

**MODEL KECEPATAN LOKAL GELOMBANG P 1-D DAN
RELOKASI HIPOCENTER DENGAN METODE *COUPLED*
VELOCITY – HYPOCENTER DI WILAYAH BENGKULU**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada
Jurusan Fisika FMIPA**



Oleh :

SOYA GEMAYA

NIM. 08021181320012

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2018

LEMBAR PENGESAHAN

MODEL KECEPATAN LOKAL GELOMBANG P 1-D DAN RELOKASI HIPOSENTER DENGAN METODE *COUPLED VELOCITY - HYPOCENTER* DI WILAYAH BENGKULU

SKRIPSI

Bidang Studi Fisika

Di ajukan sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada
Jurusan Fisika FMIPA

Oleh :

SOYA GEMAYA

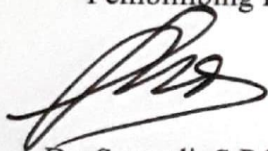
08021181320012

Menyetujui,

Indralaya, Maret 2018

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Supardi, S.Pd., M.Si.
NIP.197112112002121002



M. Yusup Nur Khakim, Ph.D.
NIP.197203041999031002

Mengetahui

Ketua Jurusan Fisika



Drs. Octavianus Cakra Satya, M.T
NIP.196510011991021001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

*Hidup adalah proses
Hidup adalah belajar
Tanpa ada batas umur
Tanpa ada kata tua
Jatuh, berdiri lagi.....
Kalah, bangkit lagi.....
Gagal, mencoba lagi.....
“NEVER GIVE UP”
Sampai Tuhan berkata :
“Waktunya pulang”*

(Hamba Allah)

“KETIKA” Kau merasa ragu dan putus asa dengan jalan yang kau arungi, ingatlah seberapa jauh kau telah datang, ingatlah semua yang telah pernah kau lalui, ingatlah beberapa perang yang telah kau menangi dan ingatlah beberapa ketakutan yang telah pernah kau kalahkan.

(Kinan)

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagi kamu. Dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagi kamu. Allah Maha mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui”

(Al-Baqarah: 216)

“Jangan cepat merasa puas dan jangan cepat merasa kecewa”

(M. Yusup Nur khakim, Ph.D)

Allah SWT

Kedua orang tuaku (Thank you mom and dad for always keeping me in your thoughts and prayers, i'll always make you proud no matter what).

Keluarga besar ibu dan papa

Sepupuku tersayang Ovin, Putri, Amelia, dan Tika terima kasih telah menemani mbak dalam penulisan Skripsi ini.

Sahabatku

Almamater- ku

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Model Kecepatan Lokal Gelombang P 1-D dan Relokasi Hiposenter dengan Metode *Coupled Velocity – Hypocenter* Di Wilayah Bengkulu”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Bidang Studi Fisika. Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak M. Yusup Nur Khakim, Ph.D. dan Bapak Dr. Supardi, S.Pd., M.Si., selaku Pembimbing Skripsi atas nasehat, arahan, bimbingan, motivasi dan ilmu yang telah diberikan dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak Sutopo, S.Si., M.Si., Ibu Dr. Siti Sailah, M.T., dan Ibu Dra. Jorena, M.Si., selaku dosen penguji.
3. Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya beserta para staff dan pegawainya.
4. Bapak Drs. Octavianus Cakra Satya, M.T., selaku Kepala Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Drs. Pradanto Poerwono, D.E.A., selaku Pembimbing Akademik selama di perkuliahan.
6. Para dosen di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya.
7. Bapak Litman, S.T., selaku Kepala BMKG Stasiun Geofisika Kepahiang, Bengkulu.
8. Mas Mahdi Kokab Zawawi, S.Tr dan, mas Dayat M.Si. Selaku Pembimbing Teknis selama penelitian tugas akhir yang telah membimbing, mengajari dan berbagi ilmu dalam penulisan skripsi ini.
9. Sahabat satu bimbingan : Diwa Trisepta Abiyyu, Damayanti Rotua Simatupang, dan Tri Wulandari.
10. Sahabat karib penulis : Mas Riki Andika, Rika Damayanti S.Si, Ira Kusmawati S.Si., Fitri Arneti S.Si., Mona Destianti S.Si., Sinta Ilmiyati S.Si, Efa Novianti S.Si. yang hingga saat ini selalu memberikan semangat dan motivasinya.
11. Motivator : Mas Bharian, S.T., dan kak Ribonson Sinurat S.Si

12. Keluarga besar Fisika 2013.
13. Nyayu dan Ki Agus, terimakasih telah membantu dalam penulisan skripsi
14. Pak Nabair (Babe), mbak Fitri dan kak David yang telah membantu dalam administrasi.
15. Dan semua pihak terkait dalam pembuatan skripsi ini.

Penulis menyadari dalam skripsi ini masih terdapat banyak kekurangannya. Untuk itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun selalu penulis harapkan untuk penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat baik bagi semua pihak.

Indralaya, Maret 2018

Penulis

Soya Gemaya

NIM. 08021181320012

MODEL KECEPATAN LOKAL GELOMBANG P 1-D DAN RELOKASI HIPOSENTER DENGAN METODE *COUPLED VELOCITY – HYPOCENTER* DI WILAYAH BENGKULU

Oleh :

**Soya Gemaya
08021181320012**

ABSTRAK

Daerah Bengkulu merupakan daerah yang rawan terjadi gempa bumi. Hal ini disebabkan karena Provinsi Bengkulu berada dekat dengan daerah pertemuan 2 lempeng tektonik dunia yaitu lempengan Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model kecepatan lokal setempat, perbandingan posisi hiposenter sebelum relokasi dan sesudah relokasi, dan menghitung nilai koreksi stasiun. Data yang digunakan dalam penelitian menggunakan waktu tiba gelombang P gempa bumi di wilayah Bengkulu dengan batasan koordinat $2.1^{\circ}\text{LS} - 6.1^{\circ}\text{LS}$ hingga $99.8^{\circ}\text{BT} - 104.5^{\circ}\text{BT}$, dengan rentang magnitudo yaitu 1.0 – 9.5 SR dan data yang digunakan sebanyak 628 gempa dari bulan Januari 2014 sampai dengan Agustus 2017. Penentuan hiposenter gempa bumi menggunakan model kecepatan global digunakan sebagai model kecepatan awal. Metode *coupled velocity-hypocenter* dalam penelitian ini menggunakan Program VELEST 3.3 dengan *output* berupa model kecepatan lokal, relokasi hiposenter dan koreksi stasiun. Hasil penelitian menunjukkan proses inversi simultan konvergen pada iterasi 25 dengan nilai rms 0.32 dan relokasi menunjukkan adanya perubahan lokasi hiposenter yang lebih akurat. Koreksi stasiun yang dimiliki oleh 19 stasiun pengamatan bernilai beragam dengan koreksi terbesar dimiliki oleh stasiun LWLI -1.151 detik dan koreksi terkecil dimiliki oleh stasiun SBJI -0.198 detik.

Kata Kunci : Gempabumi, Metoda *Coupled Velocity-Hypocenter*, Velest 3.3, Model Kecepatan, Relokasi Hiposenter, dan Koreksi Stasiun.

MODEL LOCAL VELOCITY P 1-D WAVE AND HYPOCENTER RELOCATION WITH COUPLED VELOCITY – HYPOCENTER METHOD IN BENGKULU REGION

**By :
Soya Gemaya
08021181320012**

ABSTRACT

Bengkulu is earthquake-prone province. It's because Bengkulu is a meeting point of two tectonic plates: Indo-Australian plate and Eurasian plate. Research has been done by using arrival time of P-wave of Bengkulu earthquake at $2.1^{\circ}\text{S} - 6.1^{\circ}\text{S}$ until $99.8^{\circ}\text{E} - 104.5^{\circ}\text{E}$, with 1.0-9.5 SR magnitude, and the data take 628 earthquake samples from January 2014 to August 2017. Hypocenter determination using using the global speed model is used as the initial velocity model. This research used VELEST 3.3 as coupled velocity-hypocenter method with output in the form of a model local velocity, hypocenter relocation and station correction. The result of this research show simultaneous convergent inversion process at iteration 25 with rms value 0.32 and the relocation show of the change of hypocenter locate more accurate. Station correction is owned by 19 observer station are diverse value with the biggest correction who is owned by LWLI station -1.151 second and the smallest correction who is owned by SBJI station -0.198 second.

Keywords: Earthquake, Coupled Velocity-Hypocenter Method, Velest 3.3, Velocity Model, Hypocenter Relocation, and Station Correction.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tatanan Tektonik Bengkulu	4
2.2. Gelombang Seismik	6
2.2.1 Besaran Fisis Terkait Gelombang Seismik	8
2.2.2 Penjalaran Gelombang Seismik	10
2.3. Model Kecepatan Gelombang P	10
2.4. Teori Tektonik Lempeng	12
2.5. Relokasi hiposenter menggunakan metode coupled velocity	13
2.6. Metode Inversi	15
BAB III METODE PENELITIAN	17

3.1. Waktu Dan Tempat Penelitian	17
3.2. Data	18
3.3. Perangkat Lunak.....	19
3.4. Prosedur Penelitian.....	19
3.5. Diagram Alir Penelitian	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1. Model kecepatan Lokal Gelombang P di Wilayah Bengkulu.....	23
4.2. Relokasi Hiposenter	27
4.2.1 Pola Subduksi di Bengkulu	30
4.3. Koreksi Stasiun	33
BAB V PENUTUP.....	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran.....	36
Daftar Pustaka.....	38

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Sesar-sesar aktif dan segmen yang ada di wilayah Sumatra Bagian Selatan yang terangkum dalam peta gempa nasional 2017 (tim pusat studi gempa nasional, 2017).	5
Gambar 2.2. Klasifikasi Gelombang Seismik (Susilawati, 2008)	7
Gambar 2.3. Fase-fase Kerak Bumi untuk Gempabumi Lokal dengan Sumber Seismik Berbeda(a) Lapisan Atas Kerak Bumi, (b) Bawah Kerak Bumi dan (c) Mantel AtasBumi (Purwana, 2013).	10
Gambar 2.4. Batas pertemuan lempeng a). Konvergensi b). Divergencic). Transformasi (Noor, 2012).	13
Gambar 2.5 Ilustrasi metoda coupled velocity-hypocenter pada suatu gelombang seismik.Sumbu z menggambarkan kedalaman; V_n (V_1, V_2, V_3, V_4, V_5) adalah nilai kecepatan pada setiap lapisan; V_{nk} (V_{2k}, V_{3k}, V_{4k}) adalah nilai kecepatan pada tiap blok yang dimulai dari lapisan kedua; P_0 (t_0, x_0, y_0, z_0) adalah lokasi hiposenter; Δr_0 ($\Delta t_0, \Delta x_0, \Delta y_0, \Delta z_0$) adalah lokasi hiposenter yang telah disesuaikan.	15
Gambar 3.1. Peta Wilayah Penelitian.	18
Gambar 3.2. Skema sistem kerja.....	21
Gambar 3.3. Skema flowchat program penelitian.....	22
Gambar 4.1. Perbandingan model kecepatan AK135 (Kennett, 1995) yang diperbaharui dengan model lokal (velest).	24
Gambar 4.2. Kurva perbandingan iterasi RMS.	26
Gambar 4.3. Grafik histogram perbandingan nilai RMS gempabumi sebelum relokasi dan setelah relokasi.	27
Gambar 4.4. Peta seismisitas sebelum relokasi (a), dan setelah relokasi (b).	28
Gambar 4.5. Peta perbandingan posisi episenter sebelum dan sesudah relokasi.	29

Gambar 4.6. Peta seismisitas gabungan kedalaman gempa sebelum relokasi dan setelah relokasi dalam 3-D.	30
Gambar 4.7. Peta seismisitas hasil relokasi dan pembagian segmen irisan vertikal.....	31
Gambar 4.8. Penampang vertikal pada segmen A-A', B-B', dan C-C' setelah relokasi.	32
Gambar 4.9. Koreksi stasiun sekitar Bengkulu.	34

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Jadwal pelaksanaan tugas akhir	17
Tabel 3.2 Model Kecepatan AK135 (Kennett, 1995).	19
Tabel 4.1 Model kecepatan baru	23
Tabel 4.2 Koreksi nilai Stasiun sekitar Bengkulu.....	35

LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Database (Stasiun)	41
Lampiran 2. <i>input</i> parameter <i>.cmn</i> dalam Velest 3.3.....	41
Lampiran 3. Membuat model kecepatan file (*.MOD).....	42
Lampiran 4 <i>Input</i> Model Kecepatan pada Velest.....	42
Lampiran 5. Model kecepatan AK135 sebagai model kecepatan awal	45
Lampiran 6. Model kecepatan baru terhadap kedalaman (Lokal).....	45
Lampiran 7. Tabel Nilai RMS.....	45
Lampiran 8. Jumlah event gempabumi sebelum relokasi dan setelah relokasi.....	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng dunia dan 1 lempeng tektonik kecil. Pada bagian Barat dipengaruhi tumbukkan Lempeng Eurasia (*continent plate*) dengan Lempeng Indo-Australia (*oceanic plate*), dan pada bagian Timur dipengaruhi oleh 3 lempeng (*triple junction*) yaitu Lempeng Indo-Australia di bagian Selatan, Lempeng Eurasia di bagian Utara dan Lempeng Pasifik di bagian Timur serta lempeng kecil Filipina yang bergerak dengan kecepatan dan arah yang berbeda-beda.

Berdasarkan sejarah gempa bumi Indonesia, Pulau Sumatera termasuk daerah seismik yang aktif dengan tingkat seismisitas yang cukup tinggi, hal ini dikarenakan adanya 2 zona sesar yaitu, sesar geser Sumatera dan sesar segmen Mentawai. Secara geologi, Pulau Sumatera kawasan episentrum gempa bumi karena dilintasi oleh patahan kerak bumi disepanjang Bukit Barisan, yang disebut patahan Sumatera dan patahan kerak bumi di dasar Samudra Hindia disepanjang lepas pantai sisi Barat Sumatera.

Provinsi Bengkulu merupakan salah satu daerah yang rawan terjadi gempa bumi. Hal ini disebabkan karena Provinsi Bengkulu berada dekat dengan daerah pertemuan 2 lempeng tektonik dunia yaitu ,m.Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia. Lempeng – lempeng tersebut merupakan lempeng aktif, dimana Lempeng Indo-Australia bergerak ke arah Utara sedangkan lempeng Eurasia bergerak ke arah Selatan dan bertumbukan sehingga membentuk zona subduksi sepanjang pertemuan kedua lempeng tersebut. Zona subduksi inilah yang menjadi generator utama gempa-gempa tektonik di Provinsi Bengkulu. Terdapat 6 segmen zona subduksi lainnya di Barat Sumatera, yaitu segmen Simelue, Nias, Kepulauan Batu, Siberut, Sipora-Pagai, dan Bengkulu.

Untuk peningkatan akurasi informasi parameter gempa bumi diperlukan penentuan posisi hiposenter gempa bumi yang akurat. Menurut Kissling (1988) dalam penentuan posisi hiposenter gempa bumi, model kecepatan merupakan prioritas utama dan pengamatan waktu tiba gelombang seismik menggambarkan gangguan yang dialami oleh

parameter hiposenter. Model kecepatan dipengaruhi oleh struktur geologi pada wilayah tersebut. Penentuan hiposenter gempa bumi di Bengkulu yang dilakukan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) masih menggunakan model kecepatan global.

Shohaya dkk. (2014) telah melakukan penelitian model kecepatan gelombang P 1-D dan merelokasi hiposenter gempa bumi di wilayah Bengkulu dengan metoda *coupled velocity-hypocenter*. Data yang digunakan diperoleh dari katalog gempa bumi BMKG dari tahun 2009-2013 dengan magnitudo ≥ 3 SR dan pada kedalaman 5-22 km. Dalam penelitiannya, diperoleh hasil diskontinuitas *Conrad* berada pada kedalaman 6 km dan diskontinuitas *Moho* pada kedalaman 18 km. Hasil relokasi hiposenter mendapatkan azimuth GAP 179° dan waktu tempuh RMS 0,34 detik. Hal ini mengindikasikan adanya sesar Semangko yang bergerak *strike-slip*. Dalam penelitian ini penulis menentukan model kecepatan Wilayah Bengkulu dalam skala lokal yang akan dibandingkan dengan model kecepatan global. Dengan memiliki model kecepatan lokal dapat mempermudah dalam menganalisis kejadian gempa bumi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana model kecepatan lokal gelombang P 1-D di Wilayah Bengkulu ?
2. Bagaimana pergeseran posisi hiposenter sebelum relokasi dan setelah relokasi ?
3. Bagaimana nilai koreksi stasiun untuk model kecepatan lokal di Wilayah Bengkulu?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah

1. Menggunakan stasiun pencatat gempa milik BMKG di wilayah Bengkulu dan sekitarnya.
2. Model kecepatan yang digunakan AK135.

3. Data yang digunakan adalah data primer yang didapat dari *data Repo Gempa BMKG*.
4. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode relokasi *coupled velocity – hypocenter* untuk mengetahui model kecepatan lokal Wilayah Bengkulu, pergeseran posisi sebelum relokasi dan sesudah relokasi dan mencari nilai koreksi stasiun.

1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian :

Berdasarkan rumusan masalah maka tujuan dari penelitian ini adalah

1. Tujuan penelitian ini adalah
 - a. Merelokasi hiposenter gempabumi yang terjadi, dari rentang waktu 3 Januari 2014 – 21 Agustus 2017.
 - b. Mencari model kecepatan lokal yang sesuai dengan kondisi tektonik setempat.
 - c. Pergeseran posisi hiposenter sebelum dan setelah relokasi.
 - d. Menghitung nilai koreksi stasiun untuk setiap stasiun seismik di sekitar Wilayah Bengkulu dengan menggunakan relokasi *coupled velocity – hypocenter*.
2. Manfaat penelitian ini dapat di manfaatkan pada kegiatan operasional Stasiun Geofisika di Kab. Kepahiang, Prov. Bengkulu dalam menganalisis parameter gempabumi.

Daftar Pustaka

- Borman, P., 2002, *New Manual of Seismological Observatory Practic* (NMSOP) VOL 1 & 2.
- Dziewonski, A. M. dan Anderson A. L. 1981., *Preliminary reference Earth model. Phys. Earth Planet. Int.* 25, 297-356.
- Gadallah, R.M dan Fisher, R, 2009. *Exploration Geophysics*. Springer. Berlin.
- Ibrahim, G., Subardjo, dan Sendjaja, P., 2010. *Tektonik dan Mineral Di Indonesia*. Jakarta : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Jeffrey, B. dan Bullen, K.E., 1956, *Seismological Tables, British Association for the Advancement of Science*, London.
- Kennett B.L.N. dan Engdahl E.R. 1991., *Travel times for global earthquake location and phase association*, *Geophys .J Int.*, 105, 429-465.
- Kennett, B. L. N., Engdahl, E.R dan Buland, R., 1995., *Constraints on seismic velocities in the Earth from traveltimes. Geophysical Journal International*, 122, 108–124.
- Kissling, E., 1988, *Geotomography with Local Earthquake Data*, *Reviews of Geophysics*, Vol 26, No 4 / November 1988, ETH Zuerich.
- Kissling, E., Elsworth, W. L., Eberhart-Philips, D., dan Kradofer, U., 1994, *Initial Reference Models in Local Earthquake Tomography*, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 99, No. B10, Hal. 19635-19646.
- Madlazim, Santosa, J.S., 2010, *Simultan Inversion fro 1-D P-Wave Velocity Model, Stasiun Correction and Hypocenter of Sumatra Earthquake*, *5th Kentingan Physiscs Forum*.
- Morelli, A., dan Dziewonski, A. M. *Joint determination of lateral heterogeneity and earthquake location, In Glacial Isostasy, Sea-Level and Mantle Rheology*, eds. NATO ASI Series 334, 515-534, 1991.
- Noor, D., 2012. *Pengantar Geologi*. Bogor : Universitas Pakuan.
- Pawirodikromo, W., 2012. *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Purwana, Ibnu. 2013. *Matrikulasi Seismologi*. Akademi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Jakarta.

- Richards, S., Lister, G. S., dan Kennett, B. L., 2007, *A slab in depth: Three-Dimensional Geometry and Evolution of The Indo-Australian Plate*. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 8(12), doi:10.1029/2007GC001657.
- Sieh, K. and Natawidjaja, D. H., 2000, *Neotectonics of the Sumatran Fault*, *Indonesia Journal of Geophysical Research*, 105(B12) 28,295–28,326.
- Shohaya, J. N., Madlazim, dan Rahmawati, E., 2014, Model Kecepatan 1-D Gelombang P dan Relokasi Hiposenter Gempabumi di Bengkulu Menggunakan Metoda *Coupled Velocity-Hypocenter*, *Jurnal Fisika*, Vol. 3, No. 2, Hal. 69-73.
- Sunarjo, Gunawan, M. T. dan Pribadi, Sugeng. 2010. *Gempabumi Edisi Populer*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Jakarta.
- Susilawati, 2008. *Penerapan Penjalaran Gelombang Seismik Gempa pada Penelaahan Struktur Bagian Dalam Bumi*. Sumatra Utara. Universitas Sumatra Utara.