

PERANCANGAN PENGUKUR MAGNITUDO DAN ARAH GEMPA MENGGUNAKAN SENSOR ACCELEROMETER ADXL330 MELALUI TELEMETRI

Hidayat¹, Usep Mohamad Ishaq², Andi Lasa³

^{1,2,3}Teknik Komputer Universitas Komputer Indonesia Bandung

¹hidayat@unikom.ac.id, ²ishaqovic@gmail.com

ABSTRAK

Gempa adalah salah satu bencana alam yang sering dialami oleh Indonesia. Hal ini dikarenakan Indonesia berada di tengah-tengah pertemuan lempeng Eurasia dan lempeng Indoaustralia yang terus bergerak mencari keseimbangan. Tingginya potensi gempa di negara Indonesia mengharuskan warganya untuk lebih waspada apalagi bencana gempa merupakan bencana yang tidak dapat ditentukan dengan pasti waktu dan lokasi kejadiannya. Tetapi bencana ini dapat dideteksi dan dihitung kekuatannya sehingga dapat menjadi tolak ukur pemantauan kemungkinan terjadi gempa berikutnya. Hal ini mendorong peneliti untuk merancang alat ukur magnitudo dan arah gempa memanfaatkan sensor Accelerometer ADXL330.

Spesifikasi alat yang dirancang terdiri dari sensor accelerometer ADXL330 yang berfungsi untuk mendeteksi terjadinya simpangan pada benda (bandul) dengan keluaran analog, mikrokontroler AVR ATmega16 yang digunakan untuk mengolah data dari sensor dan mengubahnya menjadi data digital, dan Personal Computer (PC) sebagai penampil besarnya gempa yang ditampilkan secara real time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat yang dirancang mampu mengukur nilai magnitudo dan arah gempa. Hasil tersebut ditampilkan pada PC.

Kata Kunci : gempa bumi, magnitudo, arah gempa, accelerometer ADXL330, mikrokontroler

1. Pendahuluan

Gempa merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Hal ini dikarenakan Indonesia berada di tengah-tengah pertemuan lempeng Eurasia dan lempeng Indoaustralia yang terus bergerak mencari keseimbangan. Tingginya potensi gempa di negara Indonesia mengharuskan warganya untuk lebih waspada apalagi bencana gempa merupakan bencana yang tidak dapat ditentukan dengan pasti waktu dan lokasi kejadiannya. Tetapi bencana ini dapat dideteksi dan dihitung kekuatannya sehingga dapat menjadi tolak ukur pemantauan kemungkinan terjadi gempa berikutnya.

Hal ini mendorong peneliti untuk merancang alat ukur magnitudo dan arah gempa memanfaatkan sensor Accelerometer ADXL330 dengan system telemetri.

Diharapkan alat yang dirancang dapat mendeteksi adanya gempa dari jarak jauh dan dapat menampilkan grafik getarannya melalui *Personal Computer* sehingga kekuatan gempa dapat dipantau.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Gempa Bumi

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi. Gempa bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng bumi). Walaupun padat, bumi selalu bergerak dan gempa bumi terjadi apabila tekanan yang terjadi karena pergerakan itu sudah terlalu besar untuk dapat ditahan [1]. Gempa bumi memancarkan energi melalui bumi dalam bentuk gelombang yang dirasakan sebagai getaran (gempa) bumi meskipun pada jarak yang jauh dari sumber. Gerakan kerak bumi yang dikaitkan dengan gelombang seismik diukur oleh seismograf dirancang untuk merekam gelombang seismik yang dipancarkan dari sumber gempa bumi. Hasil rekaman seismograf disebut seismogram. Dari seismogram dapat diketahui intensitas atau amplitudo gelombang seismik yang dipancarkan oleh sumber gempa bumi. Intensitas atau kekuatan gempa bumi didasarkan pada amplitudo gelombang seismik yang terekam pada seismogram dan dinyatakan dalam skala Richter [2].

2.2. Magnitudo

Skala yang sering digunakan untuk menyatakan magnitudo gempa adalah Skala

Richter (*Richter Scale*). Secara umum, magnitudo dapat dihitung menggunakan formula berikut:

$$M = \log \frac{A}{T} + f(\Delta, h) + C_S + C_R \dots \dots \dots (1)$$

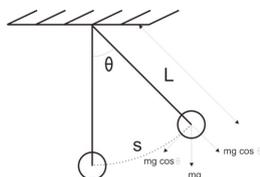
Dengan M adalah magnitudo, A adalah amplitudo gerakan tanah (dalam mikrometer), T adalah periode gelombang, Δ adalah jarak pusat gempa atau episenter, h adalah kedalaman gempa, C_S , dan C_R adalah faktor koreksi yang bergantung pada kondisi lokal dan regional daerahnya [3].

Persamaan 1 dapat disederhanakan menjadi :

$$M = \log A \dots \dots \dots (2)$$

2.3. Gerak Harmonik Sederhana

Dalam gerak harmonik sederhana ada yang disebut bandul matematis. Disebut bandul matematis karena perumusannya sesuai dengan keadaan nyata ketika pusat massa dari gerak osilasi berada pada tempat digantungnya bola. Bandul matematis dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Bandul Matematis

Misalkan s sebagai panjang busur diukur dari dasar lingkaran. Panjang busur dihubungkan ke sudut θ oleh [4] :

$$s = L \theta \dots \dots \dots (3)$$

Pada gerak harmonik sederhana terdapat istilah amplitudo dan perioda. Amplitudo adalah jarak maksimum atau simpangan maksimum dari titik kesetimbangan, simpangan ditunjukkan oleh s pada gambar 1, sedangkan perioda adalah waktu yang diperlukan untuk mengalami satu getaran. Perioda dapat dirumuskan dengan:

$$T = 2\pi \left(\sqrt{\frac{l}{g}} \right) \dots \dots \dots (4)$$

Variabel T merupakan perioda, π adalah konstanta 3,14, l merupakan panjang tali yang digunakan dan g merupakan gravitasi bumi sebesar $9,8 \text{ m/s}^2$.

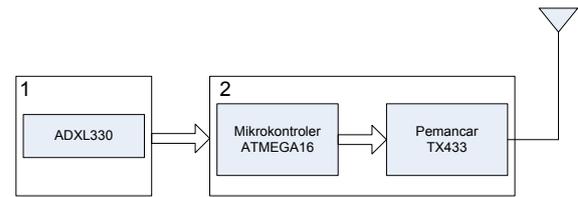
3. Perancangan

Perancangan terdiri dari perancangan perangkat keras dan perangkat lunak.

3.1. Perancangan perangkat keras

Perancangan perangkat keras terdiri dari Bagian Pengirim dan Penerima.

Bagian Pengirim

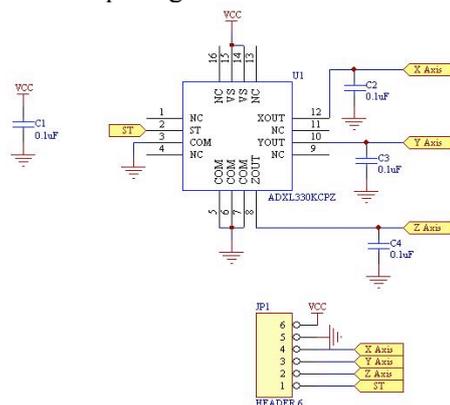


Gambar 2. Diagram Blok Pengirim

Pada gambar 2., bagian pengirim terdiri dari Sensor Pengukur Simpangan yang berfungsi untuk menghitung simpangan yang terjadi pada ayunan bandul dengan menggunakan sensor accelerometer ADXL330 sebagai pendeteksi gerak pada sumbu X, Y, dan Z berupa tegangan analog[5], dan Sistem Telemetri Pengirim, menggunakan Mikrokontroler ATMEGA16 sebagai pengubah tegangan analog menjadi digital oleh ADC internal[6] dan mengirimkan hasilnya melalui pemancar TX433[7].

Accelerometer ADXL330

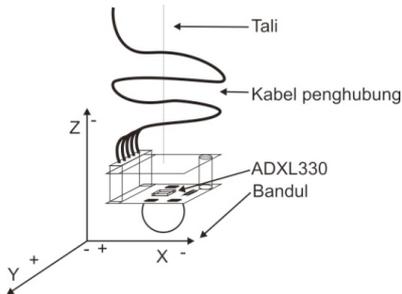
Rangkaian Accelerometer ADXL330 dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian ADXL330.

Sumber tegangan ADXL330 dapat berasal dari rangkaian catu daya atau baterai koin 3V karena sensor ini hanya memerlukan tegangan antara 1,8V sampai 3,6V. Pada perancangan sensor pengukur simpangan, sensor ADXL330 ditempatkan diantara bandul dan tali agar terjadi kesetimbangan, panjang tali yang digunakan adalah 8cm, perancangannya dapat dilihat pada gambar 4.

Perancangan Pengukur Magnitudo Dan Arah Gempa Menggunakan Sensor Accelerometer ADXL330 Melalui Telemetri



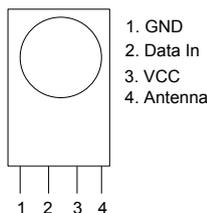
Gambar 4. Rancangan Penempatan Sensor

Mikrokontroler AVR ATmega16

Sumber tegangan mikrokontroler AVR ATmega16 berasal dari rangkaian catu daya. Masukan yang berasal dari ADXL330 yang terdiri dari sumbu X, Y dan Z masing-masing dihubungkan ke pin 40 (ADC0), pin 39 (ADC1), dan pin 38 (ADC2). Tegangan-tegangan tersebut diolah oleh mikrokontroler sehingga menghasilkan tegangan digital.

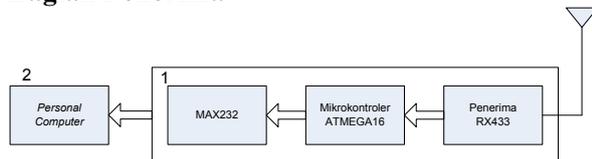
Pemancar TX433

Pemancar (*Transmitter*) TX433 berfungsi mengubah tegangan TTL dari mikrokontroler menjadi gelombang radio yang memiliki modulasi ASK (*Amplitude Shift Keying*) pada frekuensi 433,92MHz. Gambar 6. Merupakan konfigurasi pin TX433.[7]



Gambar 5. Konfigurasi Pin TX433

Bagian Penerima



Gambar 6. Diagram Blok Penerima

Pada bagian penerima terdiri dari dua bagian utama yaitu sistem telemetri penerima dan PC (*Personal Computer*).

Sistem Telemetri Penerima terdiri dari: Penerima RX433[8] yang berfungsi untuk mengubah sinyal RF (*Radio Frequency*) menjadi level tegangan TTL, Mikrokontroler ATmega16 yang berfungsi sebagai penyaring (*filter*) data dari pengirim sehingga diperoleh

data sumbu X, Y, dan Z yang akan diolah oleh PC, dan MAX232 yang berfungsi untuk level tegangan TTL menjadi RS232.

PC (*Personal Computer*) berfungsi untuk menyimpan data simpangan dan menampilkannya dalam bentuk grafik simpangan. Serta menampilkan kekuatan gempa dalam magnitudo beserta arah getaran gempa.

3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak terdiri perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler pengirim, mikrokontroler penerima dan Penampil grafik gempa dan arah gempa yang diimplementasikan pada PC.

4. Pengujian dan Analisis

Pengujian yang dilakukan pada perangkat meliputi: sensor ADXL330 dan ADC mikrokontroler AVR ATMEGA16.

4.1. Pengujian Sensor ADXL330

Pengujian sensor accelerometer ADXL330 dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran sumbu X, Y, dan Z dengan menggunakan Voltmeter. Sudut maks. yang dapat diukur dari 0° sampai 85°.

Tabel 1. Tegangan Keluaran Sumbu X dan Y

Sumbu	Normal (0g/0°)	Minimum 85°	Maksimum 85°
X	1,47 V	1,181 V	1,763 V
Y	1,47 V	1,165 V	1,754 V

Sudut Z diukur sebagai pembanding meskipun pada perancangan dan implementasi alat pengukur ini tidak digunakan dalam perhitungan mencari magnitudo maupun arah gempa karena sumbu Z merupakan sumbu kebalikan, dan berguna ketika sensor ADXL330 berada pada posisi terbalik.

Tabel 2. Tegangan Keluaran Sumbu Z

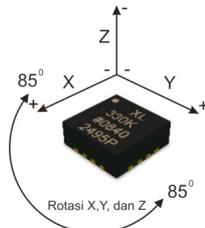
Sumbu Z	Keadaan normal (V)	Keadaan terbalik (V)
0g/0°	1,765	1,206
Min. X 85°	1,462	1,452
Max. X 85°	1,442	1,496
Min. Y 85°	1,482	1,497
Max. Y 85°	1,462	1,476

Pengujian lainnya, yaitu mengukur tegangan keluaran tiap sumbu ketika ADXL330 berada dalam posisi diagonal.

Tabel 3. Tegangan Keluaran Diagonal X dan Y

Keadaan Sensor	Sumbu X (V)	Sumbu Y (V)	Sumbu Z (V)
Antara X+ Y+	1,762	1,722	1,472
Antara X+ Y-	1,724	1,307	1,446
Antara X- Y-	1,338	1,186	1,483
Antara X- Y+	1,421	1,169	1,473

Sensor ADXL330 bekerja berdasarkan sudut. Ketika ADXL330 digerakkan berotasi dari 0° sampa 90° maka tegangan akan berubah sesuai karakteristik sumbu-sumbunya.



Gambar 7. ADXL330 Rotasi 85°. [5]

4.2. Pengujian ADC AVR ATMEGA16

Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan tegangan hasil pengukuran menggunakan Voltmeter dengan tegangan hasil konversi ADC. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Pengujian ADC AVR ATMEGA16

Voltmeter (V)	ADC Hex.	ADC desimal	ADC Analog (V)
1,2	3C	60	1,171875
1,22	3D	61	1,19140625
1,23	3E	62	1,2109375
1,25	3F	63	1,23046875
1,27	40	64	1,25
1,29	41	65	1,26953125
1,31	42	66	1,2890625
1,33	43	67	1,30859375
1,35	44	68	1,328125
1,37	45	69	1,34765625
1,39	46	70	1,3671875
1,41	47	71	1,38671875
1,43	48	72	1,40625
1,45	49	73	1,42578125
1,47	4A	74	1,4453125
1,49	4B	75	1,46484375

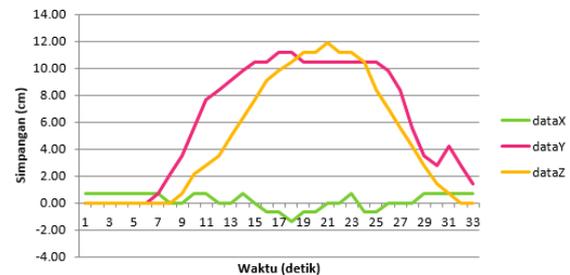
Tegangan analog yang dikonversi oleh ADC pada AVR ATMEGA16 menghasilkan tegangan digital.

4.3. Pengujian Sensor Pengukur Simpangan

Pengujian dan analisis pada sensor pengukur simpangan dilakukan dengan menggerakkan sensor ke berbagai arah yaitu utara, timur, selatan, barat, timur laut, tenggara, barat daya, dan barat laut sehingga dapat menentukan arah gerakan yang terjadi. Pengujian dilakukan dengan cara mengambil data simpangan (cm) berdasarkan waktu setiap detik dimulai dari sudut 0° (0g) sampai sudut maksimum (sudut seharusnya 85°) pada setiap arahnya. Sudut yang terbentuk diperoleh melalui persamaan 1.

Gerak Sensor ke Arah Utara

Arah utara merupakan arah ketika Y+. Grafik aktivitas gerakan yang mengakibatkan terjadinya simpangan pada sensor pengukur simpangan dapat dilihat pada gambar 8.

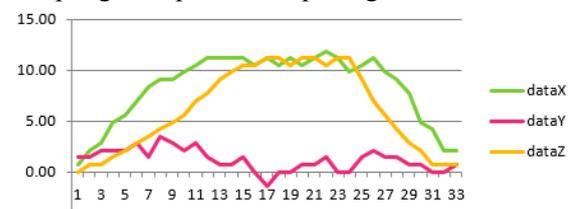


Gambar 8. Grafik Sensor menuju Arah Utara

Berdasarkan grafik di atas diperoleh nilai amplitudo maksimum sebesar 11,17cm pada sumbu Y, sehingga dapat disimpulkan bahwa simpangan yang terbentuk sebesar 11,17 cm pada arah utara (Y+) dan sudut yang terbentuk adalah 80°.

Gerak Sensor ke Arah Timur

Arah timur merupakan arah ketika X+. Grafik aktivitas gerakan yang mengakibatkan terjadinya simpangan pada sensor pengukur simpangan dapat dilihat pada gambar 9.



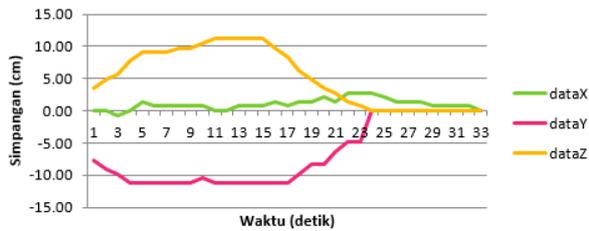
Gambar 9. Grafik Sensor Menuju Arah Timur

Perancangan Pengukur Magnitudo Dan Arah Gempa Menggunakan Sensor Accelerometer ADXL330 Melalui Telemetry

Berdasarkan grafik di atas diperoleh nilai amplitudo maksimum sebesar 11,87cm pada sumbu X, sehingga dapat disimpulkan bahwa simpangan yang terbentuk sebesar 11,87 cm pada arah utara (X+) dan sudut yang terbentuk adalah 85° .

Gerak Sensor ke arah selatan

Arah selatan merupakan arah ketika Y-. Grafik aktivitas gerakan yang mengakibatkan terjadinya simpangan pada sensor pengukur simpangan dapat dilihat pada gambar 10.

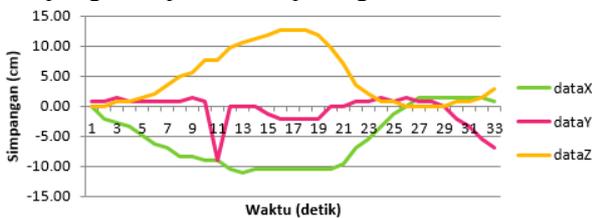


Gambar 10. Grafik Sensor Menuju Arah Selatan

Berdasarkan grafik di atas diperoleh nilai amplitudo minimum sebesar 11,17cm pada sumbu Y, sehingga dapat disimpulkan bahwa simpangan yang terbentuk sebesar 11,17 cm pada arah utara (Y-) dan sudut yang terbentuk adalah 80° .

Geral Sensor ke Arah barat

Arah barat merupakan arah ketika X-. Grafik aktivitas gerakan yang mengakibatkan terjadinya simpangan pada sensor pengukur simpangan dapat dilihat pada gambar 11.



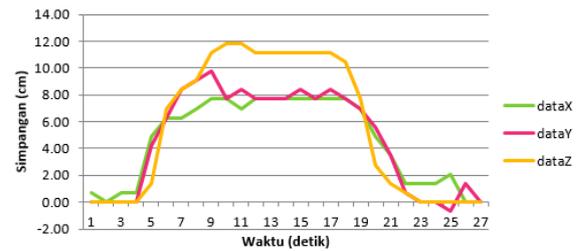
Gambar 11. Grafik Sensor Menuju Arah Barat

Berdasarkan grafik di atas diperoleh nilai amplitudo minimum sebesar 11,17cm pada sumbu X, sehingga dapat disimpulkan bahwa simpangan yang terbentuk sebesar 11,17 cm pada arah utara (X-) dan sudut yang terbentuk adalah 80° .

Gerak Sensor ke Arah Timur Laut

Arah timur laut merupakan arah ketika X+ dan Y+. Grafik aktivitas gerakan yang mengakibatkan terjadinya simpangan pada

sensor pengukur simpangan dapat dilihat pada gambar 12.

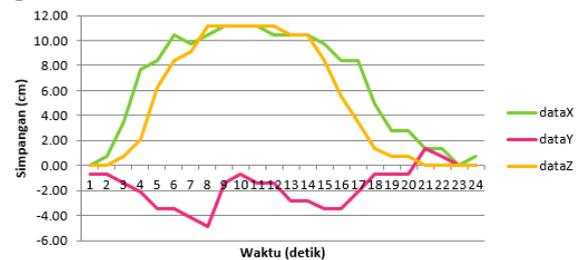


Gambar 12. Grafik Sensor Menuju Arah Timur Laut

Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa arah timur laut nilai maksimumnya berada di data X (sumbu X+) dan data Y (sumbu Y+). Dan simpangan yang terbentuk dari gerakan sensor adalah sumbu X+ berada pada sudut 55° dan sumbu Y+ berada pada sudut 70° pada arah diagonal antara sumbu X+ dan Y+.

Gerak Sensor ke Arah Tenggara

Arah tenggara merupakan arah ketika X+ dan Y-. Grafik aktivitas gerakan yang mengakibatkan terjadinya simpangan pada sensor pengukur simpangan dapat dilihat pada gambar 13.

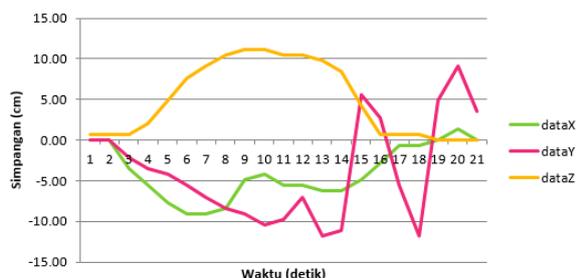


Gambar 13. Grafik Sensor Menuju Arah Tenggara

Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa arah tenggara nilai maksimumnya berada di data X (sumbu X+) dan nilai minimumnya berada di data Y (sumbu Y-). Simpangan yang terbentuk dari gerakan sensor adalah sumbu X+ berada pada sudut 80° dan sumbu Y- berada pada sudut 35° pada arah diagonal antara sumbu X+ dan Y-.

Gerak Sensor ke Arah Barat Daya

Arah barat daya merupakan arah ketika X- dan Y-. Grafik aktivitas gerakan yang mengakibatkan terjadinya simpangan pada sensor pengukur simpangan dapat dilihat pada gambar 14.

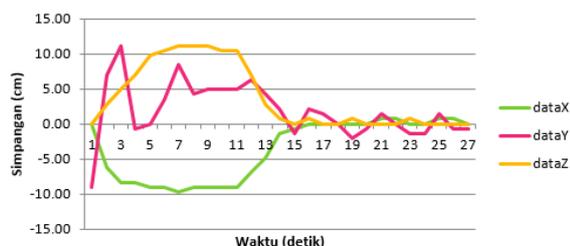


Gambar 14. Grafik Sensor Menuju Arah Barat Daya

Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa arah barat daya nilai minimumnya berada di data X (sumbu X-) dan di data Y (sumbu Y-). Simpangan yang terbentuk dari gerakan sensor adalah sumbu X- berada pada sudut 65° dan sumbu Y- berada pada sudut 85° pada arah diagonal antara sumbu X- dan Y-.

Gerak Sensor ke Arah Barat Laut

Arah barat laut merupakan arah ketika X- dan Y+. Grafik aktivitas gerakan yang mengakibatkan terjadinya simpangan pada sensor pengukur simpangan dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Grafik Sensor Menuju Arah Barat Laut

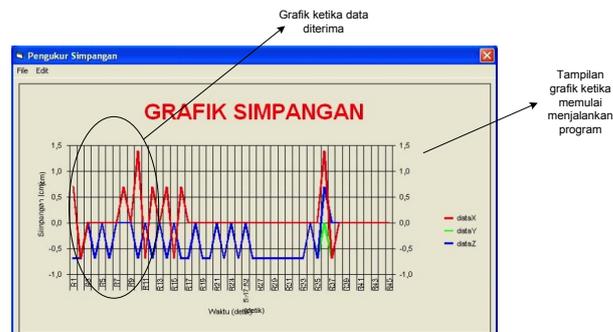
Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa arah barat laut nilai minimumnya berada di data X (sumbu X-) dan nilai maksimumnya berada di data Y (sumbu Y+). Simpangan yang terbentuk dari gerakan sensor adalah sumbu X- berada pada sudut 70° dan sumbu Y+ berada pada sudut 80° pada arah diagonal antara sumbu X- dan Y+.

4.4. Pengujian Perangkat Lunak

Pada perangkat lunak, pengujian dan analisis dilakukan pada program tampilan utama dan tampilan riwayat gempa.

Tampilan Utama

Pengujian dilakukan dengan cara menjalankan (*running*) program pendeteksi gempa.



Gambar 16. Tampilan saat program dijalankan.

Pada saat program dijalankan data yang diterima langsung disimpan dalam *database* dengan ditandai adanya data pada *box* simpangan yang terdiri dari sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z saat itu juga data ditampilkan pada grafik. Jika data simpangan pada *box* bernilai nol berarti sensor pengukur simpangan dalam keadaan diam (0g) dan tampilan pada grafik pun bernilai nol, tetapi ketika pada *box* simpangan terdapat nilai simpangan berarti sensor pengukur simpangan sedang bergerak sesuai getaran yang terjadi dan saat itu juga grafik perubahannya ditampilkan. Data perubahan tersebut disimpan dalam *database* dan ditampilkan dalam grafik per detik.

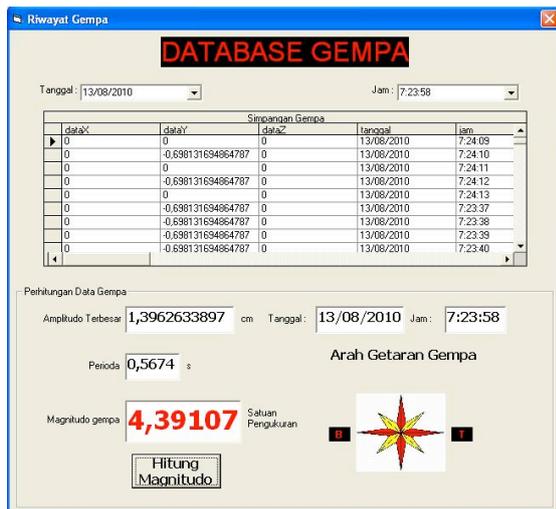
Tampilan Riwayat Gempa

Tampilan riwayat gempa digunakan untuk melihat data kejadian gempa (*history*) agar dapat dianalisis. Pada tampilan ini juga kekuatan gempa dihitung sehingga didapatkan Magnitudonya.

Pengujian dilakukan dengan melihat tampilan menu riwayat yang menampilkan *database gempa*, waktu kejadian gempa, magnitudo gempa, bahkan arah gerak gempa.

Ada dua cara untuk menampilkan *database gempa*. Cara yang pertama adalah memilih tanggal dan jam maka akan ditampilkan *database gempa* berdasarkan waktu yang telah dipilih. Cara yang kedua adalah dengan menekan "Hitung Magnitudo" maka seluruh data akan ditampilkan beserta kekuatan gempa (magnitudo) dan arahnya.

Perancangan Pengukur Magnitudo Dan Arah Gempa Menggunakan Sensor Accelerometer ADXL330 Melalui Telemetri



Gambar 17. Tampilan Database Data Gempa

Pada gambar 16. diperlihatkan database, amplitudo, periode, waktu kejadian dan arah gempa. Amplitudo terbesar diperoleh dari simpangan maksimum ketiga sumbu. Periode diperoleh melalui perhitungan:

$$T = 2\pi \left(\sqrt{\frac{L}{g}} \right) = 0,5674s$$

Dan Magnitudo diperoleh melalui persamaan:

$$M = \log \left(\frac{A}{T} \right) = 4,39107 \text{ Satuan Pengukuran}$$

Sementara arah gempa diperoleh dari Sumbu yang memiliki amplitudo maksimum. Jadi getaran yang terjadi pada gambar 16 berada di sumbu X atau arah barat dan timur.

5. Simpulan dan Saran

Simpulan dari pemaparan di atas adalah rancangan alat ukur Magnitudo dan Arah Gempa melalui Sistem Telemetri telah berhasil dibuat dengan menghasilkan data aktivitas getaran yang berpotensi gempa yang ditunjukkan grafik Selain itu, juga dapat mengetahui kekuatan gempa (magnitudo) beserta arahnya pada PC (*Personal Computer*).

Adapun saran untuk pengembangan diantaranya:

1. Sensor pendeteksi gempa dapat berbentuk bandul karena teori yang digunakan adalah

gerak harmonik sederhana pada ayunan menggunakan bandul.

2. Sensor pendeteksi gempa dapat ditempatkan di 3 titik lokasi pendeteksian yang berbeda sehingga dapat menentukan lokasi kejadian gempa.
3. Alat yang telah dirancang sebaiknya dikalibrasi dengan alat pendeteksi gempa yang sebenarnya agar didapatkan magnitudo dalam skala Richter yang lebih akurat.

6. Daftar Pustaka

- [1] *Gempa Bumi*. (2009, Desember 15). Diakses Desember, 16, 2009, dari Wikipedia.org:http://id.wikipedia.org/wiki/Gempa_bumi.
- [2] Tjasyono, Bayong, HK. (2006). *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- [3] *Magnitudo Gempa*. (2009, September 8). Diakses Agustus, 15, 2010, dari Wikipedia.org: http://id.wikipedia.org/wiki/Magnitudo_gempa.
- [4] Tipler. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- [5] *ADXL330*. (2007). Diakses Agustus, 15, 2010, dari Analog Devices: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADXL330.pdf
- [6] *ATMEGA16*. (2008). Diakses Agustus, 15, 2010, dari ATMEL Corporation: <http://www.atmel.com/atmel/acrobat/doc2466.pdf>
- [7] TLP434-RF ASK Hybrid Modules for Radio Control. (2009, September 15), dari www.laipac.com/Downloads/Easy/rlp434.pdf.
- [8] TLP434A-RF ASK Hybrid Modules for Radio Control. (2009, September 15), dari www.laipac.com/Downloads/Easy/rlp434a.pdf.