

STUDI TENTANG SUDUT AZIMUT STASIUN DAN HUBUNGANNYA DENGAN DURASI RUPTURE GEMPA BUMI PADA MASING-MASING STASIUN

Dony Kurniawan, Madlazim

Jurusan Fisika, FMIPA, UNESA, email : dkgen78@gmail.com

Abstrak

Pulau Jawa merupakan pusat perekonomian dan perindustrian di Indonesia dan termasuk daerah rawan terhadap bencana gempa bumi dikarenakan Jawa dilalui oleh jalur pertemuan 2 lempeng tektonik. Untuk mengurangi dampak bencana gempa bumi dipulau Jawa, maka dilakukan penelitian yang bertujuan menentukan korelasi sudut azimuth stasiun dan durasi *rupture* (T_{dur}) untuk gempa bumi di wilayah Jawa serta menentukan nilai L/V_r dan L/V_{app} . Penelitian ini menggunakan data gempa bumi di wilayah Jawa dengan 4 *Event* yang diperoleh dari wilber IRIS. Sudut azimuth stasiun diperoleh dari wilber IRIS dan nilai durasi *rupture* diperoleh dari *software* Jokotingkir, sehingga dapat diketahui grafik hubungan antara sudut azimuth stasiun dan durasi *rupture* untuk gempa bumi di wilayah Jawa. Hasil dari penelitian ini didapatkan persamaan empiris regresi antara sudut azimuth stasiun dan durasi *rupture* pada masing-masing stasiun yaitu, $T_{dur} = a - b * \cos(c * Azimut - d)$. Berdasarkan persamaan empiris regresi yang diperoleh maka didapatkan persamaan empiris regresi pada tahun 2011 sampai 2014 yaitu, tahun 2011: $T_{dur} = 64,0 - 55,5 * \cos(0,12 * Azimut - 34,5)$, tahun 2012: $T_{dur} = 64,1 - 72,2 * \cos(0,07 * Azimut - 32,1)$, tahun 2013: $T_{dur} = 55,3 - 51,4 * \cos(0,07 * Azimut - 1,12)$, dan tahun 2014: $T_{dur} = 98,3 - 99,1 * \cos(0,09 * Azimut - 32,9)$. Korelasi antara sudut azimuth stasiun dan durasi *rupture* gempa bumi di Jawa dengan nilai ketepatan R-Square tahun 2011 = 76,97%, 2012 = 67,45%, 2013 = 70,22%, dan 2014 = 83,27%, serta R tahun 2011 = 87,73%, 2012 = 82,12%, 2013 = 83,80%, dan 2014 = 91,25%. Pada gempa tahun 2011: $L/V_r = 64$ dan $L/V_{app} = 55,5$; tahun 2012: $L/V_r = 64,1$ dan $L/V_{app} = 72,2$; tahun 2013: $L/V_r = 55,3$ dan $L/V_{app} = 51,4$; dan tahun 2014: $L/V_r = 98,3$ dan $L/V_{app} = 99,1$

Kata kunci : *Gempa bumi, Tdur, Sudut Azimut, R-Square*

Abstract

Java Island is the center of industrial and economic activity in Indonesia, it passed by two tectonics slab that can cause an earthquake. To reduce the impact of the earthquake in java, then is very important to do a research with the purposes are to determine correlation between azimuth station and rupture duration (T_{dur}) in java island, in this research also to determine L/V_r value and L/V_{app} value. This research used earthquake data in java island with 4 events that can take from Wilber IRIS website. Azimuth station get from Wilber IRIS website and rupture duration get from Jokotingkir software, from that data, graph between azimuth station and rupture duration can be obtained for java island. Finally, this research get empiric regression equation between azimuth station and rupture duration in each station are, $T_{dur} = a - b * \cos(c * Azimut - d)$ From that empiric regression equation, the empiric regression equation from 2011 until 2014 are, in 2011: $T_{dur} = 64,0 - 55,5 * \cos(0,12 * Azimut - 34,5)$, in 2012: $T_{dur} = 64,1 - 72,2 * \cos(0,07 * Azimut - 32,1)$, in 2013: $T_{dur} = 55,3 - 51,4 * \cos(0,07 * Azimut - 1,12)$, and in 2014: $T_{dur} = 98,3 - 99,1 * \cos(0,09 * Azimut - 32,9)$. Correlation between azimuth station and rupture duration of earthquake in java island with R-square value in 2011 = 76,97%, 2012 = 67,45%, 2013 = 70,22%, and 2014 = 83,27%, also R in 2011 = 87,73%, 2012 = 82,12%, 2013 = 83,80%, and 2014 = 91,25%. In the earthquake of 2011: $L/V_r = 64$ and $L/V_{app} = 55,5$; in 2012: $L/V_r = 64,1$ and $L/V_{app} = 72,2$; in 2013: $L/V_r = 55,3$ and $L/V_{app} = 51,4$; and in 2014: $L/V_r = 98,3$ and $L/V_{app} = 99,1$

Keywords: *earthquake, Tdur, Azimuth station, R-square.*

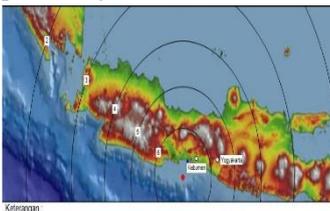
PENDAHULUAN

Setiap tahunnya terjadi banyak bencana alam, seperti tanah longsor, banjir, kebakaran hutan, abrasi, gempa bumi, tsunami, dan lain-lain. Di Indonesia bencana alam yang paling banyak memakan korban adalah gempa bumi dan tsunami. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) merilis data pada websitenya bahwa dari tahun 1815 hingga 2014 terdapat

167.779 korban meninggal dunia akibat gempa bumi dan tsunami.

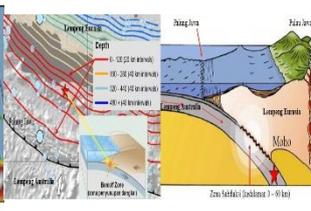
Gempa bumi kecil, sedang, maupun yang besar sudah terjadi sejak lama dan peristiwanya mengakibatkan dampak kerusakan yang sangat merugikan. Oleh karena itu peristiwa gempa bumi selalu dianggap oleh manusia sebagai satu peristiwa yang mengancam keselamatan. Sejauh ini gempa bumi belum dapat diprediksi tempat dan waktu kejadiannya.

Salah satu penyebab gempa bumi adalah akibat pergerakan lempeng tektonik dalam proses pembentukan bumi. Indonesia diapit oleh tiga lempeng besar yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia dan Pasific. Khususnya pulau Jawa yang diapit oleh lempeng Indo-Australia dan Eurasia. Pada tanggal 31 desember 2014 IRIS-DMC mencatat bahwa pada bulan Januari 2010 – desember 2014 dipulau Jawa terjadi 4 kali gempa bumi yang berskala $\geq 6,0$ Mw. Gempa bumi tersebut mengakibatkan dampak kerugian yang sangat besar, pada tahun 2014 gempa bumi dengan kekuatan 6,1 Mw menggetarkan permukaan bumi hingga sejauh 800 km dari episentrum dan sebanyak 117,3 juta penduduk pulau Jawa merasakan getaran gempa ini meski dalam intensitas yang berbeda-beda berikut gambar intensitas gempa dan area patahannya.



Gambar 1

Gambar 1- Peta sederhana tentang intensitas getaran gempa. teoritik yang bisa ditimbulkan oleh Gempa Kebumen 25 Januari 2014 dalam skala MMI (Modified Mercalli Intensity). Sumber: Sudibyo, 2014. (sumber : <http://www.kompasiana.com>)



Gambar 2

Gambar 2 - posisi episentrum Gempa Kebumen 25 Januari 2014 berdasarkan data BMKG setelah diperbaharui lewat perhitungan Dimas Salomo Sianipar. Tanda bintang menunjukkan posisi episentrum, yang menurut hasil perhitungan ada di kedalaman 89 km sementara panah menunjukkan arah gerakan lempeng Australia. Kanan: diagram melintang penampang interaksi lempeng Australia dan Eurasia yang membentuk pulau Jawa. Tanda bintang menunjukkan sumber Gempa Kebumen 25 Januari 2014. Sumber: Sianipar, 2014 dan Natawidjaja, 2007 dengan adaptasi seperlunya. (sumber : <http://www.kompasiana.com>)

Energi yang dihasilkan ketika terjadi gempa bumi cukup besar bahkan sangat besar dan energi mekanik ketika gempa terjadi diubah dalam bentuk energi gelombang yang merambat ke segala arah. Energi gempa bumi berasal dari titik pusat gempa atau Hiposentrum yang berupa gelombang seismic (Pawirodikromo, 2012). Gelombang seismik inilah yang bergerak merambat ke segala arah secara radial melalui media lapisan batuan di bawah permukaan bumi menuju ke permukaan bumi (Episentrum). Energi rambatan tersebut menghasilkan patahan atau kerusakan yang disebut *rupture*. *Rupture* memiliki luasan dan durasi. Durasi *rupture* merupakan salah satu variabel yang sangat penting dalam pencarian

informasi tentang gempa bumi. Seperti yang kita ketahui stasiun pengamatan gempa bumi sudah banyak di bangun, dan stasiun-stasiun ini berguna untuk mendeteksi dan melaporkan setiap parameter gempa bumi yang telah terjadi. Akan tetapi informasi yang diberikan antara stasiun satu dan yang lain kadang berbeda. Hal ini disebabkan lokasi dan jarak dari setiap stasiun berbeda-beda dari episenter. Dalam ilmu pengukuran tanah lokasi dari suatu tempat di gambarkan dengan sudut azimut. Sudut azimut merupakan salah satu variabel yang digunakan dalam pencarian durasi *rupture*. Oleh sebab itu perlu adanya studi tentang hubungan sudut azimut stasiun dan hubungannya dengan durasi *rupture* yang nantinya berguna untuk mengetahui seberapa besar pengaruh hubungan dari kedua variabel tersebut.

Pada penelitian sebelumnya Lomax, A dan Michelini pada tahun 2009 dapat mengestimasi durasi *rupture* dengan pengelompokan gelombang primer (*P-Wave*). Jaime Andres Convers dan Andrew V. Newman pada tahun 2013 telah berhasil membuat grafik hubungan antara durasi *rupture* dan sudut azimut namun belum tercantum koefisien determinasinya.. Oleh karena itu pada penelitian kali ini peneliti mencoba untuk mencari hubungan antara durasi *rupture* dan sudut azimut serta menentukan koefisien determinasi dilihat dari grafik yang dihasilkan.

Dalam konteks tersebut di atas, maka topik penelitian skripsi ini adalah studi tentang sudut *azimut* stasiun dan hubungannya dengan durasi *rupture* gempa bumi pada masing-masing stasiun

Dalam konteks tersebut di atas, maka topik penelitian skripsi ini adalah studi tentang sudut *azimut* stasiun dan hubungannya dengan durasi *rupture* gempa bumi pada masing-masing stasiun. Yang bertujuan Mencari hubungan sudut azimut stasiun dengan durasi *rupture* dan Menentukan nilai L/V_r dan nilai L/V_{app} .

TEORI DASAR

1. Gempa Bumi

Gempa bumi umumnya mengakibatkan sebuah patahan atau dalam istilah asingnya *fault*. Sedangkan retakan/kerusakan disebut *rupture* yang di sebabkan oleh gempa. Patahan biasanya berbentuk tiga dimensi yang kemudian dikonversikan menjadi bidang yang terdiri dari *epicenter* dan *hypocenter* kemudian diskontinuitas disebut sebagai zona *rupture*. *Rupture* sendiri dipengaruhi oleh energi yang dilepaskan oleh sumber gempa bumi tersebut dan mengakibatkan terbentuknya luas dan rata-rata panjang slip dari *rupture* kemudian diilustrasikan sebagai momen seismik (M_0). Ada tiga variabel yang berkaitan dengan *rupture* yang diakibatkan oleh energi

sumber gempa bumi meliputi variabel panjang (L), lebar (W) dan jarak *slip* (D) dari *rupture*. Hubungan M_0 dengan L , W dan D dinyatakan oleh persamaan $M_0 = GLWD$ dengan G modulus geser. (Lomax dan Michelini (2009b; 2011) dalam Madlazim, (2011)).

Proses pembentukan patahan (*rupture*) memerlukan waktu atau disebut durasi *rupture*. Selain durasi *rupture* juga memiliki luasan dan arah. Panjang *ruptur* sebanding dengan durasi *rupture*, hal ini bisa dinyatakan dalam sismologi berkaitan dengan terjadinya *rupture*.

Untuk memperkirakan arah *rupture* dengan menggunakan durasi *rupture* digunakan teori efek *doppler* yang berbunyi “Perubahan frekuensi gelombang akibat perubahan posisi atau pergerakan (*rupture*) sumber pada pengamat (stasiun) atau sebaliknya”.

Panjang *rupture* L ini berkaitan langsung dengan durasi *rupture* dari gelombang P utama (T_{dur}). Sehingga dapat dinyatakan T_{dur} sebanding dengan L/v_r , dengan v_r kecepatan *rupture* yang sebanding dengan kecepatan gelombang S. dengan persamaan ini kita dapat mengilustrasikan bahwa T_{dur} memberikan informasi tentang panjang *rupture* dan kecepatan yang ditimbulkan selama kejadian.

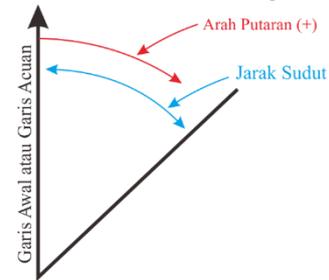
Jika durasi *rupture* gempa bumi lebih besar atau sama dengan 50 detik, gempa bumi tersebut berpotensi menimbulkan gempa bumi. Bahkan untuk gempa bumi dengan tipe *faulting*-nya *strike-slip* bisa berpotensi menimbulkan tsunami. Durasi *rupture* juga memberi informasi tentang arah dan panjang *rupture*, sehingga lokasi-lokasi yang berpeluang terjadi gempa bumi susulan dapat diestimasi (Madlazim 2011)

2. Penentuan Lokasi Menggunakan Sudut, Sudut Arah Dan Sudut Azimut

a. Sudut

Sebuah sudut dapat diukur secara langsung dan tidak langsung. Lokasi titik-titik dan orientasi garis-garis sering tergantung pada pengukuran sudut dan arah. arah ditentukan oleh sudut arah dan azimut. Dalam pengukuran tanah sudut-sudut yang diukur di golongan sebagai horizontal dan vertikal, tapi yang paling sering digunakan adalah sudut horizontal. Sudut horizontal diperlukan untuk penentuan sudut arah dan azimut. Ada tiga jenis sudut horizontal (1). Sudut dalam, (2). Sudut ke Kanan, (3). Sudut belokan. Terdapat

tiga persyaratan dasar dalam menentukan sebuah sudut : (1). Garis awal atau acuan, (2). Arah perputaran, (3). Jarak sudut (Harga Sudut).

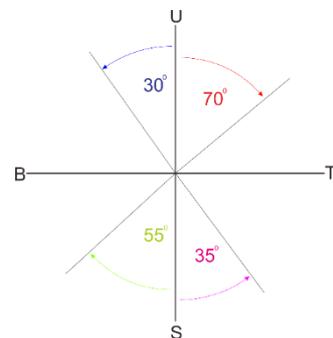


Gambar 3 -Persyaratan dasar dalam penentuan sudut (Brinker, Wolf dan Walijatun 2000)

Arah sebuah garis merupakan sudut horizontal antara garis itu dengan garis acuan yang di pilih (*meridian*). Dan meridian yang dipakai berbeda-beda (1) meridian astronomi adalah garis acuan utara-selatan melalui kutub-kutub geografi bumi, (2). Meridian magnetik ditentukan dengan jarum magnit bergerak yang hanya terpengaruh oleh bidang magnetik bumi, (3). Meridian Anggapan dapat ditetapkan hanya dengan mengambil arah tertentu.

b. Sudut Arah

Sudut arah sebuah garis adalah sudut lancip horizontal antara sebuah meridian acuan dan sebuah garis. Sudut arah merupakan sistem menentukan arah sebuah garis dengan memakai sebuah sudut dan huruf kuadran. Diukur dari utara atau selatan karah timur atau barat untuk menghasilkan sudut kurang dari 90^0



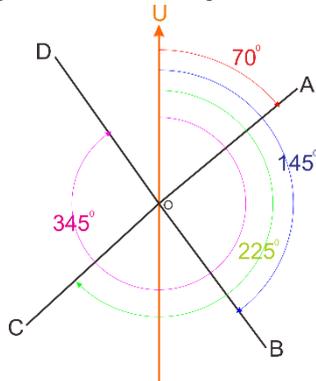
Gambar 4-Sudut-sudut Arah (UOT , $OA=U700T$, $OB=S350T$, $OC=S550B$, $OD=U300B$) (Brinker, Wolf dan Walijatun 2000)

c. Sudut Azimut

Azimut adalah sudut yang diukur searah jarum jam dari sembarang meridian acuan. Dan dalam ilmu pengukuran tanah azimut biasanya diukur dari utara. Azimut berkisar dari $0-360^0$ (Brinker, Wolf dan Walijatun 2000). Azimut juga diartikan satu sudut yang dimulai dari salah satu ujung magnetis, dan

diakhiri oleh ujung objektif garis bidik dan yang besarnya sama dengan angka pembacaannya (Ilmu Ukur Tanah 1980)

Azimut juga diartikan sebagai sudut antara satu titik dengan arah utara dari seorang pengamat. Pada pengukuran ini titik acuan yang digunakan titik nol (0°). Dan tanda positif (+) yang diartikan searah putar jarum jam dari sudut nol. Dan tanda negatif (-) untuk arah sebaliknya atau disebut dengan *back azimuth*.



Gambar 5-Azimut (Brinker, Wolf dan Walijatun 2000)

3. **Kaitan Sudut Azimut Stasiun dengan Durasi Rupture**

Untuk mengetahui sudut azimut stasiun dan arah durasi *rupture* dapat diperoleh dengan mengamati sudut antara stasiun dan titik acuan utara episenter. Hwang, et al (2011) menyatakan bahwa kaitan antara sudut azimut stasiun dengan durasi *rupture* dalam persamaan seperti di bawah ini:

$$T_{app} = \frac{L}{V_r} - \frac{L}{V_{app}} \cos \theta \quad \text{Hwang, et al (2011)} \quad (1)$$

dengan T_{app} durasi *rupture*, L = panjang patahan, V_r = kecepatan patahan, V_{app} = kecepatan gelombang P dan θ = sudut antara arah acuan dengan arah perambatan *rupture*. Perumusan ini dapat dijadikan jembatan guna menemukan kaitan antara durasi *rupture* dengan *azimut stasiun*. dalam menemukan persamaan tersebut, mereka menggunakan analogi efek *Doppler*. Sehingga, secara umum kaitan antara sudut *azimut stasiun* dengan durasi *rupture* dapat pula dianalisis dengan efek Doppler. Berikut persamaan efek Doppler menurut Serwey dan Jewelt (2003)

$$f' = \left(\frac{v \pm v_0}{v \pm v_s} \right) f \dots\dots\dots(2)$$

Dari perumusan sebelumnya, Convers & Newman (2013) merumuskan kaitan antara sudut *azimut stasiun* dengan durasi *rupture* Dengan asumsi

bahwa frekuensi sebanding dengan durasi *rupture*, maka $\cos \theta$ sebanding dengan $\cos(\varphi - \lambda^*)$. Maka :

$$T_{app} = \frac{L}{V_r} - \frac{L}{V_{app}} \cos(\varphi - \lambda^*) \quad (3)$$

dimana L merupakan panjangnya patahan, V_r kecepatan patahan, V_{app} kecepatan gelombang P yang sebenarnya, φ adalah sudut antara titik acuan titik dan stasiun terdekat dengan arah *rupture*, dan λ^* adalah selisih antara θ dan φ

METODE

A. Pendekatan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah termasuk jenis penelitian korelasional yang berbasis komputasi, karena pada penelitian ini tidak memanipulasi variabel tetapi hanya mencari hubungan antar variabel. Mekanisme penelitian meliputi pengambilan dan pengolahan data yang berbasis komputasi. Pada proses pengambilan data, data didapatkan dengan cara mengunduh pada situs http://ds.iris.edu/wilber3/find_event . Pada proses pengolahan, data yang sudah diunduh tersebut kemudian diolah menjadi grafik dan dicari hubungan antara sudut azimut dan durasi *rupture*.

B. Data dan Sumber Data

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data gempa bumi Jawa berkekuatan $\geq 6,0$ Mw pada tahun 2010-2014 yang dapat diakses dan diunduh melalui internet. Data yang diunduh dari website http://ds.iris.edu/wilber3/find_event adalah data yang berlokasi di pulau Jawa. Karena pulau Jawa merupakan pusat pemerintahan dan perindustrian di Indonesia serta menurut Badan Pusat Statistik (BPS) jumlah penduduk di pulau Jawa pada tahun 2010 sejumlah 136.610.590 jiwa. Dan pulau Jawa terletak pada daerah lintasan pertemuan lempeng euroasia dan lempeng Australia, lempeng ini termasuk lempengmaktif.

C. Variabel Operasional Penelitian

Definisi operasional merupakan definisi yang digunakan dalam penelitian. Dalam penelitian ini terdapat dua variabel operasional penelitian, yang pertama variabel kontrol yaitu panjang patahan(L), kecepatan patahan (V_r), kecepatan gelombang primer (V_{app}), sudut azimut (φ) dan sudut azimut *rupture* (λ^*). Yang kedua variabel respon yaitu nilai durasi *rupture*.

D. Instrumen Penelitian

1. Software Joko Tingkir

Software Joko Tingkir merupakan program komputer yang berfungsi untuk mengestimasi parameter sumber gempa bumi; durasi *rupture* (T_{dur}), periode dominan (T_d),

durasi lebih dari 50 detik (T50Ex) dari gelombang P yang terekam oleh stasiun seismik local. Untuk dapat *running* software “Joko Tingkir” menggunakan pemrograman BASH pada system operasi LINUX (MadLazim, 2011). Linux sendiri ada berbagai macam jenis, dan yang saya gunakan dalam pengambilan data ialah fedora.

2. Data Tool Analisis

Data tool analisis merupakan program berbasis java yang biasa di gunakan untuk membantu analisis dan plotting data. Dalam data tool analisis dapat mendapatkan hasil max, min, mean, standart defiasi, standar error, Pendekatan nilai dari fungsi (f(x)).

3. Website Plot.ly

Merupakan web yang di gunakan untuk mendapatkan nilai R-square (R^2) dari garfik.

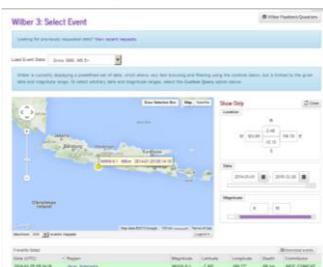
E. Metode Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data pada penelitian ini terdapat beberapa tahap. Berikut tahap –tahap dalam pengumpulan data:

1. Download data

Dalam penelitian inidata yang digunakan adalah data sekunder yang diakses dari website (http://ds.iris.edu/wilber3/find_event) terbatas hanya di wilayah Jawadan *Magnitude* (≥ 6.0 Mw) yang dikategorikan gempa tektonik berskala besar. Pengambilan data dalam penelitian studi tentang sudut *azimut* stasiun dan hubungannya dengan durasi *rupture* gempa bumi di pulau jawa pada tahun 2010-2014. Dalam pengambilan data dibutuhkan koneksi internet untuk membuka web http://ds.iris.edu/wilber3/find_event. Berikut langkah pengambilan data :

- Buka web http://ds.iris.edu/wilber3/find_event kemudian atur Event data, *location*, *Date*, dan *Magnitude*. Setelah itu pilih gempa. Seperti pada
- Akan tampil gempa bumi yang tercatat pada tabel. Kemudian pilih data gempa mana yang akan di olah. Seperti pada Gambar 12



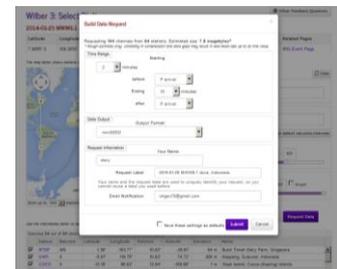
Gambar 6-Memilih Data

- Setelah memilih data akan ditampilkan *Select Station*. Kemudian atur *Distance Range* yang dibutuhkan, kemudian klik request data. Seperti pada Gambar 13



Gambar 7-Mengatur Jarak Stasiun perekam

- Akan tampil *Build Data Recuest* atur *Data Output* dan *Request Information*, kemudian *Submit*. Seperti pada gambar 14



Gambar 8-Mendownload Data

2. Proses Fitting Data

Dalam pemfittingan data digunakan software data tool analisis untuk mendapatkan bentuk grafik terbaik dari pendekatan data yang akan di plot. Dari proses ini di dapatkan rumus regresi

$$f(x) = a - b * \cos(c * x - d). \dots (4)$$

Dimana nilai $a \approx L/V_r$, $b \approx L/V_{app}$, $c \approx \phi$ dan $d \approx \lambda^*$. Yang di ambil dari rumus $T_{app} = \frac{L}{V_r} - \frac{L}{V_{app}} \cos(\phi - \lambda^*)$. Setelah di dapatkan nilai a, b, c dan d baru bisa di lakukan plotting untuk mengetahui nilai R - Square (R^2) menggunakan web plot.ly.

F. Teknik Analisis Data

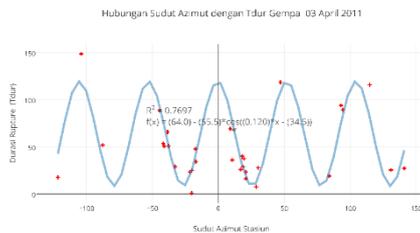
Analisi data dilakuak setelah mendapatakan nilai dari durasi *rupture* (T_{dur}) dan sudut *azimut* stasiun, nilai variabel-variabel yang digunakan dalam fitting data, serta nilai R-square (R^2). Setelah terkumpul semua data nilai variabel yaitu a dan b dalam fitting data di dibandingkan. kemudian nilai R^2 pada masing-masing *event* dibandingkan .

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Gempa bumi tanggal 03 April 2011

Pengumpulan data dilakukan mulai tahun 2011 sampai dengan 2014. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, diperoleh hubungan antara durasi *rupture* terhadap sudut azimuth stasiun pada tahun 2011 dapat dilihat pada gambar 15, dengan nilai magnitudo sebesar 6,7 Mw dan kedalaman 31,9 km yang berbeda setiap tahunnya meskipun dalam magnitudo yang sama.



Gambar 9 Hasil grafik dan regresi hubungan antara Durasi Rupture (T_{dur}) dan Azimut Stasiun (ϕ) 2011

Gambar 15 menunjukkan grafik dengan Gambar 4.1 diatas menunjukkan grafik dengan persamaan regresi yang dapat digunakan sebagai salah satu teknik untuk membuat persamaan sinusoid. Dengan bentuk persamaan sebagai berikut:

$$T_{dur} = 64 - 55,5 * \cos(0,12 * Azimut - 34,5) \dots (7)$$

Selain itu dari gambar 15 juga menunjukkan hubungan antara sudut azimuth stasiun dan durasi rupture sehingga didapatkan R-Square sebesar 76,97%, dimana R-Square (koefisien *determinasi*) merupakan persentase nilai Y yang dapat dijelaskan oleh garis regresi. Garis regresi yang baik adalah garis regresi yang koefisien *determinasinya* semakin besar atau mendekati 100%. Dari penelitian ini juga didapatkan hasil akar dari koefisien *determinasi* (R-Square) yang disebut dengan koefisien korelasi (R) sebesar 87,73%, dimana koefisien korelasi merupakan ukuran kedua yang dapat digunakan untuk mengetahui bagaimana keeratn hubungan antara satu variabel dengan variabel yang lain yang berarti terdapat 12,27% variabel bebas lainnya yang mempengaruhi hubungan tersebut.

Ditinjau dari persamaan 3 dan persamaan diatas didapatkan pendekatan dengan nilai $L/V_r = 64$ dan $L/V_{app} = 55,5$

2. Gempa bumi tanggal 03 September 2012

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, diperoleh hubungan antara durasi *rupture*

terhadap sudut azimuth stasiun pada tanggal 3 September 2012 seperti yang ditunjukkan pada gambar 16. Dengan magnitudo sebesar 6,1 Mw dan kedalaman 14 km diperoleh grafik sebagai berikut:.



Gambar 10 Hasil grafik dan regresi hubungan antara Durasi Rupture (T_{dur}) dan Azimut Stasiun (ϕ) 2012

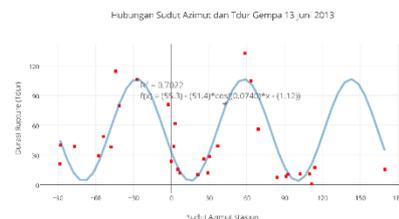
Grafik diatas merupakan hasil dari gempa bumi pada tanggal 03 September 2012 yang menunjukkan hubungan antara durasi rupture (T_{dur}) terhadap azimuth stasiun dengan magnitudo 6,1 Mw, sehingga dapat diperoleh persamaan regresi untuk membangun persamaan sinusoid. Dengan bentuk persamaan

$$T_{dur} = 64,1 - 72,2 * \cos(0,0712 * Azimut - 32,1) \dots (8)$$

Dari gambar 16 didapatkan R-Square sebesar 67,45% serta nilai koefisien korelasi (R) sebesar 82,12%, dengan mengetahui nilai korelasi tersebut dapat dikatakan hubungan antara keduanya adalah sangat kuat karena apabila tidak dalam bentuk persentase nilai tersebut adalah mendekati satu. Dari grafik tersebut bisa di lihat nilai dari $L/V_r = 64,1$ dan $L/V_{app} = 72,2$

3. Gempa bumi tanggal 13 Juni 2013

Pada tahun 2013 terjadi gempa bumi dengan magnitudo sebesar 6,7 Mw dan kedalaman 8,6 km dimana dari data tersebut dibuat grafik seperti pada gambar 17 yaitu antara T_{dur} dengan sudut azimuth stasiun, dengan sebaran data seperti pada gambar di bawah ini:



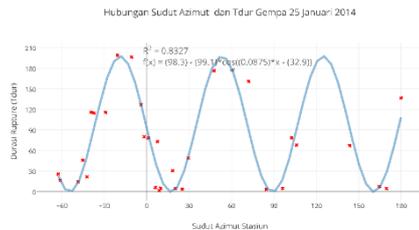
Gambar 11 Hasil grafik dan regresi hubungan antara Durasi Rupture (T_{dur}) dan Azimut Stasiun (ϕ) 2013

Dari penelitian ini didapatkan hasil berupa grafik korelasi antara Durasi Rupture dan Azimut stasiun seperti yang diperlihatkan pada gambar 17, dimana sumbu X merupakan Azimut Stasiun (ϕ) dan sumbu Y merupakan nilai Durasi Rupture (T_{dur}) yang diambil dari Wilber 3 IRIS dan telah dihitung menggunakan

software Jokotingkir. Grafik tersebut menggambarkan persamaan regresi yang merupakan suatu teknik untuk membangun persamaan Sinusoid. Dengan bentuk persamaan $T_{dur} = 55,3 - 51,4 * \cos(0,074 * Azimut - 1,12) \dots (7)$ Berdasarkan grafik pada gambar 16 yang menunjukkan hubungan antara sudut azimuth stasiun dan durasi rupture didapatkan R-Square sebesar 70,22%, dimana koefisien determinasi (R-Square) merupakan persentase nilai Y yang dapat dijelaskan oleh garis regresi. Garis regresi yang baik adalah garis regresi yang koefisien determinasinya semakin besar atau mendekati 100%. Dari penelitian ini juga didapatkan hasil akar dari koefisien determinasi (R-Square) yang disebut sebagai koefisien korelasi (R) sebesar 83,80%, dimana koefisien korelasi merupakan nilai yang dapat menjelaskan bagaimana keeratan hubungan antara satu variabel dengan variabel yang lain. Dengan nilai $L/V_r = 55,3$ dan $L/V_{app} = 51,4$

4. Gempa bumi tanggal 25 Januari 2014

Sedangkan pada tahun 2014 gempa bumi dengan magnitudo sebesar 6,1 Mw dan kedalaman 66 km yang terjadi, didapatkan hubungan grafik seperti gambar 18 yaitu antara T_{dur} dengan sudut azimuth stasiun, dengan sebaran data seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 12 Hasil grafik dan regresi hubungan antara Durasi Rupture (T_{dur}) dan Azimut Stasiun (ϕ) 2014

Grafik tersebut menggambarkan persamaan regresi yang merupakan suatu teknik untuk membangun persamaan sinusoid. Dengan bentuk persamaan

$$T_{dur} = 98,3 - 99,1 * \cos(0,087 * Azimut - 32,9) \quad (9)$$

Dari grafik gambar 18 didapatkan R-Square sebesar 83,27% dan koefisien korelasi (R) sebesar 91,25%, dimana koefisien korelasi merupakan ukuran kedua yang dapat digunakan untuk mengetahui bagaimana keeratan hubungan antara satu variabel dengan variabel yang lain $L/V_r = 98,3$ dan $L/V_{app} = 99,1$.

B. Pembahasan

Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa sudut azimuth stasiun mempunyai korelasi dengan durasi rupture. Hasil yang diperoleh mendapatkan nilai koefisien determinasi (R-Square) berturut-turut dari tahun 2011-2014 sebesar 76,97 %, 67,45%, 70,22% dan 83,27%.

Dengan menggunakan rumus matematis didapatkan nilai korelasi (R) berturut-turut adalah 87,73 %, 82,12%, 83,80% dan 91,25%.

C. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Convers and Newman pada gempa yang bermagnitudo 8.1 Mw menghasilkan nilai $L = 294$ km , $V_r = 2,88$ km/s , $V_{app} = 14,7$ km/s dan $\lambda^* = 53^0$ secara teori dan perbandingan $L/V_r = 102$ dan $L/V_{app} = 20$. Dalam penelitian yang saya lakukan besar dari masing-masing variabel tidak dapat ditentukan secara langsung seperti pada penelitian sebelumnya. Karena untuk mencari nilai dari variabel-variabel tersebut dibutuhkan pembahasan dan metode yang berbeda. Akan tetapi dari penelitian ini dapat ditentukan besar perbandingan antara nilai V_r dengan V_{app} dari persamaan regresi $T_{dur} = a - b * \cos(c * Azimut - d)$. Hasil data dari gempa yang terjadi pada tahun 2011 didapatkan nilai $L/V_r = 64$ dan $L/V_{app} = 55,5$; tahun 2012 nilai $L/V_r = 64,1$ dan $L/V_{app} = 72,2$; tahun 2013 nilai $L/V_r = 55,3$ dan $L/V_{app} = 51,4$; dan tahun 2014 nilai $L/V_r = 98,3$ dan $L/V_{app} = 99,1$ dengan magnitudo rata-rata = 64 Mw. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa hasil data atau informasi yang diperoleh pada penelitian ini adalah lebih lengkap atau lebih detail dari penelitian-penelitian yang dilakukan sebelumnya.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan tentang korelasi antara sudut azimuth stasiun dan durasi Rupture untuk gempa bumi lokal di wilayah jawa dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut:

1. Hasil dari penelitian skripsi ini didapatkan persamaan empiris regresi secara umum antara sudut azimuth stasiun dan durasi rupture pada masing-masing stasiun yaitu, $T_{dur} = a - b * \cos(c * Azimut - d)$. Dari setiap gempa pada tahun 2011 sampai 2014 didapatkan rumus yang berbeda pula :
 - a. Tahun 2011 : $T_{dur} = 64 - 55,5 * \cos(0,12 * Azimut - 34,5)$,
 - b. Tahun 2012 : $T_{dur} = 64,1 - 72,2 * \cos(0,0712 * Azimut - 32,1)$,
 - c. Tahun 2013 : $T_{dur} = 55,3 - 51,4 * \cos(0,074 * Azimut - 1,12)$, dan
 - d. Tahun 2014 : $T_{dur} = 98,3 - 99,1 * \cos(0,087 * Azimut - 32,9)$

Selain persamaan empiris regresi didapatkan pula nilai korelasi antara sudut azimuth stasiun dan durasi rupture gempa bumi di Jawa dengan nilai ketepatan koefisien determinasi (R-Square) tahun 2011 = 76,97%; 2012 = 67,45%; 2013 = 70,22%;

Studi Tentang Sudut Azimut Stasiun Dan Hubungannya dengan Durasi Rupture Gempa Bumi pada Masing-Masing Stasiun

dan 2014 = 83,27%; serta koefisien korelasi (R) tahun 2011 = 87,73%, 2012 = 82,12%, 2013 = 83,80%, dan 2014 = 91,25%.

2. Dari setiap gempa yang terjadi diperoleh nilai L/V_r dan L/V_{app} yaitu, tahun 2011: $L/V_r = 64,0$ dan $L/V_{app} = 55,5$; tahun 2012: $L/V_r = 64,1$ dan $L/V_{app} = 72,2$; tahun 2013: $L/V_r = 55,3$ dan $L/V_{app} = 51,4$; dan tahun 2014: $L/V_r = 98,3$ dan $L/V_{app} = 99,1$.

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

Melakukan penelitian yang membahas korelasi antarsudut azimut stasiun dengan durasi *rupture* gempa bumi pada masing-masing stasiun untuk daerah-daerah yang rawan terhadap bencana gempa bumi ataupun tsunami.

DAFTAR PUSTAKA

- Brinker, Russell C, Paul R Wolf, dan Djoko Walijatun. 2000. Dasar-dasar Pengukuran Tanah. Jakarta: Erlangga,.
- Convers, J. A., dan Newman, A. V.. 2013. Rapid earthquake rupture duration estimates from teleseismic energy rates, with application to real-time warning. Geophysical Research Letter. Hal : 1-5.
- Erdey, C. K. 2007. Earthquake Engineering: Application to Design. Canada: John Wiley & Sons, inc.
- Hartuti, E.R. 2009. Buku Pintar Gempa¹². Jogjakarta: DIVA Press
- Hong, J.C, 2010. Survival in an Earthquake. Jakarta: PT Gramedia
- Hwang, R. D., Dkk. 2011. Rise time and source duration of the 2008 Mw 7.9 Wenchuan (China) earthquake as revealed by Rayleigh waves. Earth Planets Space. Hal:427-434
- Khoiridah, Sayyidatul, dan Santoso, B. J. 2014. Durasi Rupture, dan Pemodelan Deformasi Vertikal Sumber Gempa Bumi sebagai Studi Potensi Bahaya Tsunami di Laut Selatan Jawa. Hal: 2.
- Lomax, A., dan Michelini, A. 2011. Tsunami early warning using earthquake rupture duration and P-wave dominant period: the importance of length and depth of faulting. Geophys. J. Int. Hal: 283-291.
- Lumantarna, B. 2001. Pengantar Analisis Dinamis dan Gempa. Yogyakarta: Lebaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat serta Universitas Kristen Petra Surabaya
- Madlazim. 2011. Estimasi Durasi, Arah dan Panjang Rupture serta Lokasi-lokasi Gempa Susulan Menggunakan Perhitungan Cepat. Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA). Hal: 3.
- Nandi. 2006. Handouts Geologi Lingkungan: Gempa Bumi. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Pawirodikromo, W. 2012. Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Serwey, R. A., dan Jewett, J. 2003. Physics for scientist and Engineering 6th Edition. USA: Brooks/Cole Publisher Co.
- Soetomo, W. 1980. Ilmu Ukur Tanah. Yogyakarta: Yayasan Kanisius
- Suharjanto. 2013. Rekayasa Gempa¹. Yogyakarta: Kepel Press
- United States Geological Survey (USGS). Magnitude / Intensity Comparison. t.thn. http://earthquake.usgs.gov/learn/topics/mag_vs_int.php (diakses Mei 27, 2014).