

SISTEM TENAGA SURYA CERDAS BERBASIS IOT DAN FARM UNTUK ECO TOURISM

Wirarama Wedashwara^{1*}, Budi Irmawati¹, Andy Hidayat Jatmika¹, Ariyan Zubaidi¹, Ahmad Zafrullah Mardiansyah¹

¹Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Mataram

*Corresponding Author Email: wirarama@gmail.com

ABSTRAK.

Eco tourism adalah bentuk pariwisata yang melibatkan kunjungan ke objek wisata alami, masih asli, dan relatif tidak terganggu oleh pengaruh luar wilayah. Pemanfaatan sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan menjadi salah satu bidang terapan pada *eco tourism* seperti yang dilakukan objek wisata *Beppu, Oita Jepang*. Keterbatasan fasilitas seperti penerangan wilayah, pengairan hingga ketersediaan jaringan komunikasi menjadi hambatan bagi minat wisatawan terhadap objek wisata. Menurut pengukuran *Along-Track Stereo Sun Glitter (ATSSG)*, pulau Lombok memiliki potensi yang sangat tinggi dalam penyediaan sumber energi terbarukan tenaga surya. Penelitian ini mengusulkan rancang bangun Sistem Tenaga Surya Cerdas berbasis Internet of Thing(IoT) dan Interpretasi *Fuzzy Association Rule Mining (FARM)* sebagai pendukung aktivitas *Eco Tourism*. Penelitian meliputi rancang bangun purwarupa perangkat keras IoT yang berfungsi sebagai data collector untuk variabel tenaga surya yaitu arus dan tegangan yang dihasilkan, intensitas cahaya, suhu dan kelembaban udara, arah sinar per-waktu serta kondisi baterai saat dimanfaatkan untuk fasilitas penerangan, pengairan dan *access point / repeater wifi*. FARM kemudian melakukan interpretasi secara online terhadap data melalui *rule extractor* berbasis genetic programming yang akan menghasilkan *fuzzy rule* yang menginterpretasi potensi tenaga surya terhadap *eco tourism*. Evaluasi sistem telah dilakukan dengan mengambil data selama seminggu dengan berbagai kondisi cuaca di Mataram NTB dengan menyalakan lampu, pompa air dan repeater Wifi secara terus menerus. Penelitian dilakukan dengan menggunakan solar panel 10wp dan baterai 7Ah. Sistem IoT yang dibangun juga didukung tenaga surya dengan solar panel kecil 6wp dan baterai 18650 900mAh sehingga energi yang diukur bisa murni untuk tujuan fasilitas *Eco Tourism*. Hasil regresi menunjukkan hasil dengan tingkat error yang rendah yaitu 0.55 (cerah), 1,24 (mendung) dan 3.1 (hujan). Penelitian juga menunjukkan ketidak stabilan cuaca berpengaruh terhadap hasil regresi. Kedepan penelitian akan dilanjutnya dengan menerapkan sistem pada fasilitas yang harus melalui *AC/DC converter* seperti pendingin udara (AC), Kulkas dan sebagainya.

Keyword: Sistem tenaga surya cerdas, eco tourism, internet of things, fuzzy association rule mining

1. PENDAHULUAN

Eco tourism adalah bentuk pariwisata yang melibatkan kunjungan ke objek wisata alami, masih asli, dan relatif tidak terganggu oleh pengaruh luar wilayah. Wisata alam mengedepankan unsur kemurnian alam sebagai daya tariknya [1]. Namun fasilitas pariwisata bertenaga listrik seperti penerangan, irigasi air, CCTV hingga akses internet tetap menjadi kebutuhan [2].

Keterbatasan fasilitas seperti penerangan wilayah, pengairan hingga ketersediaan jaringan komunikasi menjadi hambatan bagi minat wisatawan terhadap objek wisata [3]. Pemanfaatan sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan menjadi salah satu bidang terapan pada *eco tourism* seperti yang dilakukan objek wisata *Beppu, Oita Jepang* [4]. Permasalahan yang muncul adalah tidak diketahuinya kebutuhan pembangkit dan baterai yang dibutuhkan untuk mendukung suplai listrik secara terus-menerus diberbagai kondisi cuaca [5]. Menurut pengukuran *Along-Track*

Stereo Sun Glitter (ATSSG), pulau Lombok memiliki potensi yang sangat tinggi dalam penyediaan sumber energi terbarukan tenaga surya [6].

Penelitian ini mengusulkan rancang bangun Sistem Tenaga Surya Cerdas berbasis *Internet of Thing (IoT)* dan Interpretasi *Fuzzy Association Rule Mining (FARM)* sebagai pendukung aktivitas *Eco Tourism*. Penelitian meliputi rancang bangun purwarupa perangkat keras IoT yang berfungsi sebagai *data collector* untuk variabel tenaga surya yaitu arus dan tegangan yang dihasilkan, intensitas cahaya, suhu dan kelembaban udara, arah sinar per-waktu serta kondisi baterai saat dimanfaatkan untuk fasilitas penerangan, pengairan dan *access point / repeater wifi*. FARM kemudian melakukan interpretasi secara online terhadap data melalui *rule extractor* berbasis *genetic programming* yang akan menghasilkan *fuzzy rule* yang menginterpretasi potensi tenaga surya terhadap *eco tourism*.

Sistem IoT digunakan untuk mengumpulkan data daya yang dihasilkan oleh panel surya dan digunakan melalui baterai [7]. Fitur ini bertujuan untuk mengukur berapa energi yang dapat digunakan secara langsung (cuaca cerah), disuplai sebagian dari baterai (cuaca mendung) dan disuplai sepenuhnya dari baterai (malam hari). FARM digunakan untuk menjabarkan data yang terkumpul sebagai *Fuzzy Object Oriented Database (FOOD)* dan melakukan perumusan sebab akibat dalam bentuk *fuzzy association rules*[8].

Penelitian yang diusulkan juga berbasis dua penelitian ketua peneliti sebelumnya. Penerapan *Evolutionary Association Rule Mining* tanpa menggunakan *fuzzy logic* yang diterapkan pada perangkat IoT telah dilakukan [9]. Pada penelitian tersebut bidang terapan penelitian adalah kondisi lingkungan perkebunan. Pada penelitian tersebut juga dapat dibuktikan EFARM dapat berjalan dengan baik pada perangkat raspberry pi 3 model B+. Penerapan EFARM pada IoT dan bidang tenaga listrik telah dilakukan kemudian [10]. Penelitian berfokus pada ARM dalam interpretasi data konsumsi listrik arus bolak-balik (AC).

Penelitian mengenai penerapan IoT untuk *smart city* dan *tourism* telah dilakukan [11]. Namun penelitian berfokus pada wisata kota dan tidak ada terapan dibidang tenaga listrik. Penelitian yang menggabungkan *solar cell* dan IoT sudah dilakukan [12][13]. Penelitian berfokus pada optimasi perolehan tenaga surya dan pengemasan perangkat IoT serta tidak melibatkan penerapan pada *eco tourism*.

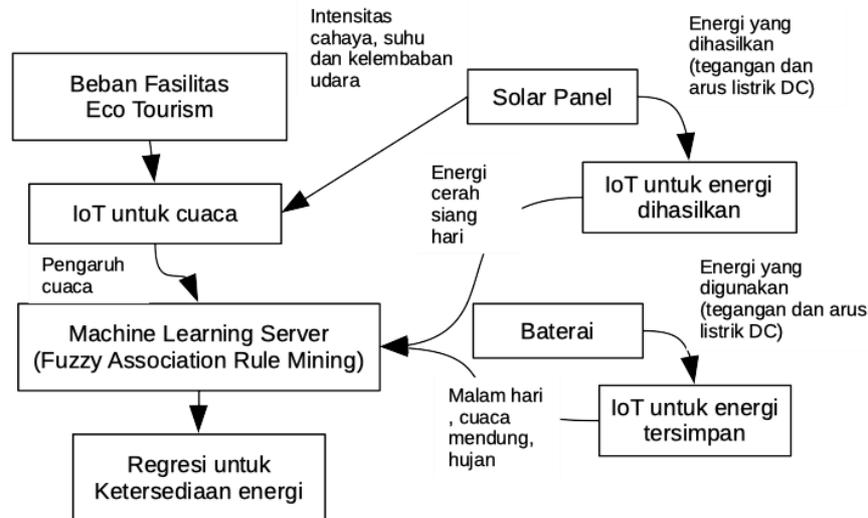
Evaluasi sistem dilakukan dengan mengambil data selama seminggu dengan berbagai kondisi cuaca di Mataram NTB dengan menyalakan lampu, pompa air dan repeater Wifi secara terus menerus. Penelitian dilakuakn dengan menggunakan solar panel 10wp dan baterai 7Ah. Sistem IoT yang dibangun juga didukung tenaga surya dengan solar panel kecil 6wp dan baterai 18650 900mAh sehingga energi yang diukur bisa murni untuk tujuan fasilitas *Eco Tourism*.

2. METODE

Gambaran umum sistem yang dibangun dijelaskan pada gambar 1. Sistem terdiri dari solar panel sebagai penghasil sumber energi terbarukan yang terhubung dengan IoT nodes untuk mengukur energi yang dihasilkan. Data energi yang dihasilkan oleh solar panel dibandingkan dengan kondisi cuaca yang diukur melalui IoT nodes untuk cuaca yang berisi sensor intensitas cahaya, suhu dan kelembaban udara sebagai faktor penentu energi yang dihasilkan.

Selain mengukur energi yang dihasilkan, IoT nodes dengan fungsional yang sama juga mengukur energi yang digunakan melalui baterai ketika energi langsung dari solar panel tidak mencukupi kebutuhan beban fasilitas *eco tourism* yaitu penerangan, router,

irigasi dan CCTV. Beban energi melalui baterai pada malam hari juga dapat diukur melalui IoT nodes yang sama.



Gambar 1. Gambaran Umum Sistem

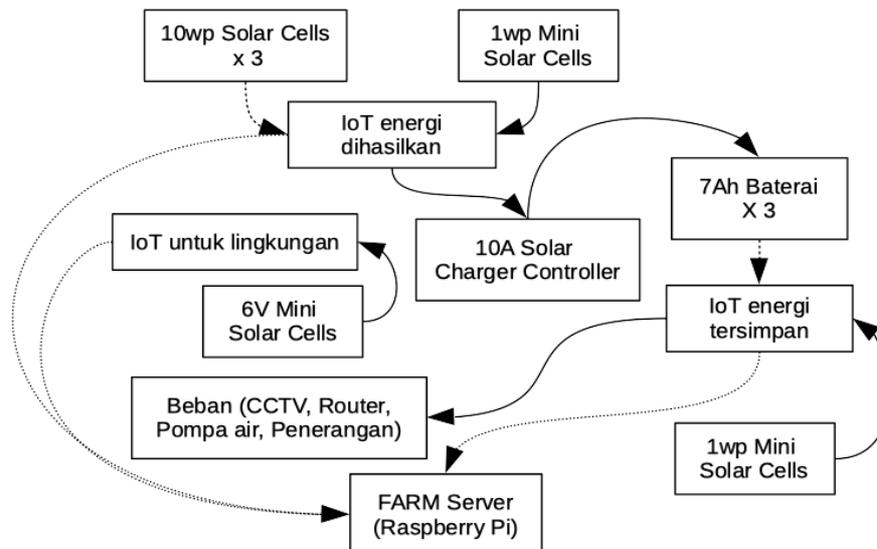
Semua data yang dikumpulkan oleh IoT nodes dikirimkan pada *Machine Learning Server* yang merupakan *Raspberry Pi* yang berisi algoritma FARM untuk melakukan pemrosesan regresi potensi energi surya. Regresi dilakukan dengan menganalisis kondisi cuaca, kemampuan solar panel menghasilkan energi dan kapasitas baterai untuk mengetahui seberapa lama energi tersedia di berbagai cuaca.

Beban yang diujikan pada sistem terdiri dari : Lampu 8 Watt LED, CCTV Xiaomi 1A 5V, Router Mikrotik 1A 5V dan 20watt DC Pump (approx : 2m water supply). Selain pompa air dan lampu LED, semua perangkat berdaya sangat rendah dan dapat di suplai menggunakan powebank 1,2Ah.

2.1 Bahan dan Kerangka Sistem

Pada gambar 2 dijelaskan bahan dan kerangka sistem serta hubungan antar komponen. Bahan untuk merancang-bangun sistem terdiri dari tiga komponen utama yaitu solar panel, baterai serta perangkat IoT untuk mengukur energi arus searah (DC) dan kondisi cuaca. Sebagai tambahan sistem juga memerlukan solar charge controller untuk mengamankan pengisian baterai dan menstabilkan luaran DC 12 Volt kepada beban fasilitas (CCTV, Router, irigasi dan penerangan). Masing-masing perangkat IoT juga dilengkapi dengan solar panel mini 1wp untuk memurnikan beban energi untuk solar panel dan baterai.

Hubungan data dan energi terjadi pada solar panel dan baterai dengan perangkat IoT karena perangkat IoT selain mengukur energi juga meneruskan energi ke tujuan yaitu *solar charge controller* dan beban. Hubungan murni energi terjadi pada solar cell mini 1wp pada masing-masing perangkat IoT dan energi yang diteruskan oleh perangkat IoT ke tujuan. Hubungan murni data terjadi pada perangkat IoT dengan FARM Server.

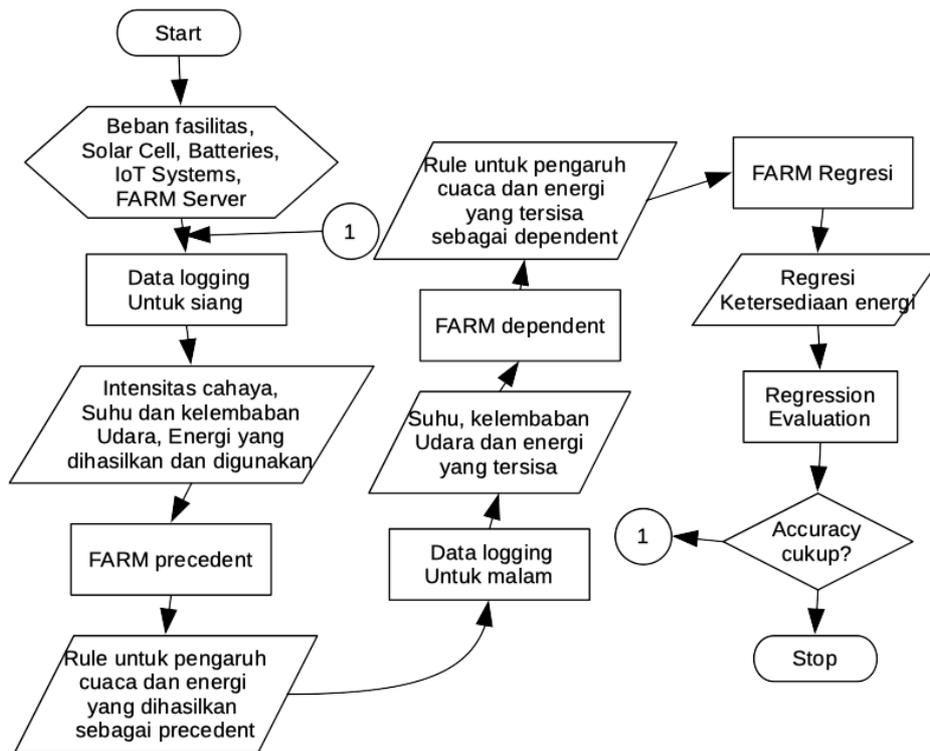


Gambar 2. Bahan dan Kerangka Sistem

2.2 Alur Sistem

Flowchart sistem dapat dilihat pada gambar 3. Kerja sistem dimulai dari penyediaan komponen yaitu beban fasilitas, solar panel, baterai, sistem IoT dan FARM server. Kemudian dilakukan dua tahap *data logging* yaitu untuk siang dan malam hari. *Data logging* untuk siang hari dilakukan untuk menentukan energi yang dihasilkan oleh solar panel dan pengaruh cuacanya serta energi yang tersimpan pada baterai untuk digunakan secara maksimal pada malam hari. Data tersebut digunakan sebagai *precedent* atau penyebab dari sistem *rule based* yang akan dibangun.

Data logging untuk malam hari dilakukan untuk mengetahui seberapa lama baterai dapat mensuplai energi setelah dihasilkan oleh panel surya di malam hari. Data ini digunakan sebagai *dependent* atau akibat dari sistem *rule based*. Kedua kondisi *precedent* dan *dependent* digunakan untuk melakukan *rule based regression* oleh FARM. Proses regresi dilakukan hingga hasil evaluasi mencapai hasil yang sesuai dengan batas yang diinginkan.

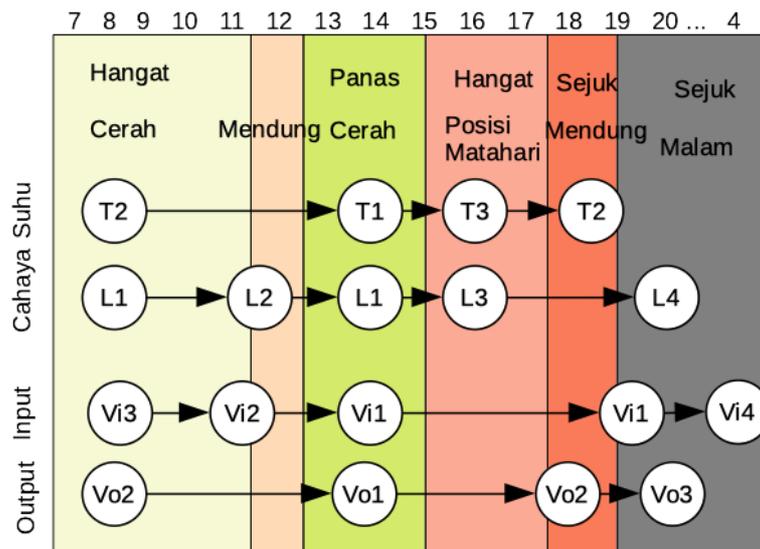


Gambar 3. Flowchart Sistem

2.3 Algoritma FARM untuk *Time-Series Data*

Ilustrasi umum untuk proses algoritma FARM dalam memproses *data time series* dapat dilihat pada gambar 4. Satu alur *directed graph* menunjukkan variabel dan index *fuzzy membership function*-nya. Sebagai contoh T menunjukkan suhu dan index 1 hingga 3 menunjukkan tingkat optimalitasnya terhadap penghasilan energi. Pada gambar 4 dapat dilihat perubahan waktu kearah samping mulai pagi hingga malam serta perubahan kondisi cuaca per waktunya. Selain perubahan kondisi cuaca per waktu secara umum pengaruh perpindahan awan dan posisi matahari juga dapat diketahui melalui intensitas cahaya dan suhu serta kelembaban udara.

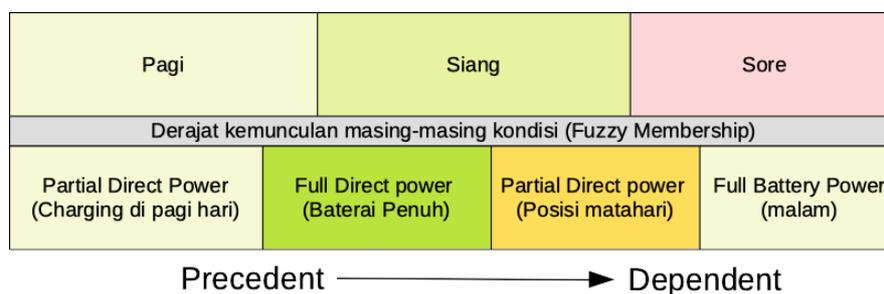
Melalui kondisi cuaca juga dapat diketahui pengaruh terhadap energi yang dihasilkan oleh solar panel dan digunakan melalui baterai. Ketika cuaca tidak mendukung energi yang dihasilkan tidak mencukupi beban sehingga harus mengambil dari baterai. Kondisi tersebut bisa terjadi sementara karena pengaruh awan atau hujan sebentar tetapi juga bisa berlangsung lama karena disebabkan oleh posisi matahari yang berbeda di pagi dan sore hari.



Gambar 4. FARM untuk Data Time Series

2.4 Algoritma FARM untuk Regresi

Proses *rule based regression* dijelaskan oleh gambar 5. Seperti yang telah dijelaskan pada sub section sebelumnya, proses regresi dilakukan dengan menganalisis data yang dikumpulkan pada *time-series* yang berbeda seperti pagi, siang, sore yang ditunjukkan oleh gambar 5. Derajat kemunculan masing-masing fuzzy membership function pada waktu tersebut dibandingkan dengan kondisi penggunaan energi.



Gambar 5. Proses Rule Based Regression

Kondisi pertama menggunakan sebagian dari baterai karena energi digunakan untuk pengecasan di pagi hari. Hal ini berakibat pada terhambatnya proses pengecasan hingga energi yang dihasilkan mencukupi untuk melebihi permintaan dari beban. Ketika baterai penuh, *full direct power* dapat dilakukan. Ketika dipengaruhi cuaca buruk atau posisi matahari, maka *partial direct power* terjadi lagi. Terakhir adalah full battery power untuk malam hari. Diharapkan baterai terisi sepenuhnya untuk dapat mengamankan supply energi hingga pagi hari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengembangan Internet of Things dan Sistem Panel Surya

Instalasi panel surya dan baterai dapat dilihat pada gambar 6. Gambar (a) menunjukkan tiga buah baterai 7Ah 12V yang diinstal secara parallel sehingga tegangan tetap 12V tetapi memiliki suplai arus yang lebih banyak hingga 7 Ampere. Gambar (b) menunjukkan tiga buah panel surya 10wp yang diinstal secara parallel sehingga dapat mensuplai hingga 30wp. Baterai dan solar panel di parallel kan menggunakan sistem WAGO sebelum terhubung ke *Solar Charge Controller*.



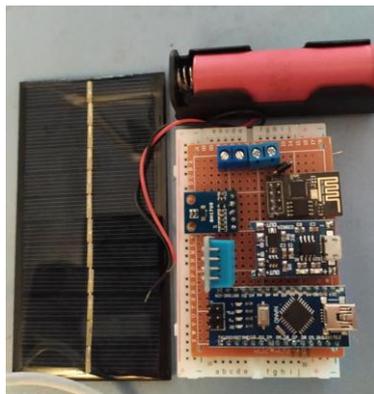
(a) Baterai



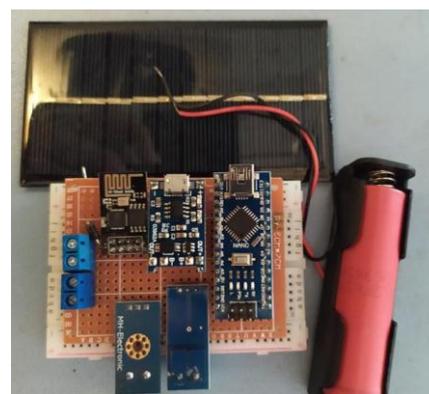
(b) Panel Surya

Gambar 6. Instalasi Panel Surya dan Baterai

Perangkat IoT yang telah dikembangkan dapat dilihat pada gambar 7. Kedua perangkat IoT menggunakan arduino nano sebagai microcontroller dikarenakan banyaknya analog input serta ESP8266 module untuk komunikasi data melalui jaringan wifi. Kedua perangkat IoT terhubung dengan baterai 18650 3,3 V dan panel surya mini 1wp serta voltage regulator dan dioda untuk mengamankan proses pengecasan.



(a) IoT untuk cuaca



(b) IoT untuk Energi

Gambar 7. Perangkat IoT

Gambar (a) menunjukkan IoT untuk mengukur kondisi cuaca. IoT untuk cuaca terhubung dengan sensor BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya dan DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Gambar (b) menunjukkan IoT untuk mengukur energi untuk solar panel dan baterai secara terpisah. Perangkat IoT terhubung dengan 32V voltage sensor dan ACS712 untuk 10 Ampere.

3.2 Hasil Fuzzy Membership dan Clustering Cuaca

Fuzzy membership function yang digunakan dalam penelitian adalah assymmetric gaussian function yang ditunjukkan pada persamaan (1). Fungsi ini digunakan karena dapat menggunakan dua buah standard deviasi yang menunjukkan sisi kecil dan besar antara mean dari kondisi data. Hal tersebut sesuai dengan distribusi tidak berimbang yang sering terjadi pada data melalui sensor IoT.

(1)

Fuzzy membership function untuk kondisi cuaca dapat dilihat pada tabel 1. Masing-masing baris menunjukkan variabel yang terdiri dari suhu dan kelembaban

udara serta intensitas cahaya. Fuzzy index menunjukkan tingkat optimal dari masing-masing variabel, misalkan untuk intensitas cahaya index 1 menunjukkan standar deviasi dan mean dengan intensitas cahaya tertinggi yang berpotensi untuk menghasilkan energi surya yang optimal. Suhu dan kelembaban udara berbanding terbalik dengan intensitas cahaya karena suhu dan kelembaban yang terlalu tinggi menyebabkan gangguan pada rangkaian pembangkit.

Kolom cluster hari menunjukkan 7 hari pengambilan data yang telah di cluster menggunakan FARM berdasarkan tingkat kemunculan derajat keanggotaan masing-masing fuzzy index. Pada tabel 1 ditunjukkan fuzzy index optimal untuk intensitas cahaya paling banyak muncul di cluster cerah namun juga diikuti oleh suhu dan kelembaban. Kondisi mendung memiliki kondisi yang juga menguntungkan dari segi suhu dan kelembaban. Kondisi paling tidak optimal ditunjukkan oleh cluster hujan.

Tabel. 1. Fuzzy Membership function untuk Kondisi Cuaca

Variabel	Fuzzy Index	σ_{1i}	μ_i	σ_{2i}	Cluster Hari		
					Cerah	Mendung	Hujan
Suhu Udara ($^{\circ}$ C)	1	27	28	30	37.56	70.26	67.98
	2	29	31	32	23.17	20.35	10.29
	3	32	34	35	39.27	9.39	21.73
Kelembaban Udara (%)	1	32	43	44	37.28	44.62	22.18
	2	47	58	69	50.26	22.17	31.28
	3	67	76	89	12.46	33.21	46.54
Intensitas Cahaya (Lux)	1	20027	48267	61892	46.78	32.23	23.11
	2	9762	10127	21987	12.18	16.28	31.23
	3	102	6109	10002	12.43	16.32	11.34
	4	1	1	1	28.61	35.17	34.32

Tabel 2 menunjukkan fuzzy membership function untuk energi pada panel surya maupun baterai. Masing-masing data energi terdiri dari arus dan tegangan. Pada solar panel yang digunakan (10wp) tegangan menunjukkan kapasitas pembangkit terhadap sumber surya dengan arus yang relatif rendah sehingga direct power lebih optimal dilakukan dengan paralel. IoT ditempatkan sebelum *solar charge controller* sehingga tidak adanya regulasi arus yang terjadi.

Pada baterai tegangan menunjukkan kapasitas sisa baterai sebelum dinaikkan oleh regulator sehingga dapat diukur hingga tegangan sisa yang serendah-rendahnya. Sedangkan arus pada baterai menunjukkan permintaan dari beban fasilitas *eco tourism*. Karena tingginya beban dan tidak memungkinkannya regulasi arus pada panel surya sehingga untuk beban yang ada sensor menunjukkan kondisi optimal yang harus diregulasi oleh baterai ditunjukkan pada fuzzy index 1 yaitu kisaran 6 Ampere.

Pada kolom cluster hari juga menunjukkan hari cerah memiliki pembangkitan dan konsumsi energi yang paling optimal. Diikuti oleh mendung yang tidak terlalu berbeda dengan hujan karena pada data yang terkumpul tidak bisa didapat data hujan berkepanjangan dan hari dengan hujau umumnya diikuti oleh cuaca panas cerah.

Tabel. 2. Fuzzy Membership function untuk Kondisi Energi

Variabel	Fuzzy Index	σ_{1i}	μ_i	σ_2	Cluster Hari		
					Cerah	Mendung	Hujan
Solar	1	11.67	13.12	16.01	52.12	32.16	33.18
Tegangan (Volt)	2	4.52	8.98	11.68	42.65	38.48	33.98
	3	2.34	3.43	4.67	5.23	29.36	32.84
	1	0.45	0.51	0.57	58.68	37.37	29.02
Solar Arus (A)	2	0.23	0.34	0.46	40.67	40.27	32.65
	3	0.01	0.19	0.24	0.66	22.36	38.33
	1	10.12	11.25	12	60.23	32.89	29.47
Tegangan Baterai (Volt)	2	6.56	8.21	10.13	20.12	38.12	27.23
	3	4.64	5.30	6.67	19.65	28.99	43.3
	1	6.01	6.03	6.12	60.42	39.78	36.24
Arus Baterai (A)	2	7.54	7.62	7.67	20.78	40.12	29.25
	3	7.68	7.78	8.56	18.8	20.1	34.51

3.3 Hasil Rule Based Regresi

Rule based regresi dilakukan dengan memprediksi durasi suplai langsung secara penuh, suplai sebagian dari baterai dengan durasi yang rendah dan tinggi serta suplai baterai secara penuh dalam satuan jam pada masing-masing cluster hari. Tabel 3 menunjukkan rata-rata durasi persediaan energi pada masing-masing cluster cuaca yang telah dikelompokkan sebelumnya.

Tabel 3 menunjukkan cluster cerah memiliki durasi suplai penuh hampir dua kali dari mendung dan hujan. Sedangkan mendung dan hujan memiliki pola yang tidak terlalu jauh berbeda khususnya pada suplai baterai sebagian baik tinggi maupun rendah.

Tabel. 3. Rata-rata Durasi Persediaan Energi pada Cluster Cuaca

Power Condition	Cluster Hari		
	Cerah	Mendung	Hujan
Full Direct Power	8.67	4.67	3.72
Partial Battery Power (Low)	1.76	4.78	5.67
Partial Battery Power (Hight)	2.34	2.76	1.67
Full Battery Power	11.23	11.79	12.94

Evaluasi regresi dilakukan dengan mengukur mean absolute error (persamaan 2) dan mean square error (persamaan 3). Kedua persamaan ini ditujukan pada selisih antara hasil prediksi dan durasi rata-rata yang sebenarnya.

(2)

(3)

Tabel 4 menunjukkan hasil regresi untuk cuaca cerah. Hasil regresi menunjukkan hasil yang terbaik diantara cluster cuaca lainnya. Hal tersebut dikarenakan cuaca cerah relatif stabil dan tidak berubah sepanjang pagi, siang, sore sehingga energi yang dihasilkan dan tersisa pada baterai lebih mudah diprediksi.

Tabel. 4. Hasil Regresi Cuaca Cerah

Power Condition	Regression		
	Prediction	True	Differential
Full Direct Power	8.35	8.67	0.32
Partial Battery Power (Low)	1.67	1.76	0.09
Partial Battery Power (Hight)	2.32	2.34	0.02
Full Battery Power	11.11	11.23	0.12
Mean Absolute Error (MAE)			0.55
Mean Square Error (MSE)			0.55

Tabel 5 menunjukkan hasil regresi untuk cuaca mendung. Hasil regresi sudah menunjukkan penurunan dengan tingkat error yang lebih tinggi. Hal ini bisa disebabkan tidak konsistennya kondisi mendung yang juga diikuti cerah sebagian.

Tabel. 5. Hasil Regresi Cuaca Mendung

Power Condition	Regression		
	Prediction	True	Differential
Full Direct Power	4.02	4.67	0.65
Partial Battery Power (Low)	5.02	4.78	0.24
Partial Battery Power (Hight)	3.11	2.76	0.35
Full Battery Power	11.79	11.79	0
Mean Absolute Error (MAE)			1.24
Mean Square Error (MSE)			1.24

Tabel 6 menunjukkan hasil regresi untuk cuaca hujan. Hasil regresi menunjukkan kondisi terburuk dan hampir kelipatan dari cluster hujan. Hal ini dikarenakan cuaca hujan berbeda dengan cuaca mendung yang relatif stabil dari segi suhu, cluster hujan sering diikuti oleh pergantian dengan intensitas cahaya dan suhu yang tinggi.

Tabel. 6. Hasil Regresi Cuaca Hujan

Power Condition	Regression		
	Prediction	True	Differential
Full Direct Power	4.01	3.72	0.29
Partial Battery Power (Low)	4.89	5.67	0.78
Partial Battery Power (Hight)	2.01	1.67	0.34
Full Battery Power	11.25	12.94	1.69
Mean Absolute Error (MAE)			3.1
Mean Square Error (MSE)			3.1

4. KESIMPULAN

Evaluasi sistem telah dilakukan dengan mengambil data selama seminggu dengan berbagai kondisi cuaca di Mataram NTB dengan menyalakan lampu, pompa air dan repeater Wifi secara terus menerus. Penelitian dilakukan dengan menggunakan solar panel 10wp dan baterai 7Ah. Sistem IoT yang dibangun juga didukung tenaga surya dengan solar panel kecil 6wp dan baterai 18650 900mAh sehingga energi yang diukur bisa murni untuk tujuan fasilitas *Eco Tourism*. Evaluasi algoritma telah dilakukan dengan pengukuran regresi terhadap kondisi cuaca yang telah di cluster menjadi tiga bagian yaitu cerah, mendung dan hujan. Hasil regresi menunjukkan hasil dengan tingkat error yang rendah yaitu 0.55 (cerah), 1,24 (mendung) dan 3.1 (hujan). Penelitian juga menunjukkan ketidak stabilan cuaca berpengaruh terhadap hasil regresi. Kedepan penelitian akan dilanjutnya dengan menerapkan sistem pada fasilitas yang harus melalui AC/DC converter seperti pendingin udara (AC), Kulkas dan sebagainya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Tuhan yang Maha Esa serta keluarga dan segenap anggota fakultas teknik dan program studi teknik informatika yang selalu mendukung segala kegiatan akademik tim peneliti. Tanpa dukungan tersebut maka tidak akan pernah terselesaikan penelitian ini. Terima kasih.

6. DAFTAR REFERENSI

- [1] X. Wang, X. R. Li, F. Zhen, and J. Zhang, "How smart is your tourist attraction?: Measuring tourist preferences of smart tourism attractions via a FCEM-AHP and IPA approach," *Tour. Manag.*, vol. 54, pp. 309–320, 2016.
- [2] M. Honey, *Ecotourism and sustainable development: Who owns paradise?* Island Press, 2008.
- [3] S. K. A. Shezan, R. Saidur, K. R. Ullah, A. Hossain, W. T. Chong, and S. Julai, "Feasibility analysis of a hybrid off-grid wind--DG-battery energy system for the eco-tourism remote areas," *Clean Technol. Environ. Policy*, vol. 17, no. 8, pp. 2417–2430, 2015.
- [4] S. Taguchi, R. Itoi, and Y. Yusa, "Beppu hot springs," *Geo-Heat Cent. Q. Bull.*, vol. 17, no. 2, 1996.
- [5] Z. Qiu, B. A. G. Hammer, and K. Müllen, "Conjugated polymers--Problems and promises," *Prog. Polym. Sci.*, vol. 100, p. 101179, 2020.
- [6] J. P. Matthews and T. Awaji, "Synoptic mapping of internal-wave motions and surface currents near the Lombok Strait using the Along-Track Stereo Sun Glitter technique," *Remote Sens. Environ.*, vol. 114, no. 8, pp. 1765–1776, 2010.
- [7] R. Chawla, P. Singhal, and A. K. Garg, "Internet of things driven framework for smart solar energy system," *J. Energy Resour. Technol.*, vol. 142, no. 1, 2020.
- [8] L. Wang, Q. Ma, and J. Meng, "Incremental fuzzy association rule mining for classification and regression," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 121095–121110, 2019.
- [9] W. Wedashwara, S. Mabu, and C. Ahmadi, "Parallel evolutionary association rule mining for efficient summarization of wireless sensor network data pattern," in *2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, 2017, pp. 1–6.
- [10] W. Wedashwara, C. Ahmadi, I. W. A. Arimbawa, and I. G. E. W. Putra, "Internet of Things based Smart Energy Audit using Evolutionary Fuzzy Association Rule Mining," in *2019 International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology (SIET)*, 2019, pp. 142–147.
- [11] Y. Guo, H. Liu, and Y. Chai, "The embedding convergence of smart cities and tourism internet of things in China: An advance perspective," *Adv. Hosp. Tour. Res.*, vol. 2, no. 1, pp. 54–69, 2014.

- [12] X. Liu and E. Sánchez-Sinencio, "A highly efficient ultralow photovoltaic power harvesting system with MPPT for internet of things smart nodes," *IEEE Trans. very large scale Integr. Syst.*, vol. 23, no. 12, pp. 3065–3075, 2015.
- [13] J. Bito, R. Bahr, J. G. Hester, S. A. Nauroze, A. Georgiadis, and M. M. Tentzeris, "A novel solar and electromagnetic energy harvesting system with a 3-D printed package for energy efficient Internet-of-Things wireless sensors," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 65, no. 5, pp. 1831–1842, 2017.