

NASKAH ORISINAL

Perancangan, Implementasi, Dan Evaluasi Kinerja Sistem PLTS Atap *Off-Grid* 1,2 kWp Pada UMKM Pengolahan Kerupuk Ikan Di Desa Kalanganyar, Sidoarjo

Riva Rizkiana Ramadhani¹ | Doty Dewi Risanti^{1,*} | Erna Septyaningrum¹ | Anandita Ade Putri² | Wildan Nadzif Mudhofi³ | Syafira Aurelia Ariefianty⁴ | Hilmy Alfadel Nurindaputra⁵ | Alifia Salsa Nabila Putri⁶ | Samuel Christopher Bagus Kurniawan⁷

¹Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

²Departemen Manajemen Bisnis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

³Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

⁴Departemen Teknologi Rekayasa Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

⁵Departemen Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

⁶Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

⁷Departemen Teknik Material, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Korespondensi

*Doty Dewi Risanti, Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.
Alamat e-mail: risanti@ep.its.ac.id

Alamat

Laboratorium Material Fungsional Maju, Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Abstrak

Peningkatan produktivitas UMKM melalui mekanisasi proses produksi memerlukan dukungan pasokan energi yang andal dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi kinerja sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap *off-grid* berkapasitas 1,2 kWp untuk mendukung operasional UMKM pengolahan kerupuk ikan Olikan di Desa Kalanganyar, Kabupaten Sidoarjo. Metode penelitian meliputi identifikasi kebutuhan energi, perancangan sistem PLTS, instalasi, pelatihan penggunaan teknologi kepada 9 peserta, serta *monitoring* dan evaluasi kinerja sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem PLTS menghasilkan energi listrik rata-rata sebesar 1,77 kWh/hari atau sekitar 53 kWh/bulan, sehingga mampu memenuhi kebutuhan energi mesin produksi sebesar 0,267 kWh per siklus. Berdasarkan evaluasi, sistem secara teoritis mampu mendukung hingga 6 siklus produksi per hari atau setara dengan kapasitas pengolahan sekitar 30 kg adonan per hari. Selain itu, pelatihan meningkatkan rata-rata nilai peserta dari 48,6 pada *pre-test* menjadi 87,4 pada *post-test*, yang menunjukkan peningkatan pemahaman dan keterampilan dalam pengoperasian sistem. Meskipun demikian, kapasitas produksi tersebut merupakan analisis potensi berdasarkan kecukupan energi sistem dan belum mencerminkan peningkatan produksi aktual UMKM karena produksi masih disesuaikan dengan permintaan pasar, ketersediaan bahan baku, dan pola produksi berbasis pesanan. Dengan demikian, implementasi PLTS *off-grid* menyediakan pasokan energi yang andal sekaligus menjadi dasar pengembangan kapasitas produksi UMKM pada masa mendatang.

Kata Kunci:

Evaluasi Kinerja, Pengolahan Kerupuk Ikan, PVSystem, Sistem PLTS *off-grid*, UMKM.

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Desa Kalanganyar yang terletak di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, merupakan salah satu sentra budidaya ikan bandeng terbesar di Indonesia dengan luas tambak produktif mencapai 2.231,79 hektar. Potensi perikanan tersebut telah mendorong berkembangnya berbagai usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) berbasis pengolahan hasil perikanan yang dikelola oleh masyarakat setempat. Seiring perkembangan industri lokal, masyarakat Kalanganyar telah menerapkan konsep ekonomi sirkular dengan mengoptimalkan pemanfaatan seluruh bagian ikan bandeng. Selain menjual ikan segar, UMKM setempat juga menghasilkan berbagai produk bernilai tambah seperti otak-otak, bandeng *crispy*, bandeng asap, serta kerupuk berbahan dasar limbah sisik dan tulang ikan bandeng. Pemanfaatan limbah tersebut tidak hanya meningkatkan nilai ekonomi hasil perikanan, tetapi juga mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan dari proses produksi. Produk kerupuk berbahan sisik ikan bandeng bahkan telah menjadi salah satu produk unggulan desa yang didukung melalui berbagai program pengembangan masyarakat, termasuk pelatihan pemasaran digital untuk memperluas jangkauan pasar dan meningkatkan keuntungan UMKM^[1-3].

Meskipun demikian, sebagian besar UMKM kerupuk ikan di Kalanganyar masih menggunakan metode produksi yang bersifat manual. Mayoritas usaha tersebut dikelola oleh kelompok perempuan sehingga aktivitas produksi, khususnya pada tahap pencampuran adonan, membutuhkan tenaga fisik yang cukup besar. Berdasarkan hasil survei dan wawancara lapangan, proses pencampuran adonan secara manual menjadi salah satu kendala utama karena membutuhkan waktu yang lama dan tenaga kerja yang intensif, terutama bagi pekerja perempuan berusia lanjut. Kondisi ini menyebabkan kapasitas produksi menjadi terbatas dan sulit ditingkatkan untuk memenuhi permintaan pasar yang terus berkembang. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa mekanisasi melalui penggunaan mesin pengaduk dan mesin pemotong mampu meningkatkan efisiensi proses, kapasitas produksi, serta konsistensi mutu produk pada UMKM pengolahan kerupuk ikan maupun industri pangan skala kecil^[4-6]. Namun, sebagian besar penelitian maupun program terdahulu masih berfokus pada aspek mekanisasi proses produksi tanpa mengintegrasikan penyediaan energi yang berkelanjutan untuk mendukung operasional mesin. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pendekatan yang mengombinasikan mekanisasi proses produksi dengan sistem energi terbarukan agar peningkatan produktivitas dapat dicapai secara berkelanjutan.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi otomatisasi pada industri pangan skala kecil mampu meningkatkan efisiensi proses produksi secara signifikan. Penggunaan sistem pencampur adonan otomatis mampu mengurangi waktu persiapan hingga 67% dan meningkatkan kapasitas produksi harian lebih dari 50%^[7]. Selain mengurangi beban kerja fisik, otomatisasi juga menghasilkan kualitas produk yang lebih seragam sehingga meningkatkan daya saing UMKM di pasar^[8]. Oleh karena itu, kebutuhan akan mesin penggiling dan pencampur adonan serta mesin pemotong kerupuk menjadi salah satu solusi yang diharapkan oleh pelaku UMKM di Kalanganyar untuk meningkatkan produktivitas usaha mereka.

Namun, penerapan mesin produksi secara langsung akan meningkatkan kebutuhan energi listrik. Ketergantungan terhadap listrik jaringan (*grid*) berpotensi menambah biaya operasional UMKM dan dapat menjadi kendala apabila terjadi gangguan pasokan listrik. Di sisi lain, wilayah Jawa Timur termasuk Kabupaten Sidoarjo memiliki potensi energi surya yang sangat baik dengan tingkat radiasi matahari rata-rata sebesar 4.4-6.6 kWh/m²/hari^[9]. Nilai tersebut menunjukkan bahwa wilayah ini sangat layak untuk penerapan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap sebagai sumber energi alternatif yang berkelanjutan. Pemanfaatan PLTS atap pada sektor UMKM tidak hanya berpotensi menekan konsumsi listrik dari jaringan, tetapi juga meningkatkan ketahanan energi serta mendukung pencapaian target transisi energi dan pengurangan emisi karbon di Indonesia^[10].

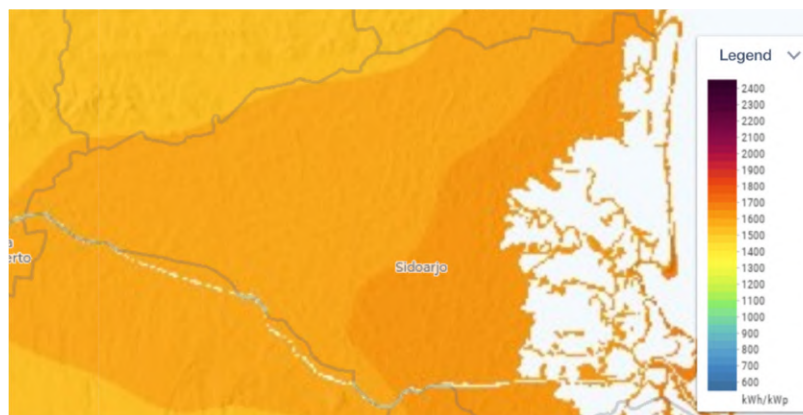
Berdasarkan kondisi tersebut, penyediaan mesin pengolahan kerupuk ikan yang terintegrasi sistem PLTS *off-grid* menjadi solusi yang strategis. Sistem ini tidak hanya mampu menyediakan energi bersih untuk mendukung proses produksi UMKM, tetapi juga berkontribusi terhadap pengurangan biaya operasional, peningkatan produktivitas usaha, pemberdayaan perempuan pelaku UMKM serta mendukung target transisi energi dan pembangunan berkelanjutan di Indonesia. Dibandingkan dengan penggunaan listrik PLN, genset, maupun sistem *hybrid*, PLTS *off-grid* dipilih karena lebih ekonomis untuk skala UMKM, memiliki biaya operasional yang lebih rendah, serta mendukung kemandirian energi berbasis sumber energi terbarukan^[11]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi kinerja sistem PLTS atap yang digunakan untuk mendukung operasional industri kerupuk ikan di Desa Kalanganyar, Sidoarjo.

Adapun, program ini dilaksanakan dibawah dukungan dari Pertamina Foundation yang bermitra dengan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dengan demikian, PLTS yang diinstalasi pada program ini memiliki kapasitas 1,2 kWp untuk mencapai target ketercapaian dari program Desa Energi Berdikari yang dijalankan oleh penerima Beasiswa Sobat Bumi Pertamina Foundation Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Berdasarkan hasil observasi lapangan dan wawancara dengan pengelola UMKM Olikan di Desa Kalanganyar, teridentifikasi beberapa permasalahan yang mempengaruhi efektivitas proses produksi kerupuk ikan, meliputi rendahnya produktivitas akibat proses produksi yang masih dilakukan secara manual, meningkatnya kebutuhan energi seiring penggunaan mesin produksi, belum tersedianya sumber energi mandiri berbasis energi terbarukan, serta keterbatasan pengetahuan mitra dalam mengoperasikan dan merawat teknologi yang diterapkan. Kondisi tersebut menyebabkan kapasitas produksi sulit ditingkatkan dan berpotensi meningkatkan biaya operasional usaha.

Sebagai upaya penyelesaian, dipilih penerapan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap *off-grid* yang didukung oleh potensi energi surya wilayah Sidoarjo. Berdasarkan data Global Solar Atlas (Gambar 1), Kabupaten Sidoarjo memiliki potensi *specific photovoltaic power output* sekitar 1.650-1.750 kWh/kWp/tahun. Dengan kapasitas sistem sebesar 1,2 kWp, PLTS diperkirakan mampu menghasilkan energi listrik sekitar 2.040 kWh/tahun atau 5,59 kWh/hari sehingga berpotensi mendukung operasional mesin produksi UMKM. Adapun, ringkasan akar permasalahan, dampak, kondisi yang diharapkan, dan solusi yang diusulkan disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1 Peta Potensi Produksi Energi Listrik Fotovoltaik (PVOUT) di Kabupaten Sidoarjo

Adapun, strategi kegiatan untuk menerapkan solusi yang telah diidentifikasi pada Tabel 1 dilakukan melalui empat tahapan utama. Tahap pertama adalah penyediaan mesin pengaduk dan mesin pemotong sebagai upaya meningkatkan efisiensi proses produksi kerupuk ikan yang sebelumnya masih dilakukan secara manual. Penggunaan mesin produksi diharapkan mampu mengurangi beban kerja operator serta meningkatkan kapasitas produksi harian UMKM.

Tahap kedua adalah analisis kebutuhan energi berdasarkan karakteristik beban mesin produksi. Analisis dilakukan untuk menentukan pola konsumsi energi, durasi operasi mesin, serta kebutuhan energi harian yang diperlukan selama proses produksi. Informasi tersebut digunakan untuk menyusun strategi operasional yang sesuai dengan kapasitas sistem PLTS yang telah ditetapkan.

Tahap ketiga adalah implementasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap *off-grid* berkapasitas 1,2 kWp sebagai sumber energi utama bagi operasional mesin produksi. Karena kapasitas sistem telah ditentukan, fokus analisis diarahkan pada optimasi pemanfaatan energi melalui pengaturan waktu operasi beban, evaluasi ketersediaan energi harian, dan kesesuaian antara energi yang dihasilkan sistem dengan kebutuhan energi proses produksi. Karena kapasitas sistem telah ditentukan, fokus analisis selanjutnya diarahkan pada optimasi pemanfaatan energi melalui pengaturan waktu operasi beban, evaluasi ketersediaan energi harian, dan kesesuaian antara energi yang dihasilkan sistem dengan kebutuhan energi proses produksi.

Tabel 1 Identifikasi Akar Permasalahan dan Solusi yang Diusulkan pada UMKM Olikan Kalanganyar

Aspek	Akar Masalah	Dampak	Kondisi yang Diharapkan	Solusi
Produksi Produk Olahan Ikan	Proses pencampuran adonan masih dilakukan secara manual sehingga membutuhkan tenaga fisik yang besar, terutama bagi pekerja perempuan yang berusia lanjut	Produktivitas rendah, waktu produksi lebih lama, dan kapasitas produksi sulit ditingkatkan	Proses produksi berlangsung lebih cepat, efisien, dan mampu meningkatkan kapasitas produksi harian	Penggunaan mesin pengaduk dan mesin pemotong untuk mendukung otomatisasi proses produksi
	Biaya operasional berpotensi meningkat dan penggunaan mesin menjadi terbatas apabila pasokan energi tidak mencukupi	Biaya operasional berpotensi meningkat dan penggunaan mesin menjadi terbatas apabila pasokan energi tidak mencukupi	Tersedianya pasokan energi yang mampu memenuhi kebutuhan operasional mesin produksi secara optimal	Perancangan sistem PLTS yang sesuai dengan kebutuhan daya mesin pengaduk dan mesin pemotong
	Belum tersedia sumber energi mandiri berbasis energi terbarukan untuk mendukung operasional UMKM	Ketergantungan terhadap listrik konvensional, risiko gangguan operasional, serta belum optimalnya penerapan energi bersih pada sektor UMKM	Terciptanya sistem energi yang mandiri, andal, berkelanjutan, dan ramah lingkungan	Implementasi sistem PLTS atap <i>off-grid</i> yang dilengkapi baterai penyimpanan energi dan <i>inverter</i>
SDM dan Manajemen	Keterbatasan pengetahuan dan keterampilan pengguna dalam mengoperasikan serta merawat teknologi yang diterapkan	Risiko kesalahan penggunaan alat, penurunan kinerja sistem, dan keberlanjutan program yang rendah	Pengguna mampu mengoperasikan, memelihara, dan mengelola sistem secara mandiri	Pelatihan penggunaan teknologi, penyusunan standar operasional prosedur (SOP) operasional dan perawatan, serta pembinaan dan pendampingan berkala kepada mitra

Tahap keempat adalah pelatihan, penyusunan standar operasional prosedur (SOP), dan pendampingan kepada mitra untuk memastikan sistem dapat dioperasikan dan dipelihara secara mandiri. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan keberlanjutan pemanfaatan teknologi serta mendukung replikasi penerapan sistem pada UMKM lain dengan karakteristik kebutuhan energi yang serupa.

Selain untuk mendukung operasional UMKM Olikan, implementasi sistem ini juga digunakan untuk mengevaluasi potensi pengembangan skala penuh (*full-scale application*) teknologi PLTS pada sektor pengolahan pangan skala kecil. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kapasitas energi yang tersedia dari sistem PLTS terhadap kebutuhan energi produksi pada

berbagai skenario waktu operasi mesin, sehingga dapat diperoleh gambaran mengenai batas operasional sistem dan peluang pengembangannya di masa mendatang.

1.3 | Target Luaran

Luaran dalam kegiatan ini berupa desain, analisis teknis, serta implementasi dari sistem PLTS atap *off-grid* pada UMKM pengolahan kerupuk ikan Olikan di Desa Kalanganyar, Sidoarjo. Adapun, target luaran spesifik dari program ini adalah:

1. Terinstalasinya 1 mesin pengaduk adonan tipe HMJ-5 berdaya 550 W dan 1 mesin pemotong berdaya 350 W untuk mendukung otomatisasi proses produksi kerupuk ikan UMKM Olikan dengan kapasitas total produksi harian hingga ± 30 kg/hari.
2. Terbentuknya rancangan sistem PLTS *off-grid* untuk penggunaan mesin pengaduk adonan dan mesin pemotong beserta analisis teknisnya yang meliputi penentuan kapasitas panel surya, kapasitas baterai, kapasitas *inverter*, sistem proyeksi, dan konfigurasi instalasi.
3. SOP operasional dan perawatan teknologi hingga pelatihan kepada masyarakat untuk meningkatkan keterampilan masyarakat dalam menggunakan dan mengelola teknologi kepada 9 anggota masyarakat dengan pemahaman $\geq 80\%$.
4. Evaluasi hasil pelaksanaan kegiatan dan rekomendasi keberlanjutan program.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

2.1 | UMKM Pengolahan Kerupuk Ikan

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) pengolahan kerupuk ikan merupakan salah satu sektor agroindustri berbasis perikanan yang berperan dalam meningkatkan nilai tambah hasil perikanan sekaligus mendukung perekonomian masyarakat pesisir^[12]. Produk kerupuk ikan memiliki prospek pasar yang cukup baik karena memiliki umur simpan yang panjang, mudah didistribusikan, serta menjadi salah satu produk olahan perikanan yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia^[13, 14]. Sentra produksi kerupuk ikan umumnya berkembang di wilayah pesisir yang memiliki akses terhadap bahan baku hasil perikanan, termasuk Kabupaten Sidoarjo yang dikenal sebagai salah satu daerah penghasil produk olahan perikanan di Jawa Timur^[15]. Secara umum, proses produksi kerupuk ikan meliputi pencampuran bahan baku, pembentukan adonan, pemotongan, pengeringan, penggorengan, dan pengemasan^[16].

Pada sebagian besar UMKM yang tahapan pencampuran adonan dan pemotongan masih dilakukan secara manual atau semi-manual, dibutuhkan tenaga kerja yang cukup besar dan waktu produksi yang relatif lama. Kondisi tersebut menyebabkan kapasitas produksi sulit ditingkatkan ketika permintaan pasar meningkat. Selain itu, proses manual sering menghasilkan kualitas produk yang kurang seragam sehingga mempengaruhi efisiensi produksi dan daya saing usaha. Penggunaan mesin pengaduk adonan dilaporkan mampu menurunkan waktu produksi adonan 10 kg dari 4 jam menjadi 0,5 jam, meningkatkan kapasitas produksi sebesar 87,5%, serta meningkatkan efisiensi biaya produksi hingga 84,64%^[6, 17, 18]. Sejalan dengan peningkatan produktivitas tersebut, kebutuhan energi listrik UMKM juga meningkat karena proses produksi yang sebelumnya mengandalkan tenaga manusia beralih menjadi berbasis mesin. Seiring dengan meningkatnya tingkat mekanisasi, kebutuhan energi pada proses pengolahan pangan juga meningkat sehingga pengelolaan dan penyediaan energi menjadi faktor penting dalam menjaga efisiensi dan keberlanjutan proses produksi^[19].

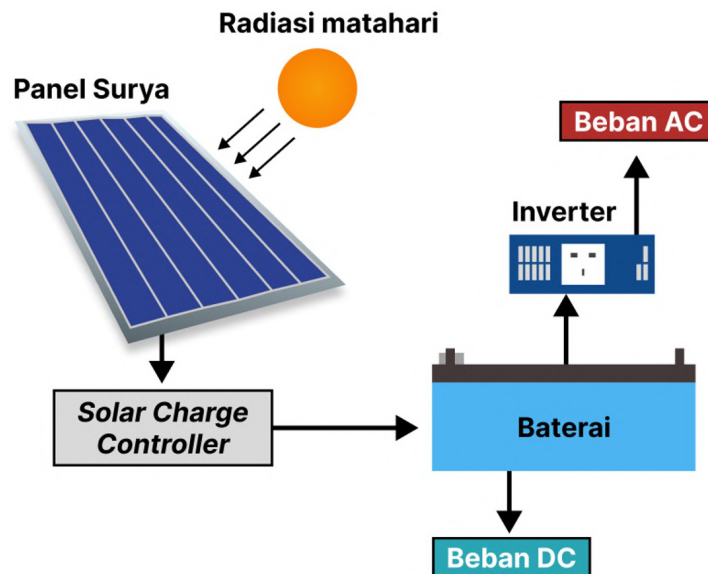
Peningkatan produktivitas melalui penggunaan mesin pengaduk dan mesin pemotong pada UMKM pengolahan kerupuk ikan menimbulkan konsekuensi berupa meningkatnya kebutuhan energi listrik. Di sisi lain, sebagian besar UMKM masih bergantung pada pasokan listrik konvensional dan belum memanfaatkan energi terbarukan secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem penyediaan energi yang andal, berkelanjutan, dan mampu mendukung operasional peralatan produksi secara mandiri, salah satunya melalui penerapan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Dukungan teknologi ini juga memerlukan adanya peningkatan pemahaman masyarakat melalui pelatihan untuk dapat menunjang keberlanjutan operasional program.

2.2 | Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem pembangkit energi listrik yang memanfaatkan modul fotovoltaik (*photovoltaic/PV*) untuk mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik^[20]. Secara umum, sistem PLTS terdiri atas modul fotovoltaik, *solar charge controller*, baterai, *inverter*, dan beban listrik yang saling terintegrasi dalam menghasilkan dan mendistribusikan energi^[21]. Hasil studi pada UMKM industri pangan di Indonesia menunjukkan bahwa implementasi PLTS atap berkapasitas 4,95 kWp mampu menghasilkan energi listrik sebesar 8.288,4 kWh/tahun dengan *performance ratio* 80,51%, menghemat biaya listrik sekitar Rp14,09 juta/tahun, serta menurunkan emisi karbon hingga 6,08 ton CO₂/tahun, sehingga menunjukkan bahwa PLTS layak diterapkan untuk meningkatkan efisiensi operasional UMKM^[22].

Pada sistem PLTS, modul fotovoltaik berfungsi mengonversi energi matahari menjadi listrik arus searah (DC), sedangkan *solar charge controller* mengatur proses pengisian dan pengosongan baterai agar sistem dapat beroperasi secara aman dan efisien^[23]. Baterai digunakan sebagai media penyimpanan energi untuk menjaga kontinuitas pasokan listrik, sementara *inverter* berfungsi mengubah arus searah menjadi arus bolak-balik (AC) sesuai kebutuhan peralatan listrik^[24]. Integrasi yang tepat antar komponen tersebut sangat menentukan keandalan dan efisiensi sistem PLTS, khususnya pada sistem *off-grid* yang beroperasi secara mandiri tanpa terhubung dengan jaringan utilitas^[25]. Adapun, diagram skematik PLTS yang beroperasi secara *off-grid* secara umum ditampilkan pada Gambar 2^[25].

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan PLTS pada sektor UMKM mampu menurunkan biaya operasional, meningkatkan kemandirian energi, serta mendukung keberlanjutan usaha melalui pemanfaatan energi terbarukan. Selain memberikan manfaat ekonomi, integrasi PLTS dengan proses produksi juga berkontribusi terhadap pengurangan emisi karbon dan peningkatan daya saing UMKM dalam mendukung transisi energi nasional^[11, 20].



Gambar 2 Diagram skematik PLTS *Off-grid* [25]

3 | METODE

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan pada UMKM Olikan yang berlokasi di Desa Kalanganyar, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Metode pelaksanaan kegiatan dilakukan secara bertahap mulai dari identifikasi kebutuhan mitra hingga evaluasi kinerja sistem yang telah diterapkan. Alur pelaksanaan kegiatan ditunjukkan pada Gambar 3 dengan indeks ketercapaian kegiatan (KPI) dari setiap langkahnya ditampilkan pada Tabel 2.



Gambar 3 Diagram alir pelaksanaan kegiatan pemberdayaan UMKM pengelola kerupuk ikan dengan instalasi PLTS

Tabel 2 Tahapan Pelaksanaan Kegiatan dan Indikator Keberhasilan Program

Tahapan	Kegiatan Utama	Indikator Keberhasilan (KPI)	Target
Survei dan identifikasi kebutuhan UMKM	Observasi lapangan, wawancara, identifikasi proses produksi dan kebutuhan energi	Dokumen hasil survei dan kebutuhan mitra tersusun	Kebutuhan teknis dan nonteknis teridentifikasi secara spesifik
Perancangan kegiatan dan strategi pelaksanaan	Menyusun desain program, pemetaan kebutuhan sumber daya, pembagian tugas tim, dan rencana implementasi kegiatan	Dokumen perencanaan program dan strategi implementasi tersusun	Dokumen perencanaan lengkap dan siap diimplementasikan
Perancangan sistem PLTS	Perancangan mesin produksi dan sistem PLTS <i>off-grid</i> 1,2 kWp	Desain sistem, spesifikasi komponen, dan strategi implementasi selesai	Seluruh dokumen desain tervalidasi sebelum instalasi
Instalasi sistem PLTS	Pemasangan PLTS, mesin pengaduk, dan mesin pemotong	Sistem PLTS dan seluruh mesin dapat beroperasi tanpa gangguan	100% komponen terpasang dan berfungsi sesuai rancangan
Pelatihan penggunaan dan perawatan	Pelatihan penggunaan, perawatan, dan penyusunan SOP	Mitra mampu mengoperasikan sistem secara mandiri dan menerima SOP	≥80% peserta mampu mengoperasikan sistem sesuai SOP
Monitoring dan evaluasi	<i>Monitoring</i> produksi energi, evaluasi operasional mesin, dan dampak terhadap produksi	Data produksi energi dan evaluasi kinerja sistem terdokumentasi	Data <i>monitoring</i> minimal 30 hari dan rekomendasi pengembangan disusun

Berdasarkan Gambar 3, kegiatan diawali dengan survei dan identifikasi kebutuhan UMKM melalui observasi lapangan dan wawancara dengan pengelola UMKM Olikan untuk mengetahui kondisi produksi, kebutuhan teknologi, serta kebutuhan energi yang diperlukan dalam proses produksi. Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, dilakukan perancangan kegiatan dan strategi implementasi untuk menentukan solusi teknologi yang akan diterapkan, termasuk penggunaan mesin pengaduk adonan, mesin pemotong kerupuk, dan strategi pemanfaatan energi surya. Selanjutnya, dilakukan perancangan sistem PLTS *off-grid* berkapasitas 1,2 kWp dengan menentukan konfigurasi modul surya, baterai, *inverter*, dan sistem proteksi yang sesuai dengan kebutuhan energi mitra.

Hasil perancangan kemudian direalisasikan melalui instalasi sistem PLTS yang meliputi pemasangan seluruh komponen dan pengujian awal untuk memastikan sistem dapat beroperasi sesuai dengan rancangan. Setelah sistem berhasil dioperasikan, dilakukan pelatihan penggunaan dan perawatan kepada mitra yang mencakup pengoperasian mesin produksi, penggunaan sistem

PLTS, serta prosedur perawatan rutin. Tahap terakhir berupa *monitoring* dan evaluasi pelaksanaan dilakukan untuk menilai kinerja sistem PLTS, kesesuaian energi yang dihasilkan terhadap kebutuhan produksi, serta dampak penerapan teknologi terhadap peningkatan produktivitas dan keberlanjutan operasional UMKM.

4 | HASIL DAN DISKUSI

4.1 | Identifikasi Kebutuhan UMKM

Tahap identifikasi kebutuhan dilakukan melalui observasi lapangan dan wawancara dengan pelaku UMKM Olikan di RT 21 Desa Kalanganyar. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa proses produksi kerupuk ikan masih dilakukan secara manual, khususnya pada proses pengadukan adonan yang membutuhkan tenaga fisik cukup besar dan waktu produksi yang relatif lama. Kondisi tersebut menjadi tantangan karena sebagian besar pelaku UMKM merupakan kelompok ibu rumah tangga yang berusia lanjut. Selain itu, peningkatan produktivitas melalui penggunaan mesin produksi berpotensi meningkatkan kebutuhan energi listrik sehingga diperlukan sumber energi yang andal dan berkelanjutan. Hasil identifikasi ini menjadi dasar dalam penentuan solusi berupa penyediaan mesin produksi dan implementasi sistem PLTS *off-grid* sebagai sumber energi pendukung kegiatan produksi. Adapun, ringkasan kondisi *baseline* UMKM ini ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Identifikasi *Baseline* Kondisi UMKM Olikan

Indikator	Kondisi Awal
Jumlah tenaga kerja	4 orang
Jenis usaha	Pengelolaan kerupuk ikan
Metode pengadukan	Manual
Metode pemotongan	Manual/semi-manual
Sumber energi	PLN
Pemanfaatan EBT	Belum tersedia
Pengguna dominan	Kelompok ibu rumah tangga
Lama produksi kerupuk ikan (1 kg)	2 jam
Jumlah produksi mingguan	4 kg

4.2 | Perancangan Kegiatan dan Strategi Pelaksanaan

Berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan, disusun strategi pelaksanaan program yang berfokus pada peningkatan produktivitas UMKM melalui penerapan teknologi tepat guna dan energi terbarukan. Solusi yang dipilih berupa penyediaan mesin pengaduk adonan dan mesin pemotong kerupuk yang didukung oleh sistem PLTS *off-grid* berkapasitas 1,2 kWp. Selain aspek teknologi, program juga dirancang dengan pendekatan pemberdayaan masyarakat melalui pelatihan operasional, penyusunan SOP, serta pendampingan penggunaan teknologi. Strategi ini diharapkan mampu meningkatkan kapasitas produksi sekaligus mendukung kemandirian energi UMKM secara berkelanjutan.

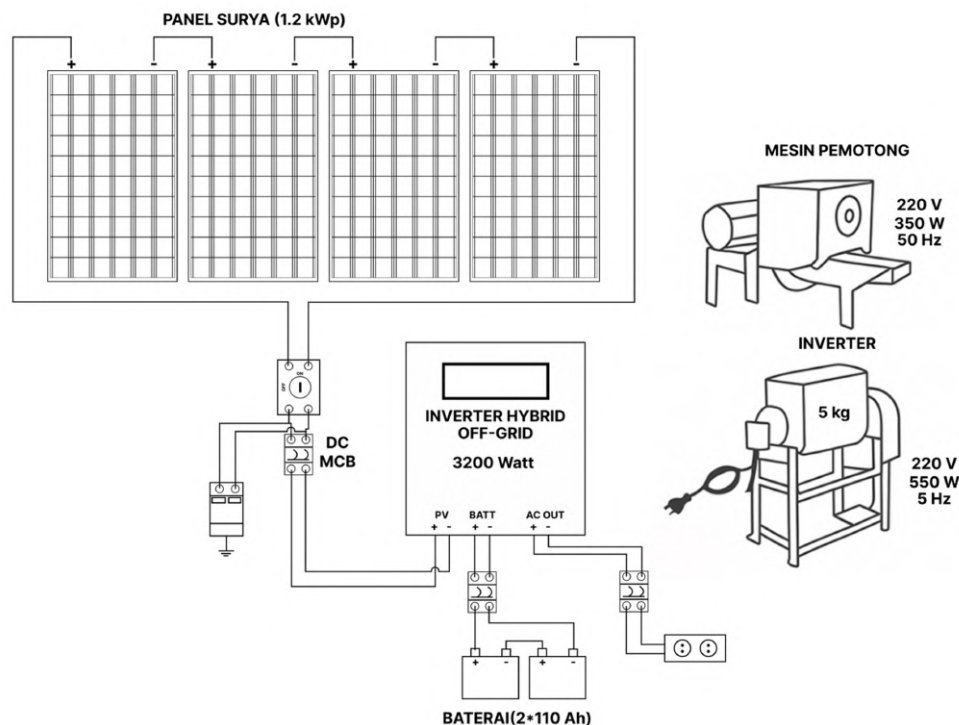
4.3 | Perancangan Sistem PLTS dan Spesifikasi Mesin Pendukung Produksi

Desain sistem PLTS yang dikembangkan untuk UMKM Olikan ditampilkan pada Gambar 4. Adapun, analisis *sizing*-PV berdasarkan kebutuhan listrik harian dari mesin pendukung produksi ditampilkan pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan minimum kapasitas modul fotovoltaik untuk memenuhi kebutuhan energi operasional mesin produksi diperkirakan sekitar 500 Wp. Namun, sistem yang diimplementasikan menggunakan kapasitas sebesar 1,2 kWp sesuai dengan target implementasi Program Desa Energi Berdikari. Pemilihan kapasitas yang lebih besar tersebut dipertimbangkan untuk memberi potensi peningkatan kebutuhan energi pada pengembangan operasional UMKM di masa mendatang. Daftar komponen penyusun sistem PLTS yang diaplikasikan pada UMKM olikan ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 4 Hasil Analisis *Sizing* Sistem PLTS Berdasarkan Kebutuhan Energi UMKM

Parameter	Dasar Perhitungan	Kebutuhan Minimum
Daya mesin pengaduk	Data spesifikasi	550 W
Daya mesin pemotong	Data spesifikasi	350 W
Total daya beban	550 + 350	900 W
Kapasitas <i>inverter</i>	$P_{inv} \geq P_{beban}$ dengan kemampuan <i>surge</i> untuk beban motor	≥ 2.000 W
Baterai	$C = E / (V \times DoD \times \eta)$, $V = 24$ V, DoD (Depth of Discharge) = 80%, η (efisiensi sistem baterai) = 95%	24 V, 88 Ah
Modul PV	$P_{PV} = E / (PSH \times PR) \times DF$, PSH (Peak Sun Hour) = 5,59 jam, PR (Performance Ratio) = 75%, DF (Design Factor) = 1,3	≈ 500 Wp

**Gambar 4** Desain sistem PLTS pada UMKM Olikan dan mesin pendukung produksi

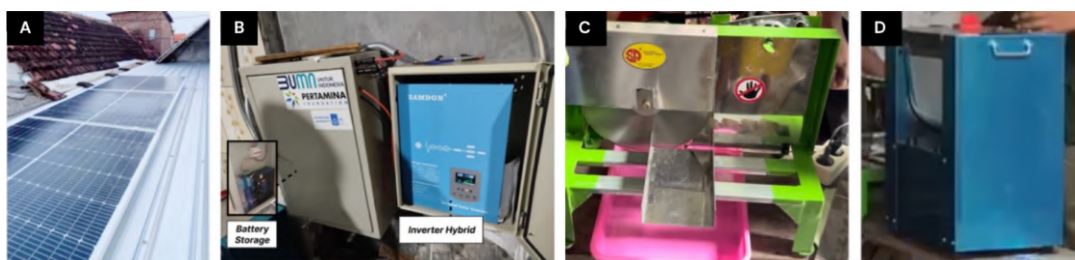
4.4 | Instalasi Sistem PLTS dan Mesin Pendukung Produksi

Tahap instalasi sistem PLTS dilakukan dengan memasang modul surya pada atap bangunan UMKM Olikan sebagai lokasi yang memiliki paparan sinar matahari yang memadai. Modul surya dipasang menggunakan struktur penyangga berbasis rel (*mounting rail*) yang dirancang untuk menjaga kekuatan dan kestabilan sistem terhadap beban lingkungan. Selain pemasangan modul surya, dilakukan pula instalasi *inverter*, baterai, *solar charge controller*, perangkat proteksi kelistrikan, serta jaringan distribusi listrik yang menghubungkan sistem PLTS dengan beban produksi. Setelah seluruh komponen terpasang, dilakukan pemeriksaan instalasi dan pengujian fungsional untuk memastikan sistem dapat beroperasi dengan aman, andal, dan sesuai dengan spesifikasi perancangan. Hasil dari proses instalasi sistem PLTS ditampilkan pada Gambar 5 (a) dan Gambar 5 (b) dengan panel surya yang

dipasang dengan sudut kemiringan $7,4^\circ$ relatif horizontal. Adapun, mesin pendukung produksi yang diberikan kepada UMKM Olikan ditampilkan pada Gambar 5 (c) dan Gambar 5 (d).

Tabel 5 Spesifikasi Komponen Penyusun Sistem PLTS

Nama Komponen	Indikator	Spesifikasi	Jumlah
Modul Panel Surya	Model	Mono 300 Wp 60 cell	4
Mesin Pengaduk	Tipe	HMJ-5	1
	Kapasitas produksi	5 kg (2 menit)	
	Daya Listrik	550 Watt	
	Tegangan	220 Volt	
	Frekuensi	50 Hz	
	Dimensi	58 cm $\times$ 38 cm $\times$ 62 cm	
Mesin Pemotong	Daya Listrik	350 Watt	1
	Tegangan	220 Volt	
	Frekuensi	50 Hz	
	Dimensi	45 cm $\times$ 45 cm $\times$ 38 cm	
Inverter (<i>Hybrid Off-Grid</i>) dengan MPPT	Tegangan Input Max	120 Volt	1
	Daya Input Max	3200 Watt	
Baterai <i>Life-Po</i>	Kapasitas Baterai	100 Ah	2
	Tegangan	24 Volt	
MCB DC 63 A	Arus Max	63 A	1
	Tipe Arus	DC	
MCB AC 6A	Arus Max	6 A	1
	Tipe Arus	AC	



Gambar 5 Hasil instalasi sistem PLTS; (a) modul panel surya di atap; (b) *inverter hybrid* dan sistem penyimpanan baterai; (c) mesin pemotong adonan; (d) mesin penggiling adonan

4.5 | Pelatihan Penggunaan dan Perawatan Teknologi

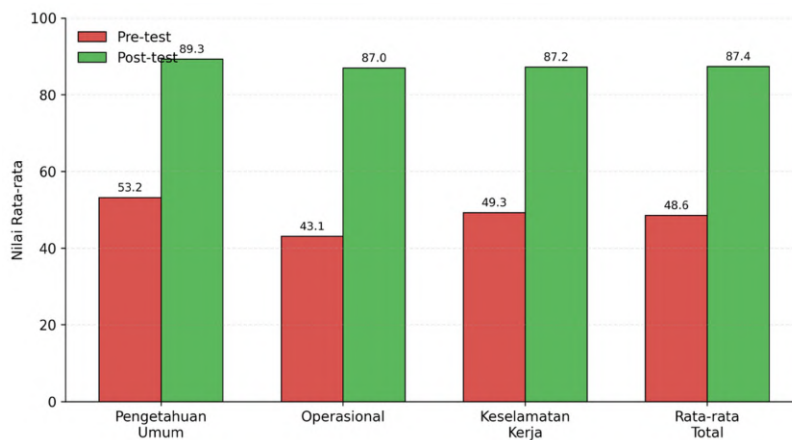
Setelah sistem PLTS dan mesin produksi berhasil dioperasikan, dilakukan kegiatan pelatihan penggunaan dan perawatan kepada anggota UMKM Olikan untuk meningkatkan kemampuan mitra dalam mengoperasikan teknologi yang telah diterapkan. Pelatihan penggunaan dan perawatan teknologi berhasil dilaksanakan dengan melibatkan empat anggota UMKM Olikan dan lima orang masyarakat lokal yang memiliki usaha serupa sebagai peserta. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan mitra dalam mengoperasikan sistem PLTS dan mesin produksi yang telah diinstalasi.

Hasil pelatihan menunjukkan bahwa peserta memahami prinsip kerja sistem PLTS, fungsi komponen utama, serta prosedur pengoperasian mesin pengaduk dan mesin pemotong kerupuk. Proses transfer pengetahuan dilakukan melalui sesi sosialisasi yang dipandu oleh tim pengembang teknologi. Pelatihan ini juga menghadirkan sesi demonstrasi penggunaan alat dan penggunaan PLTS dan pemberian modul SOP tertulis yang akan memudahkan keberlanjutan operasional penggunaan teknologi yang diberikan pada UMKM Olikan. Seluruh aktivitas pelatihan penggunaan teknologi ditampilkan pada Gambar 6. Berdasarkan pengamatan langsung, 9 orang masyarakat yang hadir dalam pelatihan ini seluruhnya mampu untuk mempraktikkan kembali cara mengoperasikan mesin dan teknologi yang telah diberikan yang mengindikasikan proses pelatihan yang disertai dengan demonstrasi langsung ini efektif untuk memperkenalkan teknologi, cara penggunaan, dan cara perawatannya kepada masyarakat.



Gambar 6 Serangkaian pelatihan penggunaan dan perawatan teknologi; (a) sosialisasi dan pencerdayaan; (b) demonstrasi dan praktik penggunaan teknologi; (c) pembuatan SOP pada mitra

Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan pemahaman peserta pada seluruh aspek pelatihan seperti pada Gambar 7. Rata-rata nilai pengetahuan umum meningkat dari 53,2 menjadi 89,3, kemampuan operasional meningkat dari 43,1 menjadi 87,0, dan pemahaman keselamatan kerja meningkat dari 49,3 menjadi 87,2. Secara keseluruhan, rata-rata nilai peserta meningkat dari 48,6 pada *pre-test* menjadi 87,4 pada *post-test*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pelatihan dan demonstrasi penggunaan teknologi memberikan peningkatan kompetensi yang signifikan pada peserta.

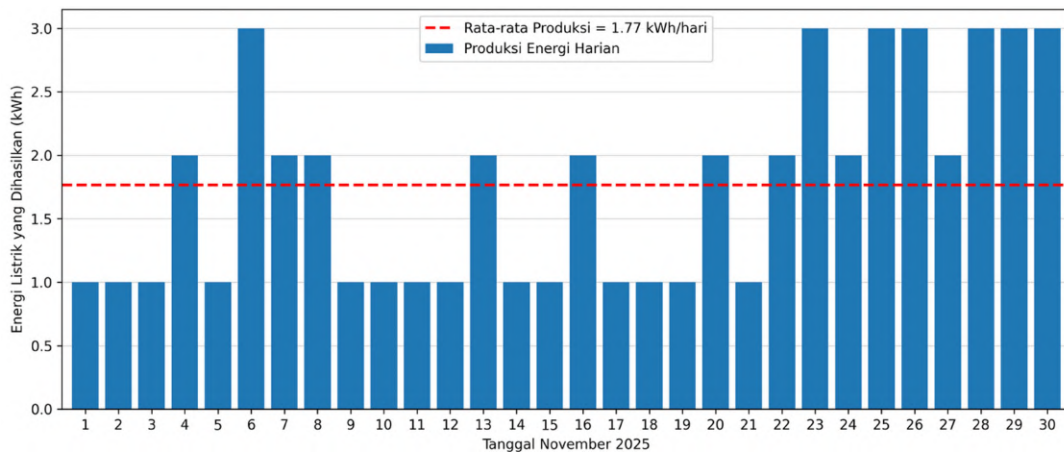


Gambar 7 Perbandingan rata-rata nilai *pre-test* dan *post-test* peserta

4.6 | Monitoring dan Evaluasi Hasil Pelaksanaan Kegiatan

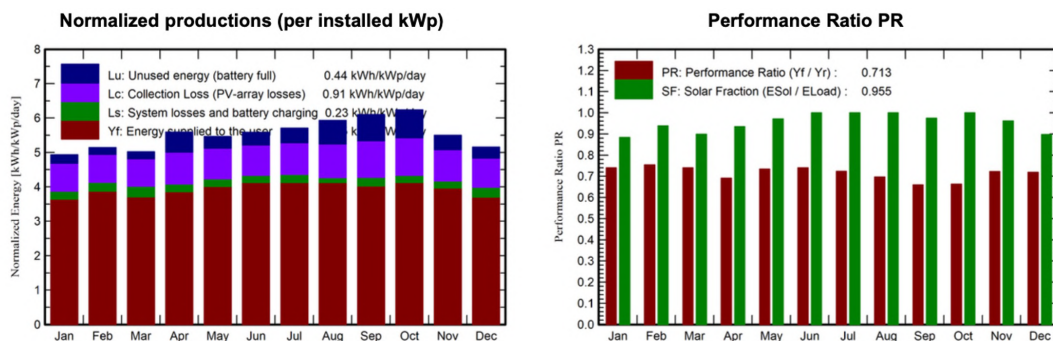
Monitoring produksi energi dilakukan menggunakan sistem *Internet of Things (IoT)* yang terintegrasi pada *inverter* PLTS melalui aplikasi SmartESS. Aplikasi tersebut merekam data *energy generation* yang dihasilkan sistem secara *real-time* sehingga nilai produksi energi harian selama periode *monitoring* diperoleh dari hasil pencatatan otomatis sistem. Hasil *monitoring* menunjukkan produksi energi rata-rata sebesar 1,77 kWh/hari (Gambar 8) atau sekitar 53 kWh selama November 2025. Jika

dibandingkan dengan potensi energi surya dengan asumsi rata-rata produksi energi tahunan di wilayah Sidoarjo sebesar 5,59 kWh/m²/hari, maka sistem PLTS berkapasitas 1,2 kWp secara teoritis berpotensi menghasilkan sekitar 5,03 kWh/hari dengan asumsi *performance ratio* sebesar 75%. Produksi energi aktual yang tercatat selama *monitoring* berada pada kisaran 35,2% dari potensi rata-rata tahunan tersebut. Perbedaan ini dipengaruhi oleh kondisi cuaca selama periode pengamatan yang bertepatan dengan awal musim hujan, sehingga intensitas radiasi matahari yang diterima modul surya cenderung menurun. Selain itu, sistem yang diterapkan merupakan PLTS *off-grid* yang menggunakan baterai sehingga terdapat rugi-rugi energi pada proses penyimpanan dan konversi daya. Meskipun demikian, energi yang dihasilkan tetap mampu mendukung operasional mesin produksi UMKM Olikan selama kegiatan produksi berlangsung.



Gambar 8 Produksi energi harian sistem PLTS selama November 2025

Untuk memberikan gambaran kinerja sistem berdasarkan tahap perancangan, dilakukan analisis terhadap hasil simulasi menggunakan perangkat lunak PVsyst sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem PLTS 1,2 kWp diproyeksikan mampu menghasilkan energi listrik sebesar 1.728,9 kWh/tahun atau rata-rata sekitar 144,1 kWh/bulan. Pada bulan November, energi yang tersedia (E_{Avail}) diperkirakan mencapai 160,7 kWh/bulan dengan energi yang dapat dimanfaatkan pengguna (E_{User}) sebesar 143,1 kWh/bulan serta nilai *solar fraction* sebesar 96,2%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kapasitas sistem yang dirancang secara teoritis mampu memenuhi hampir seluruh kebutuhan energi mesin produksi UMKM.



Gambar 9 Hasil simulasi produksi energi sistem PLTS menggunakan PVsyst

Perbandingan antara hasil simulasi PVsyst dan hasil *monitoring* aktual disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6, produksi energi aktual yang diperoleh selama *monitoring* lebih rendah dibandingkan hasil simulasi. Namun demikian, hasil tersebut masih dapat diterima mengingat simulasi menggunakan data iklim rata-rata tahunan, sedangkan pengamatan dilakukan pada periode awal musim hujan yang memiliki intensitas radiasi matahari lebih rendah dibandingkan kondisi rata-rata tahunan. Selain

faktor meteorologi, rugi-rugi sistem pada baterai, *inverter*, dan jaringan distribusi juga turut mempengaruhi energi yang dapat dimanfaatkan oleh pengguna.

Tabel 6 Perbandingan Hasil Simulasi dan *Monitoring* Sistem PLTS

Parameter	Simulasi PVSyst	Monitoring Aktual
Produksi energi harian	5,03 kWh/hari	1,77 kWh/hari
Produksi energi bulanan	160,7 kWh/bulan	53 kWh/bulan
Persentase terhadap simulasi	100%	35,2%

Untuk mengevaluasi kecukupan energi terhadap kebutuhan produksi, dilakukan analisis berdasarkan konsumsi energi mesin pengaduk dan mesin pemotong yang digunakan oleh UMKM Olikan. Mesin pengaduk memiliki daya sebesar 550 W dengan waktu operasi rata-rata 10 menit untuk setiap siklus produksi, sedangkan mesin pemotong memiliki daya sebesar 350 W dengan waktu operasi sekitar 30 menit. Berdasarkan asumsi tersebut, kebutuhan energi untuk satu siklus produksi diperkirakan sebesar 0,267 kWh. Dengan produksi energi aktual sistem PLTS sebesar 1,77 kWh/hari, sistem secara teoritis mampu mendukung hingga sekitar 6 siklus produksi per hari. Hasil evaluasi kecukupan energi tersebut disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Evaluasi Kecukupan Energi Sistem PLTS terhadap Kebutuhan Produksi UMKM

Parameter	Nilai
Produksi energi aktual PLTS	1,77 kWh/hari
Daya mesin pengaduk	550 W
Waktu operasi mesin pengaduk	10 menit/siklus
Daya mesin pemotong	350 W
Waktu operasi mesin pemotong	30 menit/siklus
Total energi per siklus produksi (mesin pengaduk & pemotong)	±6 siklus/hari
Potensi produksi maksimal per siklus	5 kg
Produksi maksimal produksi UMKM	±30 kg/hari

Berdasarkan Tabel 7, energi yang dihasilkan sistem PLTS masih jauh melebihi kebutuhan energi aktual proses produksi yang dilakukan oleh UMKM Olikan. Dengan kebutuhan energi sebesar 0,267 kWh untuk setiap siklus produksi dan kapasitas mesin pengaduk mencapai 5 kg per siklus, sistem secara teoritis mampu mendukung hingga sekitar 6 siklus produksi per hari atau setara dengan pemrosesan sekitar 30 kg adonan per hari. Hasil ini menunjukkan bahwa kapasitas energi yang tersedia dari sistem PLTS tidak menjadi faktor pembatas utama dalam kegiatan produksi UMKM.

Meskipun demikian, hasil observasi lapangan dan wawancara dengan mitra menunjukkan bahwa produksi aktual masih berada pada kisaran 4-5 kg per minggu. Perbedaan yang cukup besar antara kapasitas produksi aktual dan potensi produksi maksimum tersebut mengindikasikan bahwa pemanfaatan sistem belum mencapai kapasitas optimal. Kondisi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain masih terbatasnya permintaan pasar lokal, kapasitas pembelian bahan baku yang belum maksimal, serta pola produksi yang masih dilakukan berdasarkan jumlah pesanan yang diterima oleh mitra. Selain itu, proses produksi kerupuk ikan juga melibatkan tahapan lain seperti persiapan bahan baku, pengukusan, penjemuran, dan pengemasan yang turut memengaruhi kapasitas produksi secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil evaluasi, sistem PLTS mampu menghasilkan energi aktual sebesar 1,77 kWh/hari, sedangkan kebutuhan energi untuk satu siklus produksi hanya sekitar 0,267 kWh. Dengan demikian, sistem secara teoritis masih mampu mendukung enam siklus produksi per hari atau sekitar 30 kg adonan/hari, sementara produksi aktual mitra baru mencapai sekitar 4-5 kg/minggu. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat pemanfaatan kapasitas produksi masih berada di bawah 3% dari kapasitas teoritis harian. Temuan ini menunjukkan bahwa pengembangan usaha pada tahap selanjutnya lebih tepat diarahkan pada optimalisasi

rantai nilai dibandingkan peningkatan kapasitas energi, karena sistem PLTS yang terpasang masih memiliki cadangan energi yang belum dimanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu, program lanjutan dapat difokuskan pada penguatan pemasaran digital dan perluasan akses pasar, penerapan manajemen produksi dan penjadwalan yang lebih efisien, pengembangan kemitraan penyediaan bahan baku, serta pembentukan skema pemanfaatan bersama (*shared production facility*) agar mesin produksi dan sistem PLTS dapat dimanfaatkan oleh beberapa UMKM sejenis sehingga meningkatkan tingkat penggunaan aset dan dampak ekonomi program secara lebih luas.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Program ini berhasil merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi kinerja sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap *off-grid* berkapasitas 1,2 kWp untuk mendukung operasional UMKM pengolahan kerupuk ikan Olikan di Desa Kalanganyar, Kabupaten Sidoarjo. Implementasi teknologi dilakukan secara terpadu melalui penyediaan mesin pengaduk dan mesin pemotong, instalasi sistem PLTS, serta pelatihan pengoperasian dan perawatan teknologi kepada mitra. Pendekatan tersebut tidak hanya meningkatkan kesiapan teknologi yang diterapkan, tetapi juga memperkuat kapasitas mitra dalam mengoperasikan sistem secara mandiri. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem PLTS menghasilkan energi listrik aktual rata-rata sebesar 1,77 kWh/hari atau sekitar 53 kWh selama periode *monitoring* November 2025. Meskipun nilai tersebut hanya mencapai sekitar 35,2% dari hasil simulasi PVsyst akibat pengaruh kondisi cuaca pada awal musim hujan dan rugi-rugi sistem, energi yang dihasilkan tetap mampu memenuhi kebutuhan operasional mesin produksi.

Berdasarkan analisis kebutuhan energi, sistem secara teoritis mampu mendukung hingga enam siklus produksi per hari atau sekitar 30 kg adonan/hari, sehingga kapasitas energi tidak lagi menjadi faktor pembatas dalam proses produksi. Analisis tersebut merupakan evaluasi potensi kapasitas produksi berdasarkan kecukupan energi sistem dan bukan merupakan capaian produksi aktual UMKM. Selama periode pelaksanaan program, mitra masih memproduksi sesuai permintaan pasar yang relatif terbatas sehingga peningkatan produksi secara langsung belum dilakukan. Oleh karena itu, hasil evaluasi ini menjadi dasar rekomendasi bahwa UMKM memiliki kapasitas energi dan infrastruktur yang memadai untuk meningkatkan skala produksi apabila permintaan pasar meningkat. Program lanjutan dapat difokuskan pada penguatan pemasaran, perluasan akses pasar, dan peningkatan utilisasi sistem agar potensi kapasitas produksi yang telah tersedia dapat dimanfaatkan secara optimal.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Pertamina Foundation yang telah mendanai pelaksanaan kegiatan pemberdayaan kepada masyarakat yang menghasilkan rancangan, implementasi, dan evaluasi kinerja sistem PLTS atap *off-grid* 1,2 kWp pada UMKM pengolahan kerupuk ikan di Desa Kalanganyar, Sidoarjo dalam rangkaian program Desa Energi Berdikari. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada penerima beasiswa Sobat Bumi Pertamina Foundation serta tim mahasiswa *volunteer* dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan kegiatan ini. Semoga kegiatan ini dapat bermanfaat bagi Desa Kalanganyar dalam jangka panjang dan dapat dijalankan secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Novitasari AD, Irianto H, Prasetyowati T. Optimalisasi Badan Usaha Milik Desa (Bumdes) Melalui Pengelolaan Produksi Ikan Bandeng Di Desa Kalanganyar Kecamatan Sedati Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Intelektual Administrasi Publik dan Ilmu Komunikasi* 2022;9:151–165.
2. Lailiyah F. DDITAL (Pasar Desa Digital) sebagai Media Pemasaran Produk UMKM Kampung Bandeng, Kabupaten Sidoarjo. In: *Prosiding Seminar Nasional KBK*, vol. 2; 2022. .
3. Handayani C, Listriyana A, Pahlewi AD, Silvianti NA, Santoso S, Pertiwi YE, et al. Tingkatkan Kemandirian Wanita Dusun Tanah Anyar Dengan Pelatihan Pembuatan Kerupuk Ikan Sebagai Sumber Pendapatan Alternatif. In: *Prosiding Seminar Nasional Unars*, vol. 3; 2024. p. 203–209.

4. Firdaus M, Intyas CA. Efisiensi Kapasitas dan Biaya Produksi Kerupuk Ikan melalui Penggunaan Mesin Pengadonan pada UKM Maharani: Capacity Efficiency and Cost of Fish Crackers Production through the Use of Mixer Machines in Maharani SMEs. *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat* 2020;5:185–191.
5. Saputra MAC, Fahrudin AR, Widodo E. Dough Mixer Machine Design Increases Cracker Production Capacity: Desain Mesin Pengaduk Adonan Meningkatkan Kapasitas Produksi Kerupuk. *Indonesian Journal of Innovation Studies* 2025;26.
6. Setiawan A, Mulyadi, Fahrudin A. Static Load Simulation for Optimizing Automatic Fish Cracker Dough Mixing Machine Design. *Indonesian Journal of Innovation Studies* 2025;26:10–21070.
7. Iskandar I, Arizal H, Widagdo AK, Arganata MR, Syafiq A, Cahya HD. Implementasi mesin pengaduk adonan kerupuk dilengkapi kontrol otomatis pada UD. Su'eb Jaya Sidoarjo Authors. *Jurnal Abdimas Bina Bangsa* 2025;6:1332–1339.
8. Yucha N, Syukri KAA, Ekasari R, Rosidin MK. Peningkatan Kapasitas Produksi dan Pemasaran UMKM Kerupuk Ikan UD. Sumber Berkah, Gresik. *Jurnal Among Pengabdian Masyarakat* 2025;7.
9. World Bank. *Solar Resource and Photovoltaic Potential of Indonesia*. Washington, DC: World Bank; 2017.
10. Silalahi DF, Blakers A, Stocks M, Lu B, Cheng C, Hayes L. Indonesia's Vast Solar Energy Potential. *Energies* 2021;14(5424).
11. Windarta J, Handoko S, Irfani KN, Masfuha SM, Itsnareno CH. Analisis Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-grid Menggunakan Software PVSyst untuk Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) Coffeeshop Remote Area. *TEKNIK* 2021;3:290–298.
12. Damayanti Y, Nurchaini DS, Yulismi Y, Ulma RO, Elwamendri E. Pendampingan UMKM dalam Pengembangan Strategi Pemasaran Kerupuk Ikan Nila pada Agroindustri di Desa Muaro Pijoan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat* 2024;7:319–329.
13. Asikin AN, Diachanty S, Rusdin I. Karakteristik fisikokimia kerupuk produk UKM Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 2024;27.
14. Sofia LA. Analisis Prospek Industri Pengolahan Kerupuk Ikan Patin "Intan Sari" di Martapura, Kabupaten Banjar (Prospect Analysis of Catfish Crackers Processing Industry "Intan Sari" in Martapura, Banjar District). *Fish Scientiae* 2016;1:146–160.
15. Tranggono D, N PF, Tutiasri RP, Winarno ST. *Monograf Pengembangan Inovasi Berbasis Potensi Masyarakat dan Kearifan Lokal*. Surabaya: CV. Putra Media Nusantara (PMN); 2021.
16. Saputra B, Puspita DA, Aisah S, Melyani M, Auli M, Wahyuni YS, et al. Hasil Olahan Produk Ikan Bandeng (Chanos Chanos) Warga Desa Banggina, Kecamatan Motui, Kaupaten Konawe Utara. *Pabitara: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 2024;3.
17. Firdaus M, Intyas AC. Efisiensi Kapasitas dan Biaya Produksi Kerupuk Ikan melalui Penggunaan Mesin Pengadonan pada UKM Maharani. *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat* 2020;5:185–191.
18. Fahrizal I, Nopriandy F, Suhendra. Uji Kinerja Mesin Pemotong Adonan Kerupuk Otomatis dengan Pengaturan Ketebalan Potongan. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material* 2024;8:145–151.
19. Prajapati CS, Das D, Tigga A, Chand K, Kumar A, Singh G, et al. Integration of Renewable Energy in Food Processing and Farm Mechanization: A Review. *European Journal of Nutrition and Food Safety* 2025;17:22–41.
20. Arif SR, Arief A, Said SM, Nappu MB. Design and Evaluation of On-Grid Solar Rooftop Power Plant for Tower I of Ministry 3 Building in the New Indonesian Capital City. In: *2024 Seventh International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE)*; 2024. p. 296–302.
21. Strebkov DS, Shogenov AK. *Solar Photovoltaic Plants*. *Power Technology and Engineering* 2018;52(1):85–90.

22. Pramono B, Waskitho NT. Analisis Techno-Economic Integrasi PLTS Atap pada UMKM Industri Pangan Menggunakan Simulasi PVsyst untuk Reduksi Biaya Energi Listrik. *Journal of Educational Engineering and Environment* 2026;5:1–13.
23. Eldahab YEA, Saad NH, Zekry A. Enhancing the design of battery charging controllers for photovoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2016;58:646–655.
24. Szymanski JR, Zurek-Mortka M, Wojciechowski D, Poliakov N. Unidirectional DC/DC Converter with Voltage Inverter for Fast Charging of Electric Vehicle Batteries. *Energies* 2020;13:4791.
25. Ghafoor A, Munir A. Design and economics analysis of an off-grid PV system for household electrification. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2015;(42):496–502.

Cara mengutip artikel ini: Ramadhani, R. R., Risanti, D. D., Septyaningrum, E., Putri, A. A., Mudhofi, W. N., Ariefianty, S. A., Nurindaputra, H. A., Putri, A. S. N., Kurniawan, S. C. B., (2026), Perancangan, Implementasi, Dan Evaluasi Kinerja Sistem PLTS Atap *Off-Grid* 1,2 kWp Pada UMKM Pengolahan Kerupuk Ikan Di Desa Kalanganyar, Sidoarjo, *Sewagati*, 10(4):873–888, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v10i4.10556>.