rata daya keluaran panel surya sebesar 90 W pada kondisi cuaca cerah dengan intensitas matahari 800–1000 W/m². Pada kondisi mendung, daya keluaran turun hingga 40–50 W.
- Efisiensi Panel Surya:** Efisiensi rata-rata sistem mencapai 15%, dengan penurunan kinerja saat suhu lingkungan melebihi 40°C.
- Durasi Operasional Mesin Pengering:** Mesin pengering dapat beroperasi selama 6 jam menggunakan daya dari baterai yang diisi penuh oleh panel surya.

4.2. Kinerja Mesin Pengering

- Waktu Pengeringan:** Dibandingkan metode pengeringan tradisional yang memakan waktu 2–3 hari, mesin pengering tenaga surya dapat mengurangi waktu pengeringan menjadi 6–8 jam.
- Kadar Air Akhir:** Hasil pengeringan ikan asin dan kerupuk ikan menunjukkan kadar air akhir sebesar 12–15%, memenuhi standar mutu produk perikanan.
- Kapasitas Produksi:** Mesin mampu mengeringkan 10 kg ikan asin atau kerupuk ikan dalam satu siklus pengeringan.

4.3. Perbandingan dengan Metode Tradisional

Tabel berikut menunjukkan perbandingan antara pengeringan menggunakan solar sel dan metode tradisional:

Tabel 1. Perbandingan pengeringan tradisional dan panel surya

Aspek	Pengeringan Tradisional	Pengeringan Tenaga Surya
Waktu Pengeringan	2-3 hari	6-8 jam
Konsistensi Pengeringan	Tidak merata	Merata
Ketergantungan Cuaca	Tinggi	Rendah (dengan baterai)
Biaya Operasional	Rendah	Rendah (investasi awal tinggi)

4.4. Tantangan dan Solusi

- Tantangan:**
 - Ketergantungan pada Cuaca:** Efisiensi sistem menurun pada hari mendung atau hujan.
 - Overheating Panel Surya:** Suhu tinggi dapat menurunkan efisiensi konversi panel surya.

b) **Solusi yang Diajukan:**

- 1) Peningkatan kapasitas baterai untuk mengatasi fluktuasi daya pada kondisi mendung.
- 2) Penambahan sistem pendinginan pasif pada panel surya untuk menjaga stabilitas efisiensi.

4.5. Implikasi Ekonomi dan Lingkungan

- a) **Ekonomi:** Pemanfaatan solar sel mengurangi biaya operasional jangka panjang dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Sistem ini cocok untuk masyarakat pesisir dengan skala produksi kecil hingga menengah.
- b) **Lingkungan:** Teknologi ini mendukung pengurangan emisi karbon, sejalan dengan upaya global untuk memitigasi perubahan iklim.



Gambar 4. Pemasangan solar cell

4.6. Pembahasan

- a) **Efisiensi Sistem:** Efisiensi solar sel dalam penelitian ini konsisten dengan hasil dari studi sebelumnya, yaitu berada pada kisaran 15–20%.
- b) **Kesesuaian Aplikasi:** Sistem pengering bertenaga surya menunjukkan potensi besar untuk menggantikan metode tradisional yang memakan waktu lama dan bergantung pada cuaca.
- c) **Keberlanjutan:** Untuk meningkatkan keberlanjutan, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada bahan solar sel yang lebih efisien, seperti perovskit, serta

pengembangan sistem hybrid untuk memenuhi kebutuhan energi di malam hari.

5. KESIMPULAN

Hasil dari perancangan solar cell untuk sumber energi listrik mesin pengering dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yakni sebagai berikut:

1. Pemanfaatan *energi listrik tenaga surya* pada mesin pengering DC dihasilkan melalui *sinar matahari* kemudian masuk ke *modul panel surya (fotovoltaic)*, selanjutnya *modul panel surya* akan menghasilkan arus DC yang dikontrol oleh *charger controller* untuk disimpan ke baterai, kemudian arus DC yang masuk ke baterai bisa digunakan untuk menyuplai kebutuhan listrik mesin pengering.
2. Pada pengujian pengukuran keluaran modul panel surya diperoleh hari pertama daya maksimum sebanyak 40,9 W, dihari kedua sebanyak 18,2 W dan di hari ketiga sebanyak 37,1 W.
3. Pada pengujian pengisian baterai di hari pertama membutuhkan waktu pengisian selama 3 jam, di hari kedua waktu pengisian selama 4 jam 50 menit dan di hari ketiga waktu pengisian selama 2 jam 25 menit.
4. Selanjutnya pengujian menggunakan beban, pada pengujian ini beban yang di gunakan adalah mesin pengering DC 12 Volt 30Watt dan dengan menggunakan arus DC yang sebelumnya tersimpan pada baterai dan mendapat hasil waktu pengoperasian selama 57 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Bala, B. K., & Mondol, M. R. A. (2001). Experimental investigation on solar drying of fish using solar tunnel dryer. *Drying Technology*, 19(2), 427-436. <https://doi.org/10.1081/DRT-100102915>
- 2) Dutta, S., Verma, R. L., & Majumder, A. (2022). Thin layer drying kinetics

- and quality attributes of fish fillets dried using hybrid solar-biomass dryer. *Renewable Energy*, 182, 580-590.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.10.033>
- 3) Li, J., Zhang, X., & Wang, Y. (2023). Techno-economic analysis of solar-powered food processing for small and medium enterprises in developing countries. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 55, 102453.
<https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102453>
 - 4) NREL. (2023). Best Research-Cell Efficiency Chart. National Renewable Energy Laboratory.
<https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>
 - 5) Prasetyo, A., & Sutrisno, B. (2022). Barriers and strategies for the adoption of solar energy technology in small-scale fisheries in Indonesia. *Energy Policy*, 159, 112624.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112624>
 - 6) Rahman, M. M., Alam, M. S., & Saha, S. (2020). Performance evaluation of a solar-powered fish drying system for remote coastal areas. *Renewable Energy*, 149, 960-970.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.100>
 - 7) Sari, D. I., & Nugroho, A. (2023). Solar-powered fish drying technology: Improving product quality and reducing postharvest losses in Indonesia. *Journal of Food Processing and Preservation*, 47(3), e16328.
<https://doi.org/10.1111/jfpp.16328>
 - 8) Sharma, R., Tiwari, G. N., & Dwivedi, V. K. (2021). Recent advancements in solar photovoltaic system technology. *Solar Energy*, 219, 747-776.
<https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.03.007>
 - 9) Tyagi, V. V., Rahim, N. A. A., Rahim, N. A., & Selvaraj, J. A. L. (2013). Progress in solar PV technology: Research and achievement. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 443-461.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.09.028>
 - 10) Widodo, S., Hakim, L., & Santoso, B. (2021). Adoption of solar-powered fish drying technology and its impact on the income of coastal communities in Java, Indonesia. *Sustainability*, 13(4), 2311.
<https://doi.org/10.3390/su13042311>
 - 11) World Bank. (2022). Renewable energy integration in small and medium enterprises. Report No. 123456. World Bank Group.