

Sistem Pemantauan Cuaca Berdasarkan Kecepatan Angin, Suhu dan Kelembaban Udara Berbasis *Internet of Things*

1st Dian Yuliandi Luthfi Ar Rhasyid

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

dianyuliandi@student.telkomuniversity
.ac.id

2nd Brahmantya Aji Pramudita

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

brahmantyaajip@telkomuniversity.ac.id

3rd Istiqomah

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

istiqomah@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Keadaan cuaca sangat mempengaruhi aktivitas harian manusia. Cuaca adalah suatu fenomena alam yang selalu berubah tiap waktu. Peramalan atau prediksi cuaca perlu dilakukan untuk memperkecil dampak yang terjadi akibat keadaan cuaca yang tidak menentu. Pada penelitian ini akan dirancang sistem pemantauan cuaca berdasarkan kecepatan angin, suhu, dan kelembaban udara. Sistem akan mengukur besaran parameter tersebut sehingga dapat memprediksi status cuaca seperti hujan, berawan, cerah berawan dan cerah. Prediksi cuaca menggunakan 2 metode, *Fuzzy Logic* dan *Simple Moving Average*. Hasil prediksi cuaca dari kedua metode ini kemudian akan dibandingkan menggunakan analisa *Confusion Matrix* untuk menentukan metode mana yang lebih baik dalam meramalkan cuaca. Hasil pengujian sistem pemantauan cuaca menunjukkan bahwa akurasi sistem dalam mengukur parameter sebesar 90,79% untuk kecepatan angin, 92% untuk kelembaban, dan 98,61% untuk suhu. Hasil prediksi cuaca menggunakan metode *Fuzzy Logic* menunjukkan nilai akurasi sebesar 66,67%, sedangkan hasil prediksi menggunakan metode *Simple Moving Average* menunjukkan nilai akurasi sebesar 62,22%.

Kata kunci— SMA, *fuzzy logic*, prediksi cuaca, IoT.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang memiliki 2 musim dominan, yaitu musim kemarau dan musim hujan. Berlangsungnya suatu musim sangat memengaruhi terjadinya perubahan cuaca dalam kurun waktu tertentu. Tiap musim memiliki karakteristik unsur cuaca yang berbeda sehingga dapat memengaruhi cuaca yang akan terjadi. Cuaca adalah keadaan udara pada waktu dan wilayah tertentu dalam jangka waktu singkat [1]. Cuaca terbentuk akibat adanya perubahan unsur-unsur cuaca seperti angin, kelembaban udara dan suhu udara [2]. Pemanfaatan informasi tersebut antara lain dalam membuat perencanaan dan pelaksanaan program diberbagai sektor. Mengingat pentingnya kegiatan tersebut, maka perlu dilakukan pemantauan dan peramalan cuaca sebagai langkah antisipasi untuk memperkecil dampak seperti kecelakaan kerja, kekeringan, atau penurunan pembeli akibat cuaca buruk yang akan terjadi.

Cuaca merupakan sebuah fenomena alam yang elalu berubah dan tidak bersifat tetap. Maka dari itu, kebutuhan informasi cuaca saat ini dirasakan semakin penting. Banyaknya tuntutan dari berbagai pihak yang membutuhkan informasi kondisi atmosfer yang lebih cepat, lengkap dan akurat maka kinerja prediksi cuaca selama ini menjadi

permasalahan utama [3]. Pencarian metode untuk memprediksi cuaca adalah kegiatan yang belakangan ini banyak dilakukan oleh para peneliti terhadap atmosfer atau cuaca. Perlu dikembangkan metode prakiraan cuaca harian yang tepat dan cepat secara operasionalnya, dimana kenyataannya pada prosesnya terkendala oleh beberapa faktor, diantaranya memerlukan waktu yang lama dengan ketersediaan sarana dan prasarana yang terbatas terutama basis data yang masih belum memenuhi syarat [4]. Banyak parameter dan proses yang terlibat dalam dan saling berkaitan satu dengan lainnya [5].

Dalam sistem pemantauan cuaca ada banyak metode yang dapat digunakan dalam proses prediksi cuaca, antara lain *Fuzzy Logic* dan *Simple Moving Average* [6] [7]. Metode *Fuzzy Logic* dapat meramalkan cuaca dalam jangka pendek menggunakan data-data yang memengaruhi cuaca sebagai masukannya dan disajikan dalam nilai linguistik [8] [9]. Sedangkan *Simple Moving Average* merupakan metode prediksi jangka pendek dengan cara memperhalus data-data dari masa lalu sehingga terbentuk suatu pola yang berguna sebagai acuan dalam menentukan suatu nilai pada masa mendatang [7]. Dengan begitu peramalan cuaca dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic* maupun *Simple Moving Average*.

Pada penelitian ini akan dirancang sistem pemantauan cuaca dengan mengukur suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin sebagai variabel masukan. Prediksi cuaca menggunakan 2 metode berbeda, yaitu metode *Fuzzy Logic* dan *Simple Moving Average*. Hasil dari kedua metode ini kemudian akan dibandingkan sehingga mendapatkan sebuah metode prediksi cuaca jangka pendek yang lebih baik. Seluruh data dan informasi yang dikumpulkan oleh sistem ini kemudian akan dihubungkan dengan *Internet of Things* menggunakan platform *Arduino IoT Cloud*

II. KAJIAN TEORI.

A. Angin

Angin adalah pergerakan udara dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah. Pembentukan arah angin terjadi karena perbedaan tekanan udara di dua tempat berbeda. Aliran angin berasal dari tempat yang memiliki tekanan udara tinggi menuju ke tempat yang bertekanan udara rendah. Terjadinya angin dipengaruhi oleh rotasi bumi bersamaan dengan proses pemanasan suatu wilayah oleh matahari [15].

Angin merupakan salah satu faktor dalam pembentukan cuaca dan iklim. Pergerakan udara yang terjadi dapat membawa uap air di tingkat atmosfer menuju wilayah tertentu. Uap air yang terbawa dapat menyebabkan perubahan tingkat kelembaban sehingga menciptakan fenomena cuaca seperti hujan. Sebaliknya, jika angin membawa udara kering maka wilayah yang dilewati angin tersebut akan terasa lebih kering.

Indonesia memiliki pergerakan angin yang dipengaruhi oleh keadaan di benua Australia dan Asia. Pergerakan angin ini memengaruhi perubahan musim kemarau dan musim hujan yang terjadi di Indonesia. Kecepatan angin rata-rata di Indonesia berkisar antara 1.3 m/s \pm 6.3 m/s (2 knot \pm 12 knot) [16].

B. Suhu

Suhu adalah keadaan panas dinginnya suatu udara. Daerah tropis memiliki suhu udara yang tertinggi di muka bumi, dan semakin ke kutub, suhu udaranya akan semakin rendah. Selain itu, suhu udara juga dipengaruhi ketinggian dimana semakin tinggi suatu tempat maka suhu udara akan semakin dingin begitu pula sebaliknya. Perkiraan rata-rata suhu udara di Indonesia berkisar antara 24°C -26°C [17]. Variasi suhu udara di Indonesia terhitung kecil karena Indonesia merupakan negara tropis. Variasi suhu udara di Indonesia lebih dipengaruhi oleh perbedaan ketinggian. Pengaruh suhu udara terhadap cuaca terletak pada proses penguapan air, terutama pada wilayah perairan. Semakin panas suhu udara, maka akan mempercepat proses penguapan yang menyebabkan bergerak partikel air. Partikel air ini yang kemudian akan menyebabkan terjadinya perubahan cuaca pada wilayah tertentu.

C. Kelembaban Udara

Kelembaban udara merupakan kandungan uap air yang ada di dalam udara. Jumlah uap air yang ada dalam udara ini sebenarnya hanya sebagian kecil dari seluruh atmosfer. Kira-kira sekitar 2 persen dari jumlah massa. Akan tetapi, uap air tersebut merupakan salah satu komponen udara yang sangat penting, ditinjau dari segi cuaca dan iklim. Kandungan uap air ini dapat berubah bentuk menjadi cair yang kemudian jatuh ke permukaan bumi dan terjadilah hujan. Pada lapisan atmosfer, kandungan uap air dapat terkumpul menjadi gumpalan awan. Gumpalan awan ini juga dapat menjadi faktor penentu cuaca yang akan terjadi. Kelembaban udara normal berkisar pada 45%-60%. Perkiraan rata-rata tingkat kelembaban udara di Indonesia berkisar antara 30%-70% [17].

D. Klasifikasi Cuaca

Cuaca adalah keadaan udara pada tingkat atmosfer pada waktu tertentu pada wilayah tertentu yang relatif sempit dan pada jangka waktu singkat [1]. Penilaian terhadap kategori cuaca umumnya dinyatakan dengan memperhatikan kondisi hujan, suhu udara, jumlah tutupan awan, penguapan, kelembaban, dan kecepatan angin di suatu tempat dari hari ke hari. Unsur-unsur pembentuk cuaca yaitu suhu udara, tekanan udara, kelembaban udara, laju uap air, awan, hujan dan angin [2]. Pernyataan cuaca pada suatu waktu yang singkat harus menggunakan nilai-nilai unsur cuaca yang ada pada saat itu. Tabel 2.2 Menjelaskan ciri-ciri dari berbagai jenis cuaca yang

sering terjadi dengan parameter suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin.

TABEL 1
KLASIFIKASI CUACA

Cuaca	Ciri – Ciri Cuaca [14] [18] [19]			
	Suhu Udara	Kelembaban Udara	Kecepatan Angin	Keterangan
Cerah	$\geq 28^{\circ}\text{C}$	$\leq 65\%$	$\leq 1,5 \text{ m/s}$	-Langit cerah -Angin sepoi-sepoi -Udara cenderung kering
Cerah Berawan	$26^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$	50% - 75%	1m/s - 3m/s	-Langit sebagian cerah -Awan menutupi matahari
Berawan	$24^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$	75% - 90%	5 m/s – 6 m/s	-Langit gelap tertutup awan -Udara dingin cenderung basah - Angin kencang
Hujan	$\leq 24^{\circ}\text{C}$	$\geq 80\%$	3 m/s – 9 m/s	-Udara basah -Suhu udara dingin -Angin kencang ketika hujan lebat

E. Fuzzy Logic

Fuzzy Logic merupakan suatu logika yang bernilai ganda yang memiliki nilai kekaburan atau ketidakpastian antara benar atau salah [10]. Objek dari *Fuzzy Logic* adalah proporsisi atau pernyataan yang menyatakan suatu fakta. Dalam teori *Fuzzy Logic* sebuah nilai ganda bernilai benar dan salah secara bersamaan, namun yang membedakan adalah seberapa besar kebenaran dan kesalahan suatu nilai tergantung kepada bobot keanggotaan nilai tersebut [6]. Pada umumnya, *Fuzzy Logic* terdiri atas beberapa komponen yaitu *fuzzification*, *inference system*, dan *defuzzification* [23]. Metode *Fuzzy Logic* yang sering digunakan yaitu tipe Mamdani, tipe Sugeno, dan tipe Tsukamoto. Pada penelitian ini metode *Fuzzy Logic* yang digunakan adalah tipe Sugeno. Tipe Sugeno memiliki kelebihan dalam perhitungan yang lebih cepat dan tingkat keakuratan yang cukup baik [10].

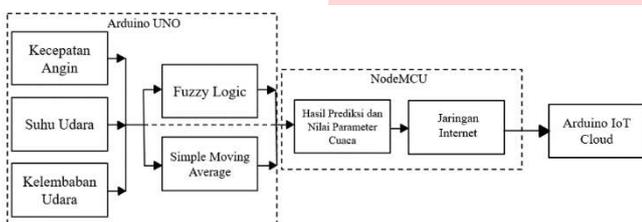
F. Simple Moving Average

Metode *Simple Moving Average* (SMA) merupakan metode yang sering digunakan untuk menghitung rata-rata nilai pada kurun waktu terkini untuk dapat memperkirakan suatu nilai yang akan muncul pada waktu yang akan datang [27]. Metode SMA sering digunakan untuk tujuan ramalan (perkiraan), salah satunya perkiraan cuaca. Metode SMA menggunakan nilai pada masa lalu untuk digunakan sebagai

acuan dalam melakukan prediksi pada masa depan [28]. Secara umum tujuan dari jenis peramalan *time series* adalah menemukan pola dalam deret lama dari suatu data dan mengeskplotasinya untuk dijadikan pola masa depan [29]. Hasil dari perhitungan *Simple Moving Average* kemudian akan dicocokkan dengan klasifikasi yang telah ditentukan sehingga menjadi sebuah metode *Rule-Based Prediction*. *Time Series Rule-Based Prediction* merupakan metode prediksi dimana hasil prediksi berbatas pada klasifikasi aturan yang mengacu pada data pada deret waktu yang konsisten [33] [34]. Prediksi berbasis aturan dapat mengungguli metode ekstrapolasi konvensional selama terdapat data historikal pada deret waktu sebelumnya yang konsisten dan kapabel [35].

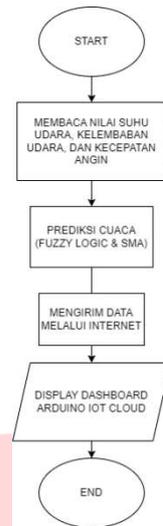
III. METODE

A. Desain Sistem



GAMBAR 1 BLOK DIAGRAM SISTEM

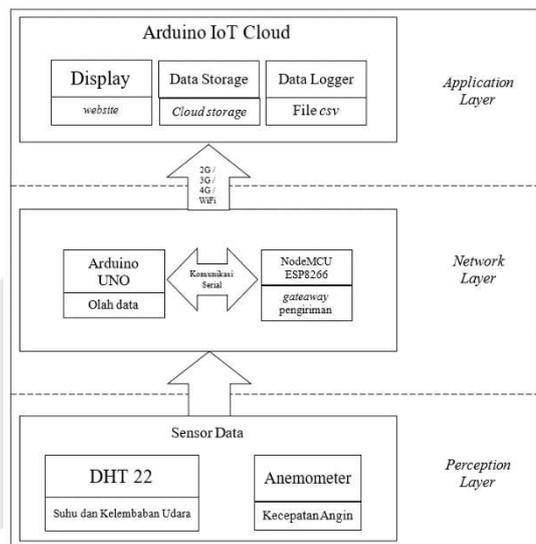
Sistem ini dirancang untuk dapat mengukur kecepatan angin, suhu udara, dan kelembaban udara pada lokasi tertentu dan dapat dipantau secara real-time dan jarak jauh melalui sistem cloud. Data yang sudah didapatkan kemudian diolah untuk menentukan cuaca yang sedang terjadi. Data cuaca juga akan dihitung agar dapat memprediksi cuaca yang akan datang. Desain sistem yang dirancang menggunakan alat pengukur berupa anemometer untuk mengukur kecepatan angin, sensor suhu dan kelembaban untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, dan menggunakan modul RTC (Real Time Clock) untuk menghitung waktu agar pengukuran sesuai dengan waktu yang terjadi. Sistem akan bekerja secara serial antara Arduino UNO dan NodeMCU. Arduino UNO berfungsi sebagai pengambil dan pengolah data. Sedangkan NodeMCU berfungsi sebagai gateway IoT yang menerima data dari Arduino dan mengirim data ke platform IoT melalui internet.



GAMBAR 2 DIAGRAM ALIR SISTEM

Sistem dimulai dengan membaca nilai pada sensor, lalu mengolahnya dengan masing-masing metode. Setelah diolah, data akan dikirim ke NodeMCU ESP8266 secara *Serial Communication* lalu diteruskan menuju *platform* Arduino IOT Cloud. Pada *platform* Arduino IOT Cloud ditampilkan nilai bacaan tiap sensor dan hasil pengolahan datanya

B. Desain Perangkat Lunak



GAMBAR 3 ARSITEKTUR INTERNET OF THINGS

Desain arsitektur dari sistem ini menggunakan arsitektur 3-Layers yang berisi Perception Layer, Network Layer, dan Application Layer seperti pada Gambar 3.2. Tiap lapisan memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Perception Layer

Lapisan ini memiliki fungsi untuk mengumpulkan data dari objek yang diukur. Desain sistem pemantauan cuaca ini akan mengukur nilai dari variabel cuaca berupa suhu dan

kelembaban udara menggunakan sensor DHT 22, dan kecepatan angin menggunakan anemometer. Kemudian data yang telah diambil akan dikirim dan diolah pada Arduino UNO.

2. Network Layer

Data yang diambil kemudian akan diolah dan dikirim ke platform menggunakan jaringan internet. Pada sistem yang telah dirancang, pengiriman data yang telah diolah menggunakan komunikasi serial antara Arduino UNO dengan NodeMCU ESP8266, kemudian data akan dikirim dari NodeMCU ESP8266 menggunakan jaringan internet yang telah terhubung.

3. Application Layer

Data yang telah diterima dari NodeMCU ESP8266 kemudian akan disimpan di cloud dan ditampilkan pada dashboard di platform Arduino IoT Cloud. Data yang tersimpan dan telah dikumpulkan dapat diunduh dalam format csv untuk kepentingan lebih lanjut. Arduino IoT Cloud menggunakan protokol komunikasi MQTT dengan broker yang digunakan yaitu `mqtt-sa.iot.arduino.cc`.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dipaparkan hasil dari pengujian dan analisis alat yang telah dirancang. Pengujian dilakukan untuk melihat tingkat keberhasilan dari alat yang telah dirancang dan mengukur kelayakan alat dalam mencapai tujuan penelitian. Objek yang akan diuji pada penelitian ini antara lain:

- Pengujian akurasi dari sensor kecepatan angin, suhu udara, dan kelembaban udara
- Pengujian sistem pemantauan cuaca
- Tampilan dashboard Arduino IoT Cloud

A. Pengujian Sensor

Pada pengujian ini akan dilakukan kalibrasi untuk mengukur tingkat akurasi dari membandingkan hasil pengukuran yang telah dilakukan menggunakan sensor dengan hasil pengukuran yang telah dilakukan menggunakan alat ukur sebenarnya. Untuk mendapatkan nilai akurasi digunakan Persamaan persentase error dan persentase akurasi sebagai berikut:

$$\%Akurasi = 100\% - \%error \quad (1)$$

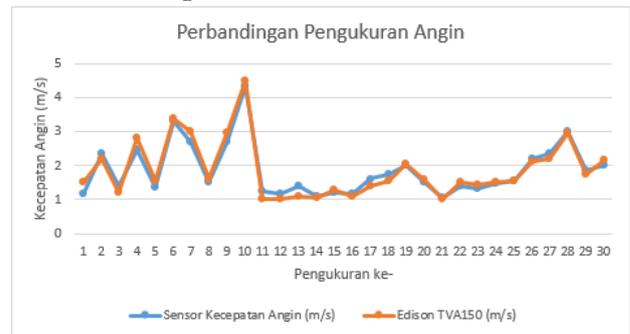
$$\%error = \left| \frac{\text{nilai pengukuran} - \text{nilai sebenarnya}}{\text{nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \quad (2)$$

Tingkat akurasi pengukuran menunjukkan ketepatan sensor dalam mengukur parameter sehingga nilai yang didapatkan mendekati dengan nilai alat ukur sebenarnya. Persentase error menunjukkan kesalahan nilai pengukuran yang disebabkan berbagai faktor.

1. Sensor Kecepatan Angin

Pengujian sensor kecepatan angin dilakukan untuk mendapatkan nilai kecepatan angin yang sesuai atau mendekati dengan alat ukur sebenarnya (alat ukur pembanding). Uji sensor kecepatan angin dilakukan dengan mengukur angin yang berhembus, lalu membandingkan nilai yang didapat oleh sensor kecepatan angin dengan nilai yang didapat oleh alat ukur pembanding. Nilai yang telah didapatkan kemudian dihitung menggunakan (1) dan (2) untuk mencari tingkat akurasi dan tingkat kesalahan

pengukuran. Alat ukur pembanding menggunakan Anemometer Digital Edison TVA150.

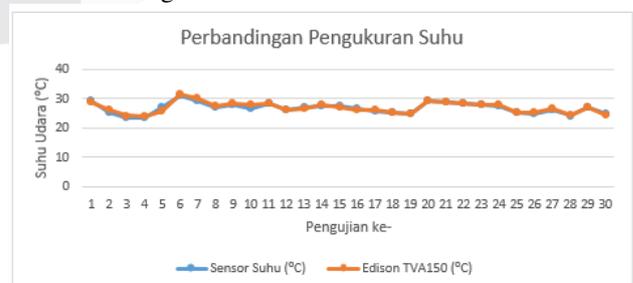


GAMBAR 4
PERBANDINGAN PENGUKURAN ANGIN

Pengukuran kecepatan angin dilakukan menggunakan sensor kecepatan angin dan anemometer digital Edison TVA150 sebanyak masing-masing 30 kali. Kecepatan angin yang didapat berkisar 1 m/s – 4.5 m/s. Hasil pengukuran antara sensor kecepatan angin dengan Edison TVA150 memiliki selisih terkecil sebesar 0,01 dan selisih terbesar 0,34. Selisih nilai pengukuran dapat menunjukkan adanya perbedaan ketelitian dari masing-masing alat ukur. Analisis tingkat akurasi dan tingkat kesalahan pengukuran dapat dihitung menggunakan (1) dan (2). Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai persentase error rata-rata keseluruhan pengukuran didapat sebesar 9,21% dan persentase akurasi rata-rata keseluruhan pengukuran didapat sebesar 90,79%. Hasil pengukuran persentase error dan persentase akurasi menunjukkan perbedaan ketelitian pengukuran dari sensor kecepatan angin. Perbedaan pengukuran dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, pada pengukuran ini dipengaruhi oleh perbedaan tipe sensor yang digunakan sehingga sensitivitas pengukuran berbeda. Sensor kecepatan angin yang digunakan menggunakan tipe hall effect sedangkan Edison TVA150 menggunakan rotary encoder.

2. Sensor Suhu

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai suhu udara yang sesuai atau mendekati dengan alat ukur sebenarnya (alat ukur pembanding). Pengujian ini dilakukan dengan mengukur suhu udara di sekitar sensor, lalu membandingkan nilai yang didapat oleh sensor suhu dengan nilai yang didapat oleh alat ukur pembanding. Nilai yang telah didapatkan kemudian dihitung menggunakan (1) dan (2) untuk mencari tingkat akurasi dan tingkat kesalahan pengukuran. Alat ukur pembanding menggunakan Termometer Digital Edison TVA150.

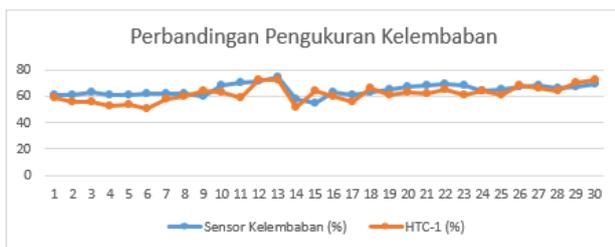


GAMBAR 5
PERBANDINGAN PENGUKURAN SUHU

Pengukuran suhu udara dilakukan menggunakan sensor DHT 22 dan thermometer digital Edison TVA150 sebanyak masing-masing 30 kali. Suhu udara yang didapat berkisar

24^oC – 31,5^oC. Hasil pengukuran antara sensor DHT 22 dengan Edison TVA150 memiliki selisih terkecil sebesar 0,1 dan selisih terbesar 1,3. Selisih nilai pengukuran dapat menunjukkan adanya perbedaan ketelitian dari masing-masing alat ukur. Analisis perbedaan pengukuran dapat dihitung menggunakan (1) untuk mendapatkan persentase akurasi dan (2) untuk mendapatkan persenstase error. Persentase error rata-rata keseluruhan pengukuran didapat sebesar 1,39% dan Persentase akurasi rata-rata keseluruhan pengukuran didapat sebesar 98,61%. Hasil pengukuran persentase error dan persentase akurasi menunjukkan perbedaan ketelitian pengukuran dari sensor DHT 22 dengan Edison TVA150. Perbedaan pengukuran dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, pada pengukuran ini dipengaruhi oleh perbedaan tipe dan chip sensor yang digunakan.

3. Sensor Kelembaban Udara



GAMBAR 6
PERBANDINGAN PENGUKURAN KELEMBABAN

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai kelembaban udara yang sesuai atau mendekati dengan alat ukur sebenarnya (alat ukur pembanding). Pengujian ini dilakukan dengan mengukur kelembaban udara di sekitar sensor, lalu membandingkan nilai yang didapat oleh sensor suhu dengan nilai yang didapat oleh alat ukur pembanding. Nilai yang telah didapatkan kemudian dihitung menggunakan (1) dan (2) untuk mencari tingkat akurasi dan tingkat kesalahan pengukuran. Alat ukur pembanding menggunakan Hygrometer HTC-1.

Pengukuran kelembaban udara dilakukan menggunakan sensor DHT 22 dan hygrometer digital THC 1 sebanyak masing-masing 30 kali. Kelembaban udara yang didapat berkisar 55% – 73%. Hasil pengukuran antara sensor DHT 22 dengan THC 1 memiliki selisih terkecil sebesar 1 dan selisih terbesar 11. Selisih nilai pengukuran dapat menunjukkan adanya perbedaan ketelitian dari masing-masing alat ukur. Analisis perbedaan pengukuran dapat dihitung menggunakan (1) untuk mendapatkan persentase akurasi dan (2) untuk mendapatkan persenstase error. Persentase error rata-rata keseluruhan pengukuran didapat sebesar 8% dan Persentase akurasi rata-rata keseluruhan pengukuran didapat sebesar 92%. Hasil pengukuran persentase error dan persentase akurasi menunjukkan perbedaan ketelitian pengukuran dari sensor DHT 22 dengan THC 1. Perbedaan pengukuran dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, pada pengukuran ini dipengaruhi oleh perbedaan tipe dan chip sensor yang digunakan.

B. Sistem Pemantauan Cuaca

Pengujian alat dilakukan untuk mengukur kelayakan dan keberhasilan seluruh sistem alat yang telah dirancang sebelumnya. Alat akan diletakkan di luar ruangan untuk mengukur variabel cuaca yang digunakan sebagai parameter. Nilai variabel cuaca yang telah didapat kemudian akan diolah menggunakan metode Fuzzy Logic dan Simple

Moving Average untuk mendapatkan perkiraan status cuaca di luar. Hasil perkiraan status cuaca akan dibandingkan dengan data cuaca sebenarnya. Pengambilan data mengacu pada tata cara sesuai dengan Perka BMKG nomor 4 tahun 2016 [30]:

1. Pengamatan suhu waktu tertentu dilakukan pada pukul 14.00 Waktu Setempat dan 18.00 Waktu Setempat.
2. Pengamatan kelembaban udara dilakukan pada pukul 14.00 Waktu Setempat dan 18.00 Waktu Setempat.
3. Pengamatan angin dilakukan dalam beberapa periode atau sesaat di waktu pengamatan.
4. Pengamatan cuaca dilakukan pada pukul 14.00 Waktu Setempat.

1. Pengujian Hari ke-1

TABEL 2
PENGUKURAN PARAMETER CUACA HARI KE-1

Tanggal	Waktu	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Kecepatan Angin (m/s)
22/09/2022	14:00	35,00	46,60	2,56
22/09/2022	14:30	37,80	41,50	1,36
22/09/2022	15:00	32,70	49,2	1,61
22/09/2022	15:30	30,40	55,90	0,90
22/09/2022	16:00	29,70	57,50	2,71
22/09/2022	16:30	28,60	60,6	1,06
22/09/2022	17:00	27,9	62,80	0,75
22/09/2022	17:30	27,40	65,00	0,96
22/09/2022	18:00	27,2	66,80	0,25

Tabel 2 merupakan hasil dari pengukuran parameter cuaca. Hasil pengukuran menunjukkan suhu udara tertinggi sebesar 37,80^oC dan terendah sebesar 27,2^oC, kelembaban tertinggi sebesar 41,50% dan terendah sebesar 66,80%, kecepatan angin tertinggi sebesar 2,71 m/s dan terendah sebesar 0,25 m/s. Tabel 3 menunjukkan prediksi cuaca menggunakan metode Fuzzy Logic dan metode Simple Moving Average dibandingkan dengan cuaca sebenarnya.

TABEL 3
HASIL PREDIKSI CUACA HARI KE-1

Tanggal 1	Waktu	Prediksi Fuzzy	Prediksi SMA	Cuaca Aktual
22/09/2022	14:00	CERAH	CERAH	CERAH
22/09/2022	14:30	CERAH	CERAH	CERAH
22/09/2022	15:00	CERAH	CERAH	CERAH
22/09/2022	15:30	CERAH	CERAH	CERAH
22/09/2022	16:00	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN	CERAH
22/09/2022	16:30	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN
22/09/2022	17:00	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN
22/09/2022	17:30	CERAH_BERAWAN	BERAWAN	CERAH_BERAWAN
22/09/2022	18:00	BERAWAN	BERAWAN	CERAH_BERAWAN

2. Pengujian Hari ke-2

TABEL 4
PENGUKURAN PARAMETER CUACA HARI KE-2

Tanggal	Waktu	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Kecepatan Angin (m/s)
25/10/2022	14:00	36	55,80	0,25
25/10/2022	14:30	29,40	66,20	0,55
25/10/2022	15:00	28,70	69,20	1,11
25/10/2022	15:30	28,10	69,60	0,45
25/10/2022	16:00	26,80	72,10	1,56
25/10/2022	16:30	25,40	77,90	1,61
25/10/2022	17:00	25,30	78	0,05
25/10/2022	17:30	23,60	90,60	0
25/10/2022	18:00	23,40	88,30	0

Tabel 4 merupakan hasil dari pengukuran parameter cuaca. Hasil pengukuran menunjukkan suhu udara tertinggi sebesar 36°C dan terendah sebesar 23,4°C, kelembaban tertinggi sebesar 90,60% dan terendah sebesar 55,80%, kecepatan angin tertinggi sebesar 1,61 m/s dan terendah sebesar 0 m/s. Tabel 5 menunjukkan prediksi cuaca menggunakan metode Fuzzy Logic dan metode Simple Moving Average dibandingkan dengan cuaca sebenarnya.

TABEL 5
HASIL PREDIKSI CUACA HARI KE-2

Tanggal	Waktu	Prediksi Fuzzy	Prediksi SMA	Cuaca Aktual
25/10/2022	14:00	CERAH	CERAH_BERAWAN	BERAWAN
25/10/2022	14:30	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN	BERAWAN
25/10/2022	15:00	CERAH_BERAWAN	BERAWAN	BERAWAN
25/10/2022	15:30	CERAH_BERAWAN	BERAWAN	BERAWAN
25/10/2022	16:00	BERAWAN	BERAWAN	BERAWAN
25/10/2022	16:30	HUJAN	HUJAN	HUJAN
25/10/2022	17:00	HUJAN	HUJAN	HUJAN
25/10/2022	17:30	HUJAN	HUJAN	HUJAN
25/10/2022	18:00	HUJAN	HUJAN	HUJAN

3. Pengujian Hari ke-3

TABEL 6
PENGUKURAN PARAMETER CUACA HARI KE-3

Tanggal	Waktu	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Kecepatan Angin (m/s)
26/10/2022	14:00	24,90	78,80	1,01
26/10/2022	14:30	26,10	76,5	0,25
26/10/2022	15:00	28,2	68,6	0,25
26/10/2022	15:30	29,40	66,20	0,55
26/10/2022	16:00	28,30	66,50	1,36
26/10/2022	16:30	27,90	66,80	0,75
26/10/2022	17:00	27,20	68,80	0,25
26/10/2022	17:30	26,80	69,60	0,35
26/10/2022	18:00	26,60	71,10	0,40

Tabel 6 merupakan hasil dari pengukuran parameter cuaca. Hasil pengukuran menunjukkan suhu udara tertinggi sebesar 29,4°C dan terendah sebesar 24,9°C, kelembaban tertinggi sebesar 78,8% dan terendah sebesar 66,2%, kecepatan angin tertinggi sebesar 1,36 m/s dan terendah sebesar 0,25 m/s. Tabel 7 menunjukkan prediksi cuaca menggunakan metode Fuzzy Logic dan metode Simple Moving Average dibandingkan dengan cuaca sebenarnya.

TABEL 7
HASIL PREDIKSI CUACA HARI KE-3

Tanggal	Waktu	Prediksi Fuzzy	Prediksi SMA	Cuaca Aktual
26/10/2022	14:00	HUJAN	HUJAN	HUJAN
26/10/2022	14:30	BERAWAN	HUJAN	HUJAN
26/10/2022	15:00	BERAWAN	CERAH_BERAWAN	BERAWAN
26/10/2022	15:30	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN	BERAWAN
26/10/2022	16:00	BERAWAN	CERAH_BERAWAN	BERAWAN
26/10/2022	16:30	BERAWAN	BERAWAN	BERAWAN
26/10/2022	17:00	BERAWAN	BERAWAN	BERAWAN
26/10/2022	17:30	HUJAN	HUJAN	HUJAN
26/10/2022	18:00	HUJAN	HUJAN	HUJAN

4. Pengujian Hari ke-4

TABEL 8
PENGUKURAN PARAMETER CUACA HARI KE-4

Tanggal	Waktu	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Kecepatan Angin (m/s)
27/10/2022	14:00	28	68,3	0
27/10/2022	14:30	29,40	64,6	0
27/10/2022	15:00	29,40	65,6	2,46
27/10/2022	15:30	29,40	65,1	3,22
27/10/2022	16:00	29,20	65,6	3,32
27/10/2022	16:30	28,60	66,3	0
27/10/2022	17:00	28,20	66,9	0

Tabel 8 merupakan hasil dari pengukuran parameter cuaca. Hasil pengukuran menunjukkan suhu udara tertinggi sebesar 29,4°C dan terendah sebesar 27,3°C, kelembaban tertinggi sebesar 72% dan terendah sebesar 64,6%, kecepatan angin tertinggi sebesar 3,32 m/s dan terendah sebesar 0 m/s. Tabel 9 menunjukkan prediksi cuaca menggunakan metode Fuzzy Logic dan metode Simple Moving Average dibandingkan dengan cuaca sebenarnya.

TABEL 9
HASIL PREDIKSI CUACA HARI KE-4

Tanggal	Waktu	Prediksi Fuzzy	Prediksi SMA	Cuaca Aktual
27/10/2022	14:00	BERAWAN	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN
27/10/2022	14:30	CERAH_BERAWAN	BERAWAN	CERAH_BERAWAN
27/10/2022	15:00	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN
27/10/2022	15:30	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN
27/10/2022	16:00	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN	BERAWAN
27/10/2022	16:30	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN	BERAWAN
27/10/2022	17:00	BERAWAN	CERAH_BERAWAN	BERAWAN
27/10/2022	17:30	BERAWAN	'BERAWAN	BERAWAN
27/10/2022	18:00	BERAWAN	'BERAWAN	BERAWAN

5. Pengujian Hari ke-5

TABEL 10
PENGUKURAN PARAMETER CUACA HARI KE-5

Tanggal	Waktu	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Kecepatan Angin (m/s)
28/10/2022	14:00	34,2	63,3	0,2
28/10/2022	14:30	36	63,9	0,2
28/10/2022	15:00	35,8	55	0,3
28/10/2022	15:30	32,8	66,5	0,3
28/10/2022	16:00	31,1	70,5	0
28/10/2022	16:30	30,2	71,4	0
28/10/2022	17:00	29,8	73,2	0
28/10/2022	17:30	29,3	73	0,1
28/10/2022	18:00	29	72,7	0

Tabel 10 merupakan hasil dari pengukuran parameter cuaca. Hasil pengukuran menunjukkan suhu udara tertinggi sebesar 36°C dan terendah sebesar 29°C, kelembaban tertinggi sebesar 73% dan terendah sebesar 55%, kecepatan angin tertinggi sebesar 0,3 m/s dan terendah sebesar 0 m/s. Tabel 11 menunjukkan prediksi cuaca menggunakan metode Fuzzy Logic dan metode Simple Moving Average dibandingkan dengan cuaca sebenarnya.

TABEL 11
HASIL PREDIKSI CUACA HARI KE-5

Tanggal	Waktu	Prediksi Fuzzy	Prediksi SMA	Cuaca Aktual
28/10/2022	14:00	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN	CERAH
28/10/2022	14:30	CERAH	CERAH_BERAWAN	CERAH
28/10/2022	15:00	CERAH	CERAH	CERAH
28/10/2022	15:30	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN	CERAH
28/10/2022	16:00	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN	CERAH
28/10/2022	16:30	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN
28/10/2022	17:00	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN
28/10/2022	17:30	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN
28/10/2022	18:00	CERAH_BERAWAN	CERAH_BERAWAN	BERAWAN

C. Analisis Pengujian Sistem

Untuk melihat hasil kinerja model prediksi cuaca, maka hasil uji dikonversi ke dalam bentuk model analisa confusion matrix. Confusion matrix adalah model analisa dalam bentuk tabel yang dapat mengukur kinerja klasifikasi. Dengan menggunakan confusion matrix dapat mencari nilai akurasi dan error rate kinerja model yang digunakan. Nilai akurasi menunjukkan ketepatan model dalam memprediksi klasifikasi data. Error rate menunjukkan nilai kesalahan model dalam prediksi klasifikasi data.

$$Akurasi = \frac{True\ Positif + True\ Negatif}{Total\ Data} \times 100\% \quad (3)$$

$$Error\ Rate = \frac{False\ Positif + False\ Negatif}{Total\ Data} \times 100\% \quad (4)$$

1. Prediksi Fuzzy Logic

Pengujian hasil pengamatan dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi cuaca dengan cuaca yang sedang terjadi sebenarnya. Didapatkan total hasil prediksi metode Fuzzy Logic dengan klasifikasi hujan (H), berawan (B), cerah berawan (CB), dan cerah (C).

TABEL 12
TABEL PENILAIAN FUZZY LOGIC

		Prediction Label			
		H	B	CB	C
True Label	H	7	1	0	0
	B	0	8	7	1
	CB	0	2	9	0
	C	0	0	4	6

Tabel 12 merupakan perbandingan hasil prediksi menggunakan Fuzzy Logic dengan cuaca sebenarnya. Nilai akurasi dan error rate model prediksi dapat dihitung menggunakan (3) dan (4), didapatkan nilai akurasi untuk model Fuzzy sebesar 66,67% sedangkan nilai error yang didapatkan sebesar 33,33%. Nilai akurasi ini menunjukkan kemampuan metode Fuzzy Logic dalam memprediksi cuaca yang cukup baik.

2. Prediksi Simple Moving Average

Pengujian hasil pengamatan dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi cuaca dengan cuaca yang sedang terjadi sebenarnya. Didapatkan total hasil prediksi metode Simple Moving Average dengan klasifikasi hujan (H), berawan (B), cerah berawan (CB), dan cerah (C).

TABEL 13 Tabel Penilaian SMA

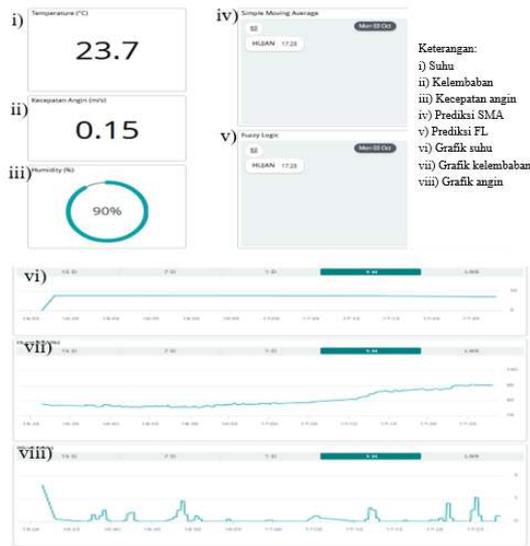
		Prediction Label			
		H	B	CB	C
True Label	H	8	0	0	0
	B	0	7	9	0
	CB	0	3	8	0
	C	0	0	5	5

Tabel 13 merupakan perbandingan hasil prediksi menggunakan Simple Moving Average dengan cuaca sebenarnya. Nilai akurasi dan error rate model prediksi dapat dihitung menggunakan (3) dan (4), didapatkan nilai akurasi untuk model Simple Moving Average sebesar 62,22% sedangkan nilai error yang didapatkan sebesar 37,78%. Nilai akurasi ini menunjukkan kemampuan metode Simple Moving Average dalam memprediksi cuaca yang cukup baik.

D. Arduino IoT Cloud

Arduino Iot Cloud merupakan salah satu platform Internet of Things yang dapat digunakan untuk keperluan pemantauan. Berdasarkan data yang telah diambil, data kemudian akan dikirim menggunakan jaringan internet menuju Arduino IoT Cloud. Pada sistem pemantauan cuaca

ini, Arduino Iot Cloud akan menampilkan nilai dari sensor dan hasil prediksi cuaca. Selain itu, nilai parameter dapat ditampilkan secara live graphic pada dashboard Arduino IoT Cloud. Status cuaca dan prediksi cuaca juga muncul pada dashboard Arduino IoT Cloud. Seluruh informasi yang ditampilkan pada dashboard adalah informasi real-time.



GAMBAR 7
TAMPILAN ARDUINO IOT CLOUD

Gambar 7 adalah tampilan dari sistem pemantauan cuaca pada Arduino IoT Cloud. Informasi cuaca ditampilkan pada dashboard sistem pemantauan cuaca.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian sensor menunjukkan akurasi sebesar 90,79% untuk sensor kecepatan angin, 98,61% untuk sensor suhu, dan 92% untuk sensor kelembaban udara. Hasil prediksi cuaca menunjukkan metode Fuzzy Logic sedikit lebih baik dengan akurasi sebesar 66,67% dibanding dengan metode Simple Moving Average dengan akurasi sebesar 62,22%.

REFERENSI

- [1] F. Erwan, A. Muid and I. Nirmala, "RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKUR CUACA OTOMATIS MENGGUNAKAN ARDUINO DAN TERINTEGRASI DENGAN WEBSITE," *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, vol. 6 (3), pp. 255-265, 2018.
- [2] C. Dewi, D. P. Kartikasari and Y. T. Mursityo, "Prediksi Cuaca Pada Data Time Series Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 1 (1), pp. 18-24, 2014.
- [3] D. Subarna, "APLIKASI JARINGAN NEURAL UNTUK PEMODELAN DAN PREDIKSI CURAH HUJAN," *Berita Dirgantara*, vol. 03, 2009.
- [4] D. A. Rivai, "APLIKASI PRAKIRAAN CUACA MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN," *Penerapan Aplikasi Komputer*, 2013.
- [5] I. Juaeni, "ANALISIS VARIABILITAS CURAH HUJAN WILAYAH INDONESIA BERDASARKAN PENGAMATAN TAHUN 1975-2004," *Jurnal Matematika*, vol. 9 (2), 2006.
- [6] D. P. Hapsari and N. Karimah, "SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PERAMALAN CUACA DENGAN MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY MAMDANI," *Jurnal IPTEK*, vol. 16 (1), 2012.
- [7] F. N. Adnan and A. Nahrul, "Analisis Penentuan Data Latih pada Peramalan Curah Hujan Menggunakan Metode Simple Moving Average," *Journal of Information System*, pp. 49-57, 2018.
- [8] N. Fauziah, S. Wahyuningsih and Y. N. Nasution, "PERAMALAN MENGGUNAKAN FUZZY TIME SERIES CHEN (STUDI KASUS: CURAH HUJAN KOTA SAMARINDA)," *Jurnal Statistika*, vol. 4 (2), 2016.
- [9] H. Effendi, "APLIKASI LOGIKA FUZZY UNTUK PERAMALAN BEBAN LISTRIK JANGKA PENDEK MENGGUNAKAN MATLAB," *Jurnal Sainstek*, vol. XII (1), 2009.
- [10] A. C. Meutia, A. F. Sundoro, A. Yajiddin, M. K. and Q. Aini, "REVIEW PENERAPAN FUZZY LOGIC SUGENO DAN MAMDANI PADA SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PRAKIRAAN CUACA DI INDONESIA," in *SESINDO 9*, 2017.
- [11] F. J. J. Joseph, "IoT Based Weather Monitoring System for Effective Analytics," *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, vol. 8 (4), 2019.
- [12] K. Krishnamurthi, S. Thapa, L. Kothari and A. Prakash, "Arduino Based Weather Monitoring System," *International Journal of Engineering Research and General Science*, vol. 3 (2), 2015.
- [13] Y. Rahut, R. Afreen and D. Kamini, "Smart Weather Monitoring and Real Time Alert System Using IoT," *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 5 (10), 2018.
- [14] S. Mujiasih, "Pemanfaatan Data Mining Untuk Prakiraan Cuaca," *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, vol. 12 (2), 2011.
- [15] S. Ackerman and J. Knox, *Meteorology*, Jones & Bartlett Learning, 2011, p. 207.
- [16] Asian Wind Energy Association, 2021. [Online]. Available: <https://www.asiawind.org/research-data/market-overview/indonesia/>. [Accessed 15 Juni 2022].
- [17] P. K., Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 1 Juni 2022. [Online]. Available: <https://www.bmkg.go.id/iklim/dinamika-atmosfir.bmkg..> [Accessed 15 Juni 2022].
- [18] R. A. Ihwan and M. I. Jumarang, "Estimasi Keadaan Cuaca di Kota Pontianak Menggunakan Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Algoritma Hopfield," *POSITRON*, vol. 3 (2), pp. 43-46, 2013.
- [19] H. A. Swarno, S. A. Zaki, A. Hagishima and Y. Yusup, "Characteristics of Wind Speed During Rainfall Event in the Tropical Urban City," *Urban Climate*, vol. 32, p. 100620, 2020.

- [20] S. Li, L. D. Xu and S. Zhao, "The Internet of Things: a Survey," *Information System Frontiers*, vol. 17, pp. 243-259, 2015.
- [21] M. Hepp, K. Siorpaes and D. Bachlechner, "Harvesting Wiki Consensus: Using Wikipedia Entries as Vocabulary for Knowledge Management," *IEEE Internet Computing*, vol. 11 (5), pp. 54-65, 2007.
- [22] P. Sethi and S. R. Sarangi, "Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications," *Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 2017, 2017.
- [23] I. W. Harmoko and N. A., "Prototipe Model Prediksi Peluang Kejadian Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Tipe Mamdani dan Sugeno," *Jurnal TICOM*, vol. 1 (1), 2012.
- [24] T. J. Ross, "Membership Functions, Fuzzification and Defuzzification," in *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, John Wiley & Sons, 2005, pp. 48-77.
- [25] U. Athiyah, A. P. Handayani, M. Y. Aldean, N. P. Putra and R. Ramadhani, "Sistem Inferensi Fuzzy : Pengertian, Penerapan, dan Manfaatnya," *Journal of DINDA (Data Science, Information Technology, and Data Analytics)*, vol. 1 (2), pp. 73-76, 2021.
- [26] I. Haimi, "PERAMALAN BEBAN LISTRIK JANGKA PENDEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS) (Studi Kasus: PT. PLN (Persero) Sektor Pembangkit Pekanbaru)," *Doctoral Dissertation, Universitas Islam Negri Sultan Syarif Kasim Riau*, 2010.
- [27] F. R. Johnston, J. E. Boyland, M. Meadows and E. Shale, "Some Properties of a Simple Moving Average when Applied to Forecasting a Time Series," *The Journal of the Operational Research Society*, vol. 50 (12), pp. 1267-1271, 1999.
- [28] N. A. Suwastika, P. W. W. and T. B. Harsono, "MODEL PREDIKSI SIMPLE MOVING AVERAGE PADA AUTO-SCALING CLOUD COMPUTING," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, vol. 1 (3), 2015.
- [29] R. A. Yaffee and M. Monnie, *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting: With Applications of SAS and SPSS*, New York: Academic Press, 2000.
- [30] Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, "Perka BMKG nomor 4 Tahun 2016 tentang Pengamatan dan Pengelolaan Data Iklim di Lingkungan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika;," BMKG, 2016.
- [31] Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, [Online]. Available: <https://www.bmkg.go.id/profil/?p=sejarah>. [Accessed 23 September 2022].
- [32] N. Kristiawan, "Model Analisis Prediksi Menggunakan Metode Fuzzy Time Series," *Jurnal Ilmiah Infokam*, vol. 12 (1), 2016.