SEWAGATI, Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 10(5), 2026 (e-ISSN:2613-9960)

DOI: https://doi.org/10.12962/j26139960.v10i5.10909 | Naskah Masuk 06-08-2026; | Naskah Diulas 30-10-2026; | Naskah Diterima 30-10-2026; | Dipublikasikan Online 31-10-2026

Penerapan Sistem Irigasi Terintegrasi Sumur Bor, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, dan Internet of Things untuk Mengatasi Keterbatasan Air pada Kelompok Tani Balleangin, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan

Implementation of an Integrated Borehole Well, Solar Power Plant, and Internet of Things Irrigation System to Address Water Scarcity for the Balleangin Farmers Group, Pangkajene and Islands Regency

Nur Hamzah[1] | Ahmad Nurul Muttaqin[1,*] | Dian Gita Utami[2] | Muhammad Ruswandi Djalal[1]

[1]Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, Indonesia.
[2]Jurusan Administrasi Niaga, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, Indonesia.

Korespondensi
*Ahmad Nurul Muttaqin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Alamat e-mail: ahmadnurulmuttaqin@poliupg.ac.id

Alamat
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia.

ABSTRAK

Kelurahan Balleangin, Kecamatan Balocci, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep), memiliki sekitar 394 ha sawah (data 2019). Mitra program adalah Kelompok Tani Balleangin yang beranggotakan 16 petani dan mengelola sekitar 35 ha lahan; luas sawah yang dilayani oleh sistem diperkirakan sekitar 5 ha. Program Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat (PKM) skema Pemberdayaan Berbasis Masyarakat melalui Basis Informasi Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (BIMA) pada Maret–September 2025 menerapkan satu sistem irigasi terintegrasi yang terdiri dari sumur bor, pompa tenaga surya 1,2 HP, dua panel 550 Wp, serta *Internet of Things* (IoT) berbasis ESP32 dengan konektivitas 4G. Jalur pompa bersifat *direct-coupled* tanpa baterai; baterai 12 V 100 Ah digunakan untuk beban pendukung. Kegiatan sosialisasi dan pelatihan dihadiri oleh 37 orang, termasuk 16 anggota kelompok tani sebagai penerima manfaat langsung. Kendali pompa jarak jauh berfungsi dan pompa dioperasikan 6–12 jam per hari; volume air tidak diukur karena sensor debit tidak terpasang. Uji praktik menunjukkan bahwa 16 anggota mampu mengoperasikan sistem secara mandiri. Berdasarkan laporan agregat mitra, hasil panen pada sawah seluas sekitar 5 ha tersebut tercatat meningkat dari sekitar 4.500 menjadi 5.200 kg/ha (≈16%) setelah penerapan sistem ini. Nilai ini bersifat indikatif karena pengamatan hanya dilakukan dalam satu musim, tanpa lahan pembanding dan tanpa pengendalian faktor agronomi. Efisiensi air, penghematan biaya, dan perluasan kapasitas produksi dilaporkan secara kualitatif. Keberlanjutan didukung melalui serah terima aset, pelatihan perawatan, dan pendampingan; mekanisme iuran pemeliharaan formal masih perlu ditetapkan oleh kelompok.

Kata Kunci:

irigasi tenaga surya, *Internet of Things*, pengabdian masyarakat, kelompok tani, energi terbarukan.

ABSTRACT

Balleangin Urban Village (Kelurahan), Balocci District (Kecamatan), Pangkajene and Islands Regency (Pangkep), has approximately 394 ha of paddy fields (2019 data). The partner, the Balleangin Farmers Group, comprises 16 farmers and manages approximately 35 ha; the paddy area served by the system is estimated at 5 ha. From March to September 2025, the Community Partnership Empowerment (PKM) program of the BIMA research and community-service information system implemented one integrated irrigation system consisting of a borehole well, a 1.2 HP solar pump, two 550 Wp photovoltaic modules, and an ESP32-based Internet of Things (IoT) unit with 4G connectivity. The pump is directly coupled to the PV array without a battery, while a 12 V 100 Ah battery supplies auxiliary loads. Training involved 37 attendees, including the 16 members as direct beneficiaries. Remote pump control functioned, and the pump was operated 6–12 hours per day; water volume was not measured because no flow sensor was installed. A practical test showed that all 16 members could operate the system independently. Based on the partner's aggregate report, rice yield in this 5 ha area increased from about 4,500 to 5,200 kg/ha (≈16%) after implementation. The value is indicative: one season, no comparison plot, and no control of agronomic factors. Water-use efficiency, cost savings, and changes in production capacity are therefore reported qualitatively. Sustainability is supported by asset handover, maintenance training, and follow-up assistance, while a formal collective maintenance-fee mechanism still needs to be established.

Keywords:

solar-powered irrigation, Internet of Things, community service, farmers group, renewable energy..

1 | PENDAHULUAN

Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep) di Sulawesi Selatan merupakan salah satu wilayah penghasil padi dengan luas panen 27.043,71 ha[1]. Ketersediaan air tetap menjadi kendala penting karena sebagian jaringan irigasi di tingkat usaha tani masih berupa saluran tanah nonpermanen dan pasokan air sangat dipengaruhi oleh musim. Kondisi tersebut meningkatkan kerentanan petani pada musim kemarau dan mendorong kebutuhan akan teknologi irigasi yang dapat dioperasikan dengan biaya energi rendah.

Kelurahan Balleangin, Kecamatan Balocci, memiliki sekitar 394 ha lahan sawah pada 2019, yang sebagian besar beririgasi sederhana[2]. Mitra kegiatan adalah Kelompok Tani Balleangin yang beranggotakan 16 petani dan, berdasarkan dokumen perencanaan program mengelola sekitar 35 ha lahan. Angka 394 ha dan 35 ha tidak disetarakan dengan luas layanan efektif sistem: intervensi dipasang pada satu titik sumur dan pompa, dan sawah yang dilayani diperkirakan sekitar 5 ha berdasarkan perkiraan lapangan bersama mitra. Sebelum program, mitra bergantung pada aliran sungai musiman (Gambar 1) dan menggunakan pompa berbahan bakar fosil/listrik konvensional; besaran biaya awal dalam rupiah atau liter bahan bakar per musim tidak terdokumentasi, sehingga perubahan biaya dibahas secara kualitatif.



Gambar 1 Kondisi persawahan dan aliran sungai di Kelurahan Balleangin, Kecamatan Balocci.

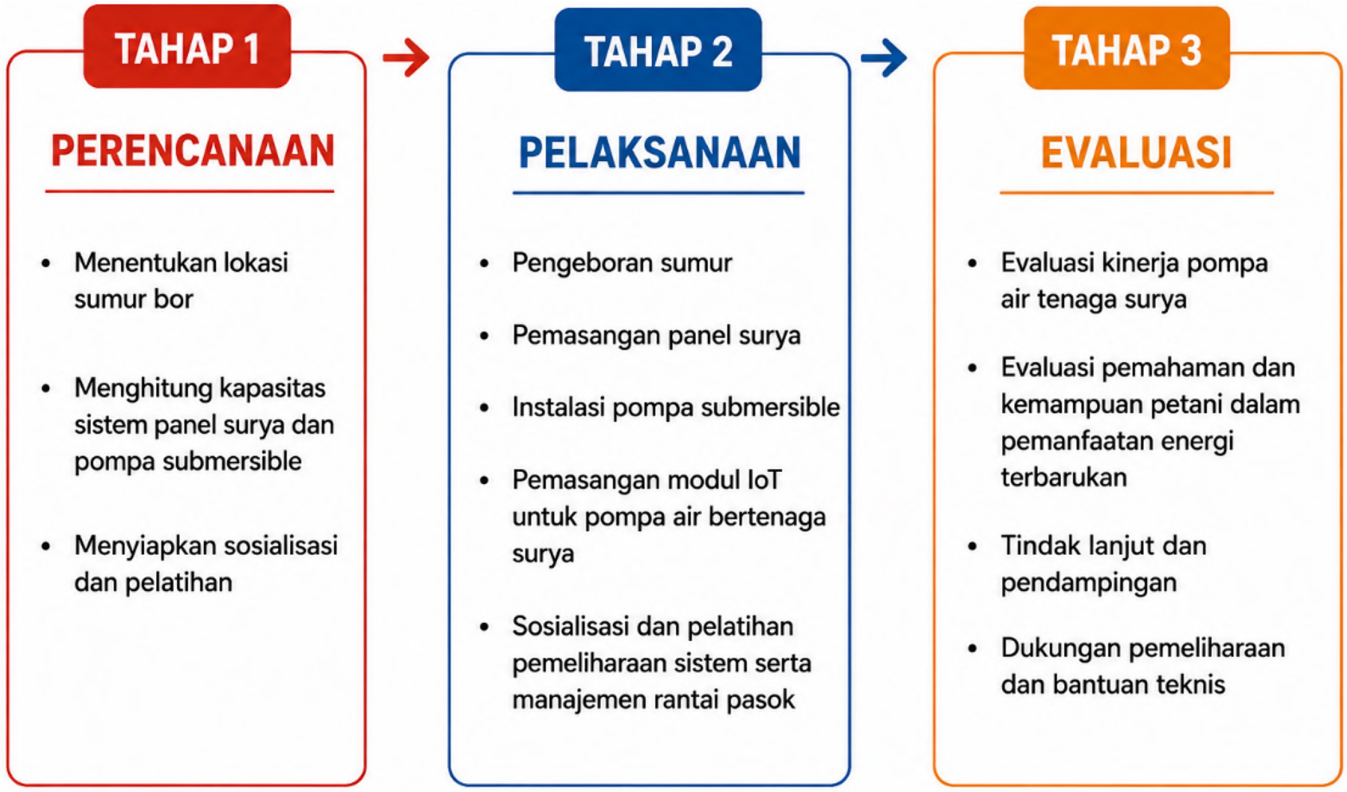
Solusi yang diterapkan mengintegrasikan sumur bor, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), dan IoT untuk kendali pompa, serta disertai pelatihan pengoperasian, perawatan, dan pencatatan data produksi. Pendekatan ini dipilih karena pompa air tenaga surya dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, sedangkan IoT memudahkan pemantauan dan pengendalian peralatan di lahan yang tidak selalu dijaga secara langsung.

Pompa air tenaga surya untuk irigasi telah dibahas secara luas[3], dan berbagai penerapannya di Indonesia menunjukkan kelayakan pemanfaatan energi surya sebagai penggerak pompa[4, 5]. Integrasi PLTS pada sistem kelistrikan pertanian juga telah dilaporkan[6]; pemanfaatan energi terbarukan untuk elektrifikasi wilayah perdesaan terpencil telah ditinjau secara luas[7], sedangkan IoT banyak digunakan untuk otomasi dan pemantauan di bidang pertanian[8]. Pada kegiatan pengabdian, keberlanjutan tidak hanya ditentukan oleh keberfungsian teknologi, tetapi juga oleh kemampuan mitra dalam mengoperasikan dan merawat sistem; pendekatan serupa dilaporkan pada program irigasi tenaga surya di Gunungkidul[9].

Program ini bertujuan menyediakan sumber air alternatif berbasis energi terbarukan, membangun fungsi kendali jarak jauh yang dapat digunakan oleh mitra, serta meningkatkan kemampuan dasar kelompok dalam perawatan sistem dan pencatatan input produksi. Luaran dievaluasi secara proporsional berdasarkan bukti yang tersedia: data teknis yang terdokumentasi dilaporkan secara kuantitatif, sedangkan perubahan biaya, penggunaan air, dan kapasitas produksi yang tidak diukur secara langsung disajikan sebagai temuan kualitatif. Program ini relevan dengan SDG 2, SDG 7, dan SDG 13 melalui dukungan terhadap produksi pangan, pemanfaatan energi bersih, serta pengurangan ketergantungan pada energi fosil.

2 | METODE KEGIATAN

Program dilaksanakan di Kelurahan Balleangin, Kecamatan Balocci, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan, pada Maret–September 2025 dengan pendekatan partisipatif. Penerima manfaat langsung adalah 16 anggota Kelompok Tani Balleangin. Kegiatan sosialisasi dan pelatihan dihadiri oleh 37 orang; jumlah tersebut mencakup anggota kelompok tani, warga setempat, tiga dosen pelaksana lapangan, dan enam mahasiswa. Tim lapangan terdiri atas N. Hamzah sebagai ketua, A. N. Muttaqin dan D. G. Utami sebagai anggota, serta 6 mahasiswa. M. R. Djalal berkontribusi dalam telaah teknis dan penyusunan naskah, sehingga tidak dihitung sebagai anggota tim lapangan. Alur pelaksanaan kegiatan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alur pelaksanaan kegiatan pengabdian.

Tahap perencanaan meliputi survei lokasi, penentuan titik sumur, penetapan konfigurasi PLTS dan pompa, penyusunan diagram pengawatan, serta persiapan materi pelatihan. Pengairan direncanakan secara terputus-putus (*intermittent flooding* atau *alternate wetting and drying*), yaitu pemberian air yang diselingi periode tanpa penggenangan; meta-analisis melaporkan bahwa cara ini menurunkan penggunaan air tanpa penurunan hasil yang nyata bila pengeringan tidak berlebihan[10]. Tahap pelaksanaan mencakup pembuatan sumur, pemasangan pompa dan PLTS (Gambar 3), pemasangan panel kontrol dan perangkat IoT (Gambar 4), uji fungsi, pelatihan, serah terima aset yang dicatat dalam Berita Acara Serah Terima (BAST) tanggal 17 September 2025, serta pendampingan.

Tabel 1 Komponen Utama Sistem Irigasi Tenaga Surya Berbasis IoT (sesuai BAST 17 September 2025)

Komponen	Spesifikasi/Status yang Dilaporkan
Sumur bor	1 unit; kedalaman akhir 20 m dari target awal 80 m; pengeboran dihentikan karena lokasi didominasi oleh lapisan batuan sungai yang sulit ditembus. Muka air statis sekitar 3 m di bawah permukaan tanah. Log litologi dan uji pemompaan formal tidak tersedia.
Panel surya jalur pompa	2 modul × 550 Wp = 1.100 Wp (tercantum dalam BAST); jalur pompa dikonfigurasi *direct-coupled* tanpa baterai.
Pompa dan kontroler	Paket pompa tenaga surya DC 1,2 HP (≈900 W), pompa permukaan dengan diameter keluaran 3 inci dan kontroler DC *single operation*. Spesifikasi pemasok: *head* maksimum 14 m, *suction* maksimum 8 m, dan debit maksimum 30 m^3/jam (500 L/menit; nilai maksimum pada kurva pompa, bukan debit kerja atau debit uji sumur). Tegangan nominal dan debit nominal tidak tercantum dalam dokumen pemasok.
Beban pendukung	Baterai lithium 12 V 100 Ah (1.200 Wh nominal), pengendali pengisian *maximum power point tracking* (MPPT) 60 A, inverter *pure sine wave* 1.000 W, lampu, dan CCTV. Baterai tidak digunakan untuk menyuplai daya ke pompa.
IoT dan konektivitas	ESP32/NodeMCU WROOM-32S, *relay*, modem WiFi USB 4G, PZEM-051 dan PZEM-017 untuk parameter DC, serta PZEM-020 untuk parameter AC. BAST tidak mencantumkan sensor debit air.
Perpipaan	Keluaran pompa 3 inci didistribusikan melalui jaringan pipa 3/4 inci sebanyak 50 batang × 4 m (panjang total sekitar 200 m) yang bercabang ke beberapa titik keluaran. Beda tinggi sumur–titik keluaran sekitar 10 m. Rugi gesek tidak dihitung karena debit kerja tidak terukur.

2.1 | Perancangan Kapasitas dan Spesifikasi Teknis

Data iradiasi tahunan Pangkep sebesar 20,412 MJ/m^2/hari atau sekitar 5,67 kWh/m^2/hari digunakan sebagai pendekatan jam matahari puncak (*peak sun hours*, PSH)[11]. Dengan *array* 1,10 kWp dan faktor derating desain 0,80 untuk mewakili rugi-rugi sistem, energi teoritis harian *array* dihitung sebagai $E_PV = 1{,}10 \times 5{,}67 \times 0{,}80 \approx 4{,}99$ kWh/hari. Dengan daya nominal pompa sekitar 0,90 kW, energi tersebut setara dengan sekitar 5,5 jam operasi nominal per hari pada kondisi iradiasi yang representatif. Nilai ini merupakan estimasi desain, bukan log energi yang terukur. Kebutuhan energi harian beban dihitung sebagai hasil kali daya pengenal dan durasi operasi setiap beban, kemudian dibandingkan dengan energi pembangkitan *array* dan kapasitas baterai, sesuai dengan pendekatan perencanaan PLTS mandiri[12] (Tabel 2). Pompa dinyalakan selama 6–12 jam per hari (sekitar 6 jam saat sawah masih basah). Pada daya nominal, durasi tersebut setara dengan 5,4–10,8 kWh/hari, lebih besar daripada estimasi energi *array* 4,99 kWh/hari; karena pompa terhubung langsung tanpa baterai, pompa beroperasi pada daya parsial pada pagi dan sore hari, dan energi yang dapat digunakan dibatasi oleh keluaran *array*. Beban pendukung, yaitu lampu pada malam hari serta CCTV dan modem, beroperasi selama 24 jam dan didukung oleh baterai dengan kapasitas nominal 1,20 kWh (12 V × 100 Ah). Dari sisi hidraulik, muka air statis sekitar 3 m sehingga tinggi hisap berada dalam batas *suction* maksimum 8 m; kedalaman sumur 20 m tidak sama dengan tinggi hisap. Debit kerja tidak diukur, sehingga rugi gesek pada jaringan pipa 3/4 inci sepanjang sekitar 200 m tidak dihitung; debit maksimum 30 m^3/jam hanya berlaku pada *head* minimum dan tidak mencerminkan debit di lapangan.

Tabel 2 Estimasi Kebutuhan Energi Harian Beban

Beban (jumlah unit)	Daya pengenal total (W)	Durasi operasi (jam/hari)	Energi (Wh/hari)
Pompa tenaga surya 1,2 HP (1), disuplai langsung dari *array*	≈900	6–12 (siang hari)	5.400–10.800 pada daya nominal; dibatasi keluaran *array* ≈4.990
Lampu LED DC (2)	10 (2×5)[a]	malam hari, 12 (18.00–06.00)	120
Lampu Philips 3 W (1) dan lampu Philips lain (2)	13 ($3 + 2 \times 5$)[a]	malam hari, 12 (18.00–06.00)	156
Kamera CCTV (2)	16 (2×8)[b]	24	384
Modem 4G, ESP32, *relay*, dan modul PZEM	≈5[c]	24	120
Subtotal beban pendukung (baterai 1.200 Wh nominal)	≈44	–	≈780 (≈65% kapasitas nominal baterai)

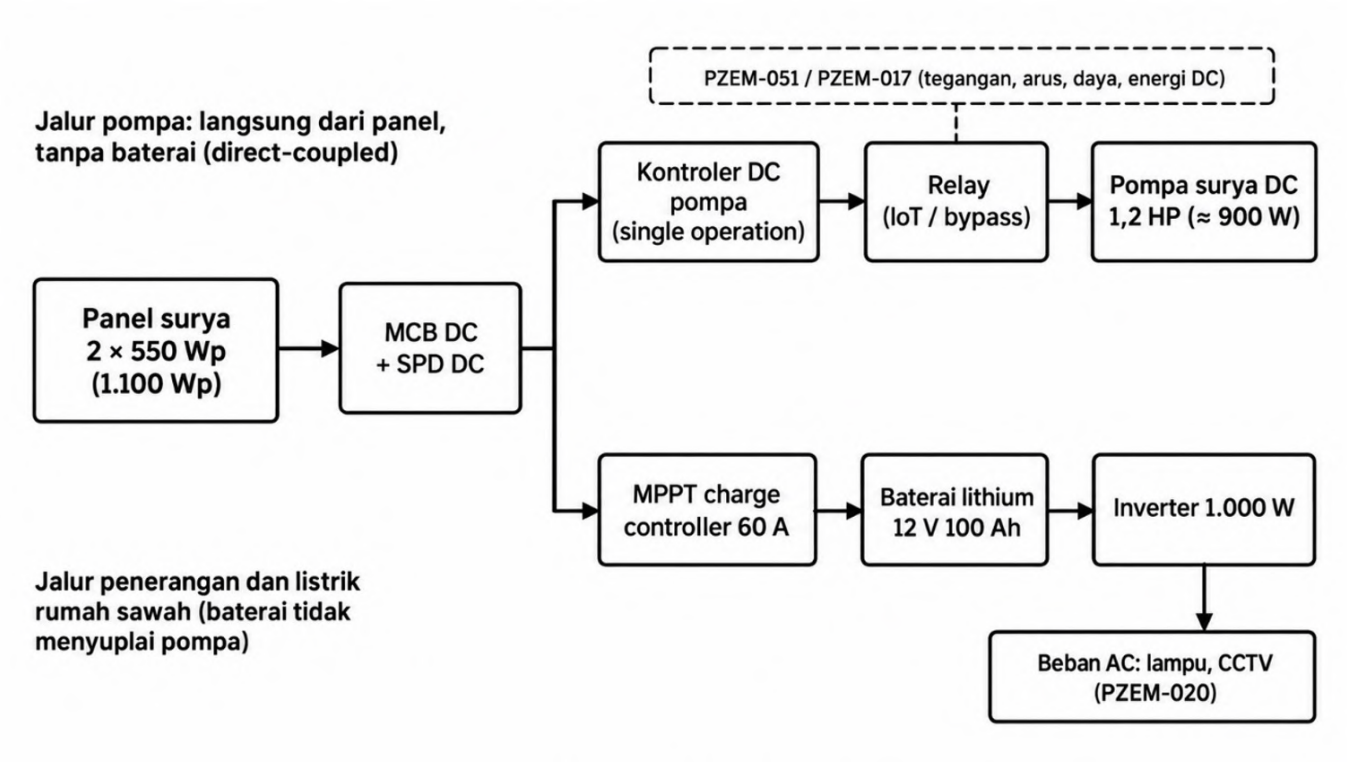
Setelah instalasi selesai, mitra mengikuti empat kegiatan pembelajaran: (1) sosialisasi energi terbarukan dan cara kerja PLTS; (2) praktik pengoperasian dan pemeriksaan dasar sistem; (3) perawatan pompa, panel surya, dan panel kontrol; dan (4) pencatatan input produksi sederhana yang mencakup waktu/durasi pengairan, pupuk, dan tenaga kerja. Diagram satu garis PLTS dan arsitektur IoT ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



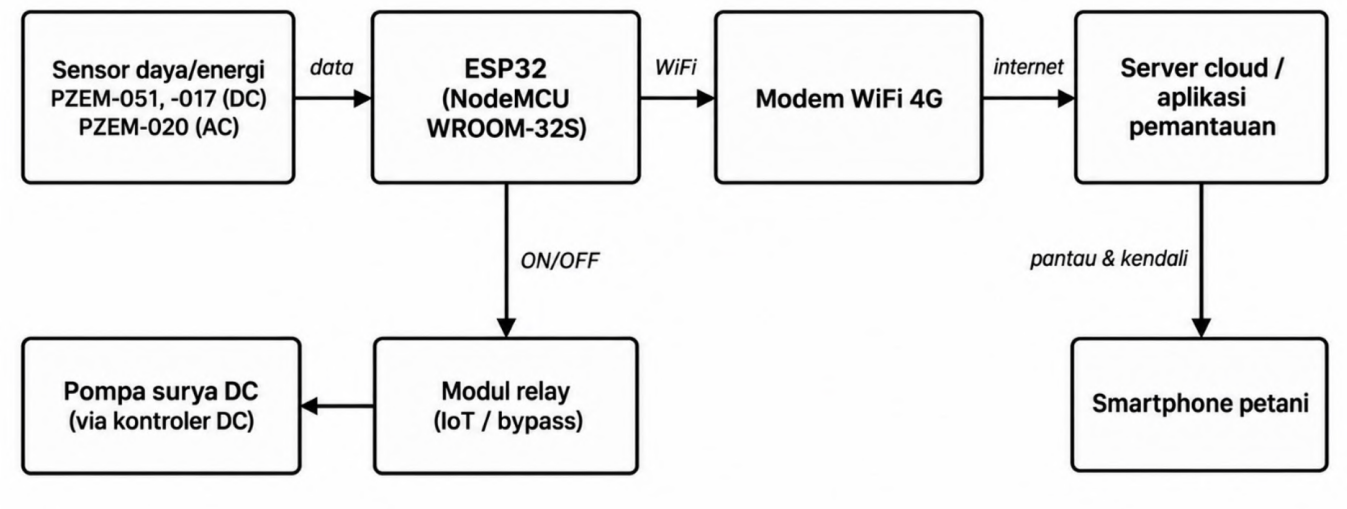
(a) (b) (c)

Gambar 3 [a] Pembuatan sumur bor, [b] instalasi PLTS di Kelurahan Balleangin, Kabupaten Pangkep, dan [c] Instalasi panel kontrol dan perangkat IoT untuk kendali pompa di Kelurahan Balleangin, Kabupaten Pangkep (dokumentasi tim).

Evaluasi dilakukan pada aspek teknis, penggunaan sistem digital, hasil pertanian yang dilaporkan oleh mitra, pelatihan, serta perubahan dalam pengelolaan input produksi. Evaluasi ini tidak dirancang sebagai eksperimen terkontrol dan tidak menggunakan kelompok pembanding.



Gambar 4 Diagram satu garis konfigurasi PLTS: pompa disuplai langsung dari array PV tanpa baterai; baterai digunakan pada jalur beban pendukung.



Gambar 5 Arsitektur IoT: sensor listrik → ESP32 → modem 4G → server/aplikasi → telepon pintar, dengan relay untuk mengendalikan pompa.

2.2 | Metode Evaluasi

Unit evaluasi teknis adalah satu sistem irigasi yang diserahterimakan. Bukti teknis berasal dari BAST tanggal 17 September 2025, pemeriksaan komponen, dan uji fungsi di lapangan. Fungsi IoT dinilai dari keberhasilan kendali jarak jauh dan keterangan operator mengenai durasi operasi pompa; tangkapan layar dasbor, arsip data kanal ukur listrik, *uptime* harian, serta kejadian

gangguan konektivitas yang tidak tersimpan. Volume air tidak diukur karena sensor debit tidak tercantum pada sistem yang terpasang. Muka air sumur tercatat berada sekitar 3 m di bawah permukaan tanah. Data hasil panen 4.500 dan 5.200 kg/ha diperlakukan sebagai dua nilai agregat sebelum dan sesudah yang dilaporkan mitra untuk sawah sekitar 5 ha yang dilayani sistem; nilai sesudah berasal dari panen setelah pompa dipasang, bukan dari penimbangan berulang oleh tim. Evaluasi pelatihan dilakukan terhadap 16 anggota kelompok tani melalui observasi uji praktik dengan empat kriteria: (1) menyalakan dan mematikan sistem sesuai prosedur; (2) mengoperasikan kendali pompa jarak jauh melalui aplikasi; (3) memeriksa secara visual panel surya, kabel, dan panel kontrol; dan (4) menjelaskan langkah-langkah perawatan dasar. Anggota dinyatakan mampu mengoperasikan sistem secara mandiri bila memenuhi keempat kriteria tanpa bantuan pendamping; lembar skor tertulis dan *pre-test*/*post-test* tidak digunakan. Perubahan biaya operasional, efisiensi air, dan kapasitas produksi diperoleh dari keterangan mitra dan, oleh karena itu, hanya ditafsirkan secara kualitatif.

3 | HASIL DAN PEMBAHASAN

Program menghasilkan satu sistem irigasi terintegrasi yang terdiri atas sumber air dari sumur bor, jalur pompa tenaga surya, subsistem listrik pendukung, dan perangkat IoT untuk pemantauan listrik serta kendali jarak jauh. Selain keluaran fisik, program ini juga menghasilkan pelatihan perawatan dan pengelolaan input produksi bagi para mitra. Hasil berikut dibedakan menjadi data terdokumentasi, laporan mitra, dan informasi yang tidak terukur.

3.1 | Capaian Teknis Sistem

BAST tanggal 17 September 2025 mencatat paket pompa tenaga surya 1,2 HP dengan dua panel 550 Wp, baterai lithium 12 V 100 Ah, MPPT 60 A, inverter 1.000 W, ESP32, modem 4G, *relay*, serta sensor listrik PZEM. Uji fungsi lapangan menunjukkan bahwa pompa dapat dikendalikan melalui sistem digital, dan laporan mitra menyebutkan bahwa pemantauan jarak jauh membantu operasional. Tangkapan layar dasbor dan arsip data kanal ukur listrik tidak tersimpan, sehingga data operasi yang dapat dilaporkan adalah rekap durasi operasi menurut operator: pompa dinyalakan maksimal 12 jam per hari dan sekitar 6 jam per hari bila sawah masih basah. *Uptime* dan jumlah gangguan konektivitas tidak tercatat secara sistematis. Karena BAST tidak mencantumkan sensor debit, volume air dan efisiensi air tidak dapat dihitung. Pengeboran sumur dihentikan pada kedalaman 20 m dari target awal 80 m karena lokasi tersebut didominasi oleh lapisan batu sungai yang sulit ditembus oleh mata bor. Muka air statis tercatat sekitar 3 m di bawah permukaan tanah, sedangkan log pengeboran rinci dan uji pemompaan formal tidak tersedia. Kondisi bawah permukaan yang heterogen, baik lapisan batuan sungai seperti di lokasi ini maupun sistem karst Maros di kawasan sekitarnya[13], menunjukkan bahwa replikasi perlu didahului dengan survei hidrogeologi/geolistrik dan uji pemompaan lokal, bukan dengan menyalin kedalaman 20 m sebagai standar desain.

3.2 | Dampak dan Perubahan

Berdasarkan laporan agregat mitra, hasil panen padi pada sawah sekitar 5 ha yang dilayani sistem tercatat berubah dari sekitar 4.500 kg/ha (musim sebelum pemasangan pompa) menjadi sekitar 5.200 kg/ha (panen setelah pompa dipasang), atau ≈16% ($(5.200 - 4.500)/4.500 = 15{,}6\%$), setelah sistem diterapkan. Data tersebut tidak berasal dari pengukuran berulang oleh tim dan tidak disertai lahan pembanding, sehingga hanya menunjukkan perubahan temporal pada lahan mitra dan tidak membuktikan hubungan sebab-akibat. Mitra juga melaporkan bahwa kendali pengairan menjadi lebih praktis, penggunaan pompa berbahan bakar fosil/listrik konvensional berkurang, dan sebagian lahan yang sulit diolah dalam kondisi kekurangan air dapat dimanfaatkan kembali. Besar penghematan air, biaya, dan perluasan kapasitas produksi tidak diukur sehingga tidak dinyatakan dalam persentase. Tabel 3 merangkum bukti yang tersedia serta batasan interpretasinya.

Tabel 3 Perbandingan Capaian Sebelum dan Sesudah Pelaksanaan Program

Parameter	Nilai/keterangan sebelum	Nilai/keterangan sesudah	Sumber data/metode dan batasan
Hasil panen padi	sekitar 4.500 kg/ha	sekitar 5.200 kg/ha (≈16% lebih tinggi)	Laporan agregat mitra untuk sawah sekitar 5 ha; dua nilai sebelum-sesudah; satu musim pascapenerapan; tanpa replikasi dan tanpa lahan pembanding.
Penggunaan air irigasi	Tidak tersedia data volume *baseline*	Pengairan intermiten dan kendali jarak jauh diterapkan	Keterangan mitra/observasi proses: sensor debit tidak terpasang sehingga efisiensi penggunaan air tidak dapat dikuantifikasi.
Operasional IoT	Belum ada kendali jarak jauh	Kendali pompa jarak jauh berfungsi pada uji lapangan; kanal ukur listrik PZEM terpasang; pompa beroperasi 6–12 jam/hari	Uji fungsi, BAST 17 September 2025, dan keterangan operator; tangkapan layar dasbor, *uptime* harian, serta jumlah gangguan yang tidak tersimpan.
Kapasitas produksi	Sebagian lahan terkendala pada periode kekurangan air	Mitra melaporkan pemanfaatan lahan menjadi lebih fleksibel	Keterangan mitra: luas sawah terairi diperkirakan sekitar 5 ha; persentase peningkatan kapasitas belum diverifikasi.
Biaya operasional pompa	Mitra menggunakan BBM/listrik konvensional; *baseline* Rp/liter tidak terdokumentasi	Mitra melaporkan biaya operasi menurun	Keterangan mitra: tidak dihitung secara kuantitatif per siklus pengairan.
Kemampuan operasi/perawatan	Belum menerima pelatihan sistem	16 anggota kelompok tani mengikuti pelatihan praktik; 16 dari 16 memenuhi kriteria pengoperasian mandiri	Observasi uji praktik dengan empat kriteria (Metode Evaluasi), tanpa *pre-test*/*post-test* dan tanpa lembar skor tertulis.
Pencatatan *input* produksi	Belum terstruktur	Format sederhana untuk durasi pengairan, pupuk, tenaga kerja, dan catatan kegiatan diperkenalkan (Gambar 7)	Observasi pendampingan: konsistensi penggunaan *logbook* dalam jangka panjang belum dievaluasi.

Dari sisi manajemen usaha tani, program ini memperkenalkan pencatatan *input* produksi yang sebelumnya belum terstruktur. Format ringkas memuat tanggal, petak/luas, waktu dan durasi pengairan, jenis dan jumlah pupuk, tenaga kerja, serta catatan kegiatan (Gambar 7). Karena volume air tidak diukur, *logbook* tidak menggunakan kolom volume sebagai indikator efisiensi. Ketersediaan format pencatatan ini merupakan luaran manajerial, sedangkan kepatuhan dalam penggunaannya dan dampaknya terhadap biaya belum dievaluasi dalam jangka panjang.

LOGBOOK PENCATATAN INPUT PRODUKSI

Kelompok Tani Balleangin, Kelurahan Balleangin, Kecamatan Balocci

Nama petani : _____ Petak / lokasi : _____ Musim tanam : _____

No	Tanggal	Petak/ luas (ha)	Pengairan mulai–selesai (jam)	Durasi pengairan (jam)	Jenis pupuk	Jumlah pupuk (kg)	Tenaga kerja (orang/HOK)	Catatan kegiatan
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

Catatan: volume air tidak dicatat karena sensor debit tidak terpasang; durasi pengairan dipakai sebagai indikator penggunaan pompa.

Gambar 6 Format logbook pencatatan input produksi yang diperkenalkan kepada Kelompok Tani Balleangin.

3.3 | Evaluasi Pelatihan

Enam belas anggota kelompok tani merupakan sasaran langsung pelatihan, sedangkan total kehadiran dalam kegiatan adalah 37 orang, termasuk warga, dosen, dan mahasiswa. Pelatihan menggunakan demonstrasi dan praktik langsung (Gambar 8) untuk menyalakan/mematikan sistem, mengakses kendali jarak jauh, melakukan pemeriksaan visual pada panel/kabel, serta menjelaskan perawatan dasar. Berdasarkan observasi uji praktik dengan empat kriteria pada Metode Evaluasi, 16 anggota mampu mengoperasikan sistem secara mandiri tanpa bantuan pendamping. Karena penilaian dilakukan melalui observasi tanpa lembar skor tertulis maupun *pre-test*/*post-test*, hasil ini menunjukkan capaian kemampuan pada akhir pendampingan, bukan besarnya peningkatan pengetahuan.

3.4 | Kesesuaian dengan Solusi

Sumur bor menyediakan sumber air alternatif di lokasi yang sebelumnya bergantung pada aliran sungai musiman, sedangkan PLTS mengurangi kebutuhan energi eksternal untuk memompa air. Sistem IoT mengatasi kebutuhan kendali pada titik pompa tanpa kehadiran operator secara terus-menerus, selaras dengan aplikasi IoT dalam otomasi pertanian [8]. Pelatihan dan pencatatan input produksi melengkapi teknologi fisik dengan penguatan kapasitas pengelolaan kelompok.

3.5 | Kendala dan Solusi Lapangan

Tantangan utama adalah heterogenitas kondisi sumber air, keterbatasan data hidraulik sumur, serta ketergantungan sistem IoT pada jaringan seluler. Modem 4G terpasang dan kendali jarak jauh dapat digunakan untuk uji fungsi melalui jaringan 4G Telkomsel, tetapi kekuatan sinyal dan frekuensi gangguan jaringan tidak tercatat. Untuk mengurangi ketergantungan pada dukungan eksternal, pelatihan menekankan pemeriksaan visual, prosedur operasi dasar, dan identifikasi awal gangguan sebelum komponen diteruskan kepada teknisi atau pemasok. Ketiadaan catatan debit dan *uptime* menjadi pelajaran penting bagi replikasi berikutnya agar sejak awal memasukkan instrumen pengukuran dan formulir log operasional.



Gambar 7 Praktik perawatan dan pengujian pompa bersama mitra di Kelurahan Balleangin, Kabupaten Pangkep, 30 Agustus 2025 (dokumentasi tim).

3.6 | Keterbatasan

Evaluasi hanya mencakup satu periode kegiatan dan satu musim panen pascapenerapan, tanpa lahan pembanding serta tanpa pengendalian varietas, pemupukan, curah hujan, hama, dan faktor agronomi lainnya. Data hasil panen berasal dari laporan agregat mitra, bukan dari penimbangan berulang oleh tim. Sensor debit tidak terpasang, sedangkan log energi/jam operasi IoT dan uji pemompaan sumur tidak diarsipkan. Evaluasi pelatihan juga tidak menggunakan *pre-test*/*post-test* atau skor individual. Oleh karena itu, perubahan hasil panen tidak dapat diatribusikan sepenuhnya pada sistem dan perubahan efisiensi air, biaya, kapasitas produksi, maupun kompetensi; hal ini hanya dapat dibahas pada tingkat kualitatif.

3.7 | Keberlanjutan Program

Aset diserahterimakan kepada Kelompok Tani Balleangin pada 17 September 2025 dan kelompok dilatih melakukan operasi serta perawatan rutin. Konektivitas digital menggunakan modem 4G pada jaringan Telkomsel; biaya paket data, pemeriksaan panel/pompa, dan penggantian komponen elektronik perlu dimasukkan dalam biaya pemeliharaan tahunan kelompok. Pada berkas program yang tersedia, belum ditemukan mekanisme iuran formal atau besaran dana cadangan, sehingga aspek ini diny-atakan sebagai pekerjaan kelembagaan yang masih perlu ditetapkan. Untuk kerusakan di luar perawatan rutin, mekanisme yang disarankan adalah pencatatan gangguan oleh operator kelompok, pemeriksaan awal berdasarkan modul pelatihan, kemudian eskalasi kepada teknisi/pemasok dan tim pendamping jika diperlukan. Pendampingan pascainstalasi dari Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP) tetap menjadi dukungan transisi, tetapi keberlanjutan jangka panjang harus bergeser ke tata kelola dan pembiayaan kelompok.

3.8 | Komparasi dengan Literatur Terdahulu

Integrasi pompa tenaga surya, kendali IoT, dan pendampingan pengguna sejalan dengan literatur tentang pompa irigasi tenaga surya [3] serta implementasi pengabdian serupa di Gunungkidul [9]. Nilai tambah program Balleangin terletak pada integrasi sum-ber air, energi, kendali digital, dan pencatatan input produksi dalam satu paket pemberdayaan. Namun, dibandingkan dengan kajian teknis yang menyediakan data operasi terukur, program ini masih lemah dalam pengarsipan data sensor dan karakter-isasi hidraulik; karena itu, replikasi berikutnya perlu menambahkan sensor debit, penyimpanan data energi/jam operasi, dan uji pemompaan sebagai komponen evaluasi yang wajib.

4 | KESIMPULAN DAN SARAN

Program berhasil memasang dan menyerahkan satu sistem irigasi terintegrasi berbasis sumur bor, PLTS, dan IoT kepada Kelompok Tani Balleangin. Konfigurasi aktual mencakup pompa tenaga surya 1,2 HP, *array* 1.100 Wp yang menyuplai pompa secara *direct-coupled*, subsistem baterai 12 V 100 Ah untuk beban pendukung, serta perangkat ESP32-4G-PZEM untuk pemantauan listrik dan kendali jarak jauh. Penerima manfaat langsung adalah 16 anggota kelompok tani, dan seluruhnya mampu mengoperasikan sistem secara mandiri pada uji praktik; kegiatan pelatihan dihadiri oleh 37 orang. Berdasarkan laporan agregat mitra, hasil panen pada sawah seluas sekitar 5 ha yang dilayani sistem tercatat meningkat dari sekitar 4.500 menjadi 5.200 kg/ha (≈16%) setelah penerapan sistem. Namun, perubahan tersebut tidak dapat dipandang sebagai efek kausal sistem karena pengamatan hanya dilakukan dalam satu musim tanpa pembanding, dan faktor agronomi lain tidak dikendalikan. Efisiensi air, penghematan biaya, dan kapasitas produksi tidak dilaporkan dalam persentase karena tidak tersedia pengukuran kuantitatif yang memadai.

Replikasi berikutnya disarankan untuk memasang sensor debit, mengarsipkan data energi dan jam operasi, melakukan uji pemompaan beserta pengukuran muka air statis/dinamis, menghitung TDH berdasarkan geometri perpipaan aktual, serta menggunakan evaluasi pelatihan berupa *pre-test*/*post-test* atau rubrik praktik individual. Kelompok tani juga perlu menetapkan iuran atau dana cadangan untuk pemeliharaan, penanggung jawab akun/koneksi 4G, jadwal inspeksi, serta alur penanganan kerusakan agar keberlanjutan komponen digital tidak bergantung pada pendamping eksternal.

5 | UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi, atas dukungan pendanaan melalui program Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat (PKM) pada skema Pemberdayaan Berbasis Masyarakat (PKM BIMA) Tahun Anggaran 2025 dengan Kontrak Induk No. 048/C3/DT.05.00/PL/2025 dan Kontrak Turunan No. 10/12/AL.04/2025.

Terima kasih juga disampaikan kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan institusional selama pelaksanaan kegiatan, serta kepada Kelompok Tani Balleangin, khususnya Ketua Kelompok Tani, Bapak Mihdar Muha, beserta seluruh anggota dan masyarakat yang telah berpartisipasi aktif dalam proses perencanaan, instalasi, pelatihan, pendampingan, dan pemanfaatan teknologi. Persetujuan publikasi dokumentasi fotografis telah diperoleh dari mitra dan peserta yang dapat diidentifikasi dalam foto.

Referensi

1. BPS Sulawesi Selatan, Luas Panen Padi Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan; 2025. https://sulsel.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTY4MiMy/luas-panen-padi-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-sulawesi-selatan.html, diakses 17 Maret 2025.

2. Kamaruddin AJ, Badaruddin, Alwany H. Pengaruh Karakteristik Petani, Kebijakan Pertanian dan Kemampuan Kelompok Tani Terhadap Produktivitas Pertanian di Kecamatan Balocci, Kabupaten Pangkep. Cendekia Akademika Indonesia 2023;2(1):41–55.

3. Kumar SS, Bibin C, Akash K, Aravindan K, Kishore M, Magesh G. Solar-powered water pumping systems for irrigation: a comprehensive review on developments and prospects towards a green energy approach. Materials Today: Proceedings 2020;33:303–307.

4. Yuhendri M, Aswardi A, Hambali H. Implementasi Pompa Air Otomatis Tenaga Surya untuk Rumah Ibadah. Jurnal Inovasi Hasil Pengabdian Masyarakat (JIPEMAS) 2020;3(2):166–177.

5. Iqtimal Z, Sara ID, Syahrizal S. Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Listrik untuk Pompa Air. Jurnal Komputer, Informasi, Teknologi, dan Elektro 2018;3(1):45–52.

6. Gunawan NS, Kumara IS, Irawati R. Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 26,4 kWp pada Sistem Smart Microgrid UNUD. Jurnal Spektrum 2019;6(3):1–9.

7. Karamov DN, Ilyushin PV, Suslov KV. Electrification of rural remote areas using renewable energy sources: literature review. Energies 2022;15(16):5881.

8. Kim WS, Lee WS, Kim YJ. A review of the applications of the Internet of Things (IoT) for agricultural automation. Journal of Biosystems Engineering 2020;45(4):385–400.

9. Santoso G, Hani S, Rusianto T, Wahid RM, Sidik K, Wijaya DA. Penerapan Teknologi Irigasi Berbasis Tenaga Surya untuk Meningkatkan Produktivitas Pertanian di Dusun Putat, Kapanewon Patuk, Gunungkidul. Jurnal Hilirisasi IPTEKS 2024;7(3):359–370.

10. Carrijo DR, Lundy ME, Linquist BA. Rice yields and water use under alternate wetting and drying irrigation: A meta-analysis. Field Crops Research 2017;203:173–180.

11. Dwiputra F, Saputri FR. Analysis of Renewable Energy Potential in South Sulawesi, Indonesia. G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan 2024;8(2):1157–1165.

12. Putra S, Rangkuti C. Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya mandiri untuk rumah tinggal. In: Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan 2016 Jakarta: Universitas Trisakti; 2016. p. 23.1–23.7.

13. Taslim I, Imran AM, Sakka. Hydrogeological Characteristics of Karst Maros: Case Study - Saleh Cave. In: Proceedings of the 3rd International Conference of Computer, Environment, Agriculture, Social Science, Health Science, Engineering and Technology (ICEST); 2018. p. 207–211.

Cara mengutip artikel ini: Hamzah, N., Muttaqin, A. N., Utami, D. G., Djalal, M. R., (2026), Penerapan Sistem Irigasi Terintegrasi Sumur Bor, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, dan Internet of Things untuk Mengatasi Keterbatasan Air pada Kelompok Tani Balleangin, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, *Sewagati*, *10(5):1120–1131*, https://doi.org/10.12962/j26139960.v10i5.10909.