

FUZZY ASSOCIATION RULE MINING BERBASIS PIVOT TABLE UNTUK PENGENALAN POLA DATA INTERNET OF THING

Wirarama Wedashwara^{1*}, Heri Wijayanto¹, I Wayan Agus Arimbawa²,
Ariyan Zubaidi², Andi Hidayat Jatmika²

¹Program Studi Magister Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

²Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mataram
Jl. Majapahit No.62, Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115

*Corresponding Author Email: wirarama@unram.ac.id

ABSTRAK.

Perangkat Internet of Things (IoT) memiliki data yang bervariasi berdasarkan sensor yang digunakan. Data IoT juga memiliki variasi berdasarkan kondisi lingkungan dan waktu pengambilan data. Fuzzy Association Rule Mining (FARM) adalah implementasi basis data fuzzy pada association rule mining (ARM). Setiap term pada FARM terdiri dari fuzzy membership function bukan diskrit. Sehingga dapat mendiskripsikan kondisi data dengan lebih dinamis. Penelitian mengusulkan implementasi fungsi pivot table pada library pandas Bahasa pemrograman python untuk pembuatan fuzzy rule pada FARM. Pivot table memungkinkan ekstraksi pola fitur data yang unik dan menampilkan jumlahnya secara diskrit. Penelitian dilakukan menggunakan data IoT untuk irigasi tetes bertenaga surya. Fitur dari data IoT mencakup suhu dan kelembaban udara, kelembaban tanah, suhu tanah, intensitas Cahaya, arus dan tegangan pada aki dan panel surya. Evaluasi penelitian menghasilkan 156 rule dari 16000 data. Support tertinggi adalah 0.357 dan support rata-rata adalah 1.256. Sedangkan nilai confidence tertinggi adalah 0.883 dan rata-rata 0.673. Inferensi derajat keanggotaan rule tertinggi adalah 0.673 dan rata-rata 0.102. Penggunaan pivot table menyederhanakan proses ekstraksi rule.

Keyword: Fuzzy association rule mining, internet of things, fuzzy database

1. PENDAHULUAN

Perangkat Internet of Things (IoT) memiliki data yang bervariasi berdasarkan sensor yang digunakan (Hariono et al., 2021; Sodhro et al., 2019). Data IoT juga memiliki variasi berdasarkan kondisi lingkungan dan waktu pengambilan data. Fuzzy Association Rule Mining (FARM) adalah implementasi basis data fuzzy pada association rule mining (ARM) (Kaushik et al., 2021; Wedashwara et al., 2020). Setiap term pada FARM terdiri dari fuzzy membership function bukan diskrit. Metode ini sangat relevan dalam menghadapi perubahan iklim global yang menyebabkan pola hujan tidak menentu dan meningkatkan ketidakpastian dalam ketersediaan air (Enjellina, 2021; Haris et al., 2022; Iskandar et al., 2023).

Sehingga dapat mendiskripsikan kondisi data dengan lebih dinamis. Penelitian mengusulkan implementasi fungsi pivot table pada library pandas Bahasa pemrograman python untuk pembuatan fuzzy rule pada FARM (Al Tahtawi & Kurniawan, 2020; Atmaja & Surantha, 2022; Wedashwara et al., 2020). Pivot table memungkinkan ekstraksi pola fitur data yang unik dan menampilkan jumlahnya secara diskrit. Logika fuzzy memungkinkan sistem memberikan rekomendasi yang adaptif dan fleksibel terkait penggunaan air dalam irigasi berbasis tenaga surya, mendukung praktik pertanian yang lebih cerdas (Farooq et al., 2020; Krishnan et al., 2020).

Penelitian dilakukan menggunakan data IoT untuk irigasi tetes bertenaga surya. Fitur dari data IoT mencakup suhu dan kelembaban udara, kelembaban tanah, suhu tanah, intensitas Cahaya, arus dan tegangan pada aki dan panel surya (Lovarelli et al.,

2020; Sena & Kaiwman, 2022). Penggunaan pivot tabel pada system diharapkan menyederhanakan penerapan fuzzy association rule mining khususnya untuk data dari perangkat IoT.

2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan menggunakan data IoT untuk irigasi tetes bertenaga surya. Fitur dari data IoT mencakup suhu dan kelembaban udara, kelembaban tanah, suhu tanah, intensitas Cahaya, arus dan tegangan pada aki dan panel surya.

Bahan dan Alat

Sumber data penelitian ini berasal dari sensor irigasi tetes di kebun petani di Dusun Amor-Amor, Lombok Utara, yang diambil selama 1-3 bulan dari server lab jaringan dan sistem tertanam. Data mencakup variabel penting seperti intensitas cahaya, suhu dan kelembaban udara, arus dan tegangan panel surya, serta aki, yang berperan dalam pengelolaan irigasi tetes berbasis tenaga surya. Node lingkungan dirancang untuk mengukur kondisi lingkungan, mengunggah data melalui modul GSM, dan menggunakan modul nRF24L01 untuk transmisi nirkabel, dengan perangkat berukuran 5×7 cm yang dilengkapi baterai dan panel surya untuk daya (Wedashwara et al., 2023).

No	Air Temper ature	Air Humidit y	Soil Temper ature	Soil Humi dity	Light	Solar Current	Battery Current	Solar Voltage	Battery Voltage	Status
1	28.38	60	39.42	189	15204	0.233	0.167	104.61	100.22	Overcast Watering
2	28.79	63	33.11	190	15575	0.237	0.134	107.57	103.02	Overcast Watering
3	27.04	56	31.02	143	14053	0.228	0.001	10.167	9.22	Overcast Dry
4	27.75	64	34.53	139	14486	0.24	0.001	10.249	9.374	Overcast Dry
5	28.28	55	33.08	141	14300	0.234	0.001	10.17	9.211	Overcast Dry
6	30.64	58	31.94	201	58465	0.397	0.175	11.554	12.457	Sunny Watering
7	32.28	59	30.64	199	50101	0.405	0.177	12.346	10.576	Sunny Watering
8	30.72	50	32.67	196	60035	0.466	0.164	12.464	11.197	Sunny Watering
9	30.44	54	35.56	135	59985	0.453	0.008	11.752	10.92	Sunny Dry
10	30.32	59	36.14	107	58180	0.483	0.01	12.205	11.79	Sunny Dry

Tabel 2.1 Data Irigasi Tetes

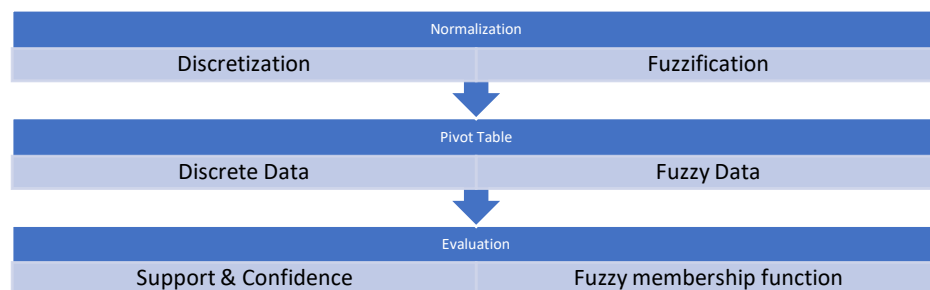
Data dalam tabel di atas merupakan sebagian dari keseluruhan data irigasi tetes berbasis tenaga surya, yang mencakup parameter lingkungan dan teknis seperti suhu udara, kelembaban udara, suhu tanah, kelembaban tanah, intensitas cahaya, serta arus dan tegangan dari panel surya dan aki. Status irigasi, yang terklasifikasi sebagai "mendung siram," "mendung kering," "cerah siram," dan "cerah kering," memberikan informasi penting tentang kondisi saat pengukuran, yang mendukung pengelolaan irigasi yang lebih efisien.

Prosedur Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian mencakup tiga tahap yaitu normalization, pivot table dan evaluation seperti ditunjukkan pada gambar 2.1. Pada proses normalization terbagi dua yaitu discretization dan fuzzification (Chanal et al., 2021). Discretization mengubah variabel kontinu menjadi diskrit. Sedangkan pada fuzzification mengubah data kontinu menjadi fuzzy.

Pada proses pivot table terbagi menjadi dua tahap ekstraksi data yaitu diskrit data dan fuzzy data. Masing-masing data terbagi berdasarkan nilai midian, submidian, minimum dan maksimum dari data. Sehingga setiap data terbagi menjadi 3 bagian.

Proses terakhir adalah proses evaluasi. Pada proses evaluasi bagian diskrit dilakukan menggunakan support dan confidence yaitu evaluasi ARM. Pada bagian fuzzy dilakukan dengan menghitung fuzzy membership function.



Gambar 2.1

Teknik Analisis Data

Berikut merupakan metode pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini (Cui et al., 2021; Magalhães et al., 2022):

- 1) Planning. Melakukan Literature Review untuk mengumpulkan informasi dan Data Collection untuk mengumpulkan data yang diperlukan.
- 2) Analysis: Melakukan System Analysis untuk mengevaluasi kebutuhan pengguna dan Fuzzy Logic Analysis untuk menganalisis data menggunakan metode logika fuzzy.
- 3) Design: Tahap ini focus pada System Design, termasuk pembuatan Arsitektur Sistem, Use Case Diagram dan Activity Diagram untuk menggambarkan interaksi dan alur kerja sistem
- 4) Implementation: Tahap ini melibatkan penerjemahan hasil desain ke dalam bahasa pemrograman. Aplikasi web dikembangkan menggunakan Python dan Flask, dengan pengeditan kode dilakukan di Visual Studio Code.
- 5) Testing: Menguji sistem untuk memastikan fungsi berjalan dengan baik. Penggunaan Pivot Table dapat digunakan untuk analisis data hasil pengujian.
- 6) Conclusion: Menyusun kesimpulan dari hasil proyek dan memberikan saran untuk pengembangan atau perbaikan di masa mendatang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah data diolah untuk menentukan dan mengetahui membership fuzzy, data juga didiskretisasi untuk mengidentifikasi pola diskrit dan mengetahui frekuensi terbanyak pada setiap status, yaitu mendung siram, mendung kering, cerah siram, dan cerah kering, sebagai hasil pengujian sistem.

Data Mendung Siram

Tabel 3.1 Cloudy Watering Data

No	Air Temperature	Air Humidity	Soil Temperature	Soil Humidity	Light	Solar Current	Battery Current	Solar Voltage	Battery Voltage	Status	Frequency
1	cool	dry	warm	moderate	dark	low	maximum	high	maximum	Overcast Watering	607
2	warm	dry	warm	moderate	dark	low	maximum	high	maximum	Overcast Watering	582
3	cool	dry	warm	moderate	dark	low	moderate	high	maximum	Overcast Watering	555
4	cool	dry	moderate	moderate	dark	low	maximum	high	maximum	Overcast Watering	531
5	warm	dry	warm	moderate	dark	low	moderate	high	maximum	Overcast Watering	501

Berdasarkan tabel, kombinasi kondisi lingkungan dengan frekuensi tertinggi yang menyebabkan penyiraman saat mendung ("Overcast Watering") adalah ketika suhu udara dingin (cool), kelembaban udara kering (dry), suhu tanah hangat (warm), kelembaban tanah sedang (moderate), intensitas cahaya gelap (dark), arus solar rendah (low), arus aki maksimal (maximum), tegangan solar tinggi (high), dan tegangan aki maksimal (maximum), dengan frekuensi 607 kali. Ini menunjukkan bahwa kombinasi tersebut paling sering terjadi dan memicu sistem untuk melakukan penyiraman dalam kondisi mendung.

Data Mendung Kering

Tabel 3.2. Data Mendung Kering

No	Air Temperature	Air Humidity	Soil Temperature	Soil Humidity	Light	Solar Current	Battery Current	Solar Voltage	Battery Voltage	Status	Frequency
1	cool	humid	warm	humid	dark	low	minimal	weak	low	Overcast Dry	887
2	cool	humid	moderate	humid	dark	low	minimal	weak	low	Overcast Dry	881
3	cool	dry	warm	humid	dark	low	minimal	weak	low	Overcast Dry	823
4	cool	dry	moderate	humid	dark	low	minimal	weak	low	Overcast Dry	672
5	cool	humid	cold	humid	dark	low	minimal	weak	low	Overcast Dry	543

Berdasarkan tabel, kombinasi kondisi lingkungan dengan frekuensi tertinggi yang menyebabkan status mendung kering ("Overcast Dry") adalah ketika suhu udara dingin (cool), kelembaban udara lembab (humid), suhu tanah hangat (warm), kelembaban tanah lembab (humid), intensitas cahaya gelap (dark), arus solar rendah (low), arus aki minimal (minimal), tegangan solar lemah (weak), dan tegangan aki rendah (low), dengan frekuensi 887 kali. Ini menunjukkan bahwa kombinasi tersebut paling sering terjadi dan memicu sistem untuk tidak melakukan penyiraman dalam kondisi mendung.

Data Cerah Siram

3.3. Data Cerah Siram

No	Air Temperature	Air Humidity	Soil Temperature	Soil Humidity	Light	Solar Current	Battery Current	Solar Voltage	Battery Voltage	Status	Frequency
1	warm	humid	cold	dry	cloudy	medium	moderate	sufficient	normal	Sunny Watering	271
2	warm	humid	cold	dry	cloudy	medium	maximum	sufficient	normal	Sunny Watering	260
3	warm	humid	moderate	dry	cloudy	medium	moderate	sufficient	normal	Sunny Watering	242
4	warm	humid	moderate	dry	cloudy	medium	maximum	sufficient	normal	Sunny Watering	237
5	warm	wet	cold	dry	cloudy	medium	moderate	sufficient	normal	Sunny Watering	215

Berdasarkan tabel, kombinasi kondisi lingkungan dengan frekuensi tertinggi yang menyebabkan penyiraman saat cerah ("Sunny Watering") adalah ketika suhu udara hangat (warm), kelembaban udara lembab (humid), suhu tanah dingin (cold), kelembaban tanah kering (dry), intensitas cahaya mendung (cloudy), arus solar sedang (medium), arus aki sedang (moderate), tegangan solar cukup (sufficient), dan tegangan aki normal (normal), dengan frekuensi 271 kali. Ini menunjukkan bahwa kombinasi tersebut paling sering terjadi dan memicu sistem untuk melakukan penyiraman dalam kondisi cerah.

Data Cerah Kering

3.4. Data Cerah Kering

No	Air Temperature	Air Humidity	Soil Temperature	Soil Humidity	Light	Solar Current	Battery Current	Solar Voltage	Battery Voltage	Status	Frequency
1	warm	humid	moderate	moderate	cloudy	medium	moderate	sufficient	normal	Sunny Dry	447

2	wa rm	wet	modera te	moder ate	cloudy	mediu m	modera te	sufficien t	norm al	Sunn y Dry	40 8
3	wa rm	humi d	modera te	humid	cloudy	mediu m	modera te	sufficien t	norm al	Sunn y Dry	31 8
4	wa rm	wet	modera te	humid	cloudy	mediu m	modera te	sufficien t	norm al	Sunn y Dry	27 9
5	hot	humi d	modera te	moder ate	cloudy	mediu m	modera te	sufficien t	norm al	Sunn y Dry	25 5

Berdasarkan tabel, kombinasi kondisi lingkungan dengan frekuensi tertinggi yang menyebabkan status cerah kering ("Sunny Dry") adalah ketika suhu udara hangat (warm), kelembaban udara lembab (humid), suhu tanah sedang (moderate), kelembaban tanah sedang (moderate), intensitas cahaya mendung (cloudy), arus solar sedang (medium), arus aki sedang (moderate), tegangan solar cukup (sufficient), dan tegangan aki normal (normal), dengan frekuensi 447 kali. Ini menunjukkan bahwa kombinasi tersebut paling sering terjadi dan memicu sistem untuk tidak melakukan penyiraman dalam kondisi cerah

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Evaluasi penelitian menghasilkan 156 rule dari 16000 data. Support tertinggi adalah 0.357 dan support rata-rata adalah 1.256. Sedangkan nilai confidence tertinggi adalah 0.883 dan rata-rata 0.673. Inferensi derajat keanggotan rule tertinggi adalah 0.673 dan rata-rata 0.102. Penggunaan pivot table menyederhanakan proses ekstraksi rule. Penggunaan pivot tabel pada system diharapkan menyederhanakan penerapan fuzzy association rule mining khususnya untuk data dari perangkat IoT.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Al Tahtawi, A. R., & Kurniawan, R. (2020). PH control for deep flow technique hydroponic IoT systems based on fuzzy logic controller. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 8(4). <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2020.13822>
2. Atmaja, P., & Surantha, N. (2022). Smart hydroponic based on nutrient film technique and multistep fuzzy logic. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 12(3). <https://doi.org/10.11591/ijece.v12i3.pp3146-3157>
3. Chanal, D., Steiner, N. Y., Chamagne, D., & Pera, M.-C. (2021). Impact of standardization applied to the diagnosis of LT-PEMFC by Fuzzy C-Means clustering. *2021 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)*, 1–6.
4. Cui, Y., Hanyu, H. E., Pedrycz, W., & Li, Z. (2021). Designing Distributed Fuzzy Rule-Based Models. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 29(7), 2047–2053. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2020.2984971>
5. Enjellina, D. (2021). Effect of Duration and Interval of Drip Irrigation System on Growth and Yield of Pakcoy Mustard (*Brassica rapa L. Ssp. Chinensis*). 2.
6. Farooq, M., Hussain, A., Hashim, S., Yang, L., & Ali, M. (2020, November 27). Automated Irrigation System based on irrigation gates using fuzzy logic. *2020 International Conference on Internet of Things and Intelligent Applications, ITIA 2020*. <https://doi.org/10.1109/ITIA50152.2020.9312344>
7. Hariono, T., Putra, C., & Hasbullah, K. A. W. (2021). Data Acquisition for Monitoring IoT-Based Hydroponic Automation System Using ESP8266. *Jurnal NEWTON (Networking and Information Technology)*, 1(1).
8. Haris, A., Anggraini, N., & Sikumbang, H. (2022). SMART IRRIGATION TECHNOLOGY ON DRIP IRRIGATION SYSTEM WITHANT COLONY OPTIMIZATION ALGORITHM. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 9(6), 1289–1296. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2022955871>

9. Iskandar, M. J., Hasanah, H. I. L., Prasetyowati, R. E., & Anwar, M. (2023). Efficiency of Solar Power Generation System Application on Agricultural Automatic Drip Irrigation in Indonesia. *Jurnal Ilmiah Membangun Desa Dan Pertanian*, 8(4), 146–154. <https://doi.org/10.37149/jimdp.v8i4.589>
10. Kaushik, M., Sharma, R., Peious, S. A., Shahin, M., Yahia, S. Ben, & Draheim, D. (2021). A Systematic Assessment of Numerical Association Rule Mining Methods. In *SN Computer Science* (Vol. 2, Issue 5). <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00725-2>
11. Krishnan, R. S., Julie, E. G., Robinson, Y. H., Raja, S., Kumar, R., Thong, P. H., & Son, L. H. (2020). Fuzzy Logic based Smart Irrigation System using Internet of Things. *Journal of Cleaner Production*, 252. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119902>
12. Lovarelli, D., Bacenetti, J., & Guarino, M. (2020). A review on dairy cattle farming: Is precision livestock farming the compromise for an environmental, economic and social sustainable production? *Journal of Cleaner Production*, 262, 121409.
13. Magalhães, B., Gaspar, P. D., Corceiro, A., João, L., & Bumba, C. (2022). Fuzzy Logic Decision Support System to Predict Peaches Marketable Period at Highest Quality. *Climate*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/cli10030029>
14. Sena, P., & Kaiwman, B. (2022). The Use of Internet of Things technology to develop a smart farm prototype for pig farming. *SNRU Journal of Science and Technology*, 14(3). <https://doi.org/10.55674/snrujst.v14i3.245673>
15. Sodhro, A. H., Obaidat, M. S., Abbasi, Q. H., Pace, P., Pirbhulal, S., Fortino, G., Imran, M. A., Qaraqe, M., & others. (2019). Quality of service optimization in an IoT-driven intelligent transportation system. *IEEE Wireless Communications*, 26(6), 10–17.
16. Wedashwara, W., Wayan Agus Arimbawa, I., Hidayat Jatmika, A., Zubaidi, A., & Mulyana, T. (2020). IoT based Smart Small Scale Solar Energy Planning using Evolutionary Fuzzy Association Rule Mining. 2020 International Conference on Advancement in Data Science, E-Learning and Information Systems, ICADEIS 2020. <https://doi.org/10.1109/ICADEIS49811.2020.9276905>
17. Wedashwara, W., Yadnya, S., Sudiarta, W., Agus Arimbawa, W., & Mulyana, T. (2023). Solar Powered Vibration Propagation Analysis System using nRF24l01 based WSN and FRBR. www.joiv.org/index.php/joiv