

SISTEM PERAMALAN CURAH HUJAN MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINIER BERGANDA BERBASIS IOT

Riyan Wicaksono, Joseph Dedy Irawan, Suryo Adi Wibowo
Program Studi Teknik Informatika S1, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Raya Karanglo km 2 Malang, Indonesia
1818112@scholar.itn.ac.id

ABSTRAK

Curah hujan yang tidak terduga dan ekstrem dapat menyebabkan berbagai masalah seperti banjir, kekeringan, dan kerugian ekonomi. Oleh karena itu, peramalan curah hujan yang akurat menjadi penting untuk mengelola dan mengurangi dampak dari fenomena cuaca ini. Dalam penelitian ini mengusulkan sebuah sistem peramalan curah hujan menggunakan metode Regresi Linier Berganda dengan berbasis *Internet of Things* (IoT). Tujuan penelitian ini adalah memanfaatkan metode Regresi Linier Berganda Untuk memperoleh prediksi curah hujan. Metode ini memungkinkan pemodelan statistik yang lebih kompleks dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap curah hujan, seperti suhu, kelembapan, penyinaran matahari dan kecepatan angin yang berpengaruh terhadap curah hujan. Sistem ini menggunakan jaringan sensor curah hujan, suhu udara, kelembapan, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin yang terhubung dengan IoT untuk mengumpulkan data curah hujan secara *real time*. Data ini digunakan sebagai input dalam model Regresi Linier Berganda untuk memprediksi curah hujan di hari ini. Hasil prediksi curah hujan menggunakan metode Regresi Linier Berganda dengan data primer yang didapatkan dari hasil pencatatan alat IoT mulai jam 07.00 WIB sampai jam 18.00 WIB pada tanggal 21 bulan Agustus 2023 dengan jumlah $Y=1,39851987mm$ maka prediksi curah hujan hari ini untuk beberapa jam kedepan yaitu hujan ringan. Hasil pengujian metode Regresi Linier Berganda digunakan untuk memprediksi curah hujan di hari ini untuk beberapa jam kedepan berdasarkan hasil pengujian keakurasian menggunakan MSE dengan nilai 9,135697138 dan jika menggunakan MAE dengan nilai 2,099531543.

Kata kunci : Curah Hujan, Peramalan, Regresi Linier Berganda, IoT

1. PENDAHULUAN

Curah hujan yang tidak terduga dan ekstrem dapat menyebabkan berbagai masalah seperti banjir, kekeringan, dan kerugian ekonomi. Oleh karena itu, peramalan curah hujan yang akurat menjadi penting untuk mengelola dan mengurangi dampak dari fenomena cuaca ini. Dalam penelitian ini, kami mengusulkan sebuah sistem peramalan curah hujan menggunakan metode Regresi Linier Berganda dengan berbasis *Internet of Things* (IoT).

IoT adalah teknologi yang menghubungkan perangkat-perangkat elektronik ke internet sehingga dapat saling berkomunikasi dan berinteraksi. Dengan memanfaatkan IoT, pengukuran curah hujan dapat dilakukan secara otomatis dan efisien dengan menggunakan sensor-sensor yang terpasang di beberapa titik. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor tersebut dapat diolah dan dianalisis dengan menggunakan metode Regresi Linier Berganda untuk mendapatkan hasil yang akurat.

Metode Regresi Linier Berganda memungkinkan kita untuk memprediksi curah hujan berdasarkan variabel-variabel independen seperti suhu, kelembapan, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin. Dengan menggunakan data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor, metode Regresi Linier Berganda dapat memberikan hasil yang lebih akurat dan dapat diandalkan dalam memprediksi curah hujan.

Dengan menggunakan metode Regresi Linier Berganda berbasis IoT untuk mendeteksi curah hujan, deteksi curah hujan dapat dilakukan secara akurat dan

efisien. Data yang telah dikumpulkan dapat langsung diproses dan dianalisis secara *real time* sehingga dapat memberikan informasi yang lebih cepat dan akurat mengenai kondisi curah hujan. Hal ini dapat membantu masyarakat dan pihak berwenang dalam mengambil tindakan preventif yang tepat guna mengurangi risiko bencana yang dapat ditimbulkan oleh curah hujan yang tinggi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hasil Penelitian Terkait

Penelitian oleh Abrar. (2008). Dengan judul "PENGUNAAN MODEL REGRESI LINIER BERGANDA UNTUK MELIHAT PENGARUH CUACA TERHADAP PREVALENSI NEWCASTLE DISEASE PADA AYAM DI KABUPATEN ACEH UTARA" Pada penelitian Dari hasil analisis menunjukkan bahwa variabel cuaca seperti kelembapan dan kecepatan angin memberi pengaruh terhadap proporsi ayam yang terkena *Newcastle Disease*. Model akhir yang diperoleh adalah: $\hat{Y} = 120,529278 - 1,33 \times \text{kelembapan} + 1,907 \times \text{kecepatan angin}$. [1].

Penelitian oleh Sugiyono. (2011). Dengan judul "PEMANFAATAN SUHU UDARA DAN KELEMBAPAN UDARA ALAM PERSAMAAN REGRESI UNTUK SIMULASI PREDIKSI TOTAL HUJAN BULANAN DI BANDAR LAMPUNG" Dalam studi ini, dilakukan prediksi jumlah curah hujan total tiap bulan dengan memanfaatkan dua faktor

prediktor, yakni suhu udara dan kelembapan udara (T dan RH) secara bersamaan. Penggunaan model Regresi Linier Berganda pada prediksi ini menghasilkan hasil yang lebih memuaskan jika dibandingkan dengan pendekatan menggunakan hanya satu faktor prediktor. [5].

Penelitian oleh Fadholi. (2013). Dengan judul “Persamaan Regresi Prediksi Curah Hujan Bulanan Menggunakan Data Suhu dan Kelembapan Udara di Ternate” Dalam penelitian ini, estimasi curah hujan total setiap bulan tahun 2008 di Ternate dilakukan dengan menerapkan suhu udara (T) sebagai faktor prediksi, sementara penerapan kelembapan udara (RH) digunakan sebagai faktor prediksi alternatif. Hasil estimasi menunjukkan kualitas prediksi yang memuaskan untuk bulan Januari ketika hanya suhu udara digunakan, sementara pada bulan Februari, penggunaan kedua faktor prediksi, yaitu suhu udara dan kelembapan udara (T dan RH), menghasilkan estimasi yang memadai. Penggunaan model regresi linier untuk memprediksi curah hujan total bulanan, dengan hanya mempertimbangkan faktor prediksi kelembapan udara (T), menghasilkan hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan pendekatan menggunakan kedua faktor prediksi, yaitu suhu udara dan kelembapan udara (T dan RH). [3].

Penelitian oleh Pradipta. (2013). Dengan judul “ANALISIS PENGARUH CURAH HUJAN DI KOTA MEDAN” Dalam studi ini, terungkap bahwa curah hujan di kota Medan dipengaruhi oleh faktor kelembapan udara dan kecepatan angin. Ini berarti bahwa ketika kelembapan udara dan kecepatan angin ditingkatkan, curah hujan juga akan mengalami peningkatan. Di sisi lain, tekanan udara dan suhu udara memiliki pengaruh yang bersifat negatif terhadap curah hujan. Dengan kata lain, jika tekanan udara dan suhu udara dinaikkan, curah hujan cenderung mengalami penurunan. [4].

Penelitian oleh Yusuf. (2022). Dengan judul “Analisis Prediksi Curah Hujan Bulanan Wilayah Kota Sorong Menggunakan Metode Multiple Regression” Dalam penelitian ini, diterapkan Teknik Klasifikasi Linear Regression pada sebuah dataset yang terdiri dari 60 data, dengan pembagian 80% data untuk pelatihan dan 20% untuk pengujian model. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa Koefisien Korelasi memiliki nilai sebesar 0,8175, sedangkan Mean Absolute Error (MAE) memiliki nilai sekitar 78,8695 dan Root Mean Squared Error (RMSE) memiliki nilai sekitar 95,1982. Meskipun nilai RMSE yang tinggi, yaitu 95,1982, menandakan tingginya deviasi antara prediksi curah hujan dan nilai aktual curah hujan, namun nilai korelasi koefisien (r) yang mencapai 0,8175 mengindikasikan adanya hubungan positif yang kuat antara prediksi total curah hujan dan nilai aktual curah hujan. Faktor suhu dan kelembapan udara diidentifikasi memiliki pengaruh yang signifikan dalam prediksi curah hujan, terutama kelembapan udara yang memiliki kontribusi paling besar, yakni sekitar 81,75%. [7].

2.2. Metode Regresi Linier Berganda

Metode Regresi Linier Berganda merupakan salah metode prediksi yang dilakukan melalui pembentukan persamaan Regresi untuk simulasi prediksi curah hujan bulanan dengan menggunakan lebih dari satu variabel independen. Metode Regresi Linier Berganda menggunakan dua jenis variabel, yaitu variabel bebas atau variabel prediktor (*independent*) dan variabel tidak bebas atau variabel respon (*dependent*). [5].

Metode Regresi Linier Berganda dapat digunakan dalam peramalan curah hujan dengan cara mengaitkan variabel curah hujan yang akan diprediksi dengan beberapa variabel independen seperti suhu, kelembapan, kecepatan angin dan lama penyinaran matahari. Dalam model Regresi Linier Berganda, variabel curah hujan yang akan diprediksi menjadi variabel dependen dan variabel-variabel independen digunakan untuk memprediksi variabel dependen.

Rumus Regresi Linier Berganda untuk peramalan curah hujan adalah sebagai berikut:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 \text{ (Persamaan 2.1)}$$

Keterangan :

Y adalah variabel curah hujan yang akan diprediksi

a adalah konstanta

x1, x2, x3, x4 adalah variabel independen yang berkaitan dengan curah hujan

b1, b2, b3, b4 adalah koefisien Regresi untuk masing-masing variabel independen

Matriks a dan koefisien Regresi b1, b2, b3, b4 dapat dihitung menggunakan rumus

$$a = \begin{bmatrix} \sum x_1 & \sum x_1^2 & \sum x_1x_2 & \sum x_1x_3 & \sum x_1x_4 \\ \sum x_2 & \sum x_1x_2 & \sum x_2^2 & \sum x_2x_3 & \sum x_2x_4 \\ \sum x_3 & \sum x_1x_3 & \sum x_2x_3 & \sum x_3^2 & \sum x_3x_4 \\ \sum x_4 & \sum x_1x_4 & \sum x_2x_4 & \sum x_3x_4 & \sum x_4^2 \end{bmatrix} \text{ (persamaan 2.2)}$$

$$H = \begin{bmatrix} \sum y \\ \sum x_1y \\ \sum x_2y \\ \sum x_3y \\ \sum x_4y \end{bmatrix}$$

$$a = \frac{\det M_1}{\det M} \quad b_1 = \frac{\det M_2}{\det M} \quad b_2 = \frac{\det M_3}{\det M} \\ b_3 = \frac{\det M_4}{\det M} \quad b_4 = \frac{\det M_5}{\det M}$$

2.3. Perhitungan Keakurasian

Untuk menghitung keakurasian hasil perhitungan metode Regresi Linier Berganda dalam peramalan curah hujan :

1. Mean Squared Error (MSE)

MSE menghitung rata-rata dari selisih kuadrat antara nilai prediksi dan nilai aktual curah hujan. Semakin rendah nilai MSE, semakin kecil kesalahan prediksi model, dan semakin akurat peramalan curah hujan yang dihasilkan. Rumus MSE adalah :

$$MSE = \frac{\sum |y' - y|^2}{n - 1} \text{ (Persamaan 2.3)}$$

Keterangan :

Y' = Nilai Prediksi

Y = Nilai Sebenarnya

n = Jumlah Data

2. Mean Absolute Error (MAE)

MAE mengukur rata-rata dari selisih absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual curah hujan. Rumus MAE adalah :

$$MAE = \frac{\sum(y' - y)}{n}$$

Keterangan :

Y' = Nilai Prediksi

Y = Nilai Sebenarnya

n = Jumlah Data

2.4. IoT (Internet of Things)

Internet of Things (IoT) adalah konsep teknologi yang menghubungkan perangkat elektronik dan peralatan rumah tangga melalui jaringan internet, sehingga memungkinkan perangkat-perangkat tersebut dapat bertukar data dan informasi. Dalam konsep IoT, setiap perangkat atau benda dapat diberi alamat IP dan memiliki kemampuan untuk mengirim dan menerima data. Dengan adanya teknologi IoT, perangkat-perangkat dapat saling terhubung dan berkomunikasi secara otomatis, sehingga memungkinkan pengguna untuk mengontrol, memantau, dan mengoptimalkan penggunaan perangkat-perangkat tersebut. [8].

2.5. Arduino Uno Wi-Fi Rev3

Arduino Uno Rev3 Wi-Fi adalah varian Arduino Uno Rev3 yang memiliki modul Wi-Fi terintegrasi. Dengan modul ini, Arduino dapat terhubung ke jaringan Wi-Fi dan berkomunikasi dengan perangkat lain secara nirkabel. Hal ini memungkinkan pengembangan proyek IoT yang membutuhkan konektivitas Wi-Fi, seperti mengontrol perangkat dari jarak jauh, memantau sensor, atau mengirim data ke server. [6].

2.6. Sensor DHT22

Sensor DHT22 adalah sensor suhu dan kelembaban digital yang dapat mengukur suhu dengan rentang pengukuran antara -40 hingga 80 derajat Celsius dengan ketelitian 0,5 derajat Celsius, serta kelembaban dengan rentang pengukuran antara 0 hingga 100 persen RH (*Relative Humidity*) dengan ketelitian 2 persen RH.

2.7. Sensor Anemometer

Anemometer sensor adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan dan arah angin. *Cup* anemometer menggunakan tiga cangkir berbentuk setengah bola yang dipasang pada sebuah sumbu horizontal. Ketika angin menerpa cangkir, maka sumbu akan berputar dan frekuensi putarannya akan diukur dan dikonversi menjadi kecepatan angin.

2.8. Sensor Curah Hujan Tipping Bucket

Sensor curah hujan *Tipping Bucket* adalah jenis sensor yang digunakan untuk mengukur curah hujan. Sensor ini menggunakan prinsip mekanis dengan menggunakan sebuah ember berbentuk corong yang terbagi menjadi dua kompartemen yang sama. Setiap kompartemen memiliki lengan penggantung yang dilengkapi dengan keranjang penampung air.

2.9. Sensor ML8511

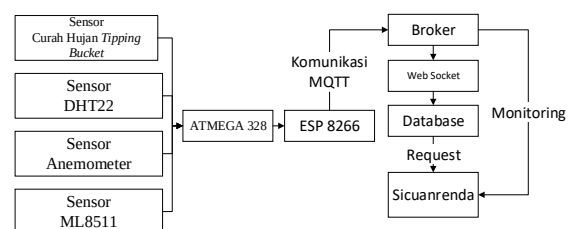
Sensor ML8511 adalah sensor UV analog yang digunakan untuk mendeteksi intensitas radiasi UV. Sensor ini mengukur radiasi UV-A (315-400 nm) dan dapat menghasilkan arus listrik yang berubah sesuai dengan intensitas UV yang diterima. Sensor ini digunakan untuk pemantauan paparan sinar UV, pengukuran indeks UV, dan proyek DIY yang melibatkan deteksi radiasi UV.

2.10. RTC

RTC adalah singkatan dari *real-time Clock*, komponen elektronik yang digunakan untuk menyediakan waktu yang akurat untuk sistem komputer atau perangkat lainnya. RTC ini dapat dihubungkan ke mikrokontroler atau komputer melalui antarmuka I2C (*Inter-Integrated Circuit*) dan menyediakan informasi waktu seperti tahun, bulan, tanggal, hari, jam, menit, dan detik.

3. METODE PENELITIAN

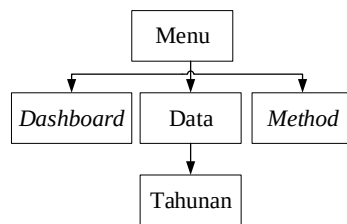
3.1. Blok Diagram Sistem



Gambar 1. Blok diagram sistem

Pada gambar 1 diagram blok diatas Sensor digunakan untuk mendeteksi curah hujan, suhu, kelembapan, kecepatan angin dan lama penyinaran matahari. Sensor ini akan mengirimkan data yang dikumpulkan ke ATMEGA lalu terhubung ESP8266 untuk mengirimkan data sensor ke *database* melalui data *protocol* MQTT. *Database* akan menyimpan data dari sensor dan dapat diakses oleh pengguna melalui aplikasi web. Pengguna dapat melihat data yang dikumpulkan oleh sensor dan membuat keputusan berdasarkan data tersebut.

3.2. Struktur Menu

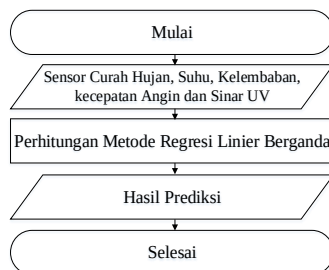


Gambar 2. Struktur menu

Pada gambar 2 merupakan struktur menu pada *website*. Tampilan awal *website* diakses menampilkan tampilan halaman *dashboard*. Pada bagian menu terdapat 3 menu pilihan yaitu menu *dashboard*, menu *data* dan menu *method*. Pada menu *data* memiliki sub menu yaitu *tahunan*.

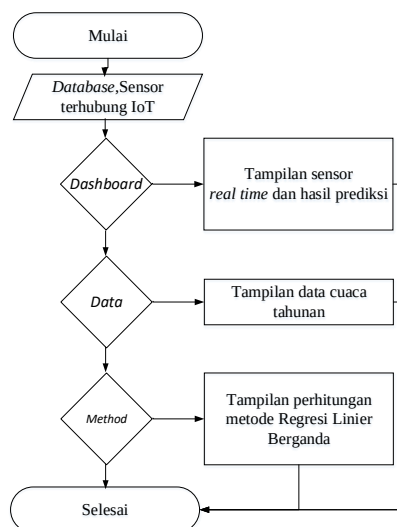
3.3. Flowchart Sistem

Pada gambar 3 pada *flowchart* terdapat beberapa tahapan seperti *input* sensor, perhitungan metode Regresi Linier Berganda, *output* hasil prediksi. Tahapan-tahapan tersebut harus dilakukan secara berurutan untuk mendapatkan hasil yang akurat dan efektif dalam deteksi curah hujan menggunakan metode Regresi Linier Berganda berbasis *Internet of Things*.



Gambar 3. Flowchart sistem

3.4. Flowchart Aplikasi Website

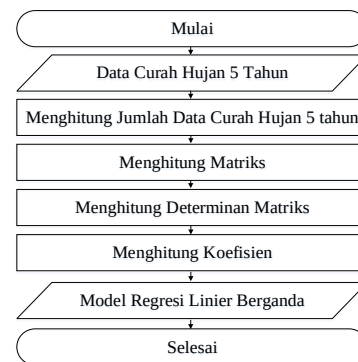


Gambar 4. Flowchart aplikasi website

Pada gambar 4 berawal dari inputan *database* dan sensor yang terhubung jaringan *Internet of Things* (IoT). Pada tampilan *dashboard* maka akan proses menampilkan sensor *real time* yang terhubung jaringan IoT dan hasil prediksi curah hujan, pada tampilan data maka akan proses menampilkan data cuaca tahunan, pada tampilan *method* menampilkan proses perhitungan metode Regresi Linier Berganda dan *chart* prediksi curah hujan.

3.5. Flowchart Metode Regresi Linier Berganda

Pada gambar 5 diawali dengan input data curah hujan selama 5 tahun inisialisasi variabel yaitu suhu rata-rata (x_1), kelembapan (x_2), lama penyinaran matahari UV (x_3), kecepatan angin (x_4) dan curah hujan (Y), lalu melakukan perhitungan jumlah data curah hujan selama 5 tahun. Setelah itu perhitungan matriks lalu perhitungan determinan matriks dan hasilnya dimasukkan ke dalam perhitungan konstanta a dan koefisien b_1, b_2, b_3, b_4 . Mendapatkan model Regresi Linier Berganda dan selesai.



Gambar 5. Flowchart metode Regresi Linier Berganda

Dalam perhitungan ini data yang digunakan yaitu data iklim cuaca harian pada bulan januari tahun 2018 hingga bulan juni tahun 2023. Data tersebut digunakan dalam perhitungan Regresi Linier Berganda untuk memprediksi curah hujan. Data iklim cuaca bulan januari tahun 2018 hingga bulan juni tahun 2023 ditunjukkan pada tabel 1 berikut

Tabel 1. Data iklim cuaca harian

No.	Tanggal	RR	Tavg	RH_avg	ss	ff_avg
		y	x1	x2	x3	x4
1	01-01-2018	5,6	23	89	4,8	2
2	02-01-2018	0,6	24,7	81	3,2	2
3	03-01-2018	0	24,9	80	5,3	2
4	04-01-2018	8,3	24,4	82	6,7	2
5	05-01-2018	4,2	24,2	84	4,9	1
...	...	...	...	...	...	...
2007	30-06-2023	0	24	83	7	2

Sumber : (dataonline.bmkg.go.id) Akses 23 Mei 2023

Keterangan :

RR : Curah hujan (mm)

Tavg : Temperatur rata-rata (°C)

RH_avg : Kelembapan rata-rata (%)

ff_avg : Kecepatan angin rata-rata (m/s)

ss : Lamanya penyinaran matahari (jam)

Setelah mendapatkan data cuaca pada Tabel 1 selanjutnya menghitung konstanta a dan koefisien Regresi b_1, b_2, b_3, b_4 yang diperoleh dari rumus matriks a dan matriks H (Persamaan 2.2) pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Tabel perhitungan koefisiensi regresi

Period e	x1.y	x2.y	x3.y	x4. y	x1.x2	x1.x3	x1.x 4	x2.x 3	x2.x 4	x3.x 4	x1 ²	x2 ²	x3 ²	x4 ²
01-01-2018	128,8	498,4	26,8	11,2	2047	110,4	46	427,2	178	9,6	529	7921	23,04	4
02-01-2018	14,82	48,6	1,92	1,2	2000,7	79,04	49,4	259,2	162	6,4	610,9	6561	10,24	4
03-01-2018	0	0	0	0	1992	131,97	49,8	424	160	10,6	620,01	6400	28,09	4
04-01-2018	202,52	680,6	55,61	16,6	2000,8	163,48	48,8	549,4	164	13,4	595,36	6724	44,89	4
05-01-2018	101,64	352,8	20,58	4,2	2032,8	118,58	24,2	411,6	84	4,9	585,64	7056	24,01	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
30-06-2023	0	0	0	0	1992	168	48	581	166	14	576	6889	49	4

Setelah melakukan perhitungan pada Tabel 2, hasilnya dimasukkan ke dalam perhitungan matriks (Persamaan 2.2) lalu mencari nilai determinannya.

$$M = \begin{bmatrix} 2007 & 47870,6 & 156667 & 12135,9 & 3534 \\ 47870,6 & 1153356,98 & 3764125,1 & 291879,2 & 85085,4 \\ 156667 & 3764125,1 & 12437555 & 932784,9 & 273283 \\ 12135,9 & 291879,2 & 932784,9 & 90238,7 & 22492,8 \\ 3534 & 85085,4 & 273283 & 22492,8 & 7410 \end{bmatrix}$$

Det $a = 44256661220870300000$

$$M1 = \begin{bmatrix} 12357,5 & 47870,6 & 156667 & 12135,9 & 3534 \\ 296955,87 & 1153356,98 & 3764125,1 & 291879,2 & 85085,4 \\ 1036997,1 & 3764125,1 & 12437555 & 932784,9 & 273283 \\ 55557,95 & 291879,2 & 932784,9 & 90238,7 & 22492,8 \\ 18312,5 & 85085,4 & 273283 & 22492,8 & 7410 \end{bmatrix}$$

Det $a1 = -201000816359040000000$

$$M2 = \begin{bmatrix} 2007 & 12357,5 & 156667 & 12135,9 & 3534 \\ 47870,6 & 296955,87 & 3764125,1 & 291879,2 & 85085,4 \\ 156667 & 1036997,1 & 12437555 & 932784,9 & 273283 \\ 12135,9 & 55557,95 & 932784,9 & 90238,7 & 22492,8 \\ 3534 & 18312,5 & 273283 & 22492,8 & 7410 \end{bmatrix}$$

Det $a2 = -15155706032580600000$

$$M3 = \begin{bmatrix} 2007 & 47870,6 & 12357,5 & 12135,9 & 3534 \\ 47870,6 & 1153356,98 & 296955,87 & 291879,2 & 85085,4 \\ 156667 & 3764125,1 & 1036997,1 & 932784,9 & 273283 \\ 12135,9 & 291879,2 & 55557,95 & 90238,7 & 22492,8 \\ 3534 & 85085,4 & 18312,5 & 22492,8 & 7410 \end{bmatrix}$$

Det $a3 = 14448019010059700000$

$$M4 = \begin{bmatrix} 2007 & 47870,6 & 156667 & 12357,5 & 3534 \\ 47870,6 & 1153356,98 & 3764125,1 & 296955,87 & 85085,4 \\ 156667 & 3764125,1 & 12437555 & 1036997,1 & 273283 \\ 12135,9 & 291879,2 & 932784,9 & 55557,95 & 22492,8 \\ 3534 & 85085,4 & 273283 & 18312,5 & 7410 \end{bmatrix}$$

Det $a4 = -31895809850821200000$

$$M5 = \begin{bmatrix} 2007 & 47870,6 & 156667 & 12135,9 & 12357,5 \\ 47870,6 & 1153356,98 & 3764125,1 & 291879,2 & 296955,87 \\ 156667 & 3764125,1 & 12437555 & 932784,9 & 1036997,1 \\ 12135,9 & 291879,2 & 932784,9 & 90238,7 & 55557,95 \\ 3534 & 85085,4 & 273283 & 22492,8 & 18312,5 \end{bmatrix}$$

Det $a5 = -56768637466803500000$

Setelah mendapatkan nilai determinan selanjutnya perhitungan nilai a dan koefisien Regresi b_1, b_2, b_3, b_4 (Persamaan 2.2).

$$a = \frac{-201000816359040000000}{44256661220870300000} = -4,541707639$$

$$b_1 = \frac{-15155706032580600000}{44256661220870300000} = -0,34245028$$

$$b_2 = \frac{14448019010059700000}{44256661220870300000} = 0,32645976$$

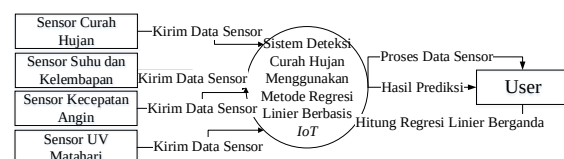
$$b_3 = \frac{-31895809850821200000}{44256661220870300000} = -0,720700770707482$$

$$b_4 = \frac{-56768637466803500000}{44256661220870300000} = -1,2827139666838$$

Setelah mendapatkan nilai a dan koefisien Regresi b_1, b_2, b_3, b_4 berikut model Regresi Linier Berganda (Persamaan 2.1) untuk sebagai perhitungan peramalan curah hujan pada data primer.

$$Y = -4,541707639352 + (-0,342450280127177 x_1) + (0,3264597602145 x_2) + (-0,720700770707482 x_3) + (-1,2827139666838 x_4)$$

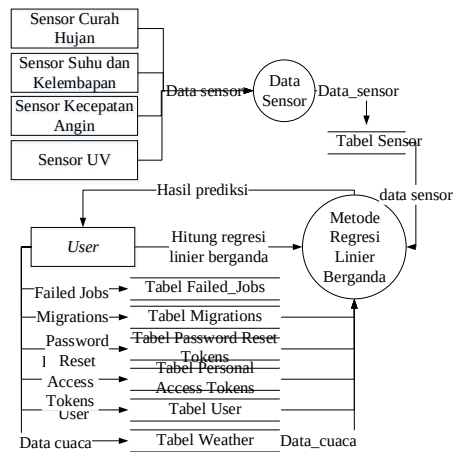
3.6. DFD



Gambar 6. DFD level 0

Pada gambar 6 DFD level 0 pada sistem deteksi curah hujan menggunakan metode Regresi Linier Berganda berbasis *Internet of Things* menunjukkan proses utama dalam sistem tersebut, yaitu pengambilan data curah hujan, suhu, kelembapan kecepatan angin dan lama penyinaran matahari dari sensor. Pemrosesan data menggunakan metode regresi linier berganda, dan penyimpanan data pada *database*.

Pada gambar 7 rincian DFD level 1 sistem deteksi curah hujan pada tabel sensor dapat didetailkan



Gambar 7. DFD level 1

3.7. Struktur Database

Desain *database* pada peramalan curah hujan terdapat 2 tabel untuk menyimpan data yaitu:

1. Tabel *weather*

Pada tabel 3. data yang digunakan untuk menyimpan data cuaca tahunan berupa *id*, *date*, *raingauge*, *temperature*, *humidity*, *windspeed* dan *sunshine*.

Tabel 3. Tabel *weather*

Field	Type Data	Deskripsi
Id	Bigint	Primary key, ID unik
date	date	Waktu dan tanggal pengambilan data
raingauge	Double	Data curah hujan (mm)
temperature	Double	Data Temperatur (°C)
humidity	Double	Data Kelembapan (%)
windspeed	Double	Data kecepatan angin (m/s)
sunshine	Double	Lamanya Penyinaran Matahari (jam)

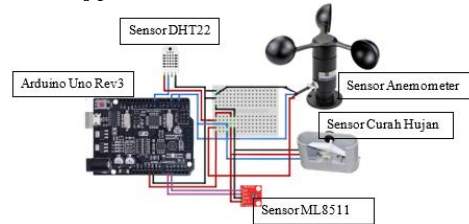
2. Tabel *sensor*

Pada tabel 4. sensor yang digunakan untuk menyimpan data sensor berupa

Tabel 4. Tabel *sensor*

Field	Type Data	Deskripsi
Id	Int	Primary key, ID unik untuk setiap data
Topic	Text	Data curah hujan (mm)
Payload	Float	Nilai Sensor
Time	Datetime	Waktu dan tanggal pengambilan data

3.8. Prototype Desain Alat



Gambar 8. Prototype desain alat

Pada gambar 8 prototype desain alat diatas merupakan rangkaian hardware yang sudah saling terhubung satu sama lain. Terdapat sensor anemometer, sensor curah hujan, sensor DHT22, sensor ML8511 akan terhubung ke Arduino uno rev3.

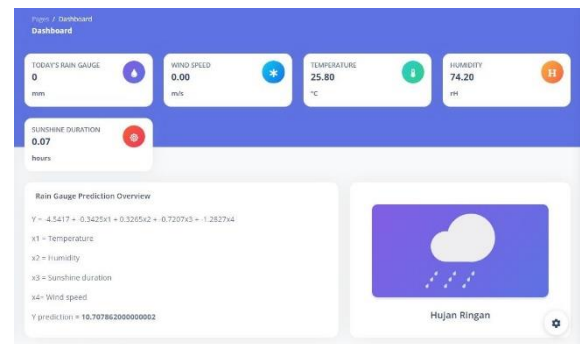
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Antar Muka

Berikut tampilan halaman web monitoring menggunakan Bahasa pemrograman PHP.

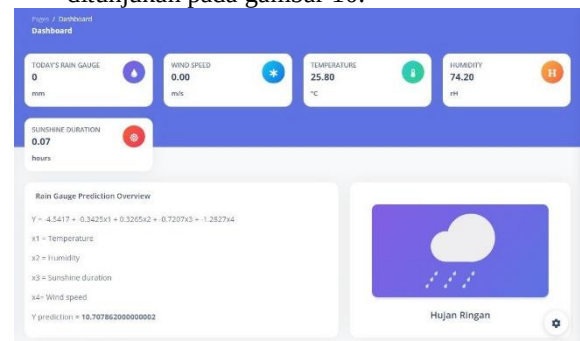
1. Tampilan halaman *dashboard*

Menampilkan sensor curah hujan, kecepatan angin, suhu, kelembapan, dan lama penyinaran matahari secara *real time*.

Gambar 9. Tampilan halaman *dashboard*

2. Tampilan halaman data

Pada halaman ini pengguna bisa melihat data cuaca iklim 5 tahun dari tahun 2018 sampai tahun 2023 bulan juni. Tampilan halaman data ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Tampilan halaman data

3. Tampilan halaman metode

Pada tampilan Halaman metode Regresi Linier Berganda ini untuk menampilkan matrix tabel, *coefisien* dan *rain gauge chart overview*.

Tampilan halaman perhitungan metode Regresi Linier Berganda ditunjukkan pada gambar 11.

Gambar 11. Tampilan halaman metode

4.2. Implementasi Metode

Dalam perhitungan ini data yang digunakan yaitu data primer yang didapatkan dari hasil pencatatan alat IoT mulai jam 07.00 WIB sampai jam 18.00 WIB pada tanggal 21 bulan Agustus 2023 di lokasi Kelurahan Ampelgading, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang.

Tabel 5. Data primer

No.	Jam	RR Aktual	T x1	RH x2	SS x3	FF x4
1	7.00 WIB, 21-08-2023	0	25,3	58,3	0,38	3,2
2	8.00 WIB, 21-08-2023	0	25,4	59	0,58	2,3
3	9.00 WIB, 21-08-2023	0	25,4	55	1	3,7
4	10.00 WIB, 21-08-2023	0	28,4	53,8	1	3
...	...	...	...	...	...	...
12	18.00 WIB, 21-08-2023	0	24,2	75	0,09	3

Keterangan:

RR : Curah hujan (mm), T : Temperatur (°C)

RH : Kelembapan (%), FF : Kecepatan angin (m/s)

SS : Lamanya penyinaran matahari (jam)

Melakukan perhitungan dengan model Regresi Linier Berganda (Persamaan 2.1). Setelah melakukan perhitungan dengan model Regresi Linier Berganda untuk hasil prediksi curah hujan pada Tabel 6

Tabel 6. Hasil prediksi curah hujan

No.	Waktu	Aktual	Prediksi (mm)	Status
1	7.00 WIB, 21-08-2023	0	1,448353308	Hujan Ringan
2	8.00 WIB, 21-08-2023	0	2,652932528	Hujan Ringan
3	9.00 WIB, 21-08-2023	0	-0,75140039	Tidak ada Hujan
4	10.00 WIB, 21-08-2023	0	-	Tidak Ada Hujan

No.	Waktu	Aktual	Prediksi (mm)	Status
...	...	...	...	...
12	18.00 WIB, 21-08-2023	0	7,742472628	Hujan Ringan
Rata-rata		0	1,18088003	Hujan Ringan

Keterangan :

0 mm/hari : Tidak ada hujan

0.5 – 20 mm/hari : Hujan ringan

20 – 50 mm/hari : Hujan sedang

50 – 100 mm/hari : Hujan lebat

100 – 150 mm/hari : Hujan sangat lebat

>150 mm/hari : Hujan ekstrem

Sumber keterangan : (www.bmkg.go.id)

hasil prediksi curah hujan menggunakan metode Regresi Linier Berganda dengan data primer yang didapatkan dari hasil pencatatan alat IoT mulai jam 07.00 WIB sampai jam 18.00 WIB pada tanggal 21 bulan Agustus 2023 dengan rata-rata $Y=1,39851987mm$ maka prediksi curah hujan hari ini untuk beberapa jam kedepan yaitu hujan ringan.

4.3. Pengujian Keakurasian

Untuk menguji seberapa kuat tingkat keakurasian hasil prediksi dilakukan perhitungan *mean squared error* (MSE) (persamaan 2.4) dan *mean absolute error* (MAE) (persamaan 2.3).

Tabel 7. Pengujian keakurasian

No.	MSE	MAE
1	0,174810609	0,120696109
2	0,58650425	0,221077711
3	0,047050212	0,062616699
4	0,134959902	0,106050264
...	...	...
12	4,9954902	0,645206052
Total	9,135697138	2,099531543

Pada tabel 7 hasil nilai *mean squared error* = 9,135697138 dan hasil nilai *mean absolute error* = 2,099531543.

4.4. Pengujian Fungsionalitas

Pengujian selanjutnya yaitu pengujian *black box* dilakukan dengan cara menguji fitur yang terdapat pada sistem yang telah dibuat.

Tabel 8. Tabel Pengujian tampilan dashboard

N o.	Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Sistem	Hasil Pengujian
1	Menampilkan tampilan dashboard	Menampilkan alat sensor secara real time	Berhasil menampilkan alat sensor secara real time	Sesuai

N o.	Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Sistem	Hasil Pengujian
2	Tampilan sensor <i>rain gauge</i>	Menampilkan nilai sensor <i>real time</i>	Berhasil menampilkan nilai sensor <i>real time</i>	sesuai
3	Tampilan sensor <i>wind speed</i>	Menampilkan nilai sensor <i>real time</i>	Berhasil menampilkan nilai sensor <i>real time</i>	sesuai
4	Tampilan sensor <i>temperature</i>	Menampilkan nilai sensor <i>real time</i>	Berhasil menampilkan nilai sensor <i>real time</i>	sesuai
5	Tampilan sensor <i>Humidity</i>	Menampilkan nilai sensor <i>real time</i>	Berhasil menampilkan nilai sensor <i>real time</i>	sesuai

Pada tabel 8 pengujian tampilan *dashboard* bahwa menampilkan alat sensor secara *real time* dan hasil prediksi curah hujan berjalan dengan normal sehingga hasil yang diharapkan sesuai dengan hasil pengujian.

Tabel 9. Tabel pengujian tampilan data

N o.	Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Sistem	Hasil Pengujian
1	Menampilkan tampilan data	Menampilkan data tahunan	Berhasil menampilkan data tahunan	Sesuai
2	Data historis tahun 2018	Menampilkan data tahun 2018	Berhasil menampilkan data tahun 2018	Sesuai
3	Data historis tahun 2019	Menampilkan data tahun 2019	Berhasil menampilkan data tahun 2019	Sesuai
4	Data historis tahun 2020	Menampilkan data tahun 2020	Berhasil menampilkan data tahun 2020	Sesuai
5	Data historis tahun 2021	Menampilkan data tahun 2021	Berhasil menampilkan data tahun 2021	Sesuai

Pada tabel 9 pengujian tampilan data bahwa menampilkan data tahunan berjalan dengan normal sehingga hasil yang diharapkan sesuai dengan hasil pengujian.

Tabel 10. Tabel pengujian tampilan metode

N o.	Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Sistem	Hasil Pengujian
1	Menampilkan tampilan metode	Menampilkan metode regresi linier berganda	Menampilkan metode regresi linier berganda	Sesuai
2	Menampilkan <i>helper table</i>	Menampilkan <i>helper table</i>	Berhasil menampilkan <i>helper table</i>	sesuai
3	Menampilkan <i>matrix table</i>	Menampilkan <i>matrix table</i>	Berhasil menampilkan <i>matrix table</i>	sesuai
4	Menampilkan koefisien	Menampilkan koefisien	Berhasil menampilkan koefisien	sesuai
5	Menampilkan <i>rain gauge prediction chart overview</i>	Menampilkan <i>rain gauge prediction chart overview</i>	Berhasil menampilkan <i>rain gauge prediction chart overview</i>	sesuai

Pada tabel 10 pengujian tampilan metode bahwa menampilkan metode Regresi Linier Berganda dan *chart overview* berjalan dengan normal sehingga hasil yang diharapkan sesuai dengan hasil pengujian.

4.5. Pengujian Sensor DHT22



Gambar 12. Sensor DHT22

Pada gambar 12 Sensor DHT22 berfungsi sebagai mengukur suhu dan kelembapan. Dalam pengujian ini berfungsi untuk mengetahui akurasi nilai suhu dengan alat pembanding UT363 dan kelembapan dengan pembanding alat *hygrometer*.

Tabel 11. Pengujian sensor suhu

No.	Time	DHT22 (T)	UT363	Selisih	Error
1	13.00	30.7	31.5	0.8	2,53%
2	13.05	30.7	31.3	0.6	1,91%
3	13.10	30.7	31.3	0.6	1,91%
...	...	...	...	...	...
10	13.45	29.3	30	0.7	2,33%
Rata-rata (%)					1,88%

Pada tabel 11 hasil pengujian alat sensor DHT22 menunjukkan bahwa alat tersebut berfungsi mengukur suhu di luar ruangan pada jam 13.00 WIB dengan rata-rata *error* 1,88%.

Tabel 12. Pengujian sensor kelembapan

No.	Time	DHT22 (H)	UT36 3	Selisih	Error
1	13.00	62.9	56	6.9	12,32 %
2	13.05	62.9	56	6.9	12,32 %
3	13.10	61.9	57	4.9	8,59%
...	...	...	...	...	...
10	13.45	65	60	5	8,33%
Rata-rata (%)					9,71%

Pada tabel 12 hasil pengujian alat sensor DHT22 menunjukkan bahwa alat tersebut berfungsi mengukur kelembapan di luar ruangan pada jam 13.00 WIB dengan rata-rata error 9,71%.

4.6. Pengujian Sensor Anemometer



Gambar 13. Sensor anemometer

Pada gambar 13 sensor anemometer berfungsi untuk mengukur kecepatan angin. Dalam pengujian ini berfungsi untuk mengetahui mengukur kecepatan angin dengan pembandingan alat *wind* anemometer UT363.

Tabel 13. Pengujian sensor kecepatan angin

No .	Jarak	Sensor Anemometer (m/s)	UT363(m /s)	Selisi h	Erro r
1	4.98	4.6	0.38	8,26 %	4.98
2	4.75	4.4	0.35	7,95 %	4.75
3	5 cm	4.28	4.4	0.12	2,72 %
...	...	...	...	...	...
10	3.48	3.9	0.42	10,76 %	3.48
Rata-rata					8,31 %

Pada tabel 13 hasil pengujian alat sensor anemometer menunjukkan bahwa alat tersebut berfungsi mengukur kecepatan angin dengan bantuan kipas angin didalam ruangan yang diberi jarak *centimeter* dan dengan rata-rata error 8,31%.

4.7. Pengujian Sensor Tipping Bucket



Gambar 14. Sensor tipping bucket

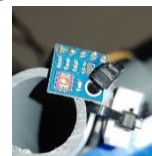
Pada gambar 14 sensor *tipping bucket* berfungsi untuk mengukur curah hujan. Dalam pengujian ini berfungsi untuk mengetahui mengukur curah hujan dengan pembandingan alat gelas ukur.

Tabel 14. Pengujian sensor curah hujan

No.	Tabung (ml)	Sensor Curah hujan (mm)	Selisih	Error
1	3ml	1tip 1,346mm (2,617ml)	0,383ml	12,7%
2	5,5ml	2tip 2,692mm (5,234ml)	0,266ml	4,83%
3	8ml	3tip 4,038mm (7,851ml)	0,149ml	1,86%
...	..	...	...	..
10	30ml	11 tip 14,806mm (28,787ml)	1,213ml	4,04%
Rata-rata (%)				6,09%

Pada tabel 14 hasil pengujian alat sensor curah hujan model *tipping bucket* menunjukkan bahwa alat tersebut berfungsi untuk mengetahui mengukur curah hujan dengan pembandingan alat gelas ukur dan dengan rata-rata error 6,09%.

4.8. Sensor ML8511



Gambar 15. Sensor ML8511

Pada gambar 15 sensor ML8511 berfungsi untuk mengukur intensitas uv matahari. Dalam pengujian ini berfungsi untuk mengetahui mengukur intensitas UV matahari dengan pembandingan alat lux meter.

Tabel 15. Pengujian sensor UV matahari

No.	Pengujian	Lux Meter	UV Sensor cm^2 index	Keterangan
1	Di luar ruangan 8.00 WIB	1078	0.13 0.2	Tidak ada sinar UV jam 8.00 WIB
2	Di luar ruangan 9.00 WIB	5730	4.13 7.4	Ada sinar UV jam 9.00 WIB
3	Di luar ruangan 10.00 WIB	71220	3.6 6.5	Ada sinar UV jam 10.00 WIB
...	...	...	...	...
10	Di luar ruangan 17.00 WIB	202	0 0	Tidak ada sinar UV jam 17.00 WIB

Pada tabel 15 hasil pengujian alat sensor ML8511 menunjukkan bahwa alat tersebut berfungsi untuk ada dan tidaknya sinar UV Matahari.

4.9. Tampilan Alat

Pada tampilan alat ini terdiri dari beberapa komponen yaitu Arduino Uno Rev3 Wi-Fi bertugas mengumpulkan data dari sensor-sensor yang terhubung dan mengirimkannya ke *database* melalui koneksi WiFi. Untuk tampilan alat ditunjukkan pada gambar 16.



Gambar 16. Tampilan alat

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dari penelitian Sistem Peramalan Curah Hujan Menggunakan Metode Regresi Linier Berganda Berbasis IoT. Hasil prediksi curah hujan menggunakan metode Regresi Linier Berganda dengan data primer yang didapatkan dari hasil pencatatan alat IoT mulai jam 07.00 WIB sampai jam 18.00 WIB pada tanggal 21 bulan Agustus 2023 dengan jumlah $Y=1,39851987mm$ maka prediksi curah hujan hari ini untuk beberapa jam kedepan yaitu hujan ringan. Hasil minus pada hasil prediksi menunjukkan kekurangan metode Regresi Linear Berganda untuk memprediksi pada data trend yang tidak bersifat linear. Hasil pengujian metode Regresi Linier Berganda digunakan untuk memprediksi curah hujan di hari ini untuk beberapa jam kedepan berdasarkan hasil pengujian keakurasian menggunakan MSE dengan nilai 9,135697138 dan jika menggunakan MAE dengan nilai 2,099531543. Berikut adalah beberapa saran yang dapat penulis berikan untuk pengembangan selanjutnya : Metode regresi linier berganda memerlukan data historis yang cukup untuk melakukan analisis dan merumuskan model. Pastikan memiliki dataset curah hujan yang mencakup periode waktu yang cukup untuk meramalkan jangka pendek. Jika performa model Regresi Linier Berganda tidak memadai, pertimbangkan untuk menggunakan teknik Regresi lanjutan seperti Regresi Ridge atau Regresi LASSO. Hal ini dapat membantu meningkatkan akurasi

peramalan curah hujan dan metode ini mendukung jenis data multivariat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abrar, M. (2008) *The Use of Multiple Linear Regression Model for Predicting The Influence of Weather to The Prevalence of Newcastle Disease in Chicken in North Aceh*, J. Ked. Hewan.
- [2] Swarinoto, Y.S. and Sugiyono (2011) *PEMANFAATAN SUHU UDARA DAN KELEMBAPAN UDARA DALAM PERSAMAAN REGRESI UNTUK SIMULASI PREDIKSI TOTAL HUJAN BULANAN DI BANDAR LAMPUNG*.
- [3] Fadholi, A., Meteorologi, S. and Amir, D. (2013) *Persamaan Regresi Prediksi Curah Hujan Bulanan Menggunakan Data Suhu dan Kelembapan Udara di Ternate*.
- [4] Pradipta, N.S., Sembiring, P. and Bangun, P. (2013) *ANALISIS PENGARUH CURAH HUJAN DI KOTA MEDAN*.
- [5] BMKG (2015) *Data Online Pusat Database Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, <https://dataonline.bmkg.go.id>. Available at: <https://dataonline.bmkg.go.id/home> (Accessed: 23 May 2023).
- [6] Budioko, T. (2016) *SISTEM MONITORING SUHU JARAK JAUH BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN PROTOKOL MQTT*.
- [7] Husdi and Lasena Y. (2020) *Real Time Analisis Berbasis Internet of Things Untuk Prediksi Iklim Lahan Pertanian*.
- [8] Saragih, I.J.A., Rumahorbo, I., Yudistira, R. and Sucahyono, D. (2020) *Prediksi Curah Hujan Bulanan di Beli Serdang Menggunakan Persamaan Regresi Linier Dengan Prediktor Data Suhu Dan Kelembapan Udara*.
- [9] Yusuf, M., Setyanto, A. and Aryasa, K. (2022) *Analisis Prediksi Curah Hujan Bulanan Wilayah Kota Sorong Menggunakan Metode Multiple Regression*, *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)*.
- [10] Pratama, N.Z., Rismawan, T. and Suhardi, S. (2022) 'Penerapan Metode Regresi Linear Pada Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Internet of Things (IoT)', *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(5), p. 1414. Available at: <https://doi.org/10.30865/jurikom.v9i5.4849>.