

INTEGRASI ENERGI TERBARUKAN, PEMANENAN AIR HUJAN, DAN HIDROPONIK KAPILER UNTUK MENDUKUNG PERMUKIMAN SEHAT DAN KETAHANAN PANGAN DI PULAU DENDUN KABUPATEN BINTAN

Integration of renewable energy, rainwater harvesting, and capillary hydroponics to support healthy settlements and food security on Dendun Island, Bintan Regency

Indra Martias^{1*}, Rinaldi Daswito², Luh Pitriyanti³, Vina Jayanti⁴

^{1,2,3}Program Studi D3 Sanitasi, Poltekkes Kemenkes Tanjungpinang, Tanjungpinang, Indonesia

⁴Program Studi D3 Kebidanan, Poltekkes Kemenkes Tanjungpinang, Tanjungpinang, Indonesia

*Correspondence: indramartias25@gmail.com

Received: 03/08/2026

Accepted: 18/09/2026

Published online: 13/10/2026

ABSTRAK

Perubahan iklim meningkatkan kerentanan wilayah kepulauan terhadap keterbatasan air bersih, energi, dan pangan, terutama pada musim kemarau. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan pemahaman masyarakat sekaligus menerapkan teknologi tepat guna yang mengintegrasikan pemanenan air hujan, hidroponik kapiler, dan energi surya untuk mendukung permukiman sehat serta ketahanan pangan rumah tangga. Kegiatan dilaksanakan di Pulau Dendun, Kecamatan Mantang, Kabupaten Bintan, pada Mei 2026 dengan melibatkan 20 warga kelompok nelayan. Pelaksanaan menggunakan pendekatan partisipatif melalui pembangunan dan praktik langsung pengoperasian instalasi penampungan air hujan (IPAH), sistem hidroponik kapiler, dan panel surya. Evaluasi pengetahuan dilakukan menggunakan kuesioner pre-test dan post-test. Rata-rata skor pengetahuan meningkat dari 87 menjadi 99 atau sebesar 13,79%. Program juga menghasilkan satu unit IPAH berkapasitas 1.000 liter, satu unit hidroponik kapiler, dan satu unit panel surya berkapasitas 100 Wp yang mendukung distribusi air. Integrasi teknologi tersebut menunjukkan potensi sebagai solusi adaptif untuk memperkuat ketersediaan air, pemanfaatan energi bersih, dan ketahanan pangan rumah tangga di wilayah kepulauan.

Kata kunci: Energi terbarukan, hidroponik kapiler, ketahanan pangan, pemanenan air hujan

ABSTRACT

Climate change increases the vulnerability of island communities to constraints in clean water, energy, and food supplies, particularly during the dry season. This community service program aimed to improve

community knowledge while implementing appropriate technologies that integrate rainwater harvesting, capillary hydroponics, and solar energy to support healthy settlements and household food security. The program was conducted on Dendun Island, Mantang District, Bintan Regency, in May 2026 and involved 20 members of a local fishing community. A participatory approach was used through hands-on construction and operation of a rainwater harvesting installation (RHI), a capillary hydroponic system, and a solar panel system. Knowledge was evaluated using pre-test and post-test questionnaires. The mean knowledge score increased from 87 to 99, representing a 13.79% improvement. The program also produced one 1,000-L RHI unit, one capillary hydroponic unit, and one 100-Wp solar panel unit that supported water distribution. The integrated system shows potential as an adaptive solution to strengthen water availability, clean-energy use, and household food security in island communities.

Keywords: Capillary hydroponics, food security, rainwater harvesting, renewable energy

PENDAHULUAN

Perubahan iklim global menuntut langkah mitigasi dan adaptasi yang semakin nyata di tingkat lokal. Laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menunjukkan bahwa suhu permukaan global telah meningkat sekitar 1,1°C dibandingkan periode 1850-1900, sementara setiap tambahan pemanasan meningkatkan risiko terhadap sistem manusia dan lingkungan.¹ Wilayah pulau kecil



menghadapi kerentanan yang lebih besar terhadap perubahan pola curah hujan, kekeringan, kenaikan muka laut, serta gangguan terhadap ketersediaan air dan pangan.²

Kondisi tersebut relevan dengan permasalahan yang dihadapi masyarakat Pulau Dendun, Kecamatan Mantang, Kabupaten Bintan, Provinsi Kepulauan Riau. Ketergantungan terhadap curah hujan menyebabkan ketersediaan air rumah tangga menjadi lebih rentan pada musim kemarau. Keterbatasan air juga memengaruhi peluang budidaya pangan skala rumah tangga, sementara penyediaan energi konvensional di pulau kecil menghadapi kendala distribusi dan biaya. Berdasarkan identifikasi awal bersama mitra, masyarakat membutuhkan teknologi yang sederhana, dapat dioperasikan secara lokal, dan mampu menghubungkan penyediaan air dengan produksi pangan rumah tangga.

Kondisi geografis kepulauan juga membuka peluang pemanfaatan sumber daya lokal, terutama air hujan dan energi surya. Pemanenan air hujan dapat menyediakan cadangan air nonjaringan, sedangkan energi surya dapat mendukung pengoperasian sistem distribusi air secara mandiri. Apabila keduanya diintegrasikan dengan hidroponik kapiler, air yang tersedia dapat dimanfaatkan lebih efisien untuk budidaya tanaman di pekarangan. Pendekatan terintegrasi semacam ini sesuai dengan kerangka water-energy-food nexus yang menekankan keterkaitan antara pengelolaan air, energi, dan pangan pada wilayah dengan sumber daya terbatas.

Berdasarkan identifikasi tersebut, kesenjangan utama di Pulau Dendun adalah belum tersedianya sistem sederhana yang mengintegrasikan cadangan air hujan, energi terbarukan, dan budidaya pangan rumah tangga. Kegiatan pengabdian ini bertujuan mentransfer pengetahuan melalui pendekatan partisipatif, membangun instalasi yang mengintegrasikan IPA, hidroponik kapiler, dan panel surya sebagai sumber energi distribusi air, serta mengevaluasi perubahan

pemahaman masyarakat melalui perbandingan skor pre-test dan post-test.

METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan pada Mei 2026 di Desa Dendun, Kecamatan Mantang, Kabupaten Bintan, Provinsi Kepulauan Riau. Sasaran kegiatan adalah kelompok masyarakat nelayan setempat yang menghadapi keterbatasan ketersediaan air bersih dan pangan rumah tangga. Program dirancang dengan pendekatan partisipatif sehingga masyarakat terlibat dalam proses perencanaan lokasi, perakitan, pemasangan, pengoperasian, dan pemeliharaan teknologi.

Sebanyak 20 warga kelompok nelayan dilibatkan sebagai peserta. Peserta dipilih secara purposif dengan mempertimbangkan domisili tetap di Desa Dendun, keterlibatan sebagai nelayan atau anggota rumah tangga nelayan, serta kesediaan mengikuti seluruh rangkaian kegiatan. Pendekatan ini digunakan agar proses alih pengetahuan dan teknologi berfokus pada kelompok yang secara langsung menghadapi permasalahan program.

Spesifikasi teknologi tepat guna

Teknologi yang diterapkan dirancang sebagai satu sistem sederhana yang menghubungkan ketersediaan air, energi, dan pangan. Sistem terdiri atas IPA, panel surya, dan hidroponik kapiler yang dipasang pada lokasi mitra dan dioperasikan bersama masyarakat.

IPA menggunakan satu tangki berkapasitas 1.000 liter yang dilengkapi penyaringan awal untuk menahan kotoran padat dari aliran atap sebelum air masuk ke tangki. Air kemudian didistribusikan melalui saluran keluaran menuju kebutuhan yang telah ditentukan pada lokasi program.

Panel surya berkapasitas 100 Wp dilengkapi solar charge controller dan baterai penyimpan daya. Sistem ini digunakan sebagai sumber energi terbarukan untuk mendukung distribusi air sehingga operasional tidak sepenuhnya bergantung pada jaringan listrik konvensional.

Sistem hidroponik kapiler (wick system) dibangun di pekarangan warga dan memanfaatkan air dari hasil penampungan hujan. Sistem kapiler dipilih karena sederhana, tidak membutuhkan sirkulasi air bertekanan secara terus-menerus, dan sesuai untuk demonstrasi budidaya pangan rumah tangga.

Tahapan intervensi program

Pelaksanaan program terdiri atas tahap persiapan dan koordinasi, tahap implementasi, serta tahap monitoring dan keberlanjutan. Pada tahap persiapan, tim berkoordinasi dengan Pemerintah Kecamatan Mantang dan Pemerintah Desa Dendun untuk menentukan lokasi instalasi dan melaksanakan sosialisasi kepada warga. Tahap implementasi dilakukan melalui praktik langsung perakitan panel surya, pembangunan IPAHA, dan pemasangan hidroponik kapiler bersama masyarakat. Setelah instalasi berfungsi, fasilitas diserahkan kepada mitra disertai bimbingan teknis mengenai pengoperasian dan pemeliharaan.

Instrumen pengumpulan data dan indikator keberhasilan

Keberhasilan program dievaluasi berdasarkan perubahan pengetahuan peserta dan keterlibatan masyarakat selama kegiatan. Pengetahuan diukur menggunakan kuesioner tertulis sebelum dan sesudah intervensi, sedangkan keterlibatan masyarakat diamati melalui kehadiran dan partisipasi selama praktik pembangunan serta pengoperasian instalasi.

Kuesioner pre-test dan post-test berisi pertanyaan pilihan ganda mengenai mitigasi

perubahan iklim, IPAHA, energi surya, dan hidroponik. Skor dinyatakan pada rentang 0-100. Pre-test diberikan sebelum penyampaian materi dan praktik, sedangkan post-test diberikan setelah seluruh kegiatan selesai.

Partisipasi masyarakat didokumentasikan menggunakan daftar hadir dan catatan pelaksanaan kegiatan. Data tersebut digunakan untuk menggambarkan keterlibatan peserta dan dukungan pemangku kepentingan lokal selama implementasi program.

Analisis data

Data skor pre-test dan post-test dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan nilai rata-rata sebelum dan sesudah intervensi. Persentase peningkatan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Peningkatan (\%)} = \frac{\text{Skor post-test} - \text{Skor pre-test}}{\text{Skor pre-test}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat di Pulau Dendun berhasil merealisasikan target utama berupa pembangunan tiga komponen teknologi tepat guna dan peningkatan pemahaman peserta. Capaian program disajikan pada Tabel 1 sebagai ringkasan keluaran fisik, hasil evaluasi pengetahuan, dan keterlibatan masyarakat.

Tabel 1. Capaian program pengabdian kepada masyarakat di Pulau Dendun

Indikator	Target	Realisasi	Keterangan
Jumlah peserta	20 orang	20 orang	Kelompok masyarakat nelayan
Fasilitas IPAHA	1 unit	1 unit	Kapasitas 1.000 liter
Hidroponik kapiler	1 unit	1 unit	Sistem kapiler
Panel surya	1 unit	1 unit	Kapasitas 100 Wp
Pemahaman peserta	Meningkat	Naik 13,79%	Rata-rata pre-test 87; post-test 99
Partisipasi	Keterlibatan aktif	20 peserta terlibat	Didukung pemerintah desa dan kecamatan

Implementasi teknologi tepat guna

Tahap awal implementasi adalah pembangunan IPAHA. Tangki berkapasitas 1.000 liter ditempatkan

pada lokasi mitra dan dihubungkan dengan aliran air dari atap melalui sistem penyaringan awal. Pemasangan dilakukan bersama masyarakat untuk

memastikan peserta memahami alur penampungan, penyaringan, dan pemanfaatan air.



Gambar 1. Pemasangan instalasi penampungan air hujan

Tahap berikutnya adalah pemasangan hidroponik kapiler di pekarangan warga. Sistem ini dirancang untuk memanfaatkan cadangan air secara efisien dan menjadi sarana demonstrasi budidaya pangan skala rumah tangga.



Gambar 2. Pemasangan system hidroponik kapiler

Panel surya selanjutnya dipasang sebagai sumber energi terbarukan untuk mendukung distribusi air. Integrasi antara panel surya, IPA, dan hidroponik kapiler membentuk satu rangkaian teknologi sederhana yang dapat dioperasikan pada lingkungan permukiman.



Gambar 3. Pemasangan panel surya sebagai sumber energi distribusi air

Evaluasi pemahaman dan partisipasi masyarakat

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa rata-rata skor pemahaman peserta meningkat dari 87 pada pre-test menjadi 99 pada post-test. Peningkatan relatif sebesar 13,79% menunjukkan adanya perbaikan pemahaman setelah peserta mengikuti penyuluhan dan praktik langsung mengenai perubahan iklim, IPA, energi surya, dan hidroponik. Monitoring dilakukan bersama masyarakat Desa Dendun dan didukung oleh pihak Kecamatan Mantang untuk memperkuat keberlanjutan pemanfaatan sarana.

Sebanyak 20 peserta terlibat dalam rangkaian kegiatan. Pemerintah Desa Dendun dan Kecamatan Mantang turut hadir dalam proses implementasi dan monitoring. Dukungan tersebut penting karena keterlibatan pemangku kepentingan lokal dapat memperkuat rasa kepemilikan masyarakat terhadap program dan mendorong keberlanjutan pengelolaan sarana setelah kegiatan berakhir.



Gambar 4. Evaluasi dan monitoring pelaksanaan kegiatan

Pendekatan partisipatif dan praktik langsung membantu peserta memahami aspek teknis melalui pengalaman selama pemasangan dan pengoperasian alat. Temuan ini sejalan dengan program pemberdayaan masyarakat berbasis iklim yang menempatkan partisipasi sebagai unsur penting dalam keberlanjutan intervensi.³ Pelatihan pada kelompok nelayan juga dilaporkan dapat meningkatkan pengetahuan, sikap, dan keterampilan ketika materi disampaikan dengan metode yang beragam dan kontekstual.⁴

Keterlibatan pemerintah desa dan kecamatan memberikan dukungan sosial dan

kelembagaan bagi implementasi program. Pada konteks Pulau Dendun, peran pemerintah dalam mendorong kesadaran dan partisipasi masyarakat pada isu lingkungan pesisir juga telah dilaporkan sebagai faktor penting dalam penguatan program pemberdayaan.⁵

Keunggulan program ini terletak pada integrasi tiga komponen yang saling mendukung. Air hujan ditampung melalui IPAHA berkapasitas 1.000 liter, distribusi air dibantu oleh panel surya 100 Wp, dan air dimanfaatkan pada hidroponik kapiler di pekarangan. Pendekatan tersebut konsisten dengan kerangka *water-energy-food nexus* yang menekankan pengelolaan keterkaitan air, energi, dan pangan pada pulau kecil dengan keterbatasan sumber daya.⁶ Implementasi pemanenan air hujan yang terintegrasi dengan energi surya pada komunitas pulau kecil juga telah dilaporkan dapat menyediakan sumber air secara mandiri dan menjadi model yang dapat direplikasi pada wilayah dengan karakteristik serupa.⁷

Program ini memiliki beberapa keterbatasan. Ketersediaan air pada IPAHA tetap bergantung pada curah hujan sehingga volume tampungan dapat berfluktuasi pada musim kemarau. Distribusi material dan komponen teknologi ke wilayah kepulauan juga dipengaruhi oleh jadwal transportasi dan kondisi gelombang laut. Selain itu, durasi pemantauan setelah instalasi masih terbatas sehingga keberlanjutan pemeliharaan perlu dipastikan melalui pembagian tanggung jawab yang jelas, pembersihan panel surya secara berkala, pemeriksaan filter IPAHA, dan monitoring oleh pemerintah desa bersama kelompok masyarakat.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat di Pulau Dendun menghasilkan satu unit IPAHA berkapasitas 1.000 liter, satu unit hidroponik kapiler, dan satu unit panel surya berkapasitas 100 Wp yang diintegrasikan untuk mendukung penyediaan air dan budidaya pangan rumah tangga. Rata-rata skor pemahaman peserta meningkat dari 87 menjadi 99 atau sebesar 13,79% setelah kegiatan. Sebanyak 20 warga kelompok nelayan terlibat dalam implementasi

program dengan dukungan pemerintah desa dan kecamatan. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi pemanenan air hujan, energi surya, dan hidroponik kapiler berpotensi menjadi model teknologi tepat guna untuk mendukung permukiman sehat dan ketahanan pangan di wilayah kepulauan. Keberlanjutan program memerlukan monitoring berkala, pemeliharaan sarana, dan penguatan kolaborasi antara perguruan tinggi, pemerintah daerah, pemerintah desa, dan masyarakat sebelum model diperluas ke pulau kecil lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for policymakers. In: Core Writing Team, Lee H, Romero J, eds. Climate Change 2023: Synthesis Report. IPCC; 2023:1-34. doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
2. Mycoo M, Wairiu M, Campbell D, et al. Small islands. In: Pörtner HO, Roberts DC, Tignor M, et al, eds. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press; 2022:2043-2121. doi:10.1017/9781009325844.017
3. Faedlulloh D, Prasetyanti R, Irawan B. Kampung versus climate change: the dynamics of community empowerment through the Climate Village Program (ProKlim). J Phys Conf Ser. 2019;1424(1):012055. doi:10.1088/1742-6596/1424/1/012055
4. Hernawan D, Purnomo AM, Purnamasari I. Pelatihan peningkatan kapasitas kelembagaan nelayan pada masyarakat nelayan Pelabuhanratu Kabupaten Sukabumi. J Karya Abdi Masy. 2021;5(3):631-638. doi:10.22437/jkam.v5i3.16680
5. Nazira A, Dhiniyanti E, Priyatna NEP, Mirana RF, Nurhaliza, Haryanti D. Peran pemerintah dalam meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah di wilayah pesisir (studi kasus: Pulau Dendun). J Teori Pengemb Pendid. 2025;9(4):69-87.
6. Authier R, Pillot B, Guimbretiére G, Corral-

- Broto P, Gervet C. Towards sustainable land management in small islands: a Water-Energy-Food nexus approach. PLoS One. 2024;19(11):e0310632.
doi:10.1371/journal.pone.0310632
7. Abdian N, Utami NA, Purnama TFF, et al. Solar-powered rainwater harvesting system with ultrafiltration in Pulau Panjang Village. Dedicated: Journal of Community Services (Pengabdian kepada Masyarakat). 2026;4(1):347-360.
doi:10.17509/dedicated.v4i1.606