

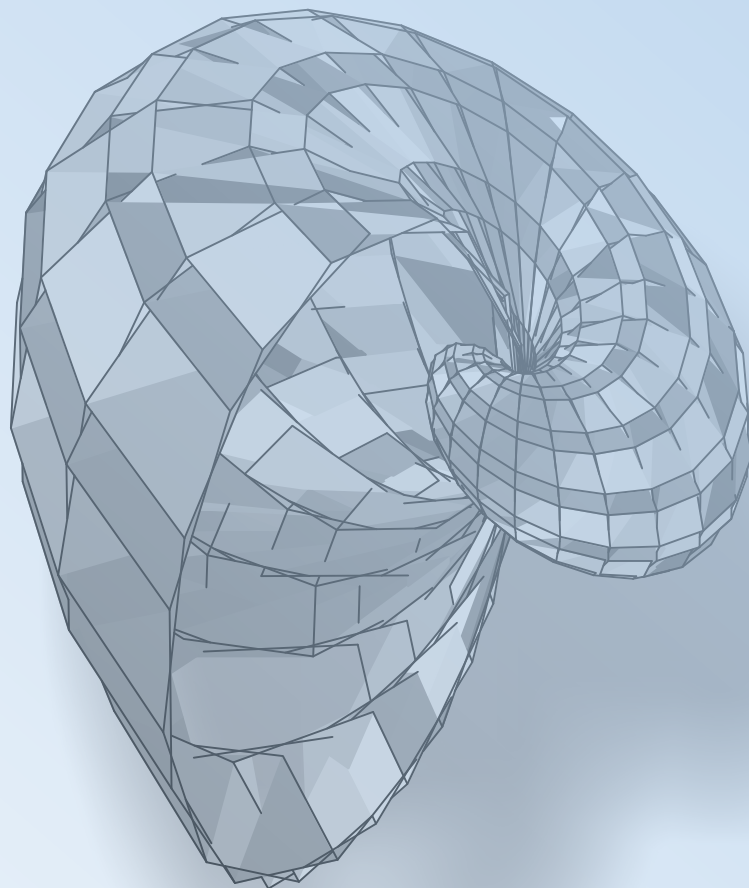
PROSIDING



Seminar Nasional MATEMATIKA

VOL. 10 TH. 2015

ISSN 1907-3909



UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCE
Jalan Ciumbuleuit 94, Bandung 40141, Indonesia



Seminar Nasional MATEMATIKA

VOL. 10 TH. 2015

ISSN 1907-3909

REVIEWERS

Dr. J. Dharma Lesmono

Dr. Ferry Jaya Permana, ASAI

Iwan Sugiarto, MSi

Agus Sukmana, MSc

Erwinna Chendra, MSi

Taufik Limansyah, SSi, MT

Benny Yong, MSi

Farah Kristiani, MSi

Livia Owen, MSi

Maria Anestasia, MSi

Liem Chin, MSi

Alamat Redaksi:
Jurusan Matematika, FTIS - UNPAR
Gedung 9, Lantai 1
Jl. Ciumbuleuit No. 94, Bandung - 40141

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas terselenggaranya Seminar Nasional Matematika Unpar 2015. Seminar ini merupakan kegiatan rutin tahunan yang diselenggarakan oleh Jurusan Matematika, Universitas Katolik Parahyangan, yang dimulai sejak tahun 2005 dan tahun ini merupakan tahun ke-11 penyelenggaraannya. Seminar Nasional Matematika UNPAR ini merupakan wadah pertemuan ilmiah antara matematikawan, guru, peneliti, dan praktisi yang tidak hanya terbatas di bidang matematika saja, melainkan juga penerapannya dalam berbagai bidang ilmu, antara lain dunia medis, ekonomi lingkungan hidup, dan gejala alam.

Seminar tahun ini mengambil tema “PERAN MATEMATIKA DALAM MENGHADAPI MASYARAKAT EKONOMI ASEAN (MEA)”. Pemilihan tema ini dilatarbelakangi oleh kesepakatan para pemimpin ASEAN yang tertuang dalam “Deklarasi Cebu: Untuk Mempercepat Pembangunan Masyarakat ASEAN Sebelum 2015” yang ditandatangani oleh pemimpin ASEAN pada KTT ASEAN ke-12 bulan Januari 2007. Menurut rencana, ASEAN akan membangun sebuah masyarakat bersama sebelum tahun 2015 yang mencakup tiga bagian, yaitu masyarakat ekonomi, masyarakat keamanan dan masyarakat sosial budaya. Melalui seminar ini diharapkan para peserta dapat saling berbagi pengetahuan dan informasi terbaru sehingga berdampak pada kesiapan yang lebih baik dari Indonesia dalam menghadapi tantangan ini.

Seminar kali ini mengundang tiga orang pembicara dari kalangan akademisi dan praktisi yang akan berbagi pengalaman, gagasan dan pikiran. Pada sesi paralel, akan dipresentasikan 58 makalah yang merupakan hasil karya dosen, peneliti, dan mahasiswa dari berbagai instansi di tanah air.

Kami atas nama panitia Seminar Nasional Matematika Unpar 2015 mengucapkan terima kasih atas partisipasinya, semoga bermanfaat bagi semua pihak.

Bandung, September 2015
Ketua Panitia

Liem Chin, M.Si.

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	...i
Daftar Isi	...iii-ix

ALJABAR DAN ANALISIS

KARAKTERISTIK FUNGSIONAL DARI RUANG ATSUJI <i>Suarsih Utama dan Nora Hariadi – Universitas Indonesia</i>	...AA 1-6
SIFAT SUBHIMPUNAN DI RUANG ATSUJI <i>Suarsih Utama dan Nora Hariadi – Universitas Indonesia</i>	...AA 7-11
KARAKTERISTIK DIFERENSIAL SATU ROUND BARU PADA INTERNATIONAL DATA ENCRYPTION ALGORITHM (IDEA) <i>Sari Agustini Hafman</i>	...AA 12-18

STATISTIKA

APLIKASI ANALISIS STATISTIK DESKRIPTIF SPHERICAL PADA DATA GEMPA BENGKULU <i>Pepi Novianti – Universitas Bengkulu</i>	...ST 1-6
ANALISIS STATISTIKA DESKRIPTIF DALAM PEMETAAN KEMISKINAN DI KOTA BENGKULU <i>Dian Agustina, Pepi Novianti, Idhia Sriliana, dan Etis Sunandi – Universitas Bengkulu</i>	...ST 7-18
PERBANDINGAN METODE PERAMALAN ANTARA ARIMA DAN SARIMA DALAM MEMODELKAN FLUKTUASI DEBIT AIR (Studi Kasus : Data Debit Air Pembangkit Listrik Tenaga Air Musi) <i>Jose Rizal – Universitas Bengkulu</i>	...ST 19-26
PEMILIHAN MODEL SEMIVARIOGRAM TERBAIK PADA DATA SPATIAL DENGAN APLIKASI METODE PROGRAM LINIER (Studi Kasus : Data Kejadian Gempa di Wilayah Pesisir Bengkulu) <i>Fachri Faisal – Universitas Bengkulu</i>	...ST 27-37

ESTIMASI MODEL JUMLAH LEUKOSIT PENDERITA LEUKIMIA
MENGUNAKAN PENDEKATAN REGRESI SPLINE TRUNCATED
DENGAN KUADRAT TERKECIL TERBOBOTI
Idhia Sriliana – Universitas Bengkulu ...ST 38-44

PELUANG SUATU TIM UNTUK MENCAPAI PERINGKAT
TERTENTU DALAM SUATU TURNAMEN : STUDI KASUS
SEPAKBOLA LIGA INGGRIS MUSIM KOMPETISI 2011/2012
Liem Chin dan Benny Yong – Universitas Katolik Parahyangan ...ST 45-54

KKN PPM STATISTIKA PEMERINTAHAN
*Neva Satyahadewi, Mariatul Kiftiah, dan
Dadan Kusnandar – Universitas Tanjungpura* ...ST 55-60

MATEMATIKA PENDIDIKAN

EKSPLORASI PENGETAHUAN MATEMATIKA MASYARAKAT
MELALUI RANCANGAN DAN IMPLEMENTASI TUGAS TEMATIK
*Patricia VJ Runtu dan
Christophil Medellu – Universitas Negeri Manado* ...MP 1-10

DISPOSISI MATEMATIS MAHASISWA CALON GURU
MATEMATIKA
*Dadang Juandi, Eyus Sudihartinih, dan
Ririn Sispiyati – Universitas Pendidikan Indonesia* ...MP 11-18

VALIDASI MODUL APLIKASI KOMPUTER DENGAN PROGRAM
WINGEOM PADA MATERI GEOMETRI
Tika Septia dan Merina Pratiwi – STKIP PGRI Sumatera Barat ...MP 19-26

PENINGKATAN KEMAMPUAN PEMAHAMAN MATEMATIK
DENGAN PENDEKATAN HANDS-ON ACTIVITY
(Penelitian Kuasi Eksperimen Pada Siswa SMP Kelas VIII di
Kota Bandung)
Jarnawi Afgani Dahlan – Universitas Pendidikan Indonesia ...MP 27-34

PENCAPAIAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMP
DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA DENGAN
STRATEGI REACT
*Nia Yuni Saputri, Tatang Herman, dan
Kusnandi – Universitas Pendidikan Indonesia* ...MP 35-45

MENINGKATKAN HASIL BELAJAR MAHASISWA DENGAN MODEL PEMBELAJARAN AIR PADA MATA KULIAH EVALUASI PEMBELAJARAN MATEMATIKA <i>Putu Suarniti Noviantari dan I Made Dharma Atmaja – Universitas Mahasaraswati Denpasar</i>	...MP 46-50
PENINGKATAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS MAHASISWA BERDASARKAN MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE TEAM ASSISTED INDIVIDUALIZATION (TAI) PADA MATA KULIAH TEORI PELUANG <i>Georgina Maria Tinungki – Universitas Hasanuddin</i>	...MP 51-60
PENGEMBANGAN MEDIA KATROL BILANGAN UNTUK PEMBELAJARAN BILANGAN BULAT DI SEKOLAH DASAR <i>Haris Wisudiatma, Sri Harmini, dan Endang Setyo Winarni – Universitas Negeri Malang</i>	...MP 61-69
ANALISIS PENGEMBANGAN MODUL TRIGONOMETRI <i>Villia Anggraini dan Hamdunah – STKIP PGRI Sumatera Barat</i>	...MP 70-74
PENGEMBANGAN STRATEGI AJAR KEMAMPUAN BERPIKIR LOGIS MATEMATIS MAHASISWA PADA PENERAPAN MATERI TRANSPORTASI DAN PEMODELAN MATA KULIAH RISET OPERASI TERHADAP PEMBERLAKUAN KEBIJAKAN ASEAN TRADE IN GOODS AGREEMENT (ATIGA) (Studi Kasus Pemodelan dan Transportasi Pada Komuditas Batu Alam dan Rotan Diantara Negara Anggota MEA) <i>Alif Ringga Persada – IAIN Syekh Nurjati Cirebon</i>	...MP 75-82
DESAIN DIDAKTIS KONSEP LUAS DAERAH BELAH KETUPAT PADA PEMBELAJARAN MATEMATIKA SMP <i>Alin Meilina dan Rosita Mahmudah – Universitas Pendidikan Indonesia</i>	...MP 83-91
JARINGAN SYARAF TIRUAN METODE BACK PROPAGATION UNTUK PENJURUSAN SISWA SMA <i>Ulfasari Rafflesia – Universitas Bengkulu</i>	...MP 92-98
KAJIAN MODEL PEMBELAJARAN : PENDEKATAN COGNITIVE APPRENTICESHIP MODEL CASE BASED REASONING DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA <i>Rina Oktaviyanthi – Universitas Serang Raya</i>	...MP 99-107

MATEMATIKA TERAPAN

ANALISIS PERBANDINGAN BARISAN BIT PSEUDORANDOM YANG DIHASILKAN ALGORITMA SOSEMANUK DAN HC-128 TERHADAP KESERAGAMAN DISTRIBUSI P-VALUE UJI NIST <i>Desi Wulandari – Lembaga Sandi Negara</i>	...MT 1-6
ESTIMASI VOLATILITAS DAN VALUE AT RISK INDEKS LQ45 DENGAN GENERALIZED PARETO DISTRIBUTION <i>Yunita Wijaya, Kie Van Ivanky Saputra, dan Kim Sung Suk – Universitas Pelita Harapan</i>	...MT 7-14
SINGLE-OBJEKTIF DAN MULTI-OBJEKTIF OPTIMISASI PORTOFOLIO DENGAN UKURAN RESIKO MEAN-VARIANCE MENGUNAKAN DIFFERENTIAL EVOLUTION <i>Yohanis Ndapa Deda – Institut Teknologi Bandung, Universitas Nusa Cendana, Kupang Kuntjoro Adji Sidarto – Institut Teknologi Bandung</i>	...MT 15-20
GUESSING ATTACK PADA PROTOKOL KRITOGRAFI <i>Arif Fachru Rozi</i>	...MT 21-24
SUB-BLOK AKTIF SPN TERBAIK UNTUK SERANGAN KRIPTANALISIS DIFERENSIAL <i>Arif Fachru Rozi</i>	...MT 25-31
APLIKASI MATEMATIKA DALAM PEMODELAN RISIKO BENCANA TSUNAMI <i>Yulian Fauzi – Universitas Bengkulu</i>	...MT 32-36
PENGKLASTERAN DATA DENGAN MENGGUNAKAN METODE MONOTETIS (STUDI KASUS PADA DATA KELUARGA) <i>Kania Sawitri – ITENAS</i>	...MT 37-42
KONTROL OPTIMAL PADA MODEL EPIDEMIOLOGI TIPE SVIR DENGAN MEMPERHATIKAN REINFEKSI <i>Jonner Nainggolan – Universitas Cenderawasih Jayapura</i>	...MT 43-49
IMPLEMENTASI MODEL HARGA OPSI BASKET BERBASIS COPULA LEVY <i>Syofia Rani, Bevina D. Handari, dan Hendri Murfi – Universitas Indonesia</i>	...MT 50-56

PENENTUAN PREMI TUNGGAL BERSIH UNTUK ASURANSI JIWA BERJANGKA UNIT LINK DENGAN GARANSI <i>Siska Yosmar dan Syahrul Akbar – Universitas Bengkulu</i>	...MT 57-63
BIFURKASI SADDLE-NODE PADA MODEL SIR DENGAN LAJU INSIDENSI YANG TAK LINEAR DAN ADANYA PERAWATAN <i>Marsha Ad Georli, Livia Owen, dan Benny Yong – Universitas Katolik Parahyangan</i>	...MT 64-74
MODEL MATEMATIKA PENYEBARAN INFEKSI HIV PADA KOMUNITAS INJECTING DRUG USERS <i>Iffatul Mardhiyah – Universitas Gunadarma Hengki Tasman – Universitas Indonesia</i>	...MT 75-82
SYARAT CUKUP BEROSILASI DAN TIDAK BEROSILASI PERSAMAAN DIFERENSIAL LINIER HOMOGEN ORDE DUA <i>Maulana Malik – Universitas Gunadarma</i>	...MT 83-89
IMPLEMENTASI ALGORITMA PARTICLE SWARM OPTIMIZATION PADA KALIBRASI MODEL HARGA OPSI HESTON <i>Ilham Falani, Bevina D. Handari, dan Gatot F. Hertono – Universitas Indonesia</i>	...MT 90-96
SPN CIPHER MODIFIKASI <i>Sari Agustini Hafman dan Khairun Nisa</i>	...MT 97-101
MODEL TRINOMIAL HARGA OPSI EROPA <i>Fitriani Agustina dan Entit Puspita – Universitas Pendidikan Indonesia</i>	...MT 102-106
ANALISIS PERKEMBANGAN OTAK JANIN DENGAN MENGUNAKAN METODE ISOMAP <i>Rifki Kosasih dan Achmad Fahrurrozi – Universitas Gunadarma</i>	...MT 107-113

MAHASISWA

PEMODELAN FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERSENTASE PENDUDUK MISKIN PROVINSI PAPUA MENGGUNAKAN REGRESI SEMIPARAMETRIK SPLINE DALAM RANGKA MENGHADAPI ASEAN ECONOMIC COMMUNITY 2015 <i>Eka Oktaviana Romaji, Wahyu Kurnia Dewi Nastiti, Zahrotun Nisaa', Avinia Aisha Widhesaputri, dan Reta Noorina Prastika – Institut Teknologi Sepuluh Nopember</i>	...MS 1-8
--	-----------

TAKSIRAN JACKKNIFE RIDGE REGRESSION SEBAGAI TAKSIRAN PARAMETER MODEL REGRESI LINIER BERGANDA PADA KASUS MULTIKOLINIERITAS <i>Effrida Betzy Stephany, Siti Nurrohmah, dan Ida Fithriani – Universitas Indonesia</i>	...MS 9-16
DISTRIBUSI GAMMA-HALF NORMAL <i>Kania Rianti, Siti Nurrohmah, dan Ida Fithriani – Universitas Indonesia</i>	...MS 17-25
PENGUNAAN METODE BAYES DALAM PENAKSIRAN UKURAN POPULASI YANG MEMPUYAI NOMOR SERIAL <i>Mario Valentino Nara, Ida Fithriani, dan Siti Nurrohmah – Universitas Indonesia</i>	...MS 26-32
KAJIAN SKEMA E-VOTING DALAM APLIKASI SKEMA SECRET SHARING BERBASIS CHINESE REMAINDER THEOREM (CRT) DENGAN MENGGUNAKAN BARISAN MIGNOTTE <i>Widuri Lisu dan Kiki Ariyanti Sugeng – Universitas Indonesia</i>	...MS 33-40
IMPLEMENTASI ATURAN KUADRATUR NEWTON-COTES DENGAN KOREKSI PADA BATAS DAN MODIFIKASINYA <i>Bevina Desjwiandra H., Gatot Fatwanto Hertono, dan Yola Fowell – Universitas Indonesia</i>	...MS 41-48
OPTIMASI PORTOFOLIO DENGAN KENDALA BUY-IN THRESHOLD <i>Erwin Natali Susanto dan Liem Chin – Universitas Katolik Parahyangan</i>	...MS 49-54
MEMINIMUMKAN RISIKO PORTOFOLIO DENGAN TARGET RETURN MENGGUNAKAN METODE NEWTON <i>Andris Rachardi, Liem Chin, dan Erwinna Chendra – Universitas Katolik Parahyangan</i>	...MS 55-61
PREDIKSI KEBERHASILAN INDONESIA PADA POST FINAL DAN PASCA MDGs (MILLENNIUM DEVELOPMENT GOALS) 2015 DALAM PENANGGULANGAN KEMISKINAN DAN KELAPARAN DENGAN METODE PERAMALAN <i>Indah Tri Wulandari, Joshua Bonasuhul, Riskha Tri Oktaviani, Akhmad Rayzha Naufal, dan Sutikno – Institut Teknologi Sepuluh Nopember</i>	...MS 62-70

STUDI DAMPAK UNDANG-UNDANG MINERAL DAN BATUBARA (UU MINERBA) TERHADAP KEBERHASILAN EKSPOR INDONESIA MENGGUNAKAN METODE ANALISIS FAKTOR DAN CHERNOFF FACE <i>Fefy D. S., Indah T. W., Avinia A. W., Rya S. A., Epa Suryanto, dan Mutiah Salamah – Institut Teknologi Sepuluh Nopember</i>	...MS 71-78
SIFAT SUBHIMPUNAN LENGKAP DAN COMPLETELY DISCRETE DALAM RUANG YANG MEMILIKI ATSUJI COMPLETION <i>Muhammad Ihsan Prasetio, Nora Hariadi, dan Suarsih Utama – Universitas Indonesia</i>	...MS 79-86
PENYELESAIAN LINEAR FRACTIONAL PROGRAMMING DENGAN MENGGUNAKAN METODE CRISS CROSS <i>Anggela Irene Wijaya, Taufik Limansyah, dan Dharma Lesmono – Universitas Katolik Parahyangan</i>	...MS 87-93
DISTRIBUSI GAMMA-PARETO <i>Ira Rosianal Hikmah, Siti Nurrohmah, dan Ida Fithriani – Universitas Indonesia</i>	...MS 94-102
EFEKTIFITAS MENCATAT DAN PRAKTIK MENGGUNAKAN KOMPUTER SECARA LANGSUNG TERHADAP PRESTASI BELAJAR MAHASISWA MATA KULIAH EKSPLORASI SOFTWARE MATEMATIKA DI STKIP SURYA <i>Hendy Halyadi, Titi Mellyani, Aprilita, dan Johannes H. Siregar – STKIP Surya</i>	...MS 103-107
PENENTUAN RISIKO RELATIF UNTUK PENYEBARAN PENYAKIT DEMAM DENGUE DI KOTA BANDUNG PADA TAHUN 2013 DENGAN MENGGUNAKAN MODEL SMR <i>Robyn Irawan, Benny Yong dan Farah Kristiani – Universitas Katolik Parahyangan</i>	...MS 108-115
VALUASI VALUE AT RISK MENGGUNAKAN METODE COPULA <i>Felivia dan Ferry Jaya Permana – Universitas Katolik Parahyangan</i>	...MS 116-122

Aljabar dan Analisis

Matematika Terapan

Matematika Pendidikan

Statistika

Mahasiswa S1

APLIKASI ANALISIS STATISTIK DESKRIPTIF *SPHERICAL* PADA DATA GEMPA BENGKULU

Pepi Novianti

Jurusan Matematika FMIPA Universitas Bengkulu
email : pie_novianti@yahoo.com

Abstrak. Di berbagai disiplin ilmu, hasil pengukuran dapat berupa arah yang biasanya dinyatakan dalam ukuran sudut. Himpunan beberapa pengamatan berupa arah disebut dengan *directional* data. Data yang berbentuk arah dalam ruang atau posisi titik pada permukaan bola dikenal dengan data *spherical*. Data *Spherical* sangat dibutuhkan dalam berbagai ilmu alam, misalkan ilmu tentang bumi, fisika perbintangan, fisika kelautan dan lain sebagainya. Beberapa sifat tertentu dari data *spherical* mengakibatkan analisis yang diperlukan berbeda dengan analisis statistik linier biasa. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan mengaplikasikan analisis statistik deskriptif pada data *spherical*. Data yang digunakan merupakan data gempa bumi tektonik di Provinsi Bengkulu berdasarkan data single-station BMKG Kepahiang, Bengkulu dari bulan Januari 1970 sampai dengan Desember 2010. Data berupa posisi koordinat pusat gempa dengan besar magnitude lebih dari 5,0 Skala Richter. Analisis dilakukan menggunakan bantuan program R dengan paket *VecStatGraphs3D*. Koordinat polar pusat gempa berupa sudut latitude dan longitude dianalisis menggunakan statistik *spherical* dan besar magnitude dianalisis menggunakan statistik linier. Sudut latitude dan longitude dinyatakan dalam nilai koordinat ruang 3-Dimensi x , y dan z . Berdasarkan analisis statistik *spherical* diperoleh bahwa rata-rata posisi gempa tektonik berada pada $4,4686^{\circ}\text{LS}$ dan $102,1496^{\circ}\text{BT}$ dengan parameter konsentrasi dan galat baku *spherical* bernilai 1268,0798 dan 0,1413. Sedangkan besar magnitude rata-rata adalah 5,4968 skala richter dengan simpangan baku sebesar 0,4384.

Kata kunci : *data spherical, rata-rata spherical, galat baku spherical, gempa bumi, VecStatGraphs3D*

1. PENDAHULUAN

Di berbagai disiplin ilmu, hasil pengukuran dapat berupa arah yang biasanya dinyatakan dalam ukuran sudut. Misalnya dalam biologi dimungkinkan mengukur arah terbang seekor burung atau arah perjalanan seekor hewan, sedangkan seorang ahli bumi tertarik dengan arah kutub magnet bumi. Arah ini dapat dinyatakan dalam dua dimensi untuk kasus arah terbang seekor burung dan tiga dimensi untuk kasus arah kutub magnet bumi. Himpunan beberapa pengamatan berupa arah disebut dengan data *directional*. Data *directional* dalam dua dimensi disebut data *circular*, sedangkan data *directional* dalam tiga dimensi disebut data *spherical* ([4],[6]).

Data yang berbentuk arah dalam ruang atau posisi titik pada permukaan bola dikenal dengan data *spherical*. Analisis data dalam bentuk arah dalam ruang atau posisi titik pada permukaan bola sangat dibutuhkan dalam ilmu alam, misalkan ilmu tentang bumi, fisika perbintangan, fisika kelautan dan lain sebagainya. Statistika *Spherical* berhubungan dengan data berbentuk sudut seperti sumbu dan vektor dalam ruang 3-dimensi. Sifat tertentu dari data *spherical* mengakibatkan analisis yang diperlukan berbeda dengan analisis statistik biasa. Beberapa metode statistika untuk data *directional* telah ada pada awal abad 20, namun metode ini mulai berkembang sekitar tahun 1950.

Data pada statistika *spherical* yang dinyatakan dalam garis lurus berarah disebut dengan vektor, sedangkan untuk garis lurus yang tidak memiliki arah disebut dengan sumbu. Sebuah vektor

menyatakan jarak titik P pada permukaan bola terhadap titik pusat bola. $\overrightarrow{OP}$ merupakan notasi vektor OP yang menyatakan jarak antara titik O dan titik P . Data dalam bentuk sumbu dinyatakan dengan sepasang titik Q dan P pada ujung diameter sehingga terbentuk sudut QOP pada bola. Dua nilai pengukuran ini diperlukan untuk mendefinisikan titik P pada bola atau belahan bumi, sehingga ukuran *spherical* dapat berupa *vectorial* atau *axial*. Misalnya sudut latitude dan colatitude dari P atau koordinat kartesius x, y dan z dari P . [2]

Analisis statistik untuk data *spherical* pertama kali digunakan oleh Fisher pada tahun 1953 yang mengembangkan sebaran pada error sudut sebuah bola. Pada tahun 1985 Fisher meneliti sifat median *spherical* dan membahas kesamaannya dengan uji tanda. Kemudian Fisher dan Embleton pada tahun 1987 berkonsentrasi meneliti analisis untuk data *spherical* dan menghasilkan sebuah buku. Berdasarkan teori ini, statistik *spherical* banyak diterapkan di berbagai penelitian biologi, meteorology, geografi dan geologi. [1]

Salah satu cabang ilmu geologi adalah geofisika dan cabang ilmu geofisika yang secara khusus mempelajari tentang gempa bumi adalah seismologi. Gempa bumi merupakan gejala fisik yang ditandai dengan bergetarnya bumi dengan berbagai intensitas. Getaran-getaran tersebut terjadi karena terlepasnya energi secara tiba-tiba. Gempa bumi tektonik disebabkan oleh adanya aktivitas tektonik secara tiba-tiba dengan kekuatan besar atau kecil.

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 di atas menjadikan Provinsi Bengkulu sebagai daerah paling rawan terhadap bencana gempa bumi. [3]

Pemilihan teknik analisis statistik yang akan digunakan harus disesuaikan dengan data yang dimiliki. Data yang berupa siklus waktu atau posisi titik terhadap sudut kemungkinan tidak cocok lagi dianalisis dengan menggunakan metode statistik linier klasik dikarenakan arah dan besar sudut mempengaruhi posisi antara satu data dengan data yang lain [7]. Data gempa Bengkulu berupa posisi pusat gempa tektonik pada koordinat bujur dan lintang serta kekuatan gempa. Data posisi ini berupa data *spherical*, sehingga membutuhkan analisis yang lebih dari sekedar analisis statistika linier biasa.

Penerapan statistika *spherical* telah dilakukan pada analisis model elevasi digital [1] dan metode data *spherical* telah dibahas dan divisualisasikan menggunakan program MATLAB [5]. Penulisan makalah ini merupakan aplikasi dari statistika deskriptif pada data *spherical*, yaitu data gempa Bengkulu. Statistika deskriptif yang akan dibahas adalah rata-rata dan galat baku untuk data yang berupa arah dan sudut.

2. METODE

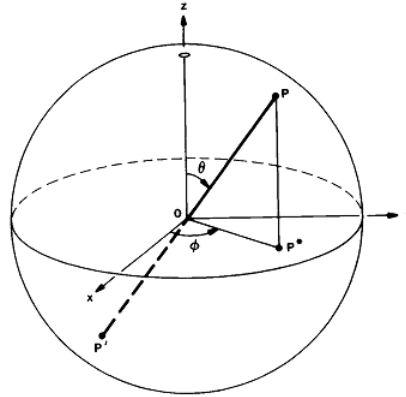
2.1. Sistem Koordinat *Spherical*

Jenis data pada statistika *spherical* berupa vektor atau sumbu. Pada data jenis sumbu, garis diukur dengan normal terhadap potongan bidang dan tidak memiliki arah. System koordinat *spherical* mengacu pada sudut yang terbentuk pada bidang (x,y,z) . Titik titik ini dapat dikonversi ke dalam koordinat kutub, koordinat geografi, koordinat geologi dan koordinat astronomi.

Koordinat kutub pada data *spherical* dinyatakan dengan sudut kolatitude dan longitude. Apabila sebuah titik P berada pada permukaan bola dengan pusat O , maka titik P dapat dinotasikan dengan $\overrightarrow{OP}$. Jika $\overrightarrow{OP}$ dinyatakan dalam 3 sumbu orthogonal (x,y,z) , maka kolatitude θ merupakan sudut antara $\overrightarrow{OP}$ dan $\overrightarrow{Oz}$ dan longitude ϕ merupakan sudut antara $\overrightarrow{Ox}$ dan $\overrightarrow{OP}^*$ yang

diukur berlawanan arah jarum jam. $\overrightarrow{OP^*}$ merupakan proyeksi $\overrightarrow{OP}$ pada bidang (x,y). Sehingga $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ dan $0^\circ \leq \Phi \leq 360^\circ$. Posisi sudut kolatitude θ dan longitude Φ pada koordinat kutub dapat dilihat pada gambar 1. Sudut kolatitude θ dan longitude Φ dapat dikonversi ke dalam koordinat kartesius (x,y,z) dengan rumus berikut:

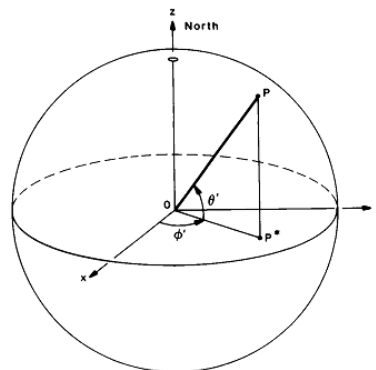
$$\begin{aligned} x &= \sin \theta \cos \Phi \\ y &= \sin \theta \sin \Phi \\ z &= \cos \theta \end{aligned} \quad (1)$$



Gambar 1. Posisi sudut kolatitude θ dan longitude Φ pada koordinat kutub

Titik potong $\overrightarrow{Oz}$ dengan permukaan bidang bumi disebut kutub utara. Posisi titik P berdasarkan $\overrightarrow{Oz}$ berada pada daerah utara sampai selatan dan terdapat sumbu yang diukur dengan sudut latitude θ' , yaitu sudut antara $\overrightarrow{OP}$ dan bidang (x,y). Sudut θ' yang berada di atas bidang (x,y) bernilai positif dan yang berada di bawah bidang (x,y) bernilai negative. Sudut longitude Φ' merupakan sudut yang diukur antara garis meridian yang mengandung P dan meridian yang bernilai 0 atau sudut antara proyeksi $\overrightarrow{OP}$ pada bidang (x,y) dengan sumbu x dengan arah berlawanan jarum jam. Koordinat yang memiliki sudut latitude θ' dan longitude Φ' disebut koordinat geografis dan posisi sudutnya dapat dilihat pada Gambar 2. Koordinat kutub dapat dinyatakan dalam bentuk koordinat geografis dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \theta' &= 90^\circ - \theta \\ \Phi' &= \Phi \end{aligned}$$



Gambar 2. Posisi sudut latitude θ' dan longitude Φ' pada koordinat geografis.

2.2. Rata-rata arah, Panjang Resultan dan Galat Baku

Penghitungan rata-rata arah dari himpunan titik pada bola tidak cukup dengan menghitung rata-rata sudutnya, dikarenakan sistem koordinatnya bukan merupakan data kontinu. Misalkan himpunan titik-titik $P_1, P_2, \dots, P_n$ berada pada permukaan bola yang berpusat pada 0, dimana P_i merupakan vektor satuan dengan koordinat kutub (θ_i, Φ_i) . Berdasarkan persamaan (1) kosinus arah titik P_i , dimana $i = 1, 2, \dots, n$ ditulis sebagai

$$\begin{aligned}x_i &= \sin \theta_i \cos \Phi_i \\y_i &= \sin \theta_i \sin \Phi_i \\z_i &= \cos \theta_i\end{aligned}$$

Resultan vektor dari n satuan vektor memiliki vektor dengan rata-rata arah $(\bar{\theta}, \bar{\Phi})$ dan rata-rata panjang resultan R. Untuk menghitung rata-rata arah dan rata-rata panjang resultan dihitung terlebih dahulu jumlah vector satuan dengan formula berikut:

$$\begin{aligned}S_x &= \sum_{i=1}^n x_i \\S_y &= \sum_{i=1}^n y_i \\S_z &= \sum_{i=1}^n z_i\end{aligned}$$

dan dengan

$$R^2 = S_x^2 + S_y^2 + S_z^2$$

diperoleh

$$R = \sqrt{S_x^2 + S_y^2 + S_z^2}$$

Karena sistem koordinat *spherical* hanya memiliki vector panjang satuan, panjang resultan vektor dapat digunakan untuk mengukur kepekatan. Jangkauan R antara 0 sampai n, dengan nilai terbesar berhubungan dengan kepekatan yang kecil dan nilai kecil berhubungan dengan meningkatnya sebaran seragam data pada bola.

Rata-rata kosinus arah adalah

$$(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}) = \left(\frac{S_x}{R}, \frac{S_y}{R}, \frac{S_z}{R} \right)$$

Sehingga rata-rata sudut kolatitide dan longitude dihitung dengan formula berikut:

$$\begin{aligned}\bar{\theta} &= \cos^{-1}(\bar{z}) \\ \bar{\Phi} &= \tan^{-1} \left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}} \right)\end{aligned}$$

dimana $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ dan $0^\circ \leq \Phi \leq 360^\circ$

Jika rata-rata arah $(\bar{\theta}, \bar{\Phi})$ diketahui, maka galat baku *spherical* dapat dihitung menggunakan formula berikut:

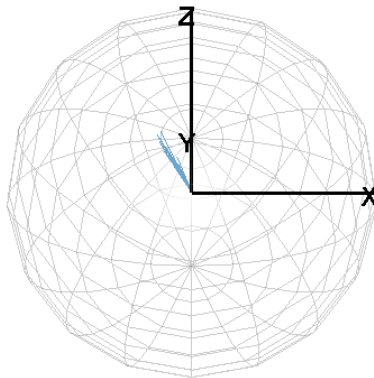
$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{d}{n\bar{R}^2}}$$

dimana $\bar{R} = \frac{R}{n}$ dan $d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n x_i \bar{x} + y_i \bar{y} + z_i \bar{z}}{n}$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

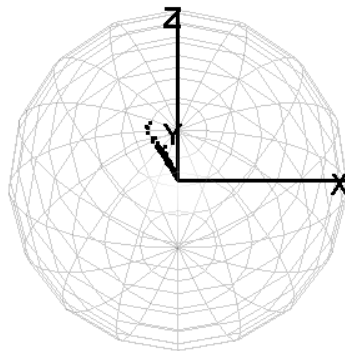
Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data gempa bumi tektonik di Provinsi Bengkulu berdasarkan data single-station BMKG Kepahiang, Bengkulu dari bulan Januari 1970 sampai dengan Desember 2010. Data berupa posisi koordinat pusat gempa dengan besar magnitude lebih dari 5,0 Skala Richter. Koordinat pusat gempa yang digunakan adalah koordinat geografis, yaitu posisi sudut latitude dan longitude. Sehingga untuk memasukkan data pada program R dilakukan perubahan sudut latitude menjadi sudut kolatitide. Analisis dilakukan menggunakan bantuan program R dengan paket *VecStatGraphs3D*.

Gambar 3 merupakan hasil dari paket *VecStatGraphs3D* dengan menu “*DrawModuleAndAngleDistribution3D*”. Menu ini menyajikan posisi sudut kolatitute dan longitude pusat gempa Bengkulu yang telah dinyatakan dalam koordinat kartesius (x,y,z). Pada Gambar 3 terlihat bahwa data cenderung berkumpul di satu lokasi dan vector resultan saling tumpang tindih dan data tidak menyebar di permukaan bola. Hal ini dikarenakan data yang digunakan adalah posisi gempa di sekitar Provinsi Bengkulu yang berada pada $2^{\circ}16'9''$ – $3^{\circ}31'17''$ LS dan $101^{\circ}1'0''$ – $103^{\circ}41'5''$ BT, sehingga wilayah yang menjadi pengamatan sangat kecil dibandingkan luas permukaan bumi.



Gambar 3. Grafik 3-D dari data Gempa Bengkulu

Gambar 4 merupakan hasil dari paket *VecStatGraphs3D* dengan menu “*DrawDensity3D*”. Menu ini menyajikan posisi titik pusat gempa Bengkulu pada permukaan bola bumi. Pada Gambar 4 terlihat bahwa titik pada peta kepadatan pusat gempa sangat pekat, sehingga data cenderung terkonsentrasi di sekitar rata-rata arah pusat gempa.



Gambar 4. Peta Kepadatan titik pusat Gempa Bengkulu

Tabel 1. Perbandingan Rata-rata arah pusat Gempa Bengkulu

	Linier	Spherical
Rata-rata Latitude	4,4665	4,4686
Rata-rata longitude	102,1272	102,1496
Rata-rata KekuatanGempa	5,4968	0,9992
Galat Baku	0,0543	0,1413

Tabel 1 menunjukkan perbandingan rata-rata arah yang dihitung menggunakan metode analisis linier dan analisis *Spherical*. Rata-rata latitude dan longitude pusat gempa pada metode analisis linier adalah $4,4665^{\circ}$ LS dan $102,1272^{\circ}$ BT, sedangkan rata-rata latitude dan longitude pusat gempa pada metode analisis *spherical* adalah $4,4686^{\circ}$ LS dan $102,1496^{\circ}$ BT. Posisi rata-rata pusat gempa Bengkulu yang dihitung menggunakan metode analisis linier dan analisis *spherical* memiliki nilai yang hampir sama. Perbedaan nilai rata-rata ini tidak begitu signifikan

dikarenakan baik posisi sudut latitude maupun longitude berada pada posisi lintang dan posisi bujur yang sama, yaitu lintang selatan (LS) dan bujur timur (BT).

Rata-rata kekuatan gempa besar di Provinsi Bengkulu apabila dihitung secara linier adalah 5,4968 SR, sedangkan pada analisis *Spherical* panjang resultan vektor satuan rata-rata adalah 0,9992. Nilai konsentrasi parameter pada data pusat gempa adalah 1268,0798. Nilai konsentrasi parameter ini sangat besar dikarenakan data pusat gempa cenderung berkumpul di satu daerah pengamatan dan terlihat dari gambar 4 yang menunjukkan peta kepadatan titik sangat pekat. Selain nilai konsentrasi parameter yang sangat besar, nilai galat baku vektor satuan pada metode analisis *spherical* cenderung kecil yaitu 0,1413. Nilai Galat baku untuk data kekuatan gempa adalah 3,5142, sedangkan nilai simpangan baku sebesar 0,4384.

4. KESIMPULAN

Rata-rata latitude dan longitude pusat gempa pada metode analisis linier adalah $4,4665^{\circ}\text{LS}$ dan $102,1272^{\circ}\text{BT}$, sedangkan rata-rata latitude dan longitude pusat gempa pada metode analisis *spherical* adalah $4,4686^{\circ}\text{LS}$ dan $102,1496^{\circ}\text{BT}$. Rata-rata kekuatan gempa besar di Provinsi Bengkulu apabila dihitung secara linier adalah 5,4968 SR dan panjang resultan vektor satuan rata-rata adalah 0,9992. Nilai konsentrasi parameter pada data pusat gempa adalah 1268,0798 dan nilai galat baku adalah 0,1413. Rata-rata arah sudut pada analisis linier biasa dan analisis *spherical* pada data gempa Bengkulu menunjukkan hasil yang hampir sama. Pada data ini analisis linier biasa masih dapat dilakukan karena data cenderung berkumpul di satu daerah dan posisi arah sudut sama yaitu pada posisi lintang selatan (LS) dan bujur timur (BT).

Data Gempa Bengkulu yang dianalisis merupakan data posisi dan kekuatan gempa bumi dari tahun 1970 sampai dengan 2010, sehingga data ini termasuk jenis data deret waktu. Oleh karena itu analisis *spherical* dapat dilanjutkan dengan mempertimbangkan pengaruh waktu dengan menggunakan analisis *spherical* deret waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cuartero, A., M. E. Polo, P. G. Rodríguez, Á. M. Felicísimo dan J. C. Ruiz-Cuetos. (2014). "The Use of Spherical Statistics to Analyze Digital Elevation Models: An Example From LIDAR and ASTER GDEM". *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*; **Vol. 11 No. 7**; 1200-1204.
- [2] Fisher, N.I, T. Lewis dan B.J.J. Embleton. (1987). *Statistical Analysis of Spherical Data*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [3] Hadi, A.I., Suhendra dan Efriyadi. (2010). "Studi Analisis Parameter Gempa Bengkulu Berdasarkan Data Single-Station dan Multi-Station serta Pola Sebarannya". *Berkala Fisika*; **Vol 13 No. 4**; 105-112.
- [4] Jammalamadaka, S.R. & A. SenGupta. (2001). *Topics in circular Statistics*. World Scientific Publishing, London.
- [5] Leong, P., dan S. Carlile. (1998). "Methods for spherical data analysis and visualization". *Journal of Neuroscience Methods*; **Vol 80**; 191-200.
- [6] Novianti, P. (2012). "Kajian Circular Descriptive Statistik pada Data yang Berupa Arah dan Sudut". Prosiding SEMIRATA Bidang MIPA BKS-PTN Wilayah Barat Universitas Medan 2012; 38-44.
- [7] Novianti, P. (2012). "Penerapan Circular Statistics untuk Pengujian Sampel Tunggal Sebaran Von Mises Menggunakan Simulasi Data". Prosiding Seminar Nasional Matematika UNS 2012; 332-337.