

Pemberdayaan IRT VCO-Cocok melalui Energi Surya dan Pemanfaatan Limbah Menjadi Nata de Coco dalam Kerangka Green Economy

Gunawan^{1*}, Yassir¹, Cut Aja Rahmawati¹, Rahmawati¹

¹Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jalan Banda Aceh Medan Km 280,3 Buketrata, Lhokseumawe
*Email:gunawan.samin@gmail.com

History Artikel

Received:

November-2025;

Reviewed:

November-2025;

Accepted:

Februari-2026;

Published:

Maret-2026

Abstrak

Program Pengabdian kepada Masyarakat ini dilaksanakan untuk memberdayakan IRT VCO-Cocok di Lhokseumawe melalui penerapan energi surya dan pemanfaatan limbah air kelapa dalam kerangka green economy. Kegiatan bertujuan meningkatkan efisiensi energi serta menghasilkan nilai tambah produk melalui diversifikasi usaha berbasis ekonomi sirkular. Metode pelaksanaan mencakup survei kebutuhan, instalasi PLTS 550 Wp, pelatihan manajemen energi, transfer teknologi fermentasi nata de coco, serta pendampingan operasional kepada mitra. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa penerapan PLTS mampu menyuplai energi bagi mesin parut dan peras kelapa, sehingga menurunkan konsumsi listrik PLN, menghemat biaya operasional, dan mengurangi emisi karbon sekitar ± 340 kg CO₂-eq per tahun. Pada aspek produksi, pemanfaatan 5 liter air kelapa menjadi 3 kg nata de coco per siklus produksi terbukti layak secara ekonomi, dengan ROI $\pm 374\%$ per tahun dan waktu balik modal sekitar 98 hari. Selain itu, program ini meningkatkan kapasitas mitra lebih dari 80% pada aspek manajemen energi, produksi, dan praktik usaha berkelanjutan. Dengan demikian, integrasi energi surya dan pengolahan limbah menjadi nata de coco efektif dalam meningkatkan kemandirian, efisiensi, dan daya saing usaha, sekaligus mendukung implementasi *green economy* dan tujuan pembangunan berkelanjutan di tingkat UMKM.

Kata Kunci: *green economy*, nata de coco, PLTS, VCO

PENDAHULUAN

Aceh, khususnya wilayah Lhokseumawe, memiliki potensi komoditas kelapa yang tinggi sehingga mendorong tumbuhnya industri rumah tangga berbasis pengolahan kelapa, termasuk produksi Virgin Coconut Oil (VCO). Industri kecil berbasis kelapa telah terbukti berkontribusi penting terhadap ekonomi masyarakat, khususnya perempuan pelaku usaha, karena tersedianya bahan baku lokal yang berlimpah serta tingginya minat pasar terhadap produk turunan kelapa [1]. Namun demikian, sebagian besar industri rumah tangga masih menghadapi kendala mendasar terkait efisiensi energi, pemanfaatan limbah, dan diversifikasi produk. Kondisi tersebut menyebabkan daya saing UMKM tidak optimal serta belum sejalan dengan prinsip ekonomi hijau (*green economy*) yang semakin relevan dalam mendorong keberlanjutan usaha [2].

Kondisi eksisting Mitra

IRT VCO-Cocok merupakan industri rumah tangga berbasis pengolahan kelapa yang berlokasi di Desa Jambo Timu, Kecamatan Blang Mangat, Kota Lhokseumawe. Usaha ini dikelola oleh kelompok ibu rumah tangga dan berfokus pada produksi Virgin Coconut Oil (VCO) dengan memanfaatkan bahan baku kelapa lokal yang tersedia melimpah. Proses produksi utama meliputi pengupasan, pamarutan, pemerasan santan, serta pemisahan minyak VCO, yang seluruhnya masih dilakukan dalam skala rumah tangga dengan peralatan sederhana [3].

IRT VCO-Cocok sebagai mitra pengabdian merupakan contoh usaha rumah tangga yang memiliki potensi besar namun menghadapi keterbatasan dalam manajemen energi dan pengolahan limbah produksi. Selama ini, proses produksi sangat bergantung pada listrik PLN untuk mengoperasikan mesin parut dan peras kelapa. Ketergantungan tersebut meningkatkan

biaya operasional dan rentan menyebabkan gangguan produksi ketika terjadi pemadaman listrik. Pada saat yang sama, limbah air kelapa yang dihasilkan belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga berpotensi mencemari lingkungan meski sebenarnya memiliki nilai ekonomi tinggi apabila diolah menjadi produk turunan seperti nata de coco [4].

Berdasarkan karakteristik potensi energi, wilayah Lhokseumawe memiliki intensitas penyinaran matahari yang tinggi, sehingga sangat potensial untuk penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Berbagai kajian menunjukkan bahwa pemanfaatan energi surya pada skala rumah tangga dan UMKM mampu meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi ketergantungan terhadap listrik berbasis fosil [5], [6]. Penerapan PLTS juga dapat mengurangi jejak karbon dan menjadi langkah strategis dalam mendorong UMKM menuju praktik produksi rendah emisi yang sejalan dengan kebijakan ekonomi hijau nasional [2], [7]. Dari sisi manajemen energi, kegiatan produksi mitra sepenuhnya bergantung pada pasokan listrik PLN untuk mengoperasikan mesin parut dan mesin peras kelapa. Ketergantungan ini menyebabkan biaya operasional relatif tinggi dan menimbulkan risiko terhentinya proses produksi ketika terjadi pemadaman listrik. Selain itu, mitra belum memiliki pemahaman yang memadai terkait perhitungan kebutuhan daya, efisiensi penggunaan energi, maupun alternatif energi terbarukan yang dapat diterapkan secara mandiri.

Selain aspek energi, pemanfaatan limbah kelapa berbasis ekonomi sirkular merupakan pendekatan penting untuk meningkatkan nilai tambah produk dan memperluas diversifikasi usaha. Limbah air kelapa mengandung gula dan nutrisi yang dapat diolah melalui fermentasi menjadi nata de coco, sebuah produk bernilai ekonomi tinggi dengan permintaan pasar yang stabil [4]. Pada aspek pengelolaan limbah, proses produksi VCO menghasilkan limbah cair berupa air kelapa yang selama ini belum dimanfaatkan dan langsung dibuang. Kondisi tersebut tidak hanya berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan, tetapi juga menunjukkan bahwa peluang nilai tambah ekonomi dari limbah belum dimanfaatkan secara optimal. Padahal, air kelapa memiliki kandungan nutrisi yang memungkinkan untuk diolah menjadi produk turunan bernilai ekonomi, seperti nata de coco. Dari sisi diversifikasi usaha, mitra masih bergantung pada satu jenis produk utama, yaitu VCO. Diversifikasi produk berbasis limbah tidak hanya meningkatkan pendapatan, tetapi juga memperkuat ketahanan usaha dan menurunkan potensi pencemaran lingkungan. Ketergantungan pada satu produk menyebabkan usaha relatif rentan terhadap fluktuasi permintaan pasar dan harga jual. Mitra juga belum memiliki keterampilan teknis dan pengetahuan yang memadai terkait teknologi fermentasi, standar higienitas produksi, serta konsep ekonomi sirkular yang dapat mendukung keberlanjutan usaha.

Secara umum, kondisi eksisting mitra menunjukkan bahwa IRT VCO-Cocok memiliki potensi sumber daya bahan baku yang besar, namun belum diimbangi dengan penerapan teknologi tepat guna, manajemen energi yang efisien, serta pemanfaatan limbah produksi. Oleh karena itu, diperlukan intervensi melalui penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan transfer teknologi pengolahan limbah air kelapa menjadi nata de coco guna meningkatkan efisiensi, kemandirian energi, diversifikasi produk, serta daya saing usaha dalam kerangka *green economy*.

Berdasarkan analisis situasi tersebut, permasalahan utama mitra dapat dirumuskan sebagai berikut: (1) tingginya ketergantungan pada listrik PLN yang berdampak pada biaya dan kontinuitas produksi; (2) belum adanya pemanfaatan energi alternatif seperti energi surya; (3) limbah air kelapa belum diolah, sehingga peluang ekonomi sirkular belum dimanfaatkan; serta (4) minimnya keterampilan teknis mitra dalam manajemen energi, fermentasi, dan diversifikasi produk. Permasalahan ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa UMKM kelapa umumnya menghadapi kendala energi dan limbah yang menghambat pengembangan usaha [8]. Efektivitas adopsi teknologi dalam meningkatkan daya saing UMKM di Indonesia, khususnya dalam aspek akses pasar, efisiensi operasional, dan inovasi usaha [9].

Tujuan dan Manfaat Kegiatan

Program Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini dirancang untuk menjawab permasalahan tersebut melalui implementasi teknologi tepat guna berbasis PLTS dan transfer teknologi fermentasi air kelapa menjadi nata de coco. Tujuan umum kegiatan ini adalah meningkatkan kemandirian dan keberlanjutan usaha IRT VCO-Cocok melalui penerapan energi surya dan pemanfaatan limbah air kelapa menjadi produk bernilai tambah dalam kerangka green economy.

Kegiatan PkM ini bertujuan untuk:

1. Meningkatkan kemandirian energi IRT VCO-Cocok melalui penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi alternatif dalam proses produksi.
2. Mengurangi ketergantungan terhadap listrik PLN serta menekan biaya operasional usaha melalui peningkatan efisiensi penggunaan energi.
3. Memanfaatkan limbah air kelapa hasil produksi VCO menjadi produk turunan bernilai tambah berupa nata de coco melalui penerapan teknologi fermentasi.
4. Meningkatkan kapasitas dan keterampilan mitra dalam manajemen energi, pengolahan limbah, dan diversifikasi produk berbasis ekonomi sirkular.
5. Mendorong terwujudnya model UMKM berkelanjutan yang sejalan dengan prinsip *green economy* dan dapat direplikasi pada usaha sejenis di wilayah lain.

Manfaat yang diharapkan dari pelaksanaan kegiatan ini meliputi:

1. Manfaat teknis, berupa tersedianya sistem PLTS yang mampu menyuplai kebutuhan energi mesin produksi secara stabil dan andal.
2. Manfaat ekonomi, yaitu penurunan biaya listrik, peningkatan efisiensi produksi, serta bertambahnya sumber pendapatan melalui diversifikasi produk nata de coco.
3. Manfaat lingkungan, berupa pengurangan limbah air kelapa yang dibuang dan penurunan emisi karbon melalui pemanfaatan energi terbarukan.
4. Manfaat sosial, yakni meningkatnya pengetahuan, keterampilan, dan keberdayaan pelaku usaha, khususnya ibu rumah tangga, dalam menjalankan usaha yang mandiri dan berkelanjutan.
5. Manfaat strategis, berupa penguatan citra usaha UMKM ramah lingkungan serta kontribusi terhadap pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG 7, SDG 12, dan SDG 13).

Luaran kegiatan mencakup peningkatan kapasitas mitra, terbangunnya sistem PLTS, tersusunnya SOP produksi nata de coco, diversifikasi produk, dan publikasi ilmiah sebagai bentuk diseminasi hasil kegiatan. Dengan demikian, implementasi energi surya dan pengolahan limbah kelapa merupakan pendekatan komprehensif yang tidak hanya meningkatkan efisiensi usaha, tetapi juga memperkuat prinsip green economy melalui integrasi energi terbarukan dan ekonomi sirkular. Pendekatan ini diharapkan menjadi model pemberdayaan UMKM berbasis keberlanjutan yang mampu mendukung kebijakan nasional terkait ekonomi hijau dan pengurangan emisi.

METODE PELAKSANAAN

Tempat dan Waktu

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat dilaksanakan di IRT VCO-Cocok yang berlokasi di Desa Jambo Timu, Kecamatan Blang Mangat, Kota Lhokseumawe. Pelaksanaan program berlangsung selama periode Oktober–Desember 2025, meliputi tahapan survei kebutuhan mitra, perancangan solusi teknologi, instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS),

pelatihan manajemen energi, serta transfer teknologi pengolahan limbah air kelapa menjadi nata de coco.

Solusi yang Ditawarkan

Solusi yang ditawarkan dalam program ini dirumuskan untuk menjawab dua permasalahan utama yang dihadapi mitra. Fokus pertama adalah penerapan teknologi energi terbarukan melalui instalasi sistem PLTS off-grid berkapasitas 550 Wp yang dirancang untuk mengoperasikan mesin parut dan peras kelapa. Penerapan PLTS ini tidak hanya bertujuan mengurangi ketergantungan mitra terhadap pasokan listrik PLN dan menekan biaya operasional, tetapi juga mendorong penerapan prinsip green economy melalui penggunaan energi bersih, ramah lingkungan, dan rendah emisi.

Fokus kedua adalah pengolahan limbah air kelapa berbasis ekonomi sirkular melalui penerapan teknologi fermentasi menjadi produk nata de coco. Teknologi ini membuka peluang pemanfaatan limbah cair yang sebelumnya terbuang menjadi produk bernilai tambah dan memiliki potensi pasar. Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya meningkatkan nilai ekonomi bahan baku, tetapi juga mengurangi potensi pencemaran lingkungan, sekaligus memperkuat ketahanan usaha mitra melalui diversifikasi produk.

Justifikasi Pengusul dan Mitra

IRT VCO-Cocok dipilih sebagai mitra karena memiliki potensi pengembangan usaha berbasis kelapa namun menghadapi dua masalah utama: tingginya biaya energi dan belum adanya pemanfaatan limbah produksi. Mitra telah menunjukkan motivasi kuat untuk berkembang dan bersedia mengikuti program penguatan kapasitas.

Dari sisi pengusul, tim dosen dari Jurusan Teknik Elektro PNL memiliki kompetensi dalam bidang energi terbarukan, elektronika, serta implementasi teknologi tepat guna. Kompetensi tersebut diperkuat dengan pengalaman melakukan PKM serupa pada UMKM lainnya, sehingga pengusul memiliki kapasitas akademik dan teknis untuk menyelesaikan permasalahan mitra. Justifikasi ini menjadikan kolaborasi antara pengusul dan mitra relevan, feasible, dan berpotensi menghasilkan dampak keberlanjutan.

Langkah-Langkah Kegiatan

Metode pelaksanaan dilakukan melalui beberapa tahapan berikut:

- 1) Survei dan identifikasi kebutuhan
Tim melakukan observasi lapangan, wawancara, serta pengukuran kebutuhan energi mitra untuk menentukan spesifikasi PLTS dan potensi limbah air kelapa yang bisa diolah
- 2) Perancangan solusi teknologi
Merancang sistem PLTS, menentukan kapasitas panel, baterai, dan inverter, serta menyiapkan modul pelatihan untuk teknis operasi PLTS dan fermentasi nata de coco.
- 3) Instalasi dan pengujian PLTS
Panel surya dipasang di area yang memiliki intensitas cahaya optimal. Setelah instalasi, dilakukan pengujian performa dan pelatihan penggunaan, termasuk pemahaman beban energi, pemeliharaan, dan troubleshooting dasar.
- 4) Pelatihan pengolahan limbah menjadi Nata de Coco
Pelatihan meliputi pembuatan starter, persiapan media fermentasi, proses pemantauan fermentasi, panen nata, serta standar higienitas produksi.
- 5) Pendampingan produksi dan monitoring

Tim melakukan pendampingan intensif selama masa produksi awal nata de coco dan memastikan sistem PLTS berjalan stabil. Monitoring dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi energi, kuantitas limbah yang diolah, serta kualitas hasil produksi.

6) Evaluasi dan refleksi dampak

Tahap akhir mencakup penilaian dampak pengabdian meliputi peningkatan keterampilan mitra, efisiensi energi, pencapaian nilai tambah produk, serta penyusunan laporan dan publikasi.

Keterlibatan dan Partisipasi Mitra

Mitra terlibat aktif dalam seluruh rangkaian kegiatan mulai dari identifikasi kebutuhan, diskusi desain solusi, hingga pemasangan PLTS dan proses produksi nata de coco. Mitra juga berperan dalam menyediakan lokasi, mengikuti pelatihan, mendokumentasikan proses produksi, serta melakukan pemeliharaan rutin PLTS. Pada tahap produksi, mitra menjadi pelaksana utama fermentasi nata de coco dengan supervisi tim pengabdian. Tingginya partisipasi mitra menjadi kunci keberhasilan implementasi teknologi dan memastikan keberlanjutan program setelah kegiatan PKM berakhir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Instalasi dan Implementasi Sistem Energi Surya

Hasil utama dari kegiatan pengabdian ini adalah terpasangnya sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) berkapasitas 550 Wp yang digunakan untuk mengoperasikan mesin parut dan peras kelapa. Instalasi dilakukan pada titik dengan intensitas cahaya optimal sesuai hasil survei. Sistem PLTS mencakup panel surya, baterai penyimpanan, charge controller, dan inverter, yang seluruhnya berfungsi secara stabil setelah dilakukan proses pengujian beban (*load test*). Instalasi sistem PLTS meliputi:

- 1) Pemasangan panel Surya 550 Wp
- 2) Solar Charge Controller (SCC) tipe MPPT, mengelola arus dan tegangan dari panel ke baterai dengan efisiensi lebih tinggi dibanding PWM.
- 3) Baterai *deep cycle*, berfungsi sebagai penyimpan energi untuk operasi mesin selama produksi.
- 4) Inverter, mengonversi tegangan DC dari baterai menjadi AC untuk mengoperasikan mesin parut dan peras kelapa.
- 5) MCB (Miniature Circuit Breaker), dipasang pada sisi *input* dan *output* untuk melindungi sistem dari arus lebih dan korsleting.
- 6) Penggunaan kabel standar PV, konektor MC4, dan pipa pelindung untuk keamanan dan estetika.

Pengujian sistem secara keseluruhan (*load test*) dilakukan dengan mengoperasikan langsung mesin parut kelapa (280 watt) dan mesin peras kelapa (150 watt) masing-masing selama 2 jam. Hasil pengujian menunjukkan sistem layak digunakan sebagai sumber energi utama untuk operasional produksi:

- 1) Sistem PLTS dapat menyuplai daya secara stabil.
- 2) Wattmeter menampilkan konsumsi daya real-time (tegangan, arus, daya, frekuensi).
- 3) Baterai tetap menjaga kestabilan output selama penggunaan.
- 4) Tidak terjadi drop tegangan saat mesin bekerja simultan.

Instalasi PLTS 550 Wp berhasil diterapkan di IRT VCO-Cocok dengan konfigurasi sistem yang terdiri dari panel surya, solar charge controller MPPT, baterai penyimpanan, inverter, serta proteksi MCB (Gambar 1). Pengujian mencakup pemeriksaan input panel, kinerja MPPT dalam pengisian baterai, kestabilan inverter, dan fungsi proteksi MCB [10]. Sistem dinyatakan berfungsi optimal setelah melalui uji beban menggunakan mesin parut dan peras kelapa, dengan

tampilan wattmeter menunjukkan konsumsi energi yang stabil. Implementasi ini meningkatkan kemandirian energi mitra, menurunkan biaya operasional, dan mendukung prinsip *green economy* melalui penggunaan energi terbarukan.



Gambar 1. Pemasangan PLTS

Berikut perhitungan kebutuhan sistem PLTS untuk mengoperasikan:

- a. Mesin parut kelapa: 280 W selama 2 jam
 - b. Mesin peras kelapa: 150 W selama 2 jam
 - c. Lampu: 25 watt selama 10 jam
- 1) Kebutuhan Energi Beban
- a. Mesin parut kelapa
 $\text{Daya} \times \text{waktu} = 280 \text{ W} \times 2 \text{ jam} = 560 \text{ Wh}$
 - b. Mesin peras kelapa
 $\text{Daya} \times \text{waktu} = 150 \text{ W} \times 2 \text{ jam} = 300 \text{ Wh}$
 - c. Lampu
 $\text{Daya} \times \text{waktu} = 25 \text{ W} \times 10 \text{ jam} = 250 \text{ Wh}$
 - d. Total energi beban:
 $560 \text{ Wh} + 300 \text{ Wh} + 250 \text{ Wh} = 1110 \text{ Wh} (\approx 1,11 \text{ kWh})$
- 2) Energi yang harus disuplai PLTS
- 3) Untuk memperhitungkan rugi-rugi inverter, kabel, dan efisiensi sistem ($\pm 25\%$):
- 4) Energi dari PLTS $\approx 1,11 \text{ kWh} \div 0,75 \approx 1,48 \text{ kWh}$ per hari
- 5) Perkiraan Kebutuhan Komponen PLTS
- a. Kapasitas panel surya
Jika diasumsikan rata-rata 4 jam matahari efektif per hari:
 - i) Daya panel minimum $\approx 1,48 \text{ kWh} \div 4 \text{ jam} \approx 370 \text{ Wp}$
 - ii) Dengan margin keamanan, praktisnya: $\geq 370 \text{ Wp}$, rekomendasi aman untuk operasional nyaman: 400–550 Wp.
 - b. Kapasitas baterai (sistem 24 V)
Energi yang perlu disimpan $\approx 1,48 \text{ kWh} = 1480 \text{ Wh}$
 - i) Kebutuhan Ah teoritis: $1110 \text{ Wh} \div 24 \text{ V} \approx 62 \text{ Ah}$
 - ii) Dengan batas *Depth of Discharge* (DoD) 50% $\rightarrow 62 \text{ Ah} \div 0,5 \approx 124 \text{ Ah}$
 - iii) Jadi, Idealnya baterai 24 V 120 Ah. Namun, membandingkan dengan baterai 24 V 100 Ah yang ada: Kapasitas total $24 \text{ V} \times 100 \text{ Ah} = 2400 \text{ Wh}$, energi aman (DoD 50%) adalah 1.200 Wh. Kebutuhan beban = 1.110 Wh, hal ini menunjukkan masih di bawah 1200 Wh. Jadi, baterai 24 V 100 Ah masih cukup untuk beban mesin parut dan peras kelapa ditambah 1 lampu 25 W.
 - c. Inverter
Total daya beban puncak:
 - i) Mesin parut: 280 W
 - ii) Mesin peras: 150 W
 - iii) Lampu: 25 W

Total daya=280+150+25=455 W

Dengan faktor keamanan ($\pm 1,5$ kali):

$455 \text{ W} \times 1,5 \approx 680 \text{ W}$

Inverter berkapasitas 2000 watt yang digunakan dalam sistem ini terbukti sangat andal, aman, serta mampu menangani lonjakan arus awal (starting current) dari motor mesin secara stabil tanpa menyebabkan penurunan tegangan maupun gangguan operasi.”

Pengurangan konsumsi listrik PLN per bulan dengan seluruh energi tersebut disuplai dari PLTS sebesar $1.11 \text{ kWh/hari} \times 30 \text{ hari} = 33.3 \text{ kWh/bulan}$. PLTS mengurangi konsumsi listrik PLN sebesar $\pm 33,3 \text{ kWh}$ per bulan. Dengan demikian, PLTS mengurangi konsumsi listrik PLN sebesar $33,3 \text{ kWh/bulan} \times 12 \text{ bulan} = 399,6 \text{ kWh/tahun} \approx 400 \text{ kWh}$ per tahun.

Penghematan biaya listrik berdasarkan pengurangan konsumsi listrik PLN oleh PLTS dengan tarif listrik Rp 1.444,70 per kWh sebesar Rp 48.126 per bulan. Sehingga penghematan per tahun adalah Rp 577.880.

Faktor emisi rata-rata sistem tenaga listrikan Indonesia adalah $0,85 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}$.

Pengurangan Emisi = Penghematan Energi (kWh) \times Faktor Emisi $\left(\frac{\text{kg CO}_2}{\text{kWh}}\right)$.

Pengurangan Emisi per tahun = $400 \text{ (kWh)} \times 0,85 \left(\frac{\text{kg CO}_2}{\text{kWh}}\right) = 340 \text{ kg CO}_2$.

Penurunan emisi ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi energi terbarukan tidak hanya mendukung keberlanjutan usaha, tetapi juga sejalan dengan praktek ekonomi hijau (*green economy*) serta SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau) dan SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim). Target pengurangan emisi gas rumah kaca dari sektor energi yang ditetapkan Kementerian ESDM pada tahun 2023 adalah sekitar 116 juta ton $\text{CO}_2\text{-eq}$. Jika dibandingkan dengan target nasional tersebut, pengurangan emisi sebesar $\pm 340 \text{ kg CO}_2\text{-eq}$ per tahun dari implementasi PLTS di IRT VCO-Cocok memang tampak sangat kecil dalam skala makro nasional. Secara persentase, kontribusinya hanya merupakan fraksi yang sangat kecil dari total kebutuhan penurunan emisi sektor energi. Namun demikian, dari perspektif tingkat UMKM dan rumah tangga, angka $340 \text{ kg CO}_2\text{-eq}$ per tahun merupakan capaian yang signifikan dan memiliki beberapa makna penting:

- 1) Sebagai model praktik baik (*best practice*)
Implementasi PLTS pada satu unit IRT menunjukkan bahwa pelaku usaha skala kecil pun dapat berkontribusi nyata terhadap penurunan emisi, tidak hanya bergantung pada sektor industri besar atau pembangkit listrik skala utilitas.
- 2) Potensi replikasi dan pengganda (*multiplier effect*)
Jika model ini direplikasi pada puluhan atau ratusan UMKM sejenis di Lhokseumawe dan daerah lain, maka akumulasi pengurangan emisi dapat menjadi jauh lebih signifikan. Misalnya, jika 1.000 UMKM mengadopsi skema yang sama, maka potensi penurunan emisi dapat mencapai $\pm 340 \text{ ton CO}_2\text{-eq}$ per tahun.
- 3) Selaras dengan kebijakan transisi energi
Walau kontribusinya kecil dalam angka absolut, program seperti ini penting untuk membangun budaya dan ekosistem transisi energi di tingkat akar rumput. Hal ini sejalan dengan arah kebijakan nasional menuju energi terbarukan dan pencapaian target *Nationally Determined Contribution* (NDC).
- 4) Nilai edukatif dan peningkatan kesadaran lingkungan
Program ini tidak hanya menurunkan emisi, tetapi juga meningkatkan kesadaran mitra dan masyarakat sekitar tentang pentingnya pemanfaatan energi bersih dan pengelolaan limbah yang ramah lingkungan.

Dengan demikian, pengurangan emisi sebesar ± 340 kg CO₂-eq per tahun dapat diposisikan bukan sebagai solusi tunggal berskala besar, tetapi sebagai kontribusi mikro yang strategis, yang penting untuk mendukung upaya makro pengurangan emisi nasional melalui pendekatan partisipatif dan berbasis komunitas.

Pemanfaatan Limbah Air Kelapa Menjadi Nata de Coco

Aspek kedua yang dihasilkan dalam kegiatan ini adalah penerapan teknologi fermentasi untuk mengolah limbah air kelapa menjadi nata de coco. Sebelumnya, seluruh limbah cair dari proses pembuatan VCO dibuang dan belum dimanfaatkan. Melalui pendampingan teknis, mitra mampu mengolah rata-rata 5 liter limbah air kelapa dari 20 butir kelapa menjadi ± 3 kg nata de coco siap panen.

Produk nata de coco yang dihasilkan memiliki tekstur kenyal, berwarna putih bersih, dan lolos uji organoleptik sederhana. Keberhasilan proses fermentasi diperoleh melalui tahap sterilisasi alat, pengaturan pH media, penggunaan starter bakteri, serta kontrol suhu ruang fermentasi. Upaya ini tidak hanya meningkatkan nilai tambah limbah, tetapi juga membuka peluang diversifikasi usaha.

Dengan adanya produk turunan baru, IRT VCO-Cocok memiliki potensi peningkatan pendapatan melalui pemasaran nata de coco dalam bentuk kemasan siap masak atau siap konsumsi. Pendekatan ini sekaligus memperkuat konsep economy circular—mengubah limbah menjadi sumber ekonomi baru.

Proses pembuatan Nata de Coco ditunjukkan pada Gambar 2, sebagai berikut:

- 1) Penyaringan air kelapa untuk menghilangkan serat dan kotoran agar media jernih.
- 2) Penambahan gula sebagai sumber energi bagi bakteri.
- 3) Pemanasan campuran hingga mendidih untuk:
 - a. mensterilkan media,
 - b. melarutkan gula,
 - c. mematikan mikroorganisme liar.
- 4) Pendinginan media hingga mencapai suhu ruang (tidak panas) sebelum fermentasi.
- 5) Penyesuaian pH Media menggunakan asam asetat/air cuka.
 - a. pH ideal fermentasi: 3,5–4,5
 - b. Penurunan pH mencegah pertumbuhan mikroba yang tidak diinginkan dan membantu perkembangan *Acetobacter xylinum*.
- 6) Penambahan starter (bibit bakteri nata), starter ini mengubah gula melalui proses fermentasi menjadi selulosa bakteri, yaitu gel nata. Setelah suhu media turun dan pH sesuai:
 - a. Tambahkan kultur *Acetobacter xylinum* sebagai starter.
 - b. Aduk perlahan atau biarkan starter tersebar merata.
- 7) Fermentasi, langkah-langkah fermentasi:
 - a. Media dituangkan ke wadah datar (baki fermentasi).
 - b. Wadah ditutup dengan kain atau kertas untuk:
 - i) menjaga kebersihan,
 - ii) tetap memungkinkan pertukaran udara (oksigen).
 - c. Fermentasi berlangsung 5–10 hari. Pada akhir fermentasi, terbentuk gel putih tebal di bagian atas.
 - d. Selama fermentasi:
 - i) Wadah tidak boleh diguncang,
 - ii) Ruangan harus tenang dan bersuhu stabil,
 - iii) Permukaan media yang terpapar udara akan membentuk lapisan nata.
- 8) Panen Nata. Pada akhir fermentasi:
 - a. Lapisan gel nata de coco diangkat dengan hati-hati.
 - b. Gel dipotong sesuai ukuran yang diinginkan.
- 9) Pencucian dan Netralisasi, netralisasi sangat penting untuk memperoleh nata yang tidak berbau asam dan siap konsumsi. Nata harus dicuci berkali-kali:

- a. Cuci nata 3–5 kali dengan air bersih.
 - b. Rendam dalam air bersih selama beberapa jam.
 - c. Jika masih asam, ulangi perendaman.
- 10) Pengolahan lanjutan, hingga produk siap dipasarkan sebagai nata de coco mentah atau siap konsumsi.
- Proses lanjutan meliputi:
- a. Pemasakan dengan larutan gula/sirup agar nata memiliki rasa manis.
 - b. Pengemasan dalam plastik/gelas kemasan.
 - c. Sterilisasi ringan bila diperlukan.



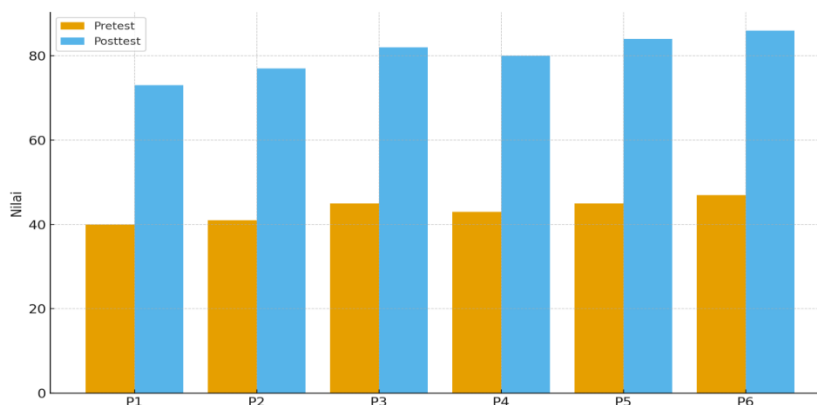
Gambar 2. Proses pembuatan nata de coco

Peningkatan level keberdayaan mitra

Selain manfaat teknis dan ekonomi, tingkat pemahaman mitra terhadap manajemen energi meningkat signifikan. Selama pelaksanaan pengabdian, pelaku usaha menunjukkan peningkatan keterampilan yang signifikan. Materi pelatihan meliputi:

- 1) Aspek Manajemen Energi dan Penerapan PLTS:
 - a) Dasar-dasar energi terbarukan;
 - b) Pengenalan sistem PLTS off-grid;
 - c) Perhitungan beban dan kebutuhan daya;
 - d) Instalasi dan pengujian PLTS;
 - e) Perawatan sistem PLTS.
- 2) Aspek produksi:
 - a) Pemahaman dasar limbah air kelapa;
 - b) Konsep ekonomi sirkular pada UMKM;
 - c) Teknik produksi Nata de Coco.

Secara keseluruhan, peningkatan kemampuan peserta di atas 80% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peningkatan level keberdayaan mitra:

Program PKM berhasil meningkatkan keberdayaan mitra secara signifikan pada dua aspek utama, yaitu manajemen energi dan produksi berbasis ekonomi sirkular. Pada aspek manajemen energi, pemahaman peserta meningkat 80–82%, yang menunjukkan bahwa mitra telah mampu mengoperasikan PLTS, memahami kebutuhan energi, serta melakukan perawatan sistem secara mandiri. Sementara itu, pada aspek produksi nata de coco, peningkatan pemahaman mencapai 85–86%, menandakan keberhasilan mitra dalam mengolah limbah air kelapa menjadi produk bernilai tambah serta memahami konsep ekonomi sirkular. Peningkatan kemampuan tersebut membuktikan bahwa pendampingan yang diberikan efektif dalam memperkuat kapasitas teknis, pengetahuan, dan kemandirian mitra, sehingga mendorong transformasi usaha menuju UMKM yang lebih efisien, mandiri, dan berkelanjutan.

Ke depan, selain diolah menjadi nata de coco, VCO sangat berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut menjadi produk bernilai tambah lain, seperti sabun aromaterapi, guna memperkuat diversifikasi usaha dan meningkatkan keberlanjutan UMKM [11]. Sejalan dengan itu, tujuan umum kegiatan ini adalah meningkatkan kemandirian dan keberlanjutan usaha IRT VCO-Cocok melalui penerapan energi surya dan pemanfaatan limbah air kelapa dalam kerangka green economy.

Dampak terhadap efisiensi usaha dan keberlanjutan

Dampak PKM dapat dilihat dari perubahan signifikan pada aspek produksi, biaya, dan pengelolaan limbah:

- a) Efisiensi energi: Penggunaan PLTS menurunkan biaya listrik dan meminimalisasi ketergantungan terhadap PLN.
- b) Efisiensi waktu produksi: Dengan energi terbarukan, mesin dapat beroperasi stabil tanpa khawatir pemadaman listrik.
- c) Pengurangan limbah: Jika sebelumnya limbah air kelapa dibuang, kini 100% limbah dapat diolah menjadi produk bernilai ekonomi.
- d) Keberlanjutan usaha: Diversifikasi produk (VCO dan nata de coco) memperkuat ketahanan usaha rumah tangga, sehingga tidak bergantung pada satu jenis produk.
- e) Penguatan branding *Green Economy*: Mitra kini dapat memasarkan produknya sebagai produk UMKM ramah lingkungan, memberikan nilai tambah pada pemasaran.

Peningkatan efisiensi yang diperoleh kemudian dianalisis dari aspek finansial melalui perhitungan Return on Investment (ROI) dan Break Even Point (BEP) untuk menentukan kelayakan investasi usaha yang dijalankan. Analisis ini dilakukan guna menilai efektivitas pemanfaatan PLTS serta pengolahan nata de coco sebagai produk diversifikasi berbasis limbah air kelapa bagi usaha mitra.

Dengan investasi sebesar Rp 10 juta dan penghematan biaya listrik sekitar Rp 577.880 per tahun, implementasi PLTS memberikan tingkat pengembalian investasi sebesar $\pm 5,78\%$ per tahun. Waktu balik modal (BEP) dari investasi ini diperkirakan terjadi dalam kurun waktu sekitar 17 tahun, yang menunjukkan bahwa meskipun periode pengembalian relatif panjang, teknologi PLTS tetap memberikan manfaat strategis bagi keberlanjutan usaha. Selain menekan ketergantungan pada listrik PLN, sistem ini mampu mengurangi emisi karbon, menurunkan biaya operasional jangka panjang, serta mendukung penerapan konsep *green economy* sebagai fondasi keberlanjutan IRT VCO-Cocok. Hasil ini mengindikasikan bahwa apabila dilihat dari aspek finansial semata, investasi PLTS memiliki waktu pengembalian yang relatif panjang. Namun demikian, ketika dikaitkan dengan manfaat non-finansial seperti penurunan emisi karbon, pengurangan ketergantungan terhadap listrik PLN, peningkatan citra usaha berbasis *green economy*, serta ketahanan energi jangka panjang bagi IRT VCO-Cocok, maka investasi

PLTS tetap layak dipandang sebagai instrumen penting dalam mendukung keberlanjutan usaha dan agenda transisi energi bersih.

Usaha pengolahan nata de coco sebagai produk diversifikasi berbasis limbah air kelapa, menggunakan asumsi biaya operasional sebesar 40% dari pendapatan kotor. Perhitungan ini memberikan gambaran realistis mengenai kemampuan usaha dalam menghasilkan keuntungan bersih setelah memperhitungkan biaya bahan tambahan, energi, kemasan, dan tenaga kerja. Berdasarkan kapasitas produksi yang dilakukan tiga kali per minggu, yaitu mengolah 5 liter air kelapa yang dapat diproses menjadi 3 kg nata de coco mentah setiap sesi produksi, diperoleh pendapatan kotor sebesar Rp 60.000 per sesi dengan harga jual Rp 20.000 per kilogram. Dengan asumsi biaya operasional sebesar 40%, maka biaya yang dibutuhkan per sesi adalah Rp 24.000, sehingga pendapatan bersih yang diterima mitra adalah Rp 36.000 per sesi. Jika produksi dilakukan secara konsisten selama satu tahun (3 kali per minggu), total pendapatan bersih tahunan mencapai Rp 5.616.000. Nilai pendapatan bersih tahunan tersebut kemudian digunakan untuk menghitung ROI, yaitu perbandingan antara keuntungan bersih tahunan dan total investasi awal peralatan sebesar Rp 1.500.000. Dari hasil perhitungan diperoleh ROI sebesar $\pm 374\%$ per tahun, yang menunjukkan tingkat pengembalian investasi yang sangat tinggi. Selain itu, perhitungan BEP menghasilkan waktu balik modal sekitar 98 hari, atau sekitar 3,2 bulan produksi. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun merupakan produk sampingan dari limbah air kelapa, usaha nata de coco tetap memiliki nilai ekonomi yang sangat potensial dan mampu memberikan keuntungan signifikan dalam waktu yang relatif singkat. Dengan demikian, pengolahan nata de coco bukan hanya menjadi solusi pengurangan limbah, tetapi juga strategi diversifikasi usaha yang memberikan dampak ekonomi nyata bagi mitra IRT VCO-Cocok.

KESIMPULAN

Program PKM ini berhasil meningkatkan keberdayaan dan keberlanjutan usaha IRT VCO-Cocok melalui penerapan PLTS 550 Wp dan pengolahan limbah berbasis ekonomi sirkular. Pemanfaatan energi surya mampu memenuhi kebutuhan mesin produksi, menurunkan ketergantungan pada listrik PLN, serta mengurangi biaya operasional. Selain manfaat ekonomi, penggunaan PLTS juga menurunkan emisi karbon sekitar ± 340 kg CO₂-eq per tahun, sehingga mendukung mitigasi perubahan iklim dan penerapan green economy pada skala UMKM.

Pemanfaatan limbah air kelapa menjadi nata de coco memberikan nilai tambah yang besar melalui diversifikasi produk dan peningkatan pemanfaatan bahan baku. Analisis kelayakan menunjukkan usaha ini sangat potensial, dengan ROI mencapai $\pm 374\%$ per tahun dan waktu balik modal sekitar 98 hari. Hal ini membuktikan bahwa pengolahan limbah melalui fermentasi efektif dalam memperkuat ekonomi rumah tangga sekaligus mendukung penerapan ekonomi sirkular.

Selain memberi dampak teknis dan ekonomi, program ini juga meningkatkan kapasitas mitra secara signifikan, dengan peningkatan pemahaman lebih dari 80% pada aspek manajemen energi, produksi, dan praktik usaha berkelanjutan. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi tepat guna, energi terbarukan, dan pengolahan limbah merupakan model pemberdayaan UMKM yang efektif, aplikatif, dan dapat direplikasi. Program ini turut memperkuat kemandirian usaha, meningkatkan efisiensi, serta mendukung pencapaian SDG 7, 12, dan 13.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jendral Riset Dan Pengembangan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi, dan Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Lhokseumawe) atas dukungan pendanaan dan fasilitas yang diberikan sehingga kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini dapat terlaksana dengan baik. Dukungan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Wulandari, “Analisis Peluang dan Tantangan Pengembangan Agroindustri Kelapa,” *AGROINTEK*, vol. 4, no. 1, pp. 28–38, 2009.
- [2] Gunawan, Rahmawati, and A. D, “Penerapan Konsep Green Economy Untuk Meningkatkan Nilai Ekonomi Ternak Sapi Desa Sekrak Kiri Aceh Tamiang,” *J. Vokasi*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2024, doi: 10.30811/vokasi.v8i1.4646.
- [3] R. Rahmawati, S. Amra, C. Yusnar, I. Ismaniar, and J. Syarif, “Implementasi Mesin Filling untuk Efisiensi Waktu Pengemasan VCO,” *J. Vokasi*, vol. 9, no. 1, p. 64, 2025, doi: 10.30811/vokasi.v9i1.6484.
- [4] Y. E. Pertiwi, E. Kurniasih, and R. Fauzan, “Pembuatan Kertas dari Selulosa Mikrobial Nata De Coco dengan Metode Organosolv,” *J. Reaksi (Journal Sci. Technol.*, vol. 15, no. 02, pp. 1–5, 2017.
- [5] M. Reza, Zamzami, and Yassir, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Gedung Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe,” *J. TEKTR0*, vol. 8, no. 1, pp. 83–89, 2024.
- [6] Yassir, Zamzami, Zulfikar, M. Basyir, and Eliyani, “Optimasi Sudut Penyimpangan Panel Surya Terhadap Garis Lintang dengan Metode Algoritma Genetika, Studi Kasus: Kampus Politeknik Negeri Lhokseumawe,” in *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2019, vol. 3, no. 1, pp. 52–55.
- [7] Gunawan, R. Syahputra, H. Abdullah, Iskandar, A. Haris, and Darmein, “Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid Solar System Pada Siswa SMKN 5 Kota Lhokseumawe A-164 A-165,” in *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2022, vol. 6, no. 1, pp. 164–170.
- [8] J. Hestina *et al.*, “Industri Kelapa Indonesia: Kinerja dan Perspektif Pengembangan Menuju Peningkatan Nilai Tambah dan Daya Saing,” *Forum Penelit. Agro Ekon.*, vol. 40, no. 1, pp. 55–69, 2022.
- [9] B. P. Saputro, A. S. M. Firdausi, H. R. Adiyatna, N. F. Arif, and S. R. Hardiana, “Peningkatan Daya Saing UMKM Home Business Camp Melalui Penerapan Teknologi Tepat Guna dan Inovasi Berkelanjutan,” *J. Altifani Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 4, no. 5, pp. 424–432, 2024, doi: 10.59395/altifani.v4i5.583.
- [10] G. Gunawan, R. Syahputra, D. Darmein, S. Supardin, and R. Ruhana, “Perakitan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Bagi Pemuda Desa Alue Lim,” *J. Vokasi*, vol. 8, no. 1, p. 129, 2024, doi: 10.30811/vokasi.v8i1.5032.
- [11] F. Andriani and L. Hidayati, “Pelatihan Kreatif Sabun Aromaterapi sebagai Alternatif Usaha Tambahan bagi Pengrajin Jamu Dusun Kiringan, Canden, Bantul,” *J. Vokasi*, vol. 9, no. 2, pp. 296–304, 2025.