

**NASKAH ORISINAL**

# Perancangan Instalasi Pengolahan Karagenan berbasis Komunitas Pesisir dengan Energi Terbarukan

Sjarief Widjaja<sup>1,\*</sup> | Siti Nurkhamidah<sup>2</sup> | Irfan Syarief Arif<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

**Korespondensi**

\*Sjarief Widjaja, Departemen Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: [sjarief@na.its.ac.id](mailto:sjarief@na.its.ac.id)

**Alamat**

Laboratorium Teknologi Kapal Digital, Departemen Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

**Abstrak**

Konsep ekonomi biru merupakan program pembangunan yang menyelaraskan pertumbuhan ekonomi, keadilan sosial, dan lingkungan yang berkelanjutan. Di desa-desa pesisir, pertumbuhan ekonomi dapat didorong dengan memilih produk berbasis lokal yang bernilai tinggi dan kompetitif, memilih proses produksi yang bersih dengan energi terbarukan dan melibatkan masyarakat yang tinggal di wilayah pesisir. Pengabdian masyarakat dilaksanakan di Desa Talango, Pulau Poteran, Sumenep, Jawa Timur dengan memilih komoditas rumput laut sebagai komoditas utama, yang untuk selanjutnya diolah menjadi karagenan. Perancangan dan pembangunan instalasi pengolahan karagenan berbasis komunitas pesisir untuk tahap awal dilakukan pada skala laboratorium, untuk memastikan bahwa proses pengolahan karagenan dapat berjalan dengan baik dengan mencapai mutu yang baik pula. Dukungan energi listrik diperoleh melalui sumber energi terbarukan yaitu *Solar Photovoltaic* (PV), dan dirancang dan dipasang secara terpadu pada instalasi pengolahan karagenan. Pengabdian masyarakat ini didukung oleh kerjasama antara DRPM ITS Surabaya dengan Fakultas Pertanian, Universitas Wiraraja, Sumenep sebagai lembaga kemitraan, dan melibatkan masyarakat pesisir yang tinggal di Pulau Poteran. Pada tahap akhir dilaksanakan pelatihan kepada masyarakat pesisir dan komunitas mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Wiraraja, Sumenep. Hasilnya, model instalasi pengolahan karagenan berbasis komunitas pesisir tersebut dapat menjawab tantangan upaya hilirisasi produk rumput laut, memberikan nilai tambah, mendorong kemandirian energi, serta membuka lapangan kerja bagi masyarakat sekitar. Pola pengolahan rumput laut menjadi produk karagenan merupakan hal baru bagi masyarakat, sehingga perlu dilakukan ada proses sosialisasi, pemantauan, dan pengendalian mencakup keseluruhan proses produksi karagenan dari hulu hingga hilir sehingga dapat menjamin hilirisasi berjalan baik.

**Kata Kunci:**

Karagenan, Komunitas Pesisir, Listrik, Pengolahan, Rumput Laut.

## 1 | PENDAHULUAN

### 1.1 | Latar Belakang

Pada komunitas masyarakat pesisir, pertumbuhan ekonomi dapat dicapai dengan memilih produk berbasis lokal yang bernilai tinggi dan kompetitif, memilih proses produksi yang bersih dengan energi terbarukan, dan melibatkan masyarakat yang tinggal di wilayah pesisir. Untuk mempromosikan konsep ini, dipilih produk rumput laut, dan desa Talango, pulau Poteran, kabupaten Sumenep, Jawa Timur dipilih sebagai proyek percontohan model instalasi pengolahan karagenan berbasis komunitas pesisir dengan energi terbarukan yaitu *solar PV*<sup>[1]</sup>.

Rumput laut *Eucheuma cottonii* memiliki berbagai keunggulan seperti mudah dibudidayakan, masa budidaya pendek, biaya operasional rendah, proses ramah lingkungan, dan mudah dipasarkan. Rumput laut adalah jenis tanaman laut alga, sejenis ganggang multi-seluler dari kelompok divisi Thallophyta. Pemanfaatan rumput laut sebagai bahan pangan, kosmetik, dan obat tradisional telah lama dikenal oleh masyarakat, sedangkan pemanfaatannya sebagai bahan industri yang memungkinkan untuk diekspor atau bahkan sebagai bahan energi alternatif baru dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir<sup>[2] [3]</sup>.

Karagenan merupakan senyawa yang termasuk dalam kelompok polisakarida galaktosa yang diekstrak dari rumput laut. Karagenan dapat diekstraksi dari *protein* rumput laut dan *lignin* dan dapat digunakan dalam industri makanan karena sifatnya yang seperti *gel*, sifat mengentalkan, dan menstabilkan bahan utama. K-karagenan sebagian besar diekstraksi dari alga merah *Kappaphycus alvarezii*, yang dikenal sebagai *Eucheuma cottonii*, sedangkan *ι*-karagenan dihasilkan dari *Eucheuma denticulatum*, juga dikenal sebagai *Eucheuma spinosum*. Karagenan mencakup hingga 50% berat kering rumput laut. Hasil karagenan tergantung pada cara budidaya rumput laut, umur rumput laut (waktu panen), penanganan pasca panen rumput laut termasuk penyimpanan dan distribusi, serta cara ekstraksi<sup>[4]</sup>.

Pengabdian Masyarakat ini dimaksudkan untuk mengembangkan model industri pengolahan karagenan berbasis komunitas pesisir dengan energi terbarukan, dengan melaksanakan uji coba perancangan dan pembangunan instalasi pengolahan karagenan dalam skala kecil dan berbasis komunitas dengan menggunakan sumber energi listrik terbarukan, yaitu *Solar Photovoltaic (PV)*<sup>[5] [6]</sup>.

### 1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas, sehingga terdapat beberapa permasalahan terkait pemanfaatan rumput laut menjadi produk karagenan, sebagai berikut:

- Bagaimana cara mengoperasikan serangkaian instalasi pengolahan *carrageenan* terpadu yang terdiri atas budidaya rumput laut modern, kubah pengeringan rumput laut berkualitas tinggi, instalasi pengolahan karagenan bersih, dan energi bersih terbarukan.
- Bagaimana membangun institusi usaha dan kelembagaan yang berbasis Masyarakat dengan memberikan kemanfaatan bagi pengelola dan Masyarakat.
- Bagaimana memasarkan produk luaran *carrageenan* yang berkualitas tinggi dan berdaya saing.

Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, maka program pengabdian Masyarakat ini memiliki 3 (tiga) tujuan antara lain:

- Menyusun standar operasi dan prosedur (SOP) pengoperasian dan pemeliharaan serangkaian unit produksi tersebut secara terpadu dan berkelanjutan, serta melaksanakan sosialisasi dan pelatihan untuk melaksanakan SOP tersebut.
- Menyusun dan membentuk lembaga pengelola usaha berbasis desa/ institusi Pendidikan, dalam hal ini adalah Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) An Nuraniyah Padike yang dapat menjalankan operasi instalasi pengolahan *carrageenan* secara mandiri dan berkelanjutan.
- Membangun infrastruktur *on-line* untuk pemasaran/ *e-market* untuk mengembangkan kesepakatan jangka panjang antara *producers* dan pembeli produk karagenan secara untuk memastikan kepastian serapan pasar.

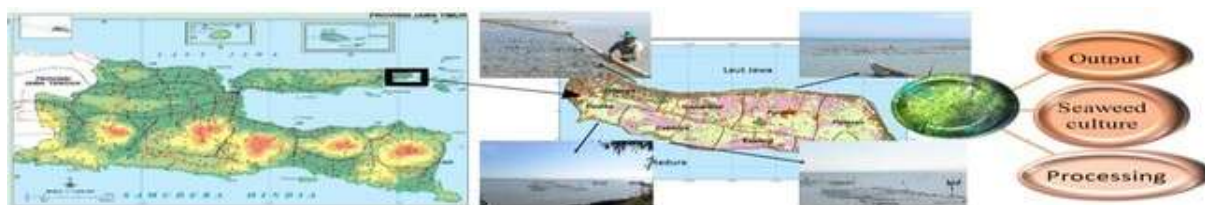
### 1.3 | Target Luaran

Luaran dari kegiatan ini antara lain:

1. Instalasi produksi *carrageenan* berbasis digital yang terpadu dan berkelanjutan berbasis kemandirian masyarakat.
2. Keterlibatan institusi pendidikan yaitu Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) An Nuraniyah Padike, Universitas Wiraraja dan masyarakat pesisir desa Padike, kecamatan Talango, Sumenep, Jawa Timur.
3. Paket perangkat lunak *e-carrageenan market* yang dapat diajukan paten, serta menjadi media pemasaran produk *carrageenan* Jawa Timur dan secara nasional.

## 2 | TINJAUAN PUSTAKA

Komoditas rumput laut memberikan kontribusi nilai ekonomi yang tinggi baik bagi perekonomian dalam negeri maupun sebagai komoditas ekspor. Menurut data BPS, total produksi rumput laut Jawa Timur pada tahun 2019 sebanyak 686.203 ton, sedang di gambar 1, terlihat produksi rumput laut di Kabupaten Sumenep mencapai 569.000 ton/tahun, dengan total produksi di Pulau Poteran sebesar 58.000 ton. Cara budidayanya umumnya menggunakan keramba apung dan waktu produksinya bisa mencapai 5 kali siklus produksi dalam setahun. Volume rumput laut yang diekspor pada tahun 2020 sebanyak 195.574 ton dengan nilai USD279,58 juta, dan pada tahun 2021 meningkat menjadi 225.612 ton dengan nilai USD345,11 juta. Nilai komoditas rumput laut kering sebesar Rp. 20.000/kg sedangkan untuk karagenan sekitar Rp. 245.000/kg. Dengan perbedaan harga yang cukup besar, pengolahan lebih lanjut rumput laut menjadi produk karagenan merupakan program yang menarik untuk dikembangkan<sup>[7]</sup>.



**Gambar 1** Sentra budidaya rumput laut di pulau Poteran, Sumenep, Madura.

Rumput laut merupakan tumbuhan laut jenis alga, sejenis ganggang multi seluler golongan divisi thallophyta. Rumput laut merupakan tumbuhan laut jenis alga, sejenis ganggang multi seluler golongan divisi thallophyta. Rumput laut merupakan tumbuhan laut jenis alga, sejenis ganggang multi seluler golongan divisi thallophyta<sup>[7]</sup>. Umumnya ketiga hasil metabolit sekunder tiga jenis rumput laut di atas memiliki fungsi yang sama dalam dunia industri yaitu digunakan sebagai bahan pengental, pensuspensi, penstabil dan pengemulsi. Pemanfaatan rumput laut sebagai bahan makanan, kosmetika dan obat-obatan tradisional sudah lama dikenal oleh masyarakat. Sedangkan pemanfaatannya sebagai bahan industri yang memungkinkan untuk diekspor atau bahkan sebagai bahan energi alternatif (*blue ocean energy*) baru berkembang dalam beberapa tahun terakhir ini, sehingga merangsang pengembangan untuk budidaya rumput laut<sup>[2]</sup>.

Karagenan merupakan senyawa yang termasuk kelompok polisakarida galaktosa hasil ekstraksi dari rumput laut. Sebagian besar karagenan mengandung natrium, magnesium, dan kalsium yang dapat terikat pada gugus ester sulfat dari galaktosa dan kopolimer 3,6-anhydro-galaktosa. Karagenan banyak digunakan pada sediaan makanan, sediaan farmasi dan kosmetik sebagai bahan pembuat gel, perenyah, pengental atau penstabil. Karagenan dapat diekstraksi dari *protein* dan *lignin* rumput laut dan dapat digunakan dalam industri pangan karena karakteristiknya yang dapat berbentuk gel, bersifat mengentalkan, dan menstabilkan material utamanya. K-karagenan sebagian besar diekstraksi dari alga merah *Kappaphycus alvarezii*, yang dikenal sebagai *Eucheuma cottonii*, sedangkan *ι*-karagenan dihasilkan dari *Eucheuma denticulatum*, juga dikenal sebagai *Eucheuma spinosum*. *λ*-Carrageenan diperoleh dari rumput laut dalam genus *Gigartina* dan *Chondrus*. Karagenan terdiri hingga 50% dari berat kering rumput laut. Rendemen karagenan bergantung pada metode budidaya rumput laut, rumput laut umur (waktu panen), penanganan rumput laut setelah panen termasuk penyimpanan dan distribusi, dan metode ekstraksi<sup>[8][9][4]</sup>.

Dalam budidaya rumput laut selain tergantung pada musim dan kesesuaian lahan yang tepat, antara lain metode yang digunakan. Metode yang kurang tepat dapat mengakibatkan produksi menurun dan kualitas rumput laut kurang maksimal<sup>[10]</sup>. Dua metode yang biasa digunakan dalam budidaya rumput laut adalah metode apung dengan *monoline/longline* dan metode *fix-off bottom* (Gambar 2a dan 2b)<sup>[11]</sup>.



a). Metode Floating longlines budi daya cottonii (*K. alvarezii*)



b) Metode Fix-off bottom culture of sacol green (*K. striatum*)

**Gambar 2** Metode Budidaya Rumput Laut<sup>[10]</sup>.

Metode-metode ini memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Dalam metode *floating*, rumput laut diperbolehkan berada di air laut sepanjang hari, sementara kultur dasar *fix-off* memungkinkan rumput laut terpapar ke udara lebih lama saat air surut. Kondisi ini mungkin mempengaruhi kandungan karagenan rumput laut<sup>[12]</sup>. Oleh karena itu, metode kultur yang tepat harus dipertimbangkan sehubungan dengan kondisi lingkungan dan produk yang dimaksudkan. Selain itu keberhasilan budidaya dipengaruhi oleh kemampuan penguasaan teknologi, fasilitas pengolahan hasil hasil budidaya laut. Faktor lain yang mempengaruhi kualitas karagenan yaitu metode ekstraksi. Beberapa jenis ekstraksi karagenan antara lain ekstraksi konvensional menggunakan air dan alkali. Beberapa penelitian terakhir sedang dikembangkan yaitu menggunakan *microwave-assisted extraction* (MAE) dan ekstraksi karagenan secara enzimatik menggunakan enzim selulosa<sup>[13]</sup>.

### 3 | METODE KEGIATAN

Pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat dimulai dengan berbagai rapat koordinasi antara anggota tim, serta perancangan awal tentang penyusunan SOP, pembentukan kelembagaan, rancangan program pelatihan, pemasangan instalasi air bersih, serta perancangan perangkat lunak untuk aplikasi *e-market*. Beberapa tahapan langkah dapat digambarkan pada skema kerja pengabdian kepada masyarakat sebagai berikut pada Gambar 3.

#### Stasiun 1 – Instalasi Pengolahan Karagenan

Pada tahap awal, proses pengolahan karagenan dilaksanakan di laboratorium, lihat gambar 2, dan untuk selanjutnya, melaksanakan perancangan dan pemasangan peralatan pengolahan karagenan dengan estimasi kapasitas produksi, tahapan proses pengolahan, tata letak peralatan, serta daftar peralatan yang akan dipasang pada instalasi pengolahan karagenan, sedang pasokan listrik diperoleh dengan mengoptimalkan potensi keluaran instalasi energi terbarukan dengan menggunakan *solar PV*, yang akan terpasang pada instalasi pengolahan karagenan di wilayah pesisir.

Uji coba produksi dilakukan pada suhu 80°C untuk pengendapan Alkali dan dihasilkan 50 gram tepung karagenan dari 100 gram rumput laut kering.



**KONDISI OPERASI PROTOTYPE:**  
 Suhu 80 °C untuk pengendapan dengan KCl

Suhu	Pengendapan	Berat Bahan (gram)	Berat Sampel (gram)	Rendermen (min. 25%)	Kadar Air (maks 15%)	Kadar Abu (15-40%)	Viskositas (Mpa.s)	TRUE Density	Viskositas (cP) (min. 5 cP)
	Karapinan Organik				5.5	27.878	21.5		
	Kappa Karapinan				3.78	52.12	23		
30°C	Tanga	50	3.105	6.21%	15.72	16.834	86	0.398	216.080
	Alkohol	50	7.01	14.02%	13.85	18.083	92	0.464	198.082
	KCl	50	6.73	13.46%	12.69	19.65	117	0.479	244.075
	Isopropanol	50	5.027	10.05%	12.48	19.517	87	0.426	204.356
80°C	Tanga	50	3.036	6.07%	14.1	22.687	84	0.409	205.178
	Alkohol	50	4.844	9.69%	13.01	22.188	113.5	0.403	281.826
	KCl	50	9.05	18.10%	12.56	21.307	120	0.386	310.964
	Isopropanol	50	4.28	8.56%	13.45	14.447	76.5	0.392	195.116

**Yield (%) vs. Precipitation**

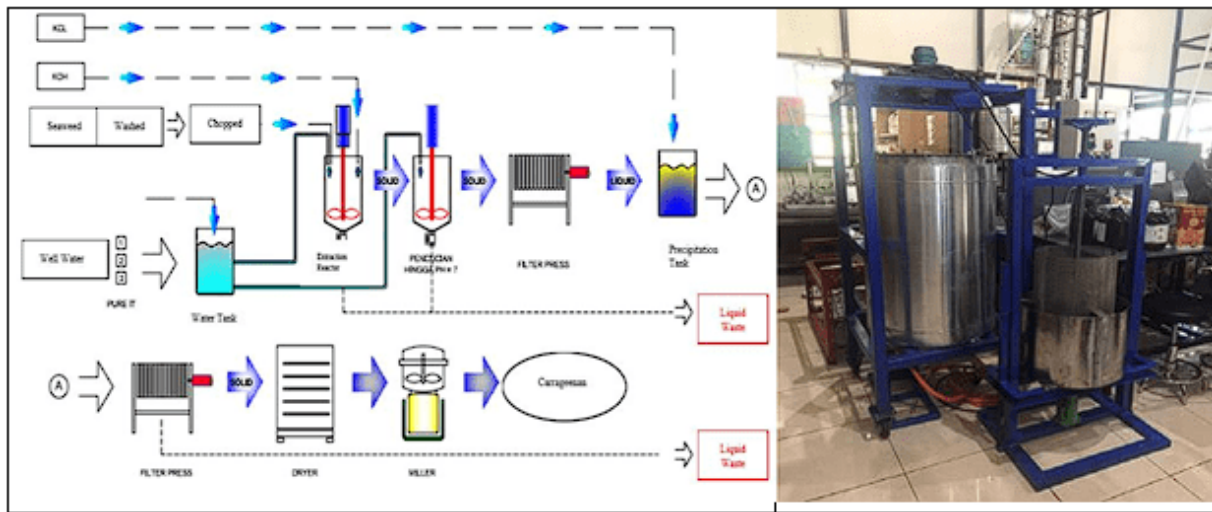
Precipitation	Yield (%) at 30°C
KCl	~10%
Alcohol	~15%
Isopropanol	~12%
Without KCl	~14%

**FTIR Spectrum (Absorbance vs. Wavenumber (cm⁻¹))**

The graph shows four spectra: Isopropanol (top), KCl (second from top), Alcohol (third from top), and Without Precipitation (bottom). The x-axis ranges from 2000 to 500 cm⁻¹, and the y-axis ranges from 0 to 250. The KCl spectrum shows a sharp peak around 1100 cm⁻¹, while the others show broader peaks in the 1000-1500 cm⁻¹ region.

**Gambar 4** Uji coba pengolahan karagenan skala laboratorium.

Berdasar hasil uji coba skala laboratorium tersebut, maka dilaksanakan perancangan instalasi pengolahan karagenan skala mini dengan alur proses dan peralatan sebagaimana dilihat pada gambar 3, dan untuk selanjutnya akan dipasang di desa Talango, pulau Poteran, kabupaten Sumenep, Madura.



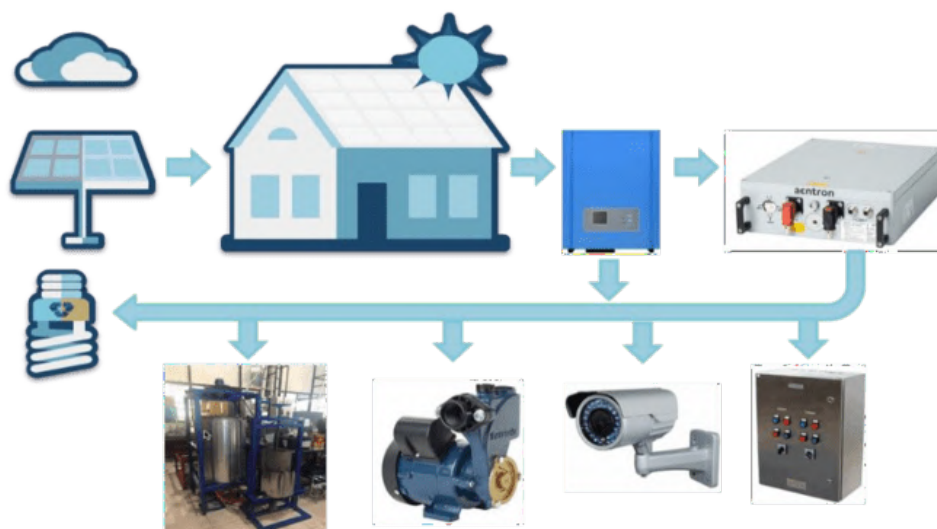
Gambar 5 Rancangan Proses dan Instalasi Karagenan.

## Stasiun 2 – Instalasi Listrik Solar PV

Pemanfaatan *solar* PV sebagai sumber energi bersih dan terbarukan dikembangkan untuk menyuplai listrik pada bengkel pengolahan karagenan serta kebutuhan ruang pemantauan dan pengendalian. Berdasarkan Global Solar Atlas, Desa Talango, Pulau Poteran, kapasitas terpasang PLTS sebesar 2,34 kWp dengan kemiringan *panel* PV 12 °C. *Solar* PV dipasang di atap instalasi pengolahan karagenan, seperti pada gambar, sedang tata letak instalasi dapat dilihat pada gambar 4, serta konfigurasi instalasi pembangkit listrik dengan sumber energi *Solar PhotoVoltaic* (PV) dengan instalasi proses pengolahan karagenan seperti pada gambar 5.



Gambar 6 Kapasitas terpasang PLTS *Solar PhotoVoltaic*.



**Gambar 7** Rancangan Instalasi Listrik dengan Solar PV.

### Perhitungan Kapasitas dan Kebutuhan Energi Listrik

#### a. Identifikasi Perangkat dan Konsumsi Daya Harian

Untuk menghitung total konsumsi daya harian, dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$E_{\text{total}} = \sum_{i=1}^n P_i \times t_i \quad (1)$$

Dimana:

$E_{\text{total}}$  = total konsumsi daya harian (Wh)

$P_i$  = daya yang digunakan oleh perangkat ke- $i$  (Watt)

$t_i$  = waktu operasi perangkat ke- $i$  per hari (jam)

Pada instalasi pengolahan karagenan, perangkat yang terpasang memiliki konsumsi daya dapat dilihat pada Tabel 1, total konsumsi daya harian ini mencakup semua perangkat yang membutuhkan suplai daya selama satu hari.

**Tabel 1** Perhitungan daya perangkat

No	Jenis Peralatan	Jumlah	Daya @ (Watt)	Lama Operasi (Jam)	Jam Pemakaian	Energi Per Hari (Wh)
1	Motor Pengaduk	1	1000	3	Hari 1(11.00 s/d 14.00)	3000
2	Panel Reaktor	1	50	3	Hari 1(11.00 s/d 14.00)	150
3	Pompa	2	125	1	Hari 1(9.00 s/d 10.00)	250
4	Alat Monitoring	1	20	24	Hari 1(Selama 24 Jam)	480
5	Lampu	4	15	12	Hari 1(18.00 s/d 5.00)	720
<b>Total</b>						<b>4600</b>
6	Miller	1	1200	1	Hari 1(9.00 s/d 10.00)	1200

### b. Perhitungan Energi yang Dihasilkan Panel Surya

Energi harian yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh efisiensi panel dan komponen lainnya, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$E_{PV} = P_{PV} \times H_{sun} \times \eta_{PV} \times \eta_{sistem} \quad (2)$$

Dimana:

$E_{PV}$  = energi harian yang dihasilkan oleh panel surya (Wh)

$P_{PV}$  = kapasitas panel surya (Watt)

$H_{sun}$  = durasi penyinaran matahari efektif per hari (jam)

$\eta_{PV}$  = efisiensi panel surya

$\eta_{sistem}$  = efisiensi sistem

Dengan data berikut:

Kapasitas panel surya = 250 Wp

Durasi penyinaran matahari = 7 jam/hari

Efisiensi panel surya = 85%

Efisiensi sistem = 95%

Maka energi harian yang dihasilkan panel surya dihitung sebagai berikut:

$$E_{PV} = 250 \times 7 \times 0,85 \times 0,95 = \mathbf{1413.125 \text{ Wh/hari}}$$

### c. Perhitungan Kapasitas Baterai dan Durasi Sistem Beroperasi

Untuk mengetahui berapa lama sistem dapat beroperasi tanpa sinar matahari, dapat dihitung dengan membandingkan kapasitas baterai dengan total konsumsi daya harian, dengan rumus sebagai berikut:

$$T_{operasi} = \frac{C_{batt}}{E_{total}} \quad (3)$$

Dimana:

$T_{operasi}$  = durasi sistem beroperasi tanpa penyinaran matahari (hari)

$C_{batt}$  = Kapasitas total baterai (Wh)

$E_{total}$  = total konsumsi daya harian (Wh)

Dengan kapasitas baterai  $C_{batt} = 2400 \text{ Wh}$  dan konsumsi daya harian  $E_{total} = 936 \text{ Wh}$ , durasi operasi sistem tanpa sinar matahari adalah: 2.5 hari

### d. Waktu Pengisian Baterai

Untuk waktu pengisian baterai dari kosong hingga penuh dapat dihitung menggunakan cara berikut:

$$T_{charge-op} = \frac{C_{batt}}{(E_{PV} - E_{total}) \times \eta_{charge}} \quad (4)$$

Dimana:

$C_{batt}$  = total kapasitas baterai



$T_{\text{charge-op}}$  = waktu pengisian baterai dengan sistem beroperasi (hari)

$E_{PV}$  = energi harian yang dihasilkan oleh panel surya (Wh)

$E_{\text{total}}$  = total konsumsi daya harian (Wh)

$\eta_{\text{charge}}$  = efisiensi pengisian baterai

Dengan  $E_{PV} = 1413,125$  Wh/hari,  $E_{\text{total}} = 936$  Wh/hari, kapasitas baterai  $C_{\text{batt}} = 2400$  Wh, dan  $\eta_{\text{charge}} = 90\%$ , maka waktu pengisian baterai dihitung sebagai:

$$T_{\text{charge-op}} = \frac{2400}{(1413,125 - 936) \times 0,9} = 4,5 \text{ hari} \quad (5)$$

Dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa jika sistem tetap beroperasi dengan beban yang terpasang, waktu pengisian baterai sekitar 4,5 hari.

#### e. Proteksi pada Panel Surya dan MPPT

Pada jalur dari panel surya menuju MPPT *Solar Charge Controller*, digunakan MCB untuk memutus arus jika terjadi kelebihan arus dari PV akibat kondisi seperti *overcurrent* atau korsleting. Untuk menentukan kapasitas MCB yang digunakan, perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan arus maksimal dan penambahan faktor keamanan.

**Arus Maksimal PV:**

$$I_{PV} = 6,55 \text{ A} \quad (6)$$

**Kapasitas MCB:**

$$I_{\text{MCB}} = I_{PV} \times \text{safety factor} = 6,55 \times 1,25 = 8,19 \text{ A} \quad (7)$$

Dari perhitungan diatas, maka kapasitas optimal yang harusnya dipakai adalah 8,19 A, namun pada sistem ini dipilih MCB dengan kapasitas 10 A untuk menyesuaikan dengan komponen yang ada di pasaran dan memberikan margin proteksi tambahan.

#### f. Proteksi pada Baterai LiFePO<sub>4</sub>

*Battery Management System* (BMS), baterai LiFePO<sub>4</sub> yang digunakan pada sistem ini dilengkapi dengan *Battery Management System* (BMS) yang berfungsi untuk memantau dan mengatur tegangan, arus, serta suhu pada setiap sel baterai. BMS memastikan baterai bekerja dalam kondisi yang aman dan melindungi baterai dari risiko seperti *overcharge*, *over-discharge*, dan *overcurrent*. Hal ini penting untuk menjaga umur dan kinerja baterai dalam jangka panjang.

MCB, pada jalur dari baterai menuju MPPT dan Inverter, digunakan MCB sebagai pengaman sekaligus untuk membatasi penggunaan beban berlebih dari sistem. Untuk perhitungannya adalah sebagai berikut:

**Kapasitas Inverter:**

$$P_{\text{inverter}} = 1000\text{W} \quad (8)$$

**Tegangan Baterai:**

$$V_{\text{batt}} = 12\text{V} \quad (9)$$

**Arus maksimal yang dapat ditarik oleh inverter dari baterai adalah:**

$$I_{\text{max}} = \frac{P_{\text{inverter}}}{V_{\text{batt}}} = \frac{1000\text{W}}{12\text{V}} = 83,3\text{A} \quad (10)$$

Sistem ini menggunakan MCB 63 A untuk membatasi penggunaan beban hingga 756 W, yang cukup untuk menjalankan perangkat-perangkat monitoring tanpa risiko kelebihan beban. Pemilihan MCB ini juga membantu mencegah penggunaan daya yang berlebihan di luar kebutuhan sistem, menjaga keamanan dan stabilitas operasional.

#### 4 | HASIL DAN DISKUSI

Perancangan instalasi pengolahan karagenan berbasis komunitas pesisir dengan energi terbarukan – *solar PV* yang dirancang dan telah diuji coba pada skala laboratorium, dan selanjutnya dibangun di desa Talango, pulau Poteran, kabupaten Sumenep, Jawa Timur. Lokasi ini dipilih dari potensi budidaya rumput laut yang cukup besar. Instalasi pengolahan dibangun dengan konstruksi baja ringan, dengan keseluruhan peralatan pengolahan karagenan seperti dilihat pada Gambar 8. Instalasi pengolahan karagenan ini secara umum terdiri atas instalasi pencucian dan pembersihan, instalasi pengering, serta instalasi pengaduk larutan, dan kesemuanya digerakkan dengan energi dari gas dan energy listrik.



**Gambar 8** Pembangunan Instalasi Karagenan berbasis Komunitas.

Pada tahap implelementasi, dilaksanakan pelatihan, sebagaimana dilihat pada gambar 9, yang dihadiri oleh masyarakat pesisir pulau Poteran dan kelompok mahasiswa Jurusan Pertanian, Universitas Wiraraja, dengan beberapa specimen uji coba baik berupa rumput laut kering, bentuk gel, lembaran, maupun dalam bentuk tepung karagenan sebagai produk akhir telah diuji coba dengan menggunakan keseluruhan instalasi pengolahan, dan telah berjalan dengan baik.



**Gambar 9** Pelatihan pengolahan karagenan dengan listrik solar PV.

Pada tahap uji coba, bengkel produksi karagenan menghasilkan output sebanyak 5 kg setiap 8 jam. Harga jual yang ditetapkan untuk setiap kilogramnya adalah Rp245.000,- mengikuti tren harga pasar saat ini untuk produk olahan karagenan<sup>[11]</sup>. Bahan utama pembuatan karagenan adalah rumput laut kering.

Pada tahap awal program pengabdian kepada masyarakat, penyusunan SOP telah diselesaikan untuk 1) SOP instalasi budidaya rumput laut, 2) SOP Budidaya rumput laut metode vertikultur, 3) SOP Manajemen instalasi listrik EBT, 4) SOP Pengeringan dan penyimpanan rumput laut, 5) SOP Pengolahan rumput laut menjadi produk karagenan. Pembuatan SOP bertujuan untuk memberikan standar acuan yang jelas bagi masyarakat dalam menjalankan operasional produksi mulai dari budidaya hingga pengolahan rumput laut menjadi produk karagenan sehingga dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang terjaga.

Penyusunan kelembagaan berupa lembaga kerja sekaligus lembaga bisnis bagi usaha rumput laut dan pengolahan *carrageenan* dimulai dengan penyusunan struktur organisasi, deskripsi pekerjaan, spesifikasi SDM yang diperlukan, serta berapa pembiayaan yang diperlukan untuk tenaga kerja ini. Selain menyusun kelembagaan, program pelatihan juga disusun untuk budidaya rumput laut, pengeringan/ penyimpanan, pengolahan maupun pengelolaan instalasi listrik EBT dan sistem *monitoring* dan *kontrol*. Program pelatihan juga telah dilaksanakan sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 9.

Penyusunan diagram instalasi air bersih, pengadaan pompa, pipa, serta tandon, dan pemasangan dan uji coba penggunaan air bersih untuk mendukung operasional produksi juga telah dilakukan. Selain itu, daftar *potential buyer* dari produk *carrageenan*, baik di tingkat propinsi Jawa Timur maupun nasional, serta perancangan aplikasi *e-market* untuk produk *carrageenan* telah disusun sehingga hal ini akan memudahkan masyarakat dalam menasar target pasar dan membangun koneksi dengan *potential buyer*, namun tidak menutup kemungkinan apabila masyarakat sekitar juga telah memiliki daftar pembeli potensial.

#### 4.1 | Hasil Usaha Pengolahan Karagenan

Pada tahap uji coba, bengkel produksi karagenan menghasilkan output sebanyak 5 kg setiap 8 jam. Harga jual yang ditetapkan untuk setiap kilogramnya adalah Rp245.000,- mengikuti tren harga pasar saat ini untuk produk olahan karagenan<sup>[11]</sup>. Bahan utama pembuatan karagenan adalah rumput laut kering.

Masa budidaya rumput laut selama 45 hari atau kurang lebih 1,5 bulan dengan target panen 3 ton atau 3.000 kg. Dengan target tersebut, dibutuhkan total 40 keramba apung yang masing-masing berkapasitas 75 kg.

Perancangan dan pemasangan Instalasi *solar PV* diletakkan pada atap instalasi pengolahan, dengan seluruh peralatan penunjang (*battery*, *inverter*, *panel control*, *sensor dll*) diletakkan pada ruang tersendiri, terpisah dengan instalasi pengolahan (lihat gambar 8).



**Gambar 10** Pembangunan Instalasi EBT.

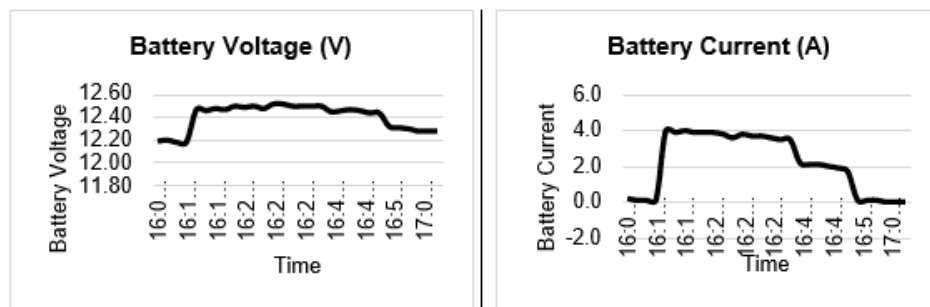
#### 4.2 | Pengujian Daya Listrik

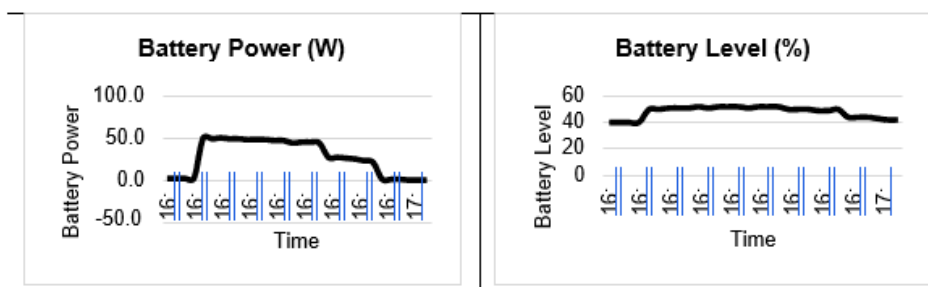
Dikarenakan terbatasnya waktu dan tempat, pengujian dilakukan untuk membuktikan bahwa sistem pengisian dari baterai telah berjalan sesuai yang diinginkan. Pengujian ini dilakukan selama 1 jam 3 menit dari pukul 16:07-17:11.

**Tabel 2** Hasil pengujian sistem kelistrikan

No.	Time	Battery Voltage (V)	Battery Current (A)	Battery Power (W)	Battery Level (%)
1	16:07:22	12,19	0,2	2,0	40
2	16:08:22	12,20	0,1	2,0	40
3	16:09:22	12,18	0,1	2,0	40
4	16:15:25	12,18	0,1	2,0	40
5	16:16:22	12,47	4,0	50,0	50
6	16:17:22	12,46	3,9	49,0	50
7	16:18:22	12,48	4,0	50,0	51
8	16:19:27	12,47	3,9	49,0	51
9	16:20:22	12,50	3,9	49,0	51
10	16:21:46	12,49	3,9	48,0	52
11	16:22:46	12,50	3,8	48,0	51
12	16:23:54	12,48	3,6	48,0	52
13	16:24:46	12,52	3,8	47,0	52
14	16:25:46	12,52	3,7	47,0	52
15	16:26:47	12,50	3,7	44,0	51
16	16:27:46	12,50	3,6	45,0	52
17	16:28:47	12,50	3,5	45,0	52
18	16:29:47	12,50	3,5	44,0	52
19	16:44:29	12,45	2,2	27,0	50
20	16:45:29	12,46	2,1	27,0	50
21	16:46:29	12,47	2,1	26,0	50
22	16:47:41	12,46	2,0	25,0	49
23	16:48:29	12,44	1,9	23,0	49
24	16:55:26	12,44	1,7	21,0	50
25	16:56:50	12,32	0,1	1,0	44
26	16:57:45	12,31	0,1	1,0	44
27	17:08:08	12,30	0,1	1,0	44
28	17:08:29	12,28	0,0	0,0	43
29	17:10:37	12,28	0,0	0,0	42
30	17:11:30	12,28	0,0	0,0	42

Hasil pengujian sistem ini disajikan dalam tabel dan grafik yang mencakup tegangan baterai, arus pengisian baterai, daya pengisian baterai, dan level baterai. Dibawah ini merupakan tabel dan grafik dari data yang diperoleh pada sesi pengujian tersebut:

**Gambar 11** Gambar Nilai *Battery Voltage* dan Ampere.



**Gambar 12** Gambar Nilai *Battery Power* dan *Level*.

Pada akhir sesi pengujian, kapasitas baterai meningkat sebanyak 2% yang mengindikasikan bahwa sistem pengisian berfungsi dengan baik. Pengujian lebih lanjut direncanakan akan dilakukan setelah sistem dipasang secara lengkap di Danau 8 ITS yang merupakan lokasi penempatan wahana apung *Eco-Aquaculture*. Hal ini bertujuan untuk memastikan kinerja optimal sistem dalam lingkungan operasional.

### 4.3 | Hasil Jasa Penyediaan Listrik dengan Solar PV

Selain pengembangan produksi karagenan, perhitungan jasa penyediaan listrik mandiri dengan menggunakan sistem energi terbarukan seperti panel surya. Listrik yang diproduksi sendiri ini juga akan disalurkan untuk kebutuhan listrik masyarakat setempat, dengan tarif Rp605,- per kWh. Tarif ini sejalan dengan tarif PLN untuk penggunaan listrik 900 kVA yang diperuntukkan bagi konsumsi listrik rumah tangga bersubsidi.

### 4.4 | Hasil Analisis dan Dikusi Kebermanfaatan Program Pengabdian Masyarakat

Sebelum program pemberdayaan masyarakat ini berlangsung, pada tahun sebelumnya, tahun 2023 telah dilaksanakan studi serupa tentang rancang bangun instalasi karagenan terpadu dan berkelanjutan di desa Padike, Kecamatan Talango, Sumenep, dengan luaran keseluruhan antara lain: instalasi budidaya rumput laut dengan sistem keramba, instalasi pengeringan rumput laut dengan *model "Dome"*, instalasi pengolahan karagenan yang bersih dan terpadu, instalasi energi terbarukan dengan *solar PV*, serta sistem *monitoring* dan *control* berbasis digital telah terpasang dan siap dioperasikan. Fokus pada tahun 2024 adalah untuk menerapkan standar operasi dan prosedur (SOP) pada proses produksi karagenan dari hulu ke hilir, membentuk kelembagaan usaha berbasis masyarakat yang menjamin pelaksanaan kegiatan usaha dapat dilaksanakan secara berkelanjutan, menyelesaikan infrastruktur air bersih, serta memastikan jaringan pemasaran yang siap menerima produk karagenan hasil masyarakat pulau Poteran sehingga program memberikan manfaat yang dapat digunakan untuk meningkatkan kesejahteraan hidup masyarakat sekitar melalui swasembada usaha. Untuk ke depannya diharapkan dapat dilaksanakan program penguatan usaha karagenan terpadu dan berkelanjutan dengan titik perhatian utama pada peningkatan kualitas produk keluaran, dengan memberikan perhatian kepada kebun bibit rumput laut berbasis *tissue culture*, pengembangan *model* pengeringan dengan *oven* pengeringan, pengembangan pabrik pengolahan laut dengan diversifikasi produk, pengembangan *klaster-klaster* industri karagenan berbasis pesisir yang terdistribusi di sepanjang pesisir dan pulau-pulau kecil.

Program pengabdian masyarakat ini menggandeng mitra perangkat desa di pulau Poteran, Sumenep yang memiliki wilayah darat maupun perairan, yang keterlibatannya sangat diperlukan, terutama terkait dengan ijin pengelolaan lahan milik desa yang nantinya akan menjadi Kawasan Pesisir Industri Karagenan berbasis Ekonomi Biru Berkelanjutan. Disamping itu masyarakat sekitar juga sangat diperlukan sebagai bagian dari partisipasi aktif sebagai tenaga kerja, penyedia berbagai kebutuhan industri, sekaligus sebagai potensial *customer* yang akan menggunakan produk keluaran hasil karagenan tersebut.

Beberapa industri hilir seperti produk makanan sehat, produk suplemen kesehatan maupun industri kosmetika juga diharapkan dapat berpartisipasi, khususnya yang terkait dengan calon pembeli dan bila dimungkinkan sebagai calon *investor* untuk pengembangan industri karagenan dalam skala yang lebih besar. Keterlibatan institusi pendidikan yaitu Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) An Nuraniyah Padike, Universitas Wiraraja dan masyarakat pesisir desa Padike, kecamatan Talango, Sumenep, Jawa Timur juga menjadi poin penting keberhasilan kebermanfaatan program pengabdian masyarakat ini. *Model* pengelolaan industri karagenan dengan pola ekonomi biru berkelanjutan, akan memberikan inspirasi pada pemerintah daerah khususnya Kabupaten



Sumenep untuk mengembangkan *model* kawasan pesisir industri karagenan ini sebagai destinasi wisata baru yang bernuansa pendidikan.

Dalam pelaksanaannya terdapat peluang yang dapat dijadikan referensi dalam pengembangan instalasi pengolahan karagenan berbasis komunitas di antaranya adalah:

- Pola pengolahan rumput laut menjadi produk karagenan merupakan hal baru bagi masyarakat, sehingga proses sosialisasi dan pelatihan sangat diperlukan agar proses produksi karagenan dapat dilaksanakan dengan baik.
- Proses pemantauan dan pengendalian baik di tingkat pembudidayaan rumput laut dan proses pengolahan karagenan menjadi hal yang utama, sehingga proses digitalisasi yang sekaligus dapat menjamin keseluruhan tahapan dapat berjalan dengan baik menjadi suatu kebutuhan yang utama.
- Proses sosialisasi dan komunikasi dengan aparat desa, para tokoh agama dan tokoh adat serta masyarakat secara luas juga menjadi tantangan yang harus dihadapi dalam memberikan pemahaman atas pentingnya memperoleh nilai tambah dari produk rumput laut menjadi karagenan, sekaligus dapat menghasilkan sumber energi baru, air bersih dan proses industri yang bersih.

## 5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Perancangan instalasi pengolahan karagenan berbasis komunitas pesisir dengan energi terbarukan merupakan suatu *model* bisnis inovatif, karena selama ini pengolahan karagenan dilakukan oleh industriawan skala besar, dengan mobilisasi produk rumput laut kering dari berbagai wilayah Indonesia. Hal ini akan berdampak pada rendahnya posisi tawar petani rumput laut untuk menikmati hasil panen dengan harga yang baik.

Instalasi pengolahan karagenan yang diletakkan di sekitar sentra budidaya rumput laut memberikan kesempatan kepada masyarakat pesisir dan petani rumput laut untuk dapat mengolah rumput laut secara langsung, kualitas tetap terjaga, tidak ada biaya transportasi, serta memberikan lapangan kerja bagi masyarakat. Pengolahan rumput laut tetap dilaksanakan dengan standar operasi dan prosedur yang sesuai dengan standar mutu karagenan. Penggunaan *solar* PV memberikan peluang kemandirian energi kepada masyarakat pesisir.

Pola pengolahan rumput laut menjadi produk karagenan merupakan hal baru bagi masyarakat, sehingga proses sosialisasi dan pelatihan sangat diperlukan agar proses produksi karagenan dapat dilaksanakan dengan baik. Hal ini akan berdampak pada kualitas produksi yang dihasilkan dari produk karagenan sehingga perlu dilakukan ada pengembangan lebih lanjut terkait dengan proses sosialisasi, pemantauan, dan pengendalian tidak hanya di lingkup budidaya rumput laut, namun mencakup keseluruhan proses produksi karagenan dari hulu hingga hilir sehingga dapat menjamin keseluruhan tahapan hilirisasi berjalan baik.

Prototipe instalasi pengolahan karagenan dengan energi terbarukan di Desa Talango, Pulau Poteran merupakan contoh praktis *model* ekonomi biru yang menjamin keseimbangan antara ekonomi, sosial, dan lingkungan. Program pemberdayaan masyarakat ini menghasilkan suatu proses produksi *carrageenan* yang terpadu dan berkelanjutan dengan berbasis kepada kemandirian Masyarakat. Dengan pengembangan unit-unit produksi terpadu dan mandiri di seluruh wilayah kepulauan Sumenep dan kepulauan Indonesia pada umumnya, dapat menghasilkan peningkatan industri *carrageenan* secara nasional dan mendorong kemandirian pangan Indonesia, sesuai dengan amanah *Sustainable Development Goals* (SDGs) No. 2 tentang *Zero Hunger*, SDGs No. 7 tentang *Affordable and Clean Energy*, serta SDGs No. 14 tentang *Life Below Water*.

## 6 | UCAPAN TERIMA KASIH

"Pengabdian masyarakat ini didukung oleh Direktorat Riset dan Pengabdian pada Masyarakat ITS bekerja sama dengan Fakultas Pertanian Universitas Wiraraja, Sumenep serta masyarakat pesisir Desa Talango, Pulau Poteran, Sumenep, Madura"

## Referensi

1. Notosudjono D. Teknologi Energi Terbarukan. Bogor: UNPAK PRESS; 2017.

2. Natalia, et al. Makalah Ekologi Laut Ekosistem Rumput Laut; 2014, diakses tanggal 17 Mei 2015.
3. Dinas Kominfo Provinsi Jawa Timur, Tingkatkan ekspor rumput laut, pemerintah kembangkan SDM pembudidaya; 2021. Diakses pada 17 Mei 2021. <https://kominfo.jatimprov.go.id/berita/tingkatkan-ekspor-rumput-laut-pemerintah-kembangkan-sdm-pembudidaya>.
4. Vázquez-Delfín E, Robledo D, Freile-Pelegrín Y. Microwave-assisted extraction of carrageenan from *Hypnea musciformis* (Cystocloniaceae, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology* 2014;26(2):1127–1133.
5. Hendarti R, Wangidjaja W, Septiafani LG. A study of solar energy for an aquaculture in Jakarta. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Eco Engineering Development 2018 (ICEED 2018)*, vol. 195 of IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Tangerang, Indonesia: IOP Publishing; 2018. p. 012028.
6. Setiawan A, Setiawan AA. Community development in solar energy utilization to support fish farming in Sendangsari village. *Energy Procedia* 2013;32:39–46.
7. Zamroni A, Laoubi K, Yamao M. The development of seaweed farming as a sustainable coastal management method in indonesia: An opportunities and constraints assessment. In: *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, vol. 150 WIT Press; 2011. p. 505–516.
8. Naseri A, Jacobsen C, Sejberg JJP, Pedersen TE, Larsen J, Hansen KM, et al. Multi-extraction and quality of protein and carrageenan from commercial *Spinosum* (*Eucheuma denticulatum*). *Foods* 2020;9(8):1072.
9. Varadarajan SA, Ramli N, Ariff A, Said M, Yasir SM. Development of high yielding carragenan extraction method from *Eucheuma cottonii* using cellulase and *Aspergillus niger*. In: *Prosiding Seminar Kimia Bersama UKM-ITB VIII Bangi, Malaysia*; 2009. p. 461–469.
10. Widowati LL, Rejeki S, Yuniarti T, Ariyati RW. Efisiensi produksi rumput laut *E. Cottonii* dengan metode budidaya Long Line vertikal sebagai alternatif pemanfaatan kolom air. *Jurnal Saintek Perikanan* 2015;11(1):47–56.
11. Farnani YH, Cokrowati N, Farida N. Pengaruh kedalaman Tanam terhadap pertumbuhan *Eucheuma Spinosum* pada budidaya metode rawai. *Jurnal Kelautan* 2013;6(1):42–48.
12. Sjarief W, et al. Rancang Bangun Wahana Apung Multi Guna Navigasi. *Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan*; 2023.
13. Hendri M, Rozirwan, Rezi A. Optimization of cultivated seaweed *Gracilaria* sp using vertikultur system. *International Journal of Marine Science* 2017;7(43):411–422.

**Cara mengutip artikel ini:** Widjaja, S., Nurkhamidah. S., Arif. I. S., (2025), Perancangan Instalasi Pengolahan Karagenan berbasis Komunitas Pesisir dengan Energi Terbarukan, *Sewagati*, 9(5):1119–1133, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v9i5.4087>.