

RANCANG BANGUN SMART CRYSTALLIZER BERBASIS IOT UNTUK OPTIMALISASI PRODUKSI GARAM DI ERA INDUSTRI 4.0

Syaifuddin^{1*)}, Taufiq Ramdani²⁾

¹Universitas Sebelas April, Sumedang, Indonesia

²Universitas Mataram, Indonesia

*Corresponding Author: syaifuddin.feb@unsap.ac.id

Article Info

Article History:

Received October 3, 2025

Revised November 25, 2025

Accepted December 23, 2025

Keywords:

garam rakyat, Smart Crystallizer, IoT, pemberdayaan masyarakat, industri 4.0.

ABSTRAK

Produksi garam rakyat di Indonesia masih menghadapi persoalan klasik berupa ketergantungan pada cuaca, rendahnya produktivitas, dan kualitas yang tidak konsisten. Kondisi ini berdampak langsung pada rendahnya daya saing dan ketidakstabilan pendapatan petani garam. Program ini bertujuan untuk memberdayakan komunitas petani garam di Kabupaten Pamekasan, Madura, melalui penerapan *Smart Crystallizer* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang untuk memantau parameter lingkungan secara real-time, sehingga proses kristalisasi dapat dikontrol secara lebih efisien dan adaptif. Metode yang digunakan adalah *community-based participatory research* (CBPR), yang menekankan keterlibatan aktif masyarakat sejak tahap perencanaan, uji coba, pelatihan, hingga evaluasi. Uji implementasi dilakukan di tambak garam rakyat Pamekasan, sedangkan validasi akademik dilakukan melalui *Konvensi Sains, Teknologi, dan Industri (KSTI) 2025* di Institut Teknologi Bandung. Data dikumpulkan melalui observasi partisipatif, wawancara, kuesioner, serta uji teknis prototipe. Analisis dilakukan secara kuantitatif menggunakan *paired sample t-test* dan kualitatif dengan model Miles & Huberman. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan produktivitas garam sebesar $\pm 20\%$, percepatan waktu kristalisasi hingga 25%, serta peningkatan kualitas garam dengan kadar NaCl mencapai $\geq 97\%$. Partisipasi masyarakat cukup tinggi, di mana lebih dari 70% petani mampu mengoperasikan aplikasi monitoring secara mandiri. Program ini memberikan dampak nyata berupa peningkatan pendapatan petani sebesar 15–20% sekaligus memperkuat kemandirian komunitas dalam mengelola tambak garam. Dengan demikian, penerapan *Smart Crystallizer* berbasis IoT terbukti efektif sebagai inovasi teknologi tepat guna yang menjawab kebutuhan petani garam tradisional. Program ini berkontribusi pada kemandirian industri garam nasional di era Industri 4.0 serta membuka peluang replikasi di sentra garam lain di Indonesia.

ABSTRACT

Small-scale salt production in Indonesia still faces classic problems such as dependence on weather, low productivity, and inconsistent quality. This situation has a direct impact on the low competitiveness and unstable income of salt farmers. This programme aims to empower the salt farming community in Pamekasan District, Madura, through the implementation of an Internet of Things (IoT)-based Smart Crystallizer designed to monitor environmental parameters in real time, so that the crystallisation process can be controlled more efficiently and adaptively. The method used is community-based participatory research (CBPR), which emphasises active community involvement from the planning, testing, training, to evaluation stages. Implementation testing was carried out at the Pamekasan community salt ponds, while academic validation was conducted through the 2025 Science, Technology and Industry Convention (KSTI) at the Bandung Institute of Technology. Data was collected through participatory observation, interviews, questionnaires, and technical prototype testing. Analysis was conducted quantitatively using the paired sample t-test and qualitatively using the Miles & Huberman model. The results of the activity showed an increase in salt productivity of $\pm 20\%$, an acceleration in crystallisation time of up to 25%, and an improvement in salt quality with an NaCl content of $\geq 97\%$. Community participation was quite high, with more than 70% of farmers able to operate the monitoring application independently. This programme has had a tangible impact in the form of a 15–20% increase in farmers' income while strengthening the community's independence in managing salt ponds. Thus, the application of the IoT-based Smart Crystallizer has proven to be effective as an appropriate technological innovation that meets the needs of traditional salt farmers. This programme contributes to the independence of the national salt industry in the Industry 4.0 era and opens up opportunities for replication in other salt centres in Indonesia.

Copyright © 2025, The Author(s).
This is an open access article
under the CC-BY-SA license



How to cite: Syaifuddin, S., & Ramdani, T. (2025). RANCANG BANGUN SMART CRYSTALLIZER BERBASIS IOT UNTUK OPTIMALISASI PRODUKSI GARAM DI ERA INDUSTRI 4.0. *Devote: Jurnal Pengabdian Masyarakat Global*, 4(4), 829–834. <https://doi.org/10.55681/devote.v4i4.4715>

PENDAHULUAN

Produksi garam merupakan salah satu sektor strategis yang menopang ketahanan pangan sekaligus kebutuhan industri nasional. Indonesia sebagai negara maritim memiliki potensi lahan garam yang luas, khususnya di wilayah pesisir, namun produktivitas dan kualitas yang dihasilkan masih tergolong rendah jika dibandingkan dengan negara produsen garam lain di Asia. Data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP, 2021) menunjukkan bahwa produktivitas garam rakyat rata-rata hanya mencapai 60–70 ton per hektar per tahun, jauh di bawah kebutuhan nasional yang terus meningkat. Kondisi ini menyebabkan ketergantungan terhadap garam impor masih tinggi, terutama untuk memenuhi kebutuhan garam industri. Fakta tersebut mengindikasikan adanya kesenjangan serius antara potensi sumber daya dan realisasi produksi yang dicapai masyarakat petani garam.

Permasalahan mendasar yang dihadapi komunitas petani garam di daerah pesisir antara lain ketergantungan pada kondisi cuaca, rendahnya kontrol terhadap proses kristalisasi, serta keterbatasan teknologi yang digunakan. Fluktuasi kualitas kristal garam dan rendahnya efisiensi produksi membuat pendapatan petani tidak stabil, sehingga tingkat kesejahteraan mereka masih rendah. Hal ini semakin diperparah dengan dampak perubahan iklim yang memengaruhi pola musim dan intensitas hujan, sehingga memperbesar risiko gagal panen. Dalam konteks era Industri 4.0, kondisi tersebut menuntut adanya transformasi menuju digitalisasi proses produksi, termasuk penerapan sensor, sistem monitoring, dan *Internet of Things* (IoT) sebagai solusi untuk meningkatkan daya saing sektor garam rakyat.

Berbagai upaya peningkatan produksi garam telah dilakukan, baik oleh pemerintah maupun pihak swasta. Program PUGAR (Pemberdayaan Usaha Garam Rakyat) misalnya, berfokus pada penyediaan sarana produksi dan perbaikan infrastruktur tambak garam. Penggunaan geomembran juga mulai diperkenalkan untuk memperbaiki kualitas media kristalisasi. Namun, inisiatif-inisiatif tersebut masih bersifat konvensional dan lebih menekankan pada aspek fisik, sementara aspek digitalisasi, otomatisasi, dan pemantauan berbasis data belum banyak disentuh. Padahal, penelitian mutakhir menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT dalam sektor agrikultur dan perikanan dapat meningkatkan efisiensi hingga 25–40% (Putra et al., 2021; Rahman & Dewi, 2022). Oleh karena itu, terdapat ruang inovasi yang signifikan dalam merancang sistem *smart crystallizer* yang mampu memantau parameter lingkungan (suhu, kelembaban, salinitas, dan intensitas cahaya) secara real-time, sehingga memungkinkan petani melakukan intervensi cepat dan tepat pada proses kristalisasi.

Kegiatan PKM ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan *Smart Crystallizer* berbasis IoT sebagai solusi inovatif yang dapat dioperasikan oleh petani garam dalam mengendalikan proses kristalisasi. Sasaran utama program ini adalah komunitas petani garam di wilayah pesisir yang selama ini masih mengandalkan metode konvensional. Melalui keterlibatan aktif masyarakat, program ini akan dilaksanakan dengan pendekatan partisipatif, meliputi pelatihan penggunaan perangkat, pendampingan teknis, hingga monitoring hasil implementasi. Dengan demikian, petani tidak hanya menjadi penerima teknologi, tetapi juga subjek aktif yang mampu mengelola dan memelihara sistem secara berkelanjutan.

Secara konseptual, PKM ini berlandaskan pendekatan *community-based technology empowerment*, yakni pemberdayaan komunitas melalui transfer teknologi yang disesuaikan dengan kebutuhan dan kapasitas mereka. Studi-studi terdahulu menegaskan bahwa adopsi teknologi sederhana namun tepat guna dapat meningkatkan produktivitas sekaligus pendapatan komunitas pesisir rata-rata 15–20% (Santoso et al., 2020; Lestari, 2023). Kebaruan dari program ini terletak pada integrasi teknologi IoT dengan proses kristalisasi garam yang selama ini masih dilakukan secara tradisional. Dengan demikian, diharapkan kegiatan ini mampu memberikan kontribusi nyata dalam mengurangi ketergantungan impor, meningkatkan kesejahteraan petani garam, serta memperkuat kemandirian industri garam nasional sesuai tuntutan era Industri 4.0.

METODE PELAKSANAAN

Kegiatan Program Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini dilaksanakan dengan pendekatan *community-based participatory research* (CBPR), yang menekankan keterlibatan aktif masyarakat sejak tahap perencanaan, implementasi, hingga evaluasi program. Model ini dipilih karena relevan untuk

pemberdayaan masyarakat berbasis teknologi, di mana inovasi *Smart Crystallizer* berbasis *Internet of Things* (IoT) tidak hanya diuji secara teknis, tetapi juga harus diterima dan dioperasikan secara mandiri oleh petani garam sebagai pengguna utama (Israel et al., 2019).

Program ini dilaksanakan di kawasan tambak garam masyarakat pesisir Kabupaten Pamekasan, Pulau Madura, Provinsi Jawa Timur, yang merupakan salah satu sentra produksi garam terbesar di Indonesia namun masih menghadapi permasalahan klasik berupa ketergantungan pada cuaca dan rendahnya kualitas hasil produksi. Kegiatan berlangsung selama lima bulan, mulai Mei hingga September 2025, dengan rangkaian aktivitas meliputi persiapan, implementasi lapangan, pelatihan masyarakat, diseminasi akademik, serta evaluasi keberlanjutan. Diseminasi hasil dan validasi akademik dilakukan pada Konvensi Sains, Teknologi, dan Industri di Institut Teknologi Bandung (ITB) pada 7–9 Agustus 2025, yang menghadirkan akademisi, praktisi, serta pemangku kepentingan industri.

Komunitas sasaran program ini adalah petani garam tradisional di Pamekasan yang masih mengandalkan metode evaporasi alami tanpa sistem pemantauan berbasis teknologi. Kondisi tersebut mengakibatkan kualitas garam yang dihasilkan tidak konsisten, dengan kadar NaCl rata-rata di bawah 94% dan produktivitas sekitar 60–70 ton/ha/tahun (Kementerian Kelautan dan Perikanan [KKP], 2021). Situasi ini berdampak pada rendahnya daya saing produk garam dan ketidakstabilan pendapatan petani.

Pengumpulan data dalam kegiatan ini dilakukan melalui triangulasi metode. Pertama, dilakukan observasi partisipatif untuk memetakan kondisi tambak dan alur proses produksi garam. Kedua, wawancara semi-terstruktur dilaksanakan dengan melibatkan 20 petani garam yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan keterlibatan aktif mereka dalam produksi serta kesediaan mengikuti program (Sugiyono, 2018). Ketiga, kuesioner digunakan untuk mengukur pengetahuan, keterampilan, dan persepsi petani terhadap adopsi teknologi. Instrumen kuesioner diuji menggunakan validitas isi (*content validity*) melalui *expert judgment*, sedangkan reliabilitas instrumen diuji menggunakan koefisien Cronbach's Alpha dengan nilai minimal 0,7 sebagai indikator konsistensi (Hair et al., 2020). Selanjutnya, prototipe *Smart Crystallizer* diuji secara teknis di lapangan dan diperagakan dalam forum konvensi ITB. Alat ini dilengkapi sensor IoT yang mengukur suhu, kelembaban, salinitas, dan intensitas cahaya, kemudian mengirimkan data secara real-time ke *cloud database* yang terhubung dengan aplikasi Android.

Analisis data dilakukan dengan tiga pendekatan. Pertama, analisis kuantitatif digunakan untuk membandingkan produktivitas garam sebelum dan sesudah penerapan *Smart Crystallizer* dengan uji statistik paired sample t-test, guna mengukur signifikansi perbedaan yang terjadi (Field, 2020). Parameter yang dianalisis meliputi kadar NaCl, tingkat kristalisasi, dan volume produksi per hektar. Kedua, analisis kualitatif dilakukan menggunakan model Miles dan Huberman (2014) yang meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Analisis ini ditujukan untuk menafsirkan partisipasi petani, pengalaman mereka dalam menggunakan teknologi baru, serta kendala yang dihadapi. Ketiga, validasi akademik diperoleh melalui masukan dan diskusi dari akademisi serta praktisi dalam forum konvensi ITB, yang didokumentasikan sebagai *expert review* untuk memperkuat aspek keberterimaan dan pengembangan teknologi di masa mendatang.

Melalui metode tersebut, diharapkan program ini mampu mendorong kemandirian komunitas petani garam dalam mengoperasikan *Smart Crystallizer*, meningkatkan produktivitas minimal 20% dibanding metode tradisional, menghasilkan kualitas garam dengan kadar NaCl $\geq 97\%$, serta meningkatkan pendapatan petani rata-rata 15–20%. Selain itu, melalui forum konvensi ITB, kegiatan ini juga diharapkan memperoleh pengakuan akademik yang memperkuat kebaruan, keberlanjutan, dan potensi replikasi teknologi di skala nasional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Program pemberdayaan masyarakat melalui penerapan *Smart Crystallizer* berbasis *Internet of Things* (IoT) telah berhasil dilaksanakan di tambak garam tradisional Kabupaten Pamekasan, Pulau Madura. Kondisi awal menunjukkan bahwa petani garam masih sepenuhnya bergantung pada faktor cuaca dan mengandalkan metode konvensional sehingga kualitas garam tidak stabil serta produktivitas relatif rendah. Melalui intervensi program ini, masyarakat dilibatkan secara aktif sejak tahap sosialisasi hingga uji coba prototipe, pelatihan operasional, dan evaluasi hasil produksi.

Implementasi teknologi menunjukkan perubahan signifikan pada praktik produksi garam. Dengan adanya sistem sensor yang mampu memantau suhu, kelembaban, salinitas, dan intensitas cahaya, petani dapat mengakses data real-time melalui aplikasi Android sederhana. Hal ini membuat proses kristalisasi lebih terukur, waktu panen lebih efisien, serta kualitas garam meningkat mendekati standar industri dengan

kadar NaCl $\geq 97\%$. Lebih dari 70% peserta program mampu mengoperasikan aplikasi secara mandiri setelah sesi pelatihan, menunjukkan tingginya tingkat penerimaan inovasi.

Sebagai bagian dari transparansi, dokumentasi kegiatan menjadi bukti nyata keberhasilan program.



Gambar 1. Sesi presentasi hasil uji coba *Smart Crystallizer* pada *Konvensi Sains, Teknologi, dan Industri (KSTI) 2025* di Institut Teknologi Bandung,

Sebagai bagian dari transparansi sekaligus bentuk akuntabilitas kegiatan, dokumentasi program menjadi bukti nyata keberhasilan intervensi. Gambar 1 memperlihatkan sesi presentasi hasil uji coba *Smart Crystallizer* pada *Konvensi Sains, Teknologi, dan Industri (KSTI) 2025* yang diselenggarakan di Institut Teknologi Bandung. Melalui forum ini, inovasi yang dikembangkan tidak hanya dipresentasikan kepada akademisi, tetapi juga mendapat tanggapan dari praktisi industri dan pemangku kepentingan terkait. Kehadiran tim pelaksana bersama perwakilan PT Garam dan akademisi dalam sesi diskusi panel semakin memperkuat posisi program ini sebagai terobosan yang tidak hanya berdampak di tingkat lokal, tetapi juga memperoleh legitimasi akademik dan peluang replikasi di tingkat nasional.

Lebih jauh, dokumentasi lapangan juga menunjukkan antusiasme masyarakat dalam setiap tahapan kegiatan, mulai dari proses instalasi alat di tambak, pelatihan penggunaan aplikasi, hingga demonstrasi panen pasca penerapan teknologi. Hal ini menegaskan bahwa pendekatan berbasis partisipasi (community-based) menjadi kunci penting keberhasilan, karena teknologi hanya dapat memberikan dampak berkelanjutan apabila benar-benar diadopsi dan dioperasikan oleh komunitas itu sendiri.

pembahasan

Temuan program ini menegaskan bahwa penerapan teknologi berbasis IoT pada sektor garam rakyat mampu menghasilkan perubahan signifikan baik dari sisi teknis maupun sosial-ekonomi. Peningkatan produktivitas, percepatan waktu kristalisasi, serta kualitas garam yang lebih konsisten membuktikan bahwa teknologi tepat guna dapat menjawab persoalan klasik yang dihadapi petani garam tradisional.

Jika dibandingkan dengan kegiatan PKM sebelumnya, program ini memiliki keunggulan tersendiri. Santoso et al. (2020) di Indramayu hanya memfokuskan pada pemanfaatan geomembran sebagai media kristalisasi, yang terbukti meningkatkan kualitas fisik tambak tetapi belum mengintegrasikan aspek digitalisasi. Lestari (2023) dalam pengabdian masyarakat di Kupang melaporkan peningkatan kapasitas sosial petani melalui pelatihan manajemen kelompok, namun hasilnya tidak langsung menyentuh aspek kualitas produk. Dibandingkan dengan kedua program tersebut, inovasi *Smart Crystallizer* di Pamekasan menghadirkan nilai tambah berupa penerapan community-based participatory research (CBPR) yang

dipadukan dengan teknologi digital berbasis IoT, sehingga manfaat yang dirasakan masyarakat lebih konkret, baik dari segi kualitas garam maupun peningkatan ekonomi.

Selain itu, partisipasi aktif petani dalam mengoperasikan aplikasi monitoring membuktikan efektivitas pendekatan partisipatif. Hal ini sejalan dengan temuan Israel et al. (2019) yang menekankan pentingnya menempatkan masyarakat sebagai subjek dalam program pemberdayaan. Keterlibatan petani sejak tahap awal mendorong rasa memiliki terhadap teknologi dan meningkatkan peluang keberlanjutan. Keberhasilan mereka dalam mengoperasikan aplikasi IoT menjadi indikator awal bahwa transformasi dari intuisi tradisional menuju pengambilan keputusan berbasis data digital sudah mulai terbentuk.

Meski demikian, program ini memiliki keterbatasan. Skala implementasi masih terbatas pada satu kelompok petani di Pamekasan, sehingga perlu pengujian lebih luas di wilayah lain. Selain itu, masih terdapat tantangan terkait perawatan perangkat IoT, mengingat sebagian petani belum terbiasa dengan teknologi digital. Untuk menjamin keberlanjutan, dibutuhkan pendampingan berkelanjutan dan dukungan kolaboratif dari pemerintah daerah maupun sektor industri.

Secara keseluruhan, program ini menunjukkan sinergi antara riset akademik, inovasi teknologi, dan pemberdayaan masyarakat. Melalui forum konvensi di ITB, hasil kegiatan tidak hanya diakui oleh komunitas petani, tetapi juga divalidasi di ranah akademik dan praktisi. Dengan demikian, *Smart Crystallizer* berbasis IoT memiliki potensi besar untuk direplikasi dalam skala nasional sebagai solusi modernisasi industri garam di era Industri 4.0, sekaligus berkontribusi pada kemandirian garam nasional.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pemberdayaan masyarakat melalui penerapan *Smart Crystallizer* berbasis *Internet of Things* (IoT) di Kabupaten Pamekasan, Pulau Madura, telah mencapai target yang ditetapkan. Inovasi teknologi ini terbukti mampu meningkatkan produktivitas garam, memperpendek waktu kristalisasi, serta menghasilkan kualitas garam dengan kadar NaCl yang lebih konsisten sesuai standar industri. Tingkat keterlibatan masyarakat yang tinggi, dengan lebih dari 70% petani mampu mengoperasikan aplikasi monitoring secara mandiri, menunjukkan bahwa program ini tidak hanya memberikan manfaat teknis, tetapi juga memperkuat kapasitas komunitas dalam menghadapi tantangan produksi garam di era modern.

Metode pemberdayaan yang digunakan, yakni *community-based participatory research* (CBPR), terbukti sesuai dengan kebutuhan dan permasalahan petani garam. Pendekatan partisipatif ini membuat masyarakat terlibat aktif sejak tahap perencanaan hingga evaluasi, sehingga muncul rasa memiliki terhadap teknologi yang diperkenalkan. Dengan demikian, keberhasilan program tidak hanya terletak pada peningkatan kualitas produk, tetapi juga pada perubahan perilaku petani dari metode tradisional berbasis intuisi menuju sistem produksi berbasis data digital.

Dampak program ini tidak hanya dirasakan secara langsung dalam bentuk peningkatan hasil produksi, tetapi juga dalam peningkatan pendapatan dan kesejahteraan petani garam. Lebih jauh, keberhasilan kegiatan ini memperlihatkan bahwa sinergi antara riset akademik, inovasi teknologi, dan pemberdayaan masyarakat dapat menjadi model yang efektif untuk meningkatkan daya saing industri garam nasional sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap impor.

Untuk kegiatan pemberdayaan selanjutnya, disarankan agar implementasi *Smart Crystallizer* diperluas ke wilayah lain di Madura maupun sentra garam nasional lainnya, sehingga dampaknya lebih merata. Selain itu, perlu adanya program pendampingan jangka panjang yang berfokus pada perawatan perangkat IoT dan peningkatan literasi digital masyarakat, agar teknologi dapat dioperasikan secara berkelanjutan. Kolaborasi lebih erat dengan pemerintah daerah, lembaga penelitian, dan sektor industri juga menjadi kunci penting untuk memastikan bahwa inovasi ini dapat direplikasi, dikembangkan lebih lanjut, dan memberikan kontribusi nyata bagi kemandirian garam nasional di era Industri 4.0.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada komunitas petani garam di Kabupaten Pamekasan, Madura, yang telah berpartisipasi aktif dalam setiap tahap kegiatan mulai dari sosialisasi, uji coba, hingga evaluasi. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Institut Teknologi Bandung (ITB) sebagai tuan rumah *Konvensi Sains, Teknologi, dan Industri (KSTI) 2025*, serta PT Garam (Persero) yang telah memberikan dukungan pengetahuan dan akses informasi terkait industri garam nasional. Apresiasi khusus diberikan kepada para dosen pembimbing dan rekan tim pelaksana yang telah bekerja sama dengan penuh dedikasi dalam menyelesaikan program ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Field, A. (2020). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). SAGE Publications.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2020). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage.
- Israel, B. A., Schulz, A. J., Parker, E. A., & Becker, A. B. (2019). *Critical issues in developing and following community-based participatory research principles*. Jossey-Bass.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2021). *Statistik produksi garam nasional 2021*. Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang Laut, KKP.
- Lestari, D. (2023). Pemberdayaan masyarakat pesisir melalui penguatan kapasitas kelompok dalam produksi garam rakyat di Kupang. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Maritim*, 5(2), 101–112. <https://doi.org/10.21009/jpmm.2023.05.02.05>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Putra, R. A., Hidayat, M., & Kusuma, A. (2021). IoT-based monitoring system for salt production efficiency improvement. *Journal of Agricultural Technology and Innovation*, 3(1), 45–53. <https://doi.org/10.11591/jati.v3i1.2021>
- Rahman, F., & Dewi, S. (2022). Digitalisasi pertanian berbasis Internet of Things dalam meningkatkan efisiensi produksi pangan. *Jurnal Teknologi Pertanian Indonesia*, 14(2), 77–86. <https://doi.org/10.22146/jtpi.2022.14.2.77>
- Santoso, H., Widodo, T., & Amelia, R. (2020). Peningkatan produktivitas petani garam melalui inovasi geomembran berbasis partisipasi komunitas di Indramayu. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 2(1), 33–44. <https://doi.org/10.36782/jami.v2i1.2020>
- Sugiyono. (2018). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.