

## Pemberdayaan Masyarakat Kawasan Karst Melalui Pengelolaan Air dan Strategi Ketahanan Pangan di Biraeng

Salma Samputri<sup>1</sup>, Badrizal Al Hazar<sup>2</sup>, Fitri Handayani<sup>3</sup>, Nurul Aulia Bohari<sup>4</sup>,  
Muhammad Zulfi Al'Ghani<sup>5</sup>, Atsari Rafi<sup>6</sup>

Universitas Negeri Makassar<sup>1,2,3,5,6</sup>

Universitas Muhammadiyah Kolaka Utara<sup>4</sup>

salmasamputri@unm.ac.id<sup>1</sup>, badrizalal hazar@unm.ac.id<sup>2</sup>, fitrihandayani@unm.ac.id<sup>3</sup>, auliabohari@umkota.ac.id<sup>4</sup>

zulfialghani@unm.ac.id<sup>5</sup>, atsari146@gmail.com<sup>6</sup>

### Abstract

*This community service activity aims to address the critical challenges of clean water availability and food security faced by communities in the karst area of Biraeng Village, Pangkep Regency, which is characterized by fragile geological conditions and rapid drainage. These conditions result in limited surface water availability and have a negative impact on agricultural productivity. Data was collected through field observations, in-depth interviews, and documentation to obtain a comprehensive understanding of the social and environmental conditions. The results show that the community relies on dug wells, seasonal springs, rainwater harvesting, and bore wells, whose discharge decreases during the dry season, thereby requiring a collective water distribution management system. Community empowerment through the establishment of water management groups has proven effective in improving more equitable and organized access to water. In addition, food diversification programs, such as cultivating corn, cassava, and utilizing home gardens, have been effective in maintaining local food availability despite environmental limitations. However, challenges such as limited technical knowledge and underdeveloped local institutions remain significant constraints. Therefore, this study recommends strengthening local institutions in a sustainable manner, integrating appropriate technology, and developing food diversification strategies based on local potential to achieve food security and sustainable water resource management in karst areas.*

**Keywords:** Karst area; water management; food security; community empowerment; pangkep regency.

### Abstrak

Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk mengatasi tantangan kritis ketersediaan air bersih dan ketahanan pangan yang dihadapi masyarakat di kawasan karst Kelurahan Biraeng, Kabupaten Pangkep, yang memiliki karakteristik geologi rentan dan drainase cepat. Kondisi tersebut menyebabkan keterbatasan air permukaan dan berdampak pada rendahnya produktivitas pertanian masyarakat. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan, wawancara mendalam, dan dokumentasi untuk memperoleh gambaran kondisi sosial dan lingkungan secara komprehensif. Hasil pengabdian menunjukkan bahwa masyarakat bergantung pada sumur gali, mata air musiman, penampungan air hujan, dan sumur bor yang debitnya menurun pada musim kemarau, sehingga diperlukan pengelolaan distribusi air secara kolektif. Pemberdayaan masyarakat melalui pembentukan kelompok pengelola air terbukti mampu meningkatkan akses air secara lebih merata

dan terorganisir. Selain itu, program diversifikasi pangan, seperti penanaman jagung, ubi kayu, dan pemanfaatan pekarangan, terbukti efektif dalam menjaga ketersediaan pangan lokal di tengah keterbatasan lingkungan. Meskipun demikian, kendala seperti pemahaman teknis yang terbatas dan kelembagaan yang belum mapan masih menjadi hambatan. Oleh karena itu, pengabdian ini merekomendasikan penguatan kelembagaan lokal secara berkelanjutan, integrasi teknologi tepat guna, serta pengembangan strategi diversifikasi pangan berbasis potensi lokal untuk mencapai ketahanan pangan dan keberlanjutan sumber daya air di kawasan karst.

**Kata Kunci:** Kawasan karst; Pengelolaan air; Ketahanan pangan; Pemberdayaan masyarakat; Kabupaten Pangkep.

## A. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki kawasan karst seluas 154.000 km<sup>2</sup> (15,4 juta hektar) dengan distribusi yang cukup merata di hampir seluruh wilayah nusantara. Kawasan karst ini terbentuk dari batu gamping yang mengalami proses karstifikasi (yaitu proses pelarutan batu gamping tingkat lanjut yang menghasilkan fenomena bentang alam dan pola hidrologi yang unik dan khas) dalam waktu jutaan tahun. Menurut Klimchouk (1997) dalam Adji (2013), epikarstic zone atau dikenal juga sebagai subcutaneous zone adalah zone teratas yang tersingkap dari batuan karst yang memiliki permeabilitas dan porositas karena proses pelebaran celah adalah paling tinggi dibanding lapisan-lapisan yang lain, sehingga berperan sebagai media penyimpanan air yang baik. Zone ini berkontribusi sebagai penyedia aliran andalan bahkan pada periode kekeringan yang panjang. Zona epikarst ini merupakan konsentrasi air hasil infiltrasi air hujan (Adji, 2013).

Kawasan Karst Maros-Pangkep secara administratif masuk dalam wilayah Kabupaten Maros dan Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan. Ciri khas dari kawasan karst ini yaitu bentuk karstnya yang berupa menara atau dalam istilah geologis disebut tower karst (Heryanto, 2020). Gugusan karstnya membentang dari

Kabupaten Maros sampai Kabupaten Pangkep bahkan sampai Kabupaten Barru, sehingga disebut dengan nama kawasan karst Maros-Pangkep. Saat ini kawasan karst Maros-Pangkep sedang dalam proses penetapan menjadi kawasan warisan dunia oleh UNESCO (Al Hazar dkk, 2025).

Kawasan karst merupakan daerah yang memiliki ketersediaan sumberdaya air permukaan sangat terbatas. Kondisi permukaan daerah karst pada umumnya kering dan kritis. Tanah kapur dan batuan karst membuat air langsung meresap ke dalam tanah. Air permukaan hanya dijumpai pada daerah telaga yang jumlahnya relatif sangat sedikit (Cahyadi A, 2022). Meskipun kering di permukaan, Kawasan karst memiliki potensi sumberdaya air yang terletak di bawah tanah berupa sungai bawah tanah. Terbentuknya aliran sungai bawah tanah di daerah karst terkait dengan sistem hidrologi di daerah tersebut. Sistem hidrologi air bawah tanah di daerah karst berbeda dengan sistem hidrologi di kawasan bukan karst. Batu gamping yang banyak terdapat di daerah karst bersifat porous (berpori) sehingga ketika air hujan mengenainya akan langsung jatuh melewati celah-celah pada lapisan batuan. Air yang merembes ke bawah permukaan tanah kemudian terakumulasi dalam suatu pola aliran tertentu membentuk aliran sungai dan mengalir melewati lorong-lorong goa.

Seperti dijelaskan oleh Ford dan Williams (1992) dalam Sudarmadji, dkk (2012) secara umum komponen aliran karst dibedakan menjadi 2 tipe aliran yaitu aliran conduit dan aliran diffuse. Aliran diffuse mengisi sungai bawah tanah secara seragam dan perlahan-lahan melalui retakan-retakan yang berukuran 10-3-10 mm sebagai aliran infiltrasi dari zone simpannya di permukaan bukit karst. Sebagai ilustrasi, aliran tipe ini menetes atau merembes pada ornamen goa. Kemudian, aliran conduit bergerak dengan cepat dari permukaan menuju sungai bawah tanah melalui Lorong-lorong yang besar berukuran 102-104mm atau lebih atau sering disebut sebagai saluran terbuka. Akibatnya, jika ada masukan aliran yang besar melalui pelorongan ini, maka air sungai bawah tanah akan cepat naik dan semua pencemar dapat ikut masuk ke sungai bawah tanah.

Dalam konteks sosial-ekologis, Hindersah et al. (2020) menekankan bahwa kawasan karst memiliki potensi besar untuk pertanian, terutama pada wilayah dolina yang menampung endapan tanah subur. Namun, keterbatasan air dan degradasi vegetasi akibat penebangan pohon menyebabkan produktivitas lahan menurun. Kondisi ini berdampak langsung terhadap ketahanan pangan masyarakat yang sangat bergantung pada ketersediaan sumber air dan lahan pertanian. Disisi lain, laporan Sustainable Livelihood and Ecoenterprise in Karst Ecosystem for Adapting to Climate Change oleh Kemitraan dan Konsorsium Adaptasi Ekosistem Karst (2019) menyoroti bahwa kawasan karst Maros–Pangkep di Sulawesi Selatan merupakan salah satu wilayah karst terbesar di Asia Tenggara dengan fungsi ekologis penting sebagai penyimpan air bagi ribuan rumah tangga dan ribuan hektare lahan pertanian.

Namun, dampak perubahan iklim telah menyebabkan penurunan produktivitas pertanian. Dengan demikian, pemberdayaan

masyarakat menjadi aspek kunci dalam menjaga keberlanjutan pengelolaan sumber daya air dan ketahanan pangan di kawasan karst. Upaya pemberdayaan ini dapat dilakukan melalui peningkatan kapasitas masyarakat dalam konservasi air, pemanfaatan teknologi tepat guna seperti rainwater harvesting, serta penguatan kelembagaan lokal untuk mengelola sumber daya secara kolektif dan adaptif terhadap perubahan iklim.

Masyarakat di Kelurahan Biraeng, Kecamatan Minasatene, Kabupaten Pangkep menghadapi tiga permasalahan utama. Permasalahan pertama, yakni ketersediaan air permukaan sangat terbatas masyarakat bergantung pada sumur gali, mata air musiman, penampungan hujan, dan sumur bor yang debitnya mengalami penurunan pada musim kemarau. Kedua, ketahanan pangan masyarakat rentan karena kondisi lahan kering dan berbatu yang membuat masyarakat sulit mengandalkan satu jenis komoditas pertanian. Ketiga, lemahnya kelembagaan lokal yang mendukung pengelolaan air dan ketahanan pangan terutama dalam hal penguasaan teknologi dan keberlanjutan program sehingga menghambat pengelolaan sumber daya yang efektif.

Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi kondisi pengelolaan air dan pola pemanfaatannya oleh masyarakat di kawasan karst Biraeng; (2) mengkaji strategi ketahanan pangan masyarakat di kawasan karst Biraeng; (3) menganalisis peran kelembagaan lokal dan kolaborasi antar pemangku kepentingan dalam mendukung keberlanjutan pengelolaan air dan ketahanan pangan di kawasan karst.

## B. PELAKSANAAN DAN METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan pada tanggal 15-18 Oktober 2025 di Kecamatan Minasa te'ne, Kabupaten Pangkajene, Provinsi Sulawesi Selatan. Lokasi tersebut dipilih karena merupakan salah satu kecamatan yang paling berdekatan dengan kawasan Karst Maros-Pangkep. Kegiatan pengabdian ini dihadiri sebanyak 25 orang terdiri dari Kepala Kecamatan Minasa te'ne, Aparat Desa, Dosen Universitas Negeri Makassar, Mahasiswa/i Universitas Negeri Makassar, dan masyarakat setempat. Pengabdian ini menggunakan pendekatan Community-Based Integrated Resource Management (CBIRM) sebagai pengembangan dari metode sebelumnya, untuk mengintegrasikan pengelolaan air, ketahanan pangan, dan penguatan kapasitas masyarakat karst.

Tahap awal kegiatan dimulai dengan analisis kebutuhan melalui observasi lapangan, survei kondisi geohidrologi guna mengidentifikasi sumber air, pola konsumsi, dan potensi pertanian rumah tangga. Analisis ini membantu menentukan prioritas intervensi berdasarkan tingkat kerentanan masyarakat. Tahap selanjutnya yaitu penguatan kelembagaan lokal melalui pendampingan kelompok pengelola sumber air agar dapat mengatur jadwal distribusi air secara kolektif dan memastikan keberlanjutan sumber air. Pendampingan ketahanan pangan dilakukan dengan mengembangkan demonstration plot budidaya lahan kering, teknik pertanian organik, dan pemanfaatan pekarangan. Tanaman adaptif seperti jagung, ubi kayu, sorgum, dan kacang-kacangan dikenalkan sebagai strategi diversifikasi pangan. Proses pendampingan melibatkan perempuan dan kelompok tani setempat untuk memperkuat skala produksi rumah tangga. Evaluasi dan

penyusunan strategi keberlanjutan, dilakukan melalui FGD (*Focus Group Discussion*) dan *member checking*.

Data pengabdian dikumpulkan melalui beberapa teknik utama, yaitu observasi lapangan, wawancara mendalam, dan dokumentasi. Observasi dilakukan untuk mengamati kondisi fisik kawasan karst, pola pemanfaatan sumber air, infrastruktur pengelolaan air yang tersedia, serta aktivitas masyarakat dalam mengelola lahan pertanian dan sumber daya pangan. Wawancara dilakukan dengan menggunakan pedoman wawancara yang mencakup aspek pengelolaan sumber daya air, strategi ketahanan pangan, serta kelembagaan lokal masyarakat. Wawancara mendalam dilakukan kepada tokoh masyarakat, petani, pengelola sumber air, perangkat kelurahan, serta pihak terkait lainnya untuk menggali informasi mengenai bentuk pemberdayaan yang sudah berjalan, tantangan yang dihadapi, serta strategi adaptif yang dikembangkan masyarakat dalam menghadapi keterbatasan air dan fluktuasi produksi pangan. Dokumentasi digunakan untuk memperoleh data sekunder berupa laporan pemerintah, dokumen kebijakan lokal, data statistik desa, dan sumber literatur ilmiah yang mendukung analisis terkait pengelolaan air dan ketahanan pangan di kawasan karst.

Seluruh data yang terkumpul kemudian dianalisis melalui teknik analisis interaktif yang meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Proses analisis dilakukan secara berulang untuk memastikan bahwa tema-tema kunci seperti pola pengelolaan air, model pemberdayaan, dan strategi ketahanan pangan dapat teridentifikasi dengan jelas. Untuk menjaga keabsahan data, pengabdian ini menggunakan teknik triangulasi sumber dan metode. Triangulasi dilakukan dengan

membandingkan hasil observasi dengan data wawancara, serta memeriksa kesesuaian data lapangan dengan dokumen resmi atau hasil pengabdian sebelumnya. Selain itu, validitas temuan diperkuat melalui member checking yang melibatkan informan kunci untuk memastikan bahwa interpretasi peneliti sesuai dengan kondisi dan pengalaman mereka. Keberhasilan kegiatan ini diukur melalui beberapa pencapaian nyata, diantaranya yakni meningkatnya kesadaran masyarakat dalam menjaga kelestarian lingkungan guna menjamin ketersediaan air, terbentuknya jadwal pembagian air secara kolektif agar seluruh masyarakat mendapatkan akses yang merata, serta partisipasi aktif dari masyarakat dalam menanam berbagai jenis tanaman pangan melalui pemanfaatan lahan pekarangan.

### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kawasan Karst Maros Pangkep (KKMP) dilihat secara administrasi masuk dalam Kabupaten Maros dan Kabupaten Pangkep. Sebagian wilayah administrasi Kabupaten Maros yang masuk dalam kawasan karst terdiri dari sembilan kecamatan, sedangkan kawasan karst yang masuk di Kabupaten Pangkep terdiri dari empat kecamatan. Sebagian kecamatan di Kabupaten Maros yang masuk dalam kawasan karst seluas 24.637,79 ha yang dapat diuraikan menurut kecamatan yaitu Kecamatan Bantimurung dengan luas 9.053,56 ha, Kecamatan Bontoa seluas 1553,59 ha, Kecamatan Camba seluas 574,87 ha, Kecamatan Cenrana seluas 2.320,11 ha, Kecamatan Lau seluas 3,00 ha, Kecamatan Mallawa seluas 3.240,11 ha, Kecamatan Simbang seluas 4.841,31 ha, Kecamatan Tanralili seluas 522,52 ha dan Kecamatan Tompu Bulu dengan luas 2.528,79 ha. Selain kabupaten Maros, sebagian kecamatan di Kabupaten Pangkep yang masuk dalam

kawasan karst seluas 15.379,17 ha yang sebagian masuk dalam Kecamatan Balocci seluas 6.226,01 ha, Kecamatan Bungoro seluas 449,90 ha, Kecamatan Minasa Tene seluas 4.449,99 ha dan Kecamatan Tondong Tallasa dengan luas 4.206,27 ha. Luasan kawasan karst berdasarkan kecamatan dapat dilihat pada Tabel

**Tabel 1.** Luas Kawasan Karst Maros-Pangkep (KKMP) Berdasarkan Kecamatan

No	Kabupaten	Kecamatan	Luas (ha)
1	Maros	Kec. Bantimurung	9053.56
		Kec. Bontoa	1553.59
		Kec. Camba	574.87
		Kec. Cenrana	2320.11
		Kec. Lau	3.00
		Kec. Mallawa	3240.11
		Kec. Simbang	4841.31
		Kec. Tanralili	522.52
		Kec. Tompobulu	2528.73
<b>Total</b>			<b>24637.79</b>
2	Pangkep	Kec. Balocci	6226.01
		Kec. Bungoro	449.90
		Kec. Minasa Te'ne	4496.99
		Kec. Tondong Tallasa	4206.27
		<b>Total</b>	<b>15379.17</b>
<b>Grand Total</b>			<b>40016.96</b>

#### 1. Kondisi Pengelolaan Air di Kawasan Karst Biraeng

Hasil observasi menunjukkan bahwa masyarakat di Kelurahan Biraeng memanfaatkan berbagai sumber air seperti sumur gali, mata air musiman, dan penampungan air hujan.

Keterbatasan debit air pada musim kemarau mendorong penerapan sistem

distribusi air secara kolektif melalui kelompok pengelola sumber air. Bentuk pemberdayaan tampak setelah dilakukan evaluasi terhadap perubahan kondisi sebelum dan sesudah program pemberdayaan, yang disajikan pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Hasil Evaluasi Program

Indikator	Sebelum Program	Sesudah Program
Akses air bersih	Terbatas, tidak merata	Lebih Merata
Sistem distribusi air	Individual	Kolektif
Pemanfaatan air hujan	Minim	Meningkat
Diversifikasi pangan	Terbatas (1-2 komoditas)	Beragam
Pemanfaatan pekarangan	Rendah	Aktif

Berdasarkan tabel tersebut, terlihat adanya peningkatan pada hampir seluruh indikator yang diamati. Peningkatan ini menunjukkan bahwa program pemberdayaan memberikan dampak nyata terhadap pengelolaan sumber daya air dan ketahanan pangan masyarakat.

## 2. Analisis Peningkatan

Peningkatan yang terjadi tidak hanya disebabkan oleh intervensi teknis, tetapi juga oleh perubahan sosial dan kelembagaan masyarakat. Pertama, pembentukan kelompok pengelola air mendorong adanya sistem distribusi yang lebih terorganisir dan adil, sehingga konflik pemanfaatan air dapat diminimalkan. Kedua, pelatihan dan pendampingan yang diberikan meningkatkan pengetahuan dan keterampilan masyarakat dalam mengelola air serta mengembangkan pertanian lahan kering. Hal ini sejalan dengan konsep pemberdayaan masyarakat yang menekankan pentingnya peningkatan kapasitas (capacity building) sebagai faktor utama keberhasilan program. Selain itu, penerapan teknologi sederhana seperti

penampungan air hujan turut berkontribusi dalam meningkatkan ketersediaan air, terutama pada musim kemarau. Dari sisi ketahanan pangan, diversifikasi tanaman menjadi strategi adaptif yang efektif karena mampu mengurangi risiko gagal panen akibat kondisi lingkungan karst yang tidak stabil. Dengan demikian, peningkatan yang terjadi merupakan hasil dari kombinasi antara intervensi teknis, penguatan kelembagaan, dan perubahan perilaku masyarakat.



**Gambar 1.** Observasi bersama Aparat Desa

## 3. Strategi Ketahanan Pangan Masyarakat

Kondisi lahan karst yang kering dan berbatu mendorong masyarakat untuk menerapkan strategi diversifikasi tanaman seperti jagung, ubi kayu, dan kacang-kacangan. Selain itu, pemanfaatan pekarangan sebagai sumber pangan rumah tangga menjadi salah satu bentuk adaptasi yang efektif.

Penguatan kapasitas melalui pelatihan pertanian organik dan pengelolaan lahan kering turut meningkatkan produktivitas masyarakat. Peran perempuan dalam pengelolaan pekarangan juga menjadi faktor penting dalam menjaga keberlanjutan pangan keluarga.



**Gambar 2.** Kawasan karst Maros-Pangkep

#### 4. Peran Kelembagaan dan Kolaborasi

Pemerintah kelurahan berperan dalam menyediakan fasilitas dan mendukung pelaksanaan program, sementara masyarakat menjadi aktor utama dalam implementasi di lapangan. Kolaborasi ini menunjukkan bahwa pendekatan partisipatif mampu meningkatkan efektivitas program pemberdayaan. Namun demikian, kelembagaan lokal masih memerlukan penguatan, terutama dalam aspek keberlanjutan program dan penguasaan teknologi.



**Gambar 3.** Tempat Penampungan Air

#### 5. Kendala Pelaksanaan Program

Meskipun program pemberdayaan menunjukkan hasil yang positif, terdapat beberapa kendala yang dihadapi selama pelaksanaan. Salah satu kendala utama adalah keterbatasan pemahaman teknis masyarakat terhadap teknologi yang diperkenalkan, sehingga proses adopsi

inovasi berjalan relatif lambat. Selain itu, keterbatasan sumber daya finansial juga menjadi hambatan dalam pengembangan infrastruktur air secara lebih luas. Dari sisi kelembagaan, kelompok pengelola air yang telah terbentuk masih memerlukan pendampingan berkelanjutan agar mampu beroperasi secara mandiri. Faktor lain yang turut memengaruhi adalah kondisi lingkungan karst yang sangat bergantung pada musim, sehingga keberlanjutan ketersediaan air tetap menjadi tantangan utama. Oleh karena itu, diperlukan strategi lanjutan yang tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga pada penguatan kapasitas dan keberlanjutan kelembagaan masyarakat.

#### D. PENUTUP

##### Simpulan

Berdasarkan hasil pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat di kawasan karst Kelurahan Biraeng, Kabupaten Pangkep, dapat disimpulkan bahwa program pemberdayaan masyarakat melalui pengelolaan air dan strategi ketahanan pangan mampu meningkatkan akses air bersih serta ketersediaan pangan rumah tangga. Peningkatan tersebut ditunjukkan melalui penerapan sistem distribusi air secara kolektif yang lebih terorganisir serta pengembangan diversifikasi tanaman yang adaptif terhadap kondisi lahan karst.

Keberhasilan program ini tidak hanya dipengaruhi oleh penerapan teknologi sederhana, tetapi juga oleh penguatan kapasitas masyarakat dan kelembagaan lokal yang berperan dalam mengelola sumber daya secara partisipatif. Dengan demikian, pendekatan pemberdayaan berbasis masyarakat terbukti menjadi faktor kunci dalam meningkatkan ketahanan masyarakat terhadap keterbatasan lingkungan di kawasan karst. Meskipun demikian, keberlanjutan program masih menghadapi tantangan

berupa keterbatasan pemahaman teknis, sumber daya, dan kelembagaan yang belum sepenuhnya mandiri.

### Saran

Diperlukan penguatan kelembagaan kelompok pengelola air agar mampu beroperasi secara mandiri dan berkelanjutan. Selain itu, pengembangan teknologi tepat guna seperti penampungan air hujan perlu ditingkatkan untuk mengatasi keterbatasan air di kawasan karst. Dalam aspek ketahanan pangan, masyarakat perlu terus didorong untuk menerapkan diversifikasi tanaman dan pemanfaatan pekarangan. Pendampingan berkelanjutan dari pemerintah dan akademisi juga penting guna memastikan keberlanjutan program.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan apresiasi setinggi-tingginya kepada berbagai pihak yang telah mendukung kelancaran dan keberhasilan pelaksanaan kegiatan pengabdian ini. Pemerintah Kabupaten Pangkep, khususnya Pemerintah Kelurahan Biraeng, Kecamatan Minasatene, atas dukungan penuh, izin, dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan observasi dan wawancara lapangan. Tokoh Masyarakat, Kelompok Pengelola Air, dan seluruh Warga Kelurahan Biraeng atas partisipasi aktif, keterbukaan, dan berbagi informasi serta pengalaman yang sangat berharga. Kerjasama dan semangat adaptasi yang ditunjukkan oleh masyarakat menjadi inti dari keberhasilan program pemberdayaan ini. Lembaga Pengabdian dan pihak lain yang telah memberikan dukungan dana, fasilitas, maupun kajian ilmiah sehingga pengabdian ini dapat terselesaikan dengan baik.

### E. DAFTAR PUSTAKA

- Aryanto, A.E.P., Herbowo, A.C.F., Aftsari, A.I., Maharani, M.P., Worokinkkin, S.P.D.A., & Setyawan, A.D. (2024). Water resource sustainability in the coastal-karst area of Paranggupito Sub-district, Wonogiri, Indonesia. *Indo Pac J Ocean Life*, 8(2), 94–100.
- Al Hazar, B., Zulfi Al’Ghani, M., & Bohari, N. A., Handayani F(2026). Pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan air dan ketahanan pangan di kawasan karst Kelurahan Biraeng Kabupaten Pangkep. *JPM (Jurnal Pemberdayaan Masyarakat)*, 10(2), 379-387.
- Cahyadi, A. (2022). Karakteristik Hidrogeokimia dan Kualitas Air pada Mata Air Karst Selonjono Karst Gunungsewu Daerah Istimewa Yogyakarta. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu Dan Pendidikan Geografi*, 6(2), 175–185.
- Day, J.J., & Whitten, T. (2006). *The karst landscapes of Indonesia*. The Nature Conservancy, Indonesia Program, Jakarta.
- Fatinaware, A., Fauzi, A., & Hadi, S. (2019). Kebijakan Pengelolaan Ruang dan Keberlanjutan Kawasan Karst Maros Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan. *Journal of Agriculture, Resource and Environmental Economics*, 2(1), 26-37.
- Heryanto. (2020). Komunitas Keong di Goa Karst Maros dan Pangkep Sulawesi Selatan. *Journal of Biogeography*, 16(2), 195–203.
- Hindersah, R., Kurniati, N., Sukarsa, D. E., Rustam, & Kuswaryan, S. (2020). Produksi tanaman pangan berkelanjutan di kawasan karst Parigi, Pangandaran, Jawa Barat: studi

- pendahuluan. *Jurnal Perspektif Pembiayaan dan Pembangunan Daerah*, 8(1), 41–50.
- Mulyadi, Y. (2016). Kajian keterawatan lukisan gua prasejarah di kawasan karst Maros Pangkep Sulawesi Selatan. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya*, 10(1), 15-27.
- Priyono, P., Cholil, M., Jauhari, A., & Umam, C. (2019,). Pemberdayaan Masyarakat Dalam Pengelolaan Sumber Daya Air Sungai Bawah Tanah Di Kawasan Karst Untuk Menyelesaikan Kekeringan di Kabupaten Wonogiri Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Mipa Dan Teknologi Ii* (Vol. 1, No. 1, pp. 192-201).
- Stevanović, Z., & Stevanović, A. M. (2021). Monitoring as the Key Factor for Sustainable Use and Protection of Groundwater in Karst Environments An Overview. *Sustainability*, 13(10), 5468.
- Sumarga, E., Willemen, L., Rosleine, D., Fitria, F. S., Agatha, K., & Sinaga, N. (2024). Water Provision Benefits from Karst Ecosystems: An Example for Watuputih Groundwater Basin, North Kendeng Mountain, Indonesia. *Environmental and Sustainability Indicators*, 24, 100518.