

30/S/TEKKOM-KCBR/PK.03.08/16/AGUSTUS/2024

**PENGEMBANGAN SISTEM OTOMASI PUPUK
HIDROPONIK BERBASIS IOT UNTUK MENINGKATKAN
EFISIENSI NUTRISI DAN PRODUKTIVITAS TANAMAN**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Komputer



Oleh
Rifty Pradana Gunawan
NIM 2006165

PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER

KAMPUS UPI DI CIBIRU

UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

2024

HALAMAN HAK CIPTA

**PENGEMBANGAN SISTEM OTOMASI NUTRISI
HIDROPONIK BERBASIS IoT UNTUK MENINGKATKAN
EFISIENSI NUTRISI DAN PRODUKTIVITAS TANAMAN**

oleh

Rifty Pradana Gunawan

NIM 206165

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Komputer

©Rifty Pradana Gunawan

Universitas Pendidikan Indonesia

2024

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, disalin, difotokopi atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

i

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

RIFTY PRADANA GUNAWAN

PENGEMBANGAN SISTEM OTOMASI NUTRISI HIDROPONIK BERBASIS
IOT UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI NUTRISI DAN
PRODUKTIVITAS TANAMAN

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Dosen Pembimbing I



Wirmanto Suteddy, S.T., M.T.

NIP. 920200819830521101

Dosen Pembimbing II



Devi Aprianti Rimadhani Agustini, S.Si., M.Si.

NIP. 920200819890421201

Mengetahui,

Kepala Program Studi Teknik Komputer



Deden Pradeka, S.T., M.Kom.

NIP. 920200419890816101

HALAMAN PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI DAN BEBAS PLAGIARISME

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pengembangan Sistem Otomasi Nutrisi Hidroponik Berbasis IOT Untuk Meningkatkan Efisiensi Nutrisi dan Produktivitas Tanaman” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko atau sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2024
Penulis,

Rifty Pradana Gunawan
NIM 2006165

PENGEMBANGAN SISTEM OTOMASI NUTRISI HIDROPONIK BERBASIS IOT UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI DAN PRODUKTIVITAS TANAMAN

Rifty Pradana Gunawan

2006165

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan sistem otomasi hidroponik berbasis IoT yang bertujuan meningkatkan kesesuaian penggunaan nutrisi dan produktivitas tanaman. Latar belakang penelitian ini didasarkan pada kebutuhan akan metode pertanian yang lebih efisien di tengah terbatasnya lahan dan sumber daya di Indonesia. Hidroponik semakin diminati karena kemampuannya memaksimalkan produksi pada lahan sempit, namun tantangan utama yang dihadapi adalah pengelolaan nutrisi yang efektif. Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor TDS dan sensor ultrasonik untuk memantau kondisi nutrisi dan lingkungan secara real-time, serta mengendalikannya secara manual. Data dari sensor akan dikirimkan ke *firebase* untuk analisis dan pengambilan keputusan otomatis, yang kemudian mengatur pemberian nutrisi sesuai kebutuhan tanaman pada setiap fase pertumbuhan. Metodologi penelitian yang digunakan adalah pendekatan desain dan pengembangan (D&D) yang sistematis, dimulai dari tahap perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan lunak, hingga uji coba. Pengujian menunjukkan peningkatan laju pertumbuhan tinggi tanaman hingga 25% untuk tanaman selada, 46% untuk tanaman bayam dan 53.89% untuk tanaman timun. Penyesuaian kadar ppm nutrisi yang dibutuhkan dilakukan secara otomatis dimana penggunaan nutrisi menjadi lebih sesuai dibandingkan metode konvensional. Sistem ini juga memudahkan pengelolaan melalui aplikasi android, memberikan solusi yang efisien dan produktif untuk skala rumah tangga maupun komersial, serta memiliki potensi untuk mendukung smart farming di masa depan.

Kata Kunci: IoT, Hidroponik, Otomasi, Sensor TDS, Produktivitas

**DEVELOPMENT OF AN IOT-BASED HYDROPONIC FERTILIZER
AUTOMATION SYSTEM TO ENHANCE NUTRIENT EFFICIENCY AND
PLANT PRODUCTIVITY**

Rifty Pradana Gunawan

2006165

ABSTRACT

This research develops an IoT-based hydroponic automation system aimed at enhancing the efficiency of nutrient use and plant productivity. The background of this research is based on the need for more efficient farming methods amid the limited land and resources in Indonesia. Hydroponics is gaining popularity due to its ability to maximize production in limited spaces, but the main challenge lies in effective nutrient management. The system developed uses TDS sensors and ultrasonic sensors to monitor nutrient and environmental conditions in real-time and control them manually. Sensor data is sent to Firebase for analysis and automated decision-making, which then regulates nutrient delivery according to the plant's needs at each growth phase. The research methodology follows a systematic design and development (D&D) approach, starting from system design, hardware and software implementation, to testing. The tests showed an increase in plant height growth rates of up to 25% for lettuce, 46% for spinach, and 53.89% for cucumbers. The adjustment of the required nutrient ppm levels is done automatically, resulting in more appropriate nutrient use compared to conventional methods. This system also simplifies management through an Android application, offering an efficient and productive solution for both household and commercial scales, with the potential to support smart farming in the future.

Keywords: IoT, Hydroponics, Automation, TDS Sensor, Productivity

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji bagi Allah SWT atas segala berkah, nikmat, Ridho, petunjuk, dan anugerah-Nya sehingga peneliti dapat melaksanakan dan menyelesaikan penelitian serta skripsi ini. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurah limpahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya yang senantiasa mengikuti ajarannya hingga akhir zaman. Semoga kita semua mendapat syafaatnya di hari kiamat dan selalu berada dalam lindungan serta Rahmat-Nya. Peneliti sangat menyadari bahwa tanpa dukungan dari berbagai pihak, penelitian dan skripsi ini tidak akan bisa diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu peneliti ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tulus kepada:

1. Ibu saya tercinta Prastiwi Handayani, S.E. yang selalu memberikan dukungan kepada penulis baik dalam hal moral, materi dan motivasi selama proses penyelesaian skripsi ini.
2. Seluruh keluarga besar saya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang tidak pernah berhenti memberikan dukungan moral maupun materi dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Prof. Dr. H. M. Solehuddin, M.Pd., M.A. selaku Rektor Universitas Pendidikan Indonesia.
4. Bapak Prof. Dr. Deni Darmawan, S.Pd., M.Si. selaku Direktur Kampus UPI di Cibiru.
5. Bapak Deden Pradeka, S.T., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Teknik Komputer.
6. Ibu Devi Aprianti Rimadhani Agustini, S.Si., M.Si. selaku pembimbing akademik dan pembimbing 2 untuk skripsi atas waktu, dukungan, arahan, saran, masukan dan pengetahuan selama penulis menjalankan perkuliahan dari awal hingga sekarang.
7. Bapak Wirmanto Suteddy, S.T., M.T. selaku pembimbing 1 atas waktu, dukungan, pengetahuan dan pembelajaran selama proses penyelesaian skripsi ini.

8. Seluruh dosen dan Staff program studi teknik komputer kampus upi cibiru yang telah memfasilitasi penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Teman-teman semua, Taufik, Ferdinand, Aksyal, Alm. Sultan, Fauzan, Ivan, Dzulfikar, Rifqi, Rastra, Azka, Dhimaz, Rizal Hanafi dan angkatan 2020 lainnya yang selalu memberikan bantuan dan dukungan moral kepada penulis.
10. Kepada diri saya sendiri yang selalu percaya diri, bekerja semaksimal mungkin, dan bertahan dalam berbagai kondisi

Dengan senang hati mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak yang terlibat, sehingga peneliti dapat menyusun skripsi ini dengan baik. Tentunya peneliti berharap skripsi ini dapat menjadi manfaat bagi semua pihak, terutama bagi pihak yang berkontribusi untuk meningkatkan bidang keilmuan Teknik Komputer. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapatkan ganjaran yang setimpal dan semoga kita semua selalu berada dalam ridho juga perlindungan Allah SWT.

Bandung, Agustus 2024

Rifty Pradana Gunawan

DAFTAR ISI

HALAMAN HAK CIPTA	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN BEBAS PLAGIARISME.....	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.5.1 Manfaat Teoritis	6
1.5.2 Manfaat Praktis	6
1.6 Struktur Organisasi Skripsi	7
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	9
2.1 Tinjauan Pustaka	9
2.1.1 Pertanian Hidroponik	9
2.1.2 Nutrisi Hidroponik	9

2.1.3	Rakit Apung	10
2.1.4	<i>Internet of Things (IoT)</i>	11
2.1.5	Otomasi	11
2.1.6	<i>Firestore</i>	11
2.1.7	Monitoring	11
2.1.8	Sensor TDS	12
2.1.9	<i>Part Per Million (PPM)</i>	12
2.1.10	Sensor HC-SR04	13
2.1.11	ESP32.....	13
2.1.12	<i>Mini Water Pump</i>	14
2.1.13	Arduino IDE.....	14
2.1.14	<i>Real-Time Operating Sistem (RTOS)</i>	15
2.1.15	<i>Deep Sleep</i>	15
2.1.16	<i>MIT App Inventor</i>	15
2.2	Penelitian Terdahulu.....	16
BAB 3	METODE PENELITIAN	19
3.1	Desain Penelitian	19
3.2	Analisis Kebutuhan Sistem	20
3.3	Desain atau Perancangan Sistem.....	21
3.3.1	Perancangan Aplikasi.....	22
3.3.2	Perancangan <i>Firestore</i>	31
3.3.3	Perancangan Perangkat Keras	31
3.3.4	Diagram Sirkuit dan Flowchart.....	36
3.4	Pengembangan Sistem.....	40
3.5	Pengujian Sistem	41

3.5.1	Pengujian Fitur Aplikasi android	41
3.5.2	Pengujian Perangkat Keras	42
3.6	Evaluasi Sistem	44
3.6.1	Evaluasi Fungsionalitas Sistem.....	44
3.6.2	Evaluasi Kinerja Sistem	44
3.6.3	<i>Usability dan User Experience</i>	45
3.7	Pelaporan	45
BAB 4	TEMUAN DAN PEMBAHASAN	46
4.1	Hasil Pengembangan Sistem	46
4.1.1	Aplikasi Android.....	46
4.1.2	<i>Firestore</i>	51
4.1.3	Perangkat Keras	52
4.2	Hasil Pengujian Sistem.....	57
4.2.1	Pengujian Sensor TDS	57
4.2.2	Pengujian Sensor Ultrasonic HC-SR04	58
4.2.3	Pengujian Blackbox Fitur Aplikasi Android.....	60
4.2.4	Pengujian <i>Blackbox</i> Integrasi Aplikasi dan <i>Firestore</i>	62
4.2.5	Pengujian waktu penakaran nutrisi perangkat keras	64
4.2.6	Komparasi pengujian produktivitas perangkat keras pada tanaman selada	65
4.2.7	Komparasi pengujian produktivitas perangkat keras pada tanaman bayam	70
4.2.8	Komparasi pengujian produktivitas perangkat keras pada tanaman timun	75
4.3	Analisis Hasil Pengujian	79

BAB 5	SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI.....	81
5.1	Simpulan.....	81
5.2	Implikasi.....	81
5.3	Rekomendasi	82
	Daftar Pustaka	83
	LAMPIRAN	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu	17
Tabel 3.1 Spesifikasi Sensor TDS DF-ROBOT.....	32
Tabel 3.2 Spesifikasi Sensor Ultrasonic (HC-SR04)	33
Tabel 3.3 Spesifikasi Relay 5v.....	33
Tabel 3.4 Spesifikasi Mini Submersible <i>Water Pump</i>	34
Tabel 3.5 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32 Dev Kit.....	35
Tabel 4.1 Tabel Pengujian Sensor TDS	57
Tabel 4.2 Tabel Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	59
Tabel 4.3 Tabel Pengujian Blackbox Fitur Aplikasi Android.....	60
Tabel 4.4 Pengujian <i>Blackbox</i> Integrasi Aplikasi dan <i>Firebase</i>	62
Tabel 4.5 Tabel komparasi pengujian waktu penakaran nutrisi.....	64
Tabel 4.6 Tabel perbandingan produktivitas pada tanaman selada.....	68
Tabel 4.7 Tabel Perbandingan Produktivitas pada Tanaman Bayam	73
Tabel 4.8 Tabel Perbandingan Produktivitas pada Tanaman Timun	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pertanian hidroponik	9
Gambar 2.2 Nutrisi Hidroponik	9
Gambar 2.3 Teknik Rakit Apung Hidroponik (Kompas. 2022).....	10
Gambar 2.4 Sensor TDS	12
Gambar 2.5 Sensor HC-SR04	13
Gambar 2.6 ESP 32	13
Gambar 2.7 Mini <i>Water Pump</i>	14
<i>Gambar 3.1 Langkah Metode Penelitian</i>	19
Gambar 3.2 Arsitektur Keseluruhan Sistem.....	22
Gambar 3.3 Use Case Diagram Aplikasi Otomasi Nutrisi Hidroponik	23
Gambar 3.4 <i>Activity Diagram Pembuatan Profil Baru</i>	24
Gambar 3.5 <i>Activity Diagram Login</i>	25
Gambar 3.6 <i>Activity Diagram</i> Pemilihan Jenis Tanaman Pengguna baru	26
Gambar 3.7. <i>Activity Diagram</i> Kendali Manual	27
Gambar 3.8 Desain <i>User Interface Login</i>	28
Gambar 3.9 Desain <i>User Interface</i> Halaman utama	29
Gambar 3.10 Desain <i>User Interface</i> Halaman Pemilihan Jenis Tanaman	30
Gambar 3.11 Desain <i>User Interface</i> Halaman Kendali Manual	30
Gambar 3.12 TDS Sensor DF-ROBOT	31
Gambar 3.13 Sensor Ultrasonic (HC-SR04).....	32
Gambar 3.14 Relay 5V.....	33
Gambar 3.15 Mini Submersible <i>Water Pump</i>	34
Gambar 3.16 ESP32.....	35
Gambar 3.17 Blok Diagram Sistem Otomasi Nutrisi Hidroponik	36
Gambar 3.18 Flowchart Sistem Otomasi Nutrisi Hidroponik.....	37
Gambar 3.19 Wiring Diagram Sistem Otomasi Nutrisi Hidroponik	38
Gambar 3.20 Desain PCB Sistem Otomasi Nutrisi Hidroponik Berbasis IoT.....	39
Gambar 3.21 <i>Desain Casing</i> Perangkat Keras	40
Gambar 4.1 Tampilan Halaman <i>Login</i>	46

Gambar 4.2 Tampilan <i>Loading Screen</i>	47
Gambar 4.3 Tampilan Notifikasi Pembuatan Akun.....	47
Gambar 4.4 Tampilan Halaman Utama	48
Gambar 4.5 Tampilan Notifikasi Pengguna pada <i>Device</i>	49
Gambar 4.6 Tampilan Notifikasi Pengguna pada Aplikasi.....	49
Gambar 4.7 Tampilan Halaman Kendali Manual	50
Gambar 4.8 Tampilan halaman pemilihan jenis tanaman	51
Gambar 4.9 <i>Firebase</i> Sistem.....	52
Gambar 4.10 Cetak PCB	53
Gambar 4.11 Pemasangan Komponen pada PCB	54
Gambar 4.12 Proses Rakit Perangkat Keras Utama.....	54
Gambar 4.13 Casing Perangkat Keras utama.....	55
Gambar 4.14 dan Gambar 4.15 Casing TDS Sensor.....	55
Gambar 4.16 Perangkat Keras Keseluruhan	56
Gambar 4.17 Dokumentasi Pengujian Sensor TDS	57
Gambar 4.18 Grafik data ppm tanaman selada dengan sistem otomasi.....	66
Gambar 4.19 Grafik data Tinggi air tanaman selada dengan sistem otomasi.....	67
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Pada Tanaman Selada	69
Gambar 4.21 Grafik data ppm tanaman bayam dengan sistem otomasi.....	71
Gambar 4.22 Grafik data tinggi air tanaman bayam dengan sistem otomasi.....	72
Gambar 4.23 Grafik perbandingan pada tanaman bayam.....	74
Gambar 4.24 Grafik data ppm tanaman timun dengan sistem otomasi	76
Gambar 4.25 Grafik data tinggi air tanaman timun dengan sistem otomasi.....	76
Gambar 4.26 Grafik Perbandingan Pengujian pada Tanaman Timun	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Timeline Penelitian.....	88
Lampiran 2 Tabel Harian pengujian sistem otomasi untuk tanaman Selada	89
Lampiran 3 Tabel harian pengujian sistem otomasi pada tanaman bayam.....	94
Lampiran 4 Tabel pengujian harian sistem otomasi pada tanaman timun	99
Lampiran 5 Dokumentasi Kebutuhan Hidroponik.....	103
Lampiran 6 Kumpulan <i>Source Code</i> Penelitian.....	107
Lampiran 7 Dokumentasi Pengujian Tanaman Selada dengan metode Konvensional	107
Lampiran 8 Dokumentasi Pengujian Tanaman Selada dengan Sistem Otomasi	108
Lampiran 9 Dokumentasi Pengujian Tanaman Bayam dengan metode Konvensional	109
Lampiran 10 Dokumentasi Pengujian Tanaman Bayam dengan Sistem Otomasi	109
Lampiran 11 Dokumentasi Pengujian Tanaman Timun dengan Metode Konvensional	110
Lampiran 12 Dokumentasi Pengujian Tanaman Timun dengan Sistem Otomasi	111

Daftar Pustaka

- Apriyanti, E., Alang, H., & Sudjebun, J. S. (2021). Pemanfaatan lahan pekarangan dengan hidroponik di Desa Tainemen, Kecamatan Wuarlaborar, Kabupaten Kepulauan Tanimbar, Maluku. *Indonesian Journal of Community Service*, 1(3), 515–522.
- Bagaimana Prospek dan Pengembangan Hidroponik. (2024). Pak Tani Digital. Diakses pada 8 Agustus 2024, dari <https://paktanidigital.com>
- Brown, C., & Miller, D. (2019). IoT applications in modern agriculture: A comprehensive review. *Sensors*, 19(18), 4174.
- Deswar, F. A., & Pradana, R. (2021). Monitoring suhu pada ruang server menggunakan Wemos D1 R1 berbasis Internet of Things (IoT). *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 12(1), 25.
- Edilla, E., Pulungan, M. A., & Akhyan, A. (2021). Rancang bangun robot penyaji minuman menggunakan ATMega 8535 dan mini water pump. *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 8(2), 112–119.
- Fajeriana, N., Ali, A., & Manda, P. D. (2021). Pemanfaatan nasi basi menjadi nutrisi cair untuk pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) dengan teknik hidroponik nutrient film technique. *Jurnal Galung Tropika*, 10(3), 397–409.
- Firdaus, H. (2019). *Rancang bangun penggerak pintu pagar geser menggunakan 12 volt direct current (DC) power window motor gear* [Tugas Akhir, Universitas Mataram]. Repositori Universitas Mataram.
- Fitri, H. U., Syarifuddin, A., & Mayasari, A. (2021). Konsep stoisisme untuk mengatasi emosi negatif menurut Henry Manampiring. *Bulletin of Counseling and Psychotherapy*, 3(2).
- Gonzalez, R., & Hernandez, M. (2021). IoT-based automation in hydroponics: A case study. *Computers and Electronics in Agriculture*, 186, 106075.

- Gunawan, G., Setiyadi, E., Maulana, H., Bakri, M. A., & Supratno, S. (2022, December). Sistem monitoring bendungan air berbasis Internet of Things. *Prosiding Seminar Nasional NCIET*, 3(1), 103–114.
- Hamdi, F. S., & Maita, I. (2022). Pelatihan pembuatan website memanfaatkan Wix untuk blog pribadi pada siswa SMAN 2 Gunung Talang. *Consen: Indonesian Journal of Community Services and Engagement*, 2(2), 64–69.
- HIMAPASCA Universitas Brawijaya. (n.d.). Sayuran hidroponik organik. Diakses pada 17 Agustus 2024, dari <http://himapasca.fp.ub.ac.id/sayuran-hidroponik-organik/>
- Jalam, M. I., Rahman, M., & Setiawan, A. (2021). Penggunaan metode rakit apung dalam sistem hidroponik otomatis berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 15(3), 95–104.
- Jiang, X., Zhao, Y., Tong, L., Wang, R., & Zhao, S. (2019). Quantitative analysis of tomato yield and comprehensive fruit quality in response to deficit irrigation at different growth stages. *HortScience*, 54(8), 1409–1417.
- Johnson, E., & Martinez, G. (2020). IoT-based hydroponic system automation: Design and implementation. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(4), 2479–2490.
- Karunakaran, R., Yermiyahu, U., Dag, A., & Sperling, O. (2021). Phosphorus fertilization induces nectar secretion for honeybee visitation and cross-pollination of almond trees. *Journal of Experimental Botany*, 72(8), 3307–3319.
- Kompas. (2022, November 22). Inilah kelebihan dan kekurangan hidroponik rakit apung. *Kompas*. Diakses pada 17 Agustus 2024, dari <https://agri.kompas.com/read/2022/11/22/175140884/inilah-kelebihan-dan-kekurangan-hidroponik-rakit-apung?page=all>
- Lee, J. Y., Rahman, A., Azam, H., Kim, H. S., & Kwon, M. J. (2017). Characterizing nutrient uptake kinetics for efficient crop production during

- Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* Alef. growth in a closed indoor hydroponic system. *PLoS ONE*, 12(5), e0177041.
- Li, J., Hu, W., Lu, Z., Meng, F., Cong, R., Li, X., & Ren, T. (2021). Imbalance between nitrogen and potassium fertilization influences potassium deficiency symptoms in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) leaves. *Crop Journal*, 10, 565.
- Maulana, I. F. (2020). Penerapan Firebase Realtime Database pada aplikasi e-tilang smartphone berbasis mobile Android. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 4(5), 854–863.
- Millenial yang sukses bertani hidroponik. (2024). *AgroIndonesia*. Diakses pada 11 Agustus 2024, dari <https://agroindonesia.co.id>
- Novelan, M. S., & Amin, M. (2020). Monitoring sistem for temperature and humidity measurements with DHT11 sensor using NodeMCU. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 5(10), 123–128.
- Priambodo, D. F., Rifansyah, A. D., & Hasbi, M. (2023). Penetration testing Web XYZ berdasarkan OWASP risk rating. *Teknika*, 12(1), 33–46.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2023). *Statistik pertanian Indonesia 2022*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Rahman, A., Setiawan, A., & Utama, S. (2020). Sistem irigasi hidroponik otomatis berbasis IoT menggunakan jaringan sensor nirkabel. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 14(2), 75–83.
- Ramadhan Nur Afif, M., Andika, A., & Prasetyo, D. (2024). Pengembangan sistem otomasi hidroponik berbasis IoT menggunakan sensor TDS, pH, dan float switch. *Jurnal Teknologi Terapan*, 12(1), 45–53.
- Rumbajan, G. C. E., Mangindaan, G. M. C., & Rumbayan, M. (2021). Rancang bangun penggerak pompa air menggunakan solar panel untuk hidroponik. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi*, 1(1), 1-10.

- Samsugi, S., & Wajiran, W. (2020). IOT: Emergency button sebagai pengaman untuk menghindari perampasan sepeda motor. *Jurnal Teknoinfo*, 14(2), 99–105.
- Sari, D. F., Anggraini, S., & Wulandari, E. (2023). Penerapan hidroponik pada tanaman pakcoy dengan sistem nutrient film technique. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 48(3), 189–196.
- Siswanto, S., Anif, M., Hayati, D. N., & Yuhefizar, Y. (2019). Pengamanan pintu ruangan menggunakan Arduino Mega 2560, MQ-2, DHT-11 berbasis Android. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 3(1), 66–72.
- Sitanggang, D., Simangunsong, S., & Nababan, A. S. (2020). Perancangan aplikasi penyeleksian penerimaan siswa untuk mengikuti olimpiade sains berbasis Android. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi (JIKOMSI)*, 3(2), 34–43.
- Syaifudin, H., Widodo, W., & Abdullah, M. (2022). Pengembangan sistem monitoring tanaman hidroponik berbasis IoT dengan Firebase. *Jurnal Teknologi Terapan*, 10(2), 165–176.
- Teh, C. B., & Wu, F. (2018). Optimizing hydroponic tomato yield using real-time computer vision and machine learning for nutrient solution management. *Computers and Electronics in Agriculture*, 151, 54–61.
- Timothy, S. J., & Smith, G. (2017). Internet of Things (IoT) enabled smart hydroponic system. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(20), 9780–9785.
- Ulpiani, P., Giuliani, M. M., Silvestri, M., & Fabbri, S. (2021). Interactive plant growth simulation using IoT and machine learning for a hydroponic environment. *IEEE Access*, 9, 14723–14734.
- Wibowo, F., & Wibowo, T. (2019). Hydroponic nutrient management: A guide for sustainable production. *Journal of Agricultural Science*, 12(2), 138–145.

Yusman, M., & Mulyono, T. (2020). Analisis konsumsi energi pada jaringan Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 pada metode hidroponik. *Jurnal Teknologi Informasi*, 8(1), 123–130.

Zhao, Y., Wang, R., & Tong, L. (2019). Application of wireless sensor networks in smart farming: A case study on hydroponic lettuce. *IEEE Sensors Journal*, 19(24), 11980–11990.