

***TEST PERFORMANCE OF SOLAR-BASED ICE-MAKING SYSTEM FOR
SMALL-SCALE FISHERMEN IN TANIMBAR ISLANDS REGENCY, MALUKU,
INDONESIA***

**Kinerja Sistem Pembuat Es Berbasis Tenaga Surya untuk Nelayan Kecil di Kabupaten Kepulauan
Tanimbar, Maluku, Indonesia**

Oleh:

Ayi Rahmat*, Amanda Putri Auliansyah
Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas
Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor,
Indonesia

*Korespondensi penulis: ayi_rachmat@apps.ipb.ac.id

ABSTRACT

This study aims to evaluate the performance of solar-powered ice maker for small-scale fishermen in Tanimbar Island Regency, Maluku, Indonesia. The Ice-maker system was built in December 2025. The research itself was conducted from 1 January to 10 January, 2026, and electrical data were collected by downloading online records of production and consumption of energy from photovoltaic system, conducting direct field observations, and carrying out of interviews with small-scale fishermen, and were analyzed using descriptive-analytical approach. The results indicate that the utilization of solar energy for ice maker system to support small-scale fisherman is reliable. The system performance demonstrate that the installed photovoltaic system has capability to operate continuously for 24 hours supplying energy for ice production. Although energy production fluctuates due to weather variation condition, these changes do not disrupt the overall system operation. From the production perspective, all ice produced by the system was fully absorbed by small-scale fisherman, yet it has not fully met their total ice demand.

Key words: fish, fishermen, ice-maker, photovoltaic, solar

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan melihat kinerja dari sistem produksi es berbasis tenaga surya yang diperuntukkan bagi nelayan kecil di Kabupaten Kepulauan Tanimbar, Maluku. Langkah awal dilakukan dengan pembangunan sistem produksi es di beberapa lokasi pada Bulan Desember 2025. Penelitian dilakukan pada periode tanggal 1 Januari 2026 hingga 10 Januari 2026, dengan data utama diperoleh dari unduhan hasil produksi energi dan konsumsi energi secara daring, melakukan pengamatan langsung dan wawancara dengan nelayan, untuk dianalisis secara deskriptif-analisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan tenaga surya untuk memproduksi es bagi kebutuhan nelayan kecil dapat diandalkan. Hasil evaluasi kinerja sistem menunjukkan bahwa sistem fotovoltaik yang dibangun dapat beroperasi selama 24 jam penuh guna memasok energi bagi pembuatan es. Fluktuasi produksi energi terjadi akibat perubahan cuaca tanpa mengganggu sistem secara keseluruhan. Sementara dari sisi produksi, es yang dihasilkan oleh sistem telah 100% diserap oleh nelayan kecil, dan belum memenuhi seluruh kebutuhan es nelayan.

Kata kunci: fotovoltaik, ikan, nelayan, pembuat es, surya

PENDAHULUAN

Es balok sebagai media pendingin dan pengawetan ikan merupakan kebutuhan vital nelayan tradisional. Tanpa bantuan es, kualitas ikan hasil tangkapan nelayan akan menurun sangat cepat. Sementara itu di berbagai wilayah di Indonesia belum ada teknologi pengawetan lain yang lebih efektif untuk menggantikan es sebagai pengawet ikan. Pontoh *et al.* (2022) menyebutkan bahwa pemanfaatan teknologi perikanan pada nelayan kecil sangat terbatas. Sebagian besar nelayan menggunakan metode tradisional, dari proses penangkapan hingga pengelolaan hasil tangkapan, termasuk penggunaan es sebagai pengawet hasil tangkapan (Aulia & Ali 2023). Kondisi tersebut mengakibatkan kehilangan hasil pada rantai pasok perikanan Indonesia yang cukup tinggi, mencapai 20%-30% dari total tangkapan (Budiman *et al.* 2023).

Penyediaan kebutuhan es bagi nelayan kecil di daerah dan pulau terluar Indonesia, banyak menemui kendala (Wodi & Ijong 2019). Kendala yang muncul antara lain: volume produksi es yang minim, jauhnya jarak lokasi pabrik es dari nelayan, serta biaya listrik untuk produksi es. Oleh karenanya diperlukan solusi bagi penyediaan es yang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik daerah terluar Indonesia.

Energi surya merupakan sumber energi alternatif potensial bagi produksi es nelayan kecil, menggunakan sistem *photovoltaic* (PV) yang mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik arus searah (DC) menggunakan material semikonduktor (Alifuddin & Jamaaluddin 2018). Intensitas radiasi matahari di Indonesia yang berlangsung sepanjang tahun sangat mendukung penerapan teknologi berbasis tenaga surya. Meskipun sistem tenaga sudah dimanfaatkan untuk keperluan pengawetan ikan (Amin *et al.* 2022), potensi energi tenaga surya tersebut belum dimanfaatkan secara optimal, terutama di daerah terluar Indonesia (Akbar *et al.* 2026).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji desain dan kelayakan penerapan teknologi produksi es berbasis tenaga surya untuk nelayan kecil di daerah Kabupaten Kepulauan Tanimbar, sebagai wilayah terluar yang berbatasan langsung dengan Australia. Solusi inovatif tersebut diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional, membantu menjaga mutu hasil tangkapan nelayan kecil sehingga meningkatkan perekonomian masyarakat (Nikawanti & Aca 2021), serta untuk mendukung keberlanjutan sektor perikanan nasional.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2026, di Kabupaten Kepulauan Tanimbar, Provinsi Maluku (7.9840° S, 131.3010° E). Kepulauan Tanimbar terdiri dari sekitar 65 pulau besar dan kecil, dengan kegiatan ekonomi masyarakat terpusat di Saumlaki sebagai ibukota kabupaten, yang berada di Pulau Yamdena yang merupakan pulau terbesar di Kepulauan Tanimbar. Lokasi penelitian disajikan pada **Figure 1**.

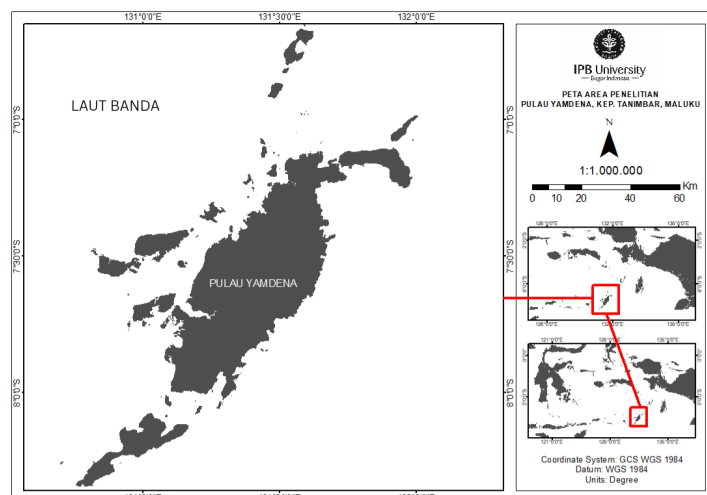


Figure 1 Research location Tanimbar Islands Regency, Maluku Province
Red : Yamdena Island

Gambar 1 Lokasi penelitian di Kabupaten Kepulauan Tanimbar, Provinsi Maluku
Merah : Pulau Yamdena

Nilai beban listrik dari seluruh *freezer* dalam satu sistem merupakan dasar bagi perancangan sistem fotovoltaik (PV) yang akan dibuat. Perhitungan dari kebutuhan beban dan sistem harus diperhitungkan sebelum dilakukan pemasangan sistem produksi es berbasis tenaga surya untuk mendapatkan keseimbangan energi yang dibutuhkan sistem. Hasil perhitungan tersebut kemudian dibandingkan terhadap data *Direct Normal Irradiation* (DNI) di Kepulauan Tanimbar, yang menggambarkan profil energi surya potensial di Kepulauan Tanimbar dan menjadi dasar bagi perhitungan sistem PV yang dirakit. **Figure 2** di bawah menunjukkan pola temporal harian iradiasi matahari (DNI) di Kepulauan Tanimbar.

	BULAN											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6	55	53	55	62	43	28	22	43	111	211	246	159
6 - 7	264	314	327	364	276	221	218	310	392	456	490	340
7 - 8	322	377	412	453	336	280	299	387	465	522	560	409
8 - 9	311	347	417	451	340	282	285	390	475	523	529	408
9 - 10	290	342	385	450	353	291	305	408	499	549	527	379
10 - 11	277	328	344	438	358	305	308	435	509	563	493	338
11 - 12	255	300	314	411	356	306	306	455	523	570	471	273
12 - 13	250	265	254	374	335	291	300	426	503	537	404	236
13 - 14	221	229	233	350	325	279	299	407	467	493	350	210
15 - 16	194	209	238	333	296	261	281	379	412	424	321	193
16 - 17	166	192	215	284	250	227	233	308	331	338	285	174
17 - 18	140	170	189	157	115	105	117	163	155	156	160	138
18 - 19	21	28	20									11
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
SUM	2,764	3,153	3,402	4,129	3,384	2,874	2,972	4,110	4,842	5,343	4,835	3,268
TOTAL IRADIASI HARIAN												

Figure 2 Table of daily *Direct Normal Irradiation* (DNI) for each month in Tanimbar Islands (World Bank & Solargis, 2025)

Gambar 2 Tabel *Direct Normal Irradiation* (DNI) harian pada setiap bulan di Kepulauan Tanimbar (World Bank & Solargis, 2025)

Berdasarkan **Figure 2**, dapat diamati bahwa iradiasi sinar matahari di Pulau Tanimbar menunjukkan pola harian khas wilayah tropis. Matahari sudah terbit sebelum pukul 07.00, dengan peningkatan intensitas radiasi terjadi secara signifikan setelah pukul 07.00, dan mencapai nilai maksimum pada rentang pukul 10.00–13.00. Pada pukul 10.00–13.00 tersebut, nilai DNI tertinggi tercapai dan berlangsung secara konsisten pada kisaran nilai $\pm 438\text{--}570\text{ Wh/m}^2$ per jam. Kemudian setelah pukul 13.00, iradiasi menurun secara bertahap hingga matahari terbenam sekitar pukul 18.00 waktu setempat. Penilaian nilai DNI di lokasi instalasi dilakukan untuk mengetahui *Sun Peak Hours* (SPH) atau masa puncak penyinaran matahari guna merepresentasikan durasi efektif penyinaran matahari dalam memproduksi energi listrik pada lokasi penelitian (Megantoro *et al*, 2022)

Bulan Januari saat penelitian dilakukan, prediksi total DNI harian di Kepulauan Tanimbar adalah sekitar 2.764 Wh/m^2 . Meski pun Januari merupakan salah satu bulan dengan nilai iradiasi harian terendah, iradiasi puncak mencapai nilai sekitar: $\pm 250\text{--}290\text{ Wh/m}^2$ antara pukul 10:00–14:00. Nilai tersebut sudah cukup tinggi, melewati nilai rata-rata iradiasi puncak harian di Indonesia yang berada pada nilai $4,8\text{ kWh/m}^2$ atau sekitar 200 Wh/m^2 (Wasistha *et al*. 2021). Ini menunjukkan bahwa meskipun pada bulan Januari wilayah Tanimbar tidak berada pada kondisi penyinaran maksimum, energi surya yang tersedia layak untuk dimanfaatkan. Dengan nilai efisiensi dari PV sebesar 20% dari total iradiasi yang diterimanya, dapat diperkirakan bahwa jumlah energi yang dapat dipanen dari sistem 3kWp terpasang adalah sebesar 15kWh

Melalui dasar perhitungan tersebut maka instalasi produksi es berbasis tenaga surya dirancang dengan menggunakan 6 modul PV, dengan kapasitas masing-masing panel sebesar 590Wp (total 3.540 Wp), dipasang pada atap dengan orientasi menghadap ke utara dan kemiringan sekitar 10° terhadap permukaan tanah (tilt: 10° , azimuth: 0°). Sistem ini menggunakan baterai dengan kapasitas penyimpanan energi total 14,4 kWh, untuk mendukung 2 hari *autonomi* day (kemampuan sistem untuk tetap berjalan tanpa sinar matahari). **Figure 3** blok diagram berikut ini menunjukkan rancangan sistem yang dibangun.

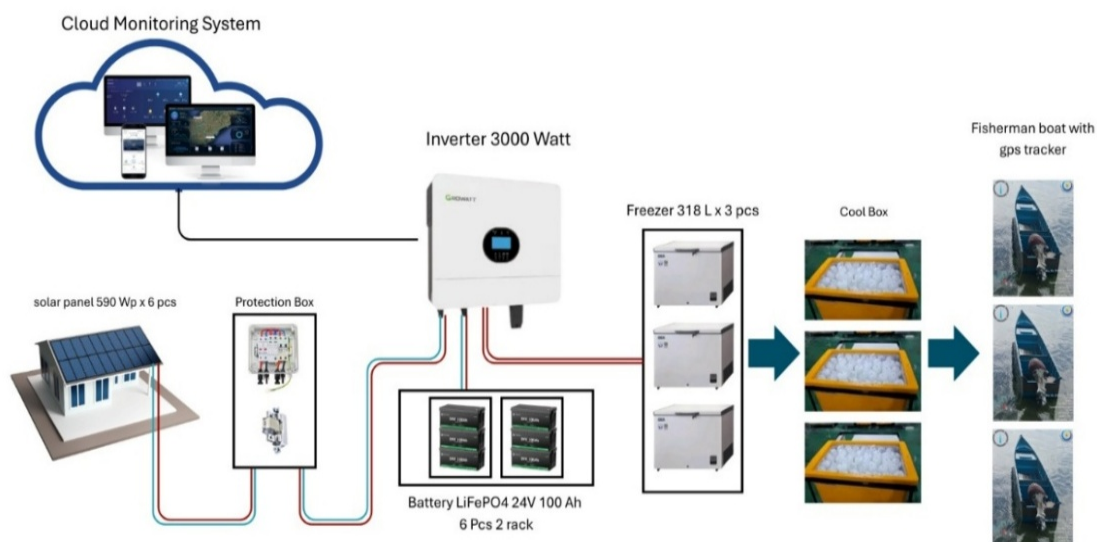


Figure 3 Block diagram of a 3kWp solar-powered ice-making system

Gambar 3 Blok diagram sistem pembuat es tenaga surya kapasitas 3kWp

Sistem yang dibangun bertempat di 3 lokasi penelitian yaitu: di Desa Sifnana (A) Tanimbar Selatan, Desa Ritabel (B) Tanimbar Utara, dan Desa Watidal (C) Tanimbar Utara. Setiap sistem digunakan untuk menyuplai listrik bagi masing-masing 3 unit *freezer* sebagai pembuat es untuk komunitas nelayan di ketiga daerah tersebut. Produk *freezer* yang digunakan dari jenis Aqua AQF320

yang berkapasitas maksimal 306 liter, dan dimanfaatkan sebesar 200 liter, dengan konsumsi daya 200 Wh. Pemanfaatan *freezer* yang hanya menggunakan sekitar 65% dari kapasitas maksimal dimaksudkan untuk mengoptimalkan waktu pendinginan dan volume es yang dihasilkan, agar es dapat diambil oleh nelayan setiap hari.

Perakitan sistem, pembangunan *shelter* untuk penempatan panel dan *freezer*, serta pemasangan sistem utuh di lokasi, dilakukan pada periode 1 November 2025 hingga 24 Desember 2025. Kemudian data dari kinerja sistem PV dan produksi es diperoleh antara tanggal 1-10 Januari 2026 dari 3 titik lokasi penempatan *freezer* pembuat es berbasis tenaga surya di sekitar Kabupaten Kepulauan Tanimbar.

Pengambilan data dilakukan setelah instalasi sistem selesai dibangun di pemukiman komunitas nelayan, dilakukan uji produksi, dan aktif digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi dari setiap *freezer*. Data primer diperoleh dari sistem daring PV terintegrasi, yang diunduh selama 10 hari berturut-turut. Sementara data produksi es diperoleh dari produksi nyata es oleh nelayan di lokasi penelitian, dan untuk melihat kebutuhan es dilakukan wawancara terhadap nelayan setempat.

Dari data daring PV diperoleh beberapa parameter sistem PV, di antaranya berupa total produksi energi dari setiap lokasi, voltase *real time* baterai, fluktuasi voltase beban keluaran, serta parameter fluktuasi harian dari produksi energi PV. Sementara itu pada setiap lokasi dilakukan perhitungan produksi es harian secara manual. Metode produksi es dilakukan dengan cara mengisi air ke dalam kantong plastik berukuran sekitar 1 liter, kemudian kantong-kantong air tersebut diletakkan di dalam *freezer*. Setelah menjadi es, setiap kantong es yang diambil untuk kebutuhan nelayan akan digantikan dengan jumlah kantong air yang sama, sehingga jumlah kantong air atau es di dalam *freezer* dijaga untuk secara keseluruhan selalu berjumlah 600 liter. Es hasil produksi kemudian dimanfaatkan oleh nelayan anggota kelompok, atau dijual kepada komunitas nelayan di luar kelompok yang membutuhkan es untuk melaut.

Hasil pengumpulan data dianalisis menggunakan metode deskriptif-analitis, yang dilakukan dengan cara mengelompokkan dan menafsirkan hasil temuan ke dalam beberapa aspek utama yaitu: kinerja dari operasi sistem PV dalam memasok energi untuk produksi es, data produksi es harian, dan kebutuhan es dari nelayan kecil pengguna *freezer*. Melalui metode analisis ini, penelitian diharapkan mampu menggambarkan kondisi aktual sistem PV selama 24 jam tanpa henti, memperlihatkan kemampuan sistem untuk memasok energi bagi produksi es, serta memperlihatkan gambaran kebutuhan es secara total dari nelayan kecil di beberapa wilayah Kabupaten Kepulauan Tanimbar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja Sistem Fotovoltaik (PV)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan 6 panel surya monokristalin 590 Wp pada bagian atap *shelter*, dan dengan kemiringan sekitar 10° ke arah utara, di Bulan Januari pada kondisi cuaca cerah terbukti mampu menghasilkan energi listrik harian maksimum sebesar $\pm 9\text{--}12$ kWh/hari. Sementara pada kondisi mendung atau hujan, bervariasi antara 2,9 kWh sampai dengan 5,8 kWh. Nilai ini menegaskan bahwa orientasi dan sudut kemiringan panel pada atap *shelter* sudah tepat dan berpengaruh signifikan terhadap optimasi radiasi matahari yang diterima, serta sejalan dengan perhitungan optimasi sudut panel berdasarkan lintang geografis. Produksi harian energi dari sinar matahari di setiap lokasi *shelter* dan kondisi cuaca harian di Kepulauan Tanimbar selama 10 hari disajikan pada **Table 1**.

Dari **Table 1** dapat dilihat bahwa selama periode pengamatan, Lokasi A menghasilkan energi total tertinggi sebesar 90,2 kWh, diikuti oleh Lokasi B sebesar 84,2 kWh dan Lokasi C sebesar 83,9 kWh. Produksi energi tertinggi tercatat memiliki nilai maksimum masing-masing mencapai 12,1 kWh di lokasi A, 10,8 kWh di lokasi B, dan 10,3 kWh di lokasi C. Seluruh lokasi rata-rata memproduksi 8,6

kWh energi per hari, dengan variasi produksi paling rendah sebesar 2,9 kWh hingga paling tinggi 12,1 kWh. Terjadinya fluktuasi harian produksi energi sistem PV tersebut diakibatkan adanya tutupan awan karena kondisi cuaca mendung atau hujan.

Table 1. *Energy production from a 3 kWp photovoltaic (PV) system and weather conditions at three research sites over a 10-day research period*

Tabel 1. Produksi energi sistem Fotovoltaik (PV) kapasitas 3 kWp dan kondisi cuaca pada 3 lokasi penelitian selama 10 hari penelitian

Jan - 2026		Lokasi A		Lokasi B		Lokasi C	
Tanggal	Kondisi cuaca	Produksi (kWh)	Kondisi cuaca	Produksi (kWh)	Kondisi cuaca	Produksi (kWh)	
1	Cerah	9,6	Cerah	9,1	Cerah	10,3	
2	Cerah	9,7	Cerah	9,3	Cerah	9,2	
3	Cerah	7,5	Cerah	8,8	Cerah	9,7	
4	Cerah	12,1	Hujan	4,2	Hujan	5,8	
5	Cerah	11,2	Cerah	9,8	Cerah	9	
6	Cerah	10	Cerah	9,6	Cerah	9,3	
7	Cerah	9,2	Hujan	5,9	Hujan	3,8	
8	Cerah	9,1	Cerah	10,8	Cerah	9,6	
9	Cerah	8,9	Cerah	8,3	Cerah	8,4	
10	Hujan	2,9	Cerah	8,4	Cerah	8,8	
Total		90,2		84,2		83,9	

Hubungan linier antara perkiraan intensitas radiasi matahari berdasarkan tabel DNI dengan daya keluaran panel juga terkonfirmasi secara nyata. Puncak iradiasi sebesar 1.082 W/m², menghasilkan bentang PV dengan luasan efisiensi panel sebesar 20% telah menghasilkan daya panel maksimum total 12,1 kW, menandakan bahwa performa panel masih berada dalam karakteristik operasional yang baik.

Berdasarkan **Table 1** dapat dilihat bahwa pada kondisi cuaca cerah sepanjang hari, sistem PV menerima penyinaran matahari secara optimal dan suplai energi dari PV yang secara langsung dimanfaatkan oleh *freezer* berlangsung selama sekitar 10 jam. Pada kenyataannya cuaca mengalami perubahan dalam 10 hari penelitian yang dilakukan, dan pada saat cuaca hujan atau berawan *freezer* memperoleh pasokan sekitar 6 jam energi langsung dari modul PV, serta sisanya sebesar kurang lebih 18 jam *freezer* mendapat pasokan energi dari baterai. Dari hasil pemantauan diperoleh data berupa rata-rata konsumsi energi total dari ketiga *freezer* pada masing-masing lokasi adalah lokasi A: 263 Wh, lokasi B: 278 Wh, dan lokasi C: 272 Wh. Dari data tersebut diperoleh konsumsi energi harian untuk setiap lokasi, yang ditunjukkan oleh **Table 2**.

Perbandingan antara tabel produksi energi dengan tabel konsumsi energi dari *freezer* dapat dilihat bahwa terjadi surplus produksi energi pada ketiga lokasi. Perbandingan antara produksi sistem PV dan konsumsi untuk produksi es menunjukkan bahwa sistem fotovoltaik mampu memenuhi kebutuhan energi pada ketiga lokasi selama 10 hari periode pengamatan.

Pada lokasi A, selama 10 hari PV mampu menghasilkan energi listrik sebesar 90,2 kWh. Sementara itu penyerapan energi *freezer* yang langsung diperoleh dari PV pada siang hari sebesar 38,92 kWh atau sebesar 61,67% dari secara total 63,12 kWh. Sementara sisanya sebesar 24,22 kWh berasal dari baterai yang terjadi pada saat tidak ada sinar matahari di malam hari atau saat cuaca mendung.

Table 2. *Energy consumption for ice production from three freezers at three research sites***Tabel 2.** Konsumsi energi untuk produksi es dari 3 *freezer* di 3 lokasi penelitian

Jan – 2026 Tanggal	Konsumsi A (kWh)		Konsumsi B (kWh)		Konsumsi C (kWh)	
	Total	dari PV	Total	dari PV	Total	dari PV
1	6,31	3,68	6,67	3,89	6,72	3,78
2	6,31	3,68	6,67	3,89	6,72	3,78
3	6,31	4,73	6,67	3,89	6,72	3,78
4	6,31	3,68	6,67	4,20	6,72	3,78
5	6,31	3,68	6,67	3,89	6,72	3,78
6	6,31	3,68	6,67	3,89	6,72	3,78
7	6,31	3,68	6,67	5,00	6,72	3,78
8	6,31	3,68	6,67	3,89	6,72	3,78
9	6,31	3,68	6,67	3,89	6,72	3,78
10	6,31	2,9	6,67	3,89	6,72	3,78
Total	63,12	38,92	66,72	41,14	67,20	38,88

Lokasi B, total produksi energi PV mencapai 84,2 kWh, dengan pemanfaatan energi oleh *freezer* sebesar 66,72, dan dari jumlah tersebut yang langsung disalurkan ke *freezer* sebesar 41,14 kWh atau sebesar 61,67%. Sedangkan lokasi C menghasilkan 83,9 kWh, dengan pemanfaatan total *freezer* PV sebesar 67,20 dan langsung disalurkan ke *freezer* sebesar 38,88 kWh atau 67,86% dari total produksi energi. Hasil ini menunjukkan bahwa kontribusi PV terhadap konsumsi energi untuk produksi es tinggi. Sebagian besar energi yang diproduksi tersebut disalurkan untuk mengisi baterai yang energinya diserap oleh *freezer* pada saat panel PV tidak mendapat paparan sinar matahari seperti pada saat malam hari atau cuaca mendung yang minim sinar matahari.

Produksi dan Pemanfaatan Es

Hasil pengamatan terhadap proses pembekuan 200 liter air menjadi es yang siap dimanfaatkan atau didistribusikan, menunjukkan bahwa air setelah di masukan ke dalam *freezer* menjadi es sepenuhnya dalam waktu sekitar 20 jam. Proses pembekuan es berlangsung lebih cepat ketika hanya sejumlah kecil air yang dimasukkan ke dalam *freezer*, dan menjadi lebih lambat jika volume air yang harus dibekukan lebih banyak.

Menurut Djuanda *et al.* (2024) volume dan kecepatan pendinginan dari suatu mesin pendingin mempengaruhi konsumsi daya dari mesin pendingin tersebut. Meski pun tidak menunjukkan nilai yang signifikan hal ini sejalan dengan temuan di lokasi penelitian, yang menunjukkan bahwa pada lokasi C dengan produksi dan konsumsi es lebih tinggi dibanding kedua lokasi lain, juga telah memanfaatkan energi listrik lebih besar.

Hasil produksi es tersebut dikeluarkan setiap hari untuk digunakan oleh nelayan dalam operasi penangkapan, pengawetan ikan yang sudah didaratkan, mau pun kebutuhan rumah tangga. Sebagian lainnya dijual ke komunitas nelayan lain di sekitar lokasi. **Table 3** menunjukkan data produksi dan pemanfaatan es dari setiap lokasi selama periode penelitian pada 1-10 Januari 2026.

Secara agregat total produksi pada masing-masing lokasi selama 10 hari penelitian berada pada kisaran 4.470-5.400 liter. Sedangkan konsumsi es menunjukkan angka antara 4.170-5.300 liter. Data tabel juga menunjukkan secara total produksi dan konsumsi es menunjukkan kondisi seimbang, ada fluktuasi antara pemenuhan kebutuhan konsumsi dan produksi pada beberapa hari penelitian. Meskipun demikian secara keseluruhan, setiap hasil produksi es langsung diserap oleh nelayan di sekitar lokasi penelitian. Bahkan menurut keterangan yang diperoleh dari nelayan setempat, hasil produksi es tersebut juga diserap oleh nelayan dari daerah lain.

Table 3. *Energy consumption for ice production from three freezers at three research sites***Tabel 3.** Hasil produksi dan konsumsi es nelayan di 3 lokasi penelitian

Jan – 2026	Data Es Lokasi A		Data Es Lokasi B		Data Es Lokasi C	
Tanggal	Produksi (liter)	Konsumsi (liter)	Produksi (liter)	Konsumsi (liter)	Produksi (liter)	Konsumsi (liter)
1	600	450	600	500	600	550
2	450	400	500	600	550	600
3	400	320	600	420	600	500
4	320	600	420	550	500	600
5	600	400	550	400	600	600
6	400	600	400	550	500	450
7	600	400	550	350	450	600
8	400	300	400	600	600	500
9	300	400	600	400	500	500
10	400	300	400	500	500	400
Total	4.470	4.170	4.820	4.770	5.400	5.300

Terdapat indikasi yang menunjukkan bahwa kapasitas produksi es belum memenuhi 100% kebutuhan konsumsi di tiga lokasi penelitian. Hipotesis ini didasarkan pada informasi yang diperoleh dari wawancara nelayan, bahwa di daerah dengan kapal nelayan berukuran sekitar 8 GT melaut lebih jauh, sehingga dalam melakukan aktivitas mencari ikan mereka membutuhkan waktu lebih dari 3 hari. Oleh karena itu nelayan tersebut setidaknya harus membawa 150 liter es untuk satu kapal setiap kali melaut. Padahal di desa nelayan tersebut ada setidaknya 6-8 kapal sejenis. Sehingga pada dasarnya jumlah produksi tersebut belum baru memenuhi sekitar 47% kebutuhan nelayan setempat, terutama di lokasi B dan lokasi C yang berada di Tanimbar Utara.

KESIMPULAN DAN SARAN

Studi yang telah dilakukan di Kepulauan Tanimbar, Provinsi Maluku, menunjukkan bahwa selama 10 hari pengambilan data, pengoperasian sistem PV tidak menemui kendala berarti. Sistem dapat berjalan selama 24 jam penuh tanpa terinterupsi. Sehingga mampu mendukung kebutuhan energi bagi *freezer* untuk membekukan air menjadi es dan berproduksi secara kontinyu. Bahkan dari analisis penggunaan energi, masih ada kelebihan energi yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain. Karena itu dapat disimpulkan bahwa sistem ini menunjukkan potensi yang baik untuk aplikasi berkelanjutan di Tanimbar pada khususnya dan daerah terpencil lain.

Menurut *International Energy Agency* (2019) ketahanan energi pada prinsipnya adalah kemampuan suatu sistem pasokan energi untuk mengantisipasi, menyerap, dan melakukan proses pemulihan ketika terjadi hambatan pasokan energi. Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan energi surya dapat menjadi alternatif yang perlu dipertimbangkan untuk mendukung ketahanan energi di pulau terluar Indonesia.

Penyerapan hasil produksi dari 3 *freezer* dengan kapasitas produksi sekitar 600 liter per hari di setiap lokasi sistem produksi es berbasis tenaga surya mencapai 100%. Meskipun terjadi fluktuasi harian pada neraca produksi dan konsumsi es, tetapi perubahan tersebut hanya menunda penyerapan hasil produksi tanpa mengubah jumlah konsumsi harian. Dari hasil wawancara dan pengumpulan data konsumsi, diketahui adanya nelayan yang masih kesulitan mendapatkan es untuk pengawetan hasil tangkapannya. Sehingga produksi es di ketiga lokasi tersebut belum mampu memenuhi kebutuhan es

nelayan setempat, dan dapat ditingkatkan jumlahnya untuk memenuhi 100% kebutuhan nelayan di beberapa daerah di Kepulauan Tanimbar. Pemenuhan kebutuhan es tersebut diharapkan dapat menjaga kesegaran hasil tangkapan, yang menjadi faktor penting dalam menentukan mutu konsumsi dan nilai jual, sehingga sangat berdampak pada kesejahteraan nelayan (Arif *et al.* 2021).

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A. Z., Yoesgiantoro, D., dan Sasongko, N. A. 2026. Tantangan Distribusi dan Ketergantungan BBM dalam Mewujudkan Ketahanan Energi Pulau Wetar. *PENDIPA Journal of Science Education*, 10(1), 112–116. <https://doi.org/10.33369/pendipa.10.1.112-116>.
- Alifuddin F, dan Jamaaluddin. 2018. Implementasi Rumah Listrik berbasis Solar Cell. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 434: 012209.
- Amin MS, Emidiana, Kartika I, Irwansi Y. 2022. Penggunaan panel surya sebagai pembangkit listrik pada alat pengering makanan. *Jurnal Ampere*. 7(1): 15–21.
- Arif MI, Makhsud A, Sungkono. 2021. Perancangan cold storage berkapasitas 1 ton pada kapal nelayan tradisional. *J-Move* 3(1): 40–55.
- Aulia A, dan Ali M. 2023. Desain mesin refrigerasi kapasitas 1.400 kg untuk pabrik es nelayan. *STIMER – Seminar Nasional Teknik Mesin: Manufaktur, Energi, dan Material*.
- Budiman I, Wisudyawati D, dan Azzahra A. 2023. Penyebab dan dampak ekologis dari susut hasil produksi ikan di Indonesia. *BRIN*. 95–144.
- Djuanda, Muhsin Z., dan Tangnga, A. (2024). Analisis koefisien performa (Coefficient of Performance/COP) sistem refrigerasi berpendingin air. *International Journal of Scientific Engineering and Science*, 8(5), 114–117. ISSN 2456-7361. <http://ijses.com/>
- International Energy Agency (IEA). 2019. *Energy Security*. Paris: IEA. Diakses pada: <https://www.iea.org> [diunduh 18 Januari 2025].
- Megantoro P, Syahbani AS, Sukmawan IH, Perkasa SD, Vigneshwaran P. 2022. Effect of peak sun hour on energy productivity of solar photovoltaic power system. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. 11(5): 2443–2449.
- Nikawanti G, Aca R. 2021. Ecoliteracy: Membangun ketahanan pangan dari kekayaan maritim Indonesia. *Indonesian Journal of Maritime*. 2(2): 113–122.
- Pontoh SR, Manoppo VE, Kotambunan OV, Longdong FV, dan Dien CR. 2022. Studi penggunaan teknologi dan digitalisasi usaha Soma Pajeko di Desa Bolangitang Kecamatan Bolangitang Barat, Kabupaten Bolaang Mongondow Utara, Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Agribisnis Perikanan*. 10(2): 298–309.
- Wodi, S. I., dan Ijong, F. G. (2019). Identifikasi masalah penanganan pasca tangkap hasil perikanan di Pulau Lipang. *Jurnal Ilmiah Tindalung*, 5(2). <http://e-journal.polnustar.ac.id/jit/article/view/247/229>
- Wasistha BD, Brilyan Edward Muhammad Salam, Driantama Ibnu Wibawa, dan Mohammad Rizal. 2021. Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid di Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Jakarta. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro Volume 6 Tahun 2021*
- World Bank & Solargis. 2025. *Global Solar Atlas – Tampilan detail lokasi*. Diakses pada: <https://globalsolaratlas.info/detail?c=-8.053791,132.002106,9&s=-7.57405,131.422394&m=site&pv=small,0,9,3> [diunduh 12 Januari 2026]