

RELOKASI HIPOSENTER DAN ESTIMASI MODEL KECEPATAN SERTA KOREKSI STASIUN DI DAERAH SUMATERA BAGIAN UTARA DENGAN METODE *COUPLED VELOCITY-HYPOCENTER*

Lailatul Kumalasari, Madlazim, Endah Rahmawati

Jurusan Fisika FMIPA UNESA

e-mail: bangkitlaila@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini mengambil lokasi di Sumatera bagian utara dengan koordinat 1° - 6° LU dan 95° - 100° BT. Wilayah Sumatera bagian utara adalah daerah yang dilalui oleh Sumatera Fault Zone (SFZ) sehingga memiliki potensi gempa yang tinggi. Oleh karena itu diperlukan penentuan parameter gempa yang akurat. Penelitian ini bertujuan untuk merelokasi hiposenter, mengestimasi model kecepatan dan mengkoreksi stasiun di daerah Sumatera bagian utara menggunakan metode *Coupled Velocity-Hypocenter* dan diharapkan menjadi referensi gempa bumi pada wilayah tersebut. Terdapat 40 data event gempa bumi yang diambil dari WebDC sebanyak 25 data dan katalog BMKG Pusat Repo Gempa sebanyak 15 data. Kategori gempa bumi yang digunakan sebagai data gempa penelitian ini mempunyai magnitudo lebih besar dari 3 SR dan kedalaman kurang dari 50 km. Hasil relokasi hiposenter dengan RMS 0,87 detik, model kecepatan dengan lapisan *conrad* pada lapisan 8 km dan *moho* pada lapisan 18 km serta koreksi stasiun bernilai positif di 11 stasiun dan bernilai negatif di 7 stasiun dengan nilai GAP sebesar 188° .

Abstract

This study took place in northern Sumatra with the coordinates 1° - 6° LU and 95° - 100° BT. Northern Sumatra region is the area traversed by the Sumatra Fault Zone (SFZ) that has a high seismic potential. Therefore we need an accurate determination of earthquake parameters. This study aims to relocate the hypocenter, estimating the correct velocity model and station in the northern Sumatra area using the Velocity - Coupled Hypocenter and is expected to be a reference earthquake in the region. There are 40 earthquakes event of data taken from as many as 25 from WebDC data and 15 data from Repo Center Earthquake BMKG. Earthquake category is used as this study has a magnitude greater than 3 magnitude and depth of less than 50 km. Results hypocenter relocation with RMS of 0.87 seconds, with a velocity model conrad layer on layer 8 km and 18 km moho layer and the station correction is positive in 11 and negative station at 7 stations with GAP value of 188° .

PENDAHULUAN

Sumatera bagian utara yang melingkupi Propinsi Aceh dan Sumatera Utara dengan koordinat 1° - 6° LU dan 95° - 100° BT mempunyai potensi gempa bumi yang sering. Hal ini dikarenakan keberadaan beberapa sesar aktif yang relatif lebih panjang daripada sesar lainnya. Sesaat gempa bumi terjadi BMKG akan menelaah dengan memperhatikan parameter-parameter gempa bumi untuk menginformasikan kepada masyarakat yang terkena dampak gempa bumi. Dalam penyampaian informasi kepada masyarakat parameter gempa yang disampaikan cenderung kurang akurat karena target penyampaian informasi kepada masyarakat yang bersifat segera guna mitigasi bencana.

Dengan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian guna melakukan perbaikan hiposenter, estimasi model kecepatan dan koreksi stasiun dengan parameter gempa bumi yang diperoleh dari Repo Gempa katalog BMKG dan WebDC GFZ. Sehingga hasil penelitian dengan metode *Coupled Velocity-Hypocenter* ini dapat menjadi referensi sesuai perkembangan kondisi di daerah

Sumatera bagian utara guna mitigasi bencana bagi masyarakat di daerah tersebut. Estimasi model kecepatan gelombang P 1D dan relokasi hiposenter dengan metode inverse yang pengembangannya adalah metode Coupled Velocity-Hypocenter merupakan metode secara simultan.

METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah 25 data dari WebDC dan 15 data dari katalog BMKG pusat. Data dari katalog BMKG pusat sudah terdapat arrival time sedangkan data dari webDC harus dilakukan picking gelombang terlebih dahulu untuk memperoleh data *arrival time*. Sehingga dalam penelitian ini data utama adalah berupa waktu tempuh gelombang P yang tercatat oleh stasiun pencatat gempa bumi. Kemudian parameter yang diperoleh digunakan sebagai data *input* pada *Velest3.3*.

Hasil dari running *velest 3.3* ini adalah berupa data perubahan letak pusat gempa (hiposenter dan episenter) kedalaman, model kecepatan dan nilai koreksi stasiun. Untuk menganalisa perubahan hiposenter dilakukan plot *latitude* dan *longitude* terhadap kedalaman. Sedangkan

Relokasi Hiposenter Dan Estimasi Model Kecepatan Serta Koreksi Stasiun Di Daerah Sumatera Bagian Utara Dengan Metode Coupled Velocity-Hypocenter

pergeseran episenter gempa terhadap keberadaan sesar-sesar dilakukan dengan bantuan software ArcGIS 10.1.

Tabel 1. Model kecepatan 1-D V_p hasil penelitian Madlazimdan Santosa, 2010.

Initial P wave (km/s)	Depth Range (km)
3.89	-3 s/d 4
3.97	4 s/d 6
4.47	6 s/d 8
5.87	8 s/d 10
6.5	10 s/d 18
6.7	18 s/d 22
7.15	22 s/d 35
7.67	35 s/d 50
8.01	> 50

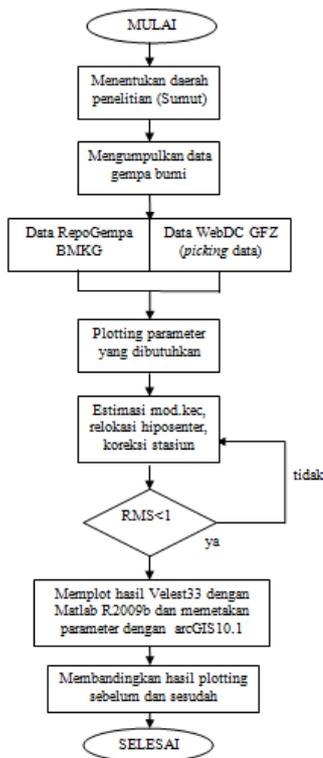
Dari model kecepatan awal yang mencakup wilayah seluruh pulau Sumatera akan menghasilkan model kecepatan baru yang lebih fokus terhadap kondisi daerah Sumatera bagian utara dengan harapan pada daerah tersebut hasil relokasinya adalah lebih akurat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

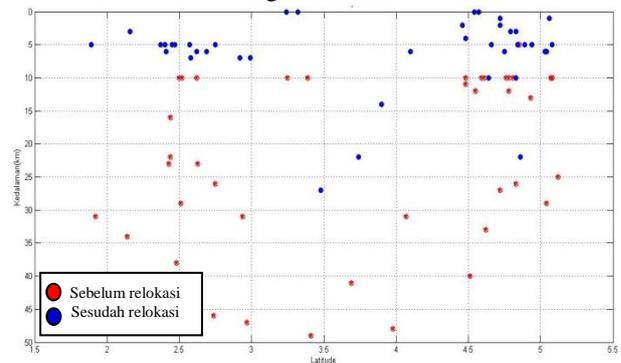
Dengan menggunakan metode Coupled Velocity-Hypocenter dihasilkan beberapa perubahan baik lokasi hiposenter maupun model kecepatan. Berikut pergeseran beberapa episenter gempa di daerah Sumatera bagian utara terhadap keberadaan beberapa sesar aktif.



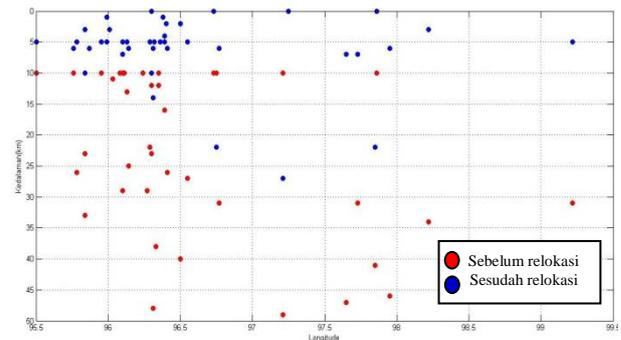
Gambar 2. Pergeseran episenter gempa bumi di daerah Sumatera bagian utara 2011-2013



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 3. Grafik distribusi hiposenter Latitude terhadap kedalaman



Gambar 4. Grafik distribusi hiposenter Longitude terhadap kedalaman

Terlihat pada peta pergeseran hiposenter beberapa pusat gempa bumi lebih mengarah atau menuju pada

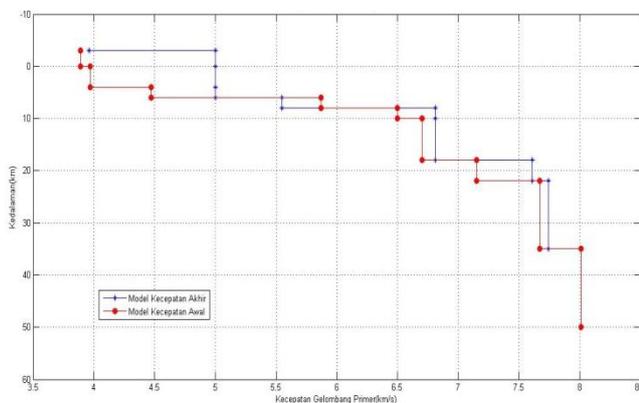
Relokasi Hiposenter Dan Estimasi Model Kecepatan Serta Koreksi Stasiun Di Daerah Sumatera Bagian Utara Dengan Metode Coupled Velocity-Hypocenter

sesar-sesar aktif di daratan pulau Sumatera. Dapat diasumsikan bahwa pada sesar-sesar inilah gempa bumi mempunyai potensi untuk terjadi. Pada grafik distribusi hiposenter baik secara latitude ataupun longitude terhadap kedalaman menghasilkan gempa bumi yang lebih dangkal. Hal ini terjadi karena asumsi model kecepatan yang digunakan pada data awal lebih cenderung global dibandingkan dengan model kecepatan yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 2. Model kecepatan awal dan akhir

Lapisan ke- (km)	Kecepatan gelombang P (km/s)	
	Awal	Akhir
-3.00	3.89	3.96
0.00	3.89	5.00
4.00	3.97	5.00
6.00	4.47	5.00
8.00	5.87	5.55
10.00	6.50	6.81
18.00	6.70	6.81
22.00	7.15	7.61
35.00	7.67	7.74
50.00	8.01	8.01

Dapat terlihat pada tabel, bahwa model kecepatan baru fokus pada wilayah Sumatra bagian utara lebih fokus daripada model kecepatan awal. Hal ini menandakan Sumatera bagian utara mempunyai struktur batuan yang lebih padat dengan densitas yang lebih tinggi sehingga gelombang P merambat lebih cepat.



Gambar 5. Grafik model kecepatan awal dan akhir terhadap kedalaman.

Setiap wilayah mempunyai kondisi struktur batuan yang berbeda, maka dari itu diperlukan model kecepatan yang lebih khusus pada daerah tersebut guna penentuan parameter yang lebih akurat untuk merelokasi hiposenter yang lebih tepat. Pada wilayah Sumatera bagian utara

lapisan *conrad* terdapat pada lapisan sekitar 8 km di bawah permukaan bumi dan lapisan *moho* terdapat pada sekitar lapisan 18 km. Kedua lapisan ini mempunyai kriteria merambat semakin cepat pada kedalaman yang sama. Hal ini berasumsi bahwa pada lapisan tersebut penyusun struktur bawah permukaan bumi adalah heterogen atau tidak sama.

Dengan menggunakan metode *Coupled Velocity-Hypocenter* selain menghasilkan relokasi hiposenter dan model kecepatan juga menghasilkan nilai koreksi stasiun. Di mana nilai tersebut dapat berupa positif dan negatif. Nilai koreksi stasiun ini merupakan selisih waktu datang gelombang gempa bumi antara stasiun referensi dan stasiun lainnya untuk mengetahui struktur tanah di sekitar lokasi stasiun-stasiun tersebut.

Tabel 3. Nilai koreksi stasiun

No.	Stasiun	Nilai Koreksi
1.	KCSM	0.02
2.	PSIM	0.11
3.	LHMM	-0.63
4.	MLSM	-1.01
5.	TPTM	-0.40
6.	GSIM	-0.66
7.	TSIM	0.82
8.	LASM	0.80
9.	SBSM	7.59
10.	MNSM	-0.32
11.	SNSM	0.06
12.	BKNM	-0.48
13.	PDSM	0.00
14.	BSIM	-1.96
15.	RGRM	0.00
16.	KRJM	0.00
17.	SDSM	0.00
18.	PBSM	0.00

Dari keseluruhan kejadian gempa bumi yaitu sebanyak 40 data yang tersebar di daerah Sumatera bagian utara tercatat sebanyak 18 stasiun pencatat gempa bumi.

Relokasi Hiposenter Dan Estimasi Model Kecepatan Serta Koreksi Stasiun Di Daerah Sumatera Bagian Utara Dengan Metode Coupled Velocity-Hypocenter



Gambar 6. Persebaran stasiun dan nilai koreksi stasiun di Sumatera bagian utara

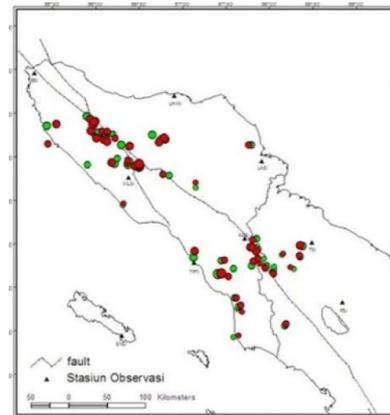
Nilai positif dari koreksi stasiun pada daerah tersebut lebih dominan berada pada stasiun yang terletak di selatan Sumatera bagian utara. Sedangkan pada wilayah utara didominasi dengan nilai koreksi stasiun negatif. Hal ini mengindikasikan bahwa Sumatera bagian utara mempunyai struktur tanah yang lebih padat karena gelombang gempa bumi mempunyai waktu yang lebih singkat untuk mencapai stasiun-stasiun tersebut. Berbeda pada daerah selatan gelombang gempa bumi mempunyai perjalanan waktu yang lebih lama untuk mencapai stasiun tersebut karena kondisi struktur tanah yang lebih gembur. Pada penelitian ini nilai koreksi stasiun relatif terhadap stasiun RGRI sebagai referensi (0,00) sehingga nilai koreksi stasiun adalah nol. Stasiun-stasiun lainnya yang mempunyai nilai koreksi yang sama dengan stasiun referensi diasumsikan mempunyai struktur tanah yang relatif sama.

Pada penelitian kali ini nilai RMS yang relatif baik yaitu sebesar 0,87 detik yang mendekati nol dan nilai GAP azimuth sebesar 188°.

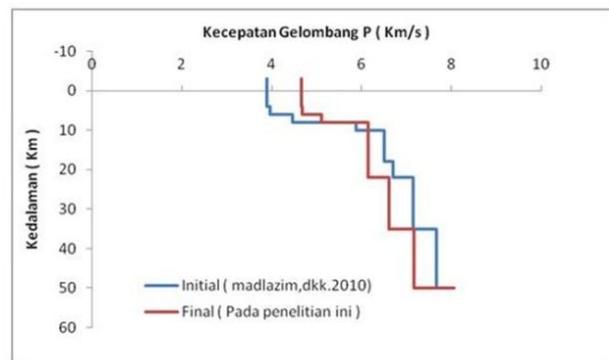
Kutipan

Pada penelitian Rachman dan Nugraha, 2011 di wilayah Aceh dan sekitarnya telah dilakukan penelitian dengan metode yang sama yaitu *Coupled Velocity-Hypocenter* menghasilkan data yang hampir sama untuk pergeseran hiposenter dan model kecepatan. Dengan data gempa dari tahun 2009-2010 dan kedalaman maksimal yaitu 50 km. Beberapa sumber gempa bumi setelah direlokasi lebih dekat ke arah sesar aktif yang berada pada daratan Sumatera bagian utara. Sedangkan model

kecepatan yang cenderung lebih cepat dibandingkan dengan model kecepatan awal (hasil penelitian Madlazim dan Santosa, 2010).



Gambar 7. Persebaran episenter yang lebih rapat ke arah sesar aktif di daratan pulau Sumatera.



Gambar 8. Model kecepatan awal dan akhir penelitian Rachman dan Nugraha, 2011

Pada model kecepatan relatif sama dengan asumsi model kecepatan baru lebih cepat daripada model kecepatan awal. Namun pada penelitian ini tidak disebutkan nilai RMS dan GAP-nya. Kesamaan ini mengindikasikan sedikit bahkan belum ada perubahan pada struktur batuan ataupun tanah di daerah Sumatera bagian utara (Aceh dan Sumatera utara). Sebab rentan waktu antara penelitian yang dilakukan dengan penelitian berikutnya adalah satu tahun. Namun terdapatnya penelitian lanjut seiring perjalanan waktu bertambahnya tahun diharapkan dapat menjadi referensi yang *update* bagi masyarakat yang wilayahnya dilakukan penelitian

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak BMKG Pusat dan WebDC yang telah menyediakan data gempa bumi guna penelitian yang lebih lanjut. Prof. Dr. Madlazim, M.Si dan Endah Rahmawati, M.Si selaku dosen pembimbing serta Tjipto Prastowo, Ph.D dan Drs.

Supardiyono, M.Si selaku dosen penguji. Dan pihak lain yang telah membantu atas terlaksananya penelitian ini.

PENUTUP

Simpulan

1. Penelitian ini menggunakan data waktu tempuh gelombang P yang merupakan gelombang longitudinal dan dapat merambat melalui 3 medium sekaligus (padat, cair dan gas). Sehingga gelombang inilah yang terlebih dahulu sampai pada stasiun pencatat gempa bumi. Kecepatan perambatan gelombang P tergantung pada densitas medium yang dilalui, semakin besar densitas maka semakin besar kecepatannya dan sebaliknya.
2. Metode *Coupled Velocity-Hypocenter* yang digunakan menghasilkan relokasi hiposenter dengan nilai RMS 0,87 detik, model kecepatan dengan diskontinuitas *conrad* pada kedalaman 8 km dan *moho* pada kedalaman 18 km serta nilai koreksi stasiun positif di 11 stasiun dan negatif di 7 stasiun yang tersebar di seluruh daerah Sumatera bagian utara.
3. Penelitian dengan menggunakan metode *Coupled Velocity-Hypocenter* menghasilkan nilai RMS yang relatif baik yaitu kurang dari 1 dan GAP 188⁰. Sehingga sumber pusat gempa lebih mengarah pada sesar-sesar aktif di daerah Sumatera bagian utara. Model kecepatan yang dihasilkan menggambarkan diskontinuitas *conrad* yang berada di lapisan 0-10 km pada daerah ini berada pada 8 km dan diskontinuitas *moho* yang berada di lapisan 10-35 km pada daerah ini berada pada 18 km. Nilai positif pada koreksi stasiun menandakan perambatan gelombang gempa bumi menuju stasiun pencatat membutuhkan waktu yang lebih lama dan nilai negatif pada stasiun koreksi menandakan perambatan gelombang gempa bumi membutuhkan waktu yang lebih singkat menuju stasiun pencatat.

Saran

Sebaiknya menggunakan data dari WebDC. Sebab, data yang digunakan lebih cenderung akurat pada data WebDC dengan ketelitian angka sampai 2 angka di belakang koma pada data arrival time. Dan terdapat asumsi model kecepatan yang masih global pada data repo Gempa katalog BMKG Pusat.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, dkk. 2012. *Model Inversi 1D Struktur Lapisan Kerak Bumi dengan Metode Algoritma Genetika di Provinsi Sumatera Utara Indonesia*. *Jurnal Sains POMITS*, Vol. 1, No.1, 1-7.
- Kissling, E., W. L. Ellsworth, D. Eberhart-Philips, and U. Kradolfer. 1994. Initial Reference Models in Local Earthquake Tomography. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 99 No. B10, 19.635-19.646.
- Koulakov, dkk. 2009. *P, S velocity and VP/VS ratio beneath the Toba caldera complex (Northern Sumatra) from local earthquake tomography*. *Geophys. J. Int.* 1-3.
- Madlazim, dkk. 2010. Four Earthquakes of the Sumatran Fault Zone (Mw 6.0-6.4): Source Parameters and Identification of the Activated Fault Planes. *JSEE*, Winter 2010, Vol. 11, No. 4
- Noor, D. 2009. *Pengantar Geologi*. Bogor: Universitas Pakuan.
- Puspito, N.1996. Struktur Kecepatan Gelombang Gempa dan Koreksi Stasiun Seismologi di Indonesia. *JMS*, Vol. 1 No. 2, 21-23.
- Rachman, dkk. 2011. Penentuan Model 1-D Kecepatan Gelombang P dan Relokasi Hiposenter secara Simultan untuk Data Gempa bumi yang Berasosiasi dengan Sesar Sumatera di wilayah Aceh dan sekitarnya. *JTM Vol. XIX No. 1/2012*
- Sosromihardjo, S. P. C. 1988. *Structural analysis of the North Sumatra Basin-with emphasis on Synthetic Aperture Radar data*. *Indonesian Petroleum Association, Proceedings of the 17th Annual Convention*, Jakarta. 1, 187-210.
- Supriyanto, E. 2007. *Analisis Data Geofisika: Memahami Teori Inversi*. Jakarta: Universitas Indonesia, 1-4.
- Waluyo. dkk. 2008. *Ilmu Pengetahuan Sosial*. PT. Gramedia. Jakarta, 10-11.
- Waluyo. 2002. *Diktat Kuliah Seismologi*. Universitas Gajah Mada, Bab 2.
- Widiyantoro, S. 2009. *Fisika dan Struktur Interior Bumi*. BMKG. Jakarta, 16-19.
- Zulkarnain. I. 2009. *Geochemical Signature of Mesozoic Volcanic and Granitic Rocks in Madina Regency Area, North Sumatra, Indonesia, and its Tectonic Implication*. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 4, No. 2, 117-131.