



ILMU-ILMU TEKNIK KEBENCANAAN 2019

ILMU-ILMU TEKNIK KEBENCANAAN 2019



UNIVERSITAS LAMPUNG
Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Gedong Meneng
Rajabasa, Bandar Lampung 35145
Indonesia
www.unila.ac.id

ISBN 978-602-73260-3-3



ILMU-ILMU TEKNIK: Kebencanaan 2019

Editor

Shirley Savetlana

Irza Sukmana

Meizano Ardhi Muhammad

Afri Yudamson

Penerbit

UPT Perpustakaan Universitas Lampung

ILMU-ILMU TEKNIK: KEBENCANAAN 2019

ISBN

978-602-73260-3-3

EDITOR

Shirley Savetlana
Irza Sukmana
Meizano Ardhi Muhammad
Afri Yudamson

SAMPUL DAN TATA LETAK

Tim SIMTEK 2019

PENERBIT

UPT Perpustakaan Universitas Lampung

ALAMAT

Gedung Perpustakaan Universitas Lampung
Jl. Soemantri Brojonegoro no. 1 Gedongmeneng
Rajabasa, Bandar Lampung, Indonesia
35145
email: library@kpa.unila.ac.id

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Edisi Pertama; Cetakan Pertama ~ 2020

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan Karunia Allah SWT sehingga penyusunan buku ini dapat selesai. Buku ILMU-ILMU TEKNIK: Kebencanaan 2019 memuat tulisan karya ilmiah dari Simposium Nasional Ilmu-ilmu Teknik (SIMTEK) 2019.

Seperti pembaca ketahui Indonesia akhir-akhir ini sering dilanda bencana. Untuk itu para akademisi dan praktisi yang melakukan penelitian dalam bidang kebencanaan menyumbangkan hasil penelitian dalam bentuk tulisan ini. Diharapkan buku ini menjadi salah satu buku referensi bagi stake holder dalam hal mitigasi bencana. Buku ini memuat tulisan karya ilmiah bidang mitigasi bencana dari berbagai disiplin ilmu teknik. Artikel-artikel antara lain dari Teknik Sipil, Teknik Geofisika, Teknik Arsitektur, Teknik Kimia, Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Lingkungan, Teknik Logistik, Teknik Industri, Teknik Pertanian, dan Matematika. Semua bidang ilmu tersebut berkontribusi dalam bentuk tulisan ilmiah dari hasil penelitian para penulis di masing-masing bidang sehubungan dengan mitigasi bencana. Buku ini terdiri enam bagian yang terbagi dalam Bidang 1: Teknik Sipil, Planologi, dan Arsitektur, Bidang 2: Teknik Geologi, Geofisika, dan Geodesi, Bidang 3: Teknik Mesin dan Teknik Industri, Bidang 4: Teknik Elektro, Teknologi Informasi, dan Komputer, Bidang 5: Teknik Kimia dan Ilmu Lingkungan, dan Bidang 6: Sains Terapan dan Multidisiplin.

Akhir kata, kami berterima kasih kepada para penulis dan *reviewer* yang telah berkontribusi sehingga buku yang berisi hasil penelitian dalam bidang ilmu teknik dengan topik mitigasi bencana ini dapat terwujud. Kami berharap para pembaca menikmati buku ini dan buku ini dapat bermanfaat dalam hal mitigasi bencana di Indonesia.

Editor,
Shirley Savetlana
Irza Sukmana
Meizano Ardhi Muhammad
Afri Yudamson

DAFTAR ISI

EDITOR	II
KATA PENGANTAR	III
DAFTAR ISI.....	IV
BIDANG 1: TEKNIK SIPIL, PLANOLOGI, DAN ARSITEKTUR	1
Chapter 1: PROTOTIPE SISTEM MONITORING AIR LIMBAH INDUSTRI RAYON	3
Chapter 2: MITIGASI STRUKTURAL BENCANA PADA INFRASTRUKTUR SISTEM TRANSPORTASI	11
Chapter 3: PENGELOLAAN SUMBERDAYA AIR TERPADU BERBASIS GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) DI KABUPATEN MUSI RAWAS UTARA	21
Chapter 4: MODELING OF COLD LAVA FLOW SPATIAL ANALYSIS FOR MITIGATION OF VOLCANO DISASTER MERAPI	29
Chapter 5: ANALISIS KERENTANAN KAWASAN PERMUKIMAN TERHADAP BENCANA BANJIR (STUDI KASUS: KOTA PALEMBANG).....	45
Chapter 6: FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEPUTUSAN MASYARAKAT TETAP BERMUKIM DI KAWASAN RAWAN BENCANA BANJIR (STUDI KASUS: KALIBALAU KENCANA, KOTA BANDAR LAMPUNG)	52
Chapter 7: BATA SEGITIGA KEDAP AIR SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL KONSTRUKSI	67
Chapter 8: POLA PERMUKIMAN KAWASAN PESISIR BERKETAHANAN BENCANA STUDI KASUS TELUK BETUNG TIMUR, KOTA BANDAR LAMPUNG	76
Chapter 9: INVESTIGASI DAN EVALUASI GETARAN PADA PELAT BETON BERTULANG	86
Chapter 10: KEARIFAN LOKAL DALAM KONSTRUKSI TAHAN GEMPA BANGUNAN TRADISIONAL DI LIWA LAMPUNG BARAT	96
BIDANG 2: TEKNIK GEOLOGI, GEOFISIKA, DAN GEODESI.....	107
Chapter 11: POTENTIAL RISK MAPPING OF EARTHQUAKE DISASTER BASED ON SEISMIC VULNERABILITY INDEX IN PRAMBANAN AREA OF SLEMAN – KLATEN	109
Chapter 12: ANALISIS HIPOSENTER GEMPA BUMI LOMBOK (NTB) MENGGUNAKAN METODE GRID SEARCH DAN GEIGER	118

Chapter 13: INVESTIGASI ZONA POTENSI BENCANA AMBLESAN BERBASIS DATA GEOLISTRIK SCHLUMBERGER DAN WENNER DI PONJONG, GUNUNG KIDUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA	127
Chapter 14: IDENTIFICATION OF SLIP SURFACE USING 2D RESISTIVITY METHOD, CASE STUDY IN PIDADA, BANDAR LAMPUNG.....	138
Chapter 15: ASPECT AND CRITERIA OF GEOLOGICAL CONDITIONS FOR GROUNDWATER QUANTITY CONTROL	148
Chapter 16: APLIKASI CITRA SAR UNTUK PEMETAAN DEFORMASI AKIBAT GEMPA BUMI DENGAN METODE DINSAR.....	159
Chapter 17: IDENTIFIKASI DIMENSI FRAKTAL <i>EVENT</i> GEMPA BUMI MENGGUNAKAN METODE <i>B-VALUE</i> PADA DAERAH AMBON DAN SEKITARNYA	171
BIDANG 3: TEKNIK MESIN DAN TEKNIK INDUSTRI	181
Chapter 18: PENGARUH TEMPERING TERHADAP KEKERASAN BAJA AISI 1045 YANG DI QUENCHING DI MEDIA PENDINGIN TERSIRKULASI	183
Chapter 19: PENGARUH PARAMETER PEMESINAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN Ti 6AL-4V ELI PADA PEMESINAN <i>MICRO-MILLING</i>	204
Chapter 20: PENGARUH STRUKTUR KARBON TERHADAP KAPASITANSI KAPASITOR BERBAHAN KARBON AKTIF UNTUK APLIKASI SEBAGAI KOMPONEN SENSOR	215
Chapter 21: PENGARUH SEBARAN <i>TITANIUM PIECES SPACE HOLDER</i> (TPSH) TERHADAP KUALITAS MAGNESIUM BERPORI UNTUK APLIKASI SCAFFOLD TULANG MAMPU TERDEGRADASI	221
Chapter 22: PENGARUH VARIASI SUHU SINTERING TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK PRODUK MAGNESIUM BERPORI UNTUK APLIKASI IMPLAN TULANG	232
Chapter 23: PENGELOLAAN AIR BALAS KAPAL DI PERAIRAN PT. PELINDO I SESUAI REGULASI IMO MEPC 56/23 ANNEX 2 BERBASIS MITIGASI RISIKO LINGKUNGAN.....	242

BIDANG 4: TEKNIK ELEKTRO, TEKNOLOGI INFORMASI, DAN KOMPUTER	251
Chapter 24: VIRTUAL REALITY TOUR GUNUNG ANAK KRAKATAU ...	253
BIDANG 5: TEKNIK KIMIA DAN ILMU LINGKUNGAN	267
Chapter 25: KINETIKA REAKSI ETHERIFIKASI GLISEROL DAN TERT-BUTIL ALKOHOL MENJADI GLISEROL TERT-BUTIL ETER (GTBE)	269
Chapter 26: ETERIFIKASI GLISEROL DAN TERT-BUTIL ALKOHOL DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS PADAT MENJADI GLISEROL TERT-BUTIL ETER (GTBE) (TINJAUAN PENGARUH WAKTU REAKSI DAN JUMLAH KATALIS TERHADAP KONVERSI GTBE YANG DIHASILKAN)	278
BIDANG 6: SAINS TERAPAN DAN MULTIDISIPLIN.....	289
Chapter 27: ANALISIS PENEMPATAN GUDANG BANTUAN TANGGAP DARURAT BENCANA ALAM KABUPATEN PANGANDARAN MENGGUNAKAN <i>SET COVERING PROBLEM</i> DAN <i>ANP</i> ..	291
Chapter 28: OPTIMASI PENDIRIAN FASILITAS PENGUMPULAN DONASI BENCANA MENGGUNAKAN <i>MAXIMUM COVERING PROBLEM</i> DAN <i>P-CENTER</i>	301
Chapter 29: KORESPONDENSI LINTASAN MATAHARI DAN BULAN SEBAGAI DASAR UNTUK MEMBANGUN MODEL DAN DATABASE EKSTREM KALENDERISASI BULAN PURNAMA DAN BULAN MATI.....	309
Chapter 30: PEMETAAN ESTIMASI DAERAH RAWAN TSUNAMI DAN WILAYAH LAYANAN EVAKUASI BERDASARKAN SKENARIO WAKTU KEPUTUSAN EVAKUASI DI WILAYAH PESISIR KOTA BANDAR LAMPUNG	316

IDENTIFIKASI DIMENSI FRAKTAL *EVENT GEMPA BUMI* MENGGUNAKAN METODE *B-VALUE* PADA DAERAH AMBON DAN SEKITARNYA

**Muhamad Farhan Yassar^{1,2}, Ahmad Asmara Kandi^{1,2}, Ozza Dinata^{1,2},
Ida Bagus Suananda Yogi^{1,2}, I Gede Boy Darmawan^{1,2,*}**

¹ Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Teknik Universitas Lampung

² Tim Riset Unila Geoscience Teknik Geofisika Universitas Lampung

*Email: igedeboy@staff.unila.ac.id

Abstrak: Gempa bumi yang terjadi pada tanggal 26 September 2019 di daerah Ambon, Maluku telah menimbulkan guncangan pada beberapa daerah dengan intensitas antara V hingga VI dalam skala *Mercalli Modified Intensity* (MMI). Gempa bumi yang terjadi ini dapat diklasifikasikan sebagai gempa bumi dangkal yang dengan mekanisme sumber gempa bumi berjenis *strike-slip* berarah Timur Laut - Barat Daya. Gempa bumi yang sering bersifat acak dan sulit diperkirakan membuat kegiatan untuk memprediksi kejadiannya juga sulit, baik magnitudo maupun lokasinya. Studi seismisitas dan kegempaan telah banyak dilakukan untuk memperkirakan pola kegempaan, salah satunya adalah analisis *b-value* sebagai parameter penting yang berkontribusi dalam penentuan besaran percepatan muka tanah dengan Teori Probabilitas Total. Penelitian ini menganalisis *b-value* menggunakan data katalog gempa bumi (USGS) berupa gempa *mainshock* sebanyak 912 event dalam rentang tahun 1700-2019. Hasil pengolahan data *mainshock* dengan ZMAP diperoleh nilai *b-value* sebesar $1,03 \pm 0,03$, sedangkan berdasarkan pengolahan secara numerik diperoleh nilai *b-value* sebesar 1,0069. Hasil ini menunjukkan karakteristik gempa di wilayah Ambon dan sekitarnya didominasi oleh deformasi pada daerah *shallow intraplate*. Selanjutnya dengan menggunakan persebaran gempa yang pernah terjadi beserta dengan nilai *b value* diperoleh nilai dimensi fraktal (*d-fractal*) sebesar $2,03 \pm 0,03$. Kondisi ini mengindikasikan potensi *event* gempa bumi di wilayah Ambon dan sekitarnya relatif masih cukup besar.

Kata kunci: *b-value*, dimensi fraktal, gempa bumi, magnitudo, *mainshock*

I. PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah berguncangnya bumi yang diakibatkan oleh adanya patahan aktif, aktivitas gunung api, runtuhan batuan, dan tumbukan akibat pergerakan lempeng bumi [1]. Pergerakan lempeng-lempeng bumi ini menghasilkan akumulasi energi yang menjadi penyebab utama terjadinya gempa bumi. Energi yang dihasilkan dipancarkan ke segala arah dalam bentuk gelombang seismik sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi sebagai getaran atau guncangan tanah [2]. Secara garis besar di wilayah pesisir teluk Ambon terdapat dua satuan morfologi, yaitu satuan morfologi perbukitan tinggi dan satuan morfologi dataran pantai. Daerah perbukitan tinggi memiliki lereng-lereng yang terjal dengan kemiringan 30-70%, dan jalur-jalur punggungan yang mengarah ke teluk Ambon. Pulau Buru, Pulau Ambon, dan Pulau Seram memiliki

karakteristik geomorfologi yang sama yaitu didominasi oleh pegunungan struktural. Pulau Buru merupakan hasil pengangkatan berbentuk pegunungan dome yang dikelilingi oleh basin. Sedangkan pada Pulau Seram bagian baratnya merupakan pegunungan struktural yang tinggi (1.000-1.300 mdpl).

Pada hari kamis, tanggal 26 September 2019 jam 06:46:44 WIB dengan magnitude 6.5. Pusat gempa bumi (epicenter) terletak pada koordinat 3.43° LS - 128.46° BT terletak di Pulau Seram, Indonesia pada kedalaman 10 km. Gempa bumi tersebut telah menimbulkan guncangan pada beberapa daerah dengan intensitas antara V hingga VI dalam skala *Mercalli Modified Intensity* (MMI). Gempa bumi yang terjadi ini bisa diklasifikasikan sebagai gempa bumi dangkal yang dengan mekanisme sumber gempa berjenis *strike-slip* berarah timur laut barat daya [3]. Sifat gempa yang sering bersifat acak dan sulit diperkirakan membuat banyak peneliti tidak bisa memprediksi kejadiannya, baik *magnitude* maupun lokasinya.

Studi seismisitas telah banyak dilakukan untuk memperkirakan pola kegempaan, misalnya analisa nilai-b sebagai parameter penting yang berkontribusi dalam penentuan besaran percepatan muka tanah dengan teori Probabilitas Total [4]. Di samping itu, heterogenitas geologis suatu wilayah yang berbeda, memiliki dampak bahaya gempa yang juga berbeda. Umumnya ketidakteraturan pola hiposenter gempa, dapat diamati berdasarkan kegempaan yang pernah terjadi sebelumnya, karena secara geofisis daerah yang pernah mengalami gempa akan mengakibatkan terjadinya deformasi pada batuan di dalam lapisan tanah sebagai akibat dari akumulasi energi yang tersimpan cukup lama [2]. Pola aktivitas kegempaan pada zona gempa di suatu wilayah dapat diamati dengan distribusi fraktal. Dalam beberapa penelitian terdahulu, berdasarkan analisa fraktal, terdapat kecenderungan pola gempa yang tak biasa sebelum gempa besar terjadi [5].

II. MATERIAL DAN METODE

Katalog Gempa wilayah Ambon dan sekitarnya meliputi pulau Ambon sampai laut Banda, dimulai dari tahun 1700-2019 dari katalog Preliminary National Earthquake Information Center USGS (NEIC-USGS). magnitudo yang memenuhi syarat untuk dihitung dimensi fraktalnya adalah antara 4,5 hingga 6,5 sehingga data yang diambil adalah data yang bermagnitudo antara 4,5 – 6,5 [6].

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam pengolahan data pada penelitian ini antara lain adalah laptop, software zmap, software matlab, Microsoft excel dan data katalog gempa USGS. Laptop digunakan untuk mengolah keseluruhan pekerjaan, kemudian software matlab dan. ZMAP digunakan untuk menghitung besar Histogram, kedalaman, waktu, dan jam dalam sehari pengguna dapat dengan cepat memilih himpunan bagian dalam ruang, waktu, dan magnitudo, histogram plot, menghitung nilai b atau p, membandingkan distribusi frekuensi-magnitudo periode dan lokasi waktu yang berbeda, membandingkan aktivitas siang dan malam hari, menghitung dimensi fraktal dari hiposenter, membuat penampang, topografi *overlay*, menghitung inversi *stres-tensor*, dan banyak lagi.

Perangkat lunak lainnya adalah QGIS, yang mana QGIS memungkinkan pengguna untuk membuat peta dengan banyak lapisan menggunakan berbagai proyeksi peta. Peta dapat dihimpun dalam format yang berbeda dan untuk kegunaan yang berbeda. QGIS memungkinkan peta yang akan terdiri dari lapisan raster atau vektor. Tipikal untuk jenis perangkat lunak, data vektor disimpan baik sebagai titik, garis, atau ciri-polygon. Berbagai jenis citra raster yang didukung, dan perangkat lunak ini dapat menampilkan citra georeferensi [4-5, 7].

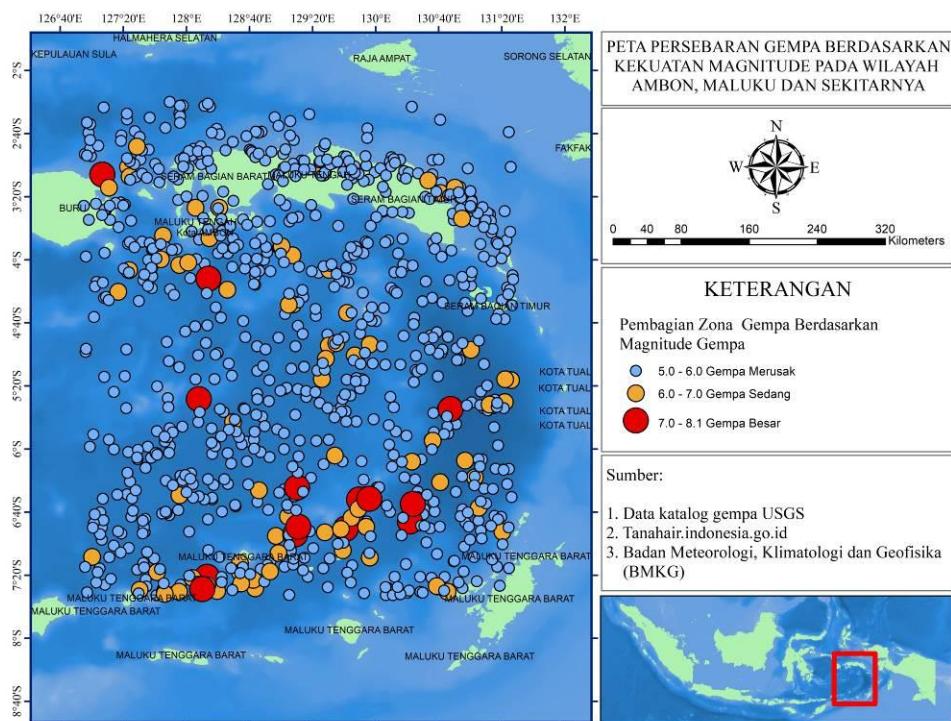
2.2 Metode Penelitian



Gambar 1. Tahapan kegiatan pengolahan data gempa

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

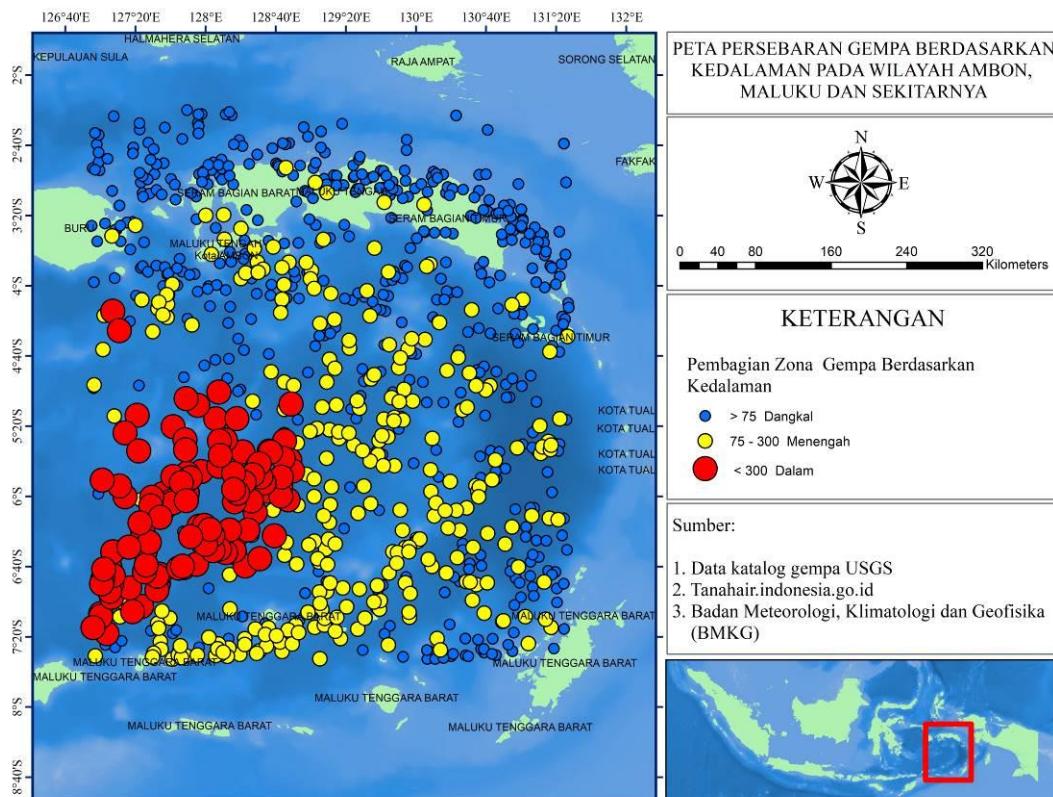
Berdasarkan data gempa bumi periode 1700-2019 atau sekitar 319 tahun yang diperoleh dari data katalog gempa USGS (*United States Geological Survey*), dapat diketahui gempa yang terjadi di wilayah ambon dan sekitarnya berjumlah 9512 event gempa bumi, akan tetapi setelah dilakukan pengolahan data lebih lanjut menggunakan software matlab didapatkan data gempa main shock 917 event data gempa bumi dengan magnitude of completeness (Mc) lebih dari sama dengan 5.3 SR.



Gambar 2. Peta sebaran magnitude *mainshock* di wilayah sekitar Pulau Ambon.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa distribusi frekuensi dari magnitude yang dihasilkan pada peta menjelaskan mengenai hubungan antara magnitude dengan banyaknya jumlah gempa yang terjadi. Berdasarkan peta sebaran magnitude yang telah dibuat maka dapat diperhatikan bahwa gempa dengan magnitude besar banyak terjadi di wilayah lautan banda hal ini dikarenakan pada daerah tersebut terdapat zona subduksi sehingga pergerakan antar lempeng tersebut menyebabkan terjadinya gempa. Menurut BMKG, gempa berdasarkan kekuatan gempanya dapat dibedakan menjadi 7 bagian yaitu gempa bumi sangat besar $M > 8$ SR (Skala Richter), gempa bumi besar $M 7-8$ SR, gempa bumi merusak $M 5-6$ SR, gempa bumi sedang $M 4-5$ SR, gempa bumi kecil $M 3-4$ SR, gempa bumi mikro $M 1-3$ SR dan gempa bumi ultra mikro $M < 1$ SR. Berdasarkan klasifikasi dari

BMKG tersebut maka dapat dikatakan bahwa gempa yang berada pada wilayah Ambon dan sekitarnya berada dalam kategori gempa merusak hal ini dikarenakan *mainshock* yang didapatkan memiliki kekuatan gempa paling rendah berada pada 5 SR.

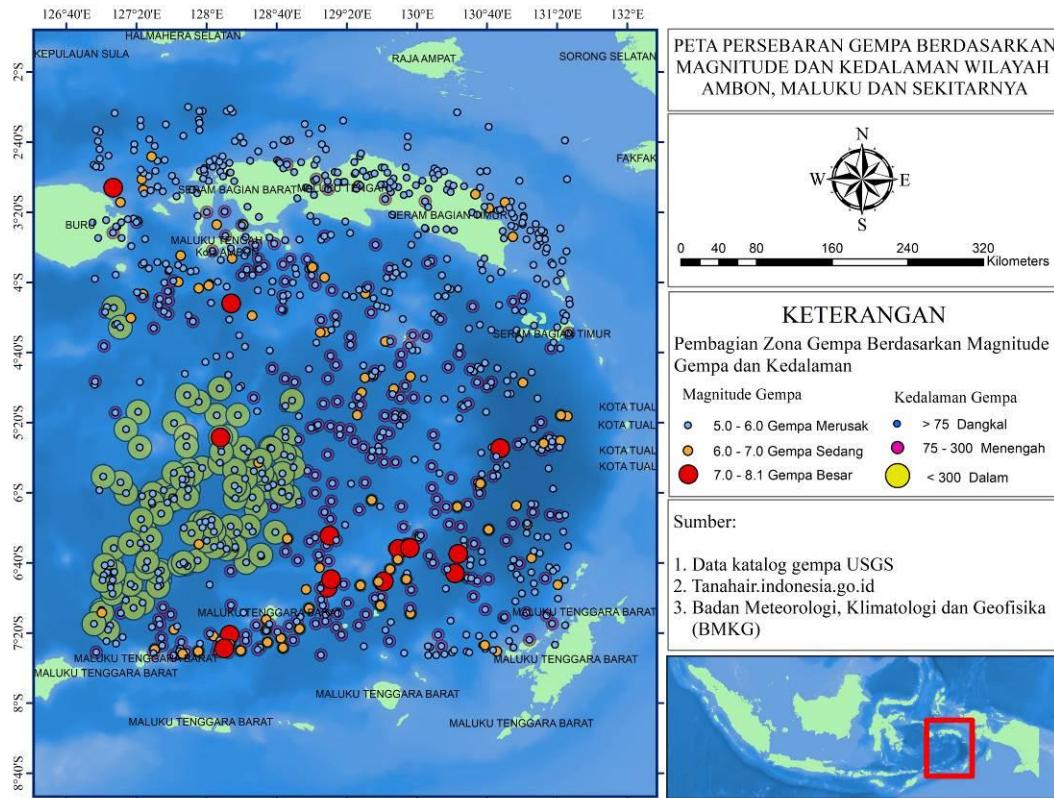


Gambar 3. Peta sebaran gempa berdasarkan kedalaman di sekitar Pulau Ambon.

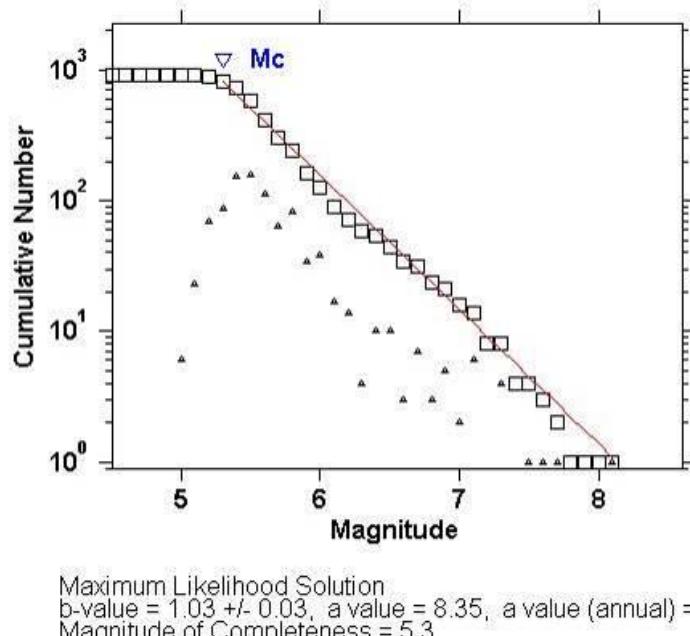
Klasifikasi kedalaman gempa bumi dibedakan menjadi tiga bagian yaitu:, kedalaman fokus (*hypocentre*) sebagai berikut: gempa bumi dangkal, (*shallow*) kurang dari 70 km, gempa bumi menengah (*intermediate*), kurang dari 300 km, dan gempa bumi dalam (*deep*) lebih dari 300 km atau 450 km. Berdasarkan klasifikasi tersebut maka pada Gambar 3 menjelaskan bahwa kedalaman gempa yang terjadi pada daerah penelitian rata-rata berada pada tingkat menengah yaitu pada kedalaman antara 75 km sampai dengan 300 km [8].

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat korelasi antara kedalaman dan magnitude gempa pada daerah penelitian yaitu pada daerah dekat dengan pulau maluku banyak sekali gempa yang terjadi dengan kedalaman kurang dari 75 km akan tetapi memiliki intensitas gempa 5-6 SR, kemudian terdapat pula gempa yang memiliki kedalaman yang sama yaitu kurang dari 75 km akan tetapi gempa tersebut memiliki tingkat inten sitas dengan range 6-8

SR, gempa dengan intensitas sebesar itu dikhawatirkan akan dan kemungkinan besar akan menyebabkan tsunami.

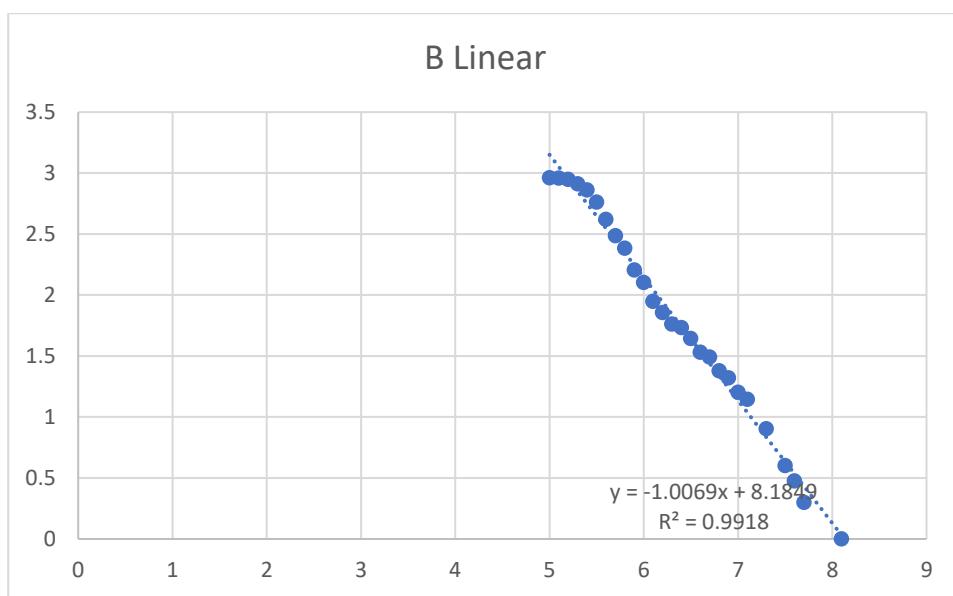


Gambar 4. Sebaran kedalaman dan magnitude gempa di sekitar Pulau Ambon.



Gambar 5. Nilai a value, b value dan Mc dengan software z-map pada data gempa di sekitar Pulau Ambon

Pada penelitian ini digunakan dua cara berbeda untuk menentukan nilai *b-value* yang berdasarkan data *mainshock* yang sama, hal ini dilakukan agar dapat membandingkan dan membuktikan mengenai keakuratan dan benar atau tidaknya data yang didapatkan berdasarkan pengolahan secara manual dan otomatis. Secara teori *b-value* merupakan parameter keadaan tektonik suatu daerah dimana terjadi gempa bumi tergantung dari sifat batuan setempat dan berdasarkan hasil penelitian para ahli sebelumnya.



Gambar 6. Grafik *a*-value dan *b*-value hasil analisis fraktal data gempa di sekitar Pulau Ambon.

Nilai *b-value* yang tinggi memiliki tingkat kerapuhan batuan yang tinggi pula dan daya tahan batuan terhadap *stress* rendah, sedangkan *b-value* yang kecil berarti makin kecil pula tingkat kerapuhan batuannya dan daya tahan batuan terhadap *stress* besar [9]. Berdasarkan hasil yang didapatkan dengan menggunakan perhitungan secara otomatis menggunakan software zmap didapatkan nilai *b-value* sebesar 1.03 dengan +/- 0.03, sedangkan secara perhitungan manual didapatkan nilai *b-value* sebesar 1.0069 dengan R^2 sebesar 0.9918. Berdasarkan kedua perhitungan tersebut maka dapat dikatakan bahwa hasil perhitungan yang dihasilkan sangat akurat baik secara otomatis ataupun secara manual, hal ini dibuktikan dengan didapatkannya nilai R^2 pada pengolahan manual sebesar 0.9918, nilai tersebut menjelaskan jika perhitungan yang dilakukan hampir sama persis dengan kondisi sebenarnya dengan tingkat kesalahan yang dihasilkan hanya 0.0082.

IV. KESIMPULAN

Hasil pengolahan data *mainshock* dengan ZMAP diperoleh nilai b-value sebesar $1,03 \pm 0,03$, sedangkan berdasarkan pengolahan secara numerik diperoleh nilai b-value sebesar 1,0069. Hasil ini menunjukkan karakteristik gempa di wilayah Ambon dan sekitarnya didominasi oleh deformasi pada daerah shallow intraplate. Selanjutnya dengan menggunakan persebaran gempa yang pernah terjadi beserta dengan nilai *b-value* diperoleh nilai dimesi fraktal (*d-fractal*) sebesar $2,03 \pm 0,03$. Kondisi ini mengindikasikan potensi *event* gempa bumi di wilayah Ambon dan sekitarnya relatif masih cukup besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada USGS atas pemberian penggunaan data katalog gempa bumi, serta seluruh pihak yang membantu dalam penulisan hasil penelitian ini seperti ZMAP dan QGIS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Supartoyo, Solikhin, A., Hidayati, S., Omang, A., Afif, H., Subandriyo, Kristianto, Syahrial, E., Minarno, P.A., Natalia, M.C., Turjono, G., Juanda dan Yayo. (2016). Hasil survei tanggap darurat gempa bumi Pidie 6.5 SR. *Laporan kegiatan*, Jakarta.
- [2] BMKG. (2010). Integrasi Pengamatan Parameter Geofisika Dalam Usaha Prediktabilitas Gempa bumi. *Laporan Akhir Program Insentif Kementerian Negara Riset dan Teknologi Tahun 2010*. Puslitbang BMKG, Jakarta.
- [3] BMKG. (2019). Ulasan guncangan tanah akibat gempa bumi di Ambon Maluku. *Laporan bidang seismologi teknik* – BMKG.
- [4] Makrup, L. (2011). Kurva Percepatan Tanah Puncak dan Seismik Hazard. *Laporan Penelitian Hibah Institut*, Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- [5] Ramadhani, A.Y., (2012), Seismicity in Java, Indonesia; Spatial & Temporal Study Using Fractal Dimension & b-value. *Thesis*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- [6] Turcotte, D. L. (1992). Fractals, chaos, self-organized criticality and tectonics. *Terra Nova*, 4(1), 4–12.
- [7] Malone, Steve. 2001, *Electronic Seismologist*. Geophysics.,Seattle, University of Washington
- [8] Fowler, C. M. (1996). *The Solid Earth: An Introduction to global geophysics*. cambridge: cambridge university press.

- [9] Scholz, C., 1968, the Frequency Magnitude Relation of Micro Fracturing in Rock and its Relation to Earthquake, Bulletin of the Seismological Society of America 58: 399-415.