

ANALISIS SISTEM INSTRUMEN *INTENSITY METER P-ALERT* DAN DATA HASIL PENGUKURANNYA

Yeni Rahman¹⁾Zulhendri Kamus²⁾Rachmad Billyanto³⁾

¹⁾Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang, email: yenirahman1101@gmail.com

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang, email:zul_fi@fmipa.unp.ac.id

³⁾Staf Pegawai Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Padang Panjang
email:rachmad.billyanto@bmkgo.go.id

ABSTRACT

Earthquake would cause ground acceleration. To the ground acceleration can be measured by using intensity meter p-alert instrument. Instrument compiled of sensor, modem, hub D-Link, and display. This research to describe the constituent components and data analysis. The sensor used in instrument is triaxial MEMS accelerometer ADIS16223 and digital signal processing component used microcontroller MaximMAX7219 with RJ45 data communication. Data analysis of peak ground acceleration for five times earthquakes use P-Alert Early Warning software.

Keywords : *Instrument, Peak ground acceleration, Description, P-Alert*

PENDAHULUAN

Percepatan tanah merupakan pergerakan gelombang gempa yang sampai ke permukaan bumi. Melalui besar percepatan tanah yang terekam maka kondisi tanah pada suatu tempat dapat diperhitungkan. Tujuan pengukuran ini untuk mengetahui resiko kerusakan bangunan akibat pergerakan tanah oleh gempa bumi. Nilai percepatan tanah pada suatu wilayah dapat diketahui melalui salah satu alat yaitu *Intensity meter P-Alert* yang terletak di ruang operasional Stasiun Geofisika Padang Panjang.

Intensity Meter P-Alert merupakan sistem instrumen yang digunakan untuk menghitung percepatan tanah pada suatu tempat. Alat untuk mengukur percepatan tanah pada umumnya digunakan pada daerah perkotaan dengan penduduk yang padat. *Intensity Meter P-Alert* digunakan untuk mengetahui nilai percepatan tanah, sehingga dapat dirancang jenis bangunan yang sesuai dengan kondisi tanah pada tempat tersebut. Informasi dari *Intensity Meter P-Alert* dapat digunakan untuk perencanaan pembangunan konstruksi suatu bangunan pada suatu wilayah tersebut.

Gempa bumi merupakan manifestasi dari pelepasan suatu energi regangan secara tiba-tiba yang terakumulasi selama rentang waktu yang lama di bagian atas bumi⁽⁸⁾. Gempa bumi merupakan peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi bumi secara tiba-tiba ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi⁽¹¹⁾. Oleh karena itu gempa bumi adalah peristiwa bergeraknya lapisan bumi secara tiba-tiba yang disebabkan karena pelepasan energi di dalam bumi.

Gempa bumi terbagi empat jenis yaitu gempa bumi tektonik disebabkan karena adanya pergerakan

lempeng pada kerak bumi. Gempa bumi vulkanik yaitu gempa bumi yang disebabkan oleh letusan gunung berapi. Gempa bumi runtutan adalah gempa bumi yang disebabkan karena adanya reruntuhan didaerah kapur. Gempa bumi ledakan adalah gempa bumi yang diakibatkan oleh ledakan buatan seperti ledakan nuklir⁽⁹⁾.

Gelombang diklasifikasikan berdasarkan medium perambatannya terdiri atas gelombang badan dan gelombang permukaan. Gelombang badan terbagi atas gelombang primer (*Longitudinal*) dan gelombang sekunder (*Transversal*). Sedangkan gelombang permukaan terbagi atas gelombang *Rayleight* dan gelombang *love*.⁽¹⁰⁾

Percepatan tanah adalah percepatan gelombang gempa yang sampai ke permukaan bumi dengan satuan cm/dt^2 dan diukur dengan alat yang disebut *accelerograph*⁽⁵⁾. Percepatan tanah maksimum atau *peak ground acceleration (PGA)* adalah amplitudo maksimum dari percepatan tanah periode waktu tertentu⁽⁷⁾. Ada pun persamaan untuk mengetahui nilai *PGA* menurut Guttenberg Richter sebagai berikut:

$$I_0 = 1,5 (M - 0,5) \quad (1)$$

$$\log a = \frac{I_0}{3} - 0,5 \quad (2)$$

Keterangan M adalah magnitudo, I_0 merupakan intensitas pada tempat yang akan dicari (*MMI*) dan a adalah percepatan tanah dengan satuan gal atau cm/dt^2 . Hasil keluaran *Intensity Meter P-Alert* dalam satuan *MMI* dapat dibandingkan dengan hasil keluaran *Accelerograph Tipe ETNA Seri Altus 6134* dalam satuan gal dengan mengkonversi nilai gal ke *MMI* menggunakan Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Gal dengan *MMI* (*Modified Mercalli Intensity*)⁽⁴⁾

No	<i>MMI</i>	<i>Peak Acceleration Gal</i>	<i>Peak Velocity m/s</i>
1.	I	<1,7	<0,1
2.	II-III	1,7-14	0,1-1,1
3.	IV	14-39	1,1-3,4
4.	V	39-92	3,4-8,1
5.	VI	92-180	8,1-16
6.	VII	180-340	16-31
7.	VIII	340-650	31-60
8.	IX	650-1240	60-116
9.	X+	>1240	>116

Instrumentasi pendeteksi intensitas gempa bumi disebut *Intensity Meter P-alert* yang dilengkapi dengan rekaman dan data intensitas getaran tersebut secara digital. *P-Alert* adalah sebuah alarm gelombang P pada gempa bumi yang dikembangkan oleh Prof. Yih-Min Wu, *National Taiwan University*. *P-Alert* di desain untuk mengurangi kerusakan gempa dengan sebuah alarm yang dibunyikan setelah 3 detik terjadinya gelombang P yang terdeteksi. Ada empat jenis algoritma picu yaitu *Pd*, *PGA*, Perpindahan, dan *STA/LTA* bekerja pada frekuensi *low pass filter selector*, 10 Hz dan 20 Hz *filter*. Dalam operasi *real-time*, kecepatan dan perpindahan secara rekursif satu arah menggunakan *Butterworth high-pass filter* dengan menghilangkan frekuensi rendah 0.075 Hz selama proses integrasi pertama. *Filter* frekuensi rendah dipilih untuk memfilter sinyal yang dihasilkan oleh getaran nongempa⁽¹²⁾.

Selain intensitas gempa bumi, percepatan tanah dapat ditentukan dengan menggunakan instrumen yang disebut *Accelerograp ETNA seri Altus 6134*. *Accelerograph* bekerja melakukan pengecekan setiap 0.1 detik. Data yang direkam dapat terbaca secara langsung di komputer. Namun apabila tidak terhubung dengan komputer *Accelerograph*, data dapat disimpan sementara pada *PCMCIA Flash Card* yang terpasang didalam *Accelerometer*. Data yang diperoleh kemudian dikirim ke *kontroller*, dimana data dapat disimpan atau dilihat langsung pada monitor komputer dengan menggunakan *software ALTUS QuickTalk for Windows Versi 2.19.0*⁽⁶⁾.

METODE PENELITIAN

A. Model Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah dikemukakan dalam penelitian ini, maka model penelitian yang akan dilakukan tergolong kepada penelitian analisis deskriptif. Dalam analisis deskriptif ini dilakukan tinjauan kepustakaan yang relevan, mengidentifikasi variabel-variabel utama, menganalisis instrumen, mengambil data, dan mengolah data.

B. Sumber Data

Jenis data yang akan diolah adalah data sekunder yaitu data yang sudah tersedia sehingga kita hanya perlu mengumpulkannya. Data sekunder merupakan informasi yang dikumpulkan bukan untuk kepentingan studi yang sedang dilakukan saat ini tetapi untuk beberapa tujuan lain.

C. Teknik Pengumpulan Data

Teknik yang digunakan dalam pengumpulan data adalah teknik observasi. Observasi adalah metode pengumpulan data melalui pengamatan langsung atau peninjauan secara cermat dan langsung di lapangan atau lokasi penelitian. Dalam hal ini, peneliti dengan berpedoman kepada desain penelitiannya perlu mengunjungi lokasi penelitian untuk mengamati langsung berbagai hal atau kondisi yang ada di lapangan.

D. Teknik Analisis

1. Analisis Instrumen

Analisis instrumen dilakukan dengan cara mengamati alat secara langsung ke lapangan. Hal yang perlu dipelajari dari alat yang akan diamati meliputi komponen penyusun, prinsip kerja, serta blok kerja dari alat *Intensity Meter Digital*. Untuk menambah wawasan mengenai alat, peneliti perlu mencari referensi terkait dengan alat yang diteliti.

2. Analisis Data

Aktivitas getaran yang terjadi direkam oleh instrumen dan ditampilkan pada *personal computer* sebagai pemberitahuan bahwa suatu getaran baru saja terjadi. Setelah ditampilkan dalam bentuk *real-time*. Selanjutnya dari tampilan tersebut dikonversi dalam bentuk data keluaran, data tersebut berupa waktu terjadinya getaran dan besar intensitas getaran.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

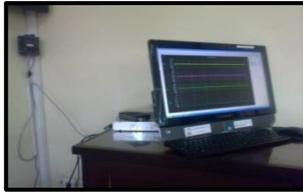
A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini menggambarkan tentang sistem secara umum, dan mendeskripsikan hasil pendeteksian gempa bumi yang diperoleh *Intensity Meter P-Alert* berupa gelombang gempa yang ditampilkan pada *display* komputer. Rekaman gempa tersebut akan dianalisis menggunakan *software* yang ada di komputer analisis *Intensity Meter P-Alert*. Dengan menganalisis amplitudo terbesar maka akan didapat nilai percepatan tanah maksimum. Data hasil penelitian akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Sistem Instrumen *Intensity Meter P-Alert*

Intensity Meter P-Alert merupakan suatu instrumen seismologi yang digunakan untuk mengukur nilai percepatan tanah maksimum disuatu daerah. Alat ini terdiri dari sensor *Triaxial MEMS Accelerometer tipe ADIS16223*, ADC, Modem, *Hub/Switch*, adaptor, dan komputer sebagai *display*.

Berikut hasil pengambilan foto diagram *Intensity Meter P-Alert*.



Gambar 1. *Intensity Meter P-Alert*

a. Power

Power atau tegangan yang digunakan oleh *Intensity Meter P-Alert* berupa tegangan DC yang dihasilkan oleh sebuah adaptor dengan tegangan 15 Volt dan kuat arus 4 A. Arus bolak balik AC yang terhubung langsung dengan arus PLN akan diubah menjadi arus searah DC oleh sebuah adaptor. Pada prinsipnya kerja adaptor sama dengan adaptor yang digunakan pada adaptor *charger* telepon seluler ataupun adaptor lainnya.



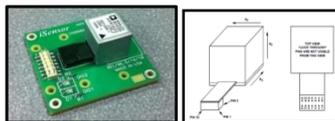
Gambar 2. Adaptor Pada *Intensity Meter P-Alert*

Tegangan DC yang dihasilkan oleh adaptor langsung masuk ke sistem *Intensity Meter P-Alert* sebagai sumber tegangan untuk sensor dan rangkaian pada sistem. Arus yang dihasilkan oleh adaptor terhubung langsung dengan rangkaian regulator arus sebagai peregulasi arus yang akan digunakan oleh sistem sesuai dengan kebutuhan masing-masing komponen. Terdapat tiga rangkaian regulator arus yang akan meregulasi tegangan yang dipakai oleh sensor, rangkaian pengolahan sinyal dan ADC.

b. Sensor

Intensity Meter P-Alert menggunakan sensor *accelerometer*. Jenis sensor yang digunakan adalah *Triaxial MEMS accelerometer tipe ADIS16223*.

1) Bentuk Fisik Sensor Triaxial MEMS accelerometer tipe ADIS16223

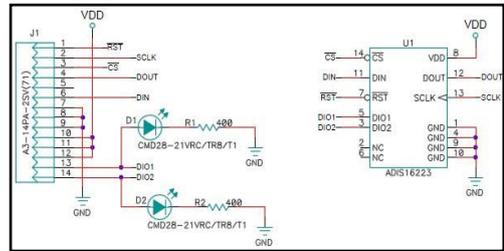


Gambar 3. Bentuk Fisik *Triaxial MEMS Accelerometer tipe ADIS16223*⁽²⁾

Intensity Meter P-Alert menggunakan sensor *accelerometer* dengan desain untuk mengukur besar pergerakan tanah seismik dalam tiga arah yaitu arah vertikal (Z), timur-barat (EW), utara-selatan (NS). Sensor ini menghasilkan keluaran berupa sinyal

digital yang sebanding dengan besar nilai percepatan tanah.

Pin dari *Triaxial MEMS accelerometer tipe ADIS16223* memiliki fungsi-fungsi tertentu. Pin tersebut dapat pula dihubungkan dengan sebuah rangkaian dengan tujuan tertentu sesuai dengan kebutuhan. Berikut gambar rangkaian dan letak pin pada sensor.

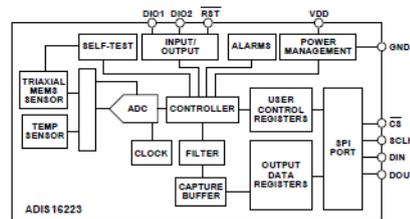


Gambar 4. Rangkaian Pada Sensor *Triaxial MEMS Accelerometer tipe ADIS16223*⁽²⁾

Intensity Meter P-Alert dengan sensor *Triaxial MEMS accelerometer tipe ADIS16223* memiliki berat 450 g. *Casing* dari sensor ini terbuat dari aluminium dengan panjang 125 mm dan lebar 105 mm. Dengan bentuk dan *casing* yang kuat, *Intensity Meter P-Alert* dapat bertahan dari kerusakan pada saat dibawa menggunakan alat transportasi. Untuk penyimpanan, *Intensity Meter P-Alert* ini baik disimpan pada lokasi bersuhu -10 °C – 60 °C, dalam pengoperasian *Intensity Meter P-Alert* biasanya diletakkan pada ruangan dengan suhu 16°C.

2) Prinsip Kerja Sensor

Triaxial MEMS accelerometer tipe ADIS16223 terdiri dari tiga keseimbangan gaya ortogonal sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z. Setiap *accelerometer* terhubung ke sebuah rangkaian yang akan menghasilkan output dan osilator pembawa. Gambar 5 menunjukkan blok diagram dari *Triaxial MEMS accelerometer tipe ADIS16223*.

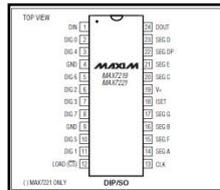


Gambar 5. Blok Diagram *Triaxial MEMS Accelerometer tipe ADIS16223*⁽²⁾

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa sensor *Triaxial MEMS accelerometer tipe ADIS16223* dilengkapi dengan ADC, kontroler dan rangkaian penguat yang digunakan. Sensor ini menggunakan komunikasi serial agar dapat terhubung ke komputer. Getaran yang terekam oleh *Triaxial MEMS* berupa sinyal analog kemudian masuk ke ADC.

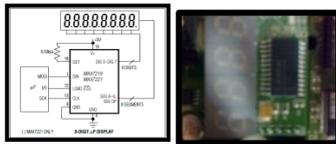
3) Mikrokontroler Maxim MAX7219

Intensity Meter P-Alert menggunakan mikrokontroler Maxim MAX7219. Maxim MAX7219 adalah IC yang berguna sebagai *driver* yang terhubung dengan LED 7 segmen (hingga 8 digit), tampilan balok (*bar display*), atau 64 LED individual yang bersifat *common cathode*. Sistem antarmuka serial ini dapat mencapai kecepatan 10 MHz. Dalam Maxim MAX7219 telah tersedia rekoder DCB (kode-B). Berikut PIN Maxim MAX7219



Gambar 6. Mikrokontroler Maxim MAX7219⁽¹⁾

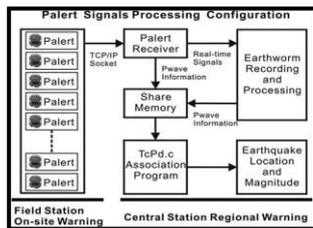
Maxim MAX7219 dapat dihubungkan dengan HUB menggunakan konektor RJ45 dan dapat dihubungkan dengan 8 digit LED atau LCD. PIN Maxim MAX7219 dapat secara langsung digunakan sebagai perantara atau hubungan dengan LCD sesuai dengan fungsi-fungsinya tanpa menggunakan kabel konektor. Hubungan masing-masing PIN dengan LCD dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Maxim MAX7219 dengan LCD⁽¹⁾

c. Aliran Data *Intensity Meter P-Alert*

Parameter pada suatu fenomena alam perlu ditentukan menggunakan sebuah instrumen. Pemilihan parameter yang akan ditentukan perlu dilakukan untuk mengetahui bagaimana instrumen dapat bekerja. Berikut aliran data *Intensity Meter P-Alert*



Gambar 8. Aliran Data *Intensity Meter P-Alert*⁽¹²⁾

Data ditampilkan dengan menggunakan *software P-Alert*. Pada komputer data di tampilan berupa informasi besar kekuatan gempa bumi dalam skala *MMI*, waktu terjadinya gempa bumi dan bentuk gelombang sesuai arah getaran gempa tersebut yaitu arah vertikal dan horizontal, kemudian data-data yang masuk dan telah diproses tersebut akan dikirimkan secara otomatis ke BMKG Jakarta.

1) Hub D-Link

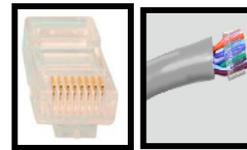
Hub D-Link digunakan untuk menghubungkan dua atau lebih perangkat elektronik agar bisa terkoneksi melalui kabel LAN RJ45 sebagai penghantar aliran data tersebut, perangkat *Hub D-Link* tersebut digunakan untuk menghubungkan sensor *P-Alert*, komputer analisa *P-Alert* dan Modem sebagai pengirim data ke BMKG Jakarta. Berikut Gambar 9 bentuk dari *Hub D-Link*.



Gambar 9. *Hub D-Link*

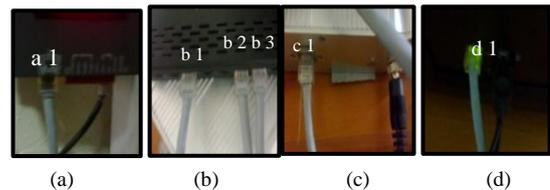
2) Komunikasi Data

Komunikasi data serial bersifat *asinkron* dimana pengiriman data dilakukan sebanyak 1 bit setiap satu waktu. Konektor yang digunakan biasanya DB9. Pada *Intensity Meter P-Alert* menggunakan konektor RJ45 sebagai kabel *ethernet*. Kabel *ethernet* berfungsi untuk menghubungkan jaringan.. Berikut bentuk fisik dari RJ45.



Gambar 10. Bentuk Fisik RJ45⁽³⁾

Semua data yang diterima dapat dibaca setelah komputer terhubung dengan RJ45. Hubungan masing-masing konektor dengan *Intensity Meter P-Alert* dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Posisi Konektor RJ45

Pada Gambar 11 dapat dilihat hubungan antar kabel konektor. Dimana pada Gambar 11a yang merupakan sensor *P-Alert*, a_1 terhubung dengan *Hub D-Link*. Gambar 11b merupakan *Hub D-Link*, pada b_1 adalah konektor dari *P-Alert*, b_2 adalah konektor yang terhubung dengan komputer, b_3 adalah konektor ke *SMCComm Intelligent Wireless Router*. Pada Gambar 11c yang merupakan *SMCComm Intelligent Wireless Router*, dimana c_1 merupakan konektor dari *Hub D-Link*. Gambar 11d merupakan konektor dari komputer, dimana d_1 adalah konektor dari *Hub D-Link*.

3) SMComm Intelligent Wireless

SMComm Intelligent Wireless Router merupakan sistem komunikasi *wireless* atau modem yang digunakan untuk mengirimkan data ke BMKG pusat. SMComm Intelligent Wireless Router mengirim data menggunakan kinerja standar GSM melalui modem seluler. Modem ini dapat beroperasi secara otomatis pada saat menerima data dari Komputer Analisa P-Alert.



Gambar 12. SMComm Intellegent Wireless

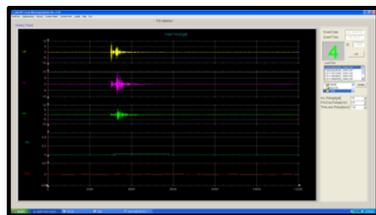
Sistem komunikasi *wireless* merupakan suatu sistem komunikasi pada jaringan yang menggunakan transmisi gelombang radio sebagai mediana. *Nirkabel* atau tanpa kabel merupakan sebutan lain untuk *wireless*. *Wireless* biasanya digunakan pada tempat atau daerah dengan pengguna yang selalu dalam keadaan bergerak atau tidak terdapat kabel jaringan data pada lokasi tersebut.

SMComm Intelligent Wireless Router menggunakan PIN konektor LAN RJ45 sebagai kabel komunikasi data. Modem ini dapat hidup dengan tegangan 9V sampai 32V tegangan DC.

2. Data Hasil Pengukuran

Gelombang percepatan tanah pada masing-masing komponen dapat ditampilkan pada komputer. Dengan menggunakan *software P-Alert Early Warning* dapat dilihat 3 buah gelombang diantaranya gelombang pada komponen Z pada arah UD (*up-down*), gelombang pada komponen Y pada arah NS (*north-sorth*), dan gelombang pada komponen X pada arah EW (*east-west*). Pada komputer juga ditampilkan besar kekuatan getaran percepatan tanah dalam skala *MMI* dan waktu terjadinya getaran. Data gempa bumi yang terekam oleh instrumen pada Januari 2013 sampai Januari 2014 sebagai berikut:

1) Data Percepatan Tanah Pada 19 Februari 2013



Gambar 13. Gelombang Percepatan Tanah Pada 19 Februari 2013

Dari Gambar 13 dapat diketahui informasi percepatan tanah dalam skala *MMI* yaitu 4 *MMI*. Dari ketiga grafik dapat dilihat perbedaan bentuk gelombang. Gelombang pada komponen X dengan arah EW (*east-west*) lebih kecil dari pada komponen Y dengan arah NS (*north-sorth*) dan komponen Z

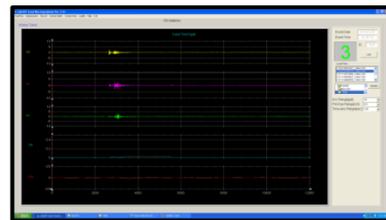
dengan arah UD (*up-down*). Jika menggunakan persamaan 7 dan 8 menurut Guttenberg Richter maka dapat diperoleh besar percepatan tanah sebagai berikut:

$$I_0 = 1,5 (M - 0,5) = 1,5(4 - 0,5) = 5,25$$

$$\log a = \frac{I_0}{3} - 0,5 = \frac{5,25}{3} - 0,5 = 1,42195 \text{ gal}$$

Menurut Guttenberg Richter nilai intensitas gempa bumi yang diperoleh pada kejadian gempa bumi tanggal 19 Februari 2013 adalah 5,25 dengan magnitudo 4 SR, sehingga menghasilkan nilai percepatan tanah 15,4219511 gal.

2) Data Percepatan Tanah Pada 23 Februari 2013



Gambar 14. Gelombang Percepatan Tanah Pada 23 Februari 2013

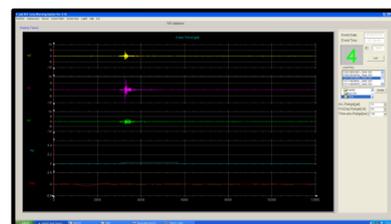
Dari Gambar 14 dapat diketahui informasi percepatan tanah dalam skala *MMI* yaitu 3 *MMI*. Dari ketiga grafik dapat dilihat perbedaan bentuk gelombang. Gelombang pada komponen X dengan arah EW (*east-west*) lebih kecil dari pada komponen Y dengan arah NS (*north-sorth*) dan komponen Z dengan arah UD (*up-down*). Jika menggunakan persamaan 7 dan 8 menurut Guttenberg Richter maka dapat diperoleh besar percepatan tanah sebagai berikut:

$$I_0 = 1,5 (M - 0,5) = 1,5(3 - 0,5) = 3,75$$

$$\log a = \frac{I_0}{3} - 0,5 = \frac{3,75}{3} - 0,5 = 0,75 \text{ gal}$$

Menurut Guttenberg Richter nilai intensitas gempa bumi yang diperoleh pada kejadian gempa bumi tanggal 23 Februari 2013 adalah 3,75 dengan magnitudo 3 SR, sehingga menghasilkan nilai percepatan tanah 4,99193324 gal.

3) Data Percepatan Tanah Pada 12 November 2013



Gambar 15. Gelombang Percepatan Tanah Pada 12 November 2013

Dari Gambar 15 dapat diketahui informasi percepatan tanah dalam skala *MMI* yaitu 4 *MMI*. Dari ketiga grafik dapat dilihat perbedaan bentuk gelombang. Gelombang pada komponen X dengan

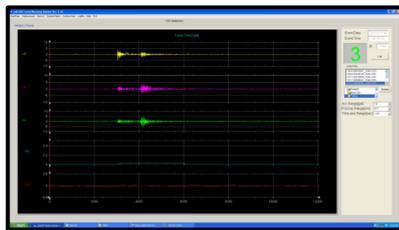
arah EW (*east-west*) lebih kecil dari pada komponen Y dengan arah NS (*north-sorth*) dan komponen Z dengan arah UD (*up-down*). Jika menggunakan persamaan 7 dan 8 menurut Guttenberg Richter maka dapat diperoleh besar percepatan tanah sebagai berikut:

$$I_0 = 1,5 (M - 0,5) = 1,5(3,3 - 0,5) = 4,2$$

$$\log a = \frac{I_0}{3} - 0,5 = \frac{4,2}{3} - 0,5 = 4,52169233 \text{ gal}$$

Menurut Guttenberg Richter nilai intensitas gempa bumi yang diperoleh pada kejadian gempa bumi tanggal 12 November 2013 adalah 4,2 dengan magnitudo 3,3 SR, sehingga menghasilkan nilai percepatan tanah 4,52169233 gal.

4) Data Percepatan Tanah Pada 14 November 2013



Gambar 16. Gelombang Percepatan Tanah Pada 14 November 2013

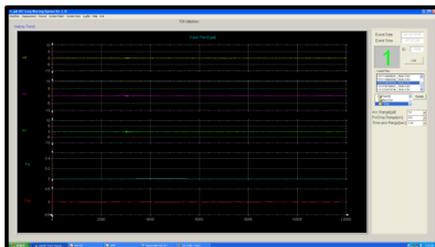
Dari Gambar 16 dapat diketahui informasi percepatan tanah dalam skala *MMI* yaitu 3 *MMI*. Dari ketiga grafik dapat dilihat perbedaan bentuk gelombang. Gelombang pada komponen Y dengan arah NS (*north-sorth*) lebih kecil dari pada komponen Z dengan arah UD (*up-down*) dan komponen X dengan arah EW (*east-west*). Jika menggunakan persamaan 7 dan 8 menurut Guttenberg Richter maka dapat diperoleh besar percepatan tanah sebagai berikut:

$$I_0 = 1,5 (M - 0,5) = 1,5(4,4 - 0,5) = 5,85$$

$$\log a = \frac{I_0}{3} - 0,5 = \frac{5,85}{3} - 0,5 = 18,0849319 \text{ gal}$$

Menurut Guttenberg Richter nilai intensitas gempa bumi yang diperoleh pada kejadian gempa bumi tanggal 14 November 2013 adalah 5,85 dengan magnitudo 4,4 SR, sehingga menghasilkan nilai percepatan tanah 18,0849319 gal.

5) Data Percepatan Tanah Pada 16 Desember 2013



Gambar 17. Gelombang Percepatan Tanah Pada 16 Desember 2013

Dari Gambar 17 dapat diketahui informasi percepatan tanah dalam skala *MMI* yaitu 1 *MMI*. Dari ketiga grafik dapat dilihat perbedaan bentuk gelombang. Namun perbedaan besar gelombang sangat kecil dari ke tiga komponen tersebut. Gelombang pada komponen Z dengan arah UD (*up-down*) lebih kecil dari pada komponen Y dengan arah NS (*north-sorth*) dan komponen X dengan arah EW (*east-west*). Jika menggunakan persamaan 7 dan 8 menurut Guttenberg Richter maka dapat diperoleh besar percepatan tanah sebagai berikut:

$$I_0 = 1,5 (M - 0,5) = 1,5(3,3 - 0,5) = 4,2$$

$$\log a = \frac{I_0}{3} - 0,5 = \frac{4,2}{3} - 0,5 = 5,90611994 \text{ gal}$$

Menurut Guttenberg Richter nilai intensitas gempa bumi yang diperoleh pada kejadian gempa bumi tanggal 16 Desember 2013 adalah 4,2 dengan magnitudo 3,3 SR, sehingga menghasilkan nilai percepatan tanah 5,90611994 gal. Data gempa bumi Januari 2013 sampai dengan Januari 2014 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Gempa Bumi Januari 2013 – Januari 2014

Tgl	GMT	Mag SR	Episenter		Hypo
			Lat	Long	
19/2	12:16	4,0	100,38	-0,30	10
23/2	02:45	3,0	100,34	-0,28	10
12/11	07:29	3,3	100,52	0,36	5
14/11	06:46	4,4	99,99	-0,65	32
16/12	07:03	3,3	100,68	-0,75	10

Berdasarkan Tabel 1 data gempa pada Januari 2013- Januari 2014 yang terekam maka dapat diperoleh data intensitas, jarak episenter, jarak hyposenter dan intensitas pada saat terjadi gempa bumi menggunakan persamaan. Persamaan tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

$$I_0 = 1,5 (M - 0,5) \quad (3)$$

$$I = I_0 \exp(-0,0021 \times D) \quad (4)$$

Keterangan I_0 merupakan intensitas. M adalah magnitudo gempa bumi. I adalah intensitas pada saat terjadinya gempa bumi. Sedangkan D merupakan jarak episenter yang diperoleh menggunakan persamaan 5 berikut:

$$D^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \times 111 \quad (5)$$

Keterangan x_1 adalah *latitude* pada lokasi sumber gempa bumi dalam derajat. x_2 adalah *latitude* pada lokasi pengukuran gempa bumi dalam derajat. y_1 adalah *longitude* pada lokasi sumber gempa bumi dalam derajat. y_2 adalah *longitude* pada lokasi pengukuran gempa bumi dalam derajat. Kemudian dikonversi ke dalam meter dengan mengalikan 111 km. Dimana $1^0 = 111 \text{ km}$. Apabila telah diperoleh jarak episenter maka dapat dihitung jarak hyposenter dengan menggunakan persamaan 6 sebagai berikut:

$$r^2 = (D^2 + Hypo^2) \quad (6)$$

Keterangan r merupakan jarak hyposenter. D adalah jarak episenter dan Hypo adalah kedalaman sumber gempa bumi. Sehingga hasil perhitungan besar intensitas, jarak episenter, jarak hyposenter dan intensitas pada saat terjadinya gempa bumi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Intensitas, Jarak Episenter, Jarak Hyposenter dan Intensitas Pada Saat Terjadi Gempa Bumi.

No	Io gal	Jarak Epic D(km)	Jarak Hypo R	I gal
1.	5,25	17,14	19,84	5,06
2.	3,75	20,13	22,47	3,59
3.	4,20	91,48	91,62	3,47
4.	5,85	49,54	58,98	5,27
5.	4,20	45,92	46,99	3,81

Berikut data hasil keluaran dari *Intensity Meter P-Alert* berupa amplitudo pada tiga komponen yaitu komponen Z, komponen X dan komponen Y. *Intensity Meter P-Alert* juga menampilkan besar percepatan tanah dalam satuan gal atau (cm/s^2). Data hasil keluaran tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Keluaran *Intensity Meter P-Alert*

No	Pengukuran cm/s^2			<i>P-Alert</i>	Lap Masy
	Z	X	Y		
1.	9,69	7,18	10,1	IV	III
2.	2,51	3,05	3,35	III	II
3.	4,96	3,11	11,8	IV	III
4.	4,72	5,08	4,01	III	II
5.	0,29	0,52	0,59	I	II

Pada Tabel 4 dapat dilihat perbandingan besar intensitas gempa bumi yang dihasilkan oleh *Intensity Meter P-Alert* dan intensitas yang dirasakan oleh masyarakat. Untuk mendapatkan besar percepatan tanah dari *Intensity Meter P-Alert* digunakan persamaan $R^2 = Z^2 + X^2 + Y^2$ atau disebut *Resultan*.

Tabel 5. Perbandingan Data Hasil Keluaran *Intensity Meter P-Alert* dengan Hasil Perhitungan Menggunakan Persamaan dan Hasil Keluaran dari *Accelerograph ETNA Seri Altus 6134* dan Konversi Besar *MMI* Menggunakan Tabel 1

No.	Percepatan Tanah dan Intensitas					
	<i>P-Alert</i>		ETNA		Guttenberg Richter	
1.	15,69	IV	17,01	IV	15,42	IV
2.	5,179	III	6,457	II	4,992	II
3.	13,21	IV	17,74	IV	4,522	II
4.	8,013	III	13,64	III	18,09	IV
5.	0,846	I	1,387	I	5,906	II

Data hasil keluaran *Intensity Meter P-Alert* mendekati hasil keluaran dari *Accelerograph tipe ETNA seri Altus 6134*. Hasil yang diperoleh *Intensity Meter P-Alert* lebih kecil dari hasil keluaran *Accelerograph tipe ETNA seri Altus 6134*. Dengan rentang persentase perbandingan kecocokan antara 58,7% - 92,3% dan rata-rata 73,32%. Kemudian hasil yang diperoleh dari perhitungan menggunakan persamaan Guttenberg Richter lebih besar dari pada hasil keluaran *Intensity Meter P-Alert*. Dengan rentang persentase perbandingan kecocokan antara 14% - 98,3% dan rata-rata 57,43%.

B. Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis deskriptif *Intensity Meter P-Alert* telah diperoleh gambaran mengenai komponen penyusun instrumen yang terdiri dari *accelerometer* jenis *Triaxial MEMS accelerometer tipe ADIS16223* sebagai sensor, selanjutnya sinyal analog yang tangkap oleh *ADIS16223* akan diubah menjadi sinyal digital pada ADC. Dimana ADC berada didalam sensor sehingga hasil keluaran sensor merupakan sinyal digital. Setelah sinyal analog telah berubah menjadi sinyal digital, sinyal kemudian di filter untuk penyaringan sinyal. Hasil dari filter diteruskan ke *controller*. Pada *Mikrokontroler* sinyal akan diprogram agar dapat ditampilkan dalam bentuk gelombang.

Mikrokontroler terhubung dengan konektor LAN RJ45 yaitu suatu kabel komunikasi data serial dengan komputer. Jenis RJ45 yang digunakan adalah Maxim MAX7219. Gelombang dapat ditampilkan pada komputer dengan menggunakan *software P-Alert Early Warning*. Nilai percepatan tanah yang diperoleh dari 3 koordinat sensor yaitu sumbu X (*east-west*), sumbu Y (*north-sorth*), dan sumbu Z (*up-down*). Masing-masing sumbu akan memberikan nilai percepatan tanah yang telah terekam oleh sensor. Hasil rekaman pada *display* menampilkan rekaman gelombang gempa bumi yang terekam dalam 3 arah yaitu sumbu X (*east-west*), sumbu Y (*north-sorth*), dan sumbu Z (*up-down*). Ketiga komponen tersebut menggambarkan arah pergerakan gelombang yang diakibatkan oleh gempa bumi.

Untuk memperoleh besar percepatan tanah dengan nilai yang saling mendekati dengan kondisi sebenarnya *Intensity Meter P-Alert* memiliki keunggulan dibandingkan dengan *Accelerograph tipe ETNA seri Altus 6134* dikarenakan besar *MMI* sudah langsung ditampilkan pada layar monitor sekaligus membunyikan alarm, berbeda dengan *Accelerograph tipe ETNA seri Altus 6134* yang memerlukan proses analisa data terlebih dahulu.

Dari data gempa yang dihasilkan dapat dilihat bahwa informasi gempa bumi yang didapat dari alat ini berupa tanggal dan waktu terjadinya gempa bumi, percepatan tanah maksimum dan besar intensitas gempa bumi. Setelah dilakukan perbandingan dengan

data hasil pengukuran dari *Accelerograph tipe ETNA seri Altus 6134*, diperoleh kesamaan dari kedua instrumen. Hal ini membuktikan bahwa alat berfungsi secara baik dan normal sebagaimana mestinya. Data dari alat ini juga dibandingkan dengan persamaan Gutenberg Richter untuk mendapatkan nilai percepatan tanah. Dari hasil persamaan tersebut diperoleh kesamaannya 53,3 %.

Pada penelitian ini terdapat beberapa kesulitan yang mengakibatkan penelitian tidak dapat mengetahui beberapa rangkaian yang terdapat pada alat. Hal ini juga menyebabkan penelitian tidak dapat mengetahui komponen penyusun alat karena pada saat alat ini dibuka rangkaian yang berada pada alat tersusun secara bertumpuk dan tidak dapat dibuka lebih lanjut.

Untuk mengatasi masalah tersebut dapat dilakukan penelitian yang lebih lanjut agar hasil analisis deskriptif untuk menentukan komponen yang terdapat pada alat dapat diketahui dengan baik dan tidak mengalami penyimpangan. Disamping itu data yang diperoleh dari hasil keluaran alat dapat dibandingkan dengan hasil keluaran dari alat lain seperti *Accelerograph tipe ETNA seri Altus 6134* ataupun dengan alat lainnya seperti *TSA-100S*, *Digital Accelerograph* yang juga digunakan di Stasiun Geofisika Padang Panjang dengan jangka waktu penelitian yang lebih lama dan juga data yang lebih banyak untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Hal ini sangat berpengaruh terhadap penginformasian data parameter gempa yang bermanfaat bagi masyarakat terutama penentuan intensitas gempa bumi yang terjadi.

Tingkat akurasi hasil pembacaan pada alat dengan kondisi sebenarnya yang dirasakan masyarakat juga dapat dipengaruhi oleh letak sensor pada stasiun. Lokasi penempatan sensor yang masih dipengaruhi oleh getaran yang bukan merupakan getaran gempa berpengaruh pula terhadap noise yang terdapat pada tampilan gelombang.

KESIMPULAN

1. Sistem *Intensity Meter P-Alert* menggunakan sensor *accelerometer* jenis *Triaxial MEMS accelerometer tipe ADIS16223*. Sehingga keluaran dari sensor dapat secara langsung dihubungkan dengan mikrokontroler Maxim MAX7219 yang selanjutnya data dapat dialirkan melalui kabel UTP di jaringan LAN.

2. Dari analisis hasil keluaran instrumen *Intensity Meter P-Alert* dan dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan persamaan Gutenberg Richter diperoleh 53,3% kecocokan. Setelah dibandingkan dengan hasil keluaran dari *Accelerograph Tipe ETNA Seri Altus 6134* terdapat perbedaan nilai percepatan tanah dan intensitas gempa bumi yang terekam dengan selisih sebesar I *MMI*. Berdasarkan data pada tabel 10 pada bab IV, maka *Intensity Meter P-Alert* dapat digunakan dalam menentukan intensitas yang hasil besaran intensitasnya mendekati dengan intensitas hasil observasi yaitu laporan masyarakat ke BMKG Padang Panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Datasheet. 2003. *MAX7219/MAX7221 Serially Interfaced, 8 Digit LED Display Drivers*. Maxim Integrated
- (2) Datasheet. 2010. *Digital Tri-axial Vibration Sensor ADIS16223*. Analog Devices
- (3) Datasheet. 2013. *Installation Instruction For An RJ45 Modulator Plug On CAT6 Cable*. Belden
- (4) David, J. W dkk. 1999. *Relationships Between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, And Modified Mercalli Intensity In California*. Seismological Laboratory. Pasadena
- (5) Edwiza, D. 2008. *Analisis Terhadap Intensitas dan Percepatan Tanah Maksimum Gempa Sumbar, Padang : Unand*
- (6) Manual Etna. 2003. *Etna High Dynamic Range Strong Motion Acceleration*. Kinematics
- (7) Matheu E. E, Yule D. E, and Kala R.V. 2005. *Determination of Standard Response Spectra and Effective Peak Ground Accelerations for Seismic Design and Evaluation*. US Army Corps Of Engineers
- (8) M Taufik, G. 2014. *Anatomi Seismogram*. BMKG
- (9) Sonjaya, I. 2008. *Pengenalan Gempabumi*. Yogyakarta
- (10) Sukanta, I. N dkk. 2010. *accelerograph BMKG dalam penentuan peta intensitas gempa bumi*. Jakarta : BMKG
- (11) Suryani, P.F dkk. 2011. *Analisis Bahaya Gempabumi*. Bandung : ITB
- (12) Wu, Y. M. 2010. *Palert P wave Alarm System User Manual*. Taiwan: National University Taiwan