

Analisis Dampak Optimalisasi Hasil Tangkapan Nelayan Fakfak dengan Mesin Produksi Es Balok Ramah Lingkungan

Syukron Anas

Politeknik Negeri Fakfak

Nurul Husnah

Politeknik Negeri Fakfak

Aqilah Attamimi

Politeknik Negeri Fakfak

Festo Andre Hardinsih

Politeknik Negeri Fakfak

Alamat: Jl. Imam Bonjol Atas, Tanama, Kabupaten Fakfak, Papua Barat

Author's correspondence: syukron@polinef.ac.id

Abstrak. Wilayah pesisir seperti Kabupaten Fakfak menghadapi keterbatasan dalam ketersediaan es balok yang dibutuhkan untuk menjaga mutu hasil tangkapan laut. Ketergantungan pada listrik PLN dan mahalnya biaya operasional genset menyebabkan akses terhadap es menjadi terbatas, sehingga ikan hasil tangkapan mudah mengalami penurunan kualitas. Kondisi ini berdampak langsung pada pendapatan nelayan serta efisiensi rantai pasok perikanan. Di lokasi implementasi telah tersedia dermaga yang ditingkatkan agar dapat menampung instalasi sistem mesin es balok dan PLTS dengan aman dan efisien. Untuk mengurangi kerugian tersebut, diperlukan penyediaan es balok yang lebih stabil dan tahan lama tanpa bergantung pada jaringan listrik konvensional. Solusi yang direkomendasikan adalah penggunaan mesin es balok berbasis tenaga surya yang memanfaatkan sistem pendinginan kompresor dan larutan brine. Manfaat dari sistem ini dirasakan oleh nelayan melalui ketersediaan es yang memiliki daya tahan lebih baik terhadap pencairan. Penggunaan energi terbarukan juga memungkinkan pengoperasian di lokasi terpencil dengan biaya operasional yang lebih rendah dalam jangka panjang. Agar sistem ini dapat berjalan secara optimal dan berkelanjutan, diperlukan dukungan teknis, pemeliharaan rutin, serta pengelolaan yang terorganisir dengan baik.

Keywords: Es Balok, Kabupaten Fakfak, PLTS, Nelayan Lokal

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki potensi kelautan dan perikanan yang sangat besar, terutama di wilayah timur seperti Papua Barat. Kabupaten Fakfak merupakan salah satu daerah pesisir yang sebagian besar masyarakatnya menggantungkan hidup dari hasil tangkapan laut. Namun demikian, potensi hasil laut ini belum sepenuhnya memberikan kontribusi maksimal terhadap kesejahteraan nelayan karena keterbatasan dalam aspek pasca panen, khususnya dalam hal penyimpanan hasil tangkapan.

Salah satu kendala utama yang dihadapi oleh nelayan di wilayah ini adalah kurangnya fasilitas es untuk menjaga kesegaran ikan setelah ditangkap. Es balok menjadi kebutuhan penting untuk mempertahankan kualitas ikan, terutama karena proses distribusi dari lokasi pendaratan ikan ke pasar atau pembeli sering memakan waktu berjam-jam bahkan berhari-hari. Tanpa pendinginan yang memadai, ikan cepat rusak, sehingga menurunkan nilai jual dan meningkatkan tingkat pembusukan.

Sayangnya, keberadaan mesin es konvensional di wilayah seperti Fakfak masih sangat terbatas. Keterbatasan pasokan listrik dari PLN dan mahalnya biaya bahan bakar untuk genset menjadi hambatan utama dalam pengoperasian mesin es balok. Oleh karena itu, diperlukan solusi alternatif yang dapat menjawab kebutuhan pendinginan tanpa ketergantungan penuh pada energi fosil atau jaringan listrik konvensional.

Di lokasi implementasi telah tersedia dermaga mitra yang digunakan oleh nelayan setempat untuk kegiatan produksi. Namun, proses produksi di dermaga tersebut masih sering terhambat akibat pemadaman listrik yang terjadi secara berkala. Kondisi ini berdampak pada keterlambatan produksi selain itu juga menurunkan efisiensi kerja nelayan. Oleh karena itu, diperlukan upaya peningkatan sistem kelistrikan dan penyediaan sumber energi alternatif agar kegiatan produksi dapat berjalan lebih stabil dan berkelanjutan.

Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi terbarukan menjadi pilihan yang tepat dan strategis. Dengan kondisi geografis Papua Barat yang memiliki intensitas cahaya matahari yang tinggi hampir sepanjang tahun, pengembangan sistem produksi es balok berbasis tenaga surya merupakan solusi yang realistis dan berkelanjutan. Teknologi ini diharapkan mampu memberikan alternatif pendinginan

yang hemat biaya, ramah lingkungan, dan dapat dioperasikan langsung oleh kelompok nelayan secara mandiri.

Melalui proyek ini, dirancang dan dikembangkan sebuah sistem produksi es balok dengan memanfaatkan tenaga surya, menggunakan kombinasi antara teknologi kompresor pendingin, sistem brine cooling, dan energi surya berbasis panel fotovoltaik dan baterai. Penggunaan sistem ini diharapkan dapat memperpanjang daya simpan ikan, mengurangi kerugian pasca panen, serta meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan nelayan.

METODE PENELITIAN

a. Proses

Berikut ini beberapa bagian dalam proses penelitian diantaranya:

1. Lokasi Penelitian

Lokasi dalam penelitian ini di lokasi mitra Jl. Tempat Pelelangan Ikan, Kapaurtutin, Pariwari, Kabupaten Fakfak.

2. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain penelitian metode campuran (*mixed methods*) dengan strategi studi kasus, yang bertujuan untuk memperoleh pemahaman komprehensif mengenai kinerja teknologi serta dampaknya terhadap pengguna di lapangan. Pendekatan kuantitatif bersifat deskriptif, digunakan untuk mengevaluasi performa teknis sistem tanpa melakukan manipulasi variabel. Data kuantitatif diperoleh melalui pengukuran langsung (*direct measurement*) selama tahap uji coba operasional, meliputi suhu operasional, waktu pembekuan (*freezing time*), total volume produksi, dan konsumsi daya listrik. Data tersebut dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan karakteristik dan efisiensi kinerja teknologi yang dikembangkan (Sugiyono, 2019).

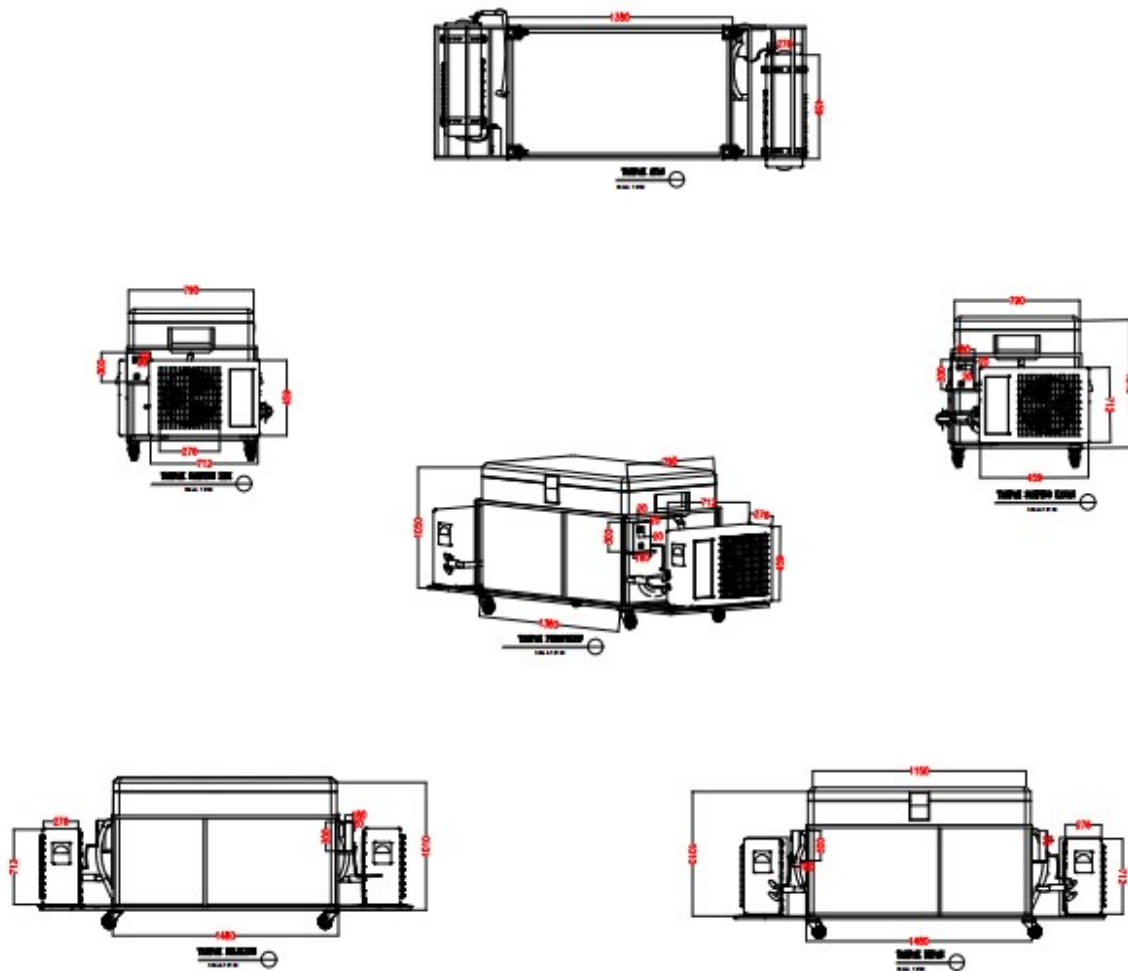
Pendekatan kualitatif dilakukan untuk melengkapi hasil kuantitatif dengan memahami persepsi, tingkat penerimaan, serta pengalaman pengguna terhadap penerapan teknologi. Data kualitatif dikumpulkan melalui wawancara dengan nelayan lokal sebagai subjek penelitian, yang dipilih secara purposif berdasarkan keterlibatan langsung dalam proses uji coba. Integrasi data kuantitatif dan kualitatif dilakukan pada tahap interpretasi untuk menghasilkan kesimpulan yang utuh mengenai performa teknologi dan

implikasinya terhadap pengguna, sesuai dengan kerangka *mixed methods* (Creswell & Creswell, 2018).

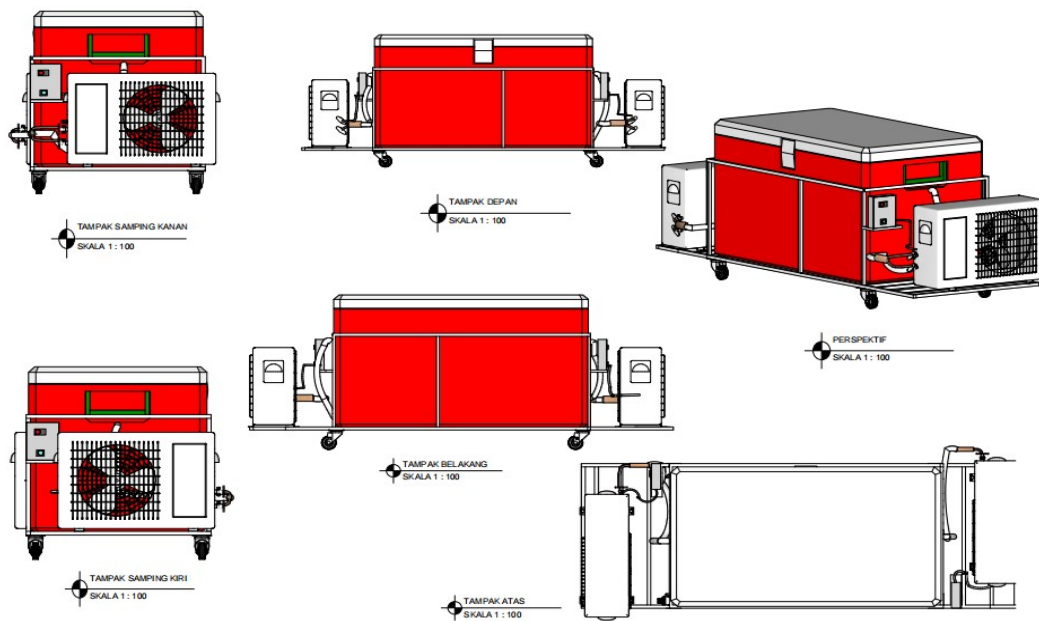
HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Mekanik Mesin Es Balok

Sistem pendingin utama terdiri dari satu Mesin Es Balok yang berfungsi sebagai wadah pembekuan es balok. Mesin Es Balok ini dirancang menggunakan bahan yang memiliki konduktivitas termal rendah serta struktur rangka kuat untuk mendukung beban air dan es beku.



Gambar 1. Model Mesin Es Balok



Gambar 2. Layout 3D Mesin Es Balok

Dimensi

Panjang : ± 150 cm

Lebar : ± 100 cm

Tinggi : ± 90 cm

Kapasitas tampung brine: ± 450 liter

Bahan

Dinding luar : Galvalum

Isolasi : Polyurethane foam tebal ± 5 cm

Lapisan dalam : Aluminium lembaran tahan korosi

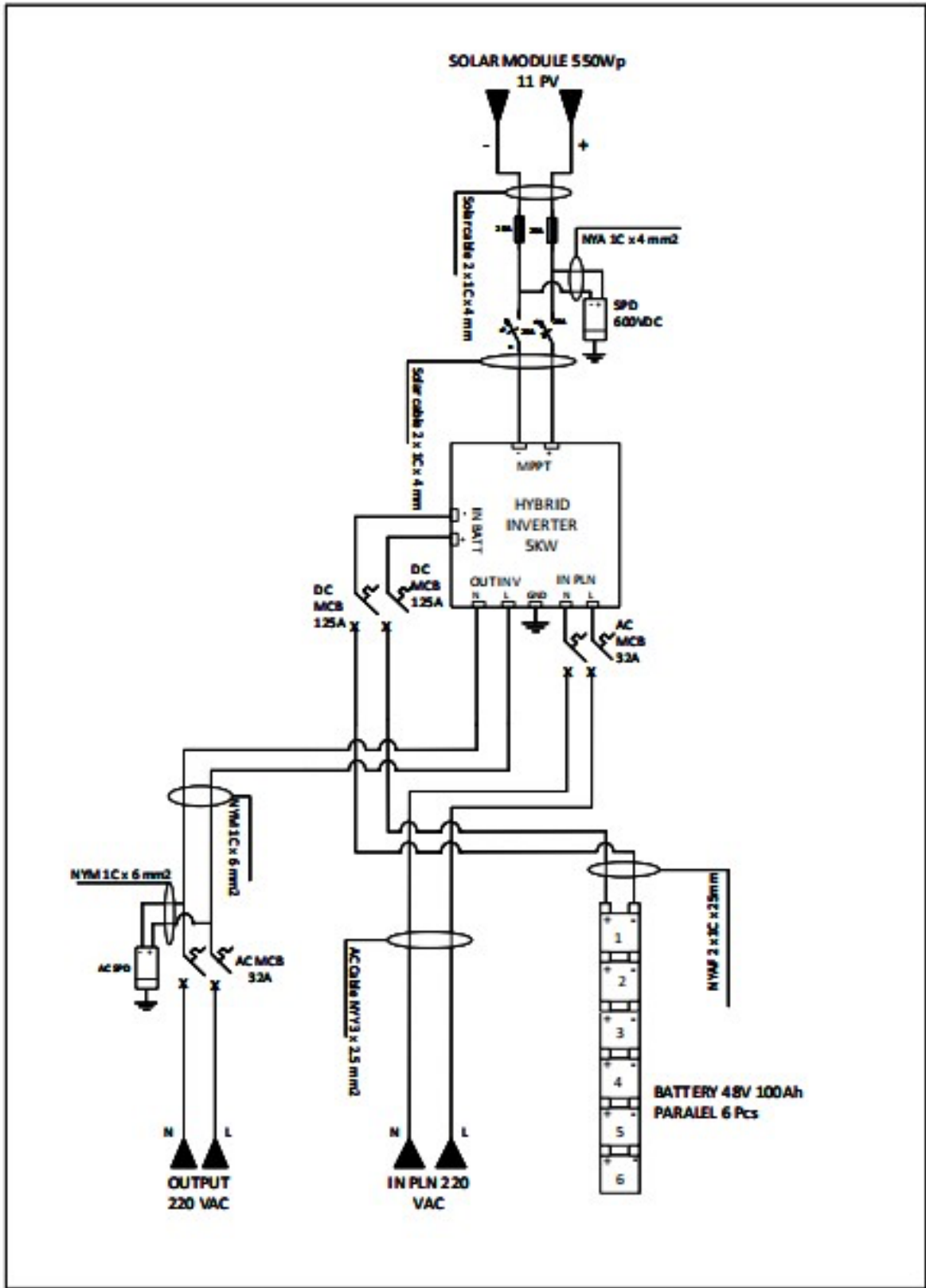
Sistem Pendinginan

Kompresor : 2 Unit AC Split 1.5 PK (outdoor) dengan refrigerant R-32

Metode pembekuan : Immersion cooling menggunakan larutan air garam (brine) 15%. Target produksi : 60 ikat es (± 90 kg) per siklus (± 10 – 12 jam tergantung intensitas surya)

Desain Sistem Tenaga Surya

Sistem kelistrikan berbasis tenaga surya dirancang untuk mengoperasikan unit pendingin tanpa ketergantungan dari PLN.



Author: Nurul Husnah	PLTS DERMAGA	File: Wiring Diagram
Date: 2/26/2025		Folio: 1/2

Panel Surya

Tipe : Monocrystalline 550Wp
Jumlah : 9 unit
Total Daya : ±4950 Wp

Baterai

Tipe : LiFePO4 48V 100Ah
Jumlah : 6 unit (paralel)
Kapasitas total : 28.8 kWh

Inverter

Tipe : Hybrid Inverter 5 Kw
Fitur : Grid input + solar + baterai switching otomatis

Controller

Tipe : MPPT 48V 80A
Fungsi : Mengatur input solar ke baterai dan inverter

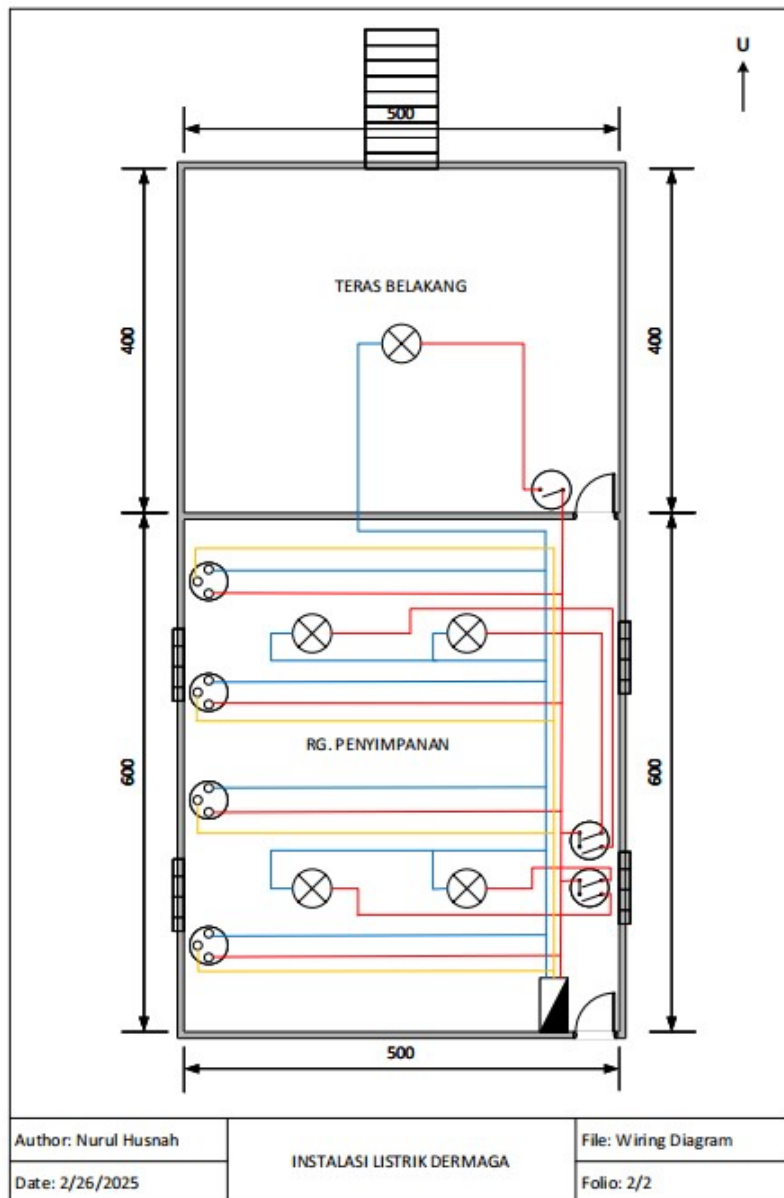
Proteksi

DC MCB 125A, SPD DC 600V, AC MCB 32A

Output : Sistem mendukung output AC 220V untuk operasional kompresor, pompa air, serta kontrol monitoring

Desain Instalasi dan Layout

Desain instalasi dan layout untuk menunjukkan wiring diagram instalasi listrik dermaga yang menggambarkan tata letak dan jalur pendistribusian daya listrik pada setiap area bangunan sebagaimana di tampilkan pada gambar 4. Diagram pada gambar 4 menampilkan hubungan kelistrikan antara sumber listrik, panel distribusi, sakelar, serta beban listrik berupa titik lampu dan stop kontak yang tersebar di area teras belakang dan ruang penyimpanan. Jalur penghantar digambarkan secara sistematis untuk membedakan fungsi fasa, netral, dan pengendali sakelar, sehingga memudahkan pemahaman aliran daya dan pengoperasian sistem. Penyajian wiring diagram ini bertujuan sebagai acuan teknis dalam proses pemasangan, pemeriksaan, dan pemeliharaan instalasi listrik agar sistem dapat beroperasi secara aman, efisien, dan sesuai dengan standar instalasi yang berlaku.



Gambar 4. Desain Instalasi Layout

Keterangan:

- Letak *Cool Box* berada di ruang penyimpanan pada dermaga kayu milik mitra (struktur lantai papan dan kolom beton 25x25 cm hasil peninggatan).
- Panel surya terpasang pada atap hasil peninggatan dengan sudut kemiringan $\pm 15-20^\circ$ menghadap utara untuk optimalisasi penyinaran di wilayah Fakfak.
- Inverter dan baterai ditempatkan dalam *box* terpisah yang dilengkapi ventilasi dan pelindung dari hujan langsung pada area yang telah ditingkatkan.

Analisis Teknikal

Analisis Kebutuhan Energi

Sistem mesin es balok dirancang untuk dua kali siklus pembekuan per hari, masing-masing menghasilkan ± 100 kg es dalam waktu ± 6 jam, sehingga total target produksi adalah 200 kg per hari.

a) Estimasi Beban Operasional

Kompresor AC 1.5 PK $\times 2$ unit	: ± 2.000 W
Pompa sirkulasi brine	: ± 100 W
Sistem kontrol monitoring	: ± 50 W
Total daya estimasi	: ± 2.150 W

b) Durasi Operasi Harian

$$2 \text{ siklus} \times 6 \text{ jam} = 12 \text{ jam/hari}$$

c) Total Konsumsi Energi Harian

$$2.150 \text{ W} \times 12 \text{ jam} = \pm 25,8 \text{ kWh/hari}$$

Kapasitas Sistem Tenaga Surya (PLTS)

a) Panel Surya

$$\text{Jumlah panel} : 9 \text{ unit} \times 550 \text{ Wp} = 4.950 \text{ Wp}$$

$$\text{Efisiensi konversi rata-rata (Fakfak)} : \pm 5 \text{ jam/hari}$$

$$\text{Energi yang dihasilkan/hari} : 4.950 \text{ Wp} \times 5 \text{ jam} = \pm 24,75 \text{ kWh/hari}$$

a) Baterai

$$6 \text{ unit baterai LiFePO}_4 \text{ 48V 100Ah}$$

$$\text{Total energi tersimpan: } 6 \times 48\text{V} \times 100\text{Ah} = 28,8 \text{ kWh}$$

b) Inverter

$$\text{Kapasitas: Hybrid Inverter } 5.000 \text{ W}$$

$$\text{Mendukung daya simultan operasional } 2 \text{ AC} + \text{ pompa}$$

Efisiensi Energi terhadap Produksi Es

$$\text{Energi harian terpakai} : 25,8 \text{ kWh}$$

$$\text{Produksi es} : 200 \text{ kg (} 2 \times 100 \text{ kg)}$$

$$\text{Energi per kg es} : 25.800 \text{ Wh} / 200 \text{ kg} = \pm 0,129 \text{ kWh/kg}$$

Dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), keseimbangan antara energi yang dihasilkan dan energi yang dikonsumsi merupakan indikator utama

keandalan sistem. Berdasarkan hasil perhitungan, energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS sebesar 24,75 kWh per hari, sementara total kebutuhan beban mencapai 25,8 kWh per hari. Selisih sebesar 1,05 kWh per hari ini relatif kecil, namun secara teknis menunjukkan bahwa sistem tidak sepenuhnya mampu memenuhi kebutuhan energi harian hanya dari produksi panel surya. Kondisi tersebut menjadi semakin signifikan ketika terjadi penurunan intensitas radiasi matahari akibat cuaca mendung atau berkurangnya *effective sun hours*. Sehingga untuk menjaga kontinuitas suplai listrik, sistem sangat bergantung pada baterai berkapasitas 28,8 kWh sebagai media penyimpanan. Baterai menyimpan surplus energi saat produksi melebihi beban dan melepaskannya kembali saat produksi menurun, khususnya pada malam hari atau saat iradiasi rendah. Dengan demikian, baterai menjadi komponen krusial dalam menjaga keandalan dan kontinuitas sistem PLTS secara keseluruhan.

Stabilitas dan Distribusi Suhu

Media pendingin : Larutan brine 15% (NaCl)

Target suhu *brine* : -4°C s.d. -20°C

Pompa sirkulasi menjaga suhu brine merata

Waktu pembekuan per siklus : ±6 jam

Setelah sistem mesin es balok tenaga surya selesai dipasang, dilakukan serangkaian uji coba untuk memastikan kinerja dan keandalannya. Tahapan pertama adalah uji pembekuan (*cold test*), yang dilakukan dengan mengisi cetakan es sebanyak 60–70 ikat (@1,5 kg) dan menyalakan sistem selama ±6 jam. Parameter yang diamati meliputi waktu mulai pembekuan, suhu brine sebelum dan sesudah proses, serta kondisi akhir es. Target yang ingin dicapai adalah produksi 100 kg es dalam waktu kurang dari 6 jam per siklus. Kemudian dilanjutkan dengan uji kapasitas produksi harian, di mana sistem dijalankan dalam dua siklus (pagi dan malam) dengan target total produksi minimal 200 kg dalam 24 jam.

KESIMPULAN

Program pengembangan mesin es balok tenaga surya terbukti efektif dalam menjawab permasalahan keterbatasan akses es di wilayah pesisir yang tidak stabil secara energi. Inovasi ini menghasilkan dampak nyata dalam aspek sosial, ekonomi, teknologis, dan lingkungan. Secara sosial dan ekonomi, nelayan memperoleh akses es berkualitas dengan harga lebih terjangkau, yang berdampak langsung pada peningkatan mutu hasil tangkapan dan stabilitas pendapatan. Dari sisi teknologi, sistem mampu beroperasi secara

mandiri tanpa jaringan PLN, dengan efisiensi energi yang tinggi dan pemantauan suhu otomatis berbasis IoT.

Pendekatan peningkatan infrastruktur dermaga eksisting, bukan pembangunan baru, terbukti efektif dan efisien dari segi biaya dan waktu, serta dapat menjadi model bagi implementasi serupa di wilayah lain. Riset ini juga berkontribusi pada penguatan kapasitas lokal, baik melalui pelibatan mitra usaha maupun mahasiswa yang menjadikan proyek ini sebagai topik tugas akhir. Dampak lingkungan positif turut tercipta dengan berkurangnya ketergantungan pada energi berbasis fosil. Selain itu, munculnya minat dari pemerintah daerah untuk mereplikasi unit produksi menunjukkan bahwa riset ini relevan, adaptif terhadap kondisi lokal, dan berpotensi diperluas ke wilayah lain.

REFERENSI

- Fitriyanti, A., & Santosa, M. (2021). *Potensi Energi Surya Sebagai Energi Alternatif di Wilayah Pesisir*. *Jurnal Energi Terbarukan*, 10(2), 45–53.
- Hidayat, R., & Mustofa, S. (2020). *Implementasi Internet of Things (IoT) dalam Monitoring Suhu Rantai Dingin*. *Jurnal Teknologi Informasi*, 8(1), 22–29.
- IEA (International Energy Agency). (2022). *Renewables 2022: Analysis and Forecast to 2027*. Paris: IEA.
- Irawan, B., & Kusumawati, D. (2019). *Dampak Energi Terbarukan terhadap Ketahanan Energi Komunitas*. *Jurnal Ketahanan Energi*, 7(1), 14–27.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2021). *Roadmap Logistik Ikan dan Cold Chain Indonesia*.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2022). *Laporan Status Lingkungan Hidup Indonesia*.
- Komnas Pengkajian Energi. (2023). *Outlook Energi Daerah Terpencil di Indonesia 2030*. Jakarta.
- Kusuma, D. (2020). *Efisiensi Energi pada Sistem Pendingin Berbasis Brine*. *Jurnal Teknik Mesin*, 12(3), 67–75.
- Lestari, N., & Firdaus, M. (2021). *Dampak Sosial Implementasi Teknologi Tepat Guna di Komunitas Pesisir*. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Maritim*, 5(2), 89–97.
- Nugroho, A. (2023). *Integrasi PLTS dan Mikrokontroler dalam Sistem Otomatisasi Produksi Es*. *Jurnal Inovasi Energi*, 6(1), 35–43.
- Politeknik Negeri Fakfak. (2024). *Laporan Magang dan Tugas Akhir Mahasiswa Teknik Listrik & Manajemen Informatika*.

- Prasetyo, H. (2022). *Analisis Efisiensi Konsumsi Energi Mesin Pendingin Skala Kecil*. Jurnal Konversi Energi, 11(4), 102–110.
- UNDP Indonesia. (2020). *Renewable Energy for Remote Island Communities*. United Nations Development Programme.
- Wulandari, S. (2022). *Peran Koperasi dalam Pemanfaatan Energi Surya untuk Usaha Rakyat*. Jurnal Ekonomi Energi, 9(2), 59–68.
- Yusuf, A., & Bakar, R. (2021). *Ketahanan Sosial Melalui Teknologi Energi Terbarukan di Komunitas Pesisir*. Jurnal Ketahanan Sosial, 8(1), 21–30.
- Azzahrawaani, S. H., Hariyanto, S., & Klara, S. (2025). *Analisis ekonomis sistem pendingin kapal ikan katinting berbasis energi surya*. Jurnal Riset Terapan Teknologi, Universitas Hasanuddin.
- Direktorat Jenderal EBTKE. (2022). *Panduan sistem PLTS off-grid untuk daerah terpencil*. Kementerian ESDM RI.
- ExploRE GIZ. (2021). *Ice from solar energy for sustainable fishing*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.