

AKURASI PERHITUNGAN CENTROID MOMENT TENSOR (CMT) GEMPA BUMI SECARA REAL TIME DAN OTOMATIS MENGGUNAKAN METODE GISOLA DI WILAYAH JAWA

¹Rahma Nurhaliza, ²Madlazim, ³Muhammad Nurul Fahmi

¹ Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: rahma.19050@mhs.unesa.ac.id

² Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: madlazim@unesa.ac.id

³ Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: muhammadnurulfahmi@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini terkait karakteristik gempa bumi di Wilayah Jawa yang sering dilanda gempa bumi dengan berbagai kekuatan. Di daratan, gempa bumi ini dapat merusak infrastruktur serta membahayakan jiwa. Untuk mengurangi dampak dari bencana gempa, diperlukan analisis yang tepat dalam menentukan *Centroid Moment Tensor* (CMT) gempa bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan dan cara merevisi *Centroid Moment Tensor* (CMT) hasil penentuan real-time dan otomatis pada software Joko Tingkir dengan Global CMT di Wilayah Jawa. Pelaksanaan pengolahan data pada penelitian ini menggunakan software Jokotingkir dengan mengumpulkan parameter gempa dan momen tensor di Wilayah Jawa yang kemudian diolah menggunakan metode Gisola. Data yang digunakan merupakan data gempa bumi dengan magnitudo 5,5 ke atas serta memiliki kualitas minimum B3. Estimasi CMT gempa bumi dilakukan menggunakan metode inversi *waveform* 3 komponen yaitu BHN, BHE dan BHZ agar diperoleh fitting komponen dengan menyesuaikan data teramati melalui stasiun dengan data sintetik yang telah dihitung menggunakan *Funksi Green*. Penerapan model kecepatan lokal satu dimensi gelombang seismik yang digunakan dalam menginversi *waveform*. Salah satu data dari gempa bumi di atas memiliki kualitas yang kurang baik sehingga perlu adanya proses revisi secara manual sehingga kualitas gempa bumi dapat meningkat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai presentase *R Square* parameter Jokotingkir dengan GCMT saling mendekati.

Kata kunci : *Centroid Moment Tensor*, Jokotingkir, GlobalCMT, FDSNWS, *Real-Time*

Abstract

This research is related to the characteristics of earthquakes in the Java Region which is often hit by earthquakes with various strengths. On land, these earthquakes can damage infrastructure and endanger lives. To reduce the impact of the earthquake disaster, proper analysis is needed in determining *Centroid Moment Tensor* (CMT) earthquakes. This study aims to determine the accuracy and how to revise *Centroid Moment Tensor* (CMT) real-time and automatic determination results on Joko Tingkir software with Global CMT in the Java Region. Implementation of data processing in this study using software Jokotingkir by collecting earthquake and moment tensor parameters in the Java Region which are then processed using the Gisola method. The data used is earthquake data with a magnitude of 5.5 and above and has a minimum B3 quality. Earthquake CMT estimation is carried out using the inversion method *waveform* 3 components, namely BHN, BHE and BHZ in order to obtain component fittings by adjusting the observed data from the station with the synthetic data that has been calculated using *Green function*. Application of a one-dimensional local velocity model of seismic waves used in inverting *waveform*. One of the earthquake data above is of poor quality, so a manual revision process is needed so that the quality of the earthquake can improve. The results of this study indicate that the percentage value of *RSquare* Jokotingkir parameters with GCMT are close to each other.

Keywords *Centroid Moment Tensor*, Jokotingkir, GlobalCMT, FDSNWS, *Real-Time*

I. PENDAHULUAN

Garis seismik dan vulkanik yang terbentuk dari perpotongan tiga lempeng besar Indonesia, antara lain lempeng Pasifik, lempeng Eurasia, dan lempeng India-Australia, berdampak penting terhadap sebaran gempa bumi di Indonesia (Oktaviani A, 2018). Pergerakan ketiga lempeng tersebut menyebabkan terjadinya penumpukan energi di sekitar lempeng, sehingga apabila formasi batuan tidak mampu menampung energi tersebut maka akan terjadi pelepasan energi yang disertai dengan pecahnya atau deformasi kerak bumi sehingga menimbulkan gempa tektonik (Madlazim, 2016). Hal ini mengakibatkan perbedaan intensitas dan besaran di beberapa wilayah Indonesia. Wilayah Jawa merupakan salah satu wilayah rawan gempa. Akibat pengaruh zona tumbukan lempeng Indo-Australia terhadap lempeng Eurasia bagian utara, Pulau Jawa menjadi daerah rawan gempa (Murjaya, 2018). Batas subduksi lempeng Indo-Australia ke lempeng Eurasia ditandai dengan Palung Jawa, sebuah palung laut dalam (Theo A et al 2019). Aktivitas tektonik yang terjadi mengakibatkan terbentuknya berbagai struktur geologi di Pulau Jawa, salah satunya adalah patahan.

Terdapat beberapa patahan aktif di Pulau Jawa yaitu patahan Cimandiri, Baribis, Lembang, Semarang, Opak, Kendeng, dan yang terbaru adalah patahan Cugenang (Marliyani, 2016). Kehadiran patahan tersebut menjadi pemicu terjadinya gempa Pulau Jawa. Belakangan ini, gempa berintensitas sedang terjadi di sekitar patahan Cogan. Dampaknya sangat buruk, seperti kerusakan lingkungan, bangunan dan infrastruktur, serta hilangnya nyawa. Memahami karakteristik suatu kegagalan penting untuk meminimalkan dampak aktivitas kegagalan. Salah satu cara untuk mengidentifikasi tanda seismik adalah dengan menggunakan pemodelan momen tensor. Pemodelan tensor momen ini dapat dilakukan dengan menggunakan model pembalikan bentuk gelombang tiga komponen. Inversi bentuk gelombang tiga komponen memiliki keunggulan dibandingkan menggunakan data waktu tempuh. Hal ini dikarenakan waktu asal dan kedalaman *centroid* sangat erat kaitannya dalam metode ini (Fahntalia dan Madlazim, 2017).

Gisola merupakan HPC (*High Performance Computing*) yang dapat menghitung MT regional otomatis dengan menggunakan prinsip dasar dari ISOLA. GISOLA bekerja dengan memanfaatkan kejadian real-time, mengeksplorasi berbagai sumber data secara bersama dengan algoritme sinyal sebagai kumpulan data. Gisola mampu memfilter peristiwa yang disediakan oleh metrik kualitas yang dapat disesuaikan, seperti waktu asal, kedalaman, lokasi geografis, dan besaran. Pemutaran juga didukung, sehingga operator dapat menguji fungsionalitas layanan atau mensimulasikan skenario waktu nyata. Gisola dapat melakukan perhitungan Moment Tensor pada wilayah geografis dengan melakukan pengambilan data di beberapa sumber yang dicakup oleh banyak jaringan seismik berbeda yang berada di pusat data berbeda (Nikolaos et al 2021).

Berdasarkan uraian tersebut, penulis melakukan penelitian dengan tujuan untuk membandingkan perhitungan real-time dan manual *Centroid Moment Tensor* (CMT) menggunakan metode Gisola di Wilayah Jawa. Diharapkan hasil penelitian dapat digunakan sebagai upaya mitigasi serta dapat memahami karakteristik parameter di Wilayah Jawa secara mendalam.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini berjenis penelitian penerapan yang berbasis komputasi. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder atau data yang diperoleh secara tidak langsung. Penelitian dimulai dengan menentukan wilayah penelitian dan dilanjutkan pengambilan *event* gempa melalui *website* Jokotingkir yang dapat diakses pada alamat (<http://jokotingkir.unesa.ac.id>) secara gratis. Wilayah penelitian merupakan gempa bumi yang terjadi di Wilayah Jawa pada 2018 hingga 2023. Dilakukan estimasi *Centroid Moment Tensor* (CMT) dengan menganalisis inversi waveform lokal tiga komponen menggunakan fungsi *Green*, dimana menggunakan metode Gisola. Proses pengolahan data tersebut menghasilkan parameter

Akurasi Perhitungan Centroid Moment Tensor (Cmt) Gempa Bumi Secara Real Time Dan Otomatis Menggunakan Metode Gisola Di Wilayah Jawa

moment tensor, beachball. dan peta CMT yaitu gambaran dari magnitudo gempa yang terjadi dan jenis sesar yang dipengaruhi. Hasil yang diperoleh selanjutnya akan dibandingkan dengan metode Gisola

B. Variabel Operasional Penelitian

Definisi operasional merupakan definisi yang digunakan dalam penelitian. Terdapat tiga variabel operasional, antara lain variabel kontrol, variabel manipulasi, dan variabel respon. Variabel kontrol merupakan sesuatu yang tidak bisa diubah, dalam penelitian ini variabel kontrol adalah lokasi penelitian, *magnitude, latitude, longitude*, dan tahun pengambilan data. Variabel manipulasi merupakan stasiun seismik yang digunakan untuk memperoleh data. Kemudian untuk variabel responnya adalah parameter *Centroid Moment Tensor (CMT)* yang terukur.

C. Teknik Pengolahan Data



Gambar 1 Tampilan software Jokotingkir

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh melalui *software* Jokotingkir (<http://jokotingkir.unesa.ac.id>), berupa *latitude, longitude, epicentre*, dan *origin time*. Penelitian ini menggunakan gempa bumi dengan nilai magnitudo *5.5 ke atas*. Data gempa yang digunakan berasal dari gempa di Wilayah Jawa yang berada pada batas koordinat $7^{\circ}30'10''$ Lintang Selatan dan $111^{\circ}15'47''$ Bujur Timur. Dalam pengambilan data stasiun diambil minimal empat stasiun perekam gempa yang posisinya dekat dengan sumber gempa.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Data *event* yang terjadi di Wilayah Jawa pada Jokotingkir

NO	EVENT	ORIGIN TIME	QUALITY	MAGNITUDE (<i>M_w</i>)	LATITUDE	LONGITUDE	DEPTH
1	18/02/2019	19:30:25	A2	5.7	-9.564	112.88	33
2	24/06/2019	02:53:40	A3	7.2	-6.673	129.02	246
3	25/10/2020	00:56:49	A2	5.5	-8.167	108.01	56
4	08/09/2020	00:45:18	A1	6.1	-4.876	129.73	176
5	02/11/2021	16:43:50	A1	5.9	-6.92	130.32	114

Akurasi Perhitungan Centroid Moment Tensor (Cmt) Gempa Bumi Secara Real Time Dan Otomatis Menggunakan Metode Gisola Di Wilayah Jawa

NO	EVENT	ORIGIN TIME	QUALITY	MAGNITUDE (<i>M_w</i>)	LATITUDE	LONGITUDE	DEPTH
6	21/05/2021	12:09:24	A1	5.8	-8.375	112.18	110
7	21/11/2022	06:21:12	A2	5.5	-6.89	101.22	12
8	08/12/2022	00:50:57	A1	5.8	-6.916	107.06	109
9	30/06/2023	12:57:39	B2	5.9	-8.485	109.9	76

Tabel 2 Nama stasiun perekam yang digunakan dalam penelitian

NO	STASIUN SEISMIK	LATITUDE	LONGITUDE	CODE	ELEVATION
1	UGM	7.91° S,	110.52°E	GE.UGM	350 M
2	JAGI	8.47° S,	114.15°E	GE.JAGI	171 M
3	PLAI	8.83° S,	117.78°E	GE.PLAJ	125 M
4	BBJI	7.46° S,	107.65°E	GE.BBJI	615 M
5	BKB	1.11° S,	116.9° E	GE.BKB	110 M
6	SOEI	9.76° S,	124.27°E	GE.SOEI	1047 M
7	TOLI2	1.11° N,	120.78°E	GE.TOLI2	51 M
8	MNAI	4.36° S,	102.96°E	GE.MNAI	154 M
9	SMRI	7.05° S,	110.44°E	GE.SMRI	203 M
10	PMBI	2.9° S,	104.7° E	GE.PMBI	25 M
11	MMRI	8.64° S,	122.24°E	GE.MMRI	137 M
12	LUWI	1.04° S,	122.77°E	GE.LUWI	6 M
13	BKNI	0.33° N,	101.04°E	GE.BKNI	65 M
14	GSI	1.3° N,	97.58° E	GE.GSI	107 M
15	BNDI	4.52° S,	129.9° E	GE.BNDI	16 M
16	SANI	2.05° S	125.99°E	GE.SANI	30 M

Pada tabel 4.1 merupakan data otomatis atau *preliminary* gempa bumi di Wilayah Jawa dan sekitarnya yang diambil pada periode 2019 hingga 2023 pada *software* Jokotingkir. Data gempa bumi tersebut dipilih karena memiliki kualitas B2 hingga A3 serta magnitudo 5.5 *M_w* hingga 7.2 *M_w*. Data yang digunakan merupakan data regional dan lokal dengan jarak perekam stasiun seismik berkisar 500 km hingga 1000 km Serta dibutuhkan waktu ± 15 menit untuk memproses data gempa bumi yang terjadi secara *real-time* dan otomatis. Beberapa stasiun tersebut antara lain TOLI2, MNAI, SMRI, PMEI, MMRI, LUWI, BKNI, GSI, BNDI dan SANI. Estimasi CMT gempa bumi dilakukan menggunakan metode inversi *waveform* 3 komponen yaitu BHN, BHE dan BHZ agar diperoleh fitting komponen dengan menyesuaikan data teramati melalui stasiun dengan data sintetik yang telah dihitung menggunakan *Fungsi Green*.

Akurasi Perhitungan Centroid Moment Tensor (Cmt) Gempa Bumi Secara Real Time Dan Otomatis Menggunakan Metode Gisola Di Wilayah Jawa

Tabel 3 Data secara manual

EVENT	ORIGIN TIME	QUALITY		VR		CLVD (%)		ISO (%)		DC (%)	
		QA	QB	A	B	A	B	A	B	A	B
18/02/2019	19:30:25	A2	-	0.85	-	37.60	-	0.00	-	62.40	-
24/06/2019	02:53:40	A3	-	0.71	-	75.50	-	0.00	-	24.50	-
25/10/2020	00:56:49	A2	-	0.72	-	30.00	-	0.00	-	70.00	-
08/09/2020	00:45:18	A1	-	0.62	-	16.40	-	0.00	-	83.60	-
02/11/2021	16:43:50	42. A1	43.-	44.0.68	45.-	46.8.20	47.-	48.0.00	49.-	50.91.80	51.-
21/05/2021	12:09:24	52. A1	53.-	54.0.87	55.-	56.1.90	57.-	58.0.00	59.-	60.98.10	61.-
21/11/2022	06:21:12	62. A2	63.-	64.0.71	65.-	66.40.70	67.-	68.0.00	69.-	70.59.30	71.-
72.08/12/2022	73.00:50:57	74. A1	75.-	76.0.71	77.-	78.16.60	79.-	80.0.00	81.-	82.83.40	83.-
84.30/06/2023	85.12:57:39	86. B2	87. A1	88.0.58	89.0.62	90.42.40	91.7.40	92.0.00	93.0.00	94.57.60	95.92.60

Tabel 3 merupakan data manual Jokotingkir Wilayah Jawa dan sekitarnya pada tahun 2019-2023. Jokotingkir mengklasifikasi setiap gempanya dengan kualitas A hingga D, dimana A dan B merupakan kualitas terbaik. Sedangkan C dan D merupakan kualitas paling rendah sehingga *software* jokotingkir tidak menampilkan gempa tersebut. Adapun beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kualitas tersebut yaitu banyaknya stasiun perekam di setiap wilayah yang berbeda, model kecepatan yang digunakan berbeda dan tinggi rendahnya gempa yang terjadi. Data penelitian ini didominasi dengan aktivitas tektonik disebabkan presentase nilai DC di atas 60% (Vackár et al., 2017). Namun terdapat satu gempa bumi yang disebabkan aktivitas vulkanik yaitu ditandai dengan presentase nilai CLVD di atas 60%. Gempa tersebut terjadi pada tanggal 24/06/2019 dengan kualitas A3. Dapat dibuktikan dengan adanya nilai presentasi CLVD 75.50% dan nilai presentase DC 24.50%. Gempa bumi yang terjadi pada tanggal 30/06/2023 mengalami perubahan atau revisi CMT. Gempa tersebut semula memiliki kualitas B2 yang direvisi sehingga kualitasnya meningkat menjadi A1. Diperoleh nilai VR 0.58 meningkat menjadi 0.62 dan nilai ISO 0.00%. Presentase nilai CLVD mengalami penurunan yaitu 42.40% menjadi 7.40%. Sedangkan nilai DC meningkat yaitu 57.60% menjadi 92.60% yang menjelaskan bahwa gempa bumi terjadi karena adanya aktivitas tektonik dan tidak terjadi karena adanya aliran fluida.

IV. KESIMPULAN

Penelitian tugas akhir ini menganalisa manajemen termal pada sistem pendingin baterai LiFePo₄ dengan variasi temperatur *inlet* dan kecepatan aliran udara *inlet*. Analisa terhadap manajemen termal pada sistem pendingin dilakukan untuk mengetahui performansi sistem pendingin baterai yang dipengaruhi oleh besarnya temperatur *inlet* dan kecepatan aliran udara *inlet*. Dapat disimpulkan bahwa peningkatan kecepatan aliran udara merupakan metode efektif untuk menurunkan temperatur maksimum sel baterai LiFePo₄. Temperatur maksimum sel baterai LiFePo₄ dapat diperkecil dengan cara meningkatkan kecepatan aliran udara pada inlet. Peningkatan kecepatan aliran udara dari 2,5m/s menjadi 10 m/s mampu menurunkan temperatur sel baterai yang awalnya 42,86°C menjadi 38,28°C.

DAFTAR PUSTAKA

- Cengel, Y. A. dan J. M. Cimbala. 2014. *Fluid Mechanics, Fundamentals and Applications*. 4th ed. McGraw Hill. New York
- Chen, D., Jiang, J., Kim, G., Yang, C., & Pesaran, A. (2016). *Comparison of Different Cooling Methods For Lithium Ion Battery Cells*, 94, 846– 854.
- H. Ström. Boundary layer theory. Lecture notes, Chalmers University of Technology, 2014.
- Hammami, Y. E. dan M. Feddaoui. 2012. Numerical study of condensing a small concentration of vapour inside a vertical tube. *Heat and Mass Transfer*, 48(9), 1675–1685.
- Joshi, V. P., V. S. Joshi, H. A. Kothari, M. D. Mahajan, M. B. Chaudhari, dan K. D. Sant. 2016. Experimental Investigations on a Portable Fresh Water Generator Using a Thermoelectric Cooler. *Energy Procedia* 109: 161-166.
- Linden, D., & Reddy, T. B. (2002). *HANDBOOK OF BATTERIES*.
- Maulana, Syahdan. (2019). ANALISIS OPTIMASI ALIRAN FLUIDA DALAM PIPA KONDENSASI WATER FROM ATMOSPHERE GENERATOR BERBASIS COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD).
- Merinda, Laurien. (2017). ANALISIS MANAJEMEN TERMAL PADA SISTEM PENDINGIN SEL BATERAI LI-ION BENTUK PRISMATIK DENGAN VARIASI LAJU ALIRAN MASSA DAN LEBAR CHANNEL MENGGUNAKAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD).
- Peng, P., & Jiang, F. (2016). *International Journal of Heat and Mass Transfer Thermal safety of lithium-ion batteries with various cathode materials : A numerical study*. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 103, 1008–1016.
- Rao, Z., Wang, Q., & Huang, C. (2016). Investigation of the thermal performance of phase change material / mini-channel coupled battery thermal management system. *Applied Energy*, 164, 659–669.
- Rao, Z., & Wang, S. (2011). A review of power battery thermal energy management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4554–4571.
- Seifert, H. J., Schuster, E., Lepple, M., Cupid, D., Franke, P., & Ziebert, C. (2012). *Thermodynamics and Phase Diagrams for Lithium Ion Battery*
- Warner, J. (2015). *Battery Pack Design*.
- Xie, X. L., Liu, Z. J., He, Y. L., & Tao, W. Q. (2009). Numerical study of laminar heat transfer and pressure drop characteristics in a water-cooled minichannel heat sink. *Applied Thermal Engineering*, 29(1), 64–74.