



Available online at : <http://bit.ly/InfoTekJar>

InfoTekJar : Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan

ISSN (Print) 2540-7597 | ISSN (Online) 2540-7600



E-Disasters Dengan Neural Network Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System dan Learning Vector Quantization Berbasis Internet of Things

Jaka Prayudha, Azlan

STMIK Triguna Dharma, Jl. A.H Nasution No.73F, Medan, 20362, Sumatera Utara

KEYWORDS

E-Disasters, Adaptive Neuro Fuzzy Inference System, Linear Vector Quantization, Internet of Things, Artificial Intelligence.

CORRESPONDENCE

Phone: +62 821 6652 4717

E-mail: jakaprayudha3@gmail.com

ABSTRACT

Penelitian ini membahas tentang pembangunan sebuah sistem cerdas yang mampu melakukan prediksi terjadinya bencana alam dengan melakukan analisa dari keadaan alam yang berhubungan dengan bencana alam melalui akusisi data sensor dengan mengembangkan konsep neural network berbasis mikrokontroler yang dikomputasikan kedalam aplikasi *E-Disasters* IoT yang nantinya dapat digunakan untuk melakukan pendeteksian kemungkinan bencana alam yang terjadi serta dapat melakukan pengiriman pesan informasi melalui komunikasi Internet.

Dalam membangun sistem *E-Disasters* IoT ini menggunakan penerapan metode penelitian berupa Reserch and Development yang mempunyai tujuan untuk dapat menghasilkan produk baru berbentuk sistem *E-Disasters* IoT berbasis Web dengan pemanfaatan teknologi Internet of Things serta teknik pengumpulan data mengumpulkan basis pengetahuan tentang gejala alam yang menimbulkan bencana alam.

Hasil dari penelitian yang akan dilaksanakan adalah terciptanya sebuah sistem *E-Disasters* IoT yang mengembangkan konsep keilmuan Artificial Intelligence, Internet of Things dan Mekatronika dengan menggunakan analisa pengoptimalan metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) dengan Linear Vector Quantization sehingga nantinya dapat menghasilkan kesimpulan dari hasil pendeteksian sensor dalam pengambilan keputusan untuk memberikan peringatan dini bencana alam yang lebih optimal dan akurat yang dapat digunakan oleh masyarakat luas.

Disamping itu pula, penelitian ini ditargetkan untuk dapat diseminarkan skala nasional yang nantinya akan diterbitkan ke dalam prosiding selain itu juga diterbitkan dalam jurnal nasional terakreditasi dan tercatat dalam daftar Hak Kekayaan Intelektual sebagai penemuan baru dalam pengembangan keilmuan Artificial Intelligence berbasis Internet of Things.

INTRODUCTION

Penelitian ini membahas tentang pembangunan sebuah sistem cerdas dengan penerapan sensor dan teknik kecerdasan buatan yang mampu menganalisis kemungkinan terjadinya bencana alam yang dapat diprediksi sejak awal melalui pengamatan gejala yang berhubungan dengan bencana alam. Bencana alam ialah sebuah kejadian alami perubahan alam yang disebabkan oleh beragam faktor yang memiliki dampak buruk bagi kehidupan manusia [1]. Bencana alam yang disebabkan oleh proses alamiah ini diantaranya gunung meletus, tanah longsor, banjir, gempa bumi, kekeringan dan tsunami, yang dimana saat ini sulitnya melakukan prediksi dari gejala yang berhubungan dengan bencana alam, sehingga ketika sebuah bencana alam terjadi memiliki resiko kematian dan kerusakan yang besar dapat ditimbulkan dari kejadian bencana alam.[2]

Kematian yang tinggi disebabkan bencana alam ini belum dapat diatasi dengan optimal, hal ini dikarenakan keterbatasan ahli dan sistem berbasis sensor yang dapat melakukan prediksi bencana alam yang kemungkinan akan terjadi khususnya pada daerah dengan resiko bencana alam terbesar dan keterbatasan pengetahuan masyarakat tentang gejala yang berhubungan dengan terjadinya bencana alam ini.[1]

Berdasarkan fenomena yang telah dikemukakan, maka perlu membangun sebuah sistem *E-Disasters* IoT dengan mengembangkan konsep Artificial Intelligence yaitu Neural network. Sistem *E-Disasters* IoT yang akan dirancang nantinya dapat digunakan dalam melakukan pendeteksian gejala alam yang berhubungan dengan kemungkinan terjadinya bencana alam berdasarkan gejala-gejala yang terdapat pada basis pengetahuan yang akan dikumpulkan dari beragam sumber dengan menerapkan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System [3] yang dioptimalisasikan menggunakan metode neural network Linear

Vector Quantization yang akan membuat sistem dapat melakukan pengambilan keputusan dalam menentukan hasil prediksi untuk memberi peringatan dini akan terjadinya bencana alam.[4]

Dalam penerapan sistem *E-Disasters* IoT yang digunakan dalam pendeteksian bencana alam yang akan terjadi, perlu mengembangkan sebuah konsep analisa dengan mengoptimalkan penggunaan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System dengan teknik pendekatan kasus untuk membentuk basis pengetahuan agar memperoleh hasil keputusan yang lebih akurat, selain itu penerapan Internet of Things dilakukan untuk memberikan informasi secara luas melalui beragam aplikasi media sosial dan pesan online bagi masyarakat dengan penggunaan internet[5].

Dengan adanya sistem *E-Disasters* IoT diharapkan mampu memberikan kemanfaatan bagi masyarakat berupa pengembangan teknologi cerdas yang nantinya dapat dijadikan layanan informasi bagi publik untuk dapat diakses siapapun, kapanpun dan dimanapun dalam mengetahui informasi prediksi bencana alam yang akan terjadi pada suatu daerah dengan mendeteksi gejala alam yang berhubungan dengan bencana alam secara dini sehingga dapat digunakan sebagai pengambilan keputusan secara cepat untuk dapat menghindari kemungkinan terjadinya bencana alam menggunakan sebuah basis pengetahuan yang dibangun pada sistem mikrokontroler dengan integrasi antarmuka aplikasi multiplatform[6]

Tujuan dari pembangunan Sistem Cerdas *E-Disasters* IoT yang dilakukan bukan untuk menggantikan peran ahli dalam melakukan prediksi bencana alam, tetapi untuk mengembangkan konsep keilmuan Artificial Intelligence dengan cara mensubstitusikan pengetahuan ahli ke sebuah sistem cerdas terkomputerisasi yang nantinya dapat dipergunakan dalam sistem peringatan dini bencana alam berbasis Internet of Things.[7]

Penelitian ini memiliki tujuan untuk dapat memberikan khazanah kelimuan dan pengetahuan tentang konsep Artificial Intelligence dengan optimalisasi metode yang diterapkan pada teknologi Internet of Things, sehingga nantinya dapat diketahui penggunaan metode yang sesuai dan dapat diimplementasikan terhadap kasus-kasus lainnya yang berkaitan tentang konsep prediksi terutama dalam penerapan teknologi sistem cerdas.

METHOD

Dalam melakukan penelitian ini, pendekatan yang diterapkan adalah pendekatan kuantitatif yang berfungsi untuk menguji suatu kebenaran hipotesis berupa probabilitas beberapa bencana alam berdasarkan gejala-gejala alam yang bersumber dari sekumpulan data yang dideteksi oleh multiple sensor yang difungsikan untuk mengumpulkan seluruh data alam yang menjadi sumber gejala penyebab bencana alam, proses pengumpulan data ini akan dilakukan oleh anggota pengusul 1. Hasil eksplorasi data yang didapatkan kemudian akan diekstraksi dengan metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) oleh anggota pengusul 2 kemudian dilakukan proses dan pendekatan komposisi filterisasi data gejala yang menyebabkan terjadinya bencana alam dengan Learning Vector Quantization yang akan dilakukan oleh ketua pengusul, sehingga nantinya akan diketahui metode atau teknik yang paling sesuai dan tepat untuk dapat mengoptimalkan hasil keakuratan pendeteksian bencana

alam sejak dini yang akan diterapkan ke dalam sebuah sistem cerdas *E-Disasters* IoT.

Selain analisis pendekatan metode, penelitian ini juga menggunakan penerapan metode penelitian berupa Reserch and Development yang mempunyai tujuan untuk dapat menghasilkan produk baru berbentuk sistem *E-Disasters* IoT berbasis Web, yang dapat dipergunakan dalam pendeteksian bencana alam sejak dini dengan terlebih dahulu melakukan perhitungan Adaptive Neuro Fuzzy Infernce System yang nantinya dioptimalisasikan Learning Vector Quantization. Disamping itu terdapat kerangka kerja yang harus dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini, pada kerangka kerja berikut ini, 4 tahapan penelitian sudah dilakukan dengan hasil kinerja sesuai dengan indikator capaian. berikut daftar kerangka kerja yang harus diikuti.



Gambar 1. Metode Penelitian

1. **Menganalisa Permasalahan**
Permasalahan yang diidentifikasi pada penelitian yang telah dikemukakan adalah keterbatasan sistem saat ini dan pengetahuan masyarakat serta belum tercukupinya para ahli untuk dapat melakukan prediksi akan terjadinya bencana alam berdasarkan dari gejala alam yang akan menyebabkan terjadinya bencana alam. Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu membangun sebuah sistem *E-Disasters* IoT dengan mengembangkan konsep Artificial Intelligence yang nantinya dapat dipergunakan sebagai layanan informasi public.
2. **Mengumpulkan Data**
Pengetahuan pakar dan data akan dikolaborasikan yang berkaitan tentang gejala yang menyebabkan sebuah bencana alam akan terjadi. Selain itu pula dalam riset ini perlu mengumpulkan berbagai literature-literature sebagai sumber referensi yang dipergunakan untuk pembahasan yang bersifat teoritis seperti buku ataupun jurnal yang membahas topik penelitian.
3. **Menentukan komponen sistem**
Pada tahap ini pemilihan jenis komponen berupa sensor dalam perancangan sistem cerdas, perlu diamati berdasarkan dari karakteristik data yang akan diakses sensor dan di lakukan analisa melalui datasheet komponen yang akan digunakan agar kinerja sistem cerdas optimal.
4. **Membentuk Basis Pengetahuan**
Pada tahapan ini, akan dilakukan pemindahan pengetahuan pakar dan sumber data kedalam sebuah rule-rule yang.
5. **Merancang Basis Data**
Tahapan ini digunakan untuk mengelompokkan data-data yang telah diperoleh sehingga nantinya sistem yang dirancang dapat menampung data-data tersebut.

6. Menerapkan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)
Setelah rule-rule telah terbentuk, kemudian selanjutnya proses penelusuran terhadap bagian gejala yang diambil langsung melalui sensor yang digunakan secara realtime yang kemudian akan dianalisa dengan metode ANFIS
7. Menerapkan Metode Learning Vector Quantization
Dalam membangun sistem E-Disasters IoT ini, diperlukan penerapan metode Learning Vector Quantization agar tingkat prediksi dari ANFIS dapat dioptimalkan sehingga keakuratan hasil prediksi bisa akurat.
8. Merancang Tampilan Antarmuka
Perancangan tampilan antarmuka sistem E-Disasters IoT untuk mendeteksi bencana alam sejak dini yang dapat digunakan untuk mengetahui kebutuhan dan gambaran aplikasi yang akan dibuat.
9. Mengimplementasikan Sistem Cerdas Berbasis IoT
Sistem E-Disasters IoT akan dibangun berbasis multiplatform yang dapat dipergunakan untuk mendapatkan hasil dari penerapan metode yang telah dilakukan sehingga nantinya masyarakat yang akan menggunakan sistem tersebut dapat mengetahui tentang informasi bencana alam yang kemungkinan akan terjadi diwilayahnya

RESULTS AND DISCUSSION

Dari metode penelitian yang dirancang untuk dapat membangun sistem pendeteksi dini bencana alam berbasis Internet of Things dengan mengimplementasikan kecerdasan buatan didalamnya, maka dapat diuraikan proses pada metode penelitian

1. Menganalisa Permasalahan
Sumber dari indonesiabaik.id memperlihatkan potensi bencana alam Indonesia masih besar dan mengakibatkan kerugian dan korban jiwa yang besar juga, untuk itu perlu upaya dalam meminimalisir bencana alam tersebut dengan dapat menerapkan teknologi didalamnya.
Luasnya scope penelitian ini terkait tipe bencana alam yang ada seperti : gempa bumi, letusan gunung api, tsunami, tanah longsor, banjir, kekerangan, kebakaran hutan, angin putting beliung, gelombang pasang (badai), dikarenakan keterbatasan waktu penelitian yang dilakukan yakni selama satu tahun, maka perlu dibatasi bencana apa yang menjadi focus penelitian ini.
Pembatasan kajian penelitian ini didasari dari lokasi peneliti yakni di Sumatera Utara, tepatnya di Kota medan. Sumatera utara memiliki lokasi geografis yang terdiri dari pegunungan, bukit, sunga dan laut yang luas, dengan kondisi geografis seperti ini tingginya resiko bencana alam di sumatera utara terjadi. Dalam penelitian ini bencana alam yang akan diteliti yakni tanah longsor dan banjir, diipilihnya bencana alam ini dikarenakan di Sumatera Utara dua bencana ala mini yang sering terjadi dalam kurun waktu 1 tahun sampai lebih dari 50 bencana terjadi.
Kesiapan masyarakat yang ada belum dapat untuk meminimalisir resiko korban jiwa sehingga upaya peneliti untuk dapat meminimalisir resiko yang terjadi akibat bencana tanah longsor dan banjir ini menjadi prioritas utama dalam penelitian ini

2. Mengumpulkan Data

Secara umum kejadian longsor disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor pendorong dan faktor pemicu. Faktor pendorong adalah faktor-faktor yang memengaruhi kondisi material sendiri, sedangkan faktor pemicu adalah faktor yang menyebabkan bergerakanya material tersebut. Meskipun penyebab utama kejadian ini adalah gravitasi yang memengaruhi suatu lereng yang curam, namun ada pula faktor-faktor lainnya yang turut berpengaruh :

- a. erosi yang disebabkan aliran air permukaan atau air hujan, sungai-sungai atau gelombang laut yang menggerus kaki lereng-lereng bertambah curam
- b. lereng dari bebatuan dan tanah diperlemah melalui saturasi yang diakibatkan hujan lebat
- c. gempa bumi menyebabkan getaran, tekanan pada partikel-partikel mineral dan bidang lemah pada massa batuan dan tanah yang mengakibatkan longsornya lereng-lereng tersebut
- d. gunung berapi menciptakan simpanan debu yang lengang, hujan lebat dan aliran debu-debu
- e. getaran dari mesin, lalu lintas, penggunaan bahan-bahan peledak, dan bahkan petir
- f. berat yang terlalu berlebihan, misalnya dari berkumpulnya hujan atau salju

Banjir adalah peristiwa bencana alam yang terjadi ketika aliran air yang berlebihan merendam daratan. Banjir juga dapat terjadi di sungai, ketika alirannya melebihi kapasitas saluran air, terutama di kelokan sungai :

- a. air sungai tiba-tiba menjadi keruh meski saat itu tidak terjadi hujan. Hujan pemicu terjadi di hulu sungai pada jarak beberapa kilometer dari lokasi terdampak.
- b. naiknya permukaan air sungai sekitar 10 sampai 20 sentimeter.
- c. cuaca di pegunungan atau perbukitan hulu sungai terlihat mendung.

3. Menentukan komponen sistem

Dalam menentukan komponen sistem ini disesuaikan dengan parameter yang didapatkan dari pengumpulan data. komponen yang digunakan dalam merancang sistem pendeteksi dini bencana alam berbasis Internet of Things :

a. DHT 11

Digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembapan di area rawan tanah longsor, karena saturasi mempengaruhi kekuatan lereng pada tebing atau bukit. Dan sensor ini digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembapan di area rawan banjir karena suhu dan kelembapan indicator dari terjadinya hujan.[7]



Gambar 2. Sensor Suhu dan Kelembapan

b. SW-40

Digunakan untuk mendeteksi getaran yang diakibatkan dari gempa bumi yang menyebabkan getaran dan tekanan serta getaran dari mesin, lalu lintas dan penggunaan bahan peledak[8]



Gambar 3. Sensor Getaran

c. Potensiomter Slider

Digunakan untuk mendeteksi pergeseran tanah atau pergerakan tanah yang terjadi. Ketika terjadinya bencana, hal ini digunakan untuk menjadi database yang akan digunakan sebagai basis pengetahuan sistem.



Gambar 4. Potensiomter Slider

d. Ultrasonik SRF

Digunakan untuk mendeteksi ketinggian air yang mengakibatkan erosi, karena erosi pada suatu aliran air dapat mengakibatkan tanah longsor. Jenis sensor waterlevel yang digunakan yaitu ultrasonic series HCSR04 yang bekerja berdasarkan gelombang ultrasonik.



Gambar 5. Sensor Pendeteksi Ketinggian

e. Soil Sensor

Digunakan untuk mendeteksi kelembapan dari tanah karena efek dari hujan lebat akan mempengaruhi kekuatan tanah, dimana nantinya akan dapat dideteksi dari kelembapan tanah yang ada.



Gambar 6. Sensor Kelembapan Tanah

f. Dush Sensor

Sensor yang dapat mendeteksi debu, ini nantinya digunakan untuk area rawan longsor yang berada di radius gunung aktif, karena letusan gunung aktif menjadi faktor penyebab terjadinya tanah longsor.



Gambar 7. Sensor Debu

g. Rain Sensor

Digunakan untuk mendeteksi hujan dan akan menghasilkan data intensitas curah hujan berdasarkan hasil pendeteksi sensor.



Gambar 8. Sensor Hujan

h. Photodiode

Digunakan untuk mendeteksi kekecurahan air dikarenakan sebelum terjadinya banjir air sungai akan mengalami kekeruhan yang bersumber dari aliran hulu sungai sehingga dapat digunakan sebagai referensi data untuk gejala awal akan terjadinya banjir.



Gambar 9. Sensor Pendeteksi Kekeruhan

i. Waterflow Sensor

Digunakan untuk mendeteksi kecepatan arus air (debit) air, hal ini dapat digunakan untuk mendeteksi banjir, karena salah satu indikator banjir yakni debit air yang cepat.



Gambar 10. Sensor Debit Air

j. NodeMCU

Mikrokontroler yang digunakan untuk membaca dan memproses data sensor dan kemudian dapat mengirimkan informasi ke server melalui teknologi Internet of Things.



Gambar 11. Mikrokontroler NodeMCU

k. Module ADC

Module ini digunakan untuk mendukung kebutuhan ADC melebihi dari total jumlah ADC pada NodeMCU.



Gambar 12. Module ADC ADS1115

4. Membentuk Basis Pengetahuan

Dari pengumpulan data yang dilakukan dan penentuan sensor maka diperoleh basis pengetahuan sebagai berikut :

Table 1. Basis Pengetahuan Bencana Tanah Longsor

Sensor	Variable	Data	Keterangan	Bobot
DHT 11	Suhu	<15	Sangat Buruk	0.8
		>=15 - 25	Buruk	0.4
		>25	Normal	0.5

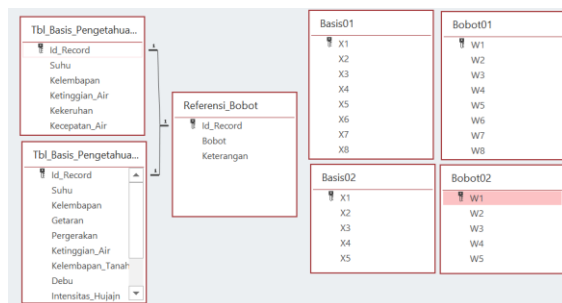
SW-40	Kelembapan	> 70	Sangat Buruk	0.3
		>=55 - 70	Buruk	0.7
		<55	Normal	0.2
	Getaran	1	Berbahaya	0.5
P.Slider	Pergerakan	0 - 185	Normal	0.3
		186 - 560	Awas	0.5
		> 560	Berbahaya	0.6
Ultrasonik	Ketinggian Air	5 - 10	Awas	0.4
		11 - 20	Berbahaya	0.6
		> 20	Darurat	0.8
Soil Sensor	Kelembapan Tanah	0 - 45	Normal	0.3
		46 - 80	Awas	0.2
		> 80	Berbahaya	0.4
Dush Sensor	Debu	0.3 - 0.8	Berbahaya	0.6
		Diluar range	Normal	0.2
Rain Sensor	Intensitas Hujan	0-10	Normal	0.6
		11-25	Awas	0.3
		> 25	Berbahaya	0.7

Table 2. Basis Pengetahuan Bencana Banjir

Sensor	Variable	Data	Keterangan	Bobot
DHT 11	Suhu	<20	Sangat Buruk	0.9
		>=20 - 26	Buruk	0.3
		>26	Normal	0.6
Ultrasonik	Kelembapan	> 85	Sangat Buruk	0.6
		>=45-85	Buruk	0.2
		<45	Normal	0.4
	Ketinggian Air	2 - 5	Awas	0.6
Photodiode	Air	6 - 15	Berbahaya	0.8
		> 15	Darurat	0.4
Waterflow	Kecepatan Air	> 70	Awas	0.4
		30-70	Berbahaya	0.3
		< 30	Normal	0.1
Waterflow	Air	0-80	Normal	0.7
		81-150	Berbahaya	0.4
		> 150	Darurat	0.6

5. Merancang Basis Data

Dalam menerapkan basis pengetahuan yang sudah didapatkan, perlu adanya basis data untuk menjadi pengetahuan sistem untuk dapat melakukan prediksi di kemudian hari.

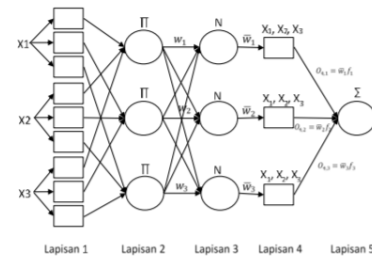


Gambar 13. Perancangan Basis Data

6. Menerapkan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

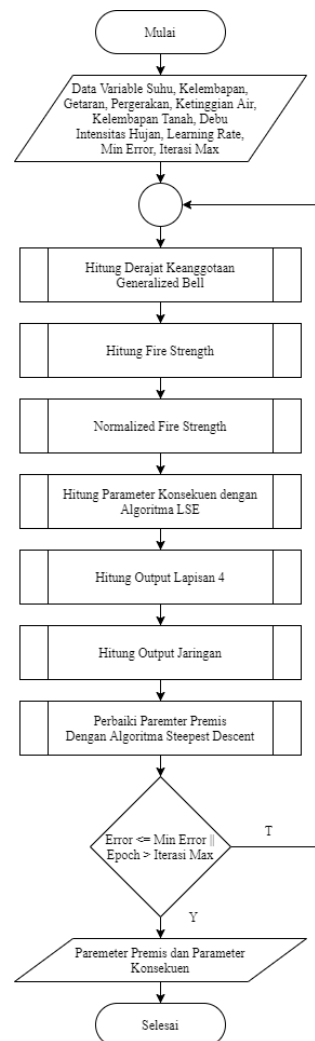
Arsitektur ANFIS juga sama dengan jaringan syaraf dengan fungsi radial dengan batasan tertentu. Agar jaringan dengan

fungsi basis radial ekuivalen dengan fuzzy berbasis aturan model Sugeno orde satu



Gambar 14. Arsitektur ANFIS

Secara umum untuk mengimplementasikan ANFIS dalam memprediksi bencana alam tanah longsor dan banjir dapat ditunjukkan pada flowchart berikut :



Gambar 15. Flowchart ANFIS

Berdasarkan Gambar 15, proses prediksi secara umum meliputi langkah-langkah berikut:

1. Input adalah data Suhu, Kelembapan, Getaran, Pergerakan, Ketinggian Air, Kelembapan Tanah, Debu, Intensitas Hujan, Learning Rate, minimum error dan jumlah iterasi maksimal.
2. Pengelompokan data dengan menggunakan algoritma K-Means.

3. Menghitung parameter premis (mean (c) dan standar deviasi (a)).
4. Menghitung derajat keanggotaan menggunakan fungsi keanggotaan Generalized Bell seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$bell(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c}{a} \right|^{2b}}$$

5. Menghitung fire strength dengan menggunakan Persamaan 2 berikut.

$$O_{2,i} = w_1 = \mu A_i(x) \mu B_i(y), i = 1, 2$$

6. Menghitung nilai normalized fire strength dengan menggunakan Persamaan 3 berikut.

$$O_{3,i} = W = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, i = 1, 2$$

7. Menghitung parameter konsekuen dengan menggunakan algoritma LSE.
8. Menghitung nilai output pada lapisan 4 dengan menggunakan Persamaan 4 berikut.

$$O_{4,i} = W_i f_i = W_i (c_{11} x_1 c_{12} x_2 c_{i0})$$

9. Menghitung output jaringan dengan menjumlahkan semua sinyal yang datang seperti Persamaan 5 berikut.

$$O_{5,i} = \sum_i w_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i}$$

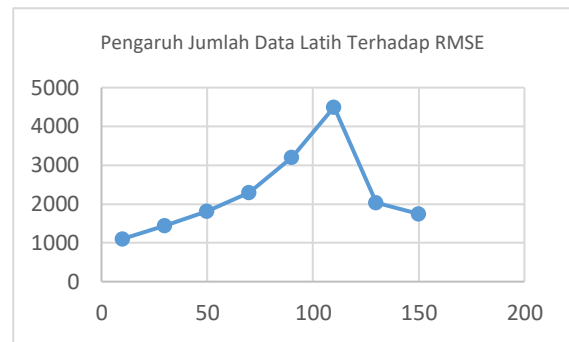
10. Menghitung nilai error jaringan dan membandingkan dengan nilai error yang diharapkan. Jika nilai error jaringan lebih besar dari nilai error yang diharapkan, maka dilakukan perbaikan parameter premis dengan menggunakan algoritma steepest descent

Pengujian jumlah data latih ini bertujuan untuk mendapatkan jumlah data yang terbaik untuk digunakan dalam prediksi bencana alam tanah longsor dan banjir. Untuk melakukan pengujian ini terdapat beberapa parameter yang akan di set tetap. Data uji yang digunakan sebanyak 150 data, learning rate yang digunakan adalah 0,4. Dan jumlah iterasi akan di set tetap sebanyak 500 iterasi. Pada proses pengujian, jumlah data latih akan diubah disetiap percobaannya. Jumlah data latih yang akan diuji adalah 10 data sampai dengan 150 data

Table 3. Pengujian Jumlah Data Latih

Jumlah Data Latih	Nilai RMSE Percobaan Ke i					Rata-Rata RMS E	Rata Lama Komputasi (msec)
	1	2	3	4	5		
10	0,07	0,75	0,71	0,12	0,74	0,50	1102
30	0,08	0,19	0,05	0,35	0,31	0,25	1450
50	0,26	0,42	0,64	0,85	0,86	0,61	1820,2
70	0,39	0,08	0,52	0,45	0,50	0,69	2300,6
90	0,35	0,28	0,09	0,41	0,38	0,28	3202,1
110	0,56	0,36	0,30	0,83	0,21	0,57	4500,2
130	0,00	0,86	0,28	0,75	0,26	0,26	2039,2
150	1,00	0,01	0,76	0,05	0,48	0,52	1740,8

Berdasarkan table 3 pada perobaan pertama dengan 10 data latih menghasilkan RMSE senilai 0,50. Percobaan selanjutnya dengan jumlah data latih 30 menghasilkan RMSE senilai 0,25 dengan rata-rata lama komputasi sebesar 4500,2 msce. Banyaknya waktu yang diperlukan untuk menjalankan sebuah metode berpengaruh terhadap hasil peramakan. Semakin lama waktu yang diperlukan maka metode tersebut tidak efisien.



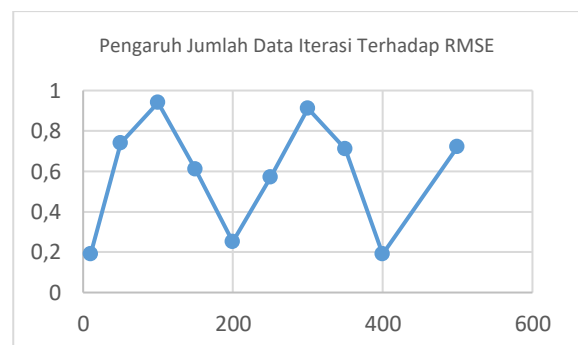
Gambar 16. Grafik Pengaruh Jumlah Data Latih Terhadap RMSE

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan jumlah iterasi terhadap nilai RMSE yang akan dihasilkan. Dalam melakukan pengujian ini terdapat beberapa parameter yang akan di set tetap. Parameter yang di set tetap diantaranya, jumlah data latih dan jumlah data uji. Jumlah data uji yang digunakan sebanyak 150 data. Jumlah data latih yang digunakan didapatkan dari hasil pengujian pertama, yaitu sebanyak 150 data latih. Pada proses pengujian ini, jumlah iterasi akan diubah-ubah mulai dari 10 iterasi sampai dengan 500 iterasi

Table 4. Pengujian Jumlah Data Iterasi

Jumlah Data Iterasi	Nilai RMSE Percobaan Ke i					Rata-Rata RMS E	Rata Lama Komputasi (msec)
	1	2	3	4	5		
10	0,16	0,30	0,90	0,56	0,88	0,19	2876
50	0,34	0,06	0,85	0,31	0,15	0,74	807
100	0,22	0,51	0,06	0,66	0,21	0,94	1542
150	0,20	0,18	0,29	0,97	0,21	0,61	2117
200	0,60	0,50	0,30	0,09	0,11	0,25	2897
250	0,75	0,48	0,03	0,63	0,72	0,57	1415
300	0,86	0,24	0,52	0,55	0,95	0,91	1676
350	0,81	0,17	0,53	0,38	0,71	0,71	1456
400	0,07	0,35	0,07	0,47	0,28	0,19	1317
500	0,67	0,67	0,45	0,86	0,50	0,72	2226

Berdasarkan table 4 pada percobaan pertama dengan iterasi 10 data iterasi memiliki nilai RMSE 0.19 dengan waktu 2876 msec, sampai iterasi 500 dengan nilai RMSE 0.72 dengan nilai 2226 msec.



Gambar 17. Grafik Pengaruh Jumlah Data Iterasi Terhadap RMSE

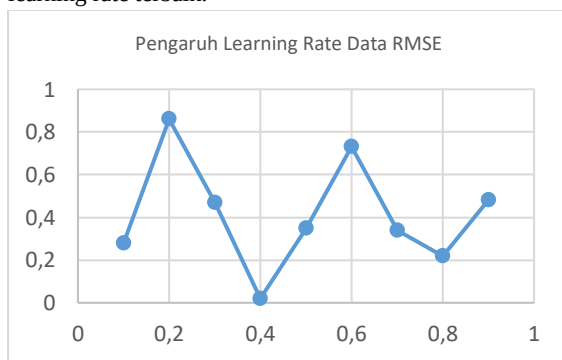
Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai learning rate yang terbaik. Pada scenario pengujian ini, nilai learning rate akan diubah-ubah untuk setiap percobaannya. Nilai learning rate akan diubah dari 0,1 sampai dengan 0,9. Parameter tetap yang digunakan adalah jumlah iterasi

sebanyak 500, jumlah data latih sebanyak 150 data dan jumlah data uji sebanyak 30 data.

Table 5. Pengujian Learning Rate

Learning Rate	Nilai RMSE Percobaan Ke i					Rata-Rata RMSE	Rata Lama Komputasi (msec)
	1	2	3	4	5		
0,1	0,86	0,21	0,61	0,16	0,81	0,28	1577
0,2	0,22	0,18	0,28	0,23	0,77	0,86	2092
0,3	0,41	0,93	0,63	0,19	0,50	0,47	2636
0,4	0,74	0,78	0,55	0,99	0,17	0,02	1840
0,5	0,44	0,11	0,94	0,61	0,30	0,35	2150
0,6	0,86	0,94	0,58	0,75	0,13	0,73	2061
0,7	0,35	0,20	0,32	0,27	0,63	0,34	2056
0,8	0,91	0,58	0,84	0,57	0,13	0,22	2576
0,9	0,96	0,56	0,29	0,50	0,18	0,48	2442

Berdasarkan table 5 pada percobaan pertama dengan learning rate 0,1 menghasilkan RMSE nilai 0,28 dengan waktu komputasi 1577 msec dengan learning rate 0,9 memiliki rata-rata RMSE 0,48 dengan waktu 2442 msec. berdasarkan pengujian learning rate, nilai RMSE yang dihasilkan fluktuatif, dan nilai RMSE terbaik didapatkan pada learning rate 0,3, sehingga learning rate 0,3 akan digunakan pada skenario pengujian sebagai parameter nilai learning rate terbaik.



Gambar 18. Grafik Pengaruh Jumlah Learning Rate Terhadap RMSE

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, telah didapatkan nilai learning rate, jumlah iterasi, serta jumlah data latih yang paling baik. Parameter-parameter tersebut akan digunakan untuk menghitung hasil prediksi curah hujan dengan menggunakan metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System. Nilai nilai parameter terbaik tersebut antara lain:

- Learning rate : 0,4
- Data latih : 150
- Data uji : 30
- Iterasi : 500

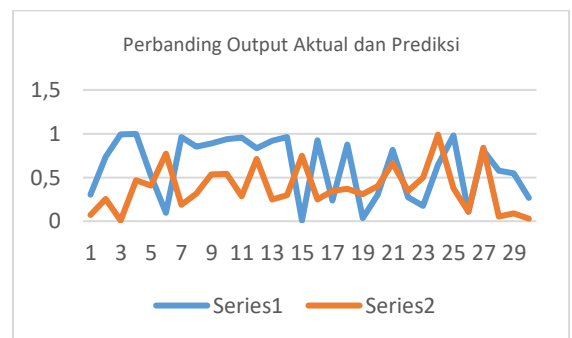
Dengan menggunakan nilai terbaik pada setiap parameter di atas, didapatkan hasil prediksi bencana alam tanah longsor dan banjir. Table 6 berikut adalah tabel hasil prediksi curah hujan beserta perbandingan dengan output aktualnya.

Table 6. Perbandingan Aktual dengan Prediksi

No	Aktual	Prediksi	Error
1	0,302	0,071	0,231
2	0,734	0,253	0,481
3	0,992	0,007	0,985

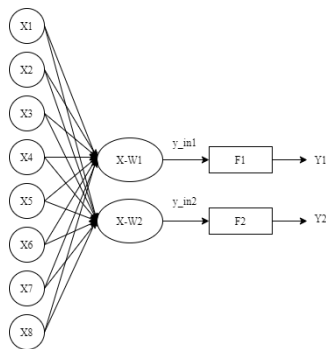
4	0,997	0,467	0,53
5	0,517	0,406	0,111
6	0,096	0,769	-0,673
7	0,963	0,184	0,779
8	0,849	0,315	0,534
9	0,887	0,537	0,35
10	0,934	0,538	0,396
11	0,954	0,286	0,668
12	0,832	0,711	0,121
13	0,921	0,245	0,676
14	0,961	0,296	0,665
15	0,008	0,746	-0,738
16	0,927	0,246	0,681
17	0,234	0,348	-0,114
18	0,878	0,370	0,508
19	0,037	0,309	-0,272
20	0,301	0,400	-0,099
21	0,815	0,664	0,151
22	0,273	0,345	-0,072
23	0,172	0,495	-0,323
24	0,645	0,988	-0,343
25	0,979	0,378	0,601
26	0,105	0,109	-0,004
27	0,810	0,841	-0,031
28	0,576	0,054	0,522
29	0,549	0,089	0,46
30	0,265	0,0292	0,2358

Hasil prediksi curah hujan menggunakan metode ANFIS sudah cukup baik dengan nilai RMSE yang dihasilkan sebesar 0.38.



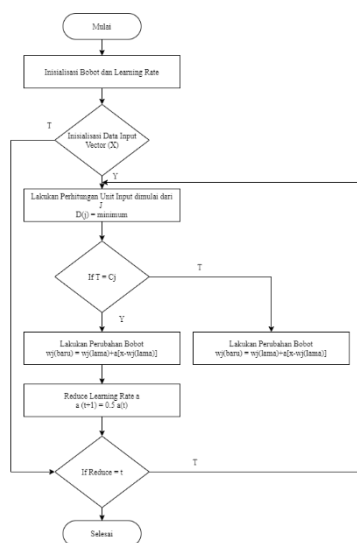
Gambar 19. Grafik Perbandingan Output Aktual dengan Output Jaringan.

- Menerapkan Metode Learning Vector Quantization
Arsitektur LVQ yang digunakan dalam meningkatkan kemampuan prediksi yang akurat ini dibuat menggunakan 8 unit lapisan neuron input dan 2 unit lapisan neuron output untuk prediksi tanah longsor, dan 5 unit lapisan neuron input dan 2 unit lapisan neuron output untuk prediksi banjir.



Gambar 20. Arsitektur LVQ

Variable yang digunakan untuk dijadikan data latih yakni hasil keluaran dari proses ANFIS dengan tujuan untuk meningkatkan kemampuan akurasi prediksi bencana alam. Secara umum untuk mengimplementasikan LVQ dalam memprediksi bencana alam tanah longsor dan banjir dapat ditunjukkan pada flowchart berikut



Gambar 21. Flowchart LVQ

Berdasarkan Gambar 21. Algoritma dari LVQ sebagai berikut :

- a. Tetapkan
 - Bobot awal variable input ke-j menuju ke kelas (target) ke-ii : W_{ij} , dengan $i = 1, 2, \dots, K$, dan $j = 1, 2, \dots, m$
 - Maksium epoch : max epoch
 - Parameter learning rate : α
 - Pengurangan learning rate : dec α
 - Minimal learning rate yang diperolehkan : min α
- b. Masukan :
 - Data input : x_{ij} dengan $i = 1, 2, \dots, n$ dan $j = 1, 2, \dots, m$
 - Target berupa kelas T_k dengan $k = 1, 2, \dots, n$
- c. Tetapkan kondisi awal : epoch = 0;
- d. Kerjakan jika : (epoch $\leq$ max epoch) dan ($a \geq$ min a)
 - Epoch = epoch+1
 - Kerjakan untuk $i = 1$ sampai n
 - Tentukan j sedemikian hingga $\|X_i - W_j\|$ minimum;
$$\sqrt{(x_{i1} - w_{j1})^2 + (x_{i2} - w_{j2})^2 + \dots + (x_{im} - w_{jm})^2}$$
 - Perbaiki w_j dengan ketentuan :
 - Jika $T \neq C_j$ maka $w_j(\text{baru}) = w_j(\text{lama}) + \alpha (x - w_j(\text{lama}))$
 - Kurangi nilai α

- Jika $T \neq C_j$ maka $w_j(\text{baru}) = w_j(\text{lama}) - \alpha (x - w_j(\text{lama}))$
 - Kurangi nilai α
- Pengurangan α biasa dilakukan dengan : $\alpha = \alpha - \text{dec } \alpha$; dengan cara : $\alpha = \alpha - \alpha * \text{dec } \alpha$

Setelah dilakukan pelatihan, akan diperoleh bobot-bobot akhir (W). Bobot-bobot ini nantinya akan digunakan untuk melakukan simulasi atau pengujian. Berikut algoritma pengujian LVQ

- a. Masukan data yang diuji, misal X_i ;
- Dengan $i = 1, 2, \dots, n$ dan $j = 1, 2, \dots, k$
- b. Kerjakan untuk $i = 1$ sampai n
 - Tentukan j sedemikian hingga $\|X_i - W_j\|$ minimum;
 - dnegna $j = 1, 2, \dots, k$
 - J adalah kelas untuk X_i

Table 7. Analisa Akurasi Data Cuaca

Kelompok Uji Ke-i	Data Training (%)	Testing (%)	Alpha	Epoch	Akurasi (%)
1	85	61	0,2	22	81
2	74	45	0,1	30	88
3	79	70	0,4	23	81
4	75	95	0,9	21	92
5	44	88	0,3	29	76
6	68	48	0,4	15	94
7	89	48	0,7	19	96
8	71	71	0,0	9	97
9	74	33	0,4	22	78
10	48	56	0,6	11	79
11	50	50	0,3	24	77
12	67	66	0,3	5	76
13	86	80	0,3	27	89
14	59	32	0,6	19	86
15	41	46	0,6	18	79
16	71	66	0,9	17	80
17	45	40	1,0	7	99
18	51	65	0,7	6	96
19	62	69	0,5	23	75
20	74	34	0,5	24	79
21	46	82	0,0	27	76
22	59	68	0,7	9	87
23	48	44	0,5	14	81
24	33	33	0,9	28	86
25	36	88	1,0	13	78
26	31	55	0,4	24	80
27	49	78	0,4	24	98
28	39	40	0,8	15	88
29	92	91	0,7	16	82
30	86	43	0,8	5	97

8. Merancang Tampilan Antarmuka dan Rangkaian Sistem
- Tahapan perancangan antarmuka dan rangkaian sistem
9. Mengimplementasikan Sistem Cerdas Berbasis IoT

CONCLUSIONS

Pada penelitian ini menghasilkan sebuah teknologi terapan yang dapat digunakan untuk mendeteksi terjadinya bencana alam sejak dini dengan cara melakukan pendeteksian terhadap gejala alam yang menandai akan terjadinya bencana. Seluruh hasil pendeteksian gejala alam penyebab bencana ini akan diteruskan kepada sistem mikrokontroler untuk kemudian akan diproses dengan nueral network yang telah dikembangkan untuk dapat melakukan penalaran terhadap inputan yang diterima sensor

untuk menghasilkan sebuah keputusan apakah akan terjadi bencana alam.

Hasil dari keputusan sistem kemudian akan diteruskan secara broadcast message melalui kemampuan sistem untuk mengirimkan informasi berbasis Internet of Things untuk dapat dikirim secara bersamaan dan dengan penggunaan teknologi internet.

ACKNOWLEDGMENT

Pada penelitian ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada Kementerian Riset dan Pendidikan Tinggi dalam hal ini telah berubah menjadi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian ini untuk dapat terciptanya sebuah idea dan gagasan terkait pembuatan sebuah teknologi terapan untuk mendeteksi bencana alam sejak dini menggunakan teknologi terbaru.

REFERENCES

- [1] Bahagia, D. Satria, And H. Ahmadian, "Perancangan Sistem Informasi Manajemen Data Korban Bencana Berbasis Mobile Android," *J. Manaj. Dan Akunt.*, Vol. 3, No. 2, Pp. 22–30, 2017.
- [2] S. Galih, M. Ihsan Fadhill, And A. Munandar, "Pada Media Sosial Berbasis Iot," *Semin. Nas. Teknol. Inf. Dan Multimed.*, Pp. 7–12, 2017.
- [3] M. Ahmed, M. Hassan, And M. Essa, "Artificial Intelligence Based Forecasting Of Wind Speed And Solar Radiation," No. September, 2016.
- [4] M. D. Wuryandari And I. Afrianto, "Perbandingan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Dan Learning Vector Quantization Pada Pengenalan Wajah," *Komputa*, Vol. 1, No. 1, Pp. 45–51, 2012.
- [5] M. P. T. Sulistyanto, K. Suharsono, And D. A. Nugraha, "Monitoring Dan Kendali Peralatan Elektronik Menggunakan Logika Fuzzy Melalui Website Dengan Protokol HTTP," *J. SMARTICS*, Vol. 2, No. 2, Pp. 15–20, 2016.
- [6] M. H. Wahyudi Yudhana, Zulfi Arie Susilo, Mustain, "SISTEM CERDAS UNTUK KLASIFIKASI KEMAMPUAN KOGNITIF DENGAN ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS) BERBASIS WEB," *J-TIIES*, Vol. 1, No. 1, Pp. 453–460, 2017.
- [7] I. E. Mulyana And R. Kharisman, "Perancangan Alat Peringatan Dini Bahaya Banjir Dengan Mikrokontroler Arduino Uno R3," *Creat. Inf. Technol. J.*, Vol. 1, No. 3, P. 171, 2018, Doi: 10.24076/Citec.2014v1i3.19.
- [8] R. Rendyansyah And K. J. Miraswan, "Sistem Navigasi Robot Hexapod Menggunakan Behavior Dan Learning Vector Quantization," *Elkha*, Vol. 11, No. 1, P. 33, 2019, Doi: 10.26418/Elkha.V11i1.31147.

AUTHOR(S) BIOGRAPHY



Jaka Prayudha

merupakan pengembang sistem otomatis berbasis kecerdasan buatan, bidang riset yang ditekuni ialah Jaringan Syaraf Tiruan dan Robotika System. Mengampu beberapa mata kuliah diantaranya : Algoritma dan Pemrograman, Sistem Kendali, Pengantar dan Aplikasi Robotika, Jaringan Syaraf Tiruan, Kecerdasan Buatan, Pemrograman Mobile Sistem Kendali, dan lain sebagainya yang berkaitan dengan Sistem Komputer. Tamat 2014 Strata 1 Sistem Komputer STMIK Triguna Dharma dan Tamat 2016 Strata 2 Magister Ilmu Komputer Universitas Putra Indonesia YPTK Padang. Menjadi Narasumber Untuk Beberapa Seminar dan Workshop dengan Tema What's It's Artificial Intelligence, Ethical Hacking, Robotic Today, Workshop Development Smarthome and Smartcity..