

Sistem Deteksi Gempa Menggunakan Artificial Neural Network Berbasis IoT

1st Jefri Radianto Napitu

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

jeffrim@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Muhammad Ary Murti

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

arymurti@telkomuniversity.ac.id

3rd Istiqomah, S.T., M.Sc.

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

istiqomah@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Indonesia merupakan negara yang sangat berpotensi terjadinya gempa bumi karena terletak di pertemuan tiga lempeng utama dunia yaitu Eurasia, Indo-australia, dan Pasifik. Timbulnya gempa bumi tidak dapat diprediksi dan sering kali menimbulkan korban jiwa serta kerugian lainnya. Untuk meminimalisir kejadian tersebut, perlu adanya pemberian informasi gempa agar proses evakuasi dapat dilakukan dengan cepat. Dengan adanya sistem deteksi gempa menggunakan sensor *accelerometer* dan klasifikasi *Artificial Neural Network* yang dipadukan dengan jaringan *LoRaWAN*, dapat mengirim informasi gempa ke *platform IoT* yaitu Antares. Dalam pendeteksian getaran secara *real-time* memiliki nilai akurasi sebesar 95,56% pada klasifikasi getaran gempa, non-gempa, dan truk dengan skala getaran (II-VI) *Modified Mercalli Intensity*. Pengiriman data gempa dari *node* menuju *gateway LoRaWAN* menggunakan frekuensi 921,2 MHz sampai 922,4 MHz memiliki rata-rata *delay* pengiriman 0,041842516 detik dengan 100% tingkat keberhasilan pengiriman.

Kata kunci— Gempa Bumi, Sensor *accelerometer*, *LoRaWAN*, *Artificial Neural Network*, *Modified Mercalli Intensity*, Antares.

I. PENDAHULUAN

Gempa bumi sering kali melanda Indonesia dikarenakan Indonesia merupakan pertemuan tiga lempeng benua dan dikelilingi oleh cincin api (*Ring of Fire*) yang membuat gunung-gunung berapi di Indonesia sangatlah aktif. Secara definisi, gempa bumi merupakan getaran yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), salah satu gempa yang mengguncang Lombok pada tahun 2018 dengan kekuatan gempa 7 SR, menyebabkan 436 orang meninggal dunia dan kerugian ekonomi lebih dari 5,04 Trilyun Rupiah [1]. Tentu ini merupakan kerugian yang sangat besar. Oleh karena itu dibutuhkan alat pendeteksi dan pengiriman informasi gempa di suatu titik kepada pihak yang berwenang yaitu BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) agar lebih cepat dalam pendataan dan penanganan dari dampak gempa yang terjadi.

Pada penelitian sebelumnya yaitu Sistem Peringatan Dini Gempa Bumi *Multi Node* Sensor Berbasis *Fuzzy* Dan Komunikasi *IoT* yang dapat melakukan proses validasi dan klasifikasi gempa yang cukup baik [2]. Pada metode *fuzzy logic* sulit diimplementasikan ketika menggunakan dataset yang terlalu banyak dan tidak dapat *training* secara

otomatis. Oleh karena itu dengan menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN) dapat memberikan hasil prediksi yang akurat berdasarkan kedekatan *input* dengan *output* yang ditentukan. ANN dapat dioptimasi secara otomatis melalui proses *feedforward* berdasarkan dataset yang diberikan. Pada penelitian sebelumnya juga, Perancangan Alat Peringatan Dini Terhadap Gempa Bumi Menggunakan Sensor Getar Omron D7s, dalam komunikasinya menggunakan *NB-IoT* yang memiliki kekurangan yaitu harus berlangganan, sehingga keefisiensi alat tersebut kurang [3]. Pada penelitian kali ini komunikasi *IoT* menggunakan modul *LoRa*, di mana penggunaan modul ini tidak perlu berbayar.

Pada penelitian kali ini, alat yang dibuat berupa sistem deteksi getaran gempa menggunakan sensor *accelerometer* dengan klasifikasi *Artificial Neural Network* menggunakan jaringan *LoRaWAN* dalam pengiriman data gempa. Data gempa dilakukan pengelompokan ke dalam skala *Modified Mercalli Intensity* (MMI), lalu dikirim ke *Platform IoT* yaitu Antares untuk proses monitoring.

II. KAJIAN TEORI

A. Gempa Bumi

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi akibat peristiwa pergeseran lempeng bumi, letusan gunung berapi, benturan meteorit, tanah longsor, ledakan bom, dan banyak lagi penyebab lainnya. Gempa bumi menghasilkan energi ke segala arah berupa gelombang seismik, sehingga getarannya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi. Gelombang seismik terdiri dari 2 jenis yaitu gelombang primer (*P wave*) yaitu gelombang yang bergerak searah dengan arah rambatnya (longitudinal), sedangkan gelombang sekunder (*S wave*) merupakan gelombang yang bergerak tegak lurus dengan arah rambatnya (transversal).

B. Sensor *Accelerometer*

Accelerometer adalah suatu sensor yang dipakai untuk mengukur kecepatan suatu benda atau objek dengan percepatan dinamis dan juga statis. Prinsip kerja *accelerometer* memegang prinsip percepatan sebuah per dan beban. Keduanya dilepaskan hingga beban bergerak dengan percepatannya sampai kondisi tertentu hingga berhenti. Yang terjadi ketika keduanya dilepaskan adalah beban akan berayun ketika terjadi guncangan. Ini akan menghasilkan pengukuran pada chip *accelerometer*. Agar dapat mendeteksi 3 dimensi objek, diperlukan 3 alat yang dipasang tegak lurus dalam masing-masing chip tersebut [4]. Sensor

accelerometer yang digunakan pada penelitian ini adalah MPU6050 dengan output berupa nilai percepatan. Tabel 1 merupakan hubungan nilai percepatan terhadap skala MMI.

TABLE 1
Hubungan Percepatan Terhadap Skala MMI

| Instrumental intensity | Acceleration (g) | Velocity (cm/s) | Perceived shaking | Potential damage |
|------------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| I | <0.0017 | <0.1 | Not felt | None |
| II-III | 0.0017 – 0.014 | 0.1 – 1.1 | Weak | None |
| IV | 0.014 – 0.039 | 1.1 – 3.4 | Light | None |
| V | 0.039 – 0.092 | 3.4 – 8.1 | Moderate | Very light |
| VI | 0.092 – 0.18 | 8.1 – 16 | Strong | Light |
| VII | 0.18 – 0.34 | 16 – 31 | Very strong | Moderate |
| VIII | 0.34 – 0.65 | 31 – 60 | Severe | Moderate to heavy |
| IX | 0.65 – 1.24 | 60 – 116 | Violent | Heavy |
| X+ | > 1.24 | >116 | Extreme | Very heavy |

C. Artificial Intelligence

Artificial Intelligence atau kecerdasan buatan merupakan salah satu ilmu komputer yang mempelajari bagaimana membuat mesin yang dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan oleh manusia. Pada penelitian ini, *Artificial intelligence* yang dipakai yaitu *artificial neural network* (ANN). ANN atau jaringan syaraf tiruan merupakan sebuah teknik atau pendekatan pengolahan informasi yang terinspirasi oleh cara kerja sistem syaraf biologis, khususnya pada sel otak manusia dalam memproses informasi. Dengan sejumlah parameter sebagai masukan (*input layer*) diproses sedemikian rupa di dalam *hidden layer* lalu diproses lagi di dalam *output layer* untuk menghasilkan *output*, di mana lapisan tersebut masing-masing terdiri dari banyak neuron [5].

D. TensorFlow

TensorFlow merupakan antarmuka untuk mengekspresikan algoritma pembelajaran mesin dan untuk mengeksekusi perintah dengan menggunakan informasi yang dimiliki dari data *input* serta dapat diaplikasikan sebagai melatih dataset yang berukuran besar [6]. Pada penelitian kali ini, model ANN yang telah mendapat parameter dengan akurasi terbaik, kemudian model tersebut dikonversikan untuk mendapatkan nilai bobot dalam bentuk *array* yang akan digunakan pada *software Arduino IDE*.

E. Internet of Things (IoT)

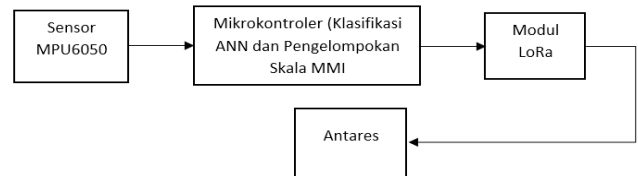
IoT adalah infrastruktur global untuk masyarakat mendapat informasi, memberikan layanan yang canggih dengan menghubungkan objek fisik dan virtual berdasarkan teknologi dan komunikasi yang dioperasikan. Protokol *IoT* yang digunakan pada penelitian ini yaitu *LoRaWAN*. Protokol tersebut dirancang khusus untuk mendukung jaringan luas

dengan bantuan jutaan perangkat berdaya rendah. Kecepatan data protokol ini antara 0,3-50 *kbps*. Dalam pengiriman data pada penggunaan jaringan *LoRaWAN*, *platform IoT* yang digunakan yaitu Antares. [7]

III. METODE

A. Diagram Blok Sistem

Gambar berikut merupakan diagram blok sistem :



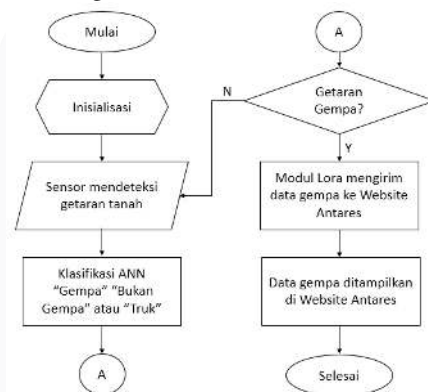
GAMBAR 1

Diagram Blok Sistem

Pada diagram blok sistem yang dibuat, sensor MPU6050 digunakan sebagai pendeteksi getaran tanah berupa percepatan pergerakan tanah. Mikrokontroler digunakan untuk pengolahan data gempa dengan klasifikasi ANN dan pengelompokan data berdasarkan skala MMI. Kemudian modul *LoRa* digunakan sebagai pengiriman data gempa ke *platform IoT* Antares sebagai *platform* untuk monitoring data gempa.

B. Flowchart

Berikut adalah gambar flowchart dari sistem :



GAMBAR 2

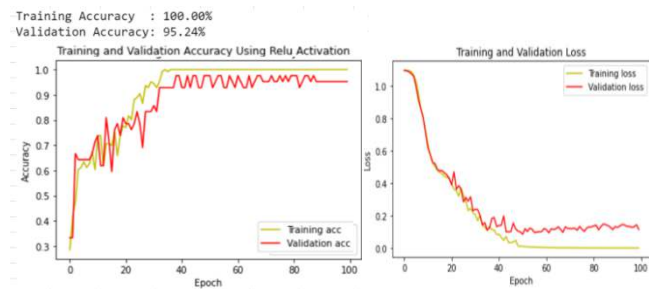
Flowchart

Pada flowchart dari sistem ini, sensor MPU6050 akan mendeteksi getaran tanah. Kemudian getaran tersebut diklasifikasi oleh ANN yang telah dikonfigurasi sebelumnya dengan klasifikasi sebagai getaran gempa, bukan gempa, dan getaran yang dihasilkan oleh truk. Jika getaran diklasifikasikan sebagai gempa, maka modul *LoRa* akan mengirim data gempa berupa nilai percepatan maksimum dan skala gempa yang dihasilkan menuju *Website* Antares melalui jaringan *LoRaWAN*. Bila getaran yang terdeteksi merupakan getaran bukan gempa, maka alat akan melakukan pendeteksian getaran kembali.

C. Perancangan Artificial Neural Network

Dalam perancangan arsitektur ANN yaitu memasukkan *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. Pada klasifikasi ANN, dilakukan proses *feedforward* yaitu untuk menghitung nilai-nilai unit pada *input layer* dengan bias bobot awal yang sudah ditentukan menuju *hidden layer*. Hasil klasifikasi ANN merupakan *output layer* yang menampilkan keluaran berupa "gempa", "bukan gempa", atau "truk". Pemilihan 10 jumlah

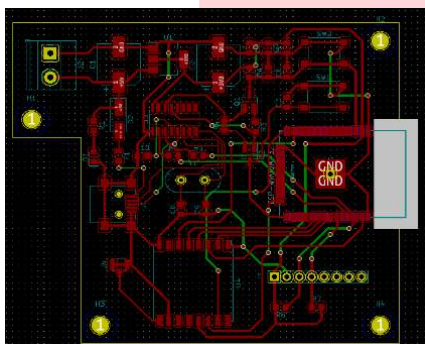
neuron pada *input layer*, 16 neuron pada *hidden layer*, 3 neuron pada *output layer*, penggunaan aktivasi ReLU, dan penggunaan pengoptimal “adam” berdasarkan hasil *training* yang terbaik dengan 100% tingkat akurasi *training* dan 95,24% tingkat akurasi validasi yang dapat dilihat pada gambar 3.



GAMBAR 3 Hasil Training ANN Dengan Model Terbaik

D. Desain Perangkat Keras

Gambar berikut adalah desain perangkat keras alat ini :



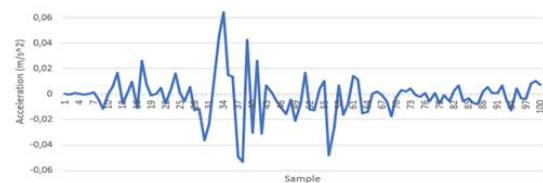
Gambar 4 Desain PCB Perangkat Keras

Pada gambar 4 merupakan desain PCB alat secara keseluruhan dari penulis. Alat yang dibuat merupakan sistem minimum pada modul ESP32 yang terdiri dari rangkaian *power supply* dengan *output* 3,3 Volt, osilator (pembangkit frekuensi) menggunakan *Crystal* 12MHz, rangkaian *switch button* untuk *reset* dan *boot*, rangkaian mini USB beserta IC CH340G untuk dapat melakukan proses *upload* program dan juga rangkaian yang diperlukan untuk mengaktifkan sensor MPU6050 dan modul LoRa RFM95W.

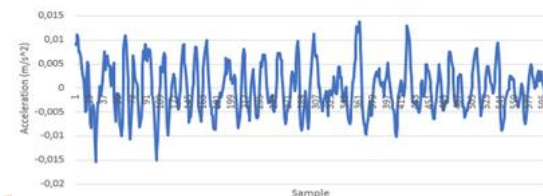
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengambilan Data Training

Pengambilan data gempa dan non gempa berasal dari rekaman 7 stasiun gempa. dengan total 70 kejadian gempa di Indonesia. Pengambilan setiap data gempa dan non gempa sebanyak 6000 sample dengan *sampling rate* sebesar 0,005 dan durasi selama 30 detik perlu dilakukan *down sampling* menjadi 0,05 karena keterbatasan kemampuan alat yang digunakan tidak bisa melakukan pengambilan data dengan *sampling rate* 0,005. Gambar 5 adalah salah satu 600 sampel data percepatan sinyal gempa dengan pengambilan data sebelum terjadi getaran gempa sampai getaran gempa menurun dan stabil. Gambar 6 adalah salah satu 600 sampel data percepatan sinyal non gempa dengan pengambilan data setelah terjadi gempa.

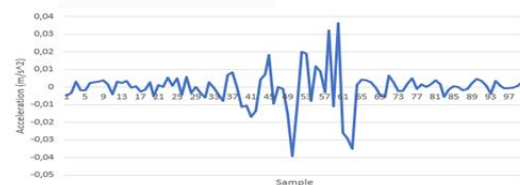


GAMBAR 5 Sinyal Gempa Sebelum Downsampling

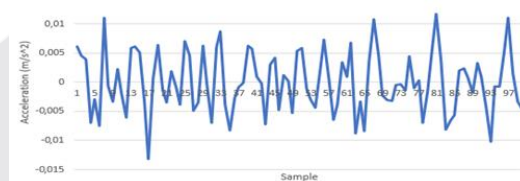


Gambar 6 Sinyal Non Gempa Sebelum Downsampling

Setelah dilakukan *training* dan mendapatkan nilai *weight array* untuk *hardware*, saat melakukan proses klasifikasi terjadi *error* dikarenakan dimensi *input* pada model terlalu besar. Oleh karena itu dilakukan kembali *down sampling* data menjadi 100 *sample* dengan *sampling rate* sebesar 0,2 dan durasi selama 20 detik. Parameter tersebut berdasarkan dari percobaan klasifikasi setelah beberapa kali dilakukan *down sampling*. Gambar 7 dan gambar 8 adalah salah satu 100 sampel percepatan sinyal gempa dan non gempa setelah dilakukan *down sampling*.

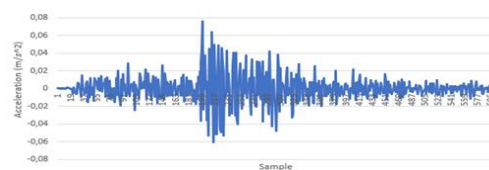


GAMBAR 7 Sinyal Gempa Setelah Downsampling



GAMBAR 8 Sinyal Non Gempa Setelah Downsampling

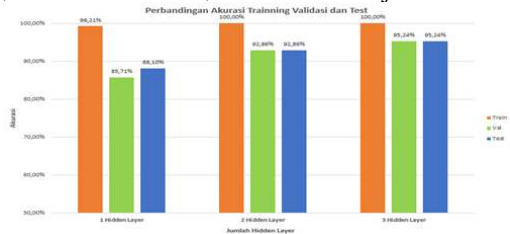
Pengambilan data getaran truk yang melintas dilakukan dengan menyesuaikan durasi dan *sampling rate* yang sama pada dataset gempa dan non gempa sebanyak 70 kali pengambilan. Pengambilan data truk ini dilakukan dengan jarak sensor dan truk kurang lebih 2 sampai 5 meter. Gambar 9 adalah salah satu 600 sampel percepatan getaran truk yang dihasilkan.



GAMBAR 9 Sinyal Yang Terbentuk Pada Truk Melintas

B. Pengolahan Data *Training*, *Validasi*, dan *Testing*

Dataset yang didapat kemudian dilakukan *training*, *validasi*, dan *testing*. Dalam perancangan model ANN yang akan dipilih, dibutuhkan model yang memiliki tingkat akurasi yang baik. Dengan membandingkan percobaan *training* pada model ANN 1 *hidden layer*, 2 *hidden layer*, dan 3 *hidden layer*. Dataset yang digunakan dibagi menjadi 60% data *training*, 20% data *validasi*, dan 20% data uji.

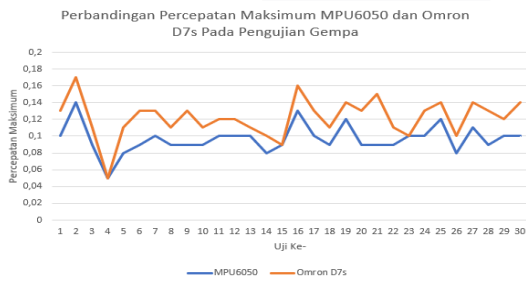


GAMBAR 10 Perbandingan Nilai Akurasi Tiga Model ANN

Pada gambar 10 dapat dilihat bahwa hasil pelatihan, validasi, dan uji pada model ANN dengan 3 *hidden layer* memiliki nilai akurasi yang terbaik dibandingkan model dengan 2 *hidden layer* dan 1 *hidden layer* yaitu 100% pada akurasi *training*, 95,24% pada akurasi *validasi*, dan 95,24% pada akurasi *testing*. Hasil *training* ke tiga model tersebut selanjutnya akan digunakan pada proses klasifikasi di *Hardware*.

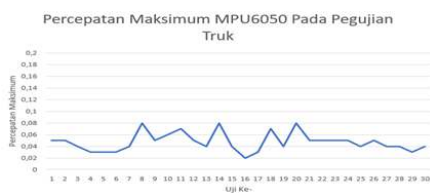
C. Pengujian Pada Getaran Gempa

Pengujian sensor ini dilakukan dengan membandingkan nilai percepatan pergerakan maksimum yang dihasilkan pada sensor MPU6050 dan sensor Omron D7s. Pada pengujian yang dilakukan pada simulator gempa dilakukan sebanyak 30 kali percobaan.



GAMBAR 11 Perbandingan Percepatan Maksimum MPU6050 dan Omron D7s

Pada Gambar 11 Saat dilakukan 30 kali pengujian gempa, sensor MPU6050 memiliki nilai percepatan maksimum dari (0,05 sampai 0,14) m/s^2 , sedangkan sensor Omron D7s memiliki nilai percepatan maksimum (0,05 sampai 0,17) m/s^2 . Untuk perbedaan nilai percepatan maksimum dari ke dua sensor dalam 30 kali percobaan memiliki perbedaan nilai terendah 0 m/s^2 dan nilai tertinggi sebesar 0,06 m/s^2 .



GAMBAR 12 Grafik Akurasi MPU6050 Terhadap Omron D7s

Gambar 12 menunjukkan grafik akurasi selama 30 kali pengujian dengan rentang persentase 60,00% - 100,00%. Dengan hasil data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa pengujian sensor MPU6050 terhadap sensor Omron D7s memperoleh nilai rata-rata akurasi sebesar 80,41%, dan memiliki rata-rata persentase *error* sebesar 19,59%.



Gambar 13 Skala MMI Yang Terbentuk Pada Pengujian Gempa

Pada Gambar 13 dapat dilihat bahwa saat melakukan pengujian sebanyak 30 kali, skala yang terbentuk pada simulator gempa adalah skala V (lima) sampai VI (enam) MMI.

D. Pengujian Pada Getaran Non Gempa

Pada pengujian yang dilakukan pada ruangan yang tidak terdapat guncangan dan dilakukan sebanyak 30 kali percobaan.



GAMBAR 14 Percepatan Maksimum Pada Pengujian Non Gempa

Pada Gambar 14 dapat dilihat bahwa saat dilakukan pengujian non gempa, sensor MPU6050 memiliki nilai percepatan maksimum antara 0,0048 samapai 0,0089 m/s^2 .



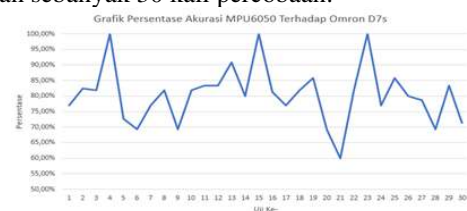
GAMBAR 15

Skala MMI Yang Terbentuk Pada Pengujian Getaran Non Gempa

Pada Gambar 15 dapat dilihat bahwa dalam 30 kali pengujian Getaran Non Gempa jika dikonversi terhadap skala MMI, maka memiliki rentan skala di 2-3 (dua sampai tiga) MMI.

E. Pengujian Pada Getaran Truk

Pada pengujian yang dilakukan dengan mendeteksi getaran yang dihasilkan pada truk yang melintas dan dilakukan sebanyak 30 kali percobaan.



GAMBAR 16

Percepatan Maksimum Pada Pengujian Getaran Truk Pada Gambar 16 dapat dilihat bahwa saat dilakukan pengujian truk melintas, sensor MPU6050 memiliki nilai percepatan maksimum antara 0,02 samapai 0,08 m/s².



GAMBAR 17

Skala MMI Yang Terbentuk Pada Pengujian Getaran Truk

Pada Gambar 17 dapat dilihat bahwa dalam 30 kali pengujian getaran truk, skala MMI yang terbentuk berada pada rentan skala di 4-5 (empat sampai lima) MMI.

F. Pengujian Pengiriman Data Gempa Ke Antares Melalui LoRaWAN

Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali dengan jarak antara device dan gateway LoRaWAN sejauh ±50 meter untuk mengetahui tingkat keberhasilan dalam pengiriman data dari sistem yang dibuat, menampilkan hasil data pengiriman dari sistem ke Antares, frekuensi yang digunakan, dan mengetahui delay waktu yang di dapat pada saat pengiriman data dari device ke gateway Antares

TABEL 2
Pengujian Pada Monitoring Antares

| Parameter | Nilai |
|---------------------|---------------|
| Delay Min (s) | 0,025963783 |
| Delay Max (s) | 0,101462603 |
| Total Delay (s) | 1,255275488 |
| Rata-rata Delay (s) | 0,041842516 |
| Frekuensi (MHz) | 921,2 - 922,4 |

Setelah melakukan 30 kali pengujian pengiriman paket dari device ke Antares menggunakan jaringan LoRaWAN, data yang terkirim memiliki tingkat keberhasilan 100%. Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa dalam proses pengiriman data menggunakan jaringan LoRaWAN sebanyak 30 kali dengan jarak ±50 meter memiliki nilai rata-rata delay yang cukup bagus yaitu 0,041842516 detik. Hal ini diengaruhi oleh jarak antara device dan gateway yang tidak terlalu jauh dengan kondisi lapangan yang sangat terbuka. Frekuensi yang digunakan juga sesuai dengan standar LoRa di Indonesia yaitu 921,2 MHz sampai 922,4 MHz.

G. Pengujian Klasifikasi Artificial Neural Network

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi Artificial Neural Network yang didapat dalam melakukan proses klasifikasi. Data yang ditampilkan merupakan perbandingan hasil proses klasifikasi Artificial Neural Network menggunakan data pengujian gempa, bukan gempa, dan Truk yang sama berdasarkan jumlah hidden layer.

TABEL 3
Perbandingan Hasil Klasifikasi Getaran Gempa

| Uji Ke- | Hasil Klasifikasi Pengujian Getaran Gempa | | |
|---------|---|----------------|----------------|
| | 1 Hidden Layer | 2 Hidden Layer | 3 Hidden Layer |
| 1 | Truk | Truk | Gempa |
| 2 | Gempa | Gempa | Gempa |
| 3 | Truk | Truk | Gempa |
| 4 | Truk | Bukan Gempa | Gempa |
| 5 | Truk | Truk | Gempa |
| 6 | Gempa | Gempa | Gempa |
| 7 | Truk | Truk | Truk |
| 8 | Truk | Gempa | Gempa |
| 9 | Truk | Truk | Gempa |
| 10 | Gempa | Gempa | Gempa |
| 11 | Truk | Bukan Gempa | Gempa |
| 12 | Gempa | Gempa | Gempa |
| 13 | Truk | Truk | Gempa |
| 14 | Truk | Truk | Gempa |
| 15 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Gempa |
| 16 | Gempa | Gempa | Gempa |
| 17 | Gempa | Gempa | Gempa |
| 18 | Truk | Truk | Gempa |
| 19 | Gempa | Gempa | Gempa |
| 20 | Gempa | Truk | Gempa |
| 21 | Gempa | Gempa | Gempa |
| 22 | Truk | Truk | Gempa |
| 23 | Truk | Gempa | Gempa |
| 24 | Truk | Truk | Gempa |
| 25 | Gempa | Gempa | Gempa |
| 26 | Truk | Truk | Truk |
| 27 | Truk | Gempa | Gempa |
| 28 | Truk | Truk | Gempa |
| 29 | Truk | Gempa | Gempa |
| 30 | Bukan Gempa | Truk | Gempa |

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa dalam proses klasifikasi getaran gempa pada model ANN dengan 1 hidden layer memperoleh nilai akurasi sebesar 33,33%, 2 hidden layer memperoleh nilai akurasi sebesar 43,33%, dan 3 hidden layer memperoleh nilai akurasi sebesar 93,33%.

TABEL 4
Perbandingan Hasil Klasifikasi Getaran Non Gempa

| Uji Ke- | Hasil Klasifikasi Pengujian Getaran Bukan Gempa | | |
|---------|---|----------------|----------------|
| | 1 Hidden Layer | 2 Hidden Layer | 3 Hidden Layer |
| 1 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 2 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 3 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 4 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |

| | | | |
|----|-------------|-------------|-------------|
| 5 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 6 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 7 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 8 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 9 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 10 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 11 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 12 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 13 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 14 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 15 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 16 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 17 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 18 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 19 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 20 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 21 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 22 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 23 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 24 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 25 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 26 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 27 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 28 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 29 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |
| 30 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Bukan Gempa |

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa dalam proses klasifikasi getaran bukan gempa pada model ANN dengan 1 *hidden layer* memperoleh nilai akurasi sebesar 100%, 2 *hidden layer* memperoleh nilai akurasi sebesar 100%, dan 3 *hidden layer* memperoleh nilai akurasi sebesar 100%.

TABEL 5
Perbandingan Hasil Klasifikasi Getaran Truk

| Uji Ke- | Hasil Klasifikasi Pengujian Getaran Truk | | |
|---------|--|----------------|----------------|
| | 1 Hidden Layer | 2 Hidden Layer | 3 Hidden Layer |
| 1 | Truk | Truk | Truk |
| 2 | Bukan Gempa | Truk | Truk |
| 3 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Truk |
| 4 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Truk |
| 5 | Truk | Truk | Truk |
| 6 | Truk | Truk | Truk |
| 7 | Bukan Gempa | Truk | Bukan Gempa |
| 8 | Truk | Truk | Truk |
| 9 | Truk | Truk | Truk |
| 10 | Truk | Truk | Truk |
| 11 | Truk | Truk | Truk |
| 12 | Truk | Truk | Truk |
| 13 | Truk | Truk | Truk |
| 14 | Truk | Truk | Truk |
| 15 | Truk | Truk | Truk |
| 16 | Bukan Gempa | Truk | Bukan Gempa |
| 17 | Truk | Truk | Truk |
| 18 | Truk | Truk | Truk |
| 19 | Truk | Truk | Truk |

| | | | |
|----|-------------|-------------|------|
| 20 | Gempa | Truk | Truk |
| 21 | Truk | Truk | Truk |
| 22 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Truk |
| 23 | Truk | Truk | Truk |
| 24 | Truk | Truk | Truk |
| 25 | Truk | Truk | Truk |
| 26 | Truk | Truk | Truk |
| 27 | Truk | Truk | Truk |
| 28 | Bukan Gempa | Bukan Gempa | Truk |
| 29 | Truk | Truk | Truk |
| 30 | Truk | Truk | Truk |

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa dalam proses klasifikasi getaran truk pada model ANN dengan 1 *hidden layer* memperoleh nilai akurasi sebesar 73,33%, 2 *hidden layer* memperoleh nilai akurasi sebesar 86,67%, dan 3 *hidden layer* memperoleh nilai akurasi sebesar 93,33%.

Berdasarkan hasil klasifikasi tiga model ANN dengan tiga parameter, model dengan 3 *hidden layer* memiliki nilai total akurasi yang terbaik yaitu 95,56% dibandingkan model dengan 2 *hidden layer* dan 1 *hidden layer* yaitu secara berurut sebesar 76,67% dan 68,89%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa sistem deteksi gempa menggunakan *artificial neural network* berbasis *IoT* didapatkan beberapa kesimpulan yaitu sensor MPU6050 memiliki nilai rata-rata akurasi yang cukup baik sebesar 80,41% terhadap sensor Omron D7s. Sensor MPU6050 dapat mendeteksi getaran gempa pada skala V (lima) sampai VI (enam) MMI, getaran bukan gempa pada skala II (dua) sampai III (tiga) MMI, dan getaran truk pada skala IV (empat) sampai V (lima) MMI. Pengiriman data gempa dari sistem ke *platform* Antares memiliki tingkat keberhasilan 100% dengan menggunakan jaringan *LoRaWAN* pada frekuensi 921,2 MHz sampai 922,4 MHz sesuai dengan standar penggunaan jaringan LoRa di Indonesia dan rata-rata *delay* pengiriman yang cukup baik yaitu 0,041842516 detik. Ke tiga model *Artificial Neural Network* yang diaplikasikan pada sistem, dalam pengklasifikasian getaran gempa, bukan gempa, dan truk memiliki tingkat akurasi yang sangat baik pada model dengan 3 *hidden layer* yaitu sebesar 95,56%.

REFERENSI

- [1] B. Editorial, "Dampak Gempa Lombok : 436 Orang Meninggal dan Kerugian Ekonomi Lebih Dari 5.04 Trilyun Rupiah," BNPB, 13 Agustus 2018. [Online]. Available: <https://bnpb.go.id/berita/dampak-gempa-lombok-436-orang>. [Diakses 15 Maret 2021].
- [2] Tisnadinata, M. A., Suwastika, N. A., & Yasirandi, R., "Sistem Peringatan Dini Gempa Bumi Multi Node Sensor Berbasis Fuzzy Dan Komunikasi IoT," pp. 67-80, 2019.
- [3] A. H. Fajri, "Perancangan Alat Peringatan Dini Gempa Bumi Menggunakan Sensor Omron D7S," 2020.

- [4] U. HASNITA, "STUDI EFEKTIVITAS SENSOR ACCELEROMETER MPU 6050 SEBAGAI PENDETEKSI GETARAN SECARA NIRKABEL," UNIVERSITAS SUMATERA UTARA, MEDAN, 2018.
- [5] P. K. A. N. A. M. A. M. A. E.-S. Yusuf Essam, "Exploring the reliability of different artificial intelligence techniques in predicting earthquake for Malaysia," *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, p. 3, 2021.
- [6] S. R. DEWI, DEEP LEARNING OBJECT DETECTION PADA VIDEO MENGGUNAKAN TENSORFLOW DAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK, YOGYAKARTA: UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA, 2018.
- [7] M. H. M. A. E.-S. A. E.-T. a. C. A. M. G. Davies, "Distinguishable Sites in Tetranuclear Oxocopper(II) Complexes (py)₃Cu₄Cl₄O₂ and (DENC)₃Cu₃M(H₂O)Cl₄O₂ (M = Co, Ni, Cu, Zn)," vol. 25, p. 4479–4487, 1986.

