

**NASKAH ORISINAL**

# **Bawean *Innovative Ice Maker for Economist Fish Cooling System (BIM-Fish)***

Suyanto<sup>1,\*</sup> | Ontoseno Penangsang<sup>2</sup> | Aulia Siti Aisjah<sup>1</sup> | Syamsul Arifin<sup>1</sup> | Katherin Indriawati<sup>1</sup> | Ruri Agung Wahyuono<sup>1</sup> | Bambang Lelono Widjiantoro<sup>1</sup> | Detak Yan Pratama<sup>1</sup> | Luthfansyah Mohammad<sup>1</sup> | Andri Haris Setyawan<sup>1</sup> | Muhammad Khamim Asyari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

## **Korespondensi**

\*Suyanto, Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: [suyantotf@gmail.com](mailto:suyantotf@gmail.com)

## **Alamat**

Laboratorium Sistem Tertanam dan Siber-Fisik, Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

## **Abstrak**

Pulau Gili timur adalah salah satu pulau yang belum mendapatkan akses listrik, padahal pulau ini dihuni oleh lebih dari 2000 jiwa. Mayoritas penduduk yang mendiami Pulau Gili timur bekerja sebagai nelayan. Tidak adanya listrik di pulau tersebut menyulitkan masyarakat memenuhi kebutuhan sehari-hari, terutama yang memiliki mata pencaharian sebagai nelayan. Es batu adalah salah satu bahan baku yang biasa digunakan untuk menjaga kesegaran ikan dan memiliki harga yang mahal area tersebut. Oleh karena itu diperlukan suatu inovasi berupa Bawean *innovative ice maker for economist fish cooling system (BIM-Fish)*. Rancang bangun dibuat dengan memanfaatkan energi baru terbarukan dan perangkat kelistrikan untuk membuat es batu nelayan. Metode penelitian menggunakan pendekatan implementasi tepat guna sehingga secara langsung dapat memberi dampak pada masyarakat setempat. Pengerjaan *BIM-Fish* membutuhkan waktu selama 4 bulan sampai tahap peresmian. Pemasangan sistem langsung bertempat di Pulau Gili Timur, Bawean, dengan proses dan target capaian yang telah sesuai dengan perencanaan. Dampak yang diperoleh masyarakat setempat adalah adanya penghematan biaya operasional berupa pembelian es batu untuk kebutuhan pengolahan hasil tangkapan ikan. Besar penghematan tersebut adalah Rp. 450.000,- per-harinya, dengan estimasi sistem dapat bekerja secara optimal lebih dari 2 tahun.

## **Kata Kunci:**

*Green Energy, Panel Surya, Freezer, Es Batu, Nelayan Ikan Laut.*

## 1 | PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia mempunyai visi untuk mengalirkan listrik ke seluruh pelosok negeri. Dalam 2 tahun terakhir (2017-2019) sekitar 7 juta rumah tangga baru telah menikmati listrik. Pemerintah telah menargetkan rasio elektrifikasi nasional sebesar 100% pada tahun 2020<sup>[1]</sup>. Data dari kementerian ESDM pada tahun 2020 menunjukkan bahwa, pemerintah belum berhasil mencapai nilai rasio sebesar 100%. Menurut kementerian ESDM Tahun 2020 masih ada 433 desa di Indonesia yang belum mendapatkan akses listrik<sup>[2]</sup>. Desa- desa tersebut kebanyakan terletak di wilayah 3T (terdepan, terluar dan tertinggal) yang tidak terjangkau jaringan listrik (*grid*) terutama di wilayah kepulauan kecil.

Penduduk Desa Sidogedungbatu Kecamatan Sangkapura Kabupaten Gresik adalah salah satu dari 433 Desa di Indonesia yang belum mendapatkan akses listrik<sup>[3-5]</sup>. Desa Sidogedungbatu berlokasi di Pulau Gili Timur yang berada di tengah Laut Jawa. Pulau Gili Timur hanya dihuni oleh satu desa, yaitu Desa Sidogedungbatu yang berjumlah 700 kepala keluarga<sup>[6]</sup>.

Pulau Gili timur ini berjarak 2,3 km dari Pulau Bawean dan dipisahkan oleh Laut Jawa. Lokasi Pulau Gili timur yang cukup jauh dari Pulau Bawean menyebabkan pemerintah sulit untuk mendistribusikan listrik dari pembangkit listrik yang berada di Pulau Bawean. Pendistribusian listrik melalui bawah laut yang membutuhkan biaya instalasi yang sangat besar adalah faktor utama mengapa sampai saat ini masyarakat Desa Sidogedungbatu belum mendapatkan akses listrik dari pemerintah<sup>[7]</sup>. Mayoritas penduduk Desa Sidogedungbatu di Pulau Gili Timur bekerja sebagai nelayan. Hasil laut di Pulau Gili Timur sangat melimpah. Semua jenis ikan bisa dijumpai seperti tongkol, kakap, teri, cumi-cumi, tripang, kepiting dan lobster. Nelayan di Desa Sidogedungbatu umumnya menjual hasil tangkapan ikannya ke Pulau Bawean atau bahkan Pulau Jawa melalui pengepul yang ada di dermaga Pulau Gili Timur. Tidak adanya listrik yang masuk di Pulau Gili Timur menyebabkan permasalahan bagi masyarakat yang bekerja sebagai nelayan di Desa Sidogedungbatu.

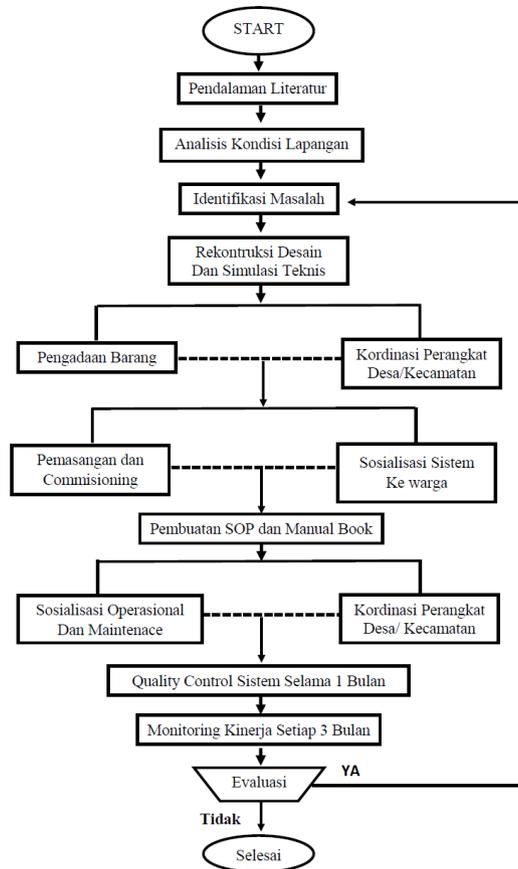
Kesulitan utama yang dirasakan nelayan adalah tidak adanya ketersediaan es batu di Pulau Gili Timur, padahal es batu sangat dibutuhkan nelayan untuk menjaga ikan hasil tangkapan agar tetap segar. Hal itu dikarenakan tidak ada energi listrik untuk menyalakan kulkas ataupun *ice maker* pada Pulau Gili Timur. Keadaan itu menyebabkan nelayan pada Pulau Gili Timur terpaksa membeli es batu ke pulau lain, yaitu Pulau Bawean. Jarak tempuh dari Pulau Gili Timur ke Pulau Bawean yang cukup jauh yaitu sekitar 2,3 KM serta harga es batu yang cukup tinggi tentu saja sangat memberatkan ekonomi para nelayan di Pulau Gili Timur. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu teknologi tepat guna berupa Bawean *innovative ice maker for economist fish cooling system* (BIM-Fish).

## 2 | METODOLOGI

Untuk mempermudah pengerjaan dan menjamin ketercapaian, dibutuhkan langkah strategis yang dirangkum pada diagram alir pada Gambar 1. Secara umum, sistem yang diusulkan adalah hasil perencanaan, perhitungan, dan simulasi yang dibangun berdasarkan referensi serta estimasi yang saintifik<sup>[8]</sup>. Proses perencanaan akan dibuat dan diawasi secara langsung oleh tim pengabdian dan *engineer* yang memiliki latar belakang keilmuan yang sesuai. Selain itu, proses uji coba akan diawasi dan dimonitor berdasarkan standar-standar yang telah ditentukan. Kontrol terhadap kualitas juga akan dilaksanakan dalam periode waktu tertentu untuk menjamin keberlangsungan operasional pembangkit energi listrik dan produksi es batu nelayan.

Perancangan sistem elektrik dan mekanik disesuaikan dengan kebutuhan perhitungan simulasi dan kondisi di lapangan. Pada perancangan elektrik, fokus pengerjaan berada pada *power source*, *inverter*, proteksi, dan pembebanan. *Power source* terdiri atas panel surya dan perangkatnya. *Inverter* terdiri atas modul *inverter* dan *solar charge controller* beserta perangkatnya. Proteksi mencakup sistem *grounding*, *circuit breaker* DC-AC, dan perangkatnya. Serta pembebanan yang terdiri atas *freezer* BIM-Fish dan perangkat manajemen energinya. Dalam hal ini, seluruh komponen yang diperlukan berhasil didapatkan sesuai dengan kebutuhan. Secara umum, spesifikasi sistem utama yang akan digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.

Perangkat *power source* yang digunakan hanya bersumber dari panel surya dengan spesifikasi seperti yang tertera pada gambar SS. Sesuai kebutuhan, panel surya yang digunakan adalah Si-*monocrystalline* dengan tiap modul panel suryanya berkapasitas 450 Wp. Menyesuaikan dengan spesifikasi *inverter*, panel surya dihubungkan secara *parallel* agar nilai tegangan tidak melebihi limit maksimum yang ditentukan. Berdasarkan *nameplate* yang tertera, setiap modulnya memiliki tegangan dan arus MPP sebesar 38 volts dan 21 ampere. Dengan menggunakan panel surya sesuai spesifikasi, secara ideal, produksi daya listrik diestimasi dapat mencapai 900 Watts. Modul *inverter* yang digunakan menyesuaikan kebutuhan sistem BIM-Fish dan kapasitas *power*



Gambar 1 Tahapan pengerjaan BIM-Fish.

<b>PV Array Characteristics</b>		Si-mono	Model	M450 Wp 144 cells	
<b>PV module</b>		Manufacturer	Amso Solar		
Original PV/syst database		In series	1 modules	In parallel	2 strings
Number of PV modules		nb. modules	2	Unit Nom. Power	450 Wp
Total number of PV modules		Nominal (STC)	900 Wp	At operating cond.	809 Wp (50°C)
Array global power		U mpp	38 V	I mpp	21 A
Array operating characteristics (50°C)		Module area	4.4 m <sup>2</sup>	Cell area	4.0 m <sup>2</sup>
Total area					
<b>System Parameter</b>		System type	Stand alone system		
<b>Battery</b>		Model	MPG 12V 150 F		
Battery Pack Characteristics		Manufacturer	Narada		
		Nb. of units	4 in parallel		
		Voltage	12 V	Nominal Capacity	600 Ah
		Discharging min. SOC	20.0%	Stored energy	5.9 kWh
		Temperature	Fixed (30°C)		
<b>Controller</b>		Model	Universal controller with MPPT converter		
		Technology	MPPT converter	Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.
Converter		Maxi and EURO efficiencies	97.0 / 95.0%		
Battery Management control		Threshold commands as	SOC calculation		
		Charging	SOC = 0.90 / 0.75	approx.	13.4 / 12.7 V
		Discharging	SOC = 0.20 / 0.45	approx.	11.8 / 12.3 V

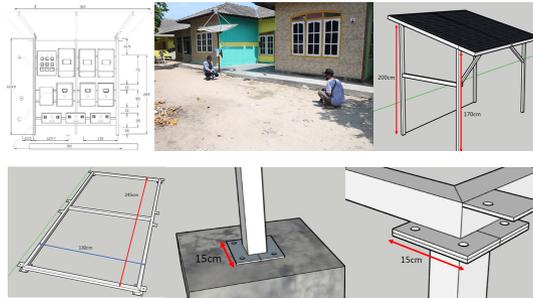
Gambar 2 Spesifikasi sistem BIM-Fish.

source. Dalam hal ini, *inverter* yang digunakan memiliki kapasitas 1000 W dengan tegangan *input* dari baterai sebesar 12 volt. *Inverter* yang digunakan juga memiliki jenis *hybrid* dimana dapat menggunakan jaringan listrik PLN untuk memberi tambahan daya pada sisi keluaran *inverter*.

Baterai merupakan salah satu komponen utama yang berfungsi sebagai *energy storage* atau tempat penyimpanan energi yang dihasilkan oleh panel surya. Baterai memegang peranan penting dalam sistem *off-grid* mengingat panel surya tidak akan beroperasi selama 24 jam<sup>[9]</sup>. Baterai akan berfungsi secara penuh pada saat iradiasi matahari lebih kecil dari kebutuhan sistem, atau saat panel surya tidak beroperasi. Beban BIM-Fish adalah lemari pendingin atau kulkas yang harus beroperasi selama 24 jam, dan baterai adalah komponen yang bertanggung jawab agar *inverter* dapat terus menyalurkan energi ke beban. Baterai yang

digunakan berjenis VRLA dengan spesifikasi teknis tiap unitnya memiliki tegangan terminal sebesar 12 volt dan kapasitas sebesar 150 Ah. Untuk menunjang kinerja secara maksimal, baterai menggunakan 4 unit yang dirangkai secara *parallel*. Penentuan rangkaian seri atau *parallel* dari baterai ditentukan berdasarkan spesifikasi tegangan *inverter* yang mengharuskan tegangan baterai tidak lebih dari 17 volt. Dengan tegangan dan kapasitas baterai tersebut, diharapkan baterai dapat menyimpan energi paling sedikit 4320 Wh<sup>[10, 11]</sup>.

Desain rancang mekanik terbagi menjadi 2 bagian besar. Yaitu mekanik bagian untuk *support* panel surya, dan bagian mekanik untuk *support* baterai-panel kelistrikan. Pada bagian *support* panel surya. Selain itu, desain CAD mekanik untuk *support* baterai-panel kelistrikan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Desain CAD mekanik.

### 3 | HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 | Hasil Feasibility Study

Lokasi instalasi berada pada latitude  $-5.79 \text{ deg south}$ , dengan  $latitude 112.74 \text{ deg east}$ . Oleh karena itu, untuk memvalidasi data potensi energi, khususnya tingkat dan karakteristik perubahan iradiasi matahari, digunakan sebuah pendekatan berbasis *software* bernama PVSYST. Hasil simulasi menggunakan PVSYST ditampilkan pada Gambar 4.

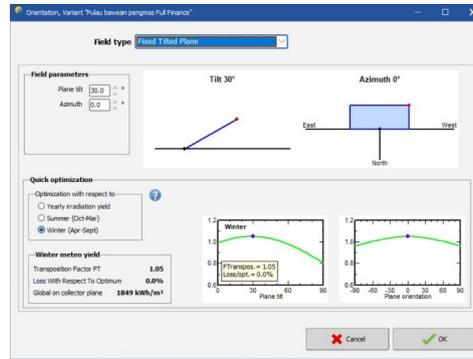
Pulau bawean pengmas Full Finance  
Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	105.1	77.5	56.9	0.01	18.27	56.87	75.14	0.757
February	114.3	90.9	66.8	0.00	6.38	61.49	67.87	0.906
March	137.3	118.1	87.4	11.99	0.00	75.14	75.14	1.000
April	134.9	126.5	92.1	15.16	0.78	71.94	72.72	0.989
May	151.5	152.3	111.4	33.63	0.00	75.14	75.14	1.000
June	149.0	156.6	114.4	38.41	0.00	72.72	72.72	1.000
July	157.4	161.4	118.5	40.30	0.00	75.14	75.14	1.000
August	168.1	166.6	122.6	44.07	0.00	75.14	75.14	1.000
September	170.9	156.6	115.1	39.54	0.00	72.72	72.72	1.000
October	171.9	142.3	108.9	36.60	0.00	75.14	75.14	1.000
November	194.3	139.1	103.0	22.28	0.00	72.72	72.72	1.000
December	109.8	79.2	58.1	0.03	13.95	61.19	75.14	0.814
Year	1764.3	1567.0	1151.1	276.11	39.38	845.38	884.76	0.955

Legends: GlobHor Global horizontal irradiation E\_Miss Missing energy  
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings E\_User Energy supplied to the user  
 E\_Avail Available Solar Energy E\_Load Energy need of the user (Load)  
 EUnused Unused energy (battery full) SolFrac Solar fraction (EUsed / ELoad)

Gambar 4 Hasil simulasi menggunakan PVSYST.

Panel surya yang digunakan adalah jenis *Si-Monocrystalline* dengan kapasitas kebutuhan total sebesar 900 Wp. Sistem akan memproduksi daya secara ideal saat modul panel surya mendapat level iradiasi dan suhu yang sesuai dengan kondisi standar *test condition*. Baterai yang digunakan adalah jenis VRLA dengan tegangan *charging* sebesar 12 volts dengan kapasitas 150 Ah yang diparalel sebanyak 4 unit. Berdasarkan pertimbangan penentuan titik lokasi pemasangan sistem *BIM-Fish*, ditentukan derajat kemiringan panel surya sebesar 30 derajat ke arah utara tegak lurus menghadap matahari seperti yang ada pada Gambar 5.



**Gambar 5** Hasil simulasi derajat kemiringan panel surya.

**Tabel 1** Hasil Perbandingan PVSYSYST dengan Pengukuran

Jam (WIB)	Software PVSYSYST (W/m2)	Pengukuran Langsung (W/m2)
09.00	1218	856
10.17	1379	1008
11.24	1402	1126
13.02	1376	972
14.46	1194	748
15.29	851	683

**Tabel 2** Hasil Perbandingan PVSYSYST dengan Pengukuran

No.	Nama Alat atau Komponen	Kuantitas	Estimasi <i>Lifetime</i> (Tahun)
1	Panel Surya 400 Wp	2 unit	15
2	Inverter Hybrid 1 KVA	1 unit	4
3	Baterai VRLA Shoto 150 Ah 12 Volt	4 unit	2.5
4	Kulkas Freezer 150 Kg 80 Watt	1 unit	5
5	Sistem Proteksi Kelistrikan	1 set	8
6	Kabel dan Terminal	1 set	10
8	Mekanik Support Tiang dan Baterai	1 set	20
9	Cor semen ballast mekanik	1 set	25

### 3.2 | Estimasi Operasional

Untuk mengetahui perubahan efektifitas operasional BIM-Fish terhadap waktu, diperlukan analisis lifetime masing-masing peralatan secara ideal. Beberapa estimasi lifetime peralatan ini dibuat berdasarkan masa garansi yang dikeluarkan oleh manufaktur yang bertugas memproduksi dan mengedarkan peralatan. Tabel 2 menyajikan nama peralatan dan juga estimasi lifetime yang dimiliki.

Sehingga, berdasarkan jumlah peralatan dan masing-masing estimasi lifetime, maka diperlukan adanya periodic cek dan maintenance secara rutin agar nilai lifetime dapat terjaga sesuai estimasi. Sistem cek dan maintenance yang diperlukan dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil akhir pekerjaan sistem BIM-Fish secara visual dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6** Hasil akhir instalasi sistem BIM-Fish di *plant-site*.

**Tabel 3** Hasil Perbandingan PVSYST dengan Pengukuran

No.	Nama Alat/Komponen	Periode Perawatan (Bulan)	Rekomendasi Perawatan
1	Panel Surya 400 Wp	3	Pembersihan permukaan panel surya (dicuci dan dilap), pengecekan fisik, pengecekan sambungan kabel belakang
2	Inverter Hybrid 1 KVA	2	Pembersihan dari debu (tidak boleh menggunakan cairan), pengecekan sambungan, pengukuran (tegangan dan arus listrik menggunakan multimeter)
3	Baterai VRLA Shoto 150 Ah 12 Volt	2.5	Pengecekan sambungan kabel dan terminal, pengukurang tegangan
4	Kulkas Freezer 150 Kg 80 Watt	5	Mengkurus dan mencuci dinding dalam kulkas
5	Sistem Proteksi Kelistrikan	8	Pengecekan fungsionalitas (sambung putus alat) menggunakan multimeter
6	Kabel dan Terminal	10	Pengecekan kondisi isolasi, pengecekan sambungan dan fisik, pengecekan korosi/karat
8	Mekanik Support Tiang dan Baterai	20	Pengecekan kondisi fisik, pengecekan sambungan (mur-baut), pengecekan korosi/karat
9	Cor semen ballast mekanik	25	Pengecekan kondisi fisik, pengecekan potensi retak, pengecekan tekstur

## 4 | KESIMPULAN

Suatu teknologi tepat guna berupa Bawean *innovative ice maker for economist fish cooling system* (BIM-Fish) telah berhasil diimplementasikan di Desa Sidogedungbatu, Pulau Gili Timur. BIM-Fish menggunakan panel surya Si-Monocrystalline dengan kapasitas kebutuhan total sebesar 900 Wp. Baterai yang digunakan adalah jenis VRLA dengan tegangan charging sebesar 12

volts dengan kapasitas 150 Ah yang diparalel sebanyak 4 unit. Periodic cek dan *maintenance* secara rutin diperlukan agar nilai *lifetime* dapat terjaga sesuai estimasi.

## 5 | UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian masyarakat ini didukung oleh DRPM ITS dan Mitra Kerja Rinnofasco.

## Referensi

1. PLN. Annual Report. Jakarta: PT PLN(PERSERO) 2020;.
2. ESDM. Buletin Ketenaga Listrikan. Jakarta: Kementerian ESDM 2020;.
3. ESDM. Buku Instalasi PLTS Do Don't. Jakarta: Kementerian ESDM 2018;.
4. ESDM. Peraturan Menteri ESDM Nomor 49 Tahun 2018 Tentang PLTS Atap. Jakarta: Kementerian ESDM 2018;.
5. ESDM. Statistik ketenagalistrikan 2016. Jakarta: Kementerian ESDM 2016;(19).
6. BPS. Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS) 2015. <https://sirusbps.go.id/index.php/dasar/pdf?kd=2th=2015> 2015;.
7. IERS. Laporan Status Energi Bersih Indonesia. Jakarta: Institute for Essential Services Reform (IERS) 2018;.
8. Sunaryo SJ. Analisis daya listrik yang dihasilkan panel surya ukuran 216 cm X 121 cm berdasarkan intensitas cahaya. Prosiding Simposium Nasional Teknologi Terapan Ii, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau 2014;.
9. Bergveld HJ, Kruijt WS, Notten PH. Battery management systems. In: Battery Management Systems Springer; 2002.p. 9–30.
10. Nguyen D, Lehman B. An adaptive solar photovoltaic array using model-based reconfiguration algorithm. IEEE Transactions on industrial Electronics 2008;55(7):2644–2654.
11. Geethalakshmi B, Sreeram P. Modeling and analysis of an integrated PV array and SEPIC converter. In: 2014 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT) IEEE; 2014. p. 76–80.

**Cara mengutip artikel ini:** Suyanto, Penangsang, O., Aisjah, A.S., Arifin, S., Indriawati, K., Wahyuono, R.A., Widjiantoro, B.L., Pratama, D.Y., Mohammad, L., Setyawan, A.H., Asyari, M.K., (2022), Bawean *Innovative Ice Maker for Economist Fish Cooling System (BIM-Fish)*, *Jurnal Sewagati*, 6(1):85–91.