



Integrasi IoT dan Energi Terbarukan *untuk* Pertanian Cerdas

Irsan Taufik Ali | Yusnita Rahayu
Firdaus | Erna Dwi Astuti
Firma Sahrul Bahtiar | Riza Alfita
Rosida Vivin Nahari | Heni Susanti

INTEGRASI IOT

dan Energi Terbarukan

untuk Pertanian Cerdas

Oleh:

Irsan Taufik Ali, Yusnita Rahayu
Firdaus, Erna Dwi Astuti
Firma Sahrul Bahtiar, Riza Alfita
Rosida Vivin Nahari, Heni Susanti



PENERBIT KBM INDONESIA

Adalah penerbit dengan misi memudahkan proses penerbitan buku buku penulis di tanah air Indonesia. Serta menjadi media sharing proses penerbitan buku.

Integrasi IoT dan Energi Terbarukan untuk Pertanian Cerdas

*Copyright @2025 By Irsan Taufik Ali, dkk
All right reserved*

Penulis

Irsan Taufik Ali, Yusnita Rahayu
Firdaus, Erna Dwi Astuti
Firma Sahrul Bahtiar, Riza Alfita
Rosida Vivin Nahari, Heni Susanti

Desain Sampul

Aswan Kreatif

Tata Letak

Sofitahm

Editor

Dr. Muhamad Husein Maruapey, Drs., M.Sc.
Background isi buku di ambil dari <https://www.freepik.com/>

Official

Depok, Sleman-Jogjakarta (Kantor)
Penerbit Karya Bakti Makmur (KBM) Indonesia
Anggota IKAPI/No. IKAPI 279/JTI/2021
081357517526 (Tlpn/WA)

Website

<https://penerbitkbm.com>
www.penerbitbukumurah.com

Email

naskah@penerbitkbm.com

Distributor

<https://penerbitkbm.com/toko-buku/>

Youtube

Penerbit KBM Sastrabook

Instagram

[@penerbit.kbmindonesia](https://www.instagram.com/penerbit.kbmindonesia)
[@penerbitbukujogja](https://www.instagram.com/penerbitbukujogja)

ISBN: 978-634-202-733-2

Cetakan ke-1, September 2025
15,5 x 23 cm, vi + 188 halaman

Isi buku diluar tanggungjawab penerbit
Hak cipta merek KBM Indonesia sudah terdaftar di DJKI-Kemenkumham dan isi
buku dilindungi undang-undang.

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa seizin penerbit karena beresiko sengketa hukum

Sanksi Pelanggaran Pasal 113
Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

KATA PENGANTAR

Pertanian cerdas merupakan salah satu langkah penting dalam menghadapi tantangan ketahanan pangan global, perubahan iklim, dan kebutuhan untuk memaksimalkan penggunaan sumber daya secara berkelanjutan. Buku ini, **"Integrasi IoT dan Energi Terbarukan untuk Pertanian Cerdas"**, hadir untuk memberikan wawasan mendalam mengenai penerapan dua teknologi kunci *Internet of Things* (IoT) dan energi terbarukan dalam menciptakan sistem pertanian yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan mandiri. Melalui buku ini, kami berharap pembaca, baik yang berprofesi di bidang pertanian, teknologi, maupun energi terbarukan, dapat memperoleh pemahaman yang lebih dalam tentang potensi integrasi teknologi ini untuk menciptakan solusi pertanian yang lebih cerdas, berkelanjutan, dan siap menghadapi tantangan masa depan. Semoga buku ini menjadi sumber inspirasi dan pengetahuan bagi mereka yang ingin berkontribusi pada revolusi pertanian modern dan berkelanjutan.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak terutama LPPM Universitas Riau dan Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi yang telah berkontribusi dalam penulisan dan penyusunan buku ini, serta kepada para pembaca yang telah memberikan perhatian kepada topik yang sangat relevan dan penting ini. Semoga informasi yang disajikan dapat memberikan manfaat besar dan mendorong terwujudnya pertanian yang lebih cerdas, efisien, dan berkelanjutan di masa depan.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
BAB I KONSEP DASAR AQUAPONIK.....	1
1.1 Definisi dan Prinsip Kerja <i>Aquaponik</i>	1
1.2 Komponen Utama Sistem <i>Aquaponik</i>	5
1.3 Keuntungan dan Tantangan <i>Aquaponik</i>	11
BAB II PERAN TEKNOLOGI DALAM PERTANIAN MODERN.....	29
2.1 Revolusi Industri 4.0 di Sektor Pertanian	29
2.2 IoT (<i>Internet of Things</i>) dalam Pertanian.....	33
2.3 Energi Terbarukan untuk Keberlanjutan	36
BAB III DESAIN SISTEM AQUAPONIK.....	40
3.1 Jenis-jenis Sistem <i>Aquaponik</i>	40
3.2 Pemilihan Ikan dan Tanaman <i>Aquaponik</i>	43
3.3 Siklus Nutrien dalam <i>Aquaponik</i>	46
BAB IV PARAMETER KUALITAS AIR DALAM AQUAPONIK.....	49
4.1 Parameter Kualitas Air	49
4.2 Dampak Parameter Air terhadap Ikan dan Tanaman	52
4.3 Metode Konvensional Pemantauan dan Kontrol	54
BAB V KONSEP IoT UNTUK AQUAPONIK	59
5.1 Arsitektur Sistem IoT.....	59
5.2 Sensor-sensor yang Digunakan dalam <i>Aquaponik</i>	63
5.3 Aktuator untuk Kontrol Otomatis	66

BAB VI PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING DAN KONTROL	69
6.1 Pemilihan <i>Platform</i> Mikrokontroler	69
6.2 Protokol Komunikasi	72
6.3 Antarmuka Pengguna (Aplikasi Mobile, Web Dashboard).....	77
6.4 Penyimpanan Data dan Analisis	80
BAB VII IMPLEMENTASI KONTROL OTOMATIS.....	85
7.1 Logika Kontrol untuk Parameter Air	85
7.2 Sistem Peringatan (<i>Alert System</i>) via SMS/Email/Notifikasi	88
7.3 Sistem IoT <i>Aquaponik</i> Skala Rumah Tangga dan Komersial	92
BAB VIII SUMBER ENERGI TERBARUKAN.....	96
8.1 Energi Surya dan Panel Surya	96
8.2 Energi Angin (<i>Wind Energy</i>).....	99
8.3 Integrasi Sumber Energi Terbarukan	102
BAB IX DESAIN SISTEM TENAGA UNTUK AQUAPONIK	107
9.1 Kebutuhan Energi Sistem <i>Aquaponik</i>	107
9.2 Perhitungan Kebutuhan Panel Surya (Contoh kasus)	111
9.3 Sistem Penyimpanan Energi (Baterai) dan Manajemen Daya	114
BAB X SISTEM TERINTEGRASI AQUAPONIK BERKELANJUTAN	121
10.1 Rancangan Sistem Secara Keseluruhan	121
10.2 Prinsip Keberlanjutan dalam Aquaponik	122
10.3 Implementasi Teknologi.....	125

BAB XI STUDI KASUS DAN IMPLEMENTASI..... 129

11.1 Contoh Proyek Terkini..... 129

11.2 Analisis Ekonomi (Biaya Investasi, Penghematan, ROI) 134

11.3 Tantangan dan Solusi dalam Implementasi 139

BAB XII TREN MASA DEPAN AQUAPONIK..... 144

12.1 Kecerdasan Buatan (AI) dan Machine Learning untuk Prediksi..... 144

12.2 Robotika dalam Aquaponik..... 151

12.3 Perkembangan Sensor dan Teknologi Energi..... 157

BAB XIII TREN PENELITIAN BIDANG IOT DAN EBT UNTUK PERTANIAN..... 164

13.1 Penelitian Bidang IoT Untuk Pertanian 164

13.2 Inovasi EBT Untuk Pertanian 170

13.3 Perkembangan Nano Material Untuk Pertanian 174

13.4 Tren Penelitian *Aquaponik* 176

DAFTAR PUSTAKA 179

PROFIL PENULIS..... 185

DAFTAR PUSTAKA

- A. A. Channa et al., "Energy Optimisation in Aquaponics— Integrating Renewable Source and Water as Energy Storage," *Energy Science & Engineering*, 2025, doi: 10.1002/ese3.70038. Wiley Online LibraryUWE Bristol Research Repository
- A. Agrawal, P. Maganti, and R. R. Maiti, "Cyber Physical Aquaponic System (CyPhA): A CPS Testbed," arXiv:2304.05132, 2023. arXiv
- A. C. H. Austria, J. S. Fabros, K. R. G. Sumilang, J. Bernardino, and A. C. Doctor, "Development of IoT Smart Greenhouse System for Hydroponic Gardens," arXiv:2305.01189, 2023. arXiv
- A. K. Chowdhury, M. S. Dahnail, M. A. Rahman, and A. K. Ng, "Solar-Powered IoT-Based Smart Aquaponic System for Urban Farming," in *Proc. Int. Conf. on Artificial Life and Robotics (ICAROB)*, 2025, pp. 1–4.
- A. R. Yanes, P. Martinez, and R. Ahmad, "Digital Twinning of Hydroponic Grow Beds in Intelligent Aquaponic Systems," *Sensors*, vol. 22, no. 19, p. 7393, 2022, doi: 10.3390/s22197393. MDPI
- A. R. Yanes, P. Martinez, and R. Ahmad, "Towards Automated Aquaponics: A Review on Monitoring, IoT, and Smart Systems," *Journal of Cleaner Production*, vol. 263, p. 121571, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121571. Northumbria University Research Portal
- C. Lee and Y.-J. Wang, "Development of a Cloud-Based IoT Monitoring System for Fish Metabolism and Activity in Aquaponics," *Aquacultural Engineering*, vol. 90, p. 102067, 2020, doi: 10.1016/j.aquaeng.2020.102067.

- D. Karimanzira and T. Rauschenbach, "Enhancing Aquaponics Management with IoT-Based Predictive Analytics for Efficient Information Utilization," *Information Processing in Agriculture*, vol. 6, no. 3, pp. 375–385, 2019, doi: 10.1016/j.inpa.2018.12.003.
- D. Karimanzira and T. Rauschenbach, "Optimal Utilization of Renewable Energy in Aquaponic Systems," *Energy and Power Engineering*, vol. 10, no. 6, pp. 279–300, 2018, doi: 10.4236/epe.2018.106018.
- D. Karimanzira, T. Rauschenbach, and S. Goddek, "Dynamic Modeling of the INAPRO Aquaponic System," *Aquacultural Engineering*, vol. 75, 2016, doi: 10.1016/j.aquaeng.2016.01.002. ScienceDirect
- G. D. Mandap, R. P. Wenceslao, M. M. Bitoon, M. T. Dela Peña, and R. C. Jan Abello, "Aquaponics pH, Temperature and DO Monitoring and Control System via Raspberry Pi in a Smart City," in *Proc. TENCON 2018—2018 IEEE Region 10 Conf.*, Jeju, South Korea, 2018, doi: 10.1109/TENCON.2018.8650469. Archium Ateneo
- G. F. M. Baganz, S. Goddek, K. J. Keesman, and T. Willich, "The Aquaponic Principle—It Is All About Coupling," *Reviews in Aquaculture*, vol. 14, no. 4, pp. 1741–1767, 2022, doi: 10.1111/raq.12596. Wiley Online Library
- K. H. Dijkgraaf, S. K. Oduor, S. M. Githinji, and J. N. Njiru, "Modeling Innovative Aquaponics Farming in Kenya," *Aquaculture International*, vol. 27, no. 5, pp. 1481–1501, 2019, doi: 10.1007/s10499-019-00397-z. SpringerLink
- K. J. Keesman et al., "Aquaponics Systems Modelling," in *Aquaponics Food Production Systems: Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future*, S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen, and G. M. Burnell, Eds. Cham, Switzerland: Springer, 2019, pp. 267–299, doi: 10.1007/978-3-030-15943-6_11. Wageningen University & Research

- L. A. Ibrahim *et al.*, "Aquaponics: A Sustainable Path to Food Sovereignty and the SDGs," *Water*, vol. 15, no. 24, p. 4310, 2023, doi: 10.3390/w15244310.
- L. Jansen and K. J. Keesman, "Exploration of Efficient Water, Energy and Nutrient Use in Aquaponics Systems in Northern Latitudes," *Cleaner and Circular Bioeconomy*, p. 100012, 2022, doi: 10.1016/j.clcb.2022.100012. OUCI
- M. A. H. Zamnuri *et al.*, "Integration of IoT in Small-Scale Aquaponics to Enhance Sustainability and Profitability," *Animals*, vol. 14, no. 17, p. 2555, 2024, doi: 10.3390/ani14172555.
- M. Anila, J. T. A. Paul, and K. R. Remesh, "*Applications, Technologies, and Evaluation Methods in Aquaponics: A Review*," *Artificial Intelligence Review*, 2024. SpringerLink
- M. F. Taha *et al.*, "Recent Advances of Smart Systems and Internet of Things (IoT) for Aquaponics Automation: A Comprehensive Overview," *Chemosensors*, vol. 10, no. 8, p. 303, 2022, doi: 10.3390/chemosensors10080303.
- M. Murdan and V. Joyram, "An IoT Based Solar Powered Aquaponics System," in *Proc. 2021 IEEE 13th Int. Conf. on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)*, Bucharest, Romania, 2021, pp. 1–6, doi: 10.1109/ECAI52376.2021.9515023.
- O. Witzel, S. Wilm, D. Karimanzira, and D. Baganz, "Controlling and Regulation of Integrated Aquaponic Production Systems—An Approach for a Management Execution System (MES)," *Information Processing in Agriculture*, vol. 6, no. 3, pp. 326–334, 2019, doi: 10.1016/j.inpa.2019.03.007.
- P. Chandramenon *et al.*, "Smart approaches to Aquaponics 4.0 with focus on water quality monitoring and control," *Computers and Electronics in Agriculture*, 2024, in press.
- Q. Ren, L. Zhang, Y. Wei, and D. Li, "A Method for Predicting Dissolved Oxygen in Aquaculture Water in an Aquaponics

- System*," Computers and Electronics in Agriculture, vol. 151, pp. 384–391, 2018, doi: 10.1016/j.compag.2018.06.021. airccse.org
- S. C. M. Sundararajan et al., "IoT-based prediction model for aquaponic fish pond water quality using multiscale feature fusion with convolutional autoencoder and GRU networks," Scientific Reports, 2025, doi: 10.1038/s41598-024-84943-7. Nature
- T. Khaoula, R. A. Abdelouahid, I. Ezzahoui, and A. Marzak, "Architecture Design of Monitoring and Controlling of IoT-Based Aquaponics System Powered by Solar Energy," Procedia Computer Science, vol. 191, pp. 493–498, 2021, doi: 10.1016/j.procs.2021.07.063. ScienceDirect
- T. Y. Kyaw and A. K. Ng, "Smart Aquaponics System for Urban Farming," Energy Procedia, vol. 143, pp. 342–347, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.12.694.
- W. Vernandhes, N. S. Salahuddin, A. Kowanda, and S. P. Sari, "Smart Aquaponic with Monitoring and Control System Based on IoT," in Proc. 2nd Int. Conf. on Informatics and Computing (ICIC), Jayapura, Indonesia, Nov. 2017, pp. 1–6, doi: 10.1109/IAC.2017.8280590. Academia
- W. Zhao et al., "Energy-saving techniques in urban aquaponics farms by demand response-based PV-load joint dispatch," Aquaculture, 2024, in press.
- W. Zhao, "Demand response-based joint dispatch of greenhouse aquaponics PV output and load," in Energy Proceedings (CUE 2024), 2024. energy-proceedings.org
- X. Yang et al., "Deep Learning for Smart Fish Farming: Applications, Opportunities and Challenges," arXiv:2004.11848, 2020. arXiv
- Y. Wei, W. Li, D. An, D. Li, Y. Jiao, and Q. Wei, "Equipment and Intelligent Control System in Aquaponics: A Review," IEEE Access, vol. 7, pp. 169306–169326, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2953491.

- Z. Han, Z. Wu, S. Lin, and F. Luan, "*An Intelligent Household Greenhouse System Design Based on Internet of Things*," arXiv:1812.11230, 2018. arXiv
- Z. J. Ong, A. K. Ng, and T. Y. Kyaw, "Intelligent Outdoor Aquaponics with Automated Grow Lights and Internet of Things," in *Proc. 2019 IEEE Int. Conf. on Mechatronics and Automation (ICMA)*, 2019, doi: 10.1109/ICMA.2019.8816577.
- Z. Zhu et al., "*Environmental assessment of industrial aquaponics in arid climates using an integrated dynamic model*," *Information Processing in Agriculture*, 2024, in press. ScienceDirect

PROFIL PENULIS



Dr. Irsan Taufik Ali, S.T., M.T

Pria Kelahiran Pekanbaru, Riau. Saat ini adalah dosen tetap di Departemen Teknik Elektro, Program Studi Teknik Informatika Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia. Meraih gelar Doktor Teknik Elektro dari Universitas Indonesia (UI), Indonesia pada tahun 2021.

Gelar Magister Teknologi Informasi diperoleh dari Universitas Gadjah Mada (UGM), Indonesia pada tahun 2007 dan Gelar Sarjana Informatika dari Universitas Islam Indonesia (UII), Indonesia diperoleh pada tahun 2003. Bidang keahlian dan minat penelitian beliau meliputi Kecerdasan Buatan, *Internet of Things machine learning, deep learning* dan Teknologi Informasi. Matakuliah yang pernah diajarkan meliputi Rekayasa Perangkat Lunak, Pengujian Software, Pemrograman, Kecerdasan Buatan Dapat dihubungi di irsan.ali@lecturer.unri.ac.id.



Ir. Riza Alfita, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng

Pria Kelahiran Blora, Jawa Tengah, Lulus S1 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya Pada Tahun 2005, Lulus S2 dari Jurusan Teknik Elektro Universitas Gajah Mada pada tahun 2007, Saat ini adalah Dosen Tetap di Program Studi Teknik Elektro Universitas Trunojoyo Madura, mengajar matakuliah sistem digital,

Teknik tenaga listrik, Artificial intelligent dan menggambar Teknik, selain aktif mengajar juga sebagai peneliti di Universitas Trunojoyo



Rosida Vivin Nahari, S.Kom., M.T.

Wanita Kelahiran Kediri ini Lulus S1 di Jurusan Teknik Informatika Universitas Trunojoyo Madura Pada Tahun 2006, Lulus S2 dari Jurusan Teknik Elektro Institut Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) Tahun 2013, Saat ini adalah Dosen Tetap di Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo Madura mengajar matakuliah Kecerdasan Buatan, *Internet of Things*, *Artificial Intelligent* dan Pemrograman Mobile, selain aktif mengajar juga sebagai peneliti di Universitas Trunojoyo



Erna Dwi Astuti, S.Kom., M.Kom

Kelahiran Wonosobo, Lulus S2 di Jurusan Teknik Infomatika saat ini sedang studi Lanjut di S3 Sistem Informasi Universitas Diponegoro Semarang, saat ini bekerja di Program Studi Teknik Informatika Universitas Sains Al-Quran Wonosobo, mempunyai profesi sebagai professional di bidang Sistem Informasi



Firdaus, S.T., M.T

Lahir di Pekanbaru, menyelesaikan Sarjana Teknik Elektro di Universitas Sriwijaya pada tahun 2003 dan Magister Teknik Elektro di Universitas Indonesia pada tahun 2007. Saat ini bertugas sebagai dosen tetap di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau dan mengampu matakuliah Aplikasi Mikrokontroler, Sensor dan Aktuator, PLC dan Otomasi Industri serta Teknik Tenaga Listrik.

Disamping aktifitas mengajar, juga sebagai peneliti di Universitas Riau.



Yusnita Rahayu, ST., M.Eng, Ph.D.

Wanita Kelahiran Pekanbaru ini Lulus S1 di Jurusan Teknik Elektro Institut Sains dan Teknologi Nasional Jakarta Pada Tahun 1994, Lulus S2 dan S3 dari Fakultas Teknik Elektro Universiti Teknologi Malaysia (UTM) Johor Bahru Malaysia Tahun 2004 dan 2009. Saat ini adalah Dosen Tetap di Fakultas Teknik Universitas Riau mengajar matakuliah Sistem Komunikasi Seluler, Komunikasi Nirkabel, Antena dan Propagasi, selain aktif mengajar juga sebagai peneliti di Universitas Riau, asesor BNSP, Wakil Ketua IEEE MTT/AP IEEE Joint Chapter Indonesia dan Reviewer beberapa jurnal nasional dan internasional.



Dr. Heni Susanti, S.H., M.H.

Wanita Kelahiran Cirebon ini Lulus S1 di Jurusan Ilmu Hukum Universitas Islam Riau Pada Tahun 2008, Lulus S2 dari Ilmu Hukum Tahun 2012, Lulus S3 pada tahun 2020 di Universitas Islam Bandung. Saat ini adalah Dosen Tetap di Pascasarjana Program Studi Doktor Hukum Universitas Islam Riau. selain aktif mengajar juga sebagai peneliti di Universitas Islam Riau. Selama ini senantiasa melakukan riset dan PKM dengan multidisiplin Ilmu, hal ini dibuktikan dengan lolos pendanaan hibah dikti disetiap tahunnya, yaitu skema pengabdian masyarakat dengan kolaborasi bidang ilmu Teknik Informatika, Ekonomi, Manajemen dan lainnya.



Firma Sahrul Bahtiar, S.Kom., M.Eng

Firma Sahrul Bahtiar adalah seorang dosen tetap di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Beliau memiliki kepakaran di bidang Teknologi Rekayasa Multimedia dan Sistem Informasi. Riwayat pendidikannya meliputi gelar S2 Teknologi Informasi dari Universitas Gadjah Mada dan gelar S1 Teknik Informatika dari Universitas Trunojoyo Madura. Saat ini Menjabat CEO PT Alfath Technology Informasi