

## SISTEM PERINGATAN GEMPA BUMI PADA JALUR KERETA API

### *EARTHQUAKE WARNING SYSTEM FOR RAILWAY*

Yuga Prasatyo Sampurno<sup>1</sup>, Ahmad Sugiana<sup>2</sup>, Angga Rusdinar<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>psyuga@gmail.com, <sup>2</sup>sugianaa@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>angga.rusdinar@telkomuniversity.ac.id.

#### Abstrak

Gempa bumi merupakan salah satu dari bencana alam yang dapat mengakibatkan kerugian material maupun non material. Gempa bumi pada jalur kereta api dapat membahayakan perjalanan kereta api. Permasalahan di atas dapat diantisipasi dengan adanya sistem peringatan gempa bumi pada jalur kereta api. Pada saat terjadi gempa bumi, sensor akan mendeteksi percepatan getaran tanah. Sistem kemudian akan mengirimkan informasi berupa magnitudo gempa bumi ke stasiun terdekat. Pada penelitian kali ini akan dilakukan perancangan dan pembuatan sistem peringatan gempa bumi. Sistem ini akan mendeteksi percepatan getaran tanah menggunakan sensor akselerometer. Percepatan getaran tanah tersebut diolah menggunakan mikrokontroler dan diubah ke magnitudo gempa bumi. Sistem akan mengirim SMS yang berisi percepatan getaran tanah serta magnitudo gempa bumi dan ditampilkan pada monitor di stasiun terdekat. Akselerometer yang digunakan memiliki tingkat akurasi sebesar 98,69% dan tingkat presisi 99,74% pada sumbu x, pada sumbu y memiliki tingkat akurasi sebesar 96,2% dan tingkat presisi sebesar 99,75%, dan pada sumbu z memiliki tingkat akurasi 85,93% dan tingkat presisi sebesar 99,79%.

**Kata kunci:** gempa bumi, akselerometer, mikrokontroler, SMS

#### Abstract

*An earthquake is one of natural disasters that can cause material or non-material losses. An earthquake on the railway can endanger train travel. The above problems can be anticipated by the existence of an earthquake warning system on the railway. In the event of an earthquake, the sensor will detect ground vibration acceleration. The system will then send information in the form of earthquake magnitude to the central station. In this study, an earthquake warning system will be designed and manufactured. This system will detect ground vibration acceleration using an accelerometer sensor. The ground vibration acceleration is processed using a microcontroller and converted to earthquake magnitude. The system will send an SMS containing ground vibration acceleration and earthquake magnitude and displayed on the monitor at the main station. The accelerometer used has an accuracy rate of 98.69% and a precision level of 99.74% on the x axis, on the y axis has an accuracy of 96.2% and a precision level of 99.75%, and on the z axis has an accuracy of 85, 93% and a precision level of 99.79%.*

**Keywords :** earthquake, accelerometer, microcontroller, SMS

#### 1 Pendahuluan

Dalam undang-undang no 24 tahun 2007 tentang penanggulangan bencana di jelaskan bahwa wilayah Negara kesatuan republik Indonesia memiliki kondisi geografis, geologis, hidrologis, dan demografis yang memungkinkan terjadinya bencana, baik yang di sebabkan oleh faktor alam, faktor nonalam, maupun faktor manusia yang menyebabkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis yang dalam keadaan tertentu dapat menghambat pembangunan nasional. Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi karena Indonesia berada di atas pertemuan lempeng-lempeng tektonik yang mengakibatkan Indonesia berada di jalur gempa. Gempa bumi yang terjadi dapat berdampak pada bidang transportasi, sosial, lingkungan, ekonomi, dll. Pada bidang transportasi dampak gempa bumi dapat mengakibatkan kerusakan sarana transportasi, keterlambatan jadwal, kecelakaan, hingga kematian.

Pada tahun 2016 gempa bumi berkekuatan 6.5 Skala Richter menyebabkan sebuah kereta api anjlok di Kumamoto, Jepang[1]. Sistem peringatan gempa bumi pada jalur kereta api merupakan salah satu cara dalam mencegah terjadinya kecelakaan serupa, dikarenakan informasi mengenai gempa bumi yang terjadi dapat langsung disampaikan ke stasiun kereta api pusat.

Pada tugas akhir kali ini penulis ingin melakukan perancangan dan pembuatan sistem peringatan gempa bumi pada jalur kereta api. Penulis menggunakan sensor akselerometer untuk mendeteksi percepatan getaran tanah dan mengubahnya ke magnitudo gempa bumi. Percepatan getaran tanah dan magnitudo gempa bumi kemudian dikirim ke stasiun kereta api pusat.

Hasil perancangan dan pembuatan sistem ini diharapkan dapat membantu mencegah terjadinya kecelakaan kereta api akibat gempa bumi.

## 2 Dasar Teori

### 2.1 Gelombang Seismik

Gelombang seismik merupakan gelombang yang menjalar di dalam bumi disebabkan adanya perubahan struktur karena sifat keelastisan kerak bumi. Gelombang ini membawa energi kemudian menjalar ke segala arah di seluruh bagian bumi [2]. Gelombang seismik dibagi menjadi dua, yaitu gelombang badan dan gelombang permukaan.

Gelombang badan adalah gelombang yang menjalar dalam media elastik dan arah perambatannya keseluruhan bagian di dalam bumi. Berdasarkan gerak partikel pada media dan arah penjalarnya gelombang dapat dibedakan menjadi gelombang P dan gelombang S.

Gelombang permukaan merupakan salah satu gelombang seismik selain gelombang badan. Gelombang ini ada pada batas permukaan medium. Berdasarkan pada sifat gerakan partikel media elastik, gelombang permukaan merupakan gelombang yang kompleks dengan frekuensi yang rendah dan amplitudo yang besar, yang menjalar akibat adanya efek free surface dimana terdapat perbedaan sifat elastik [3]. Jenis dari gelombang permukaan ada dua yaitu gelombang Reyleigh dan gelombang Love.

### 2.2 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol suatu rangkaian elektronik, pada umumnya mikrokontroler terdiri dari *Central Processing Unit* (CPU), memori, I/O tertentu seperti *Analog-to-Digital Converter* yang sudah terintegrasi di dalamnya.

Agar suatu mikrokontroler dapat berfungsi, maka mikrokontroler tersebut membutuhkan komponen eksternal seperti sistem *clock* dan *reset* yang kemudian disebut sistem minimum. Arti sistem minimum itu adalah saat suatu mikrokontroler dapat digunakan untuk menjalankan suatu program.

### 2.3 Akselerometer

Akselerometer adalah sebuah transduser yang berfungsi untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran, ataupun untuk mengukur percepatan akibat gravitasi bumi. Akselerometer juga dapat digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi pada kendaraan, bangunan, mesin, dan juga bisa digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi di dalam bumi, getaran mesin, jarak yang dinamis, dan kecepatan dengan ataupun tanpa pengaruh gravitasi bumi. Akselerometer melakukan pengamatan terhadap tiga sumbu axis x, y, dan z.

### 2.4. Jaringan GSM

*Global System for Mobile Communication* atau yang biasa disingkat dengan GSM adalah sebuah teknologi komunikasi selular yang bersifat digital. Teknologi GSM banyak diterapkan pada komunikasi bergerak, khususnya telepon genggam. GSM adalah salah satu standar sistem komunikasi nirkabel (*wireless*) yang bersifat terbuka yang merupakan jenis jaringan komunikasi yang bekerja dengan cara mengirimkan data berdasarkan waktu yang membentuk jalur pada setiap sambungan dengan rentang atau paket waktu yang sangat cepat. Metode pengiriman data pada GSM disebut dengan TDMA (*time Division Multiple Access*), karena metode tersebut menggunakan waktu sebagai perantara aksesnya, sedangkan bila sudah digunakan satu pengguna, maka pengguna lainnya tidak dapat mengaksesnya.

## 3 Pembahasan

### 3.1 Desain Sistem

Pada tugas akhir ini, penulis merancang sistem peringatan gempa bumi pada jalur kereta api. Sistem ini dirancang untuk memberikan informasi ketika terjadi getaran tanah. Sistem ini menggunakan sensor akselerometer untuk mengukur percepatan getaran tanah. Percepatan getaran tanah akan diubah menjadi magnitudo gempa bumi menggunakan rumus[4]

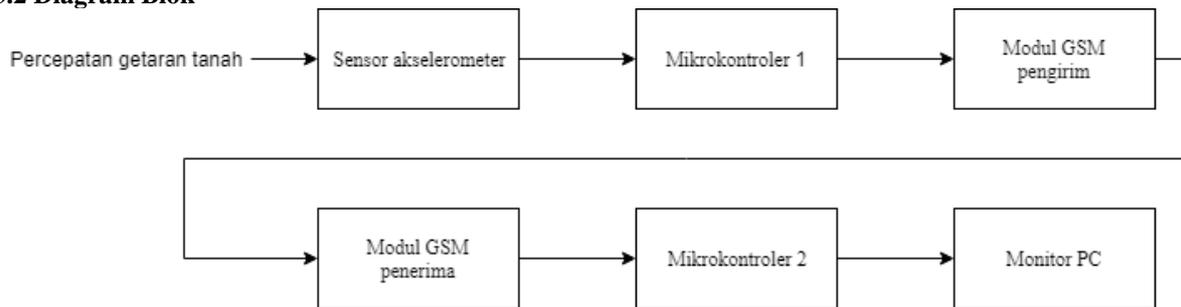
$$M = 2.2 + 1.8 \log a \quad (3)$$

Apabila magnitudo gempa bumi lebih dari empat, maka sistem akan mengirim SMS ke stasiun pusat yang berisi percepatan getaran tanah dan magnitudo gempa bumi. Sistem akan mengirim SMS secara terus-menerus selama magnitudo gempa bumi yang terbaca lebih dari empat. Pada stasiun pusat disimpan sebuah mikrokontroler yang dihubungkan dengan modul GSM untuk menerima SMS. SMS yang diterima akan ditampilkan di monitor pada stasiun pusat. Magnitudo gempa bumi dibagi ke dalam tujuh kategori yang ditunjukkan pada tabel III-1 di bawah[5].

Tabel 1. Kategori Gempa Bumi

Magnitudo Gempa Bumi	Kategori
<2.9	Very Minor
3.0-3.9	Minor
4.0-4.9	Light
5.0-5.9	Moderate
6.0-6.9	Strong
7.0-7.9	Major
>8.0	Great

### 3.2 Diagram Blok

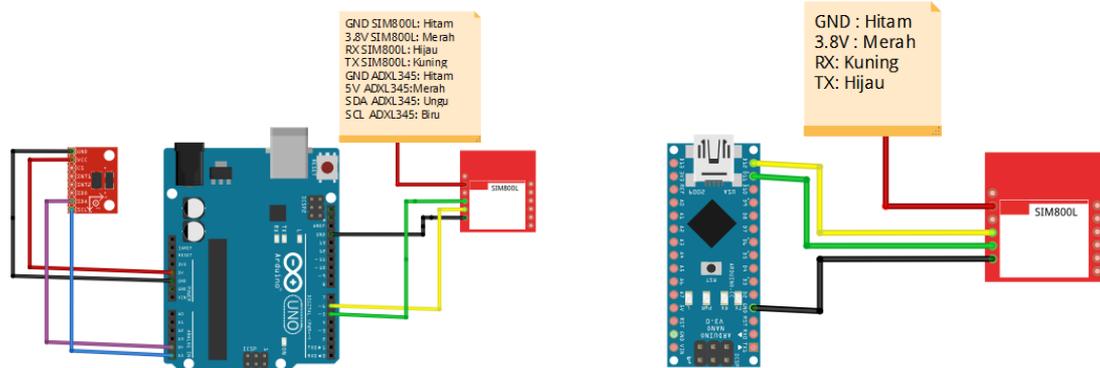


**Gambar 1 Diagram Blok Sistem**

Sesuai dengan diagram blok pada gambar III-1, sensor akan mendeteksi percepatan getaran tanah. Nilai percepatan getaran tanah akan diolah mikrokontroler menjadi magnitudo gempa bumi. SMS berisi percepatan getaran tanah dan magnitudo gempa bumi akan dikirim ke nomor yang sudah ditentukan menggunakan modul GSM. Modul GSM akan menerima SMS dan diolah menggunakan mikrokontroler untuk menampilkan nilai magnitudo gempa bumi dan percepatan pada sumbu x, sumbu y, dan sumbu z pada monitor PC.

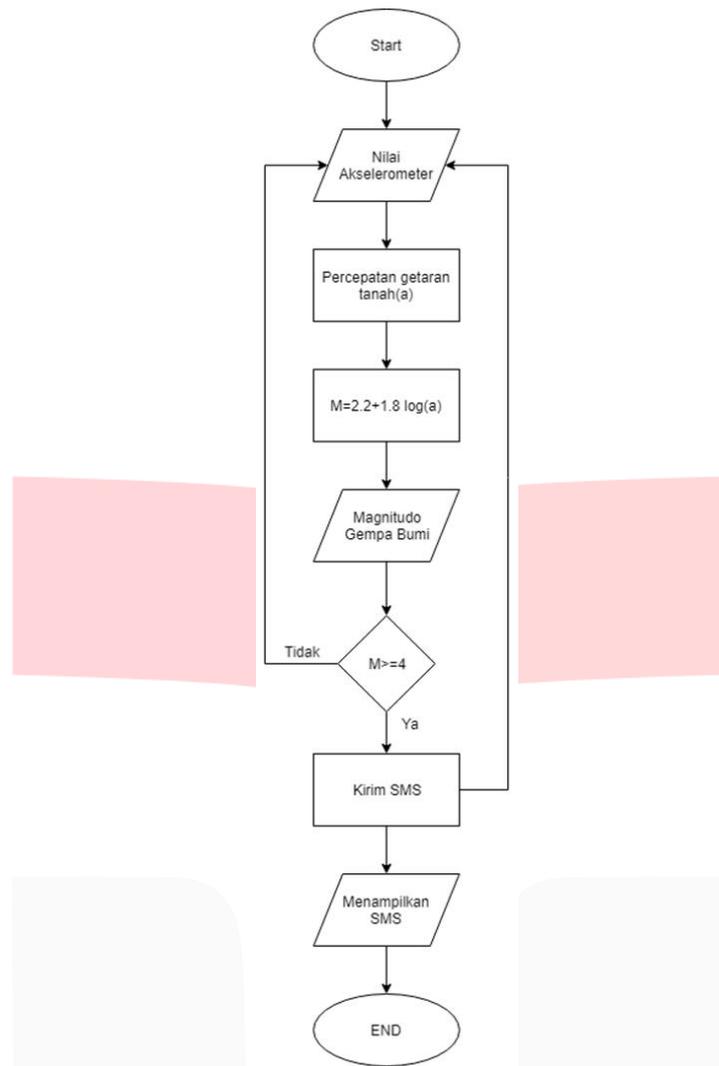
### 3.3 Desain Perangkat Keras

Gambaran desain perangkat keras secara umum yaitu sistem *input* terhubung dengan sistem *output* melalui komunikasi *wireless* GSM. Pada sistem *input* terdapat sensor akselerometer ADXL345 untuk mengukur percepatan getaran tanah dan mengirimkan ke sistem *output* dengan menggunakan komunikasi *wireless* GSM. Pada sistem *output* terdapat modul GSM untuk menerima data dari sistem input. Data yang dikirim berupa magnitudo gempa bumi, percepatan getaran tanah dan perubahan percepatan getaran tanah pada sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Data tersebut kemudian akan ditampilkan pada monitor di stasiun terdekat.



**Gambar 2 Rangkaian Sistem Peringatan Gempa Bumi**

### 3.4 Flowchart



**Gambar 3 Flowchart Sistem Peringatan Gempa Bumi**

Pada gambar 3 dijelaskan bahwa setelah sistem dimulai, sistem akan membaca nilai masukan dari akselerometer. Nilai masukan dari akselerometer akan diubah ke dalam percepatan. Nilai percepatan kemudian diubah ke nilai magnitudo gempa bumi. Apabila nilai magnitudo gempa bumi yang terdeteksi sistem lebih dari atau sama dengan empat, sistem akan mengirim SMS ke nomor yang sudah ditetapkan, kemudian membaca kembali nilai masukan dari akselerometer. Apabila nilai magnitudo yang terbaca kurang dari empat, sistem akan kembali membaca nilai masukan dari akselerometer. SMS akan secara terus-menerus selama nilai magnitudo gempa bumi lebih dari atau sama dengan empat.

**4 Pengujian**

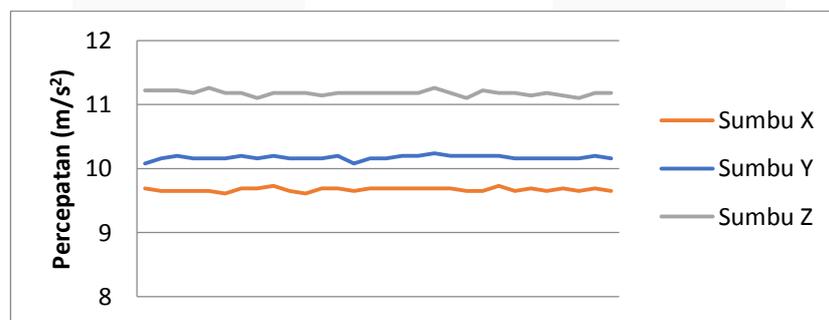
**4.1 Pengujian Akselerometer ADXL345**

Skema pengujian akselerometer ADXL345 yaitu dengan mengambil nilai percepatan ADXL345 pada sumbu x+, sumbu y+, dan sumbu z+. Menurut datasheet ADXL345, nilai percepatan pada sumbu x+ untuk sumbu x yaitu 1g, sumbu y 0g, dan sumbu z 0g. Pada sumbu y+ nilai percepatan pada sumbu x 0g, sumbu y 1g, dan sumbu z 0g. Pada sumbu z+ nilai percepatan pada sumbu x 0g, sumbu y 0g, dan sumbu z 1g. Pada sumbu x+ hanya diambil nilai percepatan pada sumbu x, pada sumbu y+ hanya diambil nilai percepatan pada sumbu y, dan pada sumbu z+ hanya diambil nilai percepatan pada sumbu z.

$$1g = 9.8 \text{ m/s}^2 \dots\dots\dots(1)$$

No	Sumbu X+ (m/s <sup>2</sup> )	Sumbu Y+ (m/s <sup>2</sup> )	Sumbu Z+ (m/s <sup>2</sup> )
1	9,69	10,08	11,2200
2	9,65	10,16	11,2200
3	9,65	10,2	11,2200
4	9,65	10,16	11,1800

5	9,65	10,16	11,2600
6	9,61	10,16	11,1800
7	9,69	10,2	11,1800
8	9,69	10,16	11,1000
9	9,73	10,2	11,1800
10	9,65	10,16	11,1800
11	9,61	10,16	11,1800
12	9,69	10,16	11,1400
13	9,69	10,2	11,1800
14	9,65	10,08	11,1800
15	9,69	10,16	11,1800
16	9,69	10,16	11,1800
17	9,69	10,2	11,1800
18	9,69	10,2	11,1800
19	9,69	10,24	11,2600
20	9,69	10,2	11,1800
21	9,65	10,2	11,1000
22	9,65	10,2	11,2200
23	9,73	10,2	11,1800
24	9,65	10,16	11,1800
25	9,69	10,16	11,1400
26	9,65	10,16	11,1800
27	9,69	10,16	11,1400
28	9,65	10,16	11,1000
29	9,69	10,2	11,1800
30	9,65	10,16	11,1800



(A)

Dari 30 kali pengujian didapat nilai rata-rata percepatan sumbu x ADXL345 pada saat x+ sebesar  $9,6713 \text{ m/s}^2$  dengan tingkat akurasi 98,69% dan tingkat presisi 99,74%. Nilai rata-rata percepatan ADXL345 pada sumbu y saat y+ sebesar  $10,172 \text{ m/s}^2$  dengan tingkat akurasi 96,2% dan tingkat presisi 99,75%. Nilai rata-rata percepatan ADXL345 pada sumbu z saat z+ sebesar  $11,1787 \text{ m/s}^2$  dengan tingkat akurasi 85,93% dan tingkat presisi 99,79%.

#### 4.2 Pengujian Pengiriman SMS

Skema pengujian keseluruhan sistem yaitu dengan cara mengguncangkan perangkat peringatan gempa bumi untuk mendapatkan nilai percepatan, magnitudo, dan *delay* pengiriman sistem. Dari 32 kali percobaan, diketahui bahwa sensor ADXL345 dapat mendeteksi guncangan dan mengubahnya ke percepatan dan magnitudo gempa bumi. Sistem dapat menentukan status dari gempa bumi berdasarkan magnitudo yang terbaca. Sistem juga dapat mengirimkan peringatan ketika magnitudo yang terdeteksi lebih dari atau sama dengan empat. Rata-rata *delay* pengiriman SMS oleh sistem sebesar 4,3125 detik.

## 5 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada sistem peringatan gempa bumi pada jalur kereta api, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Tingkat akurasi dan presisi dari akselerometer ADXL345 pada sumbu x sebesar 98,69% dan 99,74%. Tingkat akurasi dan presisi dari akselerometer ADXL345 pada sumbu y sebesar 96,2% dan 99,75%. Tingkat akurasi dan presisi dari akselerometer ADXL345 pada sumbu z sebesar 85,93% dan 99,79%.
2. Sistem mampu mengirimkan SMS saat magnitudo yang terbaca lebih dari atau sama dengan empat.
3. Sistem mampu menentukan kategori gempa berdasarkan magnitudo.
4. Rata-rata *delay* pengiriman SMS oleh sistem sebesar 4,3125 detik.
5. Sistem dapat berfungsi dengan algoritma yang diharapkan.

## DAFTAR REFERENSI

- [1] Sulistiyo, Bayu T., "Kyushu Shinkansen Anjlok Akibat Gempa Bumi di Kumamoto" re-digest.web.id, 15 April 2016. <https://www.re-digest.web.id/2016/04/kyushu-shinkansen-anjlok-akibat-gempa.html> diakses 14 September 2017.
- [2] Siswamidjono., Sudarsono, U., and Wirakusumah, A.D., *The threat of hazard in the Semeru Volcano Region in East Java, Indonesia: Journal of Asian Earth Sciences*. vol. 15, no. 2-3, pp.185-194, 1997.
- [3] Susilawati, Penerapan Penjalaran Gelombang Seismik Gempa pada Penelaahan Struktur Bagian dalam Bumi. Sumatra Utara: Universitas Sumatra Utara, 2008.
- [4] Gutenberg, B., & Richter, C. F., *Earthquake magnitude, intensity, energy, and acceleration*. Vol. 32. Bulletin of the Seismological Society of America, 1942.
- [5] Ammon, Charles J., "An Introduction to Earthquakes & Earthquake Hazards" eqseis.geosc.psu.edu. [http://eqseis.geosc.psu.edu/~cammon/HTML/Classes/IntroQuakes/Notes/overview\\_lecture.html](http://eqseis.geosc.psu.edu/~cammon/HTML/Classes/IntroQuakes/Notes/overview_lecture.html) diakses 3 Agustus 2018.