

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT	xv
 BAB I. PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Asumsi Penelitian	4
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1. Gunung Lumpur (<i>Mud Volcano</i>).....	5
2.2. Penelitian Terdahulu	7
2.2.1. Mikroseismik.....	7
2.2.2. Pemodelan fisis	8
2.2.3. Pemodelan numerik <i>finite-difference</i>	9
 BAB III. LANDASAN TEORI.....	 11
3.1. Persamaan Gelombang Seismik.....	11
3.2. Penyelesaian Numerik Perambatan Gelombang Seismik ..	14
3.3. <i>Finite-Difference</i>	15
3.4. <i>Staggered-Grid</i>	17
3.5. Syarat Batas Tepi	18
3.6. Integral Korelasi.....	23
3.7. <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT).....	24
3.8. Filter	25
3.9. Perbandingan Model Fisis dengan Model Numerik	25
3.10. Perhitungan Fungsi Sumber (<i>Wevelet</i>)	25
 BAB IV. METODE PENELITIAN	 27
4.1. Peralatan Penelitian.....	27
4.2. Studi Pustaka.....	29
4.3. Teknik Pengumpulan Data	29

4.3.1. Tahap persiapan.....	29
4.3.2. Tahap perekaman	29
4.4. Metode Pengolahan Data	31
4.5. Program Numerik.....	33
4.6. Masukan Program	33
4.7. Pembuatan Grid.....	34
4.8. Penerapan Kondisi <i>Free Surface</i> (Tanpa Topografi)	34
4.9. Pengujian PML	34
4.10. Pengujian Seismogram	35
4.11. Model Bledug Kuwu.....	36
4.12. Diagram Alir Penelitian	38
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	41
5.1. Hasil Model Fisis	41
5.1.1. Hasil perekaman model fisis dengan variasi kedalaman sumber.....	41
5.1.2. Hasil perekaman model fisis dengan variasi sudut sumber	41
5.1.3. Hasil pemotongan dan normalisasi sinyal gelombang pertama datang.....	45
5.1.4. Hasil <i>correlation</i> dan kecepatan gelombang-P	45
5.1.5. Hasil FFT (<i>fast fourier transform</i>)	47
5.1.6. Hasil filter seismogram model fisis.....	47
5.2. Hasil Verifikasi Program	49
5.2.1. Hasil verifikasi PML	49
5.2.2. Hasil verifikasi seismogram	49
5.3. Hasil Model Numerik.....	50
5.3.1. Hasil pemodelan numerik dengan variasi kedalaman sumber.....	51
5.3.2. Hasil pemodelan numerik dengan variasi sudut sumber	53
5.3.3. Hasil filter seismogram model numerik.....	55
5.4. Hasil Perbandingan Model Fisis dan Model numerik.....	56
5.5. Pembahasan	60
5.5.1. Pembahasan model fisis	60
5.5.2. Pembahasan model numerik.....	62
5.5.3. Pembahasan perbandingan model fisis dengan model numerik.....	63
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	64
6.1. Kesimpulan	64
6.2. Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Sebaran gunung lumpur di Jawa Tengah dan Jawa Timur. Lingkaran biru menunjukkan fenomena letupan lumpur yang muncul di permukaan, sedangkan lingkaran hitam merah merupakan lokasi tempat penelitian (Istadi, dkk., 2009).....	3
Gambar 2.1.	Skema kenampakan dari <i>mud volcano</i> (A) bentuk <i>dome</i> dan (B) bentuk <i>pie</i> (Kopf, 2002)	6
Gambar 2.2.	Peletakaan seismometer pada pengukuran di daerah Bleduk Kuwu (Sugiantoro, 1989).....	7
Gambar 2.3.	Perbedaan hasil observasi dengan hasil estimasi awal posisi sumber (Sugianto, 2014).....	8
Gambar 2.4.	(a) Perlengkapan dari eksperimen pada kotak yang berisi cairan gelatin, dimana udara bergerak ketas diatara membran karet dan lempeng kaku, (b) spektrum frekuensi dari sinyal yang dihasilkan pada kedalaman sumber 12 cm dan tekanan sumber 2.8 kPa (Rust dkk., 2008).....	9
Gambar 3.1.	(a) Pendiskritan dari medium pada skema <i>staggered-grid</i> . (b) penentuan posisi kecepatan dan <i>stress</i> pada skema <i>staggered-grid</i> (Vireux, 1986).	18
Gambar 3.2.	Grafik persamaan gelombang seismik terhadap waktu. (a) tanpa pelemahan energi. (b) Dengan pelemahan energi	19
Gambar 3.3.	Pendefenisian domain utama dan PML. \hat{n} menyatakan normal dari <i>interface</i> lapisan PML (Komatitsch, 2007).....	23
Gambar 3.4.	<i>Ricker Wavelet</i> dalam kawasan waktu yang digeser sejauh t_0	26
Gambar 4.1.	Alat-alat pemodelan fisis	28
Gambar 4.2.	(a) Kenampakan 3-D susunan <i>geophone</i> dan sumber getar dalam pengambilan data dengan memvariasikan kedalaman sumber (A), (b) kenampakan secara 2-D.	30
Gambar 4.3.	(a) Kenampakan 3-D susunan <i>geophone</i> dan sumber getar dalam pengambilan data dengan memvariasikan sudut dari sumber getar (θ), (b) kenampakan secara 2-D.....	31
Gambar 4.4.	Contoh hasil pemotongan sinyal yang mengandung <i>event</i> seismik	33
Gambar 4.5.	Model homogen untuk uji PML	35
Gambar 4.6.	Posisi sumber dan <i>geophone</i> pada pengujian seismogram (Komatitsch dan Martin, 2007).	36
Gambar 4.7.	Model homogen 2D yang akan dimodelkan dengan memvariasikan kedalaman dari <i>conduit</i> sumbernya, (a)	

	kedalaman 15,5 cm, (b) kedalaman 13 cm, (c) kedalaman 10,5 cm.	37
Gambar 4.8.	Model homogen 2D dengan variasi terhadap sudut dari arah <i>conduit</i> sumber yang dibentuk, (a) sudut 30°, (b) sudut 45°, (c) sudut 60°.....	38
Gambar 4.9.	(a) Diagram alir Penelitian (bersambung ke gambar 4.9b), (b) Diagram alir penelitian (lanjutan).	39
Gambar 5.1.	Seismogram perekaman model fisis dengan kedalaman sumber 10,5 cm. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.	42
Gambar 5.2.	Seismogram perekaman model fisis dengan kedalaman sumber 13 cm. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.....	42
Gambar 5.3.	Seismogram perekaman model fisis dengan kedalaman sumber 15,5 cm. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.	43
Gambar 5.4.	Seismogram perekaman model fisis dengan variasi sudut sumber 30°. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.	43
Gambar 5.5.	Seismogram perekaman model fisis dengan variasi sudut sumber 45°. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.	44
Gambar 5.6.	Seismogram perekaman model fisis dengan variasi sudut sumber 60°	44
Gambar 5.7.	Normalisasi sinyal gelombang pertama datang (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.	45
Gambar 5.8.	Hasil <i>correlation</i> antar <i>geophone</i> . (a) G1 dan G1, (b) G1 dan G2, (c) G1 dan G3, (d) G2 dan G3.	46
Gambar 5.9.	FFT dari seismogram pemodelan fisis. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.....	48
Gambar 5.10.	Seismogram model fisis yang difilter 20 Hz sampai 25 Hz. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.....	48
Gambar 5.11.	<i>Screenshot</i> perambatan gelombang pada medium yang menggunakan dan tanpa PML.....	49
Gambar 5.12.	Perbandingan seismogram numerik (garis putus-putus merah) dengan seismogram analitik (garis utuh hitam).	50
Gambar 5.13.	Seismogram rekaman model numerik dengan kedalaman sumber 10,5 cm. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.....	52
Gambar 5.14.	Seismogram rekaman model numerik dengan kedalaman sumber 13 cm. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.....	52
Gambar 5.15.	Seismogram rekaman model numerik dengan kedalaman sumber 15,5 cm. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.....	53

Gambar 5.16. Seismogram rekaman model numerik dengan sudut sumber 30°. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.....	54
Gambar 5.17. Seismogram rekaman model numerik dengan sudut sumber 45°. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.....	54
Gambar 5.18. Seismogram rekaman model numerik dengan sudut sumber 60°. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.....	55
Gambar 5.19. Seismogram model numerik yang difilter 20 Hz sampai 25 Hz. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.....	56
Gambar 5.20. Perbandingan seismogram model fisis dan numerik pada kedalaman sumber 10,5 cm. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.....	57
Gambar 5.21. Perbandingan seismogram model fisis dan numerik pada kedalaman sumber 13 cm. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.....	57
Gambar 5.22. Perbandingan seismogram model fisis dan numerik pada kedalaman sumber 15,5 cm. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.....	58
Gambar 5.23. Perbandingan seismogram model fisis dan numerik pada sudut sumber 30°. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.	58
Gambar 5.24. Perbandingan seismogram model fisis dan numerik pada sudut sumber 45°. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.	59
Gambar 5.25. Perbandingan seismogram model fisis dan numerik pada sudut sumber 60°. (a) <i>geophone</i> 1, (b) <i>geophone</i> 2 dan (c) <i>geophone</i> 3.	59

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1.	Kecepatan gelombang-P dengan variasi kedalaman sumber	46
Tabel 5.2.	Kecepatan gelombang-P dengan variasi sudut sumber	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Hasil <i>Correlation</i> Model Fisis.....	70
Lampiran B	Hasil FFT (<i>Fast Fourier Transform</i>) Model Fisis.....	75
Lampiran C	Seismogram Model Fisis Yang Difilter <i>Band Pass</i> <i>Filter</i> 20 sampai 25 Hz	88
Lampiran D	Listing Program Model Numerik	107
Lampiran E	Hasil Perbandingan Model Fisis dengan Model Numerik.....	128
Lampiran F	Pengukuran Densitas Lumpur Bledug Kuwu	145