

RANCANG BANGUN APLIKASI METEOROLOGI DAN GEOFISIKA DENGAN MENGGUNAKAN BAHASA PEMROGRAMAN MATLAB DAN GMT

BUILDING DESIGN METEOROLOGICAL AND GEOPHYSICAL APPLICATION USING PROGRAMMING LANGUAGES MATLAB AND GMT

Nurul Hidayat

Stasiun Geofisika Kepahiang - Bengkulu

*E-mail: nurul.hidayat@bmgk.go.id / dayatsaja4@gmail.com

Naskah masuk: 06 Januari 2021 Naskah diperbaiki: 10 Maret 2021 Naskah diterima: 23 Maret 2021

ABSTRAK

Stasiun Geofisika Kepahiang merupakan unit perwakilan BMKG yang berada di wilayah Kabupaten Kepahiang Bengkulu. Dalam menjalankan tugasnya diperlukan aplikasi pengolahan data meteorologi dan geofisika yang cepat, efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi pengolahan data meteorologi dan geofisika. Pengolahan ini terkait dengan parameter statistik data meteorologi dan geofisika yang ditampilkan dalam grafik. Aplikasi ini dapat menghasilkan keluaran berupa 13 grafik dan 2 peta. Grafik yang dihasilkan adalah grafik suhu rata-rata, suhu maksimum dan minimum, kelembaban, curah hujan, lamanya penyinaran matahari, gempa yang tercatat, gempa bumi berdasarkan magnitudo (diagram batang dan lingkaran), gempa berdasarkan kedalaman (diagram batang dan lingkaran), gempa dirasakan, gempa berbasis sumber, RMS gempa, peta seismisitas dan peta seismisitas beserta penampang melintangnya. Waktu pemrosesan sekitar 3 - 5 menit. Waktu proses dengan aplikasi ini lebih cepat jika dibandingkan dengan software Microsoft Excel dan software ArcGis.

Kata kunci: GMT, MATLAB, Seismisitas

ABSTRACT

Station Geophysics of Kepahiang is a BMKG representative unit located in the Kepahiang province of Bengkulu. In carrying out its duties requires a fast, effective and efficient application of meteorological and geophysical data processing. This study aims to develop meteorological and geophysical data processing applications. This processing is related to the statistical parameters of meteorological and geophysical data displayed in the graph. This application can produce output in the form of 13 charts and 2 maps. The resulting graphs are graphs of average temperature, maximum and minimum temperature, humidity, precipitation, duration of solar radiation, detected earthquakes, earthquakes based on magnitude (bar chart and pie chart), earthquakes based on depth (bar chart and pie charts), earthquakes felt, earthquake based on source, earthquake RMS, seismicity maps and seismicity and cross-sectional maps. The processing time is around 3-5 minutes. Processing time with this application is faster when compared to processing with Microsoft Excel and ArcGis software.

Keywords: GMT, MATLAB, Seismicity

1. Pendahuluan

Stasiun Geofisika Kepahiang merupakan unit perwakilan BMKG yang berada di wilayah Kepahiang Provinsi Bengkulu (Gambar 1). Lokasinya berada di daerah pegunungan. Di sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Rejang Lebong, di sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Seluma, di sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Bengkulu Tengah dan di sebelah timur berbatasan dengan Provinsi Sumatera Selatan. Stasiun ini dibangun tahun 1978. Saat itu hanya mengamati gempa. Kemudian setelah berkembangnya kebutuhan masyarakat akan data meteorologi dan geofisika, sehingga saat ini juga melakukan pengamatan meteorologi.

Tugas utama stasiun geofisika Kepahiang adalah mengamati gempa bumi, tsunami, petir, tanda waktu dan pengamatan meteorologi sinoptik. Pengamatan gempa, tsunami dan petir dilakukan selama 24 jam dan mencakup wilayah sekitar Provinsi Bengkulu. Pengamatan tanda waktu hanya dilakukan untuk melihat bulan baru atau bulan baru di akhir bulan hijriah. Pengamatan meteorologi sinoptik dilakukan setiap jam dan hanya dilakukan 13 jam dalam sehari, mulai pukul 07.00 WIB hingga 19.00 WIB. Serta melakukan survei kerusakan jika terjadi gempa merusak di Provinsi Bengkulu. Data dan informasi dari pengamatan ini lebih banyak digunakan untuk kebencanaan. Daerah Bengkulu merupakan daerah yang sering mengalami gempa bumi. Dari data historis sejak tahun 1770 hingga akhir tahun 2009 wilayah Bengkulu mengalami gempa yang cukup signifikan dan hingga saat ini aktivitas seismik masih sering terjadi [1].

Teknologi komputer saat ini telah berkembang pesat. Hampir semua aspek kehidupan teknologi komputer telah digunakan. Dengan menggunakan teknologi komputer maka pekerjaan akan lebih mudah, efektif dan efisien. Teknologi komputer mengacu pada penggunaan bahasa pemrograman untuk menyelesaikan suatu masalah. Beberapa penelitian terkait dengan perkembangan teknologi komputer di bidang gempa yaitu Setyonegoro [2] mengembangkan aplikasi prediksi gempa dengan perhitungan statistik numerik. Aplikasi ini menggunakan bahasa pemrograman Matlab. Selanjutnya Irwansyah dkk [3] mengembangkan aplikasi sistem informasi geografis untuk pemantauan gempa. Aplikasi ini berguna untuk menampilkan informasi gempa yang telah dan sedang terjadi dalam bentuk visual. Selain di bidang kegempaan juga dikembangkan penggunaan teknologi komputer di bidang meteorologi yaitu: Asynuzar [4] mengembangkan aplikasi pengolahan data

cuaca di Stasiun Meteorologi Maritim Pontianak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi ini dapat secara otomatis menyandikan dan membuat laporan bulanan yang sesuai dengan kebutuhan stasiun. Khambali dkk [5] merancang aplikasi dengan bahasa pemrograman java dan mysql untuk memudahkan dalam pengolahan dan pelaporan data di stasiun meteorologi Tegal.

Pengolahan data di Stasiun Geofisika Kepahiang selama ini dikerjakan dengan menggunakan Aplikasi Microsoft Excel. Salah satu kelebihan dari aplikasi ini adalah lebih familiar dan lebih mudah digunakan. Namun akan memakan waktu lama jika data yang diolah banyak dan bervariasi. Selain Microsoft Excel, aplikasi ArcGis juga digunakan. Pengerjaan dengan ArcGis juga tergolong cukup lama yaitu rata-rata membutuhkan waktu proses sekitar 30 menit. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan suatu aplikasi yang dapat mempercepat pengolahan data pada Stasiun Geofisika Kepahiang. Penelitian ini bertujuan untuk merancang aplikasi pengolahan data dengan menggunakan bahasa pemrograman Matlab dan GMT.



Gambar 1. Lokasi Stasiun Geofisika Kepahiang

2. Metode Penelitian

Matlab (*Matrix Laboratory*) adalah bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh *Mathwork Inc*. Umumnya digunakan dalam bidang sains dan teknik. Matlab adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi, Integrasi antara komputasi, visualisasi, dan bahasa pemrograman. Matlab memiliki struktur data yang baik, memiliki editor dan alat debugging serta mendukung pemrograman berbasis objek. Untuk alasan inilah Matlab sangat baik digunakan dalam penelitian dan pendidikan [6]. GMT (*Generic Mapping Tools*) adalah kumpulan sumber terbuka yang terdiri dari 80 baris perintah untuk manipulasi data geografis dan kartesian. Dari plot dua dimensi yang

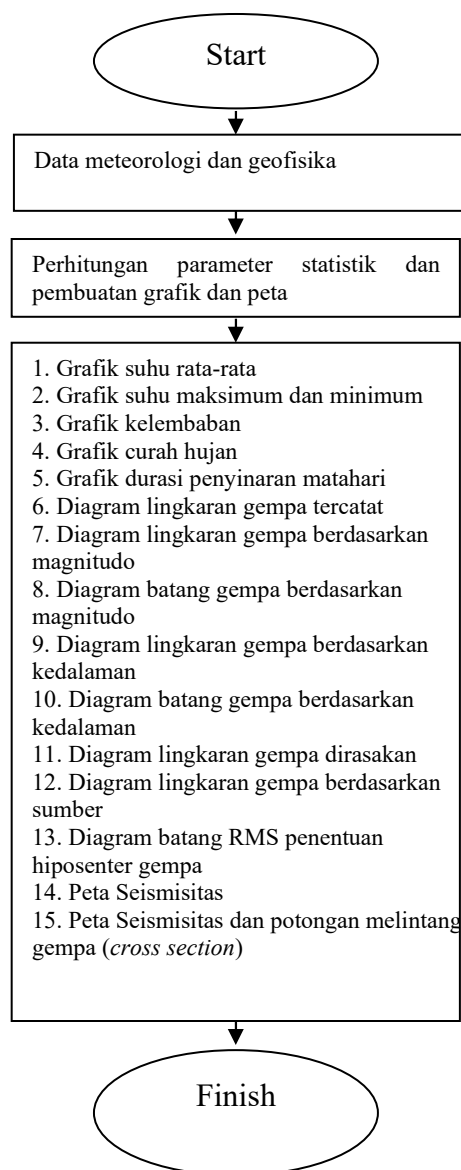
sederhana hingga perspektif tiga dimensi, GMT mendukung 30 jenis proyeksi pemetaan dan transformasi. Karena fleksibilitasnya dan pertimbangan yang tidak berbayar, maka komunitas ilmu kebumiharian di dunia banyak menggunakan GMT dalam pekerjaannya [7].

Dalam perancangan aplikasi, yang pertama dilakukan adalah mengidentifikasi permasalahan yang ada di Stasiun Geofisika Kepahiang. Permasalahan yang ada antara lain: pengolahan dengan Microsoft Excel membutuhkan waktu yang lama dan dibutuhkan ketelitian karena data yang diolah bervariasi. Data yang diolah terdiri dari suhu minimum harian, suhu maksimum harian, suhu rata-rata harian, kelembaban harian, curah hujan harian, durasi penyinaran matahari harian, dan data parameter gempa. Kemudian menghitung rata-rata, nilai maksimum, nilai minimum, standar deviasi dan membuat grafik berdasarkan tanggal masing-masing data. Untuk data gempa lebih kompleks karena harus mengklasifikasikan gempa dengan magnitudo $M < 3$, $3 \leq M < 5$ dan $M \geq 5$, kemudian dihitung jumlah tiap kelompok magnitudo dalam satu hari selama satu bulan.

Pengolahan selanjutnya adalah klasifikasi gempa berdasarkan kedalamannya yaitu kedalaman dangkal (0 - 60 km), sedang (60 - 300 km) dan dalam (> 300 km). Hitung jumlah kejadian tiap kelompok kedalaman gempa dalam satu hari selama satu bulan. Selain itu juga menghitung jumlah kejadian gempa yang terjadi di dalam wilayah Provinsi Bengkulu dan di luar wilayah Provinsi Bengkulu. Gempa terasa dan tidak terasa. Gempa berdasarkan sumbernya. Menurut sumbernya gempa bumi terbagi menjadi : gempa karena subduksi, sesar dan gempa *background* [1]. Serta pembuatan peta seismisitas dan penampang melintang (*cross section*) gempa-gempa di Bengkulu. Diagram alir pengolahan yang digunakan oleh aplikasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Matlab digunakan untuk membuat GUI (*Graphical User Interface*) dan mengembangkan fungsi buatan. Fungsi buatan digunakan untuk membantu dalam menghitung nilai rata-rata, nilai maksimum, nilai minimum, standar deviasi, mode dan median serta membuat grafik batang. Untuk data gempabumi juga dibuat fungsi buatan untuk mengklasifikasikan data gempabumi berdasarkan magnitudo dan kedalaman, gempa di dalam atau di luar provinsi Bengkulu, gempa terasa atau tidak terasa, gempa berdasarkan sumbernya, membuat peta seismisitas dan potongan melintang gempa. Data yang digunakan untuk topografi menggunakan data DEM (*Digital Elevation Model*) GEBCO 2014 [8]. Selain data DEM juga terdapat

data Sesar Mentawai [9], Sesar Sumatra dan *trench* [10]. Data garis pantai menggunakan data dari GSHHG (*Global Self-consistent, Hierarchical, High resolution Geography Database*) [11].



Gambar 2. Diagram alir aplikasi

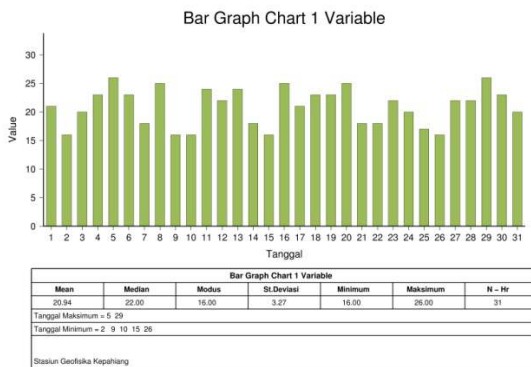
Grafik dan peta dibuat dengan GMT melalui fungsi Matlab. Beberapa fungsi buatan yang dikembangkan yaitu: grf2n, grf3n, grf4n, pie2, pie3, seismapn dan crossgempn. Fungsi grf2n digunakan untuk menggambarkan diagram batang misalnya untuk menggambarkan variasi suhu dalam satu bulan (hanya satu variabel). Ada tiga tipe tampilan warna diagram batang yang ditampilkan. Fungsi grf3n dan grf4n berfungsi untuk menampilkan diagram batang dengan 2 variabel dan 3 variabel serta tidak memiliki gradasi warna. Fungsi grf2, grf3 dan grf4 menghasilkan parameter statistik seperti mean, median, modus, standar deviasi. Fungsi pie2 dan pie3 dibuat untuk menampilkan diagram lingkaran

dari 2 variabel dan 3 variabel. Untuk data gempa dikembangkan fungsi seismapn dan crossgempn.

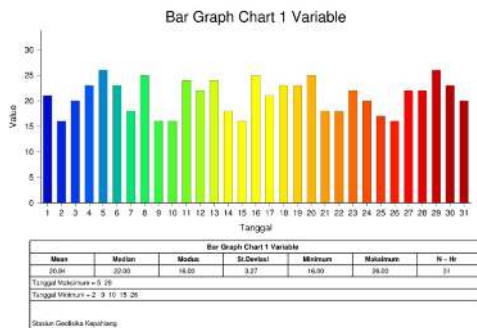
Fungsi seismapn digunakan untuk memetakan gempa bumi yang terjadi dalam satu bulan, disebut juga peta seismisitas bulanan. Fungsi crossgempn digunakan untuk melihat posisi gempa terhadap slab dan sesar pada penampang melintang dan untuk menampilkan jumlah kejadian gempa secara kedalaman. Secara umum untuk membuat grafik dan peta pada GMT kita harus membuat batch file. Kemudian menjalankannya. Dengan fungsi buatan ini batch file akan dihasilkan oleh matlab dan selanjutnya akan dijalankan oleh matlab. Karena GMT tidak mendukung format data .xls maka dengan matlab dapat mengatasi hal tersebut. Contoh grafik dan peta dari fungsi buatan tersebut dapat dilihat pada gambar 3a-3e.

3. Hasil dan Pembahasan

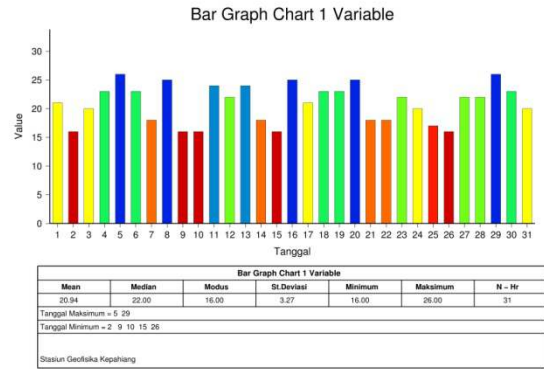
Aplikasi yang dikembangkan telah diujicobakan pada beberapa komputer di Stasiun Geofisika Kepahiang. Pada Gambar 4a merupakan contoh tampilan aplikasi GUI. Aplikasi ini mudah dijalankan. Hanya menyiapkan data meteorologi dan data parameter gempa (data geofisika).



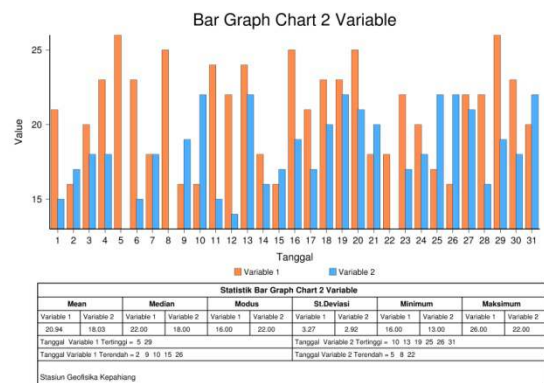
Gambar 3a. Grafik hasil dari fungsi grf2



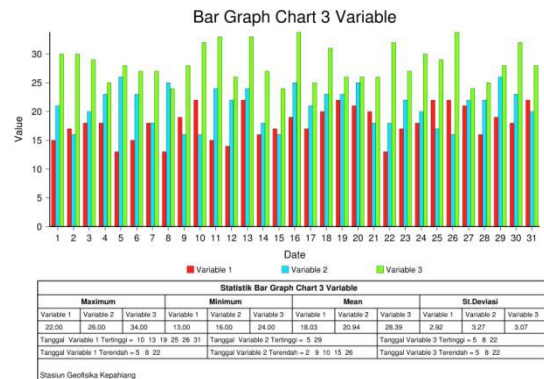
Gambar 3b. Grafik hasil dari fungsi grf2 (gradasi warna dalam sumbu x)



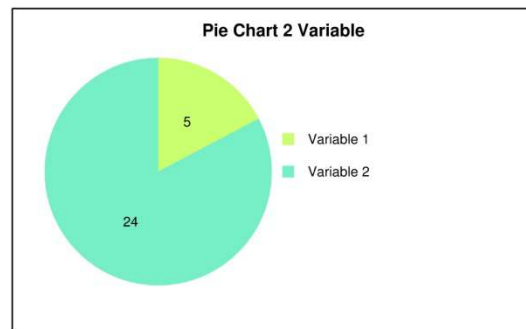
Gambar 3c. Grafik hasil dari fungsi grf2 (gradasi warna pada sumbu y)



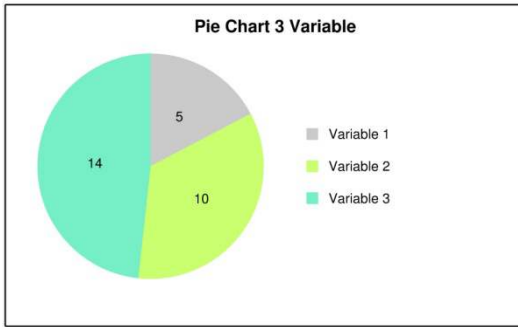
Gambar 3d. Grafik hasil dari fungsi grf3 (dua variabel)



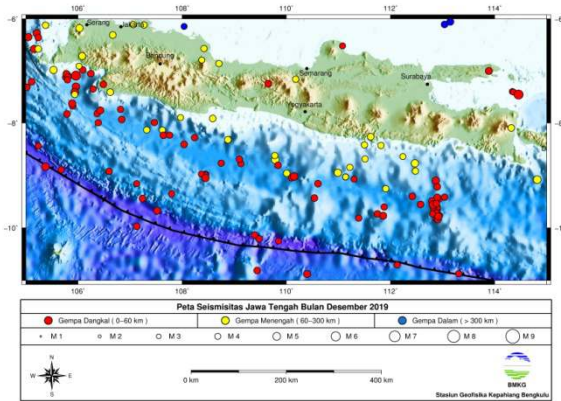
Gambar 3e. Grafik hasil dari fungsi grf4 (tiga variabel)



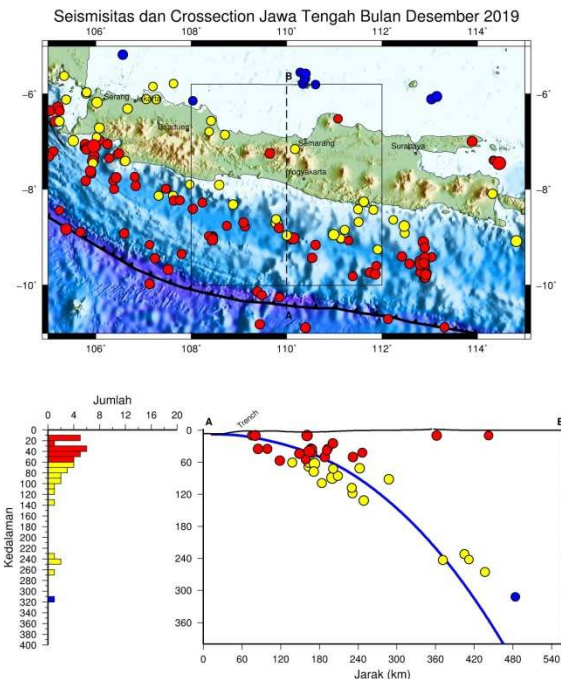
Gambar 3f. Grafik lingkaran 2 variabel



Gambar 3g. Grafik lingkaran 3 variabel



Gambar 3h. Peta Seismisitas dari fungsi seismapn



Gambar 3i. Peta Seismisitas dan potongan melintang dari fungsi crossgempn

Format data meteorologi dan gempa bumi dibuat dalam format excel. Format data meteorologi dan data gempa dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2. Data meteorologi memiliki 7 kolom sedangkan data gempa memiliki 8 kolom. Untuk data meteorologi urutan tanggal selalu berurutan dan

nilai curah hujan jika tidak ada hujan diisi -9999 sehingga tidak terbaca oleh aplikasi. Kemudian data gempa di isi sesuai urutan tanggal dan jika pada tanggal tertentu tidak ada kejadian gempa maka dapat diteruskan ke tanggal berikutnya. Gempa yang dirasakan akan diberi angka 1 sedangkan jika tidak dirasakan diberi angka 0 pada kolom ke-6.

Untuk kolom ke-7 disesuaikan dengan sumber gempanya yaitu; 1. Subduksi; 2. Fault; 3. Gempa background. Cara penggunaan aplikasi ini tinggal menyiapkan data meteorologi dan gempa kemudian masukan ke dalam aplikasi dan klik run. Hasilnya adalah grafik dan peta di direktori C: \ KSIStat. Contoh hasil grafik dan peta dapat dilihat pada Gambar 4b-4p. Aplikasi pengolahan data meteorologi dan geofisika dapat membuat 13 grafik dan 2 peta yang dapat diproses dalam waktu sekitar 3-5 menit. Grafik ini berisi informasi tentang statistik dari data, seperti rata-rata (mean), median, modus, standar deviasi, nilai minimum dan nilai maksimum. Seperti halnya informasi tentang posisi tanggal pada saat nilai datanya maksimal atau minimal, grafik yang ditampilkan ada dua jenis yaitu diagram batang dan diagram lingkaran.

Tabel 1. Format Data Meteorologi

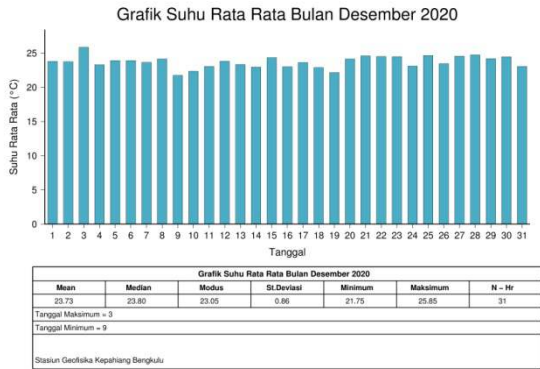
tgl	suhu rata-rata	suhu mini mum	suhu maksi mum	Kelemba ban	curah hujan	lamanya penyinaran matahari
1	2	3	4	5	6	7

Table 2. Format data gempa

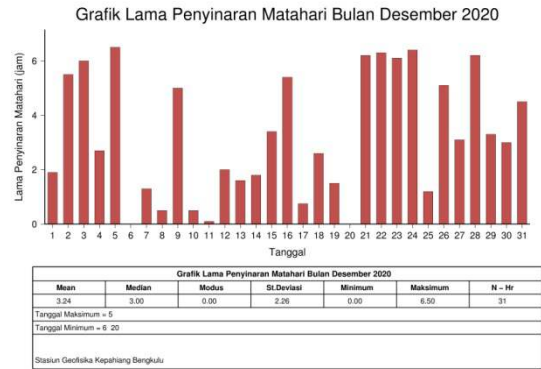
tgl	bujur	lintang	Kedalaman	M	Dirasakan / tidak dirasakan	sumber gempa	RMS
1	2	3	4	5	6	7	8



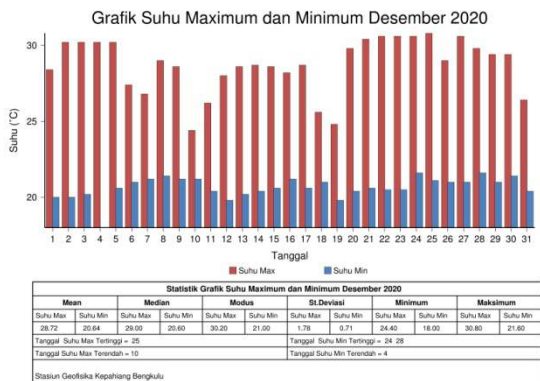
Gambar 4a. Tampilan GUI



Gambar 4b. Grafik suhu rata-rata



Gambar 4f. Grafik durasi lama penyinaran matahari



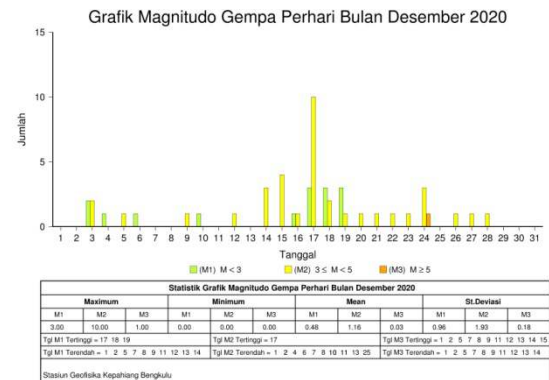
Gambar 4c. Grafik Suhu maksimum dan minimum



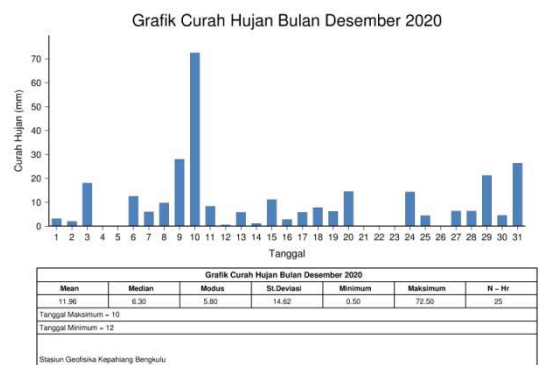
Gambar 4g. Diagram gempa yang tercatat



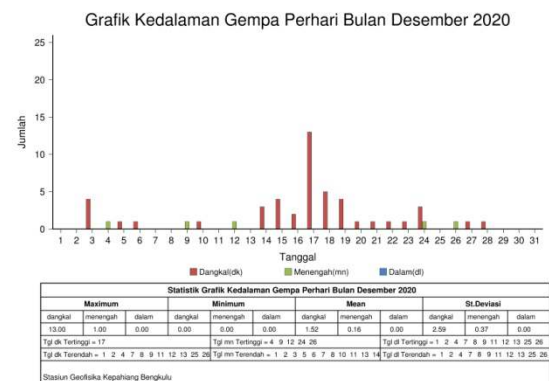
Gambar 4d. Grafik Kelembaban



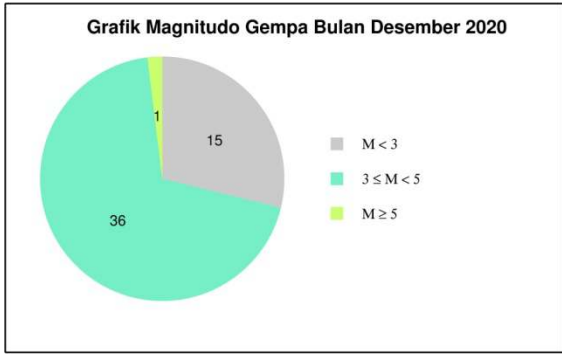
Gambar 4h. Grafik gempabumi per hari berdasarkan magnitudo



Grafik 4e. Grafik curah hujan



Gambar 4i. Grafik gempabumi per hari berdasarkan kedalaman



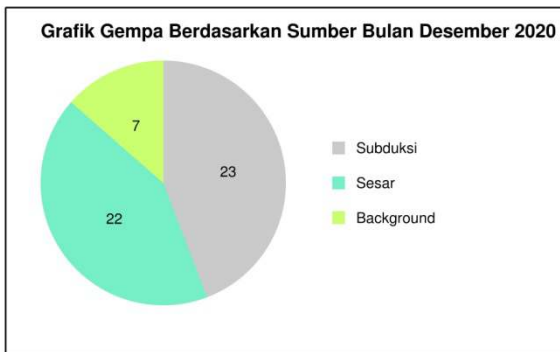
Gambar 4j. Diagram lingkaran gempabumi berdasarkan magnitude



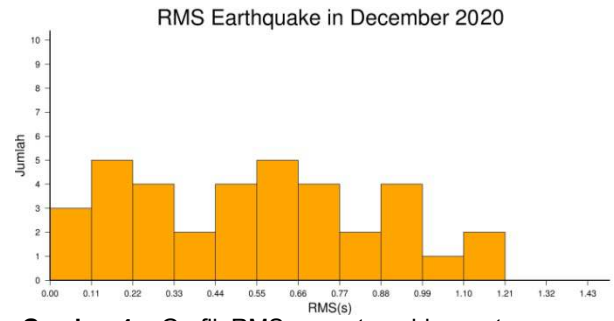
Gambar 4k. Diagram lingkaran gempabumi berdasarkan kedalaman



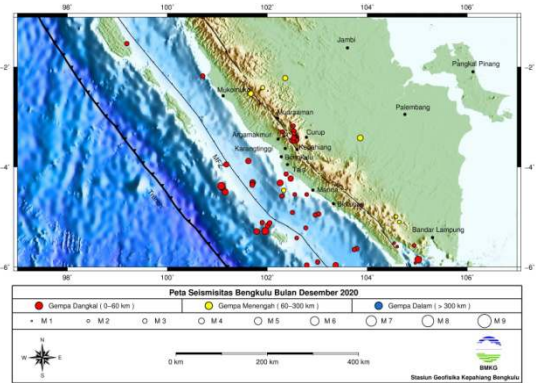
Gambar 4l. Diagram lingkaran gempabumi terasa dan tidak terasa



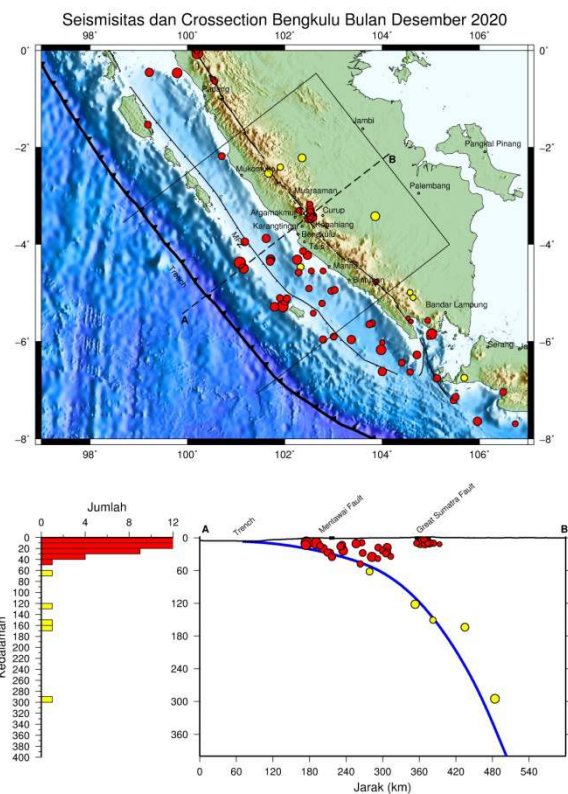
Gambar 4m. Diagram lingkaran gempabumi berdasarkan sumber pemicu



Gambar 4n. Grafik RMS penentuan hiposenter gempa



Gambar 4o. Peta Seismisitas Provinsi Bengkulu



Gambar 4p. Peta Seismisitas dan potongan melintang gempa di Provinsi Bengkulu

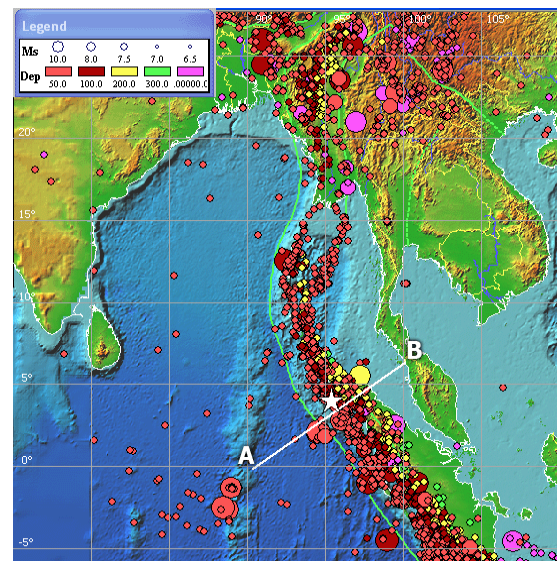
Untuk data meteorologi menggunakan diagram batang. Data yang ditampilkan adalah grafik suhu rata-rata, grafik suhu maksimum dan minimum, grafik kelembaban, grafik curah hujan dan grafik durasi matahari (Gambar 4b-4f). Untuk data meteorologi, diagram batang digunakan untuk mencari variasi data harian selama satu bulan. Sedangkan untuk data gempa penyajian datanya bisa dalam bentuk diagram batang, diagram lingkaran dan peta. Bagan batang digunakan untuk menampilkan variasi jumlah gempa bumi dan gempa harian. Variasi ini dapat dibedakan berdasarkan magnitudonya (Gambar 4h) atau kedalamannya (Gambar 4i).

Selain diagram batang, ada juga diagram lingkaran. Diagram lingkaran digunakan untuk menentukan jumlah kejadian gempa selama satu bulan gempa berdasarkan lokasi, gempa berdasarkan magnitudo, gempa berdasarkan kedalaman, gempa terasa atau tidak, dan sumber pemicu gempa. Kemudian agar lebih memahami informasi spasial maka dibuat pula peta. Peta yang ditampilkan adalah peta seismisitas (Gambar 4o). Peta seismisitas menunjukkan sebaran posisi episenter yang terjadi di Provinsi Bengkulu selama satu bulan. Dengan melihat sebaran episentrum maka dapat diketahui wilayah mana saja yang rawan gempa. Dengan melihat peta seismisitas, kita juga bisa mengetahui besarnya variasi dan kedalaman gempa yang terjadi di Provinsi Bengkulu. Semakin besar ukuran lingkaran maka semakin besar magnitudo kekuatan gempa. Untuk kedalamannya terbagi menjadi tiga jenis. Kedalaman dangkal (0 – 60 km) ditandai dengan warna merah. Di kedalaman menengah (60 - 300 km) diberi warna kuning dan untuk kedalaman dalam (> 300 km) diberi warna biru. Batas wilayah Bengkulu dan luar Bengkulu dapat dilihat pada Gambar 4p. Gempa bumi yang berada di dalam persegi panjang yang diberi garis hitam merupakan aktivitas seismik yang masuk ke wilayah Provinsi Bengkulu sedangkan jika gempa berada di luar persegi panjang bergaris hitam itu adalah gempa bumi di luar Bengkulu.

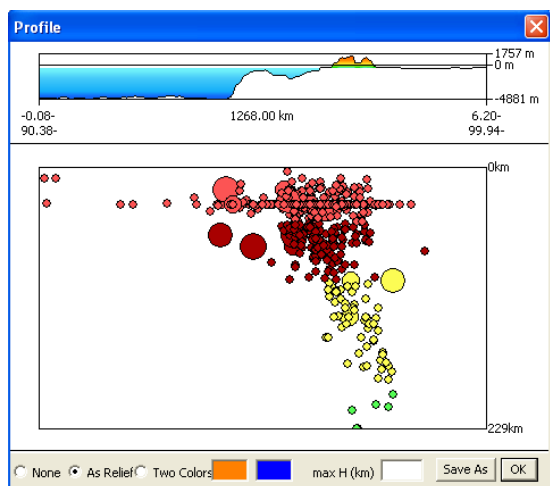
Untuk mengetahui sebaran gempa berdasarkan kedalaman dan sumber gempa maka dibuat penampang melintang. Di sini kita melihat posisi gempa berdasarkan sumbernya. Bisa jadi karena subduksi, patahan atau gempa *background*. Untuk menghindari kesalahan pengolahan data meteorologi, aplikasi tidak memproses jika jumlah data dengan jumlah hari dalam sebulan tidak sesuai, contoh: Data suhu rata-rata harian hanya diisi selama 10 hari, sedangkan pada bulan tersebut ada 30 hari, aplikasi tidak akan diproses. Data harus 30 hari sesuai dengan jumlah hari dalam sebulan. Kemudian untuk data gempa jika lokasi seluruh data tidak ada di wilayah Bengkulu maka aplikasi tidak akan mengolah data tersebut.

Tentu ini disesuaikan dengan settingan file yang ada di dalam file st.xls. Di dalam file ini dapat diatur wilayah mana yang mau dipetakan. Karena pengolahannya di daerah Bengkulu maka pengaturan di file setting ini di atur agar sesuai dengan lintang bujur provinsi Bengkulu.

Aplikasi ini jika dibandingkan dengan Microsoft Excel, waktu pengerjaannya lebih cepat dengan aplikasi ini. Karena untuk mengolah di excel butuh ketelitian. Yakni akurasi dalam memilih data untuk menghitung parameter statistik dan pembuatan grafik, serta pembuatan peta juga lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan software aplikasi pemetaan ArcGIS. Saat menggunakan ArcGIS, Anda harus memasukkan peta dasar, data gempa dan menyesuaikan layout peta sehingga waktu pengerjaannya cukup lama. Selain ArcGIS, perangkat lunak pemetaan yang membuat penampang adalah WinITDB. WinITDB adalah aplikasi untuk mengolah, memvisualisasikan dan mengelola data gempa dan tsunami [12]. WinITDB cukup mudah digunakan untuk membuat penampang melintang namun beberapa kelemahan yakni perlu mengetahui koordinat daerah yang akan dipetakan penampang sehingga pengolahan rutin memakan waktu yang cukup lama. Selain itu, basis data nama kota dan batas administrasi yang ditampilkan lebih sedikit jika dibandingkan dengan aplikasi yang dikembangkan. Input data gempa tidak dalam bentuk excel, sehingga input data yang diberikan lebih sulit. Salah satu contoh peta kegempaan dan penampang dapat dilihat pada Gambar 5a dan 5b. Selanjutnya jika dilihat pada Gambar 4p dan Gambar 5b. Terlihat bahwa pada penampang yang menampilkan hasil WinITDB tidak terdapat ilustrasi slab dan jumlah kejadian gempa pada tiap kedalaman. Namun hasil WinITDB memberikan gambaran topografi yang lebih jelas antara darat dan laut.



Gambar 5a. Peta Seismisitas[12]



Gambar 5b. Potongan melintang[12]

- [8] Weatherall, P., Marks, K. M., Jakobsson, M., Schmitt, T., Tani, S., Arndt, J. E., Rovere, M., Chayes, D., Ferrini, V., dan Wigley, R. (2015). A new digital bathymetric model of the world's oceans, *Earth and Space Science*, Vol 2(8), 331–345. doi:10.1002/2015EA000107.
- [9] Sieh, K., dan Natawidjaja, D.(2000). Neotectonics of Sumatran Fault, Indonesia. *Journal of Geophysical Research*.Vol 105(B12).28295–28326.
- [10] Coffin, M. F., Gahagan, L. M., dan Lawver, L. A. (1998). *Present-day Plate Boundary Digital Data Compilation*. Austin, Texas : University of Texas Institute for Geophysics.
- [11] Wessel, P., dan Smith, W. H. F.(1998). New, improved version of Generic Mapping Tools released, *EOS Trans. AGU*, 79(47), 579-579. doi:10.1029/98EO00426.
- [12] WiniTDB/WRL. (2007). *Integrated Tsunami Database for the World Ocean*. Novosibirsk, Rusia : Tsunami Laboratory ICMMG SD RAS.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengembangan aplikasi pengolahan data meteorologi dan geofisika, aplikasi yang dikembangkan dapat memberikan hasil yang sesuai dengan kebutuhan Stasiun Geofisika Kepahiang yaitu grafik suhu rata-rata, suhu maksimum dan minimum, kelembaban, curah hujan, lama penyinaran matahari, gempa yang tercatat, gempa bumi berdasarkan magnitudo (diagram batang dan diagram lingkaran), gempa bumi berdasarkan kedalaman (diagram batang dan diagram lingkaran), gempa dirasakan, gempa bumi berdasarkan sumber, gempa bumi, peta kegempaan dan peta kegempaan dan penampang. Perbandingan dengan software sejenis menunjukkan bahwa aplikasi yang dikembangkan lebih unggul.

Daftar Pustaka

- [1] Pusgen. (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017*. Bandung : KemenPUPR.
- [2] Setyonegoro, W. (2012). Tools Developing Based On Matlab Programing Through Anfis And Ipv.03 To Earthquake Analyze In South-East Asia Region. *Buletin Meteorologi dan Geofisika*, Vol.8(1), 39-52.
- [3] Irwansyah, E., Saputra, T. B., Piu, L., dan Wirangga, K. (2012). Pengembangan Aplikasi Sistem Informasi Geografis untuk monitoring gempabumi. *Jurnal Informatika*, Vol. 11(1), 49-54.
- [4] Asynuzar, N. (2014). Pengembangan Aplikasi Pengolahan Data Cuaca pada Stasiun Meteorologi Maritim Pontianak. *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JustIN)*, 3(1),58-64.
- [5] Khambali, M., Rohayah, S., dan Somantri, Oman. (2017). Pembangunan Aplikasi Pengolahan Data Unsur Cuaca pada Stasiun Meteorologi Kota Tegal dengan Model Waterfall. *Jurnal Informatika : Jurnal Pengembangan IT (JPIT)*, Vol. 2, (1),37-41.
- [6] Houcque, D. (2005). *Introduction to Matlab for engineering students*. Boston: Northwestern University
- [7] Wessel, P. (2018, July 1). *What is GMT ?*. Retrieved from <http://gmt.soest.hawaii.edu/>