

IMPLEMENTASI WIRELESS SENSOR NETWORK PADA SIMULASI PERINGATAN GEMPA BUMI MENGGUNAKAN SENSOR SW-420

Mukhamad Ishomyl F.A¹, Waluyo², Lis Diana Mustafa³

^{1,2,3}Program Studi Jaringan Telekomunikasi Digital, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang,
65141 Indonesia

Email : ¹ishomt@gmail.com²waluyo@polinema.ac.id³lis.diana@polinema.ac.id

Abstrak

Wireless sensor network adalah suatu jaringan yang terdiri dari perangkat sensor yang mendeteksi gejala dari keadaan sekitar dan diteruskan mengirim informasi hasil yang didapat. Pemanfaatan *Wireless sensor network* bisa untuk monitoring dan telecontrolling. Gempa bumi merupakan gejala alam yang bersifat bisa datang sewaktu waktu. Maka diperlukan alat yang bersifat kerja secara otomatis untuk memberikan peringatan secepat mungkin ketika terjadi gempa bumi berbasis *wireless sensor network* untuk mengantisipasi penyelamatan masyarakat dan menurunkan angka korban yang disebabkan oleh gempa bumi. Peringatan simulasi gempa bumi ini akan memberikan dua notifikasi. Notifikasi visual yang ditampilkan pada LCD 16x2 dan dari web. Notifikasi suara dari buzzer. Notifikasi suara yang dikeluarkan oleh buzzer akan berbeda beda tergantung dari getaran yang diterima oleh sensor SW-420. Parameter gempa bumi yang dipakai adalah MMI (*modified mercalli intensity*) yang menggunakan penilaian secara visual, parameter gempa bumi international . SIG (skala intensitas gempabumi) yang sudah ada satuan PGA (*Peak Ground Acceleration*) dan sudah mencakup MMI didalamnya yang dibuat oleh BMKG. Setelah terdeteksi adanya getaran yang berlebihan dan melampaui batas yang sudah ditentukan, nodeMCU akan mengirimkan sinyal analog ke buzzer untuk memberikan notifikasi yang sudah diatur. Untuk setiap notifikasi yang muncul nantinya bertujuan untuk mengarahkan masyarakat sesegara mungkin *keassembly point* yang sudah diatur disetiap gedung. Setiap getaran yang terdeteksi nantinya akan disimpan pada database WEB. Hasil getaran yang terdeteksi oleh sensor berupa nilai 0 dan 1. 0 adalah getaran rendah dan 1 adalah getaran tinggi. Hasil tersebut akan disampling dan menghasilkan keluaran berupa Skala Intensitas Gempabumi. Sensor yang sudah diatur sensitivitasnya dengan menggunakan vibration meter sebagai tolak ukur untuk hasil getaran yang sesuai.

Kata kunci : Sensor SW-420, NodeMCU, *Earthquake*, *Peak Ground Acceleration*, *Modified Mercalli Intensity*.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Wireless sensor network adalah sebuah perangkat yang menghubungkan beberapa node dengan jaringan. Dengan seiring bertambahnya kebutuhan manusia tentunya juga dibutuhkan teknologi yang praktis agar aktifitas manusia bisa berjalan dengan efektif. Semakin banyaknya teknologi alat alat yang bersifat manual mulai berganti. *Wireless sensor network* bisa dijadikan solusi untuk peralatan yang praktis dan bekerja secara otomatis.

Dengan teknologi seperti itu, tentunya bisa dimanfaatkan diberbagai aspek kehidupan. Misalnya untuk mendeteksi adanya gempa di suatu perumahan. Dikarenakan akhir akhir ini di Indonesia terjadi banyak sekali gempa dan memakan korban dengan jumlah yang sangat mencengangkan. Maka dari itu diperlukan suatu pingat agar masyarakat lebih mudah menyelamatkan diri setelah mendapatkan peringatan adanya gempa.

Gempa bumi adalah suatu gerakan atau guncangan permukaan bumi yang disebabkan oleh pergeseran kerak bumi (lempeng bumi). Sedangkan Indonesia adalah negara yang dilalui 3 lempeng, yaitu lempeng Australia, lempeng Philipina, dan lempeng Eurasia. Maka tidak heran jika di Indonesia sering dilalui oleh gempa bumi. Problematika pada saat gempa bumi terjadi, banyak orang orang yang sering terjebak di dalam rumah dikarenakan terlambat mengetahui adanya gempa bumi. Dari beberapa penelitian sebelumnya lebih mengarah ke perhitungan nilai getaran yang disebabkan oleh gempa bumi dan pendeteksian ketika terjadi gempa bumi melalui beberapa alat. Untuk memunculkan notifikasi dan memberikan jalur evakuasi masih sangat jarang untuk di Indonesia.

Maka dari itu dilakukan penelitian rancang bangun sistem alat pendeteksi gempa bumi yang nantinya memberikan informasi secara cepat lewat buzzer. Dari berbagai perangkat tersebut nantinya akan muncul notifikasi dari buzzer

yang sudah dipersiapkan di suatu titik. Rancang sistem alat pendeteksi gempa bumi memiliki maksud untuk memberikan informasi secara cepat kepada orang-orang yang masih berada didalam gedung untuk sesegera mungkin bergegas keluar dan menjauhi segala bangunan. Tentunya disetiap bangunan besar seperti rumah sakit, perkantoran atau gedung-gedung yang lain dibangun dan sudah dilengkapi dengan titik point kumpul evakuasi atau sering disebut dengan *assembly point*. Namun kebanyakan dari orang-orang yang kurang mengetahui, sering kali mereka tidak mengetahui betapa pentingnya titik point kumpul ini. Maka dari itu untuk penelitian yang akan dilaksanakan, akan membuat alat yang memberikan notifikasi secara langsung ketika sensor telah mendeteksi getaran yang sudah melampaui batasan getaran yang sudah ditentukan dan LCD disamping sumber suara akan memberikan penunjuk arah *assembly point* untuk para orang-orang yang ada didalam gedung.

B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan, dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang sistem peringatan dini gempa bumi menggunakan sensor sw-420 ?
2. Bagaimana cara merancang aplikasi web untuk menampilkan hasil data sensor ?
3. Bagaimana cara menghitung delay pengiriman data dari NodeMCU ke web ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat alat untuk peringatan dini gempa bumi menggunakan sensor sw-420 sebagai implementasi wireless sensor network.
2. Memberikan notifikasi dan penunjuk jalur arah evakuasi ke *assembly point*.
3. Mengetahui metode komunikasi antar node dan pemberian informasi berupa data.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Karakteristik Gempa Bumi

Gempa bumi adalah salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Gempa bumi kita rasakan sebagai getaran yang terasa di permukaan Bumi (kerak bumi). Gempa bumi bukan merupakan kejadian yang asing untuk kita, terutama di daerah-daerah yang rawan gempa. Daerah-daerah yang rawan gempa diantaranya adalah di pertemuan lempeng-lempeng tektonik Bumi maupun di daerah yang berada di sekitar gunung berapi. Hal ini karena di daerah pertemuan lempeng sering terjadi

aktivitas lempeng yang menyebabkan terjadinya gempa tektonik. Sementara itu di sekitar gunung berapi juga sering mengalami gempa karena ketika gunung akan mengalami erupsi gunung berapi seringnya didahului dengan gempa vulkanik.^[6] Gempa bumi ada berbagai jenis, Gempa Bumi tektonik adalah jenis gempa Bumi yang disebabkan oleh pergeseran lempeng plat tektonik. Gempa ini terjadi karena besarnya tenaga yang dihasilkan akibat adanya tekanan antar lempeng batuan dalam perut Bumi. Gempa Bumi ini adalah jenis gempa yang paling sering dirasakan, terutama di Indonesia.^[19]

Gempa Bumi Vulkanik adalah jenis gempa yang terjadi karena adanya aktivitas magma pada gunung berapi, gempa tersebut biasanya terjadi sebelum meletusnya gunung berapi. Apabila keaktifan gunung tersebut semakin besar, ledakan atau meletusnya gunung berapi tersebut juga akan dapat menghasilkan efek gempa bumi. Terjadinya gempa bumi vulkanik juga bisa menjadi penanda akan meletusnya gunung berapi, meskipun tidak semua jenis gempa bumi vulkanik itu diikuti dengan terjadinya letusan dari gunung berapi. Hal tersebut tergantung pada kekuatan gempa yang dihasilkan itu sendiri serta keaktifan dari gunung api tersebut.^[20]

Gempa bumi buatan, seperti yang telah kita sebutkan sebelumnya bahwa gempa bumi buatan merupakan gempa bumi yang disebabkan oleh manusia, yaitu yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Aktivitas-aktivitas manusia yang menimbulkan gempa bumi buatan ini berupa aktivitas yang besar dan menimbulkan banyak getaran. Beberapa contoh aktivitas manusia yang menimbulkan gempa bumi buatan antara lain peledakan dinamit, peluncuran nuklir, peruntuhan gedung dan lain sebagainya.^[6]

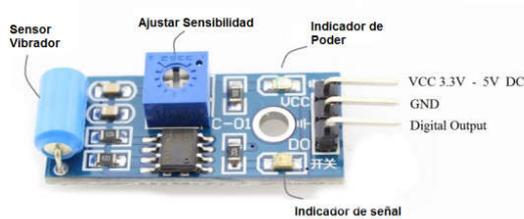
B. Wireless Sensor Network

Jaringan Sensor Nirkabel atau dalam banyak literatur disebut Wireless Sensor Network (WSN) adalah sebuah jaringan yang menghubungkan perangkat-perangkat seperti sensor node, router dan sink node (Muhamad Fajar). Perangkat ini terhubung secara ad-hoc dan mendukung komunikasi multi-hop. Istilah ad-hoc merujuk pada kemampuan perangkat untuk berkomunikasi satu sama lain secara langsung tanpa memerlukan infrastruktur jaringan seperti router atau akses point. Sedangkan multi-hop.^[5]

C. Sensor SW-420

Sensor yang dapat mengukur getaran suatu benda yang nantinya dimana data tersebut akan diproses untuk kepentingan percobaan ataupun

di gunakan untuk mengantisipasi sebuah kemungkinan adanya mara bahaya. Salah satu jenis sensor getaran yang saat ini sering di gunakan adalah accelerometer, alat ini merupakan alat yang dapat berfungsi untuk mengukur percepatan dari sebuah benda. Percepatan tersebut di ukur bukan dengan menggunakan koordinat dari percepatan tersebut, melainkan dengan mengukur percepatan berdasarkan fenomena pergerakan benda yang di hubungkan dengan perubahan massa yang terjadi di dalam alat pengukur tersebut. Contohnya adalah sensor SW-420.^[11]



Gambar 1 Sensor SW-420

D. NodeMCU

NodeMCU adalah sebuah platform IoT yang bersifat *opensource*. Terdiri dari perangkat keras berupa *System On Chip* ESP8266 dari ESP8266 buatan **Espressif System**, juga *firmware* yang digunakan, yang menggunakan bahasa pemrograman *scripting*. Istilah NodeMCU secara *default* sebenarnya mengacu pada firmware yang digunakan daripada perangkat keras development kit. NodeMCU ESP8266 merupakan modul turunan pengembangan dari modul platform IoT (Internet of Things) keluarga ESP8266 tipe ESP-12. Secara fungsi modul ini hampir menyerupai dengan platform modul arduino, tetapi yang membedakan yaitu dikhususkan untuk “*Connected to Internet*”.^[8]



Gambar 2 NodeMCU

E. Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama

dengan loud speaker, jadi buzzer juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. Buzzer biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm).^[10]

F. LCD 16x2

Pengertian LCD (*Liquid Crystal Display*) dan Prinsip Kerjanya – LCD atau *Liquid Crystal Display* adalah suatu jenis media display (tampilan) yang menggunakan kristal cair (*liquid crystal*) untuk menghasilkan gambar yang terlihat. Teknologi *Liquid Crystal Display* (LCD) atau Penampil Kristal Cair sudah banyak digunakan pada produk-produk seperti layar Laptop, layar Ponsel, layar Kalkulator, layar Jam Digital, layar Multimeter, Monitor Komputer, Televisi, layar Game portabel, layar Thermometer Digital dan produk-produk elektronik lainnya.^[13]

G. Relay

Pengertian Relay dan Fungsinya – Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.^[15]



Gambar 3 Relay

H. MMI (Modified Mercalli Intensity)

Skala Mercalli adalah satuan untuk mengukur kekuatan gempa bumi. Satuan ini diciptakan oleh seorang vulkanologis dari Italia yang bernama Giuseppe Mercalli pada tahun 1902. Skala Mercalli terbagi menjadi 12 pecahan berdasarkan informasi dari orang-orang yang selamat dari gempa tersebut dan juga

dengan melihat serta membandingkan tingkat kerusakan akibat gempa bumi tersebut. Oleh itu skala Mercalli adalah sangat subjektif dan kurang tepat dibanding dengan perhitungan magnitudo gempa yang lain. Oleh karena itu, saat ini penggunaan Skala Richter lebih luas digunakan untuk mengukur kekuatan gempa bumi. Tetapi skala Mercalli yang dimodifikasi, pada tahun 1931 oleh ahli seismologi Harry Wood dan Frank Neumann masih sering digunakan terutama apabila tidak terdapat peralatan seismometer yang dapat mengukur kekuatan gempa bumi di tempat kejadian.^[17]

I. SIG (Skala Intensitas Gempabumi)

SIG adalah Skala Intensitas Gempabumi. Skala ini menyatakan dampak yang ditimbulkan akibat terjadinya gempabumi.

Skala SIG BMKG	Deskripsi Sederhana	PGA (Gal)
I	TIDAK DIRASAKAN (Not Felt)	<2.9
II	DIRASAKAN (Felt)	<2.9-8.8
III	KERUSAKAN RINGAN (Slight Damage)	89-167
IV	KERUSAKAN SEDANG (Moderate Damage)	168-564
V	KERUSAKAN BERAT (Heavy Damage)	>564

Tabel 1 Skala Intensitas Gempabumi

Skala Intensitas Gempabumi (SIG-BMKG) digagas dan disusun dengan mengakomodir keterangan dampak gempabumi berdasarkan tipikal budaya atau bangunan di Indonesia. Skala ini disusun lebih sederhana dengan hanya memiliki lima tingkatan yaitu I-V.^[18]

III. METODOLOGI PENELITIAN

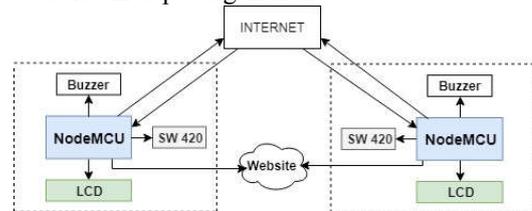
A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian pemantauan kondisi struktur bangunan dengan metode monitoring dan sistem pendeteksi gempa bumi berbasis jaringan sensor

nirkabel dengan menggunakan sensor accelerometer dengan metode perbandingan nilai outputan sensor dengan nilai seismograph.

B. Perancangan Sistem

Perancangan alat/sistem akan dijelaskan mengenai perencanaan dalam pembuatan alat/sistem yang akan dibuat. Perancangan ini dimaksudkan untuk merencanakan sistem dan menggambarkan proses pembuatan sehingga alat atau sistem dapat digunakan.



Gambar 4 Blok Diagram Sistem

Pada sistem kali ini 2 NodeMCU akan mengontrol masing masing perangkatnya dan diinisialisasi setiap saat. Data dikirimkan ke server berupa database yang ada di website. Untuk cara berkomunikasi menggunakan internet. Ketika sensor SW-420 mendeteksi adanya getaran yang tidak berlebihan maka NodeMCU akan menginisialisasi kepada buzzer untuk tidak memberikan notifikasi suara dan lcd untuk memberikan notifikasi visual. Jika NodeMCU mendapatkan pengiriman data berupa getaran berlebihan dari Sensor SW-420 maka buzzer mengeluarkan suara dan lcd memberikan notifikasi visual berupa parameter gempa bumi.



Gambar 5 Notifikasi Suara Buzzer

Parameter Pengujian :

No	Vibration Simulation	Time (Sec)	Skala SIG BMKG	Skala MMI
1	1 = 0	10	I	I-II
2	1 = 22	10	II	III-V
3	1 = 73	10	III	VI
4	1 = 109	10	IV	VII - VIII
5	1 = 157	10	V	IX-XII

Tabel 2 Parameter Pengujian Keseluruhan Sistem

Untuk parameter keseluruhan yang menandakan gempa bumi akan menggunakan table diatas. Sensor akan melakukan simulasi gempa bumi yang dilakukan secara manual dengan ketebalan dinding yang berbeda beda dan dengan beban yang berbeda. Vibration

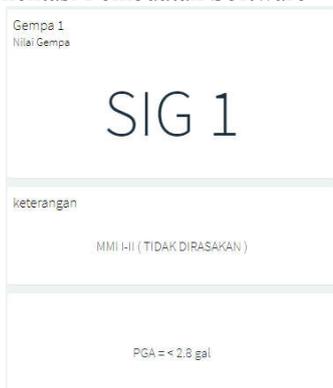
Simulation berasal dari sampling rate yang didapatkan ketika melakukan pengujian dengan simulasi gempa bumi pada dinding.

C. Implementasi Pembuatan

1. Implementasi Pembuatan Hardware

Pembuatan hardware diawali dengan membuat schematic menggunakan aplikasi online pada website sebelum membuat hardware secara langsung agar perancangan bisa rapi dan bagus. Setelah schematic selesai buat rangkaian dengan alat dan bahan yang sudah ditentukan. Setelah schematic jadi buat rangkaian yang sudah ditentukan.

2. Implementasi Pembuatan Software



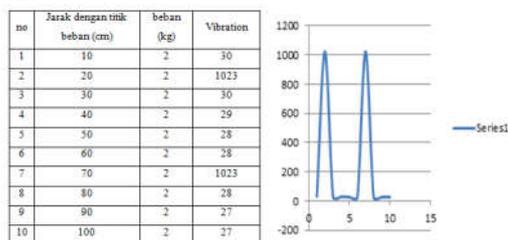
Gambar 6 Tampilan Website

Gambar diatas adalah hasil website dibantu dengan platform yang sudah tersedia di internet. Diatas adalah salah satu contoh pemberitahuan melalui website ketika NodeMCU mendeteksi adanya getaran yang masuk parameter SIG 1.

IV. PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai implementasi system serta hasil pengujian dari penelitian yang telah dilakukan.

A. Hasil Penelitian Sensitivitas Sensor SW-420



Gambar 7 Sensitivitas sensor SW-420 skala 40%.

Sebelum melakukan pengujian keseluruhan sistem, diperlukan adanya kalibrasi pada sensor. Sensor SW-420 yang dilengkapi dengan potensiometer untuk mengatur sensitivitas bisa

dijadikan acuan kalibrasi. Kalibrasi dilakukan pada titik 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%. Sensor SW-420 yang memiliki keluaran Iatau0 yang artinya getaran tinggi atau getaran rendah. Dari beberapa titik diatas yang paling stabil untuk mendeteksi getaran adalah 40%. Setelah sudah menemukan titik tengah pada sensor, di seajarkan dengan alat ukur getaran yaitu vibrationmeter. Di vibrationmeter ditunjukkan hasil dari sensitivitas 40% adalah titik yang stabil untuk mendeteksi adanya getaran berlebihan.



Gambar 8 Sensor sebelum kalibrasi

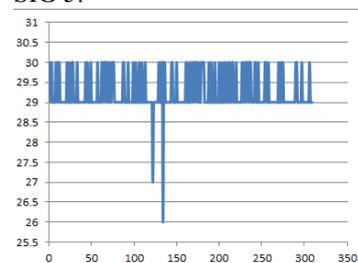


Gambar 9 Hasil Kalibrasi

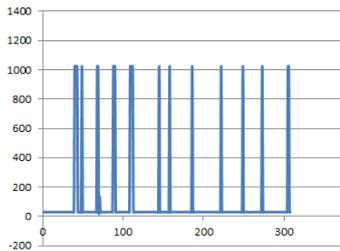
B. Hasil Penelitian Keseluruhan Sistem

Dari sampling yang diambil, di serial monitor pada aplikasi Arduino Ide menampilkan 31 data dari sensor setiap detik.

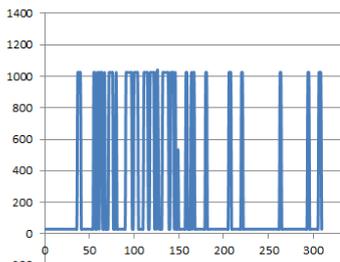
Hasil getaran dari setiap parameter SIG 1 – SIG 5.



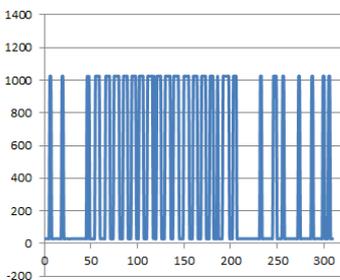
Gambar 10 Skala Intensitas Gempabumi 1



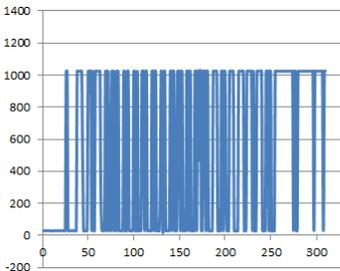
Gambar 11 Skala Intensitas Gempabumi 2



Gambar 12 Skala Intensitas Gempabumi 3



Gambar 13 Skala Intensitas Gempabumi 4



Gambar 14 Skala Intensitas Gempabumi 5

Hasil getaran diatas merupakan sampling rate pada saat pengujian dengan gempa buatan dan dilakukan selama 10 detik.

C. Hasil Pengiriman Data NodeMCU ke Web

Pada saat pengujian menunjukan bahwa lcd dan web memberikan notifikasi visual yang sama, namun sering terjadi adanya keterlambatan karena koneksi internet menjadi salah satu faktor delay untuk pengiriman data. Maka diperlukanya koneksi internet yang mumpuni agar tidak menjadi penyebab keterlambatan pengiriman data. Untuk penentuan penggunaan protocol bisa dilihat dari ciri ciri pengiriman datanya. Ketika kita melakukan pengiriman data dari web dengan menggunakan platform dan tidak terfasilitasi

untuk streaming yang biasanya http//: sudah bisa dipastikan menggunakan tcp/ip. Dan disini peneliti menggunakan platform website sebagai media untuk melakukan pengiriman data dan penyimpananya. Ada 3 parameter telekomunikasi untuk mendeteksi kecepatan pengiriman data dari perangkat ke web.

Traffic	Captured	Displayed	Displayed %	Marked	Marked %
Packets	1049	961	91.611%	0	0.000%
Between first and last packet	76.728 sec	73.309 sec			
Avg. packets/sec	13.672	13.109			
Avg. packet size	123 bytes	123 bytes			
Bytes	129114	118625	91.876%	0	0.000%
Avg. bytes/sec	1682.750	1618.146			
Avg. MBit/sec	0.013	0.013			

Gambar 19 Kecepatan Pengiriman Data

1. Delay

Delay pengiriman paket adalah 0,076sec.

2. Paket Loss

Jumlah packet tcp. analysis. lost_segmen

Packet (displayed)

× 100%

= tcp.analysis.lost_segmen

$\frac{4}{961} \times 100\% = 0,416\%$ dari total packet yang tidak bisa dikirim kembali adalah 0,4%

Jumlah packet tcp. analysis. retransmissions

Packet (displayed)

× 100% = tcp.analysis.retransmissions

$\frac{53}{961} \times 100\% = 5,51\%$ dari total packet yang dikirim kembali adalah 5,1%

0,416 + 5,51 = 5,926%

Jadi untuk total packet loss pada saat pengiriman adalah 5,926 %.

3. Throughput

Avg. Mbit/sec adalah 0,013sec.

V. KESIMPULAN& SARAN

A. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perancangan sistem peringatan dini gempa bumi menggunakan sensor SW-420 diperlukan hasil analisa dan sampling hasil rata rata pembacaan sensor SW 420 tiap detik. Dikarenakan sensor SW-420 yang hanya memiliki hasil digital output 0 dan 1 atau sama dengan getaran rendah dan tinggi. Dari hasil pembacaan sensor yang memanfaatkan pin NodeMCU A0 (Analog to Digital Converter) maka hasil sensor hanya 1-1024.

2. Perancangan WEB tidak dimulai dari awal. Karena memanfaatkan platform IoT yang menyediakan fasilitas dashboard sebagai penambahan widget untuk notifikasi yang muncul dan dilengkapi dengan databasanya.

Untuk aksesnya yang terbatas seperti data yang tercatat pada database setiap 1 menit.

3. Delay yang dihasilkan dari pengujian system keseluruhan 0.076 sec penyebab utamanya pada koneksi internet untuk komunikasi NodeMCU dan WEB. Throughput atau kecepatan pengiriman data 0,013 Mbps. Untuk packet loss keseluruhan pada pengiriman data adalah 5,926%. Protocol pengiriman data adalah TCP.

B. SARAN

Dibutuhkan daya yang tinggi untuk notifikasi suara agar bisa mencakup wilayah yang lebih luas. Untuk pembacaan sensor yang terbatas, maka diperlukan sensor lagi seperti pembacaan gerakan atau pergeseran agar hasil lebih akurat. Diperlukan koneksi internet yang lancar dan luas seperti access point agar kinerja dari NodeMCU dan WEB tidak terhambat delay dan packet loss.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Emanningtyas Era. (2017) . *Implementasi Wireless Sensor Network* pada Pemantauan Kondisi Struktur Bangunan Menggunakan Sensor *Accelerometer MMA7361*.
- [2]Seto Bagus. (2013). Sistem Pendeteksi Gempa Bumi Berbasis Nirkabel.
- [3]Chalik Abdul. (2018). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Gempa Bumi dengan Ayunan Bandul berbasis *Mikrokontroler ATmega328*.
- [4]Maulana Aozon. (2014) . Mengenal Arduino Uno Lebih Rinci.
- [5]Botan.(2015). *Pengertian wireless sensor network*
- [6]Fatma Desy. (2018). Gempa Bumi : Pengertian, Karakteristik, Penyebab dan dampaknya.
- [7]Setiawan Wira. (2014). Cara Kerja *Accelerometer*.
- [8]Nyebar Ilmu. (2017). Apa itu NodeMCU
- [9]Saputro Try Tedy. (2018). Mengenal NodeMCU : Pertemuan Pertama.
- [10]Harja Indra. (2012). Pengertian *Buzzer*.
- [11]Studio TMN. (2018). *Modul SW-420*.
- [12]Rian Jaya Darma. (2016). Pengertian Jalur Evakuasi.
- [13]Teknik Elektronika. (2018). Pengertian LCD.
- [14]Wikipedia Project. (2017). Gambar Wireless Sensor Network.
- [15]Teknik Elektronika. (2017). Pengertian Relay.
- [16]Cara Kerja Pro. (2017). Gambar Relay 5 kaki 5 volt.
- [17]Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika. (2019). MMI Modified Mercalli Intensity.
- [18]Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika. (2019). SIG skala intensitas gempa bumi.
- [19]Wikipedia Geografi.(2019). Pengertian Gempa Bumi Tektonik.
- [20]Mistamajahp. (2018). Pengertian gempa bumi vulkanik.