

## PENGEMBANGAN SENSOR KELEMBABAN TANAH NIRKABEL UNTUK KEPERLUAN IRIGASI PERTANIAN OTOMATIS

Ratnasari Nur Rohmah<sup>1</sup>, Nurhuda Fawzi Rachman<sup>1</sup>, Bambang Hari Purwoto<sup>1</sup>, Nurokhim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

<sup>2</sup>Pusat Riset Teknologi Keselamatan, Metrologi dan Mutu Nuklir, BRIN

Serpong, Tangerang Selatan, Indonesia

Email: rnr217@ums.ac.id

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi adanya inefisiensi waktu dan tenaga petani pada proses pengoperasian pompa air untuk irigasi mandiri oleh petani. Penelitian yang mengembangkan sensor nirabel portable untuk digunakan dalam pengairan area pertanian secara otomatis. Peralatan dikembangkan dengan memanfaatkan sensor kelembaban tanah FC-28 yang terhubung dengan mikrokontroler Arduino uno pada sisi perangkat yang bergerak (mobile) untuk pengolahan sinyal dan selanjutnya sinyal pembawa data akan dipancarkan oleh transmitter. Sedangkan pada sisi perangkat menetap, Arduino nano digunakan untuk pengolahan sinyalnya, kalkulasi dan kendali relay pompa air. Nilai pengukuran sensor menentukan secara otomatis apakah pompa air akan dinyalakan atau dimatikan. Hasil pengujian peralatan menunjukkan, sensor yang dikembangkan mempunyai kemampuan mentransmisikan hasil pengukuran sensor pada suatu lokasi ke perangkat yang terhubung dengan relay pompa pada lokasi lain. Hasil pengujian menunjukkan sensor ini bisa mentransmisikan data kelembaban tanah sampai jarak 100meter pada lokasi tanpa rintangan dan sampai sejarak 60meter pada lokasi dengan rintangan pepohonan yang tinggi. Pengujian kinerja otomatis sistem memperlihatkan sistem telah bisa bekerja secara otomatis untuk menghidupkan atau mematikan pompa air berdasar data kelembaban tanah hasil pengukuran sensor.

**Kata kunci:** sensor; nirkabel; irigasi; otomatis.

### Pendahuluan

Irigasi merupakan faktor penting yang mempengaruhi kualitas dan kuantitas hasil pertanian. Irigasi mempunyai pengaruh yang lebih besar dari pada faktor pemupukan tanaman (Li et al., 2018). Meski sangat penting, namun banyak petani yang menghadapi permasalahan dimana sarana irigasi di daerahnya belum tersedia mapan dan petani harus mencukupi kebutuhan air untuk bercocok tanam secara mandiri. Solusi yang dapat menyelesaikan permasalahan yang ada saat ini berupa penerapan teknologi pompa air yang mampu mengangkat air untuk keperluan pengairan area pertanian (Fitri, 2017). Pompa air ini digunakan untuk mengangkat air sungai dari dataran rendah ke area persawahan untuk area persawahan yang dekat dengan sungai (Nurdin et al, 2017). Untuk area persawahan yang jauh dari aliran sungai, pompa air digunakan untuk menaikkan air tanah dari dalam sumur (Arifin et al., 2020).

Pengoperasian pompa air oleh petani akan dilakukan dengan datang ke area sawah dan menghidupkan saklar pompa airnya secara manual. Biasanya petani akan meninggalkan pompa air dalam kondisi hidup, untuk mengerjakan aktifitas lainnya. Setelah dirasa cukup maka petani akan kembali lagi ke sawah untuk mematikan pompanya. Kadang-kadang petani menjumpai lahannya belum cukup terairi dan kadang-kadang petani menjumpai lahannya telah terairi dengan berlebihan. Pengairan yang berlebihan ini merupakan pemborosan dan terkadang bisa menimbulkan dampak negatif pada komoditas tertentu. Beberapa peneliti dari berbagai negara mengembangkan sistem pengairan otomatis untuk mengatasi hal di atas. Diantaranya adalah penelitian yang mengembangkan sistem pengairan otomatis berbasis sensor kelembaban dengan mikrokontroler Arduino Uno (Ronak & Madad, 2018), maupun yang telah menerapkan aplikasi *IoT* (*Internet of things*) dalam pengendaliannya (Bhoi et al., 2021), (Singh, 2019), dan (Rohmah et al., 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan penelitian terdahulu oleh peneliti dalam hal inovasi pada bagian sensor (Rohmah et al., 2021). Pada penelitian terdahulu, pengendalian irigasi dilakukan dengan pengendalian jarak jauh melalui penerapan *IoT* untuk mantransfer data hasil monitoring sensor kelembaban dan pengendalian manual jarak jauh melalui telepon pintar oleh petani. Kelemahan dari sistem di atas diantaranya adalah, sensor

kelembaban yang masih terkoneksi dengan kabel. Koneksi ini menyebabkan sensor harus berada tidak terlalu jauh dari pengendali pompa yang tentu saja akan membatasi jangkauan pengendalian otomatis ini. Belum lagi umumnya petani di Indonesia mempunyai luas lahan tidak terlalu luas namun terbagi dalam petak-petak. Sensor yang terkoneksi kabel akan sangat merepotkan karena harus memperhitungkan kemampuan transfer sinyal melalui kabel untuk jarak yang cukup jauh.

Penelitian yang akan dikembangkan dalam penelitian ini adalah pengembangan sensor kelembaban tanah nirkabel untuk keperluan irigasi pertanian otomatis (*portable wireless sensor*) untuk penerapan dalam pengairan area pertanian secara otomatis. Penelitian ini akan membuat sensor kelembaban tanah nirkabel bergerak (*mobile*) sebagai kendali umpan balik untuk sistem pengairan area persawahan. Sinyal hasil pengukuran kelembaban tanah oleh sensor ini akan menentukan apakah lahan masih perlu diairi atau tidak dan akan secara otomatis menyalakan atau mematikan pompa air. Manfaat dari sensor yang dikembangkan pada penelitian ini adalah tersedianya sensor yang lebih fleksibel (mudah dipindahtempatkan) untuk sistem pengairan area persawahan. Fleksibilitas ini memungkinkan sensor untuk digunakan pada lahan dengan kondisi area persawahan yang terpetak-petak kecil. Dan pada akhirnya akan mengurangi inefisiensi waktu dan tenaga petani dalam kegiatan pengairan area persawahannya.

### Tinjauan Pustaka

Beberapa lahan pertanian membutuhkan pompa air untuk keperluan irigasi. Pompa air yang digunakan bisa listrik atau bahan bakar minyak. Penggunaan pompa air listrik pada pengairan sawah dilaporkan dapat menghemat biaya produksi pertanian hingga 65% dibandingkan dengan pompa air berbahan bakar solar. Dalam proses pengairan sawah dengan menggunakan pompa air, seringkali petani membiarkan pompa tetap menyala dan petani melakukan aktivitas lainnya. Kondisi ini terkadang menimbulkan pemborosan, dimana pengairan dilakukan lebih dari yang diperlukan. Pengairan yang berlebihan ini juga dapat menyebabkan kerusakan tanaman, pada komoditas pertanian tertentu (Arifin et al., 2020), (Irmak & Rathje, 2008), dan (Hadgu et al., 2014).

Untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu peneliti mengembangkan kontrol pompa air jarak jauh berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 (Arifin et al., 2020). Pada penelitian ini, alat kontrol yang dihasilkan memiliki fitur diantaranya pengatur waktu penyiraman otomatis. Pengguna mengontrol lamanya waktu pompa air berjalan melalui layanan pesan singkat (*sms*). Alat ini juga memiliki fitur pemutus otomatis saat tidak ada air yang mengalir melalui pompa.

Studi penelitian lainnya, merancang “pertanian presisi”, yang menggunakan teknologi IoT untuk mengumpulkan data pertanian menggunakan pengukuran multi-titik (Keswani et al., 2019). Studi ini merancang mekanisme yang mengontrol produktivitas lahan sekaligus meminimalkan dampak terhadap lingkungan sekitar dengan mengotomatisasi proses pertanian secara lengkap (Keswani et al., 2019). Penelitian ini menghasilkan penerapan irigasi yang optimal dengan pengelolaan katup air yang tepat, dengan menggunakan prediksi kebutuhan air tanah berdasarkan jaringan syaraf tiruan dalam 1 jam ke depan.

Penelitian terdahulu lainnya adalah dengan pengembangan sistem pengendalian pompa air pengairan area persawahan dengan kendali jarak jauh memanfaatkan aplikasi teknologi *IoT* (Rohmah, Ratnasari Nur, Rahmaddi, 2021). Pengendalian air pada penelitian ini merupakan pengendalian semi otomatis. Pengendalian manual dilakukan secara jarak jauh untuk menyalakan dan mematikan pompa melalui aplikasi *blynk* pada telepon pintar. Meskipun demikian, sistem dilengkapi juga dengan kendali otomatis yang akan bekerja berdasarkan hasil pengukuran kelembaban tanah oleh sensor.

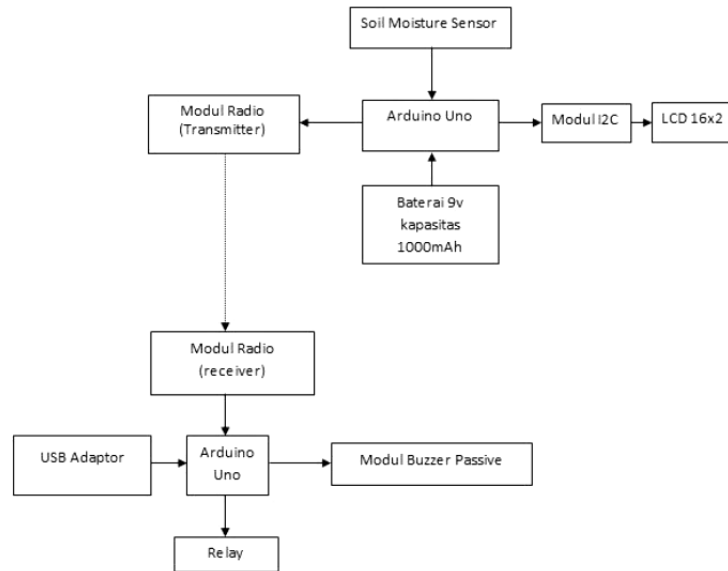
### Metode Penelitian

Perangkat yang dikembangkan pada penelitian ini bisa dibagi menjadi dua bagian yang secara fisik terpisah, yaitu bagian *portable* dan bagian yang menetap. Kedua bagian yang terpisah akan berkomunikasi secara nirkabel dengan menggunakan transmisi gelombang elektromagnetik pada frekuensi radio. Bagian *portable* akan terdiri dari sensor pengukur kelembaban tanah yang dilengkapi dengan pengolah sinyal dan transmitter sinyal. Sedangkan bagian yang menetap akan terdiri dari receiver sinyal, pengolah sinyal, dan relay yang akan menyalakan atau mematikan pompa air.

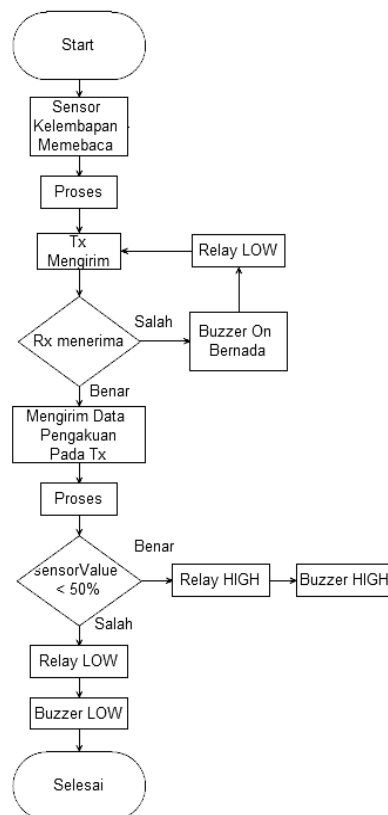
Blok diagram perangkat diperlihatkan pada Gambar 1, bagan alir kerja sistem diperlihatkan pada Gambar 2, sedangkan disain rangkaian elektronik antar komponen diperlihatkan pada Gambar 3. Pada bagian perangkat *portable*, perangkat tersebut menggunakan mikrokontroler Arduino uno untuk pengolahan sinyalnya. Komponen sensor kelembaban tanah FC-28 akan mengirimkan sinyal hasil pengukuran kelembaban tanah ke mikrokontroler untuk diolah. Hasil pengukuran tersebut kemudian ditampilkan pada layar *LCD* dan juga ditransmisikan melalui udara oleh modul transmitter NRF24L01. Sumber energi pada perangkat ini akan menggunakan baterai 9volt dengan kapasitas 1000mA.

Perangkat tetap akan terdiri dari komponen receiver NRF24L01, mikrokontroler Arduino Nano sebagai pengolah sinyal, *relay* sebagai sakelar otomatis pompa air, dan dilengkapi dengan *buzzer* sebagai alat notifikasi, serta menggunakan adaptor listrik sebagai sumber energinya. Sinyal yang dikirimkan dari perangkat *portable* akan diolah oleh Arduino. Jika terdeteksi hasil pengukuran sensor menunjukkan kelembaban tanah di bawah titik acuan,

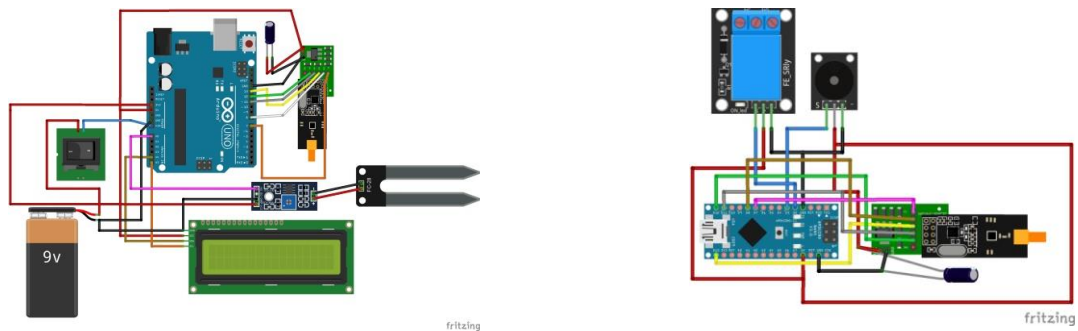
maka Arduino akan menyalakan *relay*, jika nilai sensor kelembaban sudah mencapai titik acuan, Arduino akan mematikan *relay*. *Buzzer* pada perangkat ini digunakan untuk pemberian tanda dengan pola dengung yang berbeda untuk kondisi yang berbeda, kegagalan tansmisi sinyal dan kondisi *relay*.



Gambar 1. Blok diagram rancangan sensor kelembaban tanah nirkabel untuk irigasi otomatis.



Gambar 2. Bagan alir prinsip kerja sistem.



(a) Rangkaian elektronik perangkat bergerak

(b) Rangkaian elektronik perangkat menetap

Gambar 3. Disain rangkaian elektronik komponen-komponen penyusun perangkat

### Hasil dan Pembahasan

Perangkat sensor nirkabel untuk irigasi otomatis yang dibuat pada penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 4, dengan (a) bagian bergerak dan (b) bagian menetap. Rangkaian elektronik perangkat ditempatkan pada kotak plastik dengan mika bening pada bagian atas kotak. Mika bening pada kotak memungkinkan hasil pengukuran kelembaban tanah yang ditampilkan pada LCD bisa terbaca oleh pengguna.

(a) Piranti sensor bergerak (*mobile*)(b) Piranti menetap (dengan *relay*)

Gambar 4. Tampilan fisik perangkat sensor nirkabel untuk irigasi otomatis (a) bagian bergerak dan (b) bagian menetap.

### Pengujian kemampuan transmisi sinyal dari perangkat bergerak (*mobile*) ke perangkat diam.

Uji coba dilakukan untuk mengukur kemampuan perangkat dalam proses transmisi sinyal melalui gelombang elektromagnetik. Pengujian dilakukan dengan berbagai jarak pengukuran sampai sejauh 100 meter. Pengujian juga dilakukan untuk melihat pengaruh adanya rintangan dalam transmisi sinyal. Perbandingan kemampuan transmisi data hasil pengukuran di perlihatkan pada Tabel 1. Perbandingan dilihat dari adanya sinyal tertangkap oleh *receiver* dan waktu pengiriman data antara *transmitter* dan *receiver*, pada lokasi dengan rintangan dan lokasi relatif bebas rintangan. Rintangan yang dimaksud adalah adanya pepohonan di lokasi.

Hasil uji coba memperlihatkan pada lokasi bebas rintangan, sampai sejarak 100 meter, komunikasi data antara *transmitter* dan *receiver* masih bisa berlangsung. Meskipun demikian, waktu pengiriman sinyal semakin lama dengan besarnya jarak. Pada jarak 10 – 70 meter, waktu pengiriman di sekitar 1 – 3 detik. Waktu yang dibutuhkan semakin lama dengan waktu 3 detik saat jarak 80 meter, dan pada jarak 90 dan 100 meter memerlukan waktu 8 dan 7 detik. Pada lokasi dengan rintangan beberapa pohon tinggi, sampai pada jarak 60 meter, komunikasi data antara *transmitter* dan *receiver* masih bisa berlangsung, dengan rata-rata waktu pengiriman sinyal yang lebih lama dibandingkan pada lokasi tanpa rintangan. Mulai pada jarak 70 meter, sinyal yang dipancarkan oleh *transmitter* tidak lagi tertangkap oleh *receiver*. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor nirkabel yang dibuat pada penelitian ini lebih tepat diterapkan pada area persawahan dari pada area perkebunan dengan pohon-pohon yang tinggi.

Tabel 1. Hasil pengujian keberhasilan pengiriman data hasil pengukuran sensor

No.	Jarak (meter)	Waktu pengiriman dari transmitter ke receiver (detik)	
		Lokasi dengan rintangan	Lokasi bebas rintangan
1	10	2	2
2	20	2	1
3	30	2	2
4	40	10	1
5	50	20	2
6	60	7	1
7	70	-	2
8	80	-	3
9	90	-	8
10	100	-	7

### Pengujian akurasi kerja otomatis sistem

Pengujian ini dilakukan untuk melihat akurasi sistem dari *setting* pengoperasian otomatis *relay* pompa air. Pada uji coba ini, perangkat tetap dihubungkan ke *relay* pompa air, dan saat *receiver* menerima data kelembaban dari hasil pengukuran sensor yang berada pada perangkat *mobile*, sistem akan otomatis menetapkan apakah *relay* pompa mengalirkan air atau tidak. *Setting* nilai pada pengujian ini: nilai kelembaban terukur sensor yang lebih kecil dari 50%, akan mengaktifkan *relay* pompa untuk secara otomatis mengalirkan air, dan jika sama atau lebih besar dari 50%, *relay* pompa akan otomatis mati. Acuan nilai prosentasi kelembaban ditetapkan sebagai berikut, nilai kelembaban 0% adalah nilai saat sensor tidak bersentuhan dengan tanah dan kondisi sensor kering, sedangkan nilai 100% adalah nilai saat sensor dicelupkan ke dalam air.

Hasil 7 kali pengujian dengan jarak *transmitter-receiver* dari 0 – 30meter diperlihatkan pada Tabel 2. Hasil pengukuran memperlihatkan, semakin jauh jarak antara sensor pada perangkat *mobile* dengan *relay* pada perangkat menetap, semakin besar selisih nilai kelembaban antara nilai *setting* nilai kelembaban sistem terukur saat pengujian, Hal ini dikarenakan waktu yang diperlukan untuk mengirim data sensor ke *relay* melalui transmisi nirkabel, semakin lama untuk jarak yang semakin jauh. Hasil pengujian ini juga menunjukkan bahwa sistem otomatis telah bekerja, dimana *relay* akan otomatis hidup saat kelembaban < 50%, dan mati saat nilai kelembaban sensor lebih besar dari nilai *setting* 50%. Meskipun demikian prosentasi selisih nilai kelembaban 18% untuk jarak *transmitter-receiver* sejarak 0meter menunjukkan, tanggap sistem yang lamban, sehingga saat sensor sudah membaca kelembaban data sensor 50%, *relay* tidak segera mati. Dan jika dilihat prosentasi kesalahan yang semakin besar dengan jarak yang semakin jauh, maka peningkatan kecepatan sistem dalam mentransmisikan data merupakan tantangan yang harus diatasi pada penelitian lanjutan.

Tabel 2. Hasil pengujian pengoperasi otomatis pompa berdasar data sensor kelembaban tanah.

Pengujian ke-	Jarak transmitter-receiver (m)	Kelembaban terukur saat relay on (%)	Kelembaban terukur saat relay off (%)	Selisih nilai kelembaban dari nilai setting relay off (%)	Prosentasi kesalahan dari nilai setting (%)
1	0	29	59	9	18
2	5	11	60	10	20
3	10	25	66	16	32
4	15	11	74	14	28
5	20	29	62	12	24
6	25	25	76	26	52
7	30	25	76	26	52

## Kesimpulan

Sensor kelembaban tanah nirkabel untuk keperluan irigasi pertanian yang dikembangkan dalam penelitian ini berjalan sesuai dengan rancangan dan memperlihatkan kinerja yang baik. Komunikasi data hasil pengukuran kelembaban tanah antara perangkat bergerak dengan perangkat menetap dari sepuluh kali pengujian, teruji berhasil terjadi 100%, untuk lokasi tanpa rintangan dengan jarak *transmitter* – *receiver* sampai 100meter. Sedangkan pengujian pada lokasi dimana terdapat rintangan pepohonan tinggi, keberhasilan transmisi data hasil pengukuran sensor teruji 60% dari 10 kali pengujian dengan jarak 10 – 100meter. Waktu pengiriman data untuk lokasi tanpa rintangan berkisar dari 1- 2 detik untuk jarak antar perangkat sampai 70 meter. Untuk jarak 80 – 100 meter, waktu pengiriman data berkisar 3 – 8 detik. Pada lokasi dengan rintangan, waktu yang dibutuhkan untuk transmisi data relative lebih lama, dan tidak mampu mengirimkan data mulai dari jarak sejauh 70 meter. Hasil ini menunjukkan sensor yang dikembangkan lebih tepat untuk digunakan pada area persawahan dari pada area perkebunan dengan pepohonan yang tinggi. Uji coba kinerja otomasi sistem, memperlihatkan sistem sudah bisa bekerja secara otomatis menyalakan atau mematikan pompa air berdasar data kelembaban sensor. Meskipun demikian, prosentasi kesalahan nilai kelembaban sistem dari nilai *setting* untuk otomasi kerja *relay* menunjukkan kinerja sistem yang perlu ditingkatkan dalam hal kecepatan pengiriman data pada penelitian selanjutnya.

## Daftar Pustaka

- Arifin, R., Malyadi, M., Kurniawan, E., & Rosyidin, Z. U. (2020). Upaya Peningkatan Efektifitas Pengairan Sawah dengan Sistem Kontrol Pompa Air Listrik. *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(2), 228–234. <https://doi.org/10.31849/dinamisia.v3i2.3245>
- Bhoi, A., Nayak, R. P., Bhoi, S. K., Sethi, S., Panda, S. K., Sahoo, K. S., & Nayyar, A. (2021). IoT-IIRS: Internet of Things based intelligent-irrigation recommendation system using machine learning approach for efficient water usage. *PeerJ Computer Science*, 7, 1–15. <https://doi.org/10.7717/PEERJ-CS.578>
- Fitri, H. Z. (2017). *Pengelompokan dan pemetaan wilayah kecamatan di kabupaten ponorogo berdasarkan potensi sektor pertanian menggunakan analisis kluster*, Tugas Akhir, Departemen Statistik Bisnis, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Hadgu, L. T., Nyadawa, M. O., Mwangi, J. K., Kibetu, P. M., & Mehari, B. B. (2014). Application of Water Quality Model QUAL2K to Model the Dispersion of Pollutants in River Ndarugu, Kenya. *Computational Water, Energy, and Environmental Engineering*, 03(04), 162–169. <https://doi.org/10.4236/cweee.2014.34017>
- Nurdin, H., Hasanuddin, Irzal, (2017). No Title. *Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPM UNIMED 2017*, 104–109.
- Irmak, S., & Rathje, W. (2008). *Oxygen Content and Microbial Activities Under Wet Soil Conditions*. <https://cropwatch.unl.edu/documents/g1904.pdf>
- Keswani, B., Mohapatra, A. G., Mohanty, A., Khanna, A., Rodrigues, J. J. P. C., Gupta, D., & de Albuquerque, V. H. C. (2019). Adapting weather conditions based IoT enabled smart irrigation technique in precision agriculture mechanisms. *Neural Computing and Applications*, 31(1), 277–292. <https://doi.org/10.1007/s00521-018-3737-1>
- Li, Y., Li, J., Gao, L., & Tian, Y. (2018). Irrigation has more influence than fertilization on leaching water quality and the potential environmental risk in excessively fertilized vegetable soils. *PLoS ONE*, 13(9), 1–23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204570>
- Rohmah, R. N., Rahmaddi, R. (2021). Sistem Keamanan dan Pengairan Ladang Pertanian Berbasis IoT. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 21(2), 95–102.
- Rohmah, R. N., Supriyono, H., Supardi, A., Asyari, H., Rahmaddi, R., & Oktafianto, Y. (2021). IoT Application on Agricultural Area Surveillance and Remote-controlled Irrigation Systems. *2021 9th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)*, 522–527. <https://doi.org/10.1109/ICoICT52021.2021.9527438>
- Ronak, A. B., & Madad, A. S. (2018). Solar Powered Irrigation System for Agriculture based on Moisture Content in the Field and Saving Energy and Water with Optimum Designing. *Asian Journal of Engineering, Sciences & Technology*, 8(1). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32397.90085>
- Singh, S. S. (2019). Smart Irrigation System Using IOT. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(12S), 183–186. <https://doi.org/10.35940/ijitee.11054.10812s19>