

VALIDITAS DAN RELIABILITAS *SOFTWARE* JOKO TINGKIR UNTUK DETEKSI DINI BENCANA TSUNAMI DI INDONESIA MENGGUNAKAN DATA LAPANGAN TAHUN 1992-2014

Dani Fitriani¹⁾ dan Madlazim²⁾

¹⁾Program Studi S1 Fisika, FMIPA, UNESA, E-mail danifiza40@gmail.com

²⁾Dosen Fisika, FMIPA, UNESA, E-mail madlazimm@yahoo.com

Abstrak

Sejak tahun 1600 sampai dengan tahun 2013 telah terjadi 188 kejadian tsunami di Indonesia. Ina-TEWS membuat kriteria gempa bumi yang menimbulkan tsunami dengan syarat magnitudo ≥ 7 , episenter di laut, dan kedalaman < 100 km. Fakta menunjukkan bahwa walaupun kriteria tersebut sudah terpenuhi, namun tidak semua gempa bumi menimbulkan tsunami yang signifikan. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis validitas dan reliabilitas *software* Joko Tingkir untuk deteksi dini bencana tsunami di Indonesia dengan menggunakan data lapangan tahun 1992-2014. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah mengolah data IRIS dengan menggunakan *software* Joko Tingkir. Setelah itu, mencari nilai dari Tdur, Td, T50Ex, Td*T50Ex, dan Td*Tdur, serta menguji validitas dan reliabilitas *software* Joko Tingkir dengan membandingkannya dengan data dari NOAA. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu dari 32 *events* gempa bumi yang telah dianalisis menunjukkan bahwa 90.625 % data pada Joko Tingkir dengan data NOAA sudah sesuai, hal ini menunjukkan bahwa *software* Joko Tingkir memiliki tingkat validitas cukup tinggi. Untuk reliabilitas *software* Joko Tingkir dari 32 *events* data gempa yang berbeda-beda, ternyata terdapat 29 data hasil analisis dengan *software* Joko Tingkir sesuai dengan hasil pada data NOAA, sehingga memperoleh hasil presentase sebesar 90.625 % reliabel. Sedangkan pada 3 data dari 32 *events* hasil analisis *software* Joko Tingkir tidak sesuai dengan NOAA diperoleh presentase sebesar 9.375% tidak reliabel. Hal tersebut dikarenakan distribusi stasiun tidak melingkupi episenter, jumlah stasiun yang digunakan terlalu sedikit, dan banyaknya *noise* (gangguan) yang susah untuk *mempicking* gelombang P.

Kata kunci : validitas, reliabilitas, Joko Tingkir, Tdur, Td, T50Ex.

Abstract

From 1600 to 2013 there has been 188 tsunami in Indonesia. Ina-TEWS makes earthquake criteria causing a tsunami with the terms of magnitude ≥ 7 , the epicenter in the sea, and the depth of < 100 km. The evidence suggests that although these criteria are met, but not all earthquakes cause significant tsunami. The purpose of this study is to analyze the validity and reliability of Joko Tingkir software for early detection of tsunami in Indonesia by using field data from 1992 to 2014 year. The method used in this study is IRIS data processing by using Joko Tingkir software. After that, look for the value of Tdur, Td, T50Ex, Td*T50Ex, and Td*Tdur, and to test the validity and reliability of Joko Tingkir software by comparing it with data from NOAA. The results obtained in this study is from the 32 events of earthquakes that have been analyzed show that 90.625% Joko Tingkir data on NOAA data is appropriate, it indicates that the software Joko Tingkir have a fairly high degree of validity. For the reliability of Joko Tingkir software, from the 32 different events of earthquake data, actually there are 29 data from the result of analysis using Joko Tingkir software are suitable with the data from NOAA, So that we got the percentage 90.625% of reliable. Whereas, the 3 data others from the 32 events result of analysis using Joko Tingkir software, are not suitable with NOAA and get the percentage 9.375 % not reliable. That is because the station did not cover the epicenter distribution, the number of stations used is too little, and the amount of noise (interference) that is difficult to make a wave P picking.

Keyword : validity, reliability, Joko Tingkir, Tdur, Td, T50Ex.

PENDAHULUAN

Sejak tahun 1600 sampai dengan tahun 2013, telah terjadi 188 kejadian tsunami di Indonesia. Tsunami yang terjadi tersebut hampir 90% disebabkan oleh kejadian gempa bumi di laut, 9% diakibatkan oleh letusan gunung api, dan 1% karena tanah longsor bawah laut (Latief, 2000).

Peringatan dini tsunami yang efektif untuk gempa bumi yang terjadi di dekat garis pantai membutuhkan waktu sekitar 3 - 10 menit setelah *origin time* (OT) gempa bumi untuk mengumumkan apakah gempa bumi tersebut berpotensi tsunami atau tidak. Beberapa lembaga seismologi dunia seperti *Japan Meteorology Agency (JMA)*, *the (WCATWC)*, *Indonesia Tsunami early warning system (Ina-TEWS)* dan *nest Coast and Alaska (WCATWC)*, *pacific Tsunami Warning Centres (PTWC)* pertama kali mengidentifikasi gempa bumi-gempa bumi yang berpotensi menimbulkan tsunami berdasarkan parameter-parameter gempa bumi seperti lokasi, kedalaman dan magnitudo yang ditentukan secara cepat. Ina-TEWS membuat kriteria gempa bumi yang menimbulkan tsunami dengan syarat magnitudo ≥ 7 , episenter di laut, dan kedalaman < 100 km. Fakta menunjukkan bahwa walaupun kriteria tersebut sudah terpenuhi, namun tidak semua gempa bumi dapat menimbulkan tsunami yang signifikan. Oleh karena itu, sistem peringatan dini tsunami perlu terus diperbaiki. Perbaikan sistem peringatan dini tsunami tersebut antara lain bisa menggunakan parameter selain yang digunakan sebagai indikator potensi selama ini.

Besar dan dampak tsunami sangat terpengaruh oleh pergeseran lantai dasar laut yang berhubungan dengan panjang (L), lebar (W), jarak slip (D), dan kedalaman (z) dari *rupture* gempa bumi. Lomax dan Michelini (2009b ; 2011) telah menemukan bahwa parameter panjang *rupture* L dari suatu gempa bumi merupakan parameter yang paling dominan pengaruhnya terhadap terjadinya tsunami. Lomax and Michelini (2009b ; 2011) juga telah menemukan hubungan antara L dan durasi *rupture* yang bisa dinyatakan bahwa durasi *rupture* sebanding dengan panjang *rupture*. Untuk mengestimasi durasi *rupture* (T_{dur}) bisa dilakukan dengan cara menganalisis seismogram- seismogram grup gelombang P yang dominan dari seismogram frekuensi tinggi dari gempa-gempa bumi, sehingga durasi *rupture* gempa bumi bisa digunakan untuk peringatan dini dari tsunami (Geist dan Yoshioka, 1996; Geist and Parsons, 2005; Olson and Allen, 2005).

Parameter lain yang bisa dijadikan parameter peringatan dini tsunami adalah periode dominan dari gelombang P yang merupakan nilai puncak dari *Time Domain* (τ_c). T50 Exceedance (T50Ex) adalah nilai

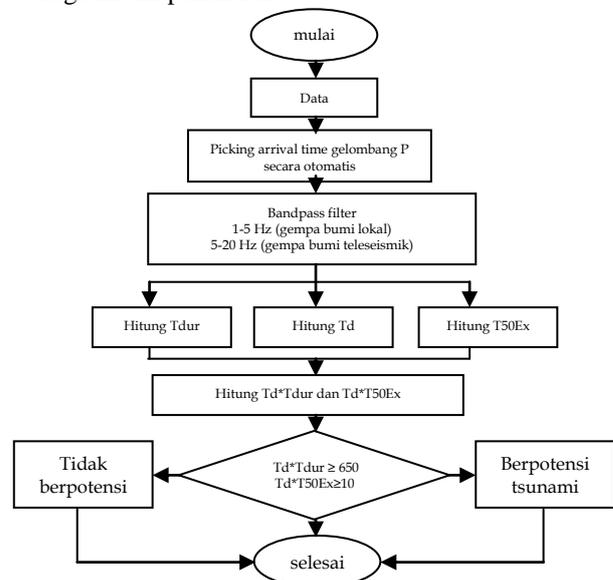
perbandingan RMS amplitudo saat durasi *rupture* (T_{dur}) mencapai 50-60 s dengan rms amplitudo saat durasi *rupture* 0-25 s.

Pengembangan program untuk menghitung nilai durasi *rupture* (T_{dur}), periode dominan (T_d), dan T50Ex yang dinamakan program Joko Tingkir telah dilakukan oleh Madlazim (2012), yaitu didapatkan informasi bahwa ketiga parameter tersebut memberikan informasi ekstra. Misalnya jika durasi *rupture* gempa bumi lebih besar atau sama dengan 50 detik, gempa bumi tersebut berpotensi terjadi gempa bumi. Bahkan untuk gempa bumi dengan tipe *faulting*-nya *strike-slip* bisa berpotensi menimbulkan tsunami jika durasi *rupture*-nya lebih besar dari 50 detik. Kemudian pada tahun 2013 bekerja sama dengan PUSLITBANG BMKG dikembangkan sistem penentuan potensi tsunami dengan menggunakan perhitungan durasi *rupture* (T_{dur}), Periode dominan (T_d), dan T50Ex dari real time waveforms. Berdasarkan penelitian yang sudah ada sebelumnya penulis ingin mengkaji ulang tentang sistem penentuan potensi tsunami dengan judul “Validitas Dan Reliabilitas Software Joko Tingkir Untuk Deteksi Dini Bencana Tsunami Di Indonesia Menggunakan Data Lapangan Tahun 1992-2014”.

METODE

A. Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan pada kasus gempa bumi tsunamigenik di Indonesia dari tahun 1992 sampai dengan 2014 menggunakan *software* Joko Tingkir. Data diperoleh dari IRIS (http://www.iris.edu/wilber3/find_event) dan diolah menggunakan *software* Joko Tingkir dan kemudian akan dibandingkan dengan data yang terdapat pada NOAA (<http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/>). Berikut diagram alir penelitian :



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

B. Sumber Data dan Data Penelitian

Jenis data yang digunakan dalam penulisan ini adalah data sekunder karena penulis tidak melakukan pengukuran secara langsung. Data berupa rekaman seismogram digital komponen vertikal dari minimal 10 stasiun pencatat untuk masing-masing event yang dapat didownload dari IRIS (http://www.iris.edu/wilber3/find_event) dan lokasi stasiun pencatatnya. Data yang digunakan adalah data dari 32 *events* gempa bumi, baik yang menimbulkan tsunami atau dengan magnitudo besar yang tidak menimbulkan tsunami.

C. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengambilan data seismogram broadband komponen vertikal dilakukan secara bertahap. Untuk data seismogram, hal-hal yang dilakukan adalah membuka http://www.iris.edu/wilber3/find_event, memasukkan tanggal *event* gempa bumi dan magnitudo antara 6 sampai dengan 10 setelah itu memilih *get events*, memilih stasiun dengan mencentang BHZ (Broadband komponen vertikal) dengan jarak 100 sampai dengan 1000, setelah itu *request* data dan memilih *miniseed* pada *output* format kemudian *download*.

D. Teknik pengolahan data

Pengolahan data untuk mencari waktu durasi (T_{dur}) dilakukan beberapa tahapan. Pertama, data seismogram kecepatan komponen vertikal dari kecepatan gerakan tanah dalam format *miniseed* (Goldstein and Snoke, 2005) sebagai *raw data* yang akan diolah serta data penunjang lainnya. Tahapan selanjutnya yaitu memfilter seismogram kecepatan komponen vertikal yang direkam oleh jaringan IRIS-DMC dengan menggunakan *filter Butterworth* pada frekuensi tinggi (1-5 Hz). Tujuan dari proses *filter* ini adalah untuk mendapatkan seismogram rekaman kecepatan pada HF untuk masing-masing stasiun. Setelah itu, nilai RMS (*root mean square*) dari amplitudo dihitung dengan cara mengkonversi seismogram HF tersebut menjadi *velocity-squared envelopes*. Waktu kedatangan gelombang P dari rekaman seismogram yang telah difilter *dipicking* secara otomatis dengan *software* Seisgram 2K. Keterlambatan waktu kedatangan (*delay*) gelombang P diukur pada 90% ($T^{0.9}$), 80% ($T^{0.8}$), 50% ($T^{0.5}$), dan pada 20% dari nilai puncaknya ($T^{0.2}$). Terakhir, nilai T_{dur} atau waktu durasi dari beberapa gempa bumi di daerah dengan karakteristik tektonik yang berbeda dihitung dengan rumusan tertentu.

Perhitungan periode dominan dilakukan dengan mengkonversi sinyal dalam fungsi waktu ke dalam fungsi frekuensi sehingga didapat frekuensi dominan (nilai periode dominan dihitung dengan $T_d=1/f_d$). Dalam kasus ini, nilai periode dominan yang digunakan adalah nilai pada 50 sekon pertama setelah OT. Nilai T_{50Ex}

didapatkan dengan membandingkan RMS amplitudo waktu durasi pada saat sekon ke 50 sampai dengan 60 dengan RMS amplitudo pada sekon ke 0 sampai dengan sekon ke-25. Setelah ketiga nilai dari parameter-parameter tersebut didapat, tahapan selanjutnya adalah menghitung hasil perkalian antara $T_d \cdot T_{dur}$ dan $T_d \cdot T_{50Ex}$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Nilai waktu durasi (T_{dur}), periode dominan (T_d), dan waktu exceedance (T_{50Ex}) sangat bervariasi. Nilai T_{dur} bervariasi antara 18.8 sampai dengan 196. Gempa bumi yang tidak berpotensi tsunami memiliki nilai T_{dur} 18.8 - 53.07, sedangkan gempa bumi yang berpotensi tsunami memiliki nilai T_{dur} 65.32 - 196. Nilai T_d bervariasi dari 3.88 sampai dengan 61.7, gempa bumi yang tidak berpotensi tsunami memiliki nilai T_d 3.88 - 9.96, sedangkan gempa bumi yang berpotensi tsunami memiliki nilai T_d 10.14 - 61.7. Nilai T_{50Ex} bervariasi dari 0.41 sampai dengan 1528.2, Gempa bumi yang tidak berpotensi menimbulkan tsunami memiliki nilai T_{50Ex} 0.41 - 0.83, sedangkan gempa bumi yang berpotensi tsunami memiliki nilai T_{50Ex} 1.01 - 1528.2. Nilai perkalian $T_d \cdot T_{dur}$ berkisar 116.0484 sampai dengan 5442.4632, dan nilai perkalian $T_d \cdot T_{50Ex}$ berkisar 2.12 sampai dengan 21739.82.

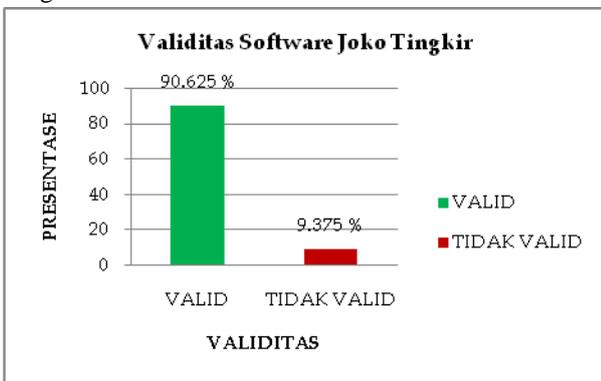
Gempa bumi yang memiliki nilai waktu durasi (T_{dur}) terbanyak adalah gempa bumi Aceh 26 Desember 2004. Sedangkan nilai periode dominan (T_d) terbanyak adalah gempa bumi Sumatera Utara 11 April 2012. Untuk nilai T_{50Ex} terbesar terdapat pada gempa bumi Sumatera Selatan 12 September 2007.

Validitas menunjukkan sejauh mana suatu alat ukur mampu mengukur apa yang akan diukur (*valid measure if it successfully measure the phenomenon*) (Siregar, 2010), dalam penelitian ini alat ukur yang digunakan untuk menentukan potensi tsunami adalah software Joko Tingkir. Reliabilitas adalah untuk mengetahui sejauh mana hasil pengukuran tetap konsisten, apabila dilakukan pengukuran dua kali atau lebih terhadap gejala yang sama dengan menggunakan alat pengukuran yang sama pula (Siregar, 2010). Peringatan potensi tsunami diperoleh dari parameter - parameter potensi tsunami yang melebihi ambang batas yang sudah ditentukan. Apabila parameter tersebut melebihi ambang batas maka diperoleh nilai 1 dan sebaliknya jika tidak melebihi ambang batas maka nilai yang didapatkan 0. Suatu kejadian gempa bumi yang berpotensi tsunami dapat dilihat dari parameter yang tercatat, jika parameter menunjukkan lebih dari atau sama dengan tiga parameter maka kejadian tersebut berpotensi tsunami, begitu pula sebaliknya apabila kurang dari tiga parameter maka tidak berpotensi tsunami.

Parameter-parameter potensi tsunami yang dihasilkan oleh *software* Joko tingkir dibandingkan dengan masalah pembangkit tsunami “It” yang berasal dari gempa bumi dapat ditentukan berdasarkan indeks deskriptif “I” yaitu 0-4 dari efek tsunami (kematian, luka-luka, kerusakan, rumah yang hancur), dan maksimum ketinggian air “h” dalam satuan meter yang diperoleh dari situs NOAA berupa data sejarah tsunami (<http://www.ngdc.noaa.gov>) untuk menentukan gempa bumi yang berpotensi tsunami yang dirumuskan sebagai berikut :

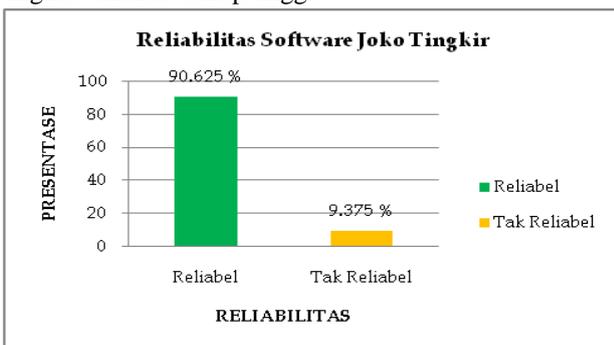
$$It = i_{\text{height}} + i_{\text{deaths}} + i_{\text{injuries}} + i_{\text{damage}} + i_{\text{houses}} - i_{\text{destroyed}}$$
 dimana $i_{\text{height}} = 4, 3, 2, 1, 0$ berturut-turut untuk $h \geq 10, 3, 0.5 \text{ m}, h > 0 \text{ m}, h = 0 \text{ m}$ (Lomax and micheini, 2009).

Apabila $It < 2$ dan atau $run \ up < 5$ maka kejadian tersebut tidak berpotensi tsunami, sedangkan $It \geq 2$ dan atau $run \ up \geq 5$ maka kejadian tersebut berpotensi tsunami. Untuk mengetahui validitas *software* Joko Tingkir dengan data dari NOAA dapat dilihat dari persamaan keputusan yang diperoleh dari Joko Tingkir dengan NOAA



Gambar 4.1. Diagram Presentase Validitas *Software* Joko Tingkir

Berdasarkan diagram diatas menunjukkan bahwa *software* Joko Tingkir dengan NOAA memiliki persamaan keputusan sebesar 90.625 % dari 32 data (dari 29 data yang sesuai) yang dilihat dari parameter Joko Tingkir serta It dan $run \ up$ pada NOAA. Hal ini menunjukkan bahwa *software* Joko Tingkir memiliki tingkat validitas cukup tinggi.



Gambar 4.2. Diagram Presentase Reliabilitas *Software* Joko Tingkir

Berdasarkan diagram diatas menunjukkan bahwa dari 32 *events* data gempa yang berbeda-beda ternyata terdapat 29 data hasil analisis dengan *software* Joko Tingkir sesuai dengan hasil pada data NOAA, sehingga memperoleh hasil presentase sebesar 90.625 % reliabel. Sedangkan pada 3 data dari 32 *events* hasil analisis *software* Joko Tingkir tidak sesuai dengan NOAA diperoleh presentase sebesar 9.375 % tidak reliabel.

B. Pembahasan

Seperti yang telah dijabarkan sebelumnya, penelitian ini memiliki fokus pembahasan pada dua hal yaitu validitas dan reliabilitas *software* Joko Tingkir sebagai alat deteksi dini bencana tsunami di Indonesia dengan menggunakan data lapangan tahun 1992-2014. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu durasi *rupture* (T_{dur}), periode dominan (T_d), T_{50Ex} , $T_d * T_{50Ex}$ dan $T_d * T_{dur}$.

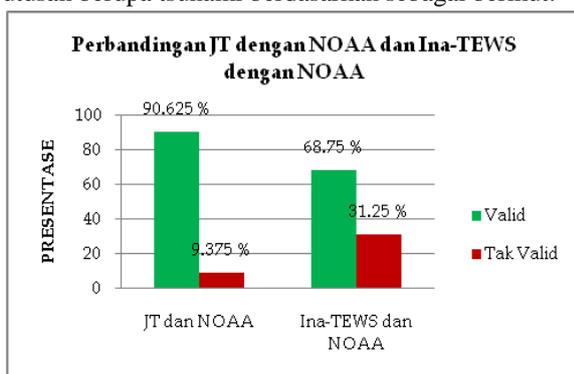
Parameter $T_d * T_{50Ex}$ dan $T_d * T_{dur}$ dapat diidentifikasi dengan benar untuk beberapa peristiwa yang berpotensi tsunami dengan $It = 14$ (tsunami), $M_w = 7.8$ untuk kejadian Mentawai 25 Oktober 2010, untuk kejadian Sumatera Utara 06 April 2010, $M_w = 7.8$ diperoleh $It = 1$ (tidak tsunami) tetapi pada Joko Tingkir berpotensi tsunami, lain halnya dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Madlazim, 2013) yang berjudul “*Assessment Of Tsunami Generation Potential Through Rapid Analysis Of Seismic Parameters*”. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengestimasi kedatangan gelombang P pada parameter-parameter potensi tsunami yaitu durasi *rupture* (T_{dur}), periode dominan (T_d), waktu *exceedance* (T_{50Ex}), $T_d * T_{50Ex}$ dan $T_d * T_{dur}$ untuk dua kejadian yaitu Sumatera Utara 06 April 2010 dan Mentawai 25 Oktober 2010. Pada penelitian sebelumnya mendapatkan hasil yang berbeda dengan penelitian ini yaitu pada kejadian Sumatera Utara 06 April 2010, hal tersebut dapat dilihat dari hasil yang diperoleh pada parameter T_{dur} , T_d , T_{50Ex} serta $T_d * T_{50Ex}$ dan $T_d * T_{dur}$.

Dari 32 *events* gempa bumi yang telah dianalisis menunjukkan bahwa 90.625 % data pada Joko Tingkir dengan data NOAA memiliki persamaan keputusan yang sama, sedangkan terdapat 9.375 % data pada Joko Tingkir kurang sesuai dengan data NOAA. Hal tersebut menunjukkan bahwa *software* Joko Tingkir memiliki tingkat validitas yang cukup tinggi.

Reliabilitas dari 32 *events* data gempa yang berbeda-beda ternyata terdapat 29 data hasil analisis dengan *software* Joko Tingkir sesuai dengan hasil pada data NOAA, sehingga memperoleh hasil presentase sebesar 90.625 % reliabel. Sedangkan pada 3 data dari 32 *events* hasil analisis *software* Joko Tingkir tidak sesuai dengan

NOAA diperoleh presentase sebesar 9.375 tidak reliabel. Hal tersebut dikarenakan distribusi stasiun tidak melingkupi episenter, jumlah stasiun yang digunakan terlalu sedikit, dan banyaknya noise (gangguan) yang susah untuk picking gelombang p.

Ina-TEWS membuat kriteria gempa bumi yang menimbulkan tsunami dengan syarat magnitudo ≥ 7 , episenter di laut, dan kedalaman < 100 km. Dilihat dari peringatan potensi tsunami berdasarkan parameter Tdur, Td, T50Ex, Td*T50Ex dan Td*Tdur pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 adapun gempa bumi yang tidak berpotensi tsunami dengan magnitudo ≥ 7.0 SR yaitu pada kejadian Halmahera 21 Januari 1994, Sulawesi 04 Mei 2000, Sumatera Selatan 12 September 2007, Sumatera Selatan 25 Februari 2008, Sulawesi 16 November 2008, Papua 03 Januari 2009, Celebes 11 Februari 2009, Padang 30 September 2009, Sumatera Utara 11 April 2012, dan N. Moluccas 15 November 2014. Sedangkan dalam teori dijelaskan bahwa salah satu karakteristik gempa bumi yang berpotensi tsunami yaitu pada magnitudo gempa ≥ 7.0 SR. Untuk mengetahui perbandingan *software* Joko Tingkir dengan InaTEWS dapat dilihat dari keputusan yang diperoleh dari Joko Tingkir dengan kriteria InaTEWS yaitu magnitudo ≥ 7.0 SR yang memberikan keputusan berupa tsunami berdasarkan sebagai berikut.



Gambar 4.3. Diagram Presentase Perbandingan JT Dengan NOAA Dan InaTEWS Dengan NOAA

Berdasarkan gambar 4.3 dari 32 *events* menunjukkan bahwa perbandingan antara Joko Tingkir dengan NOAA dan InaTEWS dengan NOAA terdapat perbedaan. Perbedaan tersebut terlihat pada nilai presentase sebesar 90.625 % valid yang diperoleh pada *software* Joko Tingkir dan 68.75 % valid pada Ina-TEWS. Pada diagram diatas terlihat bahwa sebesar 9.375 % tak valid pada *software* Joko Tingkir dan sebesar 31.25 % tak valid pada Ina-TEWS. Hal tersebut menunjukkan bahwa *software* Joko Tingkir memiliki tingkat validitas yang cukup tinggi dari Ina-TEWS jika dibandingkan dengan data sebenarnya (NOAA), dikarenakan pada Ina-TEWS memiliki kriteria gempa bumi menimbulkan tsunami dengan syarat magnitudo ≥ 7 , episenter di laut dan

kedalaman < 100 km, sedangkan pada *software* Joko Tingkir terdapat parameter lain yang digunakan sebagai indikator potensi selama ini. Parameter tersebut yaitu Tdur, Td, T50Ex serta Td*T50Ex dan Td*Tdur. Pada penelitian sebelumnya (Masturyono dkk, 2013) yang berjudul "*Validation Of "Joko Tingkir" In The Real Time Tsunami Warning System : A Preliminary Result"*". Tujuan penelitian tersebut yaitu untuk mencari validasi Joko Tingkir di sistem peringatan tsunami *real time*. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini dan penelitian sebelumnya mendapatkan hasil yang sama yaitu terdapat parameter yang diidentifikasi tidak benar pada gempa bumi dengan magnitudo ≥ 7.0 SR yang tidak berpotensi tsunami. Adapun parameter yang diidentifikasi dengan benar pada kejadian gempa bumi dengan magnitudo ≥ 7.0 SR yang menimbulkan tsunami dan terdapat magnitudo < 7.0 SR tidak menimbulkan tsunami.

SIMPULAN DAN SARAN

A. SIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan pada penelitian dengan judul Validitas Dan Reliabilitas *Software* Joko Tingkir Untuk Deteksi Dini Bencana Tsunami Di Indonesia Menggunakan Data Lapangan Tahun 1992-2014 didapatkan simpulan sebagai berikut:

1. Dari 32 kejadian gempa bumi diperoleh nilai presentase sebesar 90.625 % valid, hal ini menunjukkan bahwa *software* Joko Tingkir memiliki tingkat validitas yang cukup tinggi, sedangkan 9.375 % tidak sesuai pada *software* Joko Tingkir dengan data NOAA.
2. Untuk reliabilitas *software* Joko Tingkir dari 32 *events* data gempa yang berbeda-beda ternyata terdapat 29 data hasil analisis dengan *software* Joko Tingkir sesuai dengan hasil pada data NOAA, sehingga memperoleh hasil presentase sebesar 90.625 % reliabel. Sedangkan pada 3 data dari 32 *events* hasil analisis *software* Joko Tingkir tidak sesuai dengan NOAA diperoleh presentase sebesar 9.375 % tidak reliabel. Hal tersebut dikarenakan distribusi stasiun tidak melingkupi episenter, jumlah stasiun yang digunakan terlalu sedikit, dan banyaknya noise (gangguan) yang susah untuk picking gelombang p.
3. Perbandingan antara Joko Tingkir dengan NOAA dan InaTEWS dengan NOAA terdapat perbedaan. Perbedaan tersebut terlihat pada nilai presentase sebesar 90.625 % valid yang diperoleh pada *software* Joko Tingkir dan 68.75 % valid pada Ina-TEWS. Pada diagram diatas terlihat bahwa sebesar 9.375 % tak valid pada *software* Joko Tingkir dan sebesar 31.25 % tak valid pada Ina-TEWS. Hal tersebut menunjukkan bahwa *software* Joko Tingkir memiliki

tingkat validitas yang cukup tinggi dari Ina-TEWS jika dibandingkan dengan data sebenarnya (NOAA).

B. SARAN

Adapun saran untuk penelitian ini yaitu:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang penentuan parameter potensi tsunami terutama validitas dan reliabilitas data dengan menggunakan perhitungan Durasi *rupture* (T_{dur}), Periode dominan (T_d), dan T_{50Ex} ;
2. Perlu adanya penyaringan atau perkontrolan setiap stasiun pencatat kejadian gempa bumi agar bisa mengurangi terjadinya noise (gangguan).

DAFTAR PUSTAKA

- BMKG, Puslitbang. 2013. Rancangan Desain Perangkat Lunak Penentuan Potensi Tsunami Menggunakan Perhitungan Durasi *Rupture* (T_{dur}), Periode Dominan (T_d), dan T_{50Ex} . Jakarta.
- Geist, E. dan Yoshioka, S., 1996. Source Parameters Controlling the Generation and Propagation of Potential Local Tsunamis. *Natural Hazards* 13: 151-177.
- Latief, dkk. 2000. Current Tsunami Research Activities in Indonesia.
- Lomax, A. & Michelini, A., 2009b. Tsunami early warning using earthquake *rupture* duration. *Geophys. Res. Lett.*, 36, L09306, doi:10.1029/2009GL037223.
- Lomax, A. and A. Michelini, 2011. Tsunami early warning using earthquake *rupture* duration and P-wave dominant period: the importance of length and depth of faulting. *Geophys. J. Int.* 185, 283-291, doi: 10.1111/j.1365-246X.2010.04916.x.
- Lomax, A. and A. Michelini, 2012. Tsunami early warning within 5 minutes.
- Madlazim & E. Hariyono. 2011. Joko Tingkir Program for Estimating Tsunami Potensial Rapidly. AIP Proceedings.
- Madlazim. 2013. Assessment Of Tsunami Generation Potensial Through Rapid Analysis Of Seismic Parameters. *Science of Tsunami Hazard*, Vol 32, No. 1, Tsunami Society International, USA.
- Madlazim. 2012. Toward tsunami early warning system in Indonesia by using rapid *rupture* durations estimation. AIP Conf. Proc. 1454, pp. 142-145; doi:http://dx.doi.org/10.1063/1.4730707 (4 pages)
- INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHYSICS AND ITS APPLICATIONS: (ICPAP 2011)
- Masturyono. 2013. Validation Of “Joko Tingkir” In The Real Time Tsunami Warning System : A Preliminary Result. In the 3rd International Symposium on Earthquake and Disaster Mitigation, Yogyakarta.
- Siregar, Syofian. 2010. Statistika Deskriptif untuk Penelitian Dilengkapi Perhitungan Manual dan Aplikasi SPSS Versi 17 Edisi 1. Rajawali Pers : Jakarta.