

Mikro-Irigasi Cerdas dengan Sprinkler Menggunakan Fuzzy Logic Pada Lahan Terbatas Untuk Pertanian 4.0

Abdul Haris¹, Hengki Sikumbang², L.M Syahrul Anwar³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Institut Teknologi PLN, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Sep 19, 2021

Revised Nov 17, 2021

Accepted Dec 9, 2021

Keywords:

Smart Micro Irrigation

Sprinkler Irrigation

Fuzzy Logic

Sugeno Inference

ABSTRACT

Most irrigation systems in Indonesia use surface irrigation systems or conventional irrigation, which are still heavily influenced by the earth's gravity, making it very difficult to manage and monitor. While current technological developments are almost evenly distributed throughout Indonesia with an already very good internet network so that it can be used to support the agricultural 4.0 system. In this study, researchers used intelligent computing technology on micro-irrigation with Fuzzy Logic algorithm and Sugeno inference to decide when irrigation water is distributed to the sprinkler irrigation system based on a predetermined range value, then the results are evaluated to see the accuracy of the resulting model. In this study, testing has been carried out with an accuracy level of 100% or with an error value of 0%, this is possible because it uses a range value. The purpose of this research is to produce smart micro-irrigation technology that can be used on limited land and lack of water so that it can help facilitate the work of farmers.

Copyright © 2021 Universitas Indraprasta PGRI.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Abdul Haris

Universitas Indraprasta PGRI,

JL. Lingkar Luar Barat Duri Kosambi Cengkareng Jakarta Barat 11750

Email: harismwakang@sttpln.ac.id

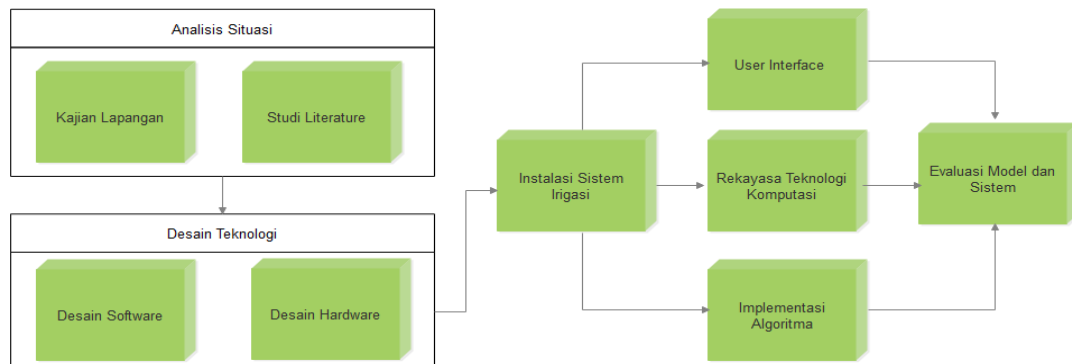
1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki dua musim yakni musim hujan dan musim kemarau yang tiap tahun datang silih berganti kondisi ini yang membuat Indonesia mayoritas kesulitan dalam mengoptimalkan lahannya menjadi produktif, terlebih di wilayah bagian timur Indonesia yang rata-rata panas dengan tekanan sinar matahari mencapai 4,8 kWh/m² [1]–[3] hal ini menyebabkan lahan menjadi kering dan beragam komoditas tanaman sangat sulit tumbuh dengan kondisi tersebut, disamping itu ketersediaan DAM/Bendungan sangat terbatas menyebabkan para pemilik lahan banyak yang tidak bisa memanfaatkan lahannya dampaknya tingkat kemiskinan mencapai 10,64 persen [4], [5] karena terbatasnya penghasilan menyebabkan pengangguran juga meningkat sampai ditahun 2020 [6], selain itu tingkat masyarakat yang putus sekolah juga meningkat mencapai 5 persen per tahun 2020 [7] mengingat sebagian besar penduduk Indonesia yang merupakan petani. Salah satu solusi yang menjadi pekerjaan rumah bagi pemerintah dan pemegang kebijakan dapat mendorong dan meningkatkan pendapatan melalui pertanian karena aset dan sumber daya yang luar biasa Indonesia ada pada bidang ini pemanfaatan teknologi modern dan terkomputerisasi dapat menjadi solusi yang tepat bagi para petani saat ini mengingat infrastruktur lain seperti internet sudah hampir merata di Indonesia dan sudah mencapai pertumbuhan 16 persen dari tahun sebelumnya diseluruh Indonesia baik di wilayah barat, tengah dan timur Indonesia dengan penetrasi mencapai 73,7 persen ditahun 2021 [8] hal ini dapat menjadi peluang teknologi tersebut untuk dimanfaatkan sebagai infrastruktur pertanian yang cerdas. Hal ini telah dilakukan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan menerapkan metode Fuzzy dengan inference Mamdani telah dilakukan berupa simulasi model dengan menggunakan Matlab dan Simulink sehingga hal tersebut dirasa perlu untuk dilakukan penelitian membangun teknologi mikro irigasi untuk kebutuhan pertanian terbatas yang diujikan pada lahan tertutup dengan sistem irigasi Sprinkler, sistem irigasi sangat baik dan dapat dimanajemen dengan memanfaatkan Algoritma *Fuzzy Logic* [9]–[12] dengan *Inference System* pendekatan ini digunakan karena output dari penelitian ini hanya ada 2 yakni aktuator dibuka atau ditutup dan

para petani dapat memonitoring kondisi lahan dan mengatur sistem irigasi yang digunakan dengan mudah melalui perangkat teknologi yang dimiliki oleh masyarakat sendiri [13]–[15] adapun tujuan penelitian ini adalah menghasilkan teknologi irigasi cerdas dengan memanfaatkan lahan terbatas dengan menggunakan sistem komputasi cerdas, manfaatnya dapat membantu dan mempermudah masyarakat untuk melakukan monitoring lahan dan tanaman sehingga lahan tanpa bergantung pada kondisi musim hal ini dapat menjadi solusi buat masyarakat yang saat ini menggunakan sistem pertanian konvensional yang sangat bergantung pada musim

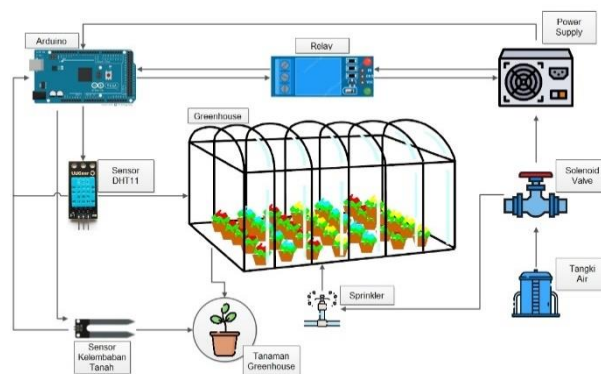
2. METODE

Dalam penelitian ini yang telah dilakukan telah dilalui beberapa tahapan seperti pada diagram dibawah ini:



Gambar 1 Tahapan Penelitian

Kajian yang dilakukan pada penelitian ini adalah berfokus pada sistem irigasi pada lahan terbatas sehingga dapat dikatakan sebagai irigasi mikro adapun tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah (1) melakukan kajian lapangan dan studi literatur untuk melihat kondisi yang sesungguhnya yang terjadi di masyarakat hal ini dilakukan di tiga lokasi yang berbeda dan intensitas hujan dan sumber irigasi yang memadai yakni di daerah Cikujang Garut Jawa Barat yang dengan intensitas hujan lebih tinggi dan sistem irigasi yang sudah baik, kemudian dilakukan kajian di Nusa Tenggara Barat di dua lokasi yang berbeda yakni di wilayah pulau Lombok yang memiliki cuaca yang cenderung sedang dan dengan sistem irigasi yang memadai dan cukup baik sedangkan lokasi yang ketiga di wilayah pulau Sumbawa dengan cuaca yang cukup panas dan sistem irigasi pertanian yang belum baik namun daerah ketiga ini lahan pertanian masih sangat luas sehingga potensi penerapan irigasi ini sangat potensial karena selain lahan yang cukup luas juga infrastruktur lain seperti jaringan internet dan teknologi lain juga sudah baik. (2) tahapan selanjutnya adalah membangun desain teknologi dengan menentukan luas lahan 100 meter persegi sebagai lahan percobaan hal ini dilakukan karena keterbatasan sumberdaya teknologi (3) melakukan instalasi teknologi irigasi Sprinkler dengan menentukan jarak pipa Sprinkler sejauh 4 meter dengan masing-masing titik Sprinkler sejauh 2 meter karena ini merupakan jarak ideal sprinkler mini. (4) kemudian tahapan berikutnya adalah merancang dan membangun teknologi komputasi sebagai otak dari sistem irigasi cerdas ini, dengan memasang sensor di tiap titik dengan jarak 4 meter yang dihubungkan dengan mikrokontroler sebagai penggerak aktuator yang terdapat pada pipa yang berada pada sumber air (5) kemudian tahapan akhir adalah melakukan evaluasi model ini dilakukan



guna untuk melihat tingkat ketepatan yang disesuaikan dengan kebutuhan tanah. Berikut adalah desain teknologinya:

Gambar 2 Konsep Teknologi Lahan Terbatas

Dari konsep teknologi diatas dapat dilihat beberapa teknologi yang dibutuhkan ada sensor sebagai perangkat yang berfungsi sebagai alat untuk mendapatkan kondisi kelembaban tanah yang dipasang pada jarak 4 meter yang terhubung dengan mikrokontroler Arduino sebagai pengendali perangkat kemudian mikrokontroler tersebut juga terhubung ke *power supplay* melalui relay untuk mengaktifkan Solenoid Valve sebagai Aktuator buka tutup distribusi Air dari tanki air. Pada mikrokontroler telah di instal sistem komputasi fuzzy logic. Pada proses pengambilan data langkah pertama adalah menentukan index kelembaban tanah terlebih dahulu dengan ketentuan sebagai berikut [1]:

Tabel 1 Indeks Kelembaban Tanah

No	Indeks	Value
1	Kering	0 – 25
2	Sedang	26 – 50
3	Lembab	51 – 75
4	Basah	76 – 100

Dari tabel diatas ditentukan indeks untuk memberikan batasan saat membuat aturan fuzzy sebelum dilakukan proses komputasi. Nilai indeks tersebut akan menjadi parameter pembanding nilai sensor apa penentuan aturan Fuzzy-nya. Selain menentukan nilai indeks juga ditentukan nilai keanggotaan suhu sebagai parameter pembanding dari sensor suhu yang terhubung pada mikrokontroler. Adapun nilainya seperti yang terdapat pada tabel 2 dibawah ini [1]:

Tabel 2 Nilai Keanggotaan Suhu

No	Keanggotaan	Suhu
1	Dingin	≤ 23
2	Medium	23 – 26
3	Panas	27 – 40

Setelah ditentukan nilai indeks kelembaban tanah dan nilai keanggotaan suhu kemudian ditentukan aturan fuzzy-nya. Parameter-parameter tersebut digunakan dalam perhitungan di dalam penelitian dan digunakan sebagai data training. Adapun untuk aturan fuzzy nya dengan menggunakan pernyataan *IF A is a and B is b THEN C is c*. Aturan diatas digunakan untuk menentukan *Linguistic Variable* dan *Fuzzy Value*-nya, yang diperlukan untuk melakukan *reasoning* atau inferensi biasanya direpresentasikan dengan aturan *IF – THEN* seerti diatas aturan ini dibuat oleh *expert* atau berdasarkan *knowledge* yang dimiliki. Kemudian tahap selanjutnya adalah melakukan proses *Fuzzification* atau Fuzzifikasi yakni mengubah nilai *Crisp* menjadi nilai *Fuzzy* dengan menggunakan aturan $\mu_A(a)$, $\mu_A(b)$, $\mu_B(a)$, $\mu_B(b)$. Pada penelitian ini menggunakan inference Sugeno sehingga tahapan agregasi dan defuzzifikasi menjadi satu proses dengan menghitung output menggunakan persamaan berikut.

$$Output = \frac{\sum_{i=1}^n w_i z_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

Dari persaman diatas nilai w_i merupakan nilai rata-rata bobot dan nilai z_i merupakan nilai prediksi sehingga hasil persamaan diatas menjadi penentu kondisi solenoid volve di buka atau ditutup sehingga dapat menyesuaikan dengan kondisi tanah. Namun sebelum diimplementasi pada teknologi irigasi model yang telah dibangun harus di lakukan evaluasi terlebih dahulu untuk melihat apakah model yang telah dibuat tersebut dapat digunakan dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan butuhan lahan atau tidak dengan menggunakan persamaan berikut

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=0}^n (X_t - F_t)^2}$$

Persamaan diatas digunakan untuk melakukan evaluasi model yang telah dibuat dengan melihat nilai error dari model, makin kecil error madel maka makin baik model yang telah dibuat sehingga dianggap sudah layak

untuk diimplementasikan dan di uji kembali dilingkuungan yang sesungguhnya. Dimana nilai Xt adalah nilai aktual yang diperoleh dari nilai sensor dan nilai Ft adalah nilai peramalanya serta n adalah jumlah data yang diperoleh saat melakukan pengujian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini adapun data yang telah diperoleh adalah data yang diperoleh dari kelembaban tanah dan data yang diperoleh dari kondisi suhu yang ada dilokasi penelitian adapun kelembaban tanah diperoleh dengan rentang nilai 0 – 100 dan untuk data suhu dengan rentang antara nilai 0 – 40 nilai rentang tersebut yang diperoleh dari sensor kelembaban tanah dan kondisi suhu yang ada dilingkuungan uji coba yang menjadi nilai input untuk menentukan aturan Fuzzy-nya dengan output nilai 0 dan 1 sebagai representasi Solenoid Valve terbuka atau tertutup. Pada percobaan yang dilakukan maka diperoleh data seperti yang tersaji dalam tabel dibawah ini:

Tabel 3 Data Percobaan Teknologi

Nilai Sensor	Kelembaban Tanah	Suhu Udara (°C)
1004	3,0	31,0
1004	3,0	31,0
931	16,0	31,0
876	26,0	31,0
791	41,0	31,0
556	83,0	31,0
462	100	31,0
489	95	31,0
521	89	31,0
529	88	31,0

Dari data yang diperoleh diatas maka akan dibuat aturan Fuzzy nya dengan kondisi seperti yang tersaji dalam tabel berikut.

Tabel 4 Aturan Fuzzy

	Kelembaban		Suhu Udara		Output
IF	Kering	AND	Panas	THEN	Penyiraman
IF	Kering	AND	Medium	THEN	Penyiraman
IF	Kering	AND	Dingin	THEN	Penyiraman
IF	Sedang	AND	Panas	THEN	Penyiraman
IF	Sedang	AND	Medium	THEN	Penyiraman
IF	Sedang	AND	Dingin	THEN	Penyiraman
IF	Lembab	AND	Panas	THEN	Berhenti
IF	Lembab	AND	Medium	THEN	Berhenti
IF	Lembab	AND	Dingin	THEN	Berhenti
IF	Basah	AND	Panas	THEN	Berhenti
IF	Basah	AND	Medium	THEN	Berhenti
IF	Basah	AND	Dingin	THEN	Berhenti

Dari tabel 4 diatas diperoleh 12 kombinasi inputan dengan 4 kategori untuk kelembaban dan untuk suhu memiliki 3 kategori dengan menggunakan operator AND sebagai notasi dengan masing-masing akan mengasilkan output 2 jenis yakni Penyiraman dan berhenti. Kemudian tahap selanjutnya adalah mencari himpunan fuzzy-nya berdasarkan data yang telah diperoleh sebelumnya. Dari hasil penelitian ini telah dilakukan uji coba model yang didasarkan data yang telah diperoleh sebelumnya seperti pada tabel 3 maka langkah yang dilakukan terlebih dahulu dilakukan proses konversi nilai agar menjadi nilai yang distandarkan dengan menggunakan persamaan berikut

$$kelembaban = -\frac{100}{558} * (sensor_value - max_value)$$

Hingga selanjutnya adalah menentukan himpanan fuzzy-nya dengan menggunakan persamaan dibawah ini dengan nilai x dinyatakan sebagai nilai sensor yang diperoleh selama percobaan, sementara 26 merupakan nilai medium yang diambil pada nilai standar indeksnya

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x \geq \text{nilai indeks} \\ 1 & ; 0 \leq x \leq \text{nilai ambang} \\ \frac{(\text{nilai indeks} - x)}{(\text{nilai indeks} - \text{nilai ambang})} & ; \text{nilai ambang} < x < \text{nilai indeks} \end{cases}$$

Kemudian dari hasil percobaan tersebut mendapatkan nilai μ yang digunakan untuk menentukan nilai keanggotaan yang diperoleh. Kemudian hasilnya akan dimasukkan kedalam aturan fuzzy nya dengan ketentuan seperti berikut dengan mengambil nilai minimum

$$\alpha - \text{predikat}_n = \mu_{kering} \cap \mu_{panas}$$

Setelah diperoleh hasil maka dilakukan proses defuzzyfikasi dengan menggunakan agregasi sugeno, dengan persamaan berikut

$$\text{Output} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i z_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

Sehingga diperoleh hasil kapan aktuator solenoid valve tersebut akan terbuka dan kapan akan tertutup. Dalam penelitian ini telah dilakukan percobaan sebanyak 10 kali percobaan dengan data seperti yang tersaji dalam tabel 3 diatas, kemudian tahapan berikutnya adalah melakukan evaluasi model dengan menggunakan Root Mean Square Error (RMSE) pendekatan ini digunakan untuk mengetahui tingkat error dari model yang telah dibangun sebelum di uji coba pada lingkungan yang sesungguhnya. Adapun hasil pengujiannya tersaji dalam tabel berikut

Tabel 5 Hasil Pengujian Kelembaban

Kelembaban	Kategori	X_t	F_t	$Xt - Ft$	Keterangan
3,0	Kering	25	25	0	Sesuai
16,0	Kering	25	25	0	Sesuai
41,0	Sedang	50	50	0	Sesuai
100	Basah	100	100	0	Sesuai
89	Basah	100	100	0	Sesuai

Tabel 6 Hasil Pengujian Suhu

Suhu Udara (°C)	Kategori	X_t	F_t	$Xt - Ft$	Keterangan
31,0	Panas	40	40	0	Sesuai
31,0	Panas	40	40	0	Sesuai
31,0	Panas	40	40	0	Sesuai
31,0	Panas	40	40	0	Sesuai
31,0	Panas	40	40	0	Sesuai

Dari hasil pengujian diperoleh dengan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) diperoleh hasil yang optimal atau 0 persen error, ini wajar terjadi karena pada penentuan nilai menggunakan nilai rentang sehingga berapapun nilai yang diperoleh pasti akan masuk dalam rentang yang telah ditentukan. Dari hasil penelitian ini dibuat adalah menghasilkan aplikasi web sebagai perangkat monitor dan kendali yang adaptif dilakukan oleh sistem tanpa harus ada campur tangan petani berikut adalah hasil monitoring yang telah diperoleh



Gambar 3 Hasil monitoring pada Aplikasi Mikro Irigasi Cerdas

4. PENUTUP

Adapun yang dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah dengan melihat kondisi bangsa saat ini yang memiliki potensi yang sangat luar biasa dan memiliki sumberdaya yang melimpah khususnya dibidang pertanian sekali pun berada pada wilayah tropis justru itu menjadi kekuatan untuk membangun bangsa dengan intensitas cahaya matahari mencapai rata – rata 4,2 kWh/ meter persegi diseluruh indonesia hal ini dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan pertanian dengan memanfaatkan teknologi komputasi untuk memanajemen potensi itu dengan memanfaatkan tenaga surya untuk menjadi sumber energi untuk memenuhi kebutuhan irigasi yang mandiri. Dari model yang diuji coba pada penelitian telah dilakukan pada lahan yang terbatas dengan melakukan uji coba sebanyak 10 kali kemudian data tersebut dimasukkan kedalam model yang sebelumnya telah diberikan nilai rentang dengan ketentuan berdasarkan nilai indeks sehingga dapat menghilangkan nilai error. Pada penelitian ini menghasilkan sebuah model yang dapat diimplementasi dan di ujicoba pada lahan yang sesungguhnya, pengujian model ini menghasilkan nilai error 0 % dengan nilai akurasi mencapai 100% karena menggunakan nilai rentang yang sudah ditentukan berdasarkan pengetahuan pakar. Pengembangan pengetahuan model telah diperoleh dari beberapa lembaga yang memiliki pengetahuan dibidang sistem irigasi. Ketercapaian tujuan yang direncanakan cukup baik namun perlu ada dilakukan pengujian dilingkungan yang sesungguhnya untuk melihat ketepatan dan akurasi yang sesuai dengan kebutuhan lahan dan tanaman. Hal yang perlu dikembangkan pada penelitian ini proses pengujian belum masuk pada pengujian dan kajian terkait dengan kebutuhan air pada komoditas tanaman tertentu masih dilakukan pengujian pada kondisi lahan saja karena kebutuhan air masing-masing komoditas memiliki nilai koefisien yang berbeda sehingga para peneliti akan datang dapat mengambil peluang tersebut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penelitian ini banyak sekali pihak yang terlibat mulai dari proses kajian dan literatur review, studi lapangan, pengumpulan data sampai pada pengujian hasil penelitian ini, sehingga tidak lupa kami selaku peneliti mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada Kemendikbud selaku pendukung utama penelitian ini, kemudian Institut Teknologi PLN yang telah banyak mendukung dalam segala hal, Kebun Balitsa IP2TP Kementerian Pertanian selaku peneliti dan EPTILU sebagai praktisi dan pelaku dibidang pertanian dimana kedua institusi tersebut menjadi tempat peneliti bertanya dan berdiskusi selama melakukan penelitian kemudian teman-teman peneliti diluar dari penulis ada Dinda Aulia Yashinta dan Febi Putri Asri Lestari kami penulis mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya karena telah menjadi rekan terbaik dalam pengumpulan Data selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Haris *et al.*, "Optimasi Sistem Irigasi Lahan Tada Hujan Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization Berbasis Tenaga Surya," *Petir: Jurnal Pengkajian dan Penerapan Teknik Informatika*, vol. 14, no. 1, pp. 45–51, 2020, doi: 10.33322/petir.v14i1.1064.

- [2] A. Haris *et al.*, “Technology Sun Tracking System for Solar Power Plants Base on Recurrent Neural Networks,” Dec. 2020. doi: 10.2991/aer.k.201221.038.
- [3] R. N. Aziza, ; Abdul Haris, ; Budi Prayitno, and E. Putra, “Pengembangan Teknologi Smart Powerplant Untuk Mendukung Sistem Irigasi Lahan Kering menggunakan Metode Learning Vector Quantization,” *KILAT*, vol. 9, no. 2, pp. 192–200, 2020, doi: 10.33322/kilat.v9i2.1126.
- [4] F. Pratama and A. Suhartini, “Torasting (Motor Anti Stunting) Sistem Wirausaha Untuk Upaya Pencegahan Stunting dan Pembukaan Lapangan Pekerjaan Untuk Mewujudkan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan di Daerah Kuningan,” *Syntax Literate ; Jurnal Ilmiah Indonesia*, vol. 5, no. 3, 2020, doi: 10.36418/syntax-literate.v5i3.976.
- [5] S. M. and R. S. Sinukun, “Prediksi Tingkat Kemiskinan Provinsi Gorontalo Menggunakan Metode Gabungan K-Means dan Generalized Regression Neural Network,” *J. ENERGY*, vol. 10, no. 2, 2018.
- [6] S. Rudy and P. Indah, “Pengaruh Inflasi dan Pertumbuhan Ekonomi terhadap Kemiskinan di Indonesia,” *Journal of Applied Business and Economics (JABE)*, vol. 7, no. 9, pp. 271–278, 2020.
- [7] A. Hakim, “FAKTOR PENYEBAB ANAK PUTUS SEKOLAH,” *Jurnal Pendidikan*, vol. 21, no. 2, 2020, doi: 10.33830/jp.v21i2.907.2020.
- [8] Y. Dahono, “Data: Ini Media Sosial Paling Populer di Indonesia 2020-2021,” *beritasatu.com*, 2021.
- [9] T. Izzuddin, “Smart irrigation using fuzzy logic method,” *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 13, no. 2, pp. 517–522, 2018, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?partnerID=HzOxMe3b&scp=85041195315&origin=inward>
- [10] F. S. Ibrahim, D. Konditi, and S. Musyoki, “Smart irrigation system using a fuzzy logic method,” *International Journal of Engineering Research and Technology*, vol. 11, no. 9, 2018.
- [11] R. S. Krishnan, “Fuzzy Logic based Smart Irrigation System using Internet of Things,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 252, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119902.
- [12] B. Alomar, “A Smart Irrigation System Using IoT and Fuzzy Logic Controller,” *ITT 2018 - Information Technology Trends: Emerging Technologies for Artificial Intelligence*, pp. 175–179, 2019, doi: 10.1109/CTIT.2018.8649531.
- [13] H. Yan, X. Hui, M. Li, and Y. Xu, “Development in sprinkler irrigation technology in China*,” *Irrigation and Drainage*. 2020. doi: 10.1002/ird.2435.
- [14] Z. Liang, X. Liu, G. Wen, and X. Yuan, “Influence analysis of sprinkler irrigation effectiveness using ANFIS,” *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, vol. 12, no. 5, 2019, doi: 10.25165/j.ijabe.20191205.5123.
- [15] M. M. J, “Smart scheduling on cloud for IoT-based sprinkler irrigation,” *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, 2020, doi: 10.1108/IJPCC-03-2020-0013.