

ESTIMASI MAGNITUDO GEMPABUMI LOKAL DENGAN MEMANFAATKAN PERIODE DOMINAN GELOMBANG P DI PROVINSI MALUKU UTARA

Muhammad Budi Hartono dan Madlazim

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

Abstract. *In an effort to reduce the impact of disasters caused by earthquakes, especially in the areas of North Maluku province, precautions need to be done. This makes the need for research that aims to estimate the magnitude of local earthquakes quickly to take advantage of the dominant wave period P. This study used local earthquake data obtained from WebDC, with 62 earthquake events, each occurrence of earthquake is recorded by several different stations in order to obtain the dominant period of each earthquake event, then the dominant period in taking the average of each occurrence of the earthquake. The results from the average dominant period sought by the logarithm then dikorelasiakan magnitude earthquake catalog of each event with the help of linear regression graphs. From the results of this study obtained an empirical formula with the relationship between $\log T_d$ magnitude of local earthquakes in the province of North Maluku with a linear correlation method, namely $MTD = 4.443 + 9.434 \log T_d$, and obtained a correlation coefficient of 70.7%.*

Keywords: *local Earthquakes, dominant period, magnitude of the dominant period.*

Abstrak. Dalam upaya mengurangi dampak bencana yang disebabkan oleh gempabumi khususnya di wilayah Provinsi Maluku Utara, tindakan pencegahan perlu dilakukan. Hal inilah yang membuat perlu adanya penelitian yang bertujuan untuk mengestimasi magnitudo gempabumi lokal secara cepat dengan memanfaatkan periode dominan gelombang P. Dalam penelitian ini digunakan data gempa lokal yang diperoleh dari WebDC, dengan 62 kejadian gempabumi, setiap kejadian gempabumi dicatat oleh beberapa stasiun yang berbeda sehingga diperoleh nilai periode dominan dari setiap kejadian gempabumi, kemudian periode dominan di ambil rata-rata dari setiap kejadian gempabumi. Hasil dari rata-rata periode dominan dicari logaritma kemudian dikorelasiakan dengan nilai magnitudo katalog dari tiap kejadian gempabumi dengan bantuan grafik regresi linier. Dari hasil penelitian ini didapatkan rumus empiris hubungan antara $\log T_d$ dengan magnitudo gempabumi lokal di Provinsi Maluku Utara dengan metode korelasi linier yaitu $MTd = 4,443 + 9,434 \log T_d$, dan diperoleh koefisien korelasi sebesar 70,7%.

Kata Kunci: *Gempabumi lokal, Periode dominan, Magnitudo Periode dominan.*

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik yaitu lempeng benua Asia, benua Australia, lempeng samudera Hindia, dan samudera Pasifik. Pada bagian selatan dan timur Indonesia terdapat sabuk vulkanik (*volcanic arc*) yang memanjang dari pulau Sumatra, Jawa, Nusa Tenggara, dan Sulawesi, yang sisinya berupa pegunungan vulkanik tua dan daratan rendah yang sebagian didominasi rawa-rawa. Kondisi tersebut

sangat berpotensi sekaligus rawan bencana seperti letusan gunung berapi, gempabumi, tsunami, banjir, dan tanah longsor.[1]

Berdasarkan tatanan geologi Indonesia, Provinsi Maluku Utara merupakan daerah yang rawan bencana gunung api, gempa bumi dan tsunami. Kondisi tersebut disebabkan karena wilayah Provinsi Maluku Utara merupakan daerah pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Ketiga lempeng tektonik ini masing-masing

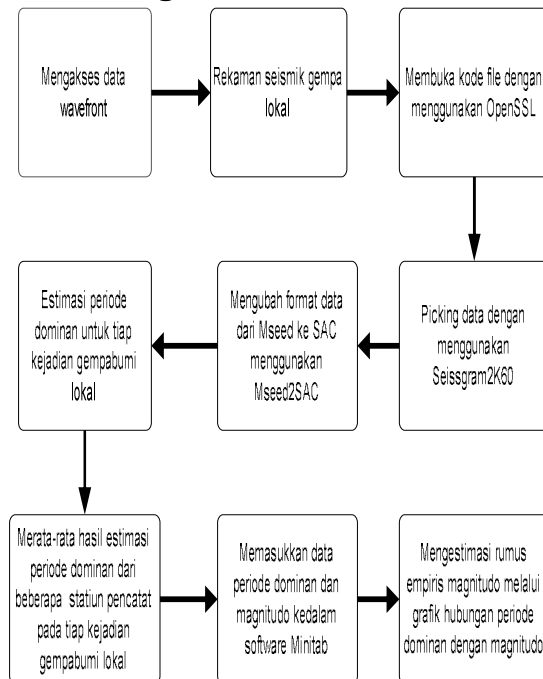
bergerak dengan arah dan kecepatan yang berbeda-beda, sehingga Provinsi Maluku Utara mengalami aktivitas seismik yang cukup tinggi, pertemuan lempeng tektonik tersebut mengakibatkan struktur patahan yang memicu terjadinya aktivitas gempa bumi tektonik[2]. Mengingat wilayah Provinsi Maluku Utara merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang termasuk daerah rawan bencana gempabumi, atas dasar inilah yang membuat perlu dilakukannya penelitian mengenai estimasi magnitudo dengan memanfaatkan periode dominan gelombang P di wilayah Provinsi Maluku Utara yang merupakan salah satu daerah rawan gempabumi di Indonesia.

II. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen laboratorium, dalam eksperimen laboratorium data yang dianalisis dapat di akses dan diunduh melalui internet.

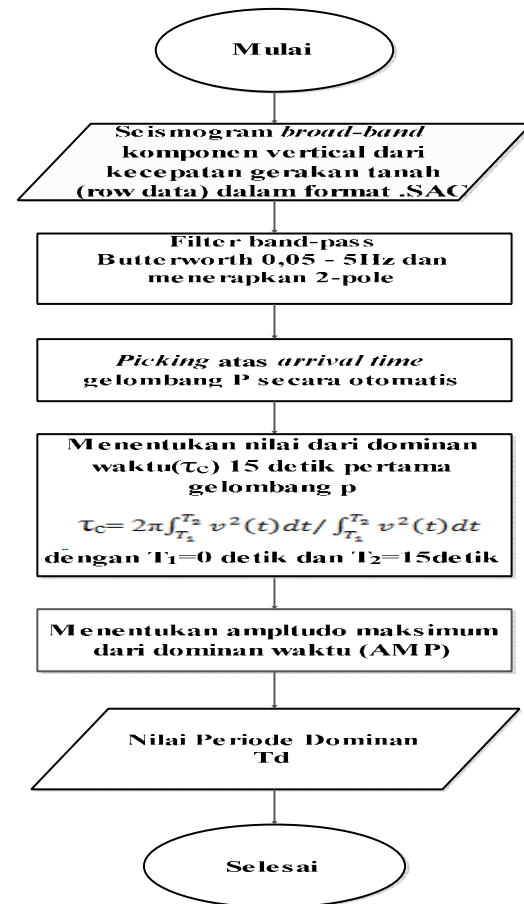
B. Rancangan Penelitian



Bagan 1. Langkah-langkah penelitian

C. Perancangan Program Penelitian

1. Flowchart Program Seisgram2k



Bagan 2. Flowchart Program Seisgram2k

D. Alur Kerja Penelitian

1. Pengambilan Data

Kriteria data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data gempabumi tektonik yang diperoleh dari WebDC, yang dapat diakses dengan alamat(<http://www.webDc.eu/arclink/query?sesskey=e18d507e>) dari kejadian gempa bumi sejak tanggal 1 Januari 2008 sampai dengan 24 Mei 2012, sedangkan tempat yang dijadikan objek penelitian adalah wilayah Sumatra Barat dengan batas wilayah $-1.75^{\circ}\text{LS} - 2.66^{\circ}\text{LS}$ dan $126.98^{\circ}\text{BT} - 128.99^{\circ}\text{BT}$. dengan batas nilai minimum magnitudo sebesar 4 SR dan jarak antara stasiun gempabumi dan kejadian gempabumi pada penelitian ini 0° sampai dengan 4° .

E. Teknik Analisa Data

Data yang digunakan sebanyak 62 kejadian gempabumi, setiap kejadian gempa dicatat oleh beberapa stasiun yang berbeda, sehingga kita mendapatkan beberapa T_d (Periode Dominan) dari setiap kejadian gempa, kemudian periode dominan tersebut di ambil rata-rata dari setiap kejadian gempabumi kemudian dibandingkan dengan magnitudo dari tiap peristiwa gempabumi melalui grafik dengan menggunakan software Minitab-16.2.1 dari grafik tersebut nantinya akan di ketahui persamman linier $\log T_d = a + b \text{Magnitudo}$, sehingga didapatkan model estimasi magnitudo nya adalah $\text{Magnitudo} = \frac{a}{b} + \frac{1}{b} \log T_d$, jika persamaan tersebut disederhanakan maka akan dihasil model estimasi $\text{magnitudo} = A + B \log T_d$, hasil persamaan tersebutlah yang nantinya akan digunakan dalam melakukan peringatan dini gempabumi dengan memanfaatkan periode dominan gelombang P untuk mencari magnitudo gempabumi secara cepat di Provinsi Maluku Utara

Data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah data digital broadband komponen arah vertical (Z) berformat .SAC, kemudian diolah dengan menggunakan SeisGram2K60, didalam pengolahan data tersebut untuk dapat menghasilkan model gelombang yang dapat dianalisis gelombang P nya maka didalam penelitian ini dilakukan proses filtering gelombang dengan mengatur *Butterwort* untuk frekuensi rendahnya 0,05 Hz dan untuk frekuensi tingginya 5 Hz dengan orde 2 hal ini dilakukan untuk menghilangkan noise yang menenggelamkan sinyal firstbreak, First break adalah gelombang seismik yang terekam pertama kali. Gelombang ini merupakan gelombang yang tercepat sampai ke penerima. selanjutnya dilakukan proses perhitungan τ_c dengan cara integrasi signal seismogram broadband kecepatan dengan periode 0-

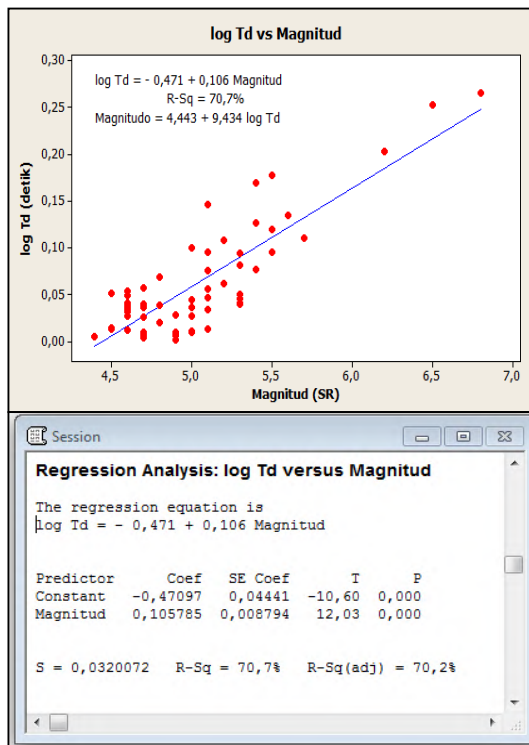
15 detik dari kedatangan gelombang P yang selanjutnya dianalisis fase T_d energi densitas.

Dari output SeisGram2K60 diperoleh nilai akhir periode dominan gelombang P dari masing-masing stasiun yang mencatat setiap kejadian gempabumi. Setelah didapatkan nilai Periode dominan dari setiap stasiun yang mencatat kejadian gempabumi dari masing-masing kejadian gempabumi maka dicari nilai rata-rata periode dominan dari masing-masing magnitudo yang terdiri atas beberapa station. Hasil dari rata-rata periode dominan dicari logaritmanya dan kemudian dilakukan proses estimasi magnitudo dengan cara mencari hasil regresi hubungan antara logaritma periode dominan ($\log T_d$) dengan magnitudo.

III. Hasil dan Pembahasan

Dengan melakukan proses regresi linier antara magnitudo dan periode dominan kita dapat melakukan estimasi formula magnitudo dan juga menentukan nilai konstanta dari formula magnitudo. Dari hasil pengolahan data menggunakan persamaan regresi linier dengan memanfaatkan hubungan magnitudo dan periode dominan didapatkan model grafik dan rumus magnitudo sebagai berikut:

1. Regresi linier hubungan Log Td dengan Magnitudo

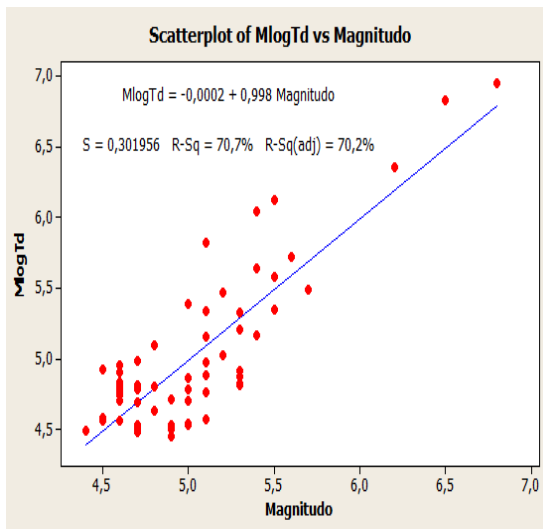


Grafik 1. Grafik dan hasil regresi hubungan Log Td dengan Magnitudo

Hasil dari uji regresi ini akan didapatkan persamaan regresi dimana persamaan regresi digunakan untuk mengukur pengaruh antara satu variabel prediktor (variabel bebas) terhadap variabel terikat. Persamaan regresi yang didapatkan akan berupa persamaan $Y = a + bX$, dimana Y merupakan variabel terikat dan X merupakan variabel bebas sedangkan a merupakan nilai *intercept* (konstanta) dan b merupakan koefisien regresi. Dari hasil uji regresi didapatkan persamaan regresi linier hubungan antara logaritma periode dominan (T_d) dengan magnitudo adalah $\log Td = -0,471 + 0,106 \text{ Magnitudo}$, dimana Y adalah logaritma periode dominan ($\log Td$) dan X magnitudo gempa bumi jika persamaan tersebut di konversikan maka akan di peroleh formulasi magnitudo yaitu $\text{Magnitudo} = 4,443 + 9,434 \log Td$.

Dari hasil regresi linier juga didapatkan nilai determinan atau S-Square yaitu angka yang menunjukkan seberapa jauh/besar variabilitas Y dipengaruhi oleh variabilitas X . Pengertian lain determinan adalah ketepatan data terhadap model atau garis yang digunakan. Model regresi yang baik adalah model regresi yang koefisien determinasinya semakin tinggi. R-square dan model yang paling baik adalah model yang nilai R-square mendekati 100%. Dalam penelitian ini didapatkan nilai R-square sebesar 70,7%, hasil tersebut menunjukkan bahwa R-Sq (R Square) memiliki nilai ketepatan data terhadap model atau garis yang digunakan sebesar 70,7% atau menerangkan bahwa R-square 70,7% proporsi keragaman nilai peubah yang dapat diterangkan oleh peubah X melalui hubungan linier. Ditampilkan pula hasil $R\text{-Sq(adj)}$ (*R-square adjusted*) yang merupakan hasil determinan yang sudah dikoreksi atau disesuaikan yaitu sebesar 70,2%. Selain itu juga di dapatkan nilai S (*standard deviation*) dimana standard deviasi ini menunjukkan keheterogenan yang terjadi dalam data yang sedang diteliti, semakin kecil nilai S menandakan semakin berkumpul disekitar rata-rata hitungannya, dan memiliki kecenderungan untuk setiap data identik satu sama lain. Standard deviasinya (S) sebesar 0,0320072, hasil ini menunjukkan bahwa nilai S yang mendekati 0 hal ini menandakan bahwa data pengamatan mendekati tingkat homogen yang artinya semua data memiliki nilai yang hampir identik. Dari hasil penelitian ini juga dapat diketahui bahwa standard error koefisien ($Se \text{ Coef}$) dari konstanta dan logaritma magnitudo yaitu untuk konstanta standard error -0,471 dan untuk magnitudo standard error 0,106.

Sedangkan untuk hasil grafik hubungan antara $\log Td$ dengan Magnitudo dihasilkan sebagai berikut:

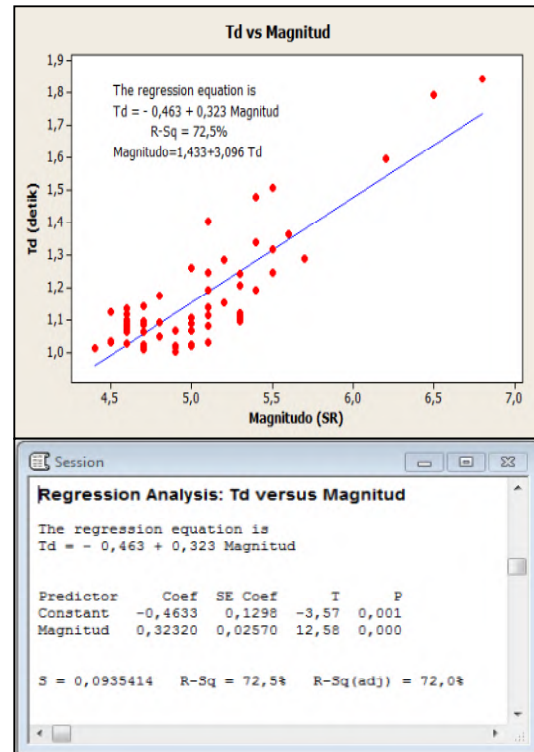


Grafik 2. Grafik hubungan antara Mag log Td dengan Magnitudo

Perhitungan regresi magnitudo didapatkan persamaan:

$MlogTd = -0,0002 + 0,998 \text{ Magnitudo}$, dimana X adalah Magnitudo yang berasal dari situs resmi Webdc dan Y adalah magnitudo dari hasil perhitungan log Td. Adapun nilai R-square sebesar 70,7 %, nilai tersebut menunjukkan bahwa ketepatan data terhadap model atau garis yang digunakan sebesar 70,7 %, dan hasil ini menunjukkan bahwa koreksi hasil analisa Magnitudo yang diperoleh dari persamaan regresi linier hubungan magnitudo yang berasal dari situs resmi Webdc dengan magnitudo dari hasil perhitungan logaritma periode dominan memiliki tingkat akurasi hasil analisa magnitudo yang cukup baik. Ditampilkan pula hasil R-Sq(adj) (*R-square adjusted*) yang merupakan hasil determinannya yang sudah dikoreksi atau disesuaikan yaitu sebesar 70,2%. Dari hasil data ini didapatkan nilai S sebesar 0,301956, hasil ini menunjukan bahwa nilai S yang mendekati 0, hal ini menandakan bahwa data pengamatan mendekati tingkat homogen, semua data memiliki nilai yang hampir identik

2. Regresi linier hubungan Td dengan Magnitudo

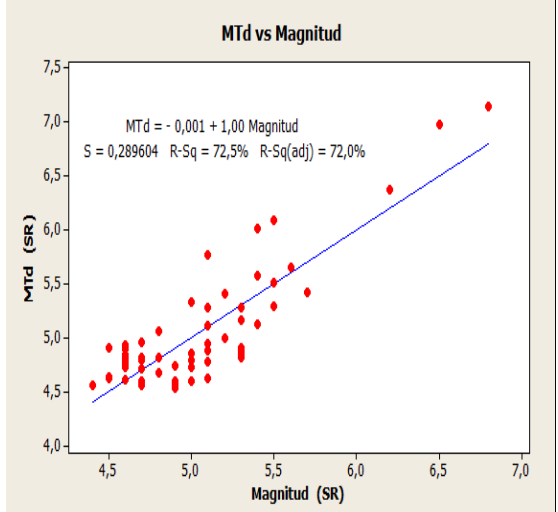


Grafik 3. Grafik dan hasil regresi Grafik hubungan Td dengan Magnitudo

Dari hasil uji regresi didapatkan persamaan regresi linier hubungan antara periode dominan (Td) dengan magnitudo adalah $Td = -0,463 + 0,323 \text{ Magnitudo}$, dimana Y adalah adalah periode dominan (Td) dan X adalah magnitudo gempabumi, jika persamaan tersebut di konversikan maka akan di peroleh formulasi magnitudo yaitu $Magnitudo = 1,433 + 3,096 Td$.

Dari hasil regresi linier juga didapatkan nilai determinan atau S-Square sebesar 72,5%, hasil tersebut menunjukkan bahwa ketepatan data terhadap model atau garis yang digunakan sebesar 72,5%. Ditampilkan pula hasil R-Sq(adj) (*R-square adjusted*) yang merupakan hasil determinann yang sudah dikoreksi atau disesuaikan yaitu sebesar 72,0%. Selain itu juga di dapatkan nilai S (*standard deviation*) dimana standard deviasi ini menunjukkan keheterogenan yang

terjadi dalam data yang sedang diteliti yaitu sebesar $S = 0,0935414$ hasil ini menunjukkan bahwa nilai S yang mendekati 0, ini menandakan bahwa data penelitian mendekati tingkat homogen yang artinya semua data memiliki nilai yang hampir identik. Dari hasil penelitian ini juga dapat diketahui bahwa standard error koefisien (Se Coef) dari konstanta dan magnitudo yaitu untuk konstanta standard error -0,4633 dan untuk magnitudo standard error 0,32320.



Grafik 4. Grafik hubungan antara MTd dengan Magnitudo

Perhitungan regresi magnitudo didapatkan persamaan:

$MTd = -0,001 + 1,00 \text{ Magnitud}$,
dimana X adalah Magnitudo yang berasal dari situs resmi Webdc dan Y

adalah magnitudo dari hasil perhitungan Td . Adapun nilai R -square sebesar 72,5 %, nilai tersebut menunjukkan bahwa ketepatan data terhadap model atau garis yang digunakan sebesar 72,5 %, dan hasil ini menunjukkan bahwa koreksi hasil analisa Magnitudo yang diperoleh dari persamaan regresi linier hubungan magnitudo yang berasal dari situs resmi Webdc dengan magnitudo dari hasil perhitungan periode dominan memiliki tingkat akurasi hasil analisa magnitudo yang jauh lebih baik dari pada hasil grafik hubungan antara $\text{Mag log } Td$ dengan Magnitudo. Ditampilkan pula hasil $R\text{-Sq(adj)}$ (*R-square adjusted*) yang merupakan hasil determinannya yang sudah dikoreksi atau disesuaikan yaitu sebesar 72,0%. Dari hasil data ini didapatkan nilai S sebesar $S = 0,289604$, hasil ini menunjukkan bahwa nilai S yang mendekati 0, hal ini menandakan bahwa data pengamatan mendekati tingkat homogen, semua data memiliki nilai yang hampir identik.

Dari penelitian ini didapatkan dua hasil persamaan regresi yaitu hubungan antara magnitudo dengan periode dominan dan hubungan magnitudo dengan logaritma periode dominan dapat dibuat tabel perbedaan antara periode dominan dengan menggunakan logaritma dan periode dominan :

Tabel 1. Hasil korelasi linier antara $\text{Log } Td$ dan Td dengan magnitudo

Komponen Regresi	Td	$\text{Log } Td$
Persamaan periode domiana	$Td = - 0,463 + 0,323 \text{ Magnitudo}$	$\text{log } Td = - 0,471 + 0,106 \text{ Magnitudo}$
Persamaan Magnitudo	$\text{Magnitudo} = 1,433 + 3,096 Td$	$\text{Magnitudo} = 4,443 + 9,434 \text{ log } Td$
R-Square	72,5%	70,7%

Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai R -square dari persamaan regresi hubungan antara magnitudo dengan periode dominan lebih besar dari pada

hasil persamaan regresi hubungan antara magnitudo dengan logaritma periode dominan. Meskipun nilai regresi linier R -square Td lebih besar, akan

tetapi pada penelitian ini rumus empiris untuk estimasi magnitudo yang digunakan adalah rumus empiris hubungan antara magnitudo dengan logaritma periode dominan yaitu $Magnitudo = 4,443 + 9,434 \log Td$.

Penentuan rumus ini didasarkan atas pertimbangan bahwa pada penelitian-penelitian sebelumnya telah ada penelitian yang menggunakan estimasi rumus magnitudo dengan menggunakan regresi linier yang menghubungkan antara magnitudo dengan periode dominan sehingga untuk penerapan estimasi rumus magnitudo dengan menggunakan regresi linier yang menghubungkan antara magnitudo dengan periode dominan tidak dapat dilakukan. Adapun hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan untuk mengestimasi rumus magnitudo dengan menghubungkan magnitudo dengan logaritma periode dominan $Magnitudo = 0,64 \log Td - 10,48$ dengan $R^2 = 1$ [3] dan $Magnitudo = 4.156 \log (Td) + 5.6797$ [4].

Dari hasil penelitian ini rumus empiris yang digunakan untuk mengestimasi magnitudo yang sesuai untuk Provinsi Maluku Utara adalah $Magnitudo = 4,443 + 9,434 \log Td$.

IV. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian gempa bumi di Provinsi Maluku Utara, dikemukakan simpulan dan saran sebagai berikut :

A. Simpulan

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

Dari hasil penelitian ini didapatkan korelasi linier estimasi rumus empiris $Magnitudo = 4,443 + 9,434 \log Td$ dengan R-Square sebesar 70,7 %. Hasil ini diperoleh dari hubungan antara magnitudo dengan logaritma periode dominan .

B. Saran

Adapun saran untuk penelitian dari penelitian ini adalah:

1. Diharapkan ada penelitian selanjutnya mengenai Estimasi Magnitude Gempa Lokal Dengan Memanfaatkan Periode Dominan Gelombang P untuk daerah lain yang juga rawan terhadap gempa bumi.
2. Diharapkan ada penelitian lain yang memanfaatkan periode dominan sebagai model penelitian, karena pemanfaatan periode dominan mungkin tidak hanya digunakan sebagai estimasi magnitud saja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ArioN, Yuwon. 2008. Pengembangan Model Mitigasi Bencana Melalui Pengaturan Penggunaan Lahan Dan Kaitannya Terhadap Tata Ruang. Semarang. Universitas Diponegoro.
- [2] Retnowati .A, Winaryol, Dulbahril. 2008. Jurnal Kebencanaan Indonesia Vol. 1 No.5: Pembelajaran Masyarakat Dalam Pengurangan Resiko Bencana di Ternate. Pusat Studi Bencana (PSBA), Universitas Gadjah Mada.
- [3] Mindaryati, Siti. 2008. *Penentuan Besar Magnitudo Momen Gempabumi (Mw) dengan Menggunakan Hubungan Durasi dan Momen Seismik (Studi Kasus Gempabumi di Jawa Timur)*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- [4] Gunawan, Hendar. 2011. *Analysis The first Arrival of P-Wave of Ina-TEWS and CTBT stasions to Support Earthquake Early Warning*. Jakarta : BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA

