

Energi Potensial Gempabumi di kawasan Segmen Musi, Kepahiang-Bengkulu

Sabar Ardiansyah¹, Malik Krisbudianto¹

¹Stasiun Geofisika Kepahiang - Bengkulu

Abstrak. Segmen Musi Kepahiang merupakan salah satu kawasan seismik aktif. Beberapa gempabumi signifikan yang mengakibatkan kerusakan dan korban jiwa pernah terjadi di kawasan ini. Tujuan dari penulisan paper ini adalah untuk mengetahui nilai energi potensial yang terkandung di kawasan Segmen Musi melalui kajian statistik sejak terakhir kali terjadi gempabumi besar tanggal 15 Mei 1997. Data sekunder yang digunakan dalam penulisan paper ini adalah data katalog gempabumi hasil analisa Stasiun Geofisika Kepahiang dan database WinITDB. Metode yang digunakan untuk menghitung periode ulang, energi yang dilepaskan tiap tahun, energi simpan serta energi potensial dengan menggunakan metode least square. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa kawasan Segmen Musi menyimpan energi potensial gempabumi yang belum dilepaskan sejak terjadi gempabumi 15 Mei 1997 adalah sebesar $5,0187 \times 10^{21}$ erg. Energi ini setara dengan gempabumi berkekuatan $M = 6,6$.

Abstract. *The Musi Segment is one of the seismic active region. Many large earthquakes that cause damage and casualties occurred in this region. The purpose of this paper is to determine the value of the potential energy contained in the Musi Segment through the statistic study since the large earthquake occurred on 1997. Secondary data were used in writing this paper is the data captured through the earthquake catalogs the Kepahiang Geophysical Station and WinITDB database. The method used to calculate the return period, the energy released each year, save energy, and potential energy using the least square method. Based on the analysis, the Musi Segment earthquake save potential energy that has not been released since the 15 Mei 1997 earthquake amounted to $5,0187 \times 10^{21}$ erg. This energy is equivalent to an earthquake measuring $M = 6,6$.*
Keywords: Earthquake, Off energy, expectations energy, potential energy

Pendahuluan

Wilayah Bengkulu merupakan salah satu kawasan “langganan” terjadi gempabumi. Baik gempabumi zona subduksi maupun gempabumi pada segmen sesar lokal sering terjadi di kawasan Bengkulu. Pada zona sesar lokal, khususnya Segmen Musi yang terletak di Kabupaten Kepahiang banyak gempabumi signifikan yang terjadi di kawasan ini. Salah satu gempabumi merusak yang pernah terjadi pada Segmen Musi adalah gempabumi tanggal 15 Desember 1979 dengan kekuatan $M=6.0$ terletak pada koordinat 3.5 LS, 102.4 BT dengan kedalaman 25 km. Gempabumi yang berpusat di sekitar Desa Daspetah ini berjarak hanya berkisar 8-10 km dari pusat kota Kepahiang. Gempabumi ini memiliki intensitas VIII-IX MMI sehingga mengakibatkan setidaknya 3.600 bangunan rusak berat dan ringan serta korban jiwa sebanyak 4 (empat) orang. Gempabumi terjadi karena pergerakan sesar aktif Sumatera di Segmen antara Daspetah dan Kepahiang [1]. Gempabumi merusak lainnya yang pernah terjadi di wilayah Kabupaten Kepahiang ini adalah gempabumi pada tanggal 15 Mei 1997 dengan kekuatan $M=5.0$ yang mengakibatkan setidaknya 65 bangunan rusak berat dan ringan. Setelah terjadi gempabumi tanggal 15 Mei 1997 ini, hingga saat ini belum ada gempabumi dengan magnitudo $M > 5,0$. Artinya ada penyimpanan energi yang diperkirakan cukup besar pada Segmen Musi ini. Energi gempabumi di suatu wilayah bisa kita bagi menjadi dua macam, yaitu energi gempabumi yang dilepaskan setiap tahun dan energi yang disimpan (energi ekspektasi) [2]. Energi ekspektasi di kawasan Segmen Musi menarik untuk dilakukan perhitungan karena energi potensial ini suatu-waktu bisa dilepaskan dalam bentuk gempabumi berkekuatan besar. Melalui paper ini, penulis mencoba mengkalkulasi berapa besar energi potensial yang tersimpan pada kawasan Segmen Musi melalui kajian statistik.

Tatanan Tektonik Daerah Kajian

Pulau Sumatera merupakan bagian dari Lempeng Eurasia yang bergerak relatif ke arah barat daya dan berinteraksi dengan Lempeng Hindia-Australia yang terletak di sebelah barat Pulau Sumatera yang bergerak relatif ke arah utara dengan kecepatan sekitar 6 cm/tahun. Zona pertemuan antara kedua lempeng tersebut membentuk zona subduksi. Berdasarkan analisis mekanisme sumber (focal mechanism) kemiringan subduksinya antara 10° sampai 10° dengan dip dominan di bagian barat wilayah Sumatera sekitar 20° [3]. Katili (1973) dalam Pranata [4] dalam penelitiannya menyebutkan bahwa sistem busur subduksi Sumatera dibentuk oleh penyusupan lempeng samudera di bawah lempeng benua. Lempeng benua tebal dan tua ini meliputi busur vulkanik, kapur, dan tersier. Sedimen elastik sangat tebal menyusup di subduksi Sumatera dan sedimen yang tebal didorong ke atas membentuk rangkaian kepulauan. Jalur subduksi ini membujur sepanjang pantai barat Sumatera, tidak terkecuali pantai barat Bengkulu. Di samping itu, akibat tumbukan lempeng juga terbentuk patahan-patahan di Pulau Sumatera. Patahan di Sumatera memanjang dari Aceh hingga teluk Semangko, Provinsi Lampung yang dikenal dengan nama Sesar Besar Sumatera. Di Provinsi Bengkulu segmen Sesar Sumatera ini antara lain : Segmen Manna yang terletak di Kabupaten Bengkulu Selatan, Segmen Musi yang terletak di Kabupaten Kepahiang, dan Segmen Ketahun terletak di Kabupaten Bengkulu Utara. Masing-masing segmen memiliki panjang 85 km untuk Segmen Manna, 70 km untuk Segmen Musi, dan 85 km untuk Segmen Ketahun. Tiga segmen ini memiliki slip rate rata-rata pertahun 1,0 cm. Dengan demikian dalam 100 tahun slip rate mencapai 10 cm serta 20 cm dalam 200 tahun. Secara teoritis, moment seismik (M_0) masing-masing segmen adalah $6,75 \times 10^{25}$ untuk periode 100 tahun. Artinya dalam satu dekade segmen patahan semangko di Bengkulu memiliki potensi gempabumi berkekuatan 7,2 Mw. Dengan catatan asumsi yang dipakai adalah segmen ini terkunci 100%. Namun, dalam kenyataan sehari-hari segmen ini tentu tidak terkunci 100%, artinya masih melepaskan energi, baik dalam bentuk gempabumi kecil maupun dalam bentuk rayapan tanah (creeping) (Natawidjaja, 2007) [5].

Magnitudo dan Energi Gempabumi

Bentuk energi yang dilepaskan saat terjadinya gempabumi antara lain adalah energi deformasi gelombang. Energi deformasi dapat dilihat pada perubahan bentuk volume sesudah terjadinya gempabumi seperti misalnya tanah naik, tanah turun, pergeseran batuan dan lain-lain.

Sedangkan energi gelombang akan menggetarkan medium elastik disekitarnya dan akan menjaral ke segala arah. Pancaran energi gempabumi dapat besar ataupun kecil bergantung dari karekteristik batuan yang ada dan besarnya stress yang dikandung oleh suatu batuan pada suatu daerah. Pada daerah yang memiliki batuan rapuh (heterogen), tekanan yang dikandung tidak besar karena langsung dilepaskan melalui gempabumigempabumi kecil yang frekuensinya tinggi. Sedangkan untuk daerah dengan kondisi batuan yang kuat (homogen), gempabumi kecil jarang terjadi sehingga tekanan yang dikandung sangat besar. Tetapi pada akhirnya akan terjadi gempabumi dengan magnitudo yang relatif besar. Melalui hubungan empiris magnitudo-energi, energi seismik E_s yang diradiasikan oleh sumber gempabumi sebagai gelombang seismik dapat diestimasi. Hubungan ini diberikan oleh Gutenberg et al. (1954-1956) dalam Gunawan, 2010 [6] antara E dan magnitudo gelombang permukaan M_s dan magnitudo gelombang badan M_B yaitu :

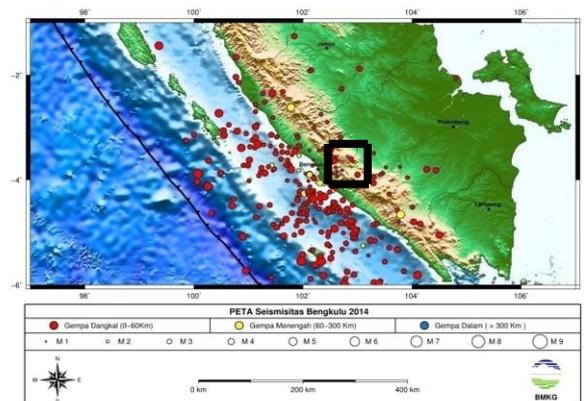
$$\log E = 5,8 + 2,4M_B \quad (1)$$

$$\log E = 11,8 + 1,5M_s \quad (2)$$

Dengan E adalah energi yang dilepaskan gempabumi dalam satuan erg ($1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ joule}$), M_B magnitudo gelombang badan, dan M_s adalah magnitudo gelombang permukaan.

Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penulisan paper ini adalah data sekunder yang diambil dari hasil analisa Stasiun Geofisika Kepahiang dan database WiniTDB rentang tahun 1971- 2014. Wilayah penelitian adalah daerah Segmen Musi Kepahiang-Bengkulu dengan batasan wilayah -2.5 LS, -3.5 LS dan 102.5 BT, 104 BT seperti tampak pada Gambar 1 di bawah ini :



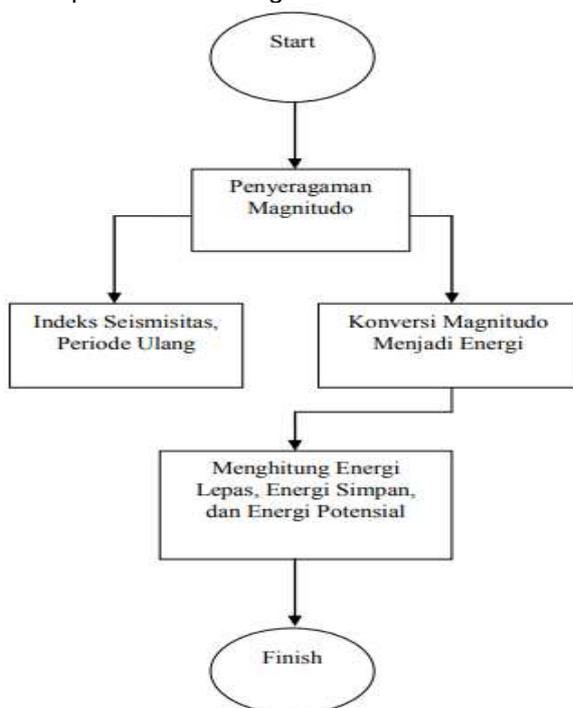
Gambar 1. Peta wilayah kajian (kotak hitam) dan peta sebaran gempabumi wilayah Bengkulu dan sekitarnya tahun 2014.

Perhitungan indeks seismisitas, periode ulang, energi gempabumi yang dilepaskan, dan energi yang disimpan menggunakan metode least square. Energi lepas pertahun dapat kita tentukan dengan membuat persamaan linier $Y = A + E1 X$, di mana Y adalah energi gempabumi kumulatif, A adalah konstanta persamaan linier, $E1$ adalah jumlah energi lepas gempabumi per tahun, dan X adalah selang waktu dalam tahun di mana tahun ke-1 dimulai dari tahun 1971.

$$E_1 = \frac{n \sum (X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (3)$$

Untuk menghitung energi ekspektasi total, kita menggunakan gempabumi terbesar yang terakhir yang pernah terjadi di zona penelitian yaitu gempabumi pada tanggal 15 Desember 1979 dengan magnitudo $M=6,0$ terletak pada koordinat 3.5 LS, 102.4 BT dengan kedalaman 25 km. Magnitudo gempa ini selanjutnya dikonversi menjadi energi. Energi inilah yang kita anggap sebagai energi ekspektasi total dalam kurun waktu periode ulang gempa $M > 6,0$. Dengan cara membagi energi ekspektasi total dengan periode ulang, maka didapat energi ekspektasi per tahun (E_2). Dari energi yang dilepas pertahun dan energi ekspektasi pertahun yang didapat di atas, maka energi total pertahun yang dihasilkan pada Segmen Musi sama dengan penjumlahan kedua energi tersebut yaitu $E_{tot} = E_1 + E_2$.

Diagram 1. Alur pengolahan data untuk mendapatkan nilai energi.

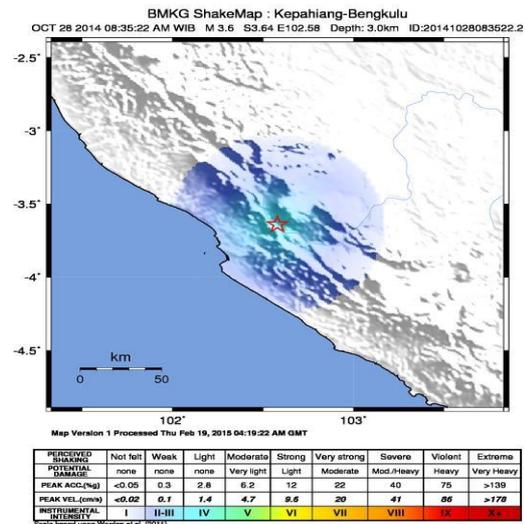


Hasil dan Pembahasan

Dari hasil analisis gempabumi tahun 1971-2014 didapat nilai $a = 2,60555345$ dan nilai $b = -0,3831633$. Dari nilai a -value dan b -value tersebut, daerah Segmen Musi memiliki indeks seismisitas sebesar 0.05339 serta mempunyai periode ulang gempabumi dengan magnitudo $M > 6,0$ rata-rata setiap 19 tahun sekali. Sedangkan dari hasil analisis gempabumi tahun 1971 hingga 2014 daerah Segmen Musi melepaskan energi gempabumi sebesar $1,99349 \times 1020$ erg pertahun atau setara dengan gempabumi berkekuatan $M = 5,7$. Berdasarkan gempabumi besar tanggal 15 Desember 1979 dengan $M = 6,0$ dan periode ulang setiap 19 tahun sekali menunjukkan bahwa setiap tahun daerah Segmen Musi menyimpan energi gempabumi sebesar $1,32205 \times 1020$ erg atau setara dengan gempabumi berkekuatan $M = 5,5$. Dari hasil energi lepas dan energi simpan tersebut, diketahui bahwa daerah Segmen Musi setiap tahun menghasilkan energi gempabumi total sebesar $3,31553 \times 1020$ erg atau setara dengan gempabumi berkekuatan $M = 5,8$. Nilai a yang relatif besar berkorelasi dengan aktivitas seismik yang tinggi untuk kawasan zona gempabumi darat terutama gempabumi-gempabumi ringan. Sedangkan nilai b -value yang relatif rendah mengindikasikan bahwa kondisi batuan daerah Segmen Musi secara umum solid (homogen) dan tidak mudah pecah namun menyimpan energi gempabumi yang cukup besar. Dari perhitungan energi lepas dan energi simpan setiap tahun dapat diketahui bahwa antara kedua energi ini hampir berimbang. Energi ekspektasi per tahun yang cukup besar ini jauh lebih berbahaya daripada energi lepas yang dihasilkan per tahun. Walaupun energi ekspektasi diakumulasi dan dilepas dalam jangka waktu yang relatif lama, namun jika dilepaskan akan menghasilkan efek yang bisa mengakibatkan kerusakan karena akan menghasilkan Start Penyeragaman Magnitudo Konversi Magnitudo Menjadi Energi Indeks Seismisitas, Periode Ulang Menghitung Energi Lepas, Energi Simpan, dan Energi Potensial Finish gempabumi yang bermagnitudo besar. Berbeda dengan energi lepas yang dilepas sepanjang tahun, walaupun frekuensi gempabumi yang dihasilkan tinggi, namun tidak terlalu mengakibatkan kerusakan karena gempabumi yang dihasilkan adalah gempabumi dengan magnitudo kecil hingga ringan. Setelah terjadi

gempabumi tanggal 15 Mei 1997 dengan kekuatan $M = 5.0$, sampai saat ini belum ada gempabumi berkekuatan $M > 5.0$ yang terjadi di kawasan Segmen Musi. Ini berarti kurang lebih hampir 17 tahun terdapat penyimpanan energi ekspektasi yang belum dilepaskan. Dari hasil analisis perhitungan energi yang telah dilepaskan mulai tanggal 16 Mei 1997 hingga 31 Desember 2014, daerah Segmen Musi melepaskan energi sebesar $6,1770 \times 1020 \text{ erg}$. Padahal seharusnya energi total yang telah dilepaskan sebesar $17 \times 3,31553 \times 1020 \text{ erg} = 5,63641 \times 1021 \text{ erg}$. Artinya ada energi yang belum dilepaskan sebesar $5,63641 \times 1021 \text{ erg} - 6,1770 \times 1020 \text{ erg} = 5,0187 \times 1021 \text{ erg}$. Energi inilah yang kita sebut sebagai energi potensial gempabumi. Jika energi ini kita konversi menjadi magnitudo, maka besarnya setara dengan gempabumi berkekuatan $M = 6.6$. Pada tahun 2014 lalu, tepatnya tanggal 26, 27, dan 28 Oktober 2014 telah terjadi gempabumi signifikan pada zona Segmen Musi ini. Minggu 26 Oktober 2014 dini hari, tepatnya pukul 00:20:14,2 WIB Sesar lokal Segmen Musi di Kabupaten Kepahiang kembali menunjukkan aktvitasnya yaitu dengan terjadinya gempabumi darat berkekuatan $M=3.6$. Berdasarkan hasil analisis Stasiun Geofisika Kepahiang, episenter gempabumi terletak pada koordinat 3,63 LS 102,57 BT. Kedalaman gempa 11 km dengan lokasi yang sangat dekat dengan pusat Kota Kepahiang yaitu kurang lebih satu km Barat Kepahiang. Guncangan gempa dirasakan dengan intensitas I-II MMI di Kepahiang. Gempa ini hanya dirasakan sekitar Kota Kepahiang. Hanya berselang kurang lebih satu menit, kembali terjadi gempabumi pada segmen yang sama yaitu pada pukul 00:21:41,7 WIB. Keuatan gempa susulan ini lebih kecil dari gempa sebelumnya yaitu $M=1.5$. Episenter gempabumi yang kedua ini berpusat pada koordinat 3,64 LS 102, 57 BT dengan kedalaman 9 km. Gempa ini juga hanya dirasakan di sekitar Kota Kepahiang dengan intensitas I-II MMI di Kepahiang. Tidak ada laporan kerusakan diakibatkan oleh dua gempa ini. Selanjutnya 27 Oktober 2014 pukul 04:00:49,0 WIB Stasiun Geofisika Kepahiang kembali mencatat gempabum dirasakan dengan kekuatan 3,2 SR. Berdasarkan hasil analisa, gempabumi ini juga terletak pada segmen sesar lokal di wilayah Propinsi Bengkulu. Gempabumi kali ini berpusat pada koordinat 3,70 LS 102,72 BT dengan kedalaman 10 Km dan pada jarak 50 km Timur

Laut Bengkulu. Gempabumi juga dirasakan cukup kuat yaitu III-IV MMI di Kota Kepahiang, serta II-III MMI di Kota Bengkulu. Setelah terjadi gempabumi yang dirasakan berturut-turut tanggal 26 dan 27 Oktober 2014, masyarakat Kepahiang kembali dikejutkan oleh gempabumi yang memiliki guncangan lebih kuat. Tepat pada hari Selasa, 28 Oktober 2014 pukul 08:35:22,2 WIB gempabumi dengan kekuatan 3,6 SR terjadi. Gempabumi ini terletak pada koordinat 3,64 LS 102,58 BT dengan Kedalaman 3 Km. Gempabumi berpusat di 1 km Barat Daya Stasiun Geofisika Kepahiang. Dirasakan di Kepahiang dengan intensitas IV-MMI.



Gambar 2. Peta shakemap gempabumi tanggal 28 Oktober 2014

Gempabumi ini menyebabkan kerusakan retak-retak tanah pemukiman penduduk, dinding rumah, lantai rumah/bangunan sebanyak 12 rumah, satu bangunan masjid, dan satu bangunan gereja juga mengalami kerusakan ringan. Berdasarkan hasil survey dari tim survey Stasiun Geofisika Kepahiang di lapangan, jalur rekahan tanah / patahan mencapai 50 meter. Melihat posisi episenter gempabumi ini, diduga kuat masih berasosiasi dengan aktivitas patahan lokal Segmen Musi. Peta Shakemap gempabumi tanggal 28 Oktober 2014 ini diperlihatkan pada Gambar 2 di bawah ini. Menarik dianalisa lebih jauh apakah gempabumi yang terjadi berturut-turut tanggal 26, 27, dan 28 Oktober 2014 ini merupakan perulangan gempabumi 1997. Melihat periode ulang gempa $M > 6.0$ yang setiap 19 tahun sekali, sedangkan hingga Oktober 2017 baru memasuki tahun ke 17 sejak gempa 15 Mei 1997 boleh jadi

gempabumi tanggal 26, 27, dan 28 Oktober 2014 sebagai gempa pendahuluan. Sebab, meski mengakibatkan kerusakan, energi total dari empat gempabumi ini hanya $3,56902 \times 10^{17}$ erg atau setara dengan gempabumi berkekuatan $M = 3,8$. Sedangkan energi yang masih tersimpan diperkirakan mencapai $5,0187 \times 10^{21}$ erg. setara dengan gempabumi berkekuatan $M = 6,6$.

Kesimpulan

Dari analisis secara statistik di atas, dapat disimpulkan bahwa daerah Segmen Musi melepaskan energi gempabumi sebesar $1,99349 \times 10^{20}$ erg per tahun atau setara dengan gempabumi berkekuatan $M = 5,7$. Sedangkan energi simpan gempabumi per tahun sebesar $1,32205 \times 10^{20}$ erg atau setara dengan gempabumi berkekuatan $M = 5,5$. Dari hasil energi lepas dan energi simpan tersebut, diketahui bahwa daerah Segmen Musi setiap tahun menghasilkan energi gempabumi total sebesar $3,31553 \times 10^{20}$ erg atau setara dengan gempabumi berkekuatan $M = 5,8$. Sejak terakhir terjadi gempabumi signifikan tanggal 15 Mei 1997 sampai sekarang, segmen Musi menyimpan energi potensial gempabumi sebesar $5,0187 \times 10^{21}$ erg atau setara dengan gempabumi berkekuatan $M = 6,6$.

Daftar Pustaka

- [1]Natawidjaja, D.H., Ruslan.M. (1994). Kondisi Tektonik Serta Hubungannya Dengan Kegempaan dan Aktivitas Gunung Api di Daerah Rejang Lebong, Bengkulu. Prosiding Hasil-Hasil Penelitian Puslitbang Geoteknologi LIPI.
- [2]Ardiansyah, Sabar. (2014). Energi Potensial Gempabumi di Kawasan Segmen Mentawai-Sumatera Barat. Physics Student Journal Vol.2 No.1.
- [3]Murjaya, J., Sri Brotospito, K., Hendarajaya, L., and Pramumijoyo, S. (2009). Seismic Patern and Lithosphere Behavior in Sumatra Subduction Zone and its Vicinity. Proceeding of Gehazard and GeoDisaster Mitigation RC-Geo Envi 2009. March. Malaysia : University Sains Malaysia.
- [4]Pranata, Dani Ajie. (2010). Analisis Mekanisme Fokus Gempabumi Di Meulaboh (Nanggroe Aceh Darussalam) 9 Mei 2010. Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- [5]Natawidjaja, Danny Hilman. (2007). Gempabumi dan Tsunami di Sumatera dan Upaya Untuk

Mengembangkan Lingkungan Hidup Yang Aman Dari Bencana Alam. Laporan Survey.

- [6]Gunawan, Tomy. (2010). Analisis Energi Gempabumi Daerah Tasikmalaya dan Sekitarnya. Laporan Kerja. Akademi Meteorologi dan Geofisika Jakarta.