

ISSN: 2598-7291



PROSIDING
SEMINAR NASIONAL dan RAPAT TAHUNAN
MIPAnet 2017
“SAINS UNTUK KEHIDUPAN”



FMIPA Universitas Sam Ratulangi
Manado, 24 - 26 Agustus 2017



PENGANGGUNG JAWAB

Dr. Ir. Sri Nurdyati, M.Sc (Sekretaris Jenderal MIPAnet)
Prof. Dr. Benny Pinontoan, M.Sc (Dekan FMIPA UNSRAT)

EDITOR:

1. Feky R. Mantiri, M.Sc, P.h.D
2. Djoni Hatidja, M.Si
3. Dr. Nelson Nainggolan, M.Si
4. Dr. Henry Aritonang, M.Si
5. Christie Montolalu, M.Sc

DESAIN COVER: Parluhutan Siahaan, M.Si.

TIM PENILAI MAKALAH (REVIEWER)

1. Prof. Dr. Win Darmanto, M.Si., Ph.D
Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga
Surabaya
2. Prof. Dr. Ir. Hery Simbala, M.Si
Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Sam Ratulangi Manado
3. Prof. Warsito, S.Si, DEA, Ph.D
Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Lampung
4. Dr, Hanny Sangian, M.Si
Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Sam Ratulangi Manado
5. Prof. Dr. Benny Pinontoan, M.Sc
Jurusan Matematika, FMIPA Universitas Sam Ratulangi Manado
6. Prof. Dr. John S. Kekenusa, MS
Jurusan Matematika, FMIPA Universitas Sam Ratulangi Manado
7. Prof. Dr. Julius Lolombulan, MS
Jurusan Matematika, Universitas Negeri Manado
8. Prof. Dr.Zulkarnain Chaidir, MS
Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Andalas Padang
9. Prof. Dr. Ir. Julius Pontoh, M.Sc
Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Sam Ratulangi Manado
10. Dr Teti Sutriyati Tuloli, M.Si., Apt
Jurusan Farmasi Universitas Negeri Gorontalo
11. Prof. Dr. Fatimawali, M.Si, Apt
Program Studi Farmasi, FMIPA Universitas Sam Ratulangi Manado

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur panitia panjatkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa atas segala rahmat dan berkat-Nya sehingga kegiatan Seminar dan Rapat Tahunan *MIPAnet* 2017 ini dapat terlaksana.

Seminar dan Rapat Tahunan atau Semirata *MIPAnet* 2017 ini bertujuan untuk mewadahi penemuan-penemuan terkini dalam bidang Sains dan yang terkait sehingga terjadi pertukaran informasi di antara para peneliti dan juga sebagai wadah konsolidasi bagi para pimpinan atau dekan-dekan bidang MIPA di berbagai perguruan tinggi se-Indonesia untuk kemajuan pendidikan dan penelitian Sains dan bidang terkait lainnya. Semirata tahun ini diberi thema: “Sains untuk Kehidupan” dengan harapan sains yang ada saat ini akan dapat meningkatkan kesejahteraan dan kualitas hidup manusia.

Terselenggaranya Semirata ini adalah berkat kerjasama dan dukungan berbagai pihak, dan oleh karena itu kami panitia berterimakasih setinggi-tingginya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Ellen Joan Kumaat, M.Sc.,DEA selaku Rektor Universitas Sam Ratulangi Manado,
2. Ibu Dr. Ir. Sri Nurdiati, M.Sc. selaku Sekretasi Jenderal *MIPAnet*, dan
3. Bapak Prof. Dr. Benny Pinontoan, M.Sc. selaku Dekan Fakultas MIPA Unsrat, yang telah memberi dukungan yang maksimal baik secara moril maupun materil agar kegiatan ini terlaksana dengan baik.

Kami sampaikan juga terimakasih banyak atas kesediaan para *keynote speaker* dan *invited speaker* untuk memberikan pencerahan dan membagi ilmu dan pengalamannya di bidangnya masing-masing, dan diantaranya:

1. Bapak Olly Dondokambey, S.E. (Gubernur Sulawesi Utara)
2. Dr. Muhammad Dimyatin (Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristekdikti)
3. Prof. dr. Amin Subandrio W. Kusumo, Ph.D.,Sp.MK(K) (Direktur Lembaga Molekuler Eijkman)
4. Dr. Ariel Liebman, (Deputy Director Energy Materials and System Institute, Monash University, Australia)
5. Prof. Dr. Ken Seng Tan, (READI Project, University of Waterloo, Canada)
6. Dr. Laksana Tri Handoko (Deputi Bidang Ilmu Pengetahuan Teknik, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, LIPI)
7. Prof. Dr. Wolfgang Nellen, (Universität Kassel, Germany)
8. Prof. Dr. Andreas Ernst (Deputy Director of MAXIMA, Monash University, Australia)

Kepada semua Dekan-dekan anggota *MIPAnet* dan juga kepada kontributor atau pemakalah yang mempresentasikan makalahnya, para peserta yang mengikuti, sponsor maupun donator serta kepada PBI (Persatuan Biologi Indonesia) yang telah bekerjasama dan membantu terlaksananya kegiatan ini, kami atas nama seluruh panitia mengucapkan terimakasih.

Akhir kata, semoga seminar ilmiah di Manado ini membawa manfaat sebesar-besarnya bagi kehidupan bangsa dan negara Indonesia.

Manado, 24 Agustus 2017
Ketua Panitia

Ir. Feky Mantiri, M.Sc., Ph.D

Kata Sambutan Sekjen MIPAnet

MIPAnet (www.mipanet.or.id) yang dibentuk pada awal tahun 1999 di ITB Bandung adalah sebuah Jaringan Kerjasama Nasional Lembaga Pendidikan Tinggi Bidang MIPA yang beranggotakan Dekan FMIPA, Dekan FPMIPA, Dekan FST, dan Dekan FBIO. Pendirian MIPAnet bertujuan untuk meningkatkan kualitas sumberdaya keilmuan dan pendidikan bidang MIPA, memperjuangkan kepentingan seluruh anggota serta meningkatkan peran bidang MIPA dan Pendidikan MIPA bagi pembangunan Indonesia.

Setiap tahun MIPAnet menyelenggarakan seminar ilmiah yang dimaksudkan sebagai wadah untuk diseminasi hasil penelitian terbaru dari para pakar maupun peneliti bidang sains di Indonesia. Seminar yang diselenggarakan di Manado ini mengusung tema Sains untuk Kehidupan, yang menyajikan hasil penelitian di bidang Statistika, Matematika, Aktuaria, Biologi, Kimia, Farmasi, Pendidikan MIPA dan bidang terkait lainnya. Narasumber dari kegiatan ini adalah para pakar di berbagai bidang ilmu yang datang dari beberapa Negara, antara lain Kanada, Australia, Jerman dan Indonesia.

Kami berharap agar para pakar dan pembicara dalam seminar ini bisa sharing hasil penelitiannya, sehingga seluruh peserta seminar mendapatkan manfaat yang sebesar-besarnya dari kegiatan ilmiah ini. Kami juga berharap agar hasil diskusi dari pertemuan ilmiah ini dapat menjadi inspirasi, khususnya bagi para peneliti muda agar mereka dapat berkarya lebih produktif lagi di waktu-waktu mendatang.

Atas nama Pimpinan MIPAnet, kami mengucapkan terima kasih kepada Bapak Gubernur Sulawesi Utara, Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan - Kemenristekdikti, Rektor Universitas Sam Ratulangi, para narasumber, Pimpinan FMIPA Universitas Sam Ratulangi, para sponsor, panitia serta semua pihak yang telah mendukung suksesnya acara ini serta semua pihak yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk hadir dan berpartisipasi dalam kegiatan ini. Semoga semua jerih payahnya dicatat Allah dan dibalasNya dengan pahala tanpa batas. Amin.

Akhir kata, semoga seminar ilmiah di Manado ini berjalan lancar dan membawa manfaat sebesar-besarnya bagi kehidupan bangsa dan negara Indonesia.

Manado, 24 Agustus 2017
Sekretaris Jenderal MIPAnet

Dr. Ir. Sri Nurdianti, M.Sc

Keynote Speaker

INFORMATION TECHNOLOGY AND MATHEMATICS IS USED TO ADDRESS INDONESIA'S AND AUSTRALIA'S ENERGY CHALLENGES

Dr. Ariel Liebman

Deputy Director Energy Materials and System Institute
Monash University, Australia

Abstract

For the 150 years or more since the end of the industrial revolution in Europe, the fate of society, industry and national and global economies has been intimately tied with the energy sector. This is true whether we are talking about electricity, coal, oil or natural gas whose use has underpinned the massive technological changes that began in Europe and have swept over the world leading to economic growth and unprecedented material prosperity. While this has been largely regarded as desirable it has led to both rising CO₂ levels in the atmosphere and their associated climate crisis as well as depletion of fossil fuels reserves leading to cost increases and economic challenges for many developing countries.

In order to continue serving the needs of human social and community development, especially in developing countries such as Indonesia, a different approach to energy supply is required. Fortunately great progress has been made in the development of cheap renewable energy resource such as wind farms, solar photovoltaic (PV) panels as well as information technology enabled smart grid infrastructure. These technologies are being combined to provide cheap sustainable energy in countries around the world including Australia which has reached 10% solar PV penetration in the last 10 years.

These technologies can provide affordable energy solutions for both centralised energy production in areas well served by large scale electricity transmission grids in areas around the island of Java in Indonesia as well as in remote areas such as Indonesia's many islands and remote communities on large islands such as Kalimantan. This is equally relevant to remote communities in Australia that are separated from the larger population centres by vast deserts and other large developing regions such as India and Africa.

However, in order to efficiently and rapidly integrate these new technologies on a large scale several technical challenges need to be addressed. Most of these lie at the interface of the disciplines of Mathematics, Engineering, Information Technology and Economics. This talk will cover how these challenges are being tackled through the cross disciplinary approach taken within Monash University and the Australia Indonesia Centre energy cluster in a collaboration between Australian and Indonesian Universities. In particular this talk will focus on the application of the fields of optimisation, data science and machine learning to the solution of these problems.

Keynote Speaker

**AGRICULTURAL INSURANCE RATEMAKING: DEVELOPMENT OF
A NEW PREMIUM PRINCIPLE**

Ken Seng Tan

Sun Life Fellow in International Actuarial Science

University of Waterloo, Canada

Abstract

Determining the appropriate premium to charge for the underlying risk is central to delivering a sustainable agricultural insurance program. While this is fundamental to all types of insurance, in agriculture this is a particularly challenging task given systemic risk, information asymmetry, and a number of multifaceted factors pertaining to the loss experience data, including scarcity and credibility. The objective of this paper is to formally introduce premium principles to the agricultural insurance literature, with a focus on a new premium principle approach based on the multivariate weighted distribution. The multivariate weighted premium principle (MWPP) formalizes the reweighting of historical loss experience using external factors in order to refine the agricultural insurance pricing. These external factors may reflect systemic risk and include material information, such as economic and market conditions, weather, soil, etc. In the empirical study, a unique reinsurance data set from the province of Manitoba, Canada, is used to evaluate a number of potential premium principles. With the flexibility of the MWPP, the empirical results indicate that the MWPP approach can be a viable premium principle for pricing agricultural insurance. Furthermore, the MWPP redistributes premium rates and assigns increased loadings to higher risk layers, helping reinsurers manage their reserves and achieve improved sustainability in the long term.

Joint work with Wenjun Zhu and Lysa Porth.

Keynote Speaker

CRISPR/Cas9: BASICS AND APPLICATIONS IN "GENE SURGERY"

Prof. Dr. Wolfgang Nellen

Genetika Biologi - Universität Kassel, Germany

Abstract

The new gene editing tool CRISPR/Cas9 is derived from a defence system found in many archaea and eubacteria. In function it is similar to the adaptive immune system in higher animals but has an entirely different biochemical basis. Basic research and profound understanding of CRISPR/Cas has led to the development of an easy and efficient molecular tool to target specific regions in genomes of microbes, plants and animals including humans and to precisely introduce mutations in defined genes. In addition, complete genes or gene domains can be removed or foreign genes can be inserted. Further modifications of the system even allow for targeted epigenetic modifications. After a brief presentation of the origins and biochemistry of bacterial CRISPR/Cas systems, I will give examples for applications in biotechnology, animal and plant breeding and in medicine. With the recent advancements in modifying human embryos, ethical questions become highly relevant and will be discussed. Especially in Europe, legal issues have a substantial impact on applications and may prevent applications. A careful case by case evaluation of risks and benefits has to be done to avoid misuse and to still profit from the immense potential of the technology. As documented by China, there are great chances for Asian countries to go their own way beyond the dominance of the western world.

Keynote Speaker

PERAN BIOLOGI MOLEKULER DALAM PEMETAAN KEANEKARAGAMAN HAYATI

Amin Soebandrio^{1,*}

¹ Lembaga Biologi Molekuler Eijkman, Jl. Diponegoro 69 Jakarta 10430.

*Email: www.eijkman.go.id

Abstrak

Indonesia dikenal sebagai negara dengan keanekaragaman hayati terbesar kedua di dunia, bahkan mungkin nomor satu jika keanekaragaman hayati laut diperhitungkan. Perlu dipahami bahwa Keanekaragaman hayati tidak hanya terbatas pada flora, fauna, tetapi juga termasuk keragaman mikroba dan manusia. Saat ini sebagian besar pemetaan keanekaragaman hayati di Indonesia dilakukan dengan mempelajari keragaman fenotip atau bentuk (morfologi), dan proses metabolisme/biokimia dan metabolit yang dihasilkannya. Teknologi biologi molekuler memungkinkan analisis lebih dalam dan rinci dalam membedakan suatu makhluk dari makhluk lainnya. Pendekatan ini telah memungkinkan dilakukannya pemetaan sebaran tipe-tipe virus Dengue dan virus Hepatitis B diseluruh Indonesia, yang dapat memberikan informasi dasar bagi strategi pengembangan diagnostik dan vaksin. Kombinasi teknologi *polymerase chain reaction* (PCR), *sequencing*, dan bioinformatika telah membantu memastikan ada/tidaknya ketrekaitan patogen yang diisolasi di Indonesia dengan patogen serupa yang telah menyebabkan endemi dan/atau merupakan ancaman pandemi. Melalui pendekatan ini pula dapat dipelajari latar belakang genetik populasi Indonesia, yang sangat bermanfaat dalam mengetahui asal-usul manusia Indonesia, kerentantannya terhadap berbagai penyakit, serta dikemudian hari dapat mendukung penerapan *precision medicine* atau *personalized medicine* yang menjadi *trend* pengobatan dimasa depan. Melalui teknologi *DNA-finger printing*, pemetaan keragaman hayati berbasis biologi molekuler sangat berperan dalam mendukung kegiatan forensik, seperti paternitas serta berbagai tindakan kriminal seperti pemerkosaan, pembunuhan, perdagangan wanita dan anak, penyelundupan satwa liar langka/yang dilindungi maupun penyelundupan kayu, serta identifikasi korban bencana/perang. Teknologi *DNA-barcoding* memungkinkan untuk memastikan asal suatu tanaman atau hewan yang diselundupkan.

Kata Kunci: Biologi molekuler, PCR, diagnostik, sekuensing, bioinformatika

SEMINAR NASIONAL DAN RAPAT TAHUNAN MIPAnet TAHUN 2017

DAFTAR ISI PROSIDING

KEYNOTE SPEAKERS:

- 1 Information Technology and Mathematics is Used to Address Indonesia's and Australia's Energy Challenges
Ariel Liebman iv
- 2 Agricultural Insurance Ratemaking: Development of a New Premium Principle
Ken Seng Tan v
- 3 Crispr/Ca9: Basics and Applications ini "Gene Surgery"
Wolfgang Nellen vi
- 4 Peran Biologi Molekuler dalam Pemetaan Keanekaragaman Hayati
Amin Soebandrio vii

BIDANG MATEMATIKA:

- 1 Sistem Antrian Pasien Pada Dokter Berbasis Web Menggunakan Sms Gateway
Angel Corputty,
Thomas Ch. Suwanto, dan
Rinaldi Munir 1 – 10
- 2 Aplikasi Analisis Sentimen Cuitan di Twitter Menggunakan Algoritma Boyer Moore
Angreanus Lukas,
Rinaldi Munir, dan
Debby Paseru 11 – 20
- 3 Magnetohidrodinamika Fluida Mikroktub Yang Mengalir Melalui Bola Pejal di Bawah Pengaruh Medan Magnet
Basuki Widodo,
Dieky Adzkiya, dan
Rizky Verdyanto Pratomo 21 – 26
- 4 Sistem Pendukung Keputusan Pemberian Pinjaman Menggunakan Fuzzy Simple Additive Weighting
Dony M. Sihotang,
Lorenzo B. Kanuru 27 – 34

- 5 Aplikasi Fuzzy C-Means Sebagai Tool Pengambil Kebijakan dalam Upaya Menurunkan Tingkat Pengangguran di Provinsi Maluku
Dorteus L. Rahakbauw, dan Mozart W. Talakua 35 – 44
- 6 Model Trinomial pada Penentuan Harga Opsi Saham Karyawan
Emli Rahmi 45 - 52
- 7 Pemodelan Pengeluaran Per Kapita di Provinsi Bengkulu Menggunakan Small Area Estimation dengan Pendekatan Regresi Penalized Spline
Idhia Sriliana, Etis Sunandi, dan Ulfasari Rafflesia 53 – 60
- 8 Perbandingan Penggunaan Jeffrey's Prior dan Cauchy Prior untuk Mengatasi Pemisahan dalam Model Regresi Logistik Biner pada Kasus Pemberian Bantuan Kredit Petani Rumput Laut di Kabupaten Kupang
Evellin Dewi Lusiana 61 – 66
- 9 Hubungan Pengalaman Mengajar dan Partisipasi Guru dalam MGMP dengan Kompetensi Profesional Guru Matematika SMP Provinsi Maluku Utara
Evi Hulukati, Bakri La Hasan, dan Siti Zakiyah 67 – 76
- 10 Analisis Kemampuan Representasi Matematis dan Self Efficacy Siswa SMP Dalam Penerapan Open-Ended
Hanifah Nurus Sopiany, dan Shelvy Vidia Puspa Dewi 77 – 86
- 11 Modifikasi Sistem Predator-Prey: Dinamika Model Leslie-Gower Dengan Daya Dukung Yang Tumbuh Logistik
Hasan S. Panigoro, dan Emli Rahmi 87 – 96
- 12 Pengaruh Pemanenan Terhadap Model Verhulst Dengan Efek Allee
Emli Rahmi, dan Hasan S. Panigoro 97 – 104
- 13 Rekonstruksi Struktur Penalaran Matematis Mahasiswa Melalui Pemecahan Masalah Matematika
Hery Suharna, In Hi. Abdullah, dan Ardiana 105 – 116
- 14 Pemahaman Literasi Matematis Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Yang Berkaitan Dengan Materi Bangun Ruang
Indrie Noor Aini 117 – 122

15	Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Tongkol (<i>Auxis Rochei</i>) di Perairan Manado - Sulawesi Utara	<u>John S. Kekenusa,</u> <u>Sendy B. Rondonuwu,</u> dan <u>Marline S. Paendong</u>	123 – 136
16	Analisis Deskripsi Faktor- Faktor yang Mempengaruhi Kasus Gizi Buruk pada Balita di Sumba Timur NTT	<u>Keristina Br. Ginting,</u> <u>Rapmaida M. Pangaribuan,</u> dan <u>Meksianis Z. Ndi</u>	137 – 150
17	Pemahaman Matematis Siswa dalam Penyelesaian Masalah yang Berkaitan dengan Konsep Kecepatan	<u>Kiki Nia Sania Effendi</u>	151 – 158
18	Teori Himpunan Lunak dan Beberapa Operasinya	<u>Muhammad Abdy</u>	159 – 164
19	Aplikasi Bursa Rental Lapangan Futsal Berbasis Android	<u>Michael George</u> <u>Sumampouw</u>	165 – 172
20	Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Pada Hewan Ternak Menggunakan Certainty Factor Berbasis Web	<u>Ni Made Herlinawati,</u> <u>Immanuela P. Saputro,</u> <u>Rinaldo Turang</u>	173 – 180
21	Aplikasi Analisis Gerombol dan Visualisasi Multidimensional Gempa Bumi Provinsi Bengkulu dan Sekitarnya	<u>Fachri Faisal,</u> <u>Pepi Novianti,</u> <u>Jose Rizal</u>	181 – 190
22	Pendekatan Creative Problem Solving (CPS) Problem Solving (PS) dan Direct Instruction (DI) Terhadap Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Mahasiswa Calon Guru	<u>Rika Mulyati Mustika</u> <u>Sari</u>	191 – 200
23	Pengaruh Strategi Vaksinasi Kontinu pada Model Epidemik SVRIS	<u>Tonaas Kabul Wangkok</u> <u>Yohanis Marentek</u>	201 – 210
24	Model Means-Ends-Analysis yang Dimodifikasi dengan Disertai Didactical Enginnering untuk Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa SMP	<u>Wahid Umar</u>	211 – 224
25	Identification of Manado's Pilwako as The Candidate Mayor Territory Political Power In 2015 Using EM Algorithm With Model Based Selection	<u>Winsy Weku,</u> <u>Altien Rindengan</u>	225 – 234

APLIKASI ANALISIS GEROMBOL DAN VISUALISASI MULTIDIMENSIONAL GEMPA BUMI PROVINSI BENGKULU DAN SEKITARNYA

FACHRI FAISAL¹, PEPI NOVIANTI², JOSE RIZAL³

¹Program Studi Matematika Fakultas MIPA Universitas Bengkulu, fachrif@unib.ac.id

²Program Studi Statistika Fakultas MIPA Universitas Bengkulu, pie_novianti@unib.ac.id

³Program Studi Matematika Fakultas MIPA Universitas Bengkulu, jriza104@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengaplikasikan analisis multivariat untuk mengelompokkan dan mendeskripsikan hasil pengelompokkan titik-titik pusat terjadinya gempa di Provinsi Bengkulu. Data yang digunakan merupakan data gempa bumi di Provinsi Bengkulu dan sekitarnya berdasarkan data BMKG dari bulan Januari 2000 sampai dengan Desember 2016. Analisis yang digunakan untuk mengelompokkan kejadian gempa adalah analisis gerombol *K-means* dan penskalaan multidimensional. Variable yang digunakan adalah posisi latitude, longitude, kedalaman dan kekuatan gempa. Tahap pertama yang akan dilakukan adalah mengelompokkan data episentrum dengan menggunakan analisis *K-means*, tahap berikutnya adalah mengelompokkan kejadian gempa berdasarkan *multidimensional scaling* dan kemudian menyajikan hasil penggerombolan dalam peta serta mendeskripsikan kejadian gempa di setiap gerombol. Berdasarkan *multidimensional scaling*, hasil penggerombolan analisis *K-means* sangat dipengaruhi oleh variabel kedalaman gempa. Berdasarkan penggerombolan analisis *K-means*, gerombol 1, 2 dan 6 merupakan gempa dangkal, gerombol 7, 5 dan 4 merupakan jenis gempa menengah dan gerombol 3 merupakan jenis gempa dalam.

Kata kunci:: *Gempabumi, penggerombolan k-means, multidimensional scaling, euclidean distance, eigenvalue.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah rawan gempa bumi karena dilalui oleh jalur pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu: Lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Lempeng Indo-Australia bergerak relatif ke arah utara dan menyusup kedalam lempeng Eurasia, sementara lempeng Pasifik bergerak relatif ke arah barat. Jalur pertemuan lempeng berada di laut sehingga apabila terjadi gempa bumi besar dengan kedalaman dangkal maka akan berpotensi menimbulkan tsunami sehingga Indonesia juga dikategorikan wilayah rawan kejadian tsunami.

Provinsi Bengkulu merupakan salah satu provinsi yang terletak pada pertemuan lempeng tektonik IndoAustralia dan Eurasia yang merupakan generator utama aktivitas gempa bumi tinggi. Gerakan yang diakibatkan kedua lempeng tersebut bisa menimbulkan terjadinya patahan aktif yang merupakan generator seismisitas di belahan Sumatera. Bengkulu juga berada di antara dua patahan aktif yakni patahan Semangko dan Mentawai. Kondisi ini menjadikan Provinsi Bengkulu sebagai daerah paling rawan

terhadap bencana gempa bumi [1]. Bengkulu telah digoncang dua kali gempa tektonik berkekuatan besar dalam kurun waktu yang relatif singkat, yakni pada tahun 2000 dan tahun 2007. Pada tanggal 4 Juni 2000, Bengkulu digoncang gempa bumi tektonik dengan kekuatan 7,3 pada Skala Richter (SR). Kemudian gempa besar kembali terjadi di Bengkulu pada tanggal 12 September 2007 dengan kekuatan 7,9 SR. Menurut sejarah Provinsi Bengkulu telah beberapa kali digoncang gempa besar seperti pada tanggal 24 November 1833 (VIII-IX MMI), 18 Agustus 1938 (VII MMI), 18 Agustus 1871 (VI-VII MMI), 26 Juni 1914 (VII-VIII MMI), 24 Nopember 1933 (VIII- IX MMI) dan 15 Desember 1979 (VIII MMI).

Kejadian gempa bumi telah mengakibatkan korban jiwa serta kerugian harta benda yang tidak sedikit. Hal inilah yang menjadi dasar diperlukannya upaya-upaya mitigasi baik ditingkat pemerintah maupun masyarakat untuk mengurangi resiko akibat bencana gempabumi dan tsunami. Salah satu bentuk mitigasi bencana adalah sistem peringatan dini. Sistem peringatan dini memiliki empat komponen: Pengetahuan (meliputi bahaya dan resiko, peramalan, peringatan, dan reaksi), observasi (monitoring gempa dan permukaan laut), integrasi serta diseminasi Informasi, dan kesiapsiagaan.

Data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Bengkulu menunjukkan bahwa pusat gempa yang terjadi di Bengkulu berbeda-beda. Perbedaan letak episentrum gempa dan waktu kejadian gempa diakibatkan oleh keadaan geologi dan seismisitas di Provinsi Bengkulu. Oleh karena itu setiap kejadian gempa memiliki keterkaitan dalam ruang dan waktu. Dari sudut pandang statistika spatial, Fachri dkk (2014) menyatakan terdapat hubungan kejadian gempa bumi antar titik kejadian, dimana hasilnya secara statistik terdapat hubungan yang erat kejadian gempa antar titik lokasi. Secara statistika, kedekatan dan karakteristik titik kejadian gempa ini dapat dikelompokkan dengan menggunakan pendekatan analisis gerombol [2].

Shodiq, *et.al* (2015) telah memperkenalkan sebuah pendekatan untuk menggerombolkan data gempa yang terjadi di Indonesia dengan menggunakan *Single Linkage Hierarchical K-means clustering*. Banyaknya kluster optimum ditentukan berdasarkan metode *Valley Tracing*. Berdasarkan hasil penelitiannya diperoleh hasil bahwa jumlah gerombol yang optimum untuk gempa bumi di Indonesia adalah 6 gerombol [3]. Weatherill dan Burton (2009) melakukan penelitian tentang analisis gerombol *K-means* pada daerah sumber seismisitas dangkal di Aegean (termasuk Yunani, Albania, *Former Yugoslav Republic of Macedonia* (F.Y.R.O.M.), Bulgaria bagian Selatan dan Turki bagian barat). Penelitian ini mengembangkan *K-means* partisi seismisitas ke dalam sumber model dan menaksir gambaran dari seismotektonik di Aegean. Pada penelitian ini juga dilakukan pembobotan pada analisis *K-means* dengan panjang patahan sebagai pembobot dari setiap data kejadian gempa. Hasilnya menunjukkan bahwa model mengandung 20 sampai dengan 30 gerombol untuk daerah sumber seismisitas Aegean [4]. Pada tahun 2014 Rehman, Burton dan Weatherill juga melakukan penelitian yang mengaplikasikan analisis gerombol *K-means* dan mempartisipasi kegempaan di Pakistan. Analisis gerombol *K-means* pada penelitian ini hanya menggunakan *K-means* titik dan tanpa pembobotan. Hasil dari penelitian ini adalah gerombol yang optimum dari kejadian kegempaan di Pakistan sebanyak 19 gerombol [5].

Untuk mengeksplorasi hubungan gerombol yang diperoleh, penggerombolan harus disajikan secara visual karena penggerombolan tidak pernah memberikan hasil yang konsisten. Visualisasi gerombol dianggap sebagai salah satu metode yang paling beralasan untuk pendeteksian dan validasi gerombol. Visualisasi ini berkinerja baik untuk menyajikan gerombol yang tidak beraturan. [6]. Shodiq, dkk. (2015) Menyatakan bahwa salah satu teknik efektif untuk mempelajari data spatial multidimensional adalah visualisasi. Visualisasi data multidimensional adalah masalah yang rumit sebab analisis

ini terdiri dari data cluster yang diamati dan parameter seismik. Shodiq, dkk. mengusulkan sebuah sistem visualisasi, yang disebut IES (Sistem Gempa Indonesia), untuk analisis cluster, analisis spatio temporal, dan visualisasi data multidimensi seismik [7]. Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Dzwinel, *et.al.* (2003) dengan mengaplikasikan metode penggerombolan dengan menggunakan k tetangga terdekat untuk mengelompokkan data simulasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa gempa besar berkorelasi dengan bagian-bagian gempa kecil. Visualisasi dengan menggunakan ruang sifat multidimensional menyatakan bahwa terdapat hubungan antara gerombol gempa kecil, sedang dan besar [8].

Novianti, dkk (2017) mengaplikasikan analisis gerombol *K-means* untuk mengelompokkan titik-titik pusat terjadinya gempa di Provinsi Bengkulu dan sekitarnya. Variable yang digunakan adalah posisi latitude, longitude dan kekuatan gempa. Dari hasil analisis gerombol *K-means* diperoleh bahwa penggerombolan yang optimum untuk data kejadian gempa di Provinsi Bengkulu dan sekitarnya sebanyak 7 gerombol. Apabila disajikan dalam peta, hasil penggerombolan cenderung berkumpul di sekitar titik pusat gerombol, sehingga hasil penggerombolan terlihat jelas yang dinyatakan dengan warna yang berbeda. Tidak dilibatkannya variabel kedalaman gempa masih menghasilkan gerombol yang beraturan pada peta dan relatif mudah untuk diinterpretasikan [9]. Pada penelitian ini akan dilakukan penggerombolan titik pusat gempa Bengkulu dengan memasukkan variabel kedalaman analisis menggunakan *K-means*. Titik-titik sumber gempa akan divisualisasikan dengan menggunakan analisis multidimensional scalling. Hasil pengelompokkan *K-means* akan dibandingkan dengan hasil visualisasi multidimensional scalling.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis gerombol *K-means*

Analisis gerombol merupakan teknik peubah ganda yang mempunyai tujuan utama untuk mengelompokkan objek-objek berdasarkan kemiripan karakteristik yang dimilikinya. Karakteristik objek-objek dalam suatu gerombol memiliki tingkat kemiripan yang tinggi, sedangkan karakteristik antar objek pada suatu gerombol dengan gerombol lain memiliki tingkat kemiripan yang rendah. Dengan kata lain, keragaman dalam suatu gerombol minimum sedangkan antar keragaman antar gerombol maksimum [10].

Kemiripan antar objek diukur dengan menggunakan ukuran jarak. Beberapa ukuran jarak yang sering digunakan antara lain jarak *euclid*, jarak mahalanobis, jarak *City-block* (Manhattan), dan lain-lain. Jarak *euclid* merupakan tipe jarak yang paling umum dipilih. Kemudahannya adalah jarak geometrik dalam ruang dimensi ganda. Perhitungan jarak *euclid* sebagai berikut:

$$d(x, y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + \dots + (x_p - y_p)^2} = \sqrt{(x - y)'(x - y)} \quad (1)$$

Jarak *Euclid* (dan kuadrat *Euclid*) biasanya dihitung dari data mentah, dan tidak dari data standar. Metode ini memiliki beberapa keuntungan, antara lain jarak dari 2 objek apa saja tidak dipengaruhi oleh penambahan dari objek baru untuk di analisis, yang mungkin merupakan pencilan. Namun demikian, jarak bisa menjadi sangat besar, disebabkan hanya karena perbedaan skala.

Prosedur pembentukan gerombol terbagi menjadi 2 metode, yaitu metode hirarki dan nonhirarki. Pembentukan metode hirarki mempunyai sifat sebagai pengembangan suatu hirarki atau struktur mirip pohon bercabang. Metode hierarki bisa *agglomerative* atau

devisive. Metode *agglomerative* terdiri dari *linkage method*, *variance methods*, dan *centroid method*. *Linkage method* terdiri dari *single linkage*, *complete linkage* dan *average linkage*. Metode non hierarki sering disebut metode *K-mean*.

MacQueen menyarankan penggunaan *K-means* untuk mendeskripsikan algoritma dalam penentuan suatu objek ke dalam gerombol tertentu berdasarkan ukuran pusat terdekat (rata-rata). Dalam bentuk yang paling sederhana, proses ini terdiri dari tiga tahap [11]:

1. Partisi obyek-obyek ke dalam K gerombol awal
2. Dimulai dengan mencatat obyek-obyek, menentukan suatu obyek ke dalam suatu gerombol yang mempunyai ukuran pusat terdekat (rata-rata). Jarak biasanya dihitung menggunakan jarak Euclid dengan pengamatan yang distandarkan atau yang tidak distandarkan. Hitung kembali *centroid* (titik pusat) untuk gerombol yang mendapatkan obyek baru dan untuk gerombol yang kehilangan obyek. *Centroid* pada satu kelompok dihitung dengan cara menghitung nilai rata-rata dari data sebagai berikut:

$$C_{kj} = \frac{x_{1kj} + x_{2kj} + \dots + x_{akj}}{a}, \quad j = 1, 2, \dots, p \quad (2)$$

Dimana C_{kj} = *centroid* pada kelompok k variabel j

a = banyaknya anggota pada kelompok k

3. Langkah 2 diulangi sampai tidak ada lagi pemindahan obyek.

Pengklasteran *K-means* sangat cocok untuk data dengan ukuran yang besar karena memiliki kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan metode hirarki. Kelemahan metode ini adalah pada pemilihan banyaknya gerombol dan *centroid* yang harus ditentukan lebih dahulu. Hasil penggerombolan mungkin tergantung pada urutan observasi data. Selain itu jarak pada tahapan awal mempunyai nilai yang hampir sama sehingga sukar untuk menentukan urutan beberapa kluster awal yang terbentuk. Sebenarnya tidak ada aturan baku dalam menentukan banyak kluster tergantung subjektivitas peneliti. Peneliti juga dapat menggunakan pertimbangan teoritis, konseptual dan praktis [12].

2.2 Multidimensional Scalling

Multidimensional scalling (MDS) adalah suatu teknik multivariat yang digunakan untuk menyajikan objek-objek secara visual berdasarkan proximity yang dimiliki dalam ruang dimensi yang rendah. Tujuan dari MDS adalah untuk memvisualisasikan hubungan beberapa objek dalam sebuah grafik. Selain itu MDS digunakan untuk mengelompokkan objek-objek yang memiliki kemiripan dan melibatkan banyak peubah yang dianggap mampu mengelompokkan objek tersebut.

Proximity merupakan ukuran yang digunakan untuk mengukur hubungan antar objek. *Proximity* juga diartikan sebagai kedekatan objek yang satu dengan yang lainnya. *Proximity* dapat berupa kemiripan (s_{rj}) ataupun ketakmiripan (δ_{rj}) antar objek. Kemiripan digunakan untuk mengukur hubungan antar objek dan diukur berdasarkan jarak satu objek dengan objek lainnya.

MDS terbagi mejadi dua jenis, yaitu MDS metrik dan non metrik. MDS metrik digunakan apabila data jarak berupa data rasio. MDS metrik digunakan untuk menemukan himpunan titik dalam ruang dimensi n dimana masing-masing titik mewakili satu objek sehingga jarak antar titik adalah $d_{rj} \approx f(\delta_{rj})$, dimana f adalah fungsi monotonik parametric kontinu. Fungsi ini dapat berupa fungsi identitas maupun fungsi transformasi ketakmiripan menjadi bentuk jarak.

Ketakmiripan dalam MDS biasanya dinyatakan dalam bentuk jarak *euclid*. Misalkan koordinat n titik dalam ruang euklid berdimensi- p adalah x_r ($r=1,2,\dots,n$), dimana $(x_r)^T=(x_{r1},x_{r2},\dots,x_{rp})^T$. Jarak euklid antara titik r ke t adalah [12]:

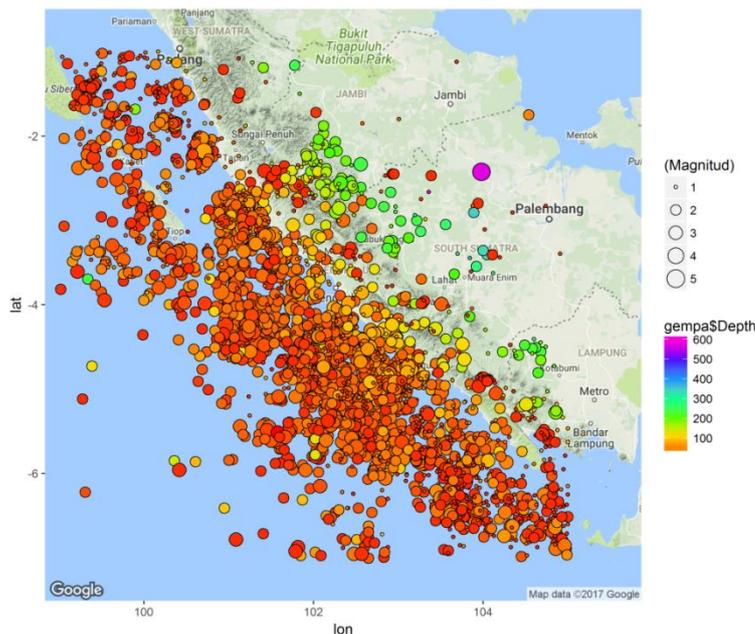
$$d_{rt}^2 = (x_r - x_t)^T(x_r - x_t)$$

Secara singkat algoritma MDS adalah sebagai berikut:

1. Menentukan koefisien ketakmiripan (δ_{rt})
2. Mencari matriks $A = \left[-\frac{1}{2}\delta_{rt}^2\right]$
3. Mencari matriks $B = [a_{rt} - a_r - a_s + a_{..}]$
4. Mencari akar ciri $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{n-1}$ dan vektor ciri V_1, V_2, \dots, V_{n-1} yang kemudian dinormalkan sehingga $V_i^T V_i = \lambda_i$.
5. Memilih jumlah dimensi yang tepat. Dapat menggunakan $\frac{\sum_{i=1}^p \lambda_i}{\sum_{j=1}^n \lambda_j}$
6. Menentukan koordinat n titik pada ruang euklid dimensi p dengan $x_{ri} = V_{ir}$ ($r = 1, 2, \dots, n; i = 1, \dots, p$)

3. HASIL

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data gempa bumi tektonik di Provinsi Bengkulu dari bulan Januari 2000 sampai dengan Desember 2016. Data diperoleh dari katalog gempa bumi BMKG dan USGS. Data berupa posisi koordinat pusat gempa, latitude, longitude, kedalaman dan magnitudo gempa. Berdasarkan posisi garis bujurnya, kejadian gempa pada data berada pada rentang 99.00^0 BT sampai 106.00^0 BT. Sedangkan berdasarkan posisi garis lintang, data minimum berada pada titik -7.00^0 LS dan maksimum berada pada titik -1.00^0 LS. Penyebaran data kejadian gempa Provinsi Bengkulu disajikan pada gambar (1).



Gambar 2. Penyebaran Kejadian Gempa dengan kekuatan ≥ 3 SR tahun 2000-2016. Magnitudo 1: $SR \leq 4$, Magnitudo 2: $4 < SR \leq 5$, Magnitudo 3: $5 < SR \leq 6$, Magnitudo 4: $6 < SR \leq 7$, Magnitudo 5: $SR \leq 8$

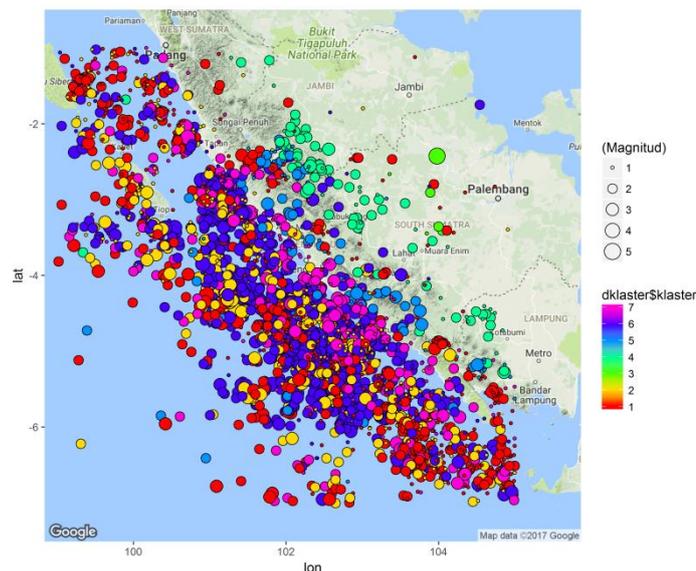
Berdasarkan kekuatannya, kejadian gempa terbesar di Provinsi Bengkulu terjadi pada tanggal 12 September 2007 dengan kekuatan M 8.4 yang berada pada episentrum -4.44^0 LS 101.36^0 BT dan pada kedalaman 34 KM. Menurut Ardiansyah (2014) akibat

bencana ini, total 25 orang meninggal dunia, 41 orang luka berat, dan puluhan lainnya mengalami luka ringan. Gempa ini juga merusak puluhan ribu rumah penduduk, bangunan/instansi pemerintah, rumah ibadah, fasilitas pendidikan, fasilitas kesehatan, jalan/jembatan serta irigasi dalam skala rusak total, berat, maupun ringan. Kejadian gempa bumi besar lainnya adalah sebesar M 7.3 yang terjadi pada tanggal 4 Juni 2000 dan pada letak episentrum -4.72°LS dan 102.09°BT serta berjarak 33 KM dibawah permukaan laut. Gempabumi 4 Juni 2000 merupakan salah satu gempa bumi merusak yang terjadi di daerah Bengkulu. Gempa bumi ini berjarak lebih kurang 100 km sebelah selatan Bengkulu. Lebih dari 90 orang meninggal, ratusan lainnya luka-luka dan ribuan rumah serta bangunan di Propinsi Bengkulu rusak [13].

Dilihat dari kedalamannya, 85.56% gempa di Provinsi Bengkulu dan sekitarnya merupakan gempa dangkal, 14.26% merupakan gempa menengah dan sisanya 00.18% adalah gempa dalam. Dilihat dari persentasenya sebagian besar gempa bumi di Provinsi Bengkulu dan sekitarnya adalah gempa dangkal. Hal ini terlihat pada Gambar 1 yang ditandai dengan banyaknya titik episentrum yang berwarna merah dan orange dan sebagian besar terjadi di laut Samudera Hindia. Gempa dangkal merupakan gempa yang paling berbahaya dikarenakan dapat menimbulkan kerusakan dan berpotensi terjadi tsunami. Apabila ditinjau dari kekuatannya, sebagian besar gempa yang terjadi adalah gempa minor dan ringan dengan persentase 90.00%. Sekitar 9.15% gempa yang terjadi merupakan gempa sedang dan 00.63% merupakan gempa kuat dan gempa mayor.

3.1 Penggerombolan dengan *K-Means*

Pada penelitian sebelumnya, Novianti, dkk telah menentukan bahwa gerombol yang optimal berdasarkan variabel latitude, lotitude dan magnitudo adalah sebanyak 7 gerombol. Pada hasil penggerombolan tersebut, episentrum dalam satu kelompok cenderung mengumpul di sekitar titik pusat. Dengan menambahkan variabel kedalaman gempa, hasil penggerombolan dengan $k=7$ disajikan pada gambar 2.



Gambar 3. Penggerombolan Data Gempa Tektonik Provinsi Bengkulu dengan variable longitude, latitude, kedalaman dan magnitudo.

Pada gambar 2 terlihat bahwa hasil penggerombolan menyebar tidak beraturan di posisi latitude dan longitudenya. Anggota dari gerombol 1 yang ditandai dengan titik berwarna

merah dan gerombol 2 dengan warna kuning menyebar di lautan samudera Hindia. Anggota dari gerombol 3 dengan warna hijau toska dan gerombol 4 dengan warna hijau sebagian besar terjadi di darat. Anggota dari gerombol 5 dengan warna biru muda terjadi di pesisir pantai Samudera Hindia. Gerombol 6 dan 7 dengan warna biru tua dan violet terjadi di lautan. Deskripsi gerombol diringkas pada tabel 1.

Tabel 2. Rata-rata variabel menurut hasil penggerombolan

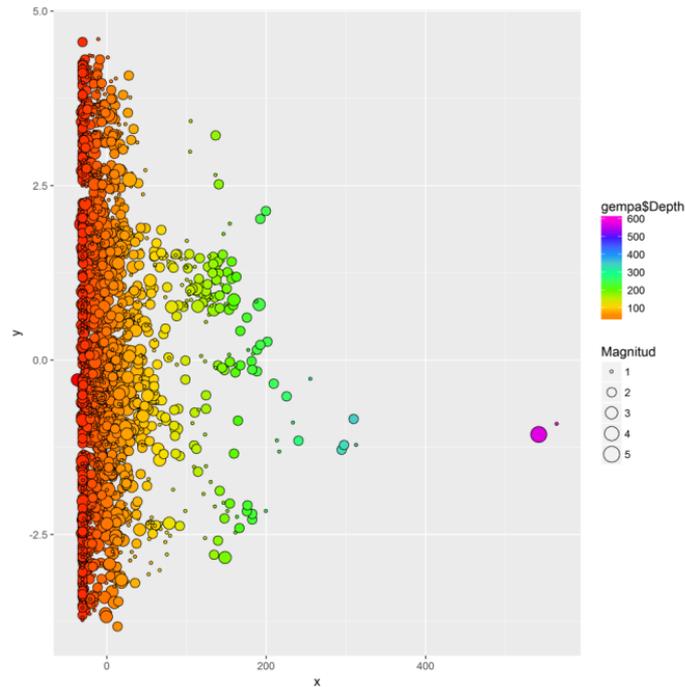
Gerombol	Magnitud e	Kedalama n	Latitude	Longitude	Jumlah
1	3.88	11.2184	-4.52	102.39	837
2	4.13	23.8474	-4.32	101.89	498
3	4.62	427.1667	-3.04	103.85	6
4	4.06	193.1158	-3.10	102.85	114
5	4.06	115.4185	-3.97	102.70	146
6	4.52	35.2116	-4.51	102.08	1307
7	4.37	64.0601	-4.26	102.21	381

Pada tabel 1 terlihat bahwa rata-rata magnitudo gempa terkecil berada pada klaster 5. yaitu sebesar M 3.8. Sebagian besar gempa pada klaster 5 terjadi di lautan dengan kedalaman rata-rata 11.22 dan jumlah anggota 837 kejadian gempa. Berdasarkan kedalaman dan magnitudo. Klaster 5 merupakan gempa dangkal dan gempa ringan.

Gempa yang sering terjadi di Provinsi Bengkulu adalah gempa pada klaster 4 dengan kejadian sebanyak 1.307. rata-rata gempa ini terjadi di kedalaman 35.21 KM dan magnitudo rata-rata M 4.5. dengan kejadian menyebar di lautan. klaster 4 termasuk ke dalam jenis gempa dangkal. Gempa dengan magnitudo rata-rata terbesar dan kedalaman terbesar adalah klaster 6. Semua anggota kejadian di klaster 6 terjadi di daratan.

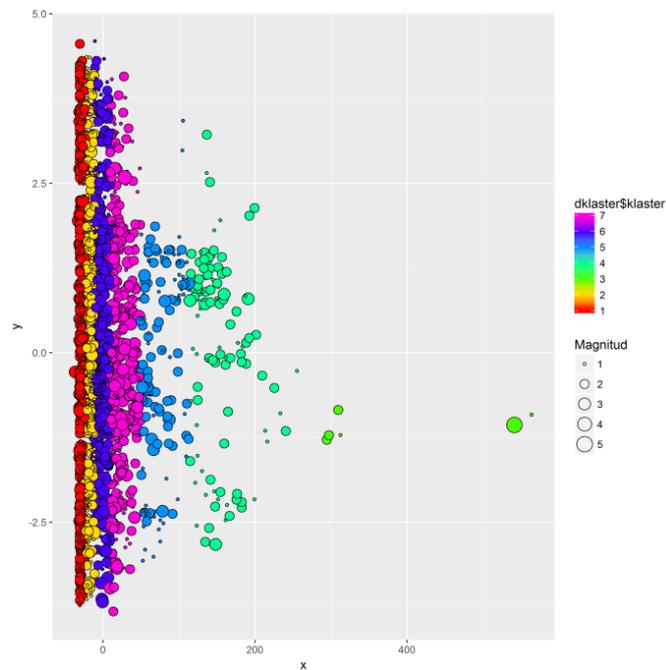
3.2 Visualisasi Multidimensional

Pada gambar 1 dan gambar 2 titik pusat gempa disajikan dalam posisi longitude dan latitude. Posisi penyebaran gerombol yang tumpang tindih mengakibatkan penentuan zona gerombol dengan menggunakan variabel longitude, latitude, kedalaman dan magnitudo tidak begitu jelas. Dengan menggunakan bantuan *multidimensional scalling*. Kejadian gempa dapat disajikan dalam ruang dimensi 2 seperti pada gambar 3.



Gambar 4. Visualisasi dua dimensi penskalaan multidimensional berdasarkan latitude, longitude, kedalaman dan magnitud gempa.

Interpretasi pada grafik 2-dimensi MDS sama dengan interpretasi untuk grafik yang lain, yaitu objek-objek yang berdekatan cenderung memiliki persamaan sifat dibandingkan dengan objek yang berada jauh. Pada gambar 3 terbentuk pola pada pencarian data berdasarkan kedalaman gempa. Kelompok pertama dengan warna titik merah merupakan gempa dangkal, kelompok kedua dengan warna bergradien dari orange hingga kuning termasuk dalam gempa menengah, dan titik dengan warna hijau hingga violet merupakan gempa dalam. Sedangkan jenis gempa berdasarkan kekuatannya magnitudnya tidak memiliki pola dan terpecah secara merata. Hal ini berarti variabel kedalaman dapat membedakan titik episentrum sedangkan kekuatan gempa tidak cukup membedakan antara satu kelompok dengan kelompok yang lain. Apabila titik episentrum gempa diwarnai berdasarkan penggerombolan k-means, maka penyebaran gerombol pada ruang dua-dimensi terlihat pada gambar 4.



Gambar 5. Visualisasi dua dimensi penskalaan multidimensional hasil penggerombolan *k-means* dengan variabel *latitude*, *longitude*, *kedalaman* dan *magnitud gempa*.

Pada gambar 4 terlihat posisi titik episentrum dalam gerombol yang sama cenderung mengumpul pada nilai dimensi pertama. Gerombol 1 dengan warna merah memiliki rata-rata kedalaman 11.21 dan kekuatan magnitudo 3.88. gerombol 2 dengan warna gerombol kuning memiliki rata-rata kedalaman 23.85 dan kekuatan magnitudo 4.13. gerombol 6 dengan warna biru tua memiliki rata-rata kedalaman 35.21 memiliki rata-rata kedalaman 35.21 dan kekuatan magnitudo 4.52. Sehingga dapat disimpulkan bahwa gerombol 1, 2 dan 6 merupakan gerombol data dengan jenis gempa dangkal. Gerombol 4 dan 5 dengan rata-rata kedalaman 193.12 dan 115.42 merupakan gerombol data dengan jenis gempa menengah. Sedangkan gerombol 3 dengan jumlah data sebanyak 6 kejadian gempa merupakan gempa dengan jenis gempa dalam.

4. KESIMPULAN

1. Selama jangka waktu 2000-2016, kejadian gempa bumi di Provinsi Bengkulu dan sekitarnya sebagian besar terjadi di laut Samudera Hindia dan hanya sebagian kecil terjadi di daratan.
2. Kejadian gempa dangkal dengan kekuatan minor dan sangat sering terjadi di Provinsi Bengkulu dan sekitarnya.
3. Analisis penggerombolan metode *K-means* dengan menggunakan variabel *latitude*, *longitude*, *kedalaman* dan *magnitudo* menghasilkan peybaran anggota gerombol yang tumpang tindih.
4. Berdasarkan *multidimensional scaling*, hasil penggerombolan analisis *k-means* sangat dipengaruhi oleh variabel kedalaman gempa.
5. Berdasarkan penggerombolan analisis *K-means*, gerombol 1, 2 dan 6 merupakan gempa dangkal, gerombol 7, 5 dan 4 merupakan jenis gempa menengah dan gerombol 3 merupakan jenis gempa dalam.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jendral Penguatan Riset dan Pengembangan KEMENRISTEKDIKTI yang telah mendanai penelitian ini dan LPPM Universitas Bengkulu selaku institusi penyelenggara penelitian.

DaftarPustaka

- [1] Hadi. A.I., Suhendra dan Efriyadi. Studi Analisis Parameter Gempa Bengkulu Berdasarkan Data Single-Station dan Multi-Station serta Pola Sebarannya. *Berkala Fisika* . Vol. 13 No. 4. Halm: 105-112. 2012
- [2] Faisal F. Aplikasi Program Linier dalam Menentukan Nilai Parameter Model Semivariogram Teoritis. Prosiding Semirata 2014 IPB Bogor. 2014
- [3] Mohammad Nur Shodiq, Ali Ridho Barakbah, Tri Harsono. Spatial Analysis of Earthquake Distribution with Automatic Clustering for Prediction of Earthquake Seismicity in Indonesia. *The Fourth Indonesian-Japanese Conference on Knowledge Creation and Intelligent Computing (KCIC) 2015*. Surabaya/Bali. Indonesia. March 24-26. 2014.
- [4] Weatherill. G. And Burton. P.W. Delineation of Shallow Seismic Source Zones Using k-means Cluster Analysis. with Application to the Aegean Region. *Geophysical Journal International*. Vol. 176. Page 565-588. 2009
- [5] Rehman. K. P.W. Burton and G.A. Weatherill. K-Means cluster analysis and seismicity partitioning for Pakistan. *Journal Seismology*. Vol. 18. Page 401-419. 2014
- [6] Yuen. D. A., B. J. Kadlec., Evan F.B., Dzwinel W., Zachary A.G., Cesar R.S.. Clustering and visualization of earthquake data in a grid environment. *Visual GeoScience*. 2005.
- [7] Shodiq. M. N., A. R. Barakbah, T. Harsono. Cluster Oriented Spatio Temporal Multidimensional Data Visualization of Earthquakes in Indonesia. *EMITTER International Journal of Engineering Technology*. Vol.3. No. 1. pp. 2015
- [8] Yuen. D. A, B J. Kaldec, E.F. Bollig, W. Dzwinel, Z.A. Garbow, &C.R. Silva. Clustering and visualization of earthquake data in a grid environment. *Visual GeoScience*. Vol 10, pp 1-12, 2005.
- [9] Novianti. P., D. Setyorini dan U. Rafflesia. The application of K-Means cluster analysis to partitioning earthquake. *International Journal of Advances in Intelligent Informatics* . Vol.3 No. 2. 2017.
- [10] Mattjik. A.A. I.M. Sumertajaya. *Sidik Peubah ganda dengan menggunakan SPSS*. IPB Press. Bogor. 2011.
- [11] Johnson. R. A. and Wichern. D. W.. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Fifthedition. Pearson Education Inc. USA. 2002.
- [12] Nugroho, S. *STATISTIKA MULTIVARIAT TERAPAN*. UNIB Press, Bengkulu. 2008.
- [13] Ardiansyah. S. Percepatan Pelepasan Energi (*Accelerating Moment Release*) Sebagai Prekursor Sebelum Terjadi Gempabumi Signifikan Daerah Bengkulu dan Sekitarnya. *Physics Student Journal*. Vol 2 No.1. Halm: 129-136. 2014.