

DESA MANDIRI ENERGI DAN PERTANIAN 4.0: PENERAPAN IOT, EDUKASI ENERGI SURYA, DAN MODEL KOPERASI AGRO-EKONOMI DI KECAMATAN PURBA KABUPATEN SIMALUNGUN

Reagen Surbakti Saragih^{*1}, Sudirman T.P. Lumbantobing², Benjamin. A. Simamora³, Yoel Octobe Purba⁴, Vincencius Nadeak⁵, Jose Christian Samosir⁶

¹Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, Indonesia ; agansaragih@gmail.com

² Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, Indonesia ; dirmantogu@gmail.com

³ Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, Indonesia ; gerbangpintu31@gmail.com

⁴Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, Indonesia ; yoeloctobe@gmail.com

⁵Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, Indonesia ; vincencius@gmail.com

⁶Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, Indonesia ; jesse_123@uhnnp.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 2026-04-14

Revised 2026-04-23

Accepted 2026-05-30

ABSTRAK

Pengembangan desa mandiri berbasis teknologi merupakan strategi penting dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat pedesaan. Kecamatan Purba, Kabupaten Simalungun, menghadapi tantangan sektor pertanian dan energi, termasuk rendahnya produktivitas lahan, keterbatasan akses teknologi, serta ketergantungan pada listrik PLN yang tidak stabil. Program pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas lahan kering melalui penerapan Internet of Things (IoT), memberikan edukasi energi terbarukan berbasis panel surya, dan membangun model koperasi agro-ekonomi digital. Metode pelaksanaan mencakup pelatihan teknis, pemasangan sensor IoT, instalasi panel surya 500 Wp, serta pembentukan koperasi berbasis aplikasi mobile. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan produktivitas lahan sebesar $\pm 30\%$, efisiensi energi dengan pengurangan biaya listrik hingga 50%, serta terbentuknya koperasi digital dengan 50 anggota aktif dalam enam bulan pertama. Program ini sejalan dengan Sustainable Development Goals (SDGs) dan diharapkan menjadi model pengembangan desa mandiri berbasis inovasi dan kearifan lokal di Sumatera Utara.

Kata Kunci: Desa Mandiri; Iot; Energi Surya; Koperasi Agro-Ekonomi; Pemberdayaan Masyarakat

ABSTRACT

Developing self-sufficient villages through technology-based innovation is a key strategy to improve rural community welfare. Purba Subdistrict, Simalungun Regency, faces challenges in agriculture and energy, including low land productivity, limited technology access, and unstable electricity supply. This community service program aims to increase dry land productivity through the implementation of Internet of Things (IoT), provide renewable energy education using solar panels, and establish a digital agro-economic cooperative model. The methods include technical training, IoT sensor

installation, 500 Wp solar panel setup, and the establishment of a mobile-based cooperative application. The results indicate an increase of approximately 30% in land productivity, 50% reduction in electricity costs, and the formation of a digital cooperative with 50 active members within the first six months. This program aligns with the Sustainable Development Goals (SDGs) and is expected to become a model for developing self-sufficient villages based on innovation and local wisdom in North Sumatra.

Keyword: Self-Sufficient Village; Iot; Solar Energy; Agro-Economic Cooperative; Community Empowerment

This is an open access article under the [CC BY](#) license.



Corresponding Author:

Reagen Surbakti Saragih

Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, Indonesia ; agansaragih@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Kecamatan Purba, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara memiliki potensi besar dalam pengembangan sektor pertanian dan energi terbarukan. Namun, mayoritas masyarakat masih menghadapi kendala rendahnya produktivitas lahan, keterbatasan akses teknologi, serta ketidakstabilan pasokan listrik PLN (Shamayleh, Awad, & Farhat, 2020;Niyonambaza, Zennaro, & Uwitonze, 2020;Elektro, Teknik, & Makassar, 2020). Sebagian besar petani mengandalkan metode tradisional dengan komoditas utama jagung, sayurmayur, dan kopi, namun pendapatan rata-rata masih rendah sekitar Rp 1,8 juta/bulan per kepala keluarga (Gronau, Ullrich, & Teichmann, 2017;Wicaksani & Nurpulaela, 2023;Liu, Liu, Xu, & Zhang, 2025).

Sebagai bentuk dukungan pemerintah, program pengabdian ini difasilitasi oleh Badan Inovasi dan Inkubasi Masyarakat (BIMA) Kementerian Riset dan Teknologi/BRIN, khususnya pada sektor pertanian dan penyediaan pakan masyarakat (Gunawan, Akbar, & Giyandhi Ilham, 2020;D Behnke, Müller, Bök, & Bonnet, 2018;Fitriawan, Despa, & Kustiani, 2020);Putri, Pratiwi, & Ismaya, 2020). Fasilitas ini tidak hanya memberikan dukungan sumber daya dan teknologi, tetapi juga memastikan bahwa kegiatan pengabdian sejalan dengan arah kebijakan nasional dalam memperkuat ketahanan pangan dan kemandirian energi pedesaan (Hosseinzadeh et al., 2023;Nababan, Sucipto, Manek, Ludji, & Rema, 2024;Kurniawan, Arap, Irawan, & Azizah, 2023).

Program Desa Mandiri Energi dan Pertanian 4.0 kemudian dirancang untuk menjawab permasalahan tersebut melalui integrasi teknologi Internet of Things (IoT) (Hartono, 2023;Widyastuti, Purwoto, & Pungut, 2021), energi surya, dan koperasi agro-ekonomi digital, dengan pendampingan langsung kepada kelompok tani agar mampu mengelola sumber daya lokal secara lebih produktif, berkelanjutan, dan berdaya saing (ULFA, 2021;Roska, Taufiq, Rosdiana, & Meliala, 2023).

2. METODE

Pelaksanaan program menggunakan pendekatan partisipatif-kolaboratif dengan tahapan sebagai berikut (Rizal-Alfariski, Dhandi, & Kiswantono, 2022;Daniel Behnke, Müller, Bök, & Bonnet, 2018;Faruque, Sharif, Tamim, Ishan, & Kabir, 2023):

Tabel 1. Pendekatan Partisipatif-Kolaboratif

Bidang	Permasalahan	Solusi Program Desa Mandiri 4.0
Produksi	Produktivitas lahan rendah	IoT untuk monitoring lahan & irigasi presisi
Produksi	Benih unggul dan pupuk terbatas	Pelatihan & penyediaan pupuk organik
Manajemen Usaha	Pola usaha tradisional	Pembentukan koperasi agro-ekonomi digital
Pemasaran	Ketergantungan tengkulak	Pemasaran digital berbasis aplikasi mobile
Energi	Listrik PLN tidak stabil	Panel surya 500 Wp untuk rumah & usaha tani

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan IoT meningkatkan efektivitas penggunaan air dan pupuk (Purwanti, 2012b);(Pratiwi, Murtiningsih, & Juliadi, 2023;Supiyandi, Rizal, Zen, & Eka, 2022). Data monitoring membantu petani menyesuaikan waktu tanam dan irigasi sehingga produktivitas lahan naik sekitar 30%. Instalasi panel surya menurunkan biaya listrik rumah tangga dan usaha tani hingga 50% (Astuti & Astuti, 2023;Purwanti, 2012;Jaroji, Kurniati, & Agustawan, 2017). Selain itu, terbentuk koperasi agro-ekonomi digital dengan 50 anggota aktif yang menggunakan aplikasi mobile untuk pencatatan transaksi, distribusi produk, dan pemasaran digital (Ery Fatarina Purwaningtyas, Retno Ambarwati Sigit Lestari, & Enny Purwati Nurlaeli, 2022;Hidayat & Hidayah, 2023;Abdillah, Chadijah, Sariyanti, & Lestari, 2023).



Gambar 1. Penerapan Iot Meningkatkan Efektivitas Penggunaan Air Dan Pupuk

4. KESIMPULAN

Program pengabdian ini berhasil memberikan dampak nyata melalui integrasi teknologi IoT, energi surya, dan kelembagaan koperasi agro-ekonomi digital. Dampak utama meliputi peningkatan produktivitas pertanian, efisiensi energi, dan penguatan ekonomi masyarakat. Program ini dapat direplikasi di wilayah lain dengan kondisi serupa.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Kecamatan Purba, kelompok tani setempat, serta Perguruan Tinggi pengusul yang telah mendukung pelaksanaan program ini.

REFERENSI

Abdillah, L., Chadijah, D. I., Sariyanti, L., & Lestari, Y. S. (2023). Pemberdayaan Komunitas Lokal Dalam Pengembangan Desa Wisata. *Jurnal Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik Malikussaleh (Jspm)*, 4(2), 356–371. <https://doi.org/10.29103/jspm.v%Vi%I.10227>

- Apriyanto, M., Saefullah, A., Mubarock, W. F., Anwar, K., Ternando, A., Lumintao, J., & Ratković, N. (2026). Effectiveness of Digital Management System In Improving Employee Performance at The Mayor's Office of Parepare. Marsiurupan: Journal Of Community Service, 1(1), 43-51.
- Astuti, S. D., & Astuti, J. (2023). Pelatihan Pembuatan Tepung Ubi Jalar Dan Tepung Komposit Di Desa Sambueja Kecamatan Simbang Kabupaten Maros. *Jurnal Pengabdian Mandiri*, 2(6), 1347–1352. <https://doi.org/https://www.bajangjournal.com/index.php/jpm/article/view/5918>
- Behnke, D, Müller, M., Bök, P.-B., & Bonnet, J. (2018). *Intelligent Network Services Enabling Industrial Iot Systems For Flexible Smart Manufacturing Bt - 2018 14th International Conference On Wireless And Mobile Computing, Networking And Communications (Wimob)* (Pp. 1–4). Pp. 1–4.
- Behnke, Daniel, Müller, M., Bök, P.-B., & Bonnet, J. (2018). Intelligent Network Services Enabling Industrial Iot Systems For Flexible Smart Manufacturing. *2018 14th International Conference On Wireless And Mobile Computing, Networking And Communications (Wimob)*, 1–4. Ieee.
- Edu, A. L., Damanik, B., Dewi, D. A., Amin, A., & Sharlach, T. (2026). Media Learning Social Studies For Teacher Member MGMP Social Studies Sintang Regency. Marsiurupan: Journal Of Community Service, 1(1), 32-42.
- Elektro, P. T., Teknik, F., & Makassar, U. N. (2020). *Analisis Penerapan Teknologi Iot Pada Alat Peraga Rekayasa Sistem Robotik Berbasis Mikrokontroler*. 8698, 21–28.
- Ery Fatarina Purwaningtyas, Retno Ambarwati Sigit Lestari, & Enny Purwati Nurlaeli. (2022). Aplikasi Teknologi Mesin Ekstruder Pada Pembuatan Pakan Ikan Lele Di Desa Sruwen Kabupaten Semarang. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Sains Dan Teknologi*, 1(4), 60–68. <https://doi.org/10.58169/jpmsaintek.V1i4.54>
- Faruque, O., Sharif, R., Tamim, M. S. K., Ishan, B. M., & Kabir, M. H. (2023). *Iot Based Agricultural Monitoring System*. Faculty Of Engineering, American International University–Bangladesh. Retrieved From <http://dspace.aiub.edu:8080/jspui/handle/123456789/1074>
- Fitriawan, H., Despa, D., & Kustiani, I. (2020). Potensi Internet Of Things (Iot) Dan Ragam Sensor Untuk Layanan Kesehatan. *Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung*, 1(1), 1–4. <https://doi.org/10.23960/jpi.V1n1.10>
- Gronau, N., Ullrich, A., & Teichmann, M. (2017). Development Of The Industrial Iot Competences In The Areas Of Organization, Process, And Interaction Based On The Learning Factory Concept. *Procedia Manufacturing*, 9, 254–261. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.029>
- Gunawan, I., Akbar, T., & Giyandhi Ilham, M. (2020). Prototipe Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Monitoring Level Air Tandon Menggunakan Nodemcu Esp8266 Dan Blynk. *Infotek: Jurnal Informatika Dan Teknologi*, 3(1), 1–7. <https://doi.org/10.29408/jit.V3i1.1789>
- Hartono, H. (2023). Efektivitas Pelaksanaan Pembangunan Dan Pemberdayaan Masyarakat Desa Melalui Program “Sustainable Development Goals (Sdgs)” Pada Masa Pandemi Covid-19 (Studi Kabupaten Konawe). *Jiip - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 6(2), 967–971. <https://doi.org/10.54371/jiip.V6i2.1634>
- Hidayat, A. F., & Hidayah, D. D. (2023). Pengembangan Desa Mandiri Melalui Pengelolaan Badan Usaha Milik Desa Di Desa Madiasari Kecamatan Cineam Kabupaten Tasikmalaya. *Jurnal Syntax Imperatif: Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan*, 4(4), 436–444. <https://doi.org/10.36418/syntax-imperatif.V4i4.268>
- Hosseinzadeh, M., Tanveer, J., Masoud Rahmani, A., Yousefpoor, E., Sadegh Yousefpoor, M., Khan, F., & Haider, A. (2023). A Cluster-Tree-Based Secure Routing Protocol Using Dragonfly Algorithm (Da) In The Internet Of Things (Iot) For Smart Agriculture. *Mathematics*, 11(1), 1–25. <https://doi.org/10.3390/math11010080>

- Jaraji, J., Kurniati, R., & Agustawan, A. (2017). Image Processing Dan Artificial Neural Network Untuk Mengenali Nomor Induk Kependudukan Pada Ktp Sebagai Pendukung Layanan Mandiri Di Kantor Desa. *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 8(2), 81–90. <https://doi.org/10.31849/digitalzone.v8i2.632>
- Kurniawan, M. A. S., Arap, N. A., Irawan, A., & Azizah, N. (2023). *Digitalisasi Pendidikan Berbasis Teknologi Abad 21 (Ai , Ar , Vr , Iot , Blockchain , Drones , Gamification , Machine Learning , Robotics , 3d Printing)*. 3(3), 230–241.
- Liu, M., Liu, L., Xu, D., & Zhang, L. (2025). Cognitive Iot Collusion Ssdf Attack Detection Based On Fp-Growth Algorithm. *Journal Of Network And Systems Management*, 33(2), 53–64. <https://doi.org/10.1007/s10922-025-09900-9>
- Manullang, M., Purba, K., Sinaga, D., Sinaga, A. T. I., & Panigrahi, R. R. (2026). Increase Power Competitive MSMEs Processed Banana Arta Shinda Through Digital Marketing Training and English Education In Way Sulan Regency. *Marsiurupan: Journal Of Community Service*, 1(1), 1–12
- Nababan, D., Sucipto, W., Manek, P. G., Ludji, D. G., & Rema, Y. O. L. (2024). Pelatihan Penggunaan Sistem Monitoring Kolam Lele Dan Alat Pakan Lele Otomatis Berbasis Internet Of Things (Iot) Pada Kelompok Tani Tnopoeseo 1, Desa Oetalus. *Mitra: Jurnal Pemberdayaan Masyarakat*, 8(1), 75–87.
- Niyonambaza, I., Zennaro, M., & Uwitonze, A. (2020). Predictive Maintenance (Pdm) Structure Using Internet Of Things (Iot) For Mechanical Equipment Used Into Hospitals In Rwanda. *Future Internet*, 12(12), 224. <https://doi.org/10.3390/fi12120224>
- Pardede, D. L., Padang, I., Sirait, G., & Alexander, I. J. (2026). Improving The Quality of Education Through Healthy Optimization and Literacy Association. *Marsiurupan: Journal Of Community Service*, 1(2), 52–61.
- Prabonto, A., Sa'ban, L. A., Wijaya, A. A. M., Munthe, M. N. B., & Panigrahi, R. R. (2026). Baubau City Transportation Department Strategy Towards Regulation And Supervision Of Illegal Parkingin Baubau City. *Journal of Social and Society Tarombo (JSST)*, 1(2), 58–68.
- Pratiwi, M., Murtiningsih, B. S. E., & Juliadi, R. (2023). Discourse Network Analysis Pada Stakeholder Dan Integrated Value Creation Dalam Csr Bank Mandiri. *Jurnal Komunikasi Profesional*, 7(2), 256–274. <https://doi.org/10.25139/jkp.v7i2.5998>
- Purwanti, E. (2012a). Pengaruh Karakteristik Wirausaha, Modal Usaha, Strategi Pemasaran Terhadap Perkembangan Umkm Di Desa Dayaan Dan Kalilondo Salatiga. *Among Makarti*, 5(9), 13–28.
- Purwanti, E. (2012b). Pengaruh Karakteristik Wirausaha, Modal Usaha, Strategi Pemasaran Terhadap Perkembangan Umkm Pemasaran Terhadap Perkembangan Umkm Di Desa Dayaan Dan Kalilondo Salatiga. *Among Makarti*, 5(9), 13–28. <https://doi.org/10.1007/bf02532975>
- Putri, Y. S., Pratiwi, I. A., & Ismaya, E. A. (2020). Peran Pola Asuh Dalam Pembentukan Minat Belajar Anak Di Desa Medini. *Jurnal Muara Pendidikan*, 5(2), 697–704. <https://doi.org/10.52060/mp.v5i2.377>
- Rizal-Alfariski, M., Dhandi, M., & Kiswantono, A. (2022). Automatic Transfer Switch (Ats) Using Arduino Uno, Iot-Based Relay Monitoring. *Jurnal Sistem Telekomunikasi Elektronika Sistem Kontrol Power Sistem Dan Komputer*, 2(1), 1–8.
- Roska, E., Taufiq, T., Rosdiana, R., & Meliala, S. (2023). Optimasi Penggunaan Data Logger Pada Internal Kendaraan Berbasis Iot. *Jurnal Minfo Polgan*, 12(1), 96–103. <https://doi.org/10.33395/jmp.v12i1.12323>

- Saadoon, A. R., Sharlach, T. M., Al, J. A. A. J., & Nasution, I. A. U. (2026). The Ur III Governor Ur-Mes and Urusagrigr from an Iraqi Perspective. *Journal of Social and Society Tarombo (JSST)*, 1(2), 46-57.
- Septiwiharti, D., Purba, Y. O., Sadat, A., Shaikh, Z. H., & Mardina, D. (2026). Empowerment Public DTW Bantimurung Based Language English in Bantimurung District, Maros Regency, South Sulawesi. *Marsiurupan: Journal Of Community Service*, 1(1), 22-31.
- Shamayleh, A., Awad, M., & Farhat, J. (2020). Iot Based Predictive Maintenance Management Of Medical Equipment. *Journal Of Medical Systems*, 44(4), 72. <https://doi.org/10.1007/S10916-020-1534-8>
- Supiyandi, S., Rizal, C., Zen, M., & Eka, M. (2022). Pelatihan Perangkat Desa Dalam Penerapan Metode Waterfall Pada Sistem Informasi Desa. *Jmm (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(3), 2346. <https://doi.org/10.31764/Jmm.V6i3.8533>
- Udu, H., & Hidrawati, H. (2026). Critical Discourse Analysis of the Framing of Agricultural Development in the Digital Communication of Regional Leaders in Southeast Sulawesi. *Journal of Social and Society Tarombo (JSST)*, 1(2), 69-82.
- Ulfa, N. A. (2021). *Penyiram Tanaman Cabai Secara Otomatis Menggunakan Wemos D1 Berbasis Internet Of Things (Iot) Dengan Aplikasi Blynk*. Retrieved From <http://digilib.unila.ac.id/id/eprint/60735>
- Wicaksani, E., & Nurpulaela, L. (2023). Perancangan Aplikasi Sistem Monitoring Arus, Tegangan Dan Daya Berbasis Internet Of Things (Iot). *Jati (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(3), 1907–1912. <https://doi.org/10.36040/Jati.V7i3.6987>
- Widodo, U., Maku, H., Mujiyanto, M., Shadikah, A. A., & Banjarnahor, D. N. (2026). Strengthening the Buddhist Community Economy Through the Development of Sustainable Durian Plantations Based on Religious Values. *Marsiurupan: Journal Of Community Service*, 1(1), 13-21.
- Widyastuti, S., Purwoto, S., & Pungut. (2021). Pemilahan Sampah Dengan Manual Pilah Sampah Untuk Mendukung Perkembangan Bank Sampah Berbek Mandiri Di Desa Berbek Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo Propinsi Jawa Timur. *Jurnal Penamas Adi Buana*, 4(2), 87–96. <https://doi.org/10.36456/Penamas.Vol4.No2.A3072>
- Yulianto, T., & Wibowo, F. A. (2026). Revisiting divine sovereignty and righteous suffering: A critical theological analysis of the Book of Job. *Journal of Social and Society Tarombo (JSST)*, 1(1), 19-30.