

ISBN : 978-979-792-691-5



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL

UNIVERSITAS RIAU

FISIKA & APLIKASINYA

Menuju Revolusi Industri

4.0

PROSIDING SNFUR

Editor :

Saktioto

Romi Fadli

Reeky Fardinat

Sarah Fitriadhan

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam
Pekanbaru, 7 September 2019

ISBN : 978-979-792-691-5

Dilaksanakan oleh
JURUSAN FISIKA
FMIPA UNIVERSITAS RIAU



LPPM Universitas Riau

Meneliti, Berkarya, dan Mengabdikan



ISBN: 978-979-792-691-5

PROSIDING

Seminar Nasional Fisika
Universitas Riau IV
(SNFUR-4)
Kampus FMIPA Universitas Riau
Pekanbaru, 7 September 2019

Editor:

Saktioto
Romi Fadli S.
Sarah Fitriadhani
Reeky Fardinata

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iii
Kata Sambutan	iv
Daftar Isi	v
Susunan Acara SNFUR-4	viii
Jadwal Sesi Paralel	ix
Profil Keynote Speaker	xiii

Section A

Analisis Sifat Fisis Karbon Aktif Dari Biomassa Daun Kelapa Sawit Dengan Variasi Konsentrasi Aktivator KOH Berbantuan Iradiasi Gelombang Mikro Rakhmawati Farma, Ona Lestary Tondang	1001
Analisa Morfologi Dan Komposisi Unsur Nanomaterial ZnO Didoping Ruthenium Dengan Metode <i>Seed Mediated Hydrothermal</i> Iwantono, Aprillia	1003
Model Keseimbangan Dubinin-Radushkevich Pada Adsorpsi Doxorubicin Menggunakan Partikel Hidroksiapatit Silvia Reni Yenti, Ahmad Fadli, Wisrayetti, Muhammad Hamdani	1004
Pengaruh Ukuran Partikel Aditif Biomass <i>Activated Carbon</i> Terhadap <i>Filtration Loss</i> Lumpur Pemboran Mursyidah, Nur Hadziqoh, Rendi Septian, Idham Khalid	1005
Pengaruh Konsentrasi Tembaga Terhadap Sifat Fisis Nanomaterial ZnO Menggunakan Metode <i>Seed Mediated Hydrothermal</i> Iwantono, Ferika Tri Ardani	1006
Penumbuhan Dan Karakterisasi Nanomaterial Seng Oksida Dengan <i>Palladium Treatment</i> Dini Damaiyanti, Awitdrus, Iwantono	1007
Analisis Penyerapan Optik Dan Morfologi TiO ₂ Yang Disintesis Menggunakan Metode Deposisi Fasa Cair Berbantuan Gelombang Mikro Mahagi Putra Deraf, Ari Sulistyono Rini, Yanuar Hamzah, Usman Malik, Akrjas Ali Umar	1008

Section B

Deteksi Efek Gempa Bumi Pada Ionosfer Menggunakan Data GNSS Anwar Santoso, Buldan Muslim, Siti Inayah Fitriyani	2002
Evaluasi Nilai pH Air Gambut Menggunakan Teknik Filtrasi Dan Koagulan Studi Kasus Desa Kualu Nenas, Kampar Victory Believe Siahaan, Juandi M	2003
Efek Gelombang Tsunami Aceh 2004 Pada Gangguan Ionosfer Bergerak Skala Menengah Dari Pengamatan Jaringan GPS Sumatra Asnawi Husin, Buldan Muslim	2004

Identifikasi Komposisi Kimiawi Atmosfer Pada Bintang-Bintang Alpha (α Sgr, α Lyr, α Aql, dan α Oph)	2005
Fitri Yuliana, Zulkarnain, Hakim Luthfi Malasan	
Kajian Aplikasi Pantulan Sinyal GNSS Untuk Pemantauan Ketinggian Permukaan Air Laut	2006
Buldan Muslim, Novie Chiuman, Muhammad Ichsan Fadhil Arafah	
Pengaruh Curah Hujan Dan Kecepatan Angin Terhadap Terjadinya Petir	2007
Lihayardi, Yoli Zairmi, Saktioto	
Analisa Dan Pemetaan Sifat Magnetik Endapan Tanah Di Sepanjang Sungai Sail Pekanbaru	2008
Salomo, Erwin, Nery Yatti Nike Siregar Sormin, Danti Oktavia	
Laju Rembesan Air Pada Tanah Kompos	2009
Zulkarnain, Rizka Kurniawati, Triwulandari, Romy Fadli Syahputra, Ikhsan Rahman Husein, Ridho Kurniawan	
Pemodelan Lapisan Bawah Permukaan Kota Bengkulu Dengan Inversi HVSr	2011
Refrizon, Nanang Sugianto, Adilla Dwi Putri Handayani	
Section C	
Bangun Rancang Sistem Refraktometer Laser Untuk Menentukan Nilai Indeks Bias Madu	3001
Anggilia Widianti, Minarni	
Pengaruh Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya Dari Polusi Udara	3002
Jainal Abidin, Ferawati Artauli Hasibuan	
Analisa Panjang Gelombang Fluoresensi Dominan Pada Madu Yang Dieksitasi Laser Menggunakan Metode Spektroskopi Fluoresensi	3003
Himmatul Aliyah, Minarni	
Simulasi <i>Birefringence</i> Pada Serat Optik Mode Tunggal	3004
Yoli Zairmi, Doni Basdyo, Saktioto	
Simulasi Serat Moda Tunggal Dengan Dispersi Fiber Tergeser	3006
Doni Basdyo, Yoli Zairmi, Saktioto	
Model Komputasi Penjalaran Sinar Akustik Di Lautan Pada Daerah <i>Deep Sound Channel Axis</i> Dengan Menggunakan Metode Euler-Crommer	3007
Defrianto, Ika Aprilla Putri	
Model Penjalaran Gelombang Akustik Di Daerah <i>Surface Layer</i> Dengan Menggunakan Metode Runge-Kutta	3008
Defrianto, Hazmi Wirianto	
Penentuan Daerah <i>Shadow Zone</i> Di Laut Secara Komputasi Dengan Simulasi Penjalaran Sinar Akustik	3009
Defrianto, Nando Pratama	

22	Defrianto	Penentuan Daerah <i>Shadow Zone</i> Di Laut Secara Komputasi Dengan Simulasi Penjalaran Sinar Akustik	C	3009	Room 3	15:15-15:30
23	Ian Yulianti	Fabrikasi Sensor Serat Optik Plastik Untuk Deteksi Ion Logam Merkuri Dalam Air	D	4002	Room 4	13:30-13:15
24	Detlamasi Agustin	Pengaruh Medan Listrik DC Terhadap Perkembangan Akar Biji Kelapa Sawit	E	5001	Room 4	13:45-14:00
25	Ramy Fitrah Izzah	Review Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari	E	5002	Room 4	14:00-14:15
26	Ferawati Artauli Hasibuan	Peningkatan Pemahaman Konsep Fisika Berbasis PhET Simulation Mata Kuliah Fisika Modern	E	5003	Room 4	14:15-14:30
27	Andri Saputra	Respon Buah Sawit Terhadap Injeksi Tegangan Listrik Searah	E	5004	Room 4	14:30-14:45
28	Ochtavia Lutfi	Pengaruh Pemberian Tugas Setiap Akhir Pertemuan Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas Vii Smp Negeri 1 Lewa Tahun Pelajaran 2018 / 2019	E	5005	Room 4	14:45-15:00
29	Ochtavia Lutfi	Pemanfaatan Untuk Peningkatan Motivasi Belajar Siswa Pada Konsep Berbagai Sistem Dalam Kehidupan Tumbuhan Di Kelas Viii Smp Negeri 1 Lewa Tahun Pelajaran 2018 / 2019	E	5006	Room 4	15:00-15:15
30	Nurfi Hikma	Perbedaan Suhu Ruang Pada Rancangan Awal Miniatur Rumah Kaca Ramah Lingkungan	E	5007	Room 4	15:15-15:30
31	Rizka Kurniawati	Laju Rembesan Air Pada Tanah Kompos	B	2009	Room 5	13:30-13:15
32	Refrizon	Pemodelan Lapisan Bawah Permukaan Kota Bengkulu Dengan Inversi HVSR	B	2011	Room 5	13:45-14:00
33	Suhendra	Distribusi Ground Shear Strain (GSS) Daerah Potensial Gerakan Tanah Di Jalur Lintas Bengkulu Tengah-Kepahiang (Wilayah	B	2012	Room 5	14:00-14:15

PEMODELAN LAPISAN BAWAH PERMUKAAN KOTA BENGKULU DENGAN INVERSI HVSR

Refrizon¹, Nanang Sugianto¹, Adilla Dwi Putri Handayani²

¹Geofisika, Universitas Bengkulu

²Fisika, Universitas Bengkulu

*E-mail korespondensi: refrizon@unib.ac.id

ABSTRACT

Research on the determination of subsurface structures in Bengkulu City based on inversion of the Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) method from microtremor measurement data. Data acquisition was carried out with Gemini 2 SN 1405 PASI Mod Seismometer for 30 minutes for each station. This study aims to obtain subsurface structure based on microtremor data inversion. Microtremor data is processed using Geopsy software to obtain H / V spectral which is then reversed using OpenHVSR with the principle of forward modeling to obtain subsurface shear wave velocity (Vs) models at each measurement point. Subsurface models can be accepted and considered true with a high degree of confidence if the selected model produces H / V spectral in accordance with field data marked by small errors, where the field data curves and models can coincide. From this research, the value of Vs below the surface to a depth of 50 meters varies from 26 m / s to 2195 m / s consisting of 6 layers to 8 layers of rock.

Keywords: Vs, Microtremor, HVSR, Inversion

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang penentuan struktur bawah permukaan di Kota Bengkulu berdasarkan inversi metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) dari data pengukuran mikrotremor. Akuisisi data dilakukan dengan Gemini 2 SN 1405 PASI Mod Seismometer selama 30 menit untuk setiap stasiun. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh struktur lapisan bawah permukaan berdasarkan inversi data mikrotremor. Data Mikrotremor diproses menggunakan perangkat lunak Geopsy untuk mendapatkan spektral H / V yang kemudian dibalik menggunakan OpenHVSR dengan prinsip pemodelan ke depan untuk mendapatkan model kecepatan gelombang geser (Vs) bawah permukaan pada setiap titik pengukuran. Model lapisan bawah permukaan dapat diterima dan dianggap benar dengan tingkat keyakinan tinggi apabila dari model yang dipilih menghasilkan spektral H / V sesuai dengan data lapangan yang ditandai oleh kesalahan kecil, di mana kurva data lapangan dan model dapat berimpit. Dari penelitian yang telah dilakukan ini didapatkan nilai Vs di bawah permukaan sampai kedalaman 50 meter bervariasi mulai dari 26 m / s sampai 2195 m / s yang terdiri dari 6 lapisan hingga 8 lapisan batuan.

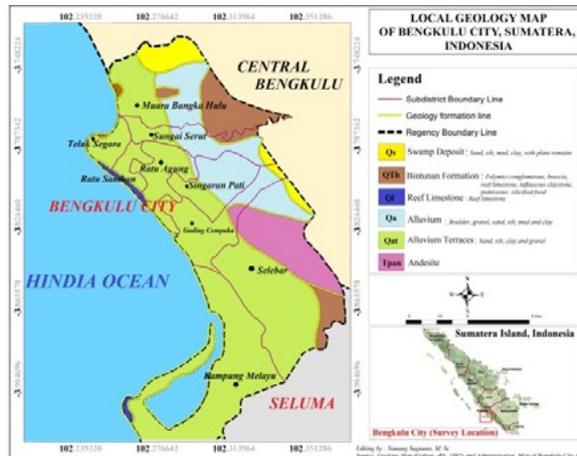
Kata kunci: Vs, Mikrotremor, HVSR, Inversi

PENDAHULUAN

Gempabumi merupakan bencana alam yang sangat potensial menimbulkan kerugian besar. Gempa bumi belum dapat diprediksi secara akurat dan tidak dapat dicegah. Tetapi bahaya dan resiko yang diakibatkan oleh gempabumi dapat dikurangi atau dimitigasi [1]. Faktor yang mempengaruhi

kerusakan akibat gempabumi pada suatu daerah tidak hanya bergantung pada jarak daerah tersebut ke pusat gempa, magnitudo gempa, dan kualitas bangunan saja, tetapi lebih dari itu dipengaruhi oleh kondisi geologi atau kondisi bawah permukaan daerah tersebut [2]. Beberapa peneliti menunjukkan bahwa distribusi tingkat bahaya gempabumi bervariasi meskipun pada jarak episentris dan

magnitudo gempa relatif sama, hal ini membuktikan bahwa pengaruh kondisi geologi harus dipertimbangkan. Untuk itu pengetahuan tentang kondisi geologi baik struktur lapisan, komposisi batuan maupun sifat fisik batuan bawah permukaan sangat diperlukan guna meminimalisir dampak gempabumi.



Gambar 1. Peta geologi dan administrasi Kota Bengkulu, didominasi oleh batuan berumur Tersier.

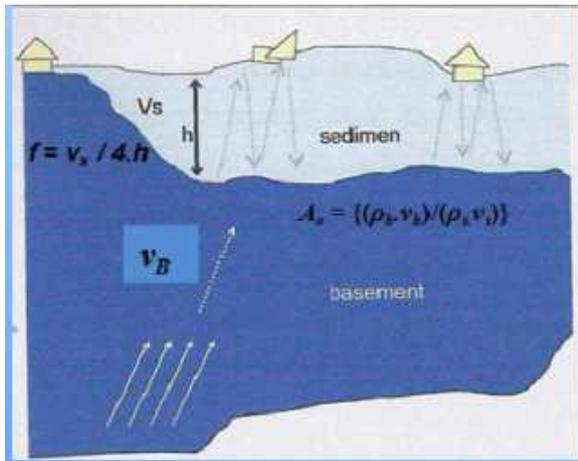
Kota Bengkulu secara umum tersusun oleh batuan endapan permukaan (*surficial deposits*) berumur Kuartar yaitu batuan sedimen dan batuan gunung api (*sedimentary and volcanic rocks*) serta batuan trobosan berumur Tersier, seperti terlihat pada Gambar 1. Batuan berumur Kuartar memiliki sifat lebih lunak dibandingkan batuan berumur Tersier [3]. Selain itu daerah Bengkulu juga terletak pada pertemuan dua lempeng tektonik, yaitu Lempeng Eurasia dan Lempeng India-Australia. Aktivitas kedua lempeng tektonik yang saling bertumbukan menyebabkan terbentuknya zona subduksi. Hal ini mengakibatkan rawan terjadi pelepasan energi secara tiba-tiba sehingga menimbulkan getaran yang kemudian dirambatkan dalam bentuk gelombang atau gempabumi. Bengkulu juga dipengaruhi oleh sesar Sumatera (sesar Semangko) yang aktif di sepanjang Bukit Barisan dan Sesar Mentawai yang menyebabkan Bengkulu sebagai daerah rawan terhadap bencana gempa bumi [11].

Getaran dari gelombang gempa bumi akan mengalami penguatan (amplifikasi) pada batuan lunak dibandingkan pada batuan keras atau padat [4-5]. Terdapat dua sebab terjadinya amplifikasi gelombang gempa yang dapat mengakibatkan kerusakan bangunan. Pertama adanya gelombang yang terjebak di lapisan lunak [12] sehingga gelombang tersebut

mengalami superposisi antar gelombang. Jika gelombang tersebut mempunyai frekuensi yang relatif sama, maka terjadi proses resonansi gelombang gempa yang mengakibatkan gelombang tersebut saling menguatkan. Kedua, adanya kesamaan frekuensi natural antara geologi setempat dengan bangunan [13]. Ini akan mengakibatkan resonansi antara bangunan dan tanah setempat. Konsep dasar fenomena amplifikasi gelombang seismik dicirikan oleh adanya batuan sedimen yang berada di atas *basement* dengan perbedaan densitas adalah ρ . Amplifikasi dapat diestimasi dari kontras impedansi antara *bedrock* dan sedimen permukaan. Semakin besar perbedaan parameter tersebut, semakin besar pula nilai amplifikasi perambatan gelombangnya, seperti terlihat pada Gambar 2. Akibatnya, getaran tanah pada bangunan lebih kuat.

Bangunan-bangunan yang terdapat di Kota Bengkulu banyak yang mengalami dampak kerusakan yang lebih besar karena secara geologi didominasi oleh formasi batuan yang lebih lunak. Meskipun tersusun oleh jenis batuan yang sama, beberapa peneliti telah membuktikan berdasarkan pengukuran dengan metode mikrotremor di Kota Bengkulu tetap mengalami respon terhadap gempa bumi bervariasi. Indikator yang digunakan adalah nilai percepatan getaran tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration (PGA)*, Indeks Kerentanan Seismik (IKS), *Ground Shear Strain (GSS)* dan ketebalan sedimen [6-9]. Selain ke 4 parameter tersebut parameter fisis yang juga penting dalam menggambarkan kondisi geologi lokal yaitu respon kecepatan gelombang geser (V_s).

Salah satu metode untuk mengetahui model struktur lapisan bawah permukaan dapat digunakan metode mikrotremor dengan inversi *spectral H/V* dari metode *HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)* yang diperkenalkan oleh Nakamura (1989). Pengukuran mikrotremor didasarkan pada respon gelombang seismik pasif tiga komponen [2]. Metode ini relatif mudah, ekonomis dan ramah lingkungan khususnya di wilayah pemukiman. Teknik HVSR pada analisis data mikrotremor telah digunakan secara luas untuk studi *localsite effect* dan *mikrozonation* [10].



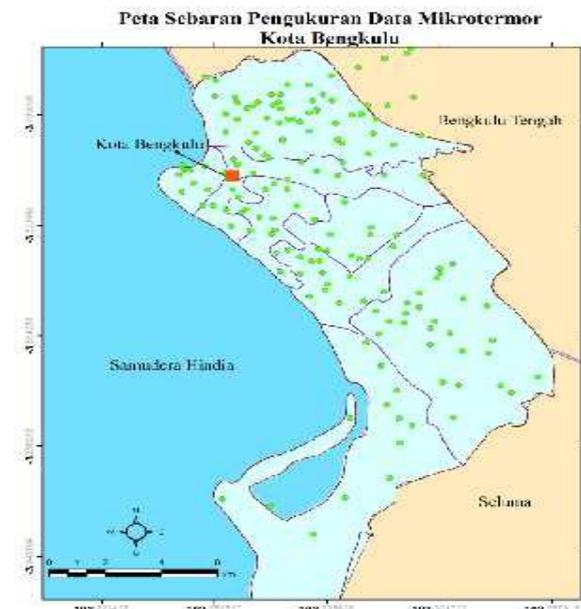
Gambar 2. Konsep dasar amplifikasi gelombang seismik [13].

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model perlapisan bawah permukaan Kota Bengkulu berdasarkan kecepatan gelombang geser (V_s) hasil inversi mikrotermor dengan menggunakan *OpenHVS*R. Hasil dari inversi berupa sebaran V_s dapat digunakan untuk penggambaran struktur lapisan bawah permukaan sehingga dapat dimanfaatkan sebagai upaya mitigasi yang dihubungkan dengan potensi gempa bumi. Selain itu juga dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam mengatur Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) yang akan datang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berdasarkan data pengukuran mikrotremor yang meliputi seluruh wilayah Kota Bengkulu dengan jumlah titik 161 buah. Pengambilan data dilakukan menggunakan Seismometer PASI Model Gemini 2 SN 1405 selama 30 menit untuk setiap stasiun. Koordinat titik-titik pengukuran ditentukan dengan *Global Positioning System (GPS)*. Sebaran titik-titik stasiun pengukuran seperti pada Gambar 3. Data mikrotremor berupa rekaman getaran seismik diolah dengan menggunakan *software geopsy* dalam beberapa tahapan. Tahapan pertama dilakukan analisis kurva H/V melalui *windowing* yaitu pada *toolbox*. Tahapan kedua adalah *smoothing* menggunakan Konno Omachi dengan variasi koefisien $b=20$ agar output yang dihasilkan lebih halus. Tahapan ketiga adalah memproses data dengan metode HVS/R untuk menghasilkan kurva H/V yang disimpan dalam format *.hv untuk input *OpenHVS*R.

Proses inversi HVS/R ini pada prinsipnya adalah pencocokan kurva H/V data lapangan dengan kurva H/V model. Model yang dibuat sebagai model awal disesuaikan dengan informasi geologi stasiun pengukuran. Model awal pada penelitian ini digunakan model dari Bignardi. Proses inversi ini mengestimasi parameter fisis batuan yang tidak diketahui sebelumnya. Selain kurva $h\nu$ diinputkan juga koordinat stasiun pengambilan data, dan garis yang menggambarkan *subsurface* awal atau model awal. Hasil simulasi pemodelan akan terlihat beserta dengan nilai H (ketebalan lapisan), ρ (massa jenis batuan), V_s (kecepatan gelombang s), V_p (kecepatan gelombang p), Q_p (redaman gelombang P) dan Q_s (redaman gelombang S).



Gambar 3. Sebaran titik-titik pengukuran mikrotremor.

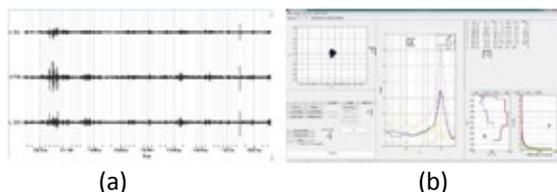
Inversi kurva HVS/R pada *Software OpenHVS*R dalam mencari ruang model dalam meminimalkan fungsi *misfit* didasarkan pada algoritma Monte Carlo. Model tebakan terdiri dari enam parameter untuk setiap lapisan (termasuk model *half space*). Model ini dipilih karena estimasi kecepatan gelombang geser yang ditargetkan pada penelitian ini adalah batuan sedimen. Kurva HVS/R sebagai acuan, sedangkan parameter model V_p , V_s , dan ketebalan dibiarkan bebas untuk mendapatkan *best model*, namun diikat dengan data *densitas* sebagai pengontrol selama proses inversi. Sedangkan untuk nilai Q_p dan Q_s dianggap konstan untuk setiap lapisan. Sesuai dengan penelitian Sungkono

dan Santosa (2011), bahwa variasi nilai Q_p tidak berpengaruh terhadap kurva HVSR [14]. Sedangkan faktor Q_s pengaruhnya terhadap puncak HVSR dan tidak berpengaruh terhadap nilai frekuensi. Dari keenam parameter tersebut yang memiliki pengaruh besar terhadap kurva HVSR adalah kecepatan V_s dan ketebalan lapisan sedimen.

Hasil yang diperoleh berupa profile model kecepatan V_s akan dianalisis struktur dan sifat fisik batuan bawah permukaan. Interpretasi dari seluruh V_s bawah permukaan digunakan untuk menentukan kondisi geologi, karakterisasi situs, analisis bahaya gempa, analisis respon lokasi dan interaksi struktur tanah.

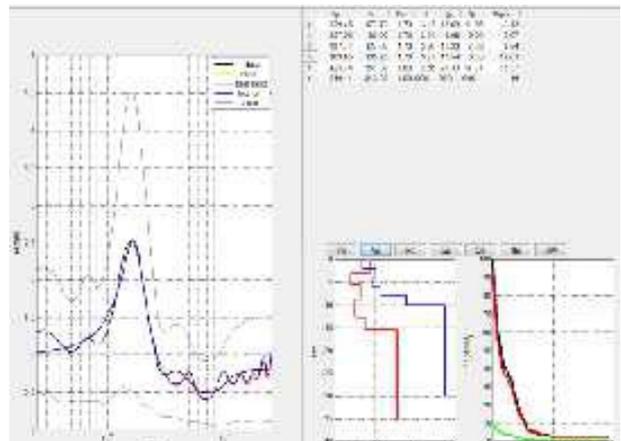
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran mikrotremor di lapangan adalah kurva simpangan fungsi waktu dari *ambient noise* seperti pada Gambar 4 (a). Simpangan fungsi waktu ini kemudian ditransform menjadi fungsi frekuensi sebagaimana Gambar 4 (b). Setelah proses inversi selesai dan diperoleh misfit yang kecil, yaitu apabila *misfit* sudah dibawah 10% maka grafik *best model* dan data lapangan akan hampir berimpit. Model yang dihasilkan diterima sebagai model final yaitu V_s hasil Inversi kurva H/V dari analisis HVSR adalah V_s sebagai fungsi kedalaman seperti Gambar 5 yang menampilkan *ID model* yang diterima sebagai hasil akhir.

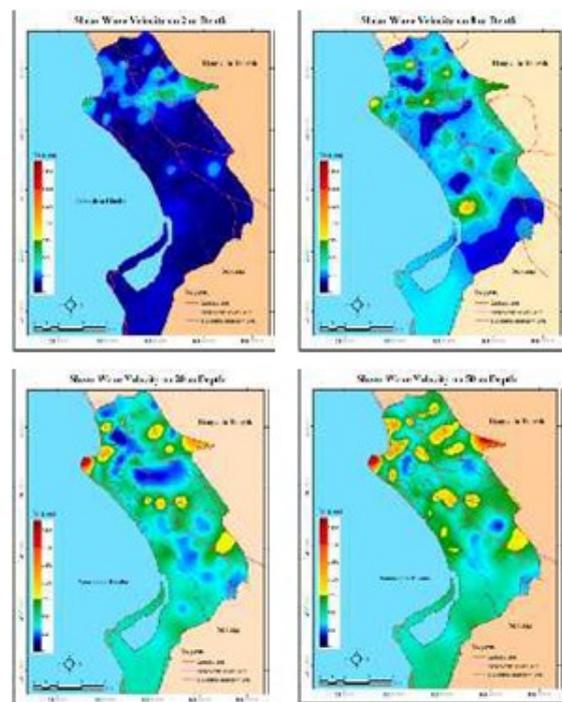


Gambar 4. (a) Simpangan fungsi waktu rekaman seismometer 3 komponen, dan (b) Transformasi ke fungsi frekuensi dan optimalisasi.

Hasil inversi kecepatan gelombang geser dari kedalaman 2 m sampai kedalaman 50 m memiliki 6 lapis sampai 8 lapis pembentuk struktur bawah permukaan dengan kecepatan gelombang geser tiap lapisannya bervariasi seperti terlihat pada Gambar 6. Kecepatan V_s terkecil dari setiap lapisan adalah 26 m/s sampai 80 m/s. Kecepatan V_s terbesar dari tiap lapisan juga bervariasi, yaitu 567 m/s sampai 2195 m/s.

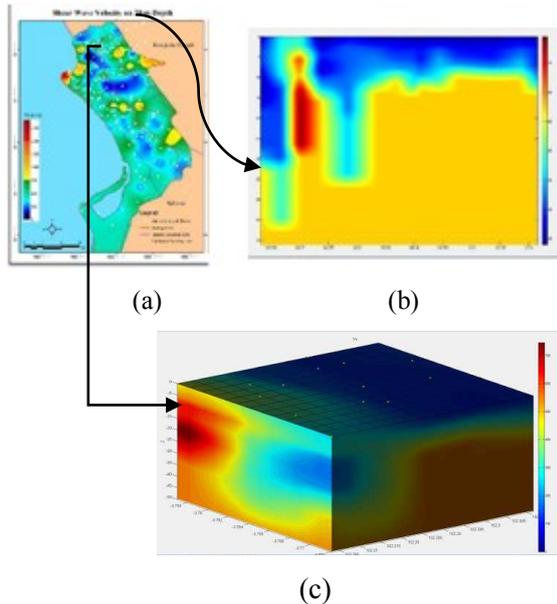


Gambar 5. Inversi yang menghasilkan model terbaik yaitu V_s fungsi kedalaman dengan kurva H/V model dan data lapangan berimpit.



Gambar 6. Peta sebaran V_s dari atas memutar searah jarum jam kedalaman 2 meter, 8 meter, 30 meter dan 50 meter.

Profil 2D hasil sayatan yang dibuat pada koordinat $102^{\circ}27'BT$ untuk melihat struktur perlapisan didapatkan bahwa rentang nilai V_s adalah 600-700 m/s di kedalaman 15-25 m. Sedangkan pada daerah yang lain cenderung homogen dengan rentang nilai V_s sekitar 200 m/s. Kemudian pada kedalaman 20-50 m memiliki rentang nilai V_s 400-500 m/s.



Gambar 7. (a) Posisi garis sayatan untuk membuat profil gambar 2D dan 3D, (b) Profil 2D hasil sayatan dan (c) Gambar 3D bawah permukaan.

Pada gambar 7. (a) dan (b) dapat dilihat bahwa formasi batuan yang sama tidak memiliki perlapisan batuan dan kekerasan yang seragam. Sebagian terlihat nilai V_s yang jauh berbeda. Hal ini bersesuaian dengan beberapa peneliti yang telah menduga bahwa pada suatu formasi batuan yang sama memiliki respon seismik dan kekuatan yang berbeda pula [6-8]. Berdasarkan petasebaran kecepatan gelombang geser Gambar 6, Kota Bengkulu pada kedalaman 2 meter nilai kecepatan gelombang geser relatif homogen yaitu pada nilai kecepatan gelombang geser rendah yaitu berkisar antara 70-567 m/s. Berdasarkan kriteria pengklasifikasian jenis material pada Tabel 1, maka Kota Bengkulu didominasi oleh lumpur lunak, pasir kering dan lempung.

Secara umum berdasarkan Tabel 1 Kota Bengkulu didominasi oleh tipe tanah E (tanah lunak), sebagian kecil termasuk tipe batuan D (tanah sedang) dan tipe tanah C (tanah keras dan batuan lunak). Sedangkan tipe B (batuan sedang) dan batuan tipe A (batuan keras) terdapat pada beberapa lokasi dan kedalaman tertentu. Terlihat bahwa pada kedalaman >20 meter batuan keras (*hard bedrock*) mulai terlihat.

Dalam hal mendirikan bangunan di Kota Bengkulu maka daerah yang relatif aman adalah yang memiliki lapisan tanah dengan V_s lebih besar. Jika dilihat dari peta kontur sebaran nilai V_s pada Gambar 6 (atas kiri), maka daerah yang aman untuk didirikan bangunan bertingkat tinggi yaitu memiliki nilai V_s tinggi pada kecamatan Teluk Segara dan Muara Bangkahulu. Untuk daerah lain yang memiliki kondisi tanah yang lunak konstruksi bangunannya harus lebih kokoh dibandingkan dengan tanah lebih padat atau keras.

Tabel 1. Identifikasi tanah dan deskripsi umum berdasarkan nilai kecepatan V_{s30} [15]

Kelas	Rata-rata V_s (m/s) diatas 30m	Deskripsi Umum
A	>1500	Batuan keras
B	760-1500	Batuan sedang
C	360-760	Tanah keras dan batuan lunak
D	180-360	Tanah sedang
E	<180	Tanah lunak
F		Tanah spesifik terinvestigasi geoteknik

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil inversi data mikrotremor di Kota Bengkulu diperoleh bahwa lapisan batuan bawah permukaan dapat dimodelkan dan dapat diterima karena kurva lapangan telah berimpit dengan kurva model, dimana pemodelan ini menunjukkan error yang kecil. Nilai V_s dipermukaan bervariasi, demikian juga batuan di bawah permukaan sehingga sangat wajar bila dampak getaran gempa berbeda satu tempat dengan lainnya. Nilai V_s di Kota Bengkulu bervariasi yaitu 26-2195 m/s. Hal ini berarti dari kedalaman 0 m sampai 50 m Kota Bengkulu memiliki struktur bawah permukaan adalah 6 lapis sampai 8 lapis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada group peneliti Bidang Kebumihan Program Studi

REFERENSI

1. Irsyam M. dan Asrurifak M., (2009), *Analisis Seismic Hazard Dengan Model Sumber Gempa 3-Dimensi Untuk Usulan Revisi Peta Gempa Indonesia SNI 03-1726-2002*, Seminar Mengelola Resiko Bencana di Negara Maritim Indonesia diselenggarakan oleh Majelis Guru Besar ITB, 24 Januari 2009.
2. Campbell, K.W., dan Bozorgnia, Y.,(2008), *Ground motion model for the geometric mean horizontal component of PGA, PGV, PGD and 5% damped linear elastic responses spectra for periods ranging from 0.01 to 10.0 s*: Earthquake Spectra, v. 24, no. 1.
3. Gafoer S., Amin T.C., dan Pardede, R., (1992), *Geologi of The Bengkulu Quadrangle Sumatera*, Geological Research and Development Indonesia.
4. Nakamura, Y. (1989). *A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface*, Quarterly Report of the Railway Technology Research Institute, Japan.
5. Nurahmi E. dan Sandra R. (2015). *Analisis Kecepatan Gelombang Geser Vs30 menggunakan metode Refraksi Mikrotermor (REMI) di Kelurahan Talise*. Universitas Tadulako. Gravitasi Vol. 14 No.1.
6. Hadi, A. I., Farid, M., dan Fauzi, Y. (2012). *Pemetaan Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Kerentanan Seismik Akibat Gempa Bumi untuk Mendukung Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Bengkulu*. UNIB. Ilmu Fisika Indonesia Vol. 1 No. 2(D).
7. Refrizon, Hadi, A., I., Lestari, K., dan Oktari, T. (2013). *Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Tingkat Kerentanan Seismic Daerah Ratu Agung Kota Bengkulu*. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung, Lampung.
8. Sugianto, N. Farid, M. dan Suryanto, W. (2016). *Local Geology Condition of Bengkulu City Based on Seismic Vulnerability Index (Kg)*. Journal of Engineering and Applied Sciences.
9. Winarni, A. (2017). *Pemodelan Bawah Permukaan di Kota Bengkulu Berdasarkan Inversi Data Mikrotermor*. Skripsi Sarjana. Jurusan Fisika FMIPA UNIB Bengkulu.
10. SESAME. (2004). *Guidelines for the Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations: Measurements, Processing and Interpretation*; Project No. EVG1-CT-2000-00026 SESAME; European Commission—Research General Directorate: Brussels, Belgium, pp. 8–31.
11. Natawidjaja, D., H. 2007. *West Sumatera Earthquake of March, 6., 2007 ERRI*; Special Report; Journal of Geophysical Research, 112, 10, 1029.
12. Nakamura, Y. (2000). *Clear Identification of Fundamental Ide aof Nakamura's Technique and Its Application*. Proceeding XII World Conference of Earthquake Engineering New Zealand, pp. 2526.
13. Gosar, A. (2007). *Microtremor HVSR Study for Assessing Site Effects in the Bovec Basin (NW Slovenia) Related to 1998 Mw 5.6 and 2004 Mw 5.2 Earthquake*. ELSEIVER Engineering Geology 91 pp 178-193.
14. Sungkono, dan Santosa, B. (2011). *Karakterisasi Kurva Horizontal to Vertical Spectral Ratio : Kajian literatur dan Pemodelan*. Neutrino, Vol 4. No.1.
15. Motazedian, D., Hunter, J.A., Pugin, A., dan Crow, H. (2010). *Development of a Vs30(NEHRP) map for the city of Ottawa, Ontario, Canada*, NRS Research Press, Canada.

