

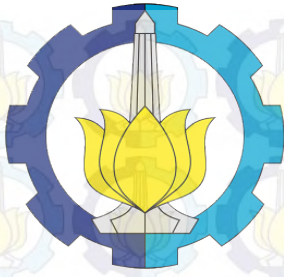
TESIS - SF142502

**PENENTUAN DAN PEMETAAN NILAI  
PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM, INDEKS  
KERENTANAN SEISMIC DAN *GROUND SHEAR  
STRAIN* DI WILAYAH KOTA JAYAPURA  
BERDASARKAN PENGUKURAN MIKROTREMOR**

Sarlina Lunga  
NRP. 1113201051

Dosen Pembimbing  
Dr.rer.nat. Eko Minarto, M.Si.

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN FISIKA BUMI  
JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016



THESIS - SF142502

**DETERMINATION AND MAPPING OF THE PEAK GROUND  
ACCELERATION, SEISMIC VULNERABILITY INDEX AND  
GROUND SHEAR STRAIN VALUES IN THE CITY OF  
JAYAPURA REGION BASED ON MICROTREMOR  
MEASUREMENT**

SarlinaLunga  
Student's ID. 1113201051

Supervisor  
Dr.rer.nat. EkoMinarto, M.Si.

MAGISTER PROGRAM  
STUDY ON GEOPHYSICS  
PHYSICS DEPARTMENT  
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016



**Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Sains (M.Si)**

**di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**oleh:**

**Sarlina Lunga  
NRP. 1113201051**

**Tanggal Ujian : 13 Januari 2016  
Periode Wisuda : Maret 2016**

**Disetujui oleh:**



**1. Dr.rer.nat Eko Minarto, M.Si.  
NIP. 19750205 199903 1 004**

**(Pembimbing)**



**2. Prof. Dr.rer.nat. Bagus Jaya Santosa, SU.  
NIP. 19620802 198701 1 001**

**(Penguji)**

**3. Dr.rer.nat. Bintoro Anang Subagyo, M.Si.  
NIP. 19790716 200501 1 002**

**(Penguji)**

**Direktur Program Pascasarjana**



**Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D  
NIP. 196012021987011001**



# PENENTUAN DAN PEMETAAN NILAI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM, INDEKS KERENTANAN SEISMIK DAN *GROUND SHEAR STRAIN* DI WILAYAH KOTA JAYAPURA BERDASARKAN PENGUKURAN MIKROTREMOR

Nama Mahasiswa : Sarlina Lunga  
NRP : 1113201051  
Pembimbing : Dr.rer.nat.Eko Minarto, M.Si.

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mikrotremor di wilayah Kota Jayapura. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dan memetakan nilai percepatan tanah maksimum, indeks kerentanan seismik dan *ground shear strain*. Pemetaan nilai-nilai ini dapat digunakan untuk menentukan wilayah dengan resiko tinggi terhadap gempa bumi. Pengukuran mikrotremor dilakukan dengan menggunakan alat Digital Portable Seismograph TDL-303S. Pengukuran dilakukan di 50 titik lokasi penelitian. Data pengukuran dianalisis dengan menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr). Analisis HVSr digunakan untuk menentukan frekuensi dominan dan amplifikasi. Perhitungan nilai percepatan tanah maksimum dilakukan dengan menggunakan persamaan empiris yang dikembangkan oleh Kanai (1966) dan Tong-Katayama (1988). Nilai percepatan tanah maksimum dihitung berdasarkan kejadian gempabumi tanggal 21 Oktober 2003 dengan magnitudo 5,3 SR dan kedalaman 10 km.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai percepatan tanah maksimum dipengaruhi oleh nilai periode dominan. Nilai *ground shear strain* dipengaruhi nilai percepatan tanah maksimum dan indeks kerentanan seismik. Interval nilai periode dominan berkisar antara 0,0792 – 1,5725 s. Nilai amplifikasi berkisar antara 0,7245 – 6,7277s. Nilai percepatan tanah maksimum berdasarkan metode Kanai (1966) memberikan interval nilai yaitu 13,1114–275,2904 gal dan metode Tong-Katayama (1988) memberikan interval nilai yaitu 9,4744– 127,6974 gal. Nilai indeks kerentanan seismik berkisar  $1,89 \times 10^{-7}$ –  $1,76 \times 10^{-5}$  s<sup>2</sup>/cm. Nilai *ground shear strain* berdasarkan metode Kanai (1966) berkisar antara  $1,86 \times 10^{-5}$  –  $9,31 \times 10^{-4}$ . Nilai *ground shear strain* berdasarkan metode Tong-Katayama (1988) berkisar antara  $5,14 \times 10^{-6}$ –  $1,204 \times 10^{-3}$ . Nilai percepatan tanah maksimum terbesar yaitu di Distrik Jayapura Selatan dan Distrik Heram sedangkan nilai indeks kerentanan dan *ground shear strain* terbesar yaitu di Distrik Abepura. Tingginya nilai percepatan tanah maksimum, indeks kerentanan dan *ground shear strain* di Distrik Jayapura Selatan, Distrik Heram dan Distrik Abepura menunjukkan bahwa wilayah-wilayah ini memiliki tingkat resiko tinggi terhadap gempa bumi.

**Kata kunci:** Mikrotremor, HVSr, percepatan tanah maksimum, indeks kerentanan seismik, *ground shear strain*.



# DETERMINATION AND MAPPING OF THE PEAK GROUND ACCELERATION, SEISMIC VULNERABILITY INDEX AND GROUND SHEAR STRAIN VALUES IN THE CITY OF JAYAPURA REGION BASED ON MICROTREMOR MEASUREMENT

Student's name : Sarlina Lunga  
Student's ID : 11132010500  
Supervisor : Dr.rer.nat. Eko Minarto, M.Si.

## ABSTRACT

The research about microtremor has been conducted in the city of Jayapura region. This research was purposed to determine and mapping the peak ground acceleration, seismic vulnerability index and ground shear strain values. The region with high hazard of earthquake was determined based on mapping of these values. Digital portable seismograph TDL-303S was used for microtremor measurement. This measurement was done in 50 points of research location. Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) method was used to analysis measurement data. HVSr analysis was used to determine dominant frequency and amplification. Empirical equation which developing by Kanai (1966) and Tong-Katayama (1988) was used to calculate peak ground acceleration value based on earthquake event on October, 21, 2003 with 5,3 SR magnitude and 10 km depth.

The result shows that peak ground acceleration value was implied by dominant period value. Ground shear strain value was implied by peak ground acceleration and seismic vulnerability index values. Dominant period interval value is ranging between 0,0792 – 1,5725 s. Amplification value is ranging between 0,07245 – 6,72779. The peak ground acceleration value by using Kanai's (1966) empirical equation is ranging among 13,1140 – 275,2904 gal and by Tong-Katayama's (1988) is ranging among 9,4744 – 127,6974 gal. Seismic vulnerability index value is ranging among  $1,89 \times 10^{-7}$  –  $1,76 \times 10^{-5} \text{ s}^2/\text{cm}$ . Ground shear strain value based on Kanai's (1966) empirical equation is ranging among  $1,86 \times 10^{-5}$  –  $9,311 \times 10^{-4}$  and based on Tong-Katayama's (1988) is ranging among  $5,14 \times 10^{-6}$  –  $1,2 \times 10^{-3}$ . The largest of peak ground acceleration are South Jayapura district and Heram district while the largest of seismic vulnerability index and ground shear strain is Abepura district. The high value of peak ground acceleration, seismic vulnerability index and ground shear strain in South Jayapura district, Heram district and Abepura district shows that these regions have a high risk of earthquakes.

Keywords: Microtremor, HVSr, Peak ground acceleration, Seismic vulnerability index, Ground shear strain.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yesus Kristus atas berkat, rahmat dan kasih karuniaNya sehingga penulisan tesis dengan judul **Penentuan Dan Pemetaan Nilai Percepatan Tanah Maksimum, Indeks Kerentanan Seismik dan *Ground Shear Strain* Di Wilayah Kota Jayapura Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor** dapat diselesaikan.

Terselesainya penulisan tesis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak berupa dukungan doa, motivasi, waktu, dana dan lain-lain, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya, kepada :

1. Bapak Dr.rer.nat. Eko Minarto, M.Siselaku dosen Wali sekaligus Pembimbing, yang telah membimbing, mengarahkan dan meluangkan waktu kepada penulis untuk berdiskusi selama menjadi dosen pembimbing dan dosen wali.
2. Bapak Prof. Dr.rer.nat. Bagus Jaya Santosa, SU dan Bapak Dr.rer.nat Bintoro Anang Subagyo, M.Si yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyempurnaan tesis.
3. Ibu Dr. Melania Suweni Muntini, M.T selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Fisika atas dukungan, nasehat, bimbingan dan motivasi selama penulis belajar dan berada di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
4. Seluruh dosen program pascasarjana Fisika khususnya dosen Fisika Bumi yang telah memberikan arahan dan bimbingan untuk mendalami ilmu Fisika Bumi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
5. Kepala Stasiun BMKG angkasapura Jayapura yang telah mengijinkan peminjaman alat seismograph portable untuk pengambilan data lapangan.
6. Staf Stasiun BMKG yang telah membantu dalam pengambilan data lapangan.
7. Bapak Steven Y.Y. Mantiri S.Si, M.Si yang telah banyak memberikan ilmu dan membantu dalam penyelesaian tesis



8. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi (DIKTI) yang telah mempercayai penulis sebagai penerima beasiswa untuk melanjutkan studi Program Magister, pada bidang Keahlian Fisika Fisika Bumi Program studi Pascasarjana Fisika, Fakultas MIPA di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
9. Bapak Rektor Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya yang telah memberikan kesempatan kepada penulis menempuh studi S-2 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.
10. Rektor Universitas Papua, yang telah mengizinkan penulis meninggalkan tugas dan tanggung jawab untuk melanjutkan studi magister di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
11. Ayahanda Alm. Lapu Lunga dan Ibunda Riana S. Pirade, saudara-saudaraku kak Rimba, kak Nelly dan adik Ijan, keponakan-keponakanku Arlan, Marvel, Acha dan Enji atas segala dukungan, kasih sayang, motivasi dan doa yang diberikan kepada penulis dengan tidak henti-hentinya.
12. Kekasihku Andrean H. Wospakrik atas segala dukungan, kasih sayang, motivasi, perhatian dan doa-doanya.
13. Rekan-rekan mahasiswa pra S2 Fisika angkatan 2012, rekan-rekan mahasiswa program pascasarjana Fisika angkatan 2013 dan teman-teman anak rantau.
14. Kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis mengharapkan masukan yang bersifat membangun agar tesis ini lebih sempurna serta sebagai masukan untuk penelitian dan penulisan karya ilmiah di masa yang akan datang. Akhir kata, penulis berharap tesis ini memberikan manfaat pembaca terutama untuk pengembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, 25 Januari 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Sistematika Penulisan.....	6
<b>BAB 2 KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1 Letak, Luas dan Batas Kota Jayapura.....	7
2.2 Kondisi Tektonik Papua dan Jayapura.....	8
2.3 Gempa Bumi.....	9
2.4 Penyebab Gempa Bumi.....	11
2.4.1 Teori Tektonik Lempeng.....	11
2.4.2 Teori Patahan.....	14
2.5 Ukuran Gempa Bumi.....	16
2.5.1 Magnitudo Gempa Bumi.....	16
2.5.2 Intensitas Gempa Bumi.....	18
2.6 Efek Gempa Bumi.....	21
2.7 Gelombang Seismik.....	24
2.7.1 Gelombang Badan ( <i>Body Wave</i> ).....	24



2.7.2	Gelombang Permukaan ( <i>Surface Wave</i> ) .....	26
2.8	Pusat Gempa Bumi .....	28
2.9	Percepatan Tanah Maksimum ( <i>Peak Ground Acceleration</i> ) .....	29
2.10	Hubungan Indeks Kerentanan Seismik ( $K_g$ ) dan <i>Ground Shear Strain</i> ( $\gamma$ ) .....	30
2.11	Mikrotremor .....	34
2.12	Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) .....	35
2.13	Transformasi Fourier .....	37
2.14	Penghalusan ( <i>Smoothing</i> ) Data .....	37
2.15	Periode Dominan Tanah .....	38
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>		
3.1	Area Penelitian .....	39
3.2	Alat .....	39
3.3	Tahapan Penelitian .....	40
3.3.1	Pengumpulan dan Pengambilan Data .....	40
3.3.2	Pengolahan Data .....	41
3.3.3	Perhitungan Nilai Percepatan Tanah Maksimum ( $\alpha_g$ ), Indeks Kerentanan Seismik ( $K_g$ ) dan <i>Ground Shear Strain</i> ( $\gamma$ ) .....	43
3.3.4	Pembuatan Peta Nilai Percepatan Tanah Maksimum ( $\alpha_g$ ), Indeks Kerentanan Seismik ( $K_g$ ) dan <i>Ground Shear Strain</i> ( $\gamma$ ) .....	44
3.3.5	Analisis Tingkat Kerawanan Gempa Bumi .....	44
3.4	Diagram Alir Penelitian .....	45
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Spektrum HVSr .....	47
4.2	Frekuensi dan Amplifikasi .....	48
4.2.1	Frekuensi Dominan .....	49
4.2.2	Amplifikasi .....	50
4.3	Nilai Periode, Percepatan Tanah Maksimum, Ketebalan Lapisan Sedimen, Indeks Kerentanan Seismik dan <i>Ground Shear Strain</i> .....	51
4.3.1	Periode Dominan .....	53
4.3.2	Percepatan Tanah Maksimum .....	54
4.3.3	Ketebalan Lapisan Sedimen .....	57



4.3.4 Indeks Kerentanan Seismik.....	58
4.3.5 <i>Ground Shear Strain</i> .....	59
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran .....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	63
<b>LAMPIRAN</b> .....	69
<b>BIOGRAFI PENULIS</b> .....	123



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta wilayah Kota Jayapura.....	7
Gambar 2.2	Interaksi antara lempeng Hindia-Australia dan lempeng Pasifik	9
Gambar 2.3	Struktur dalam bumi .....	11
Gambar 2.4	Sketsa jenis pertemuan lempeng tektonik .....	12
Gambar 2.5	Jenis-jenis patahan.....	15
Gambar 2.6	Komponen-komponen dasar perkiraan kerugian akibat gempa bumi	22
Gambar 2.7	Efek-efek gempa bumi secara langsung dan tidak langsung....	23
Gambar 2.8	Contoh rekaman gelombang seismik pada Seismograf.....	24
Gambar 2.9	Gelombang primer.....	25
Gambar 2.10	Gelombang sekunder .....	26
Gambar 2.11	Gelombang Rayleigh.....	27
Gambar 2.12	Gelombang Love .....	27
Gambar 2.13	Ilustrasi deformasi pada lapisan tanah permukaan.....	31
Gambar 3.1	Peta area penelitian.....	39
Gambar 3.2	Perangkat alat mikrotremor .....	40
Gambar 3.3	Diagram alir pengolahan data mikrotremor dengan metode HVSR	42
Gambar 3.4	Diagram alir penelitian .....	45
Gambar 4.1	Spektrum H/V pada titik pengukuran JPR 1 dan JPR 2 .....	47
Gambar 4.2	Peta sebaran nilai frekuensi wilayah Kota Jayapura .....	50
Gambar 4.3	Peta sebaran nilai amplifikasi wilayah Kota Jayapura .....	51
Gambar 4.4	Peta Sebaran nilai periode dominan wilayah Kota Jayapura....	54
Gambar 4.5	Peta percepatan tanah maksimum berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan Kanai (1966) wilayah Kota Jayapura	55
Gambar 4.6	Peta percepatan tanah maksimum berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan Tong-Katayama (1966)wilayah Kota Jayapura.....	56
Gambar 4.7	Peta sebaran nilai ketebalan lapisan sedimen wilayah Kota Jayapura	



.....	57	
Gambar 4.8	Peta sebaran nilai indeks kerentanan seismik wilayah Kota Jayapura.....	58
Gambar 4.9	Peta sebaran nilai <i>ground shear strain</i> berdasarkan percepatan Kanai (1966) wilayah Kota Jayapura .....	59
Gambar 4.10	Peta sebaran nilai <i>ground shear strain</i> berdasarkan percepatan Tong-Katayama (1988) wilayah Kota Jayapura.....	60



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Skala Modified Mercalli Intensity (MMI) .....	20
Tabel 2.2	Perbandingan skala MMI dengan skala intensitas gempa bumi lain .....	21
Tabel 2.3	Hubungan nilai <i>ground shear strain</i> dengan sifat dinamik tanah .....	31
Tabel 4.1	Nilai frekuensi dan amplifikasi pada 50 titik pengukuran .....	48
Tabel 4.2	Nilai periode dominan, nilai percepatan tanah maksimum, ketebalan lapisan sedimen, indeks kerentanan seismik, dan <i>ground shear strain</i> .....	52



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Spektrum H/V .....	69
Lampiran 2	Gambar Spektrum 3 (tiga) Komponen .....	77
Lampiran 3	PetaGeologi.....	94
Lampiran 4	Data GempaBumi 50 Tahun( 1964 – 2014) .....	96



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Bencana alam gempa bumi merupakan fenomena alam yang tidak dapat diprediksi secara tepat kejadiannya serta menimbulkan banyak kerugian. Menurut BNPB (2013) bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam. Gempa bumi sering terjadi di Indonesia, hal ini disebabkan karena secara geologis Indonesia terletak pada batas pertemuan tiga lempeng tektonik besar yang sangat aktif yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik dan lempeng Hindia-Australia serta satu lempeng mikro yaitu lempeng Philipina (Setyonegoro *et al.*, 2012). Lempeng-lempeng ini saling bertumbukan antara satu dengan yang lainnya. Tumbukan lempeng Eurasia dan lempeng Hindia-Australia mempengaruhi Indonesia bagian barat, sedangkan pada Indonesia bagian timur, dua lempeng tektonik ini ditumbuk oleh lempeng Pasifik dari arah utara relatif ke barat. Kondisi ini berimplikasi banyak terhadap kehidupan yang berlangsung di atasnya hingga saat ini (Mantiri, 2010).

Bahaya gempa bumi tidak dapat dihindari, namun dampak yang ditimbulkan akibat gempa bumi dapat dikurangi atau dimitigasi (Natawidjaya, 2005). Guncangan dan getaran akibat gempa bumi besarnya beragam, mulai dari yang sangat kecil sehingga sulit dirasakan sampai ke guncangan yang sangat besar sehingga mampu meruntuhkan bangunan yang kokoh (Edwiza dan Novita, 2008). Gempa bumi merupakan peristiwa alam yang secara fisik merupakan gerak atau getaran kulit bumi yang disebabkan oleh gaya endogen atau kekuatan dari dalam bumi (Dobrin and Savid, 1988). Gempa bumi tektonik terjadi karena pergeseran letak lapisan kulit bumi (Dowrick and David, 1987). Secara garis besar intensitas atau tingkat kerusakan yang terjadi akibat bencana gempa bumi berbeda-beda, tidak hanya dari satu tempat ke tempat yang lain, tetapi juga di tempat yang sama, besarkecilnya intensitas dari gempa bumi diukur berdasarkan efeknya pada manusia, kerusakan terhadap bangunan



dan struktur lainnya, dan kondisi geologi dan geoteknik lokasi bangunan serta percepatan tanah daerah lokasi terjadinya gempa bumi (Emmons *et al.*, 1955).

Mikrotremor adalah getaran tanah yang sangat kecil dan terus menerus yang bersumber dari berbagaimacam getaran seperti lalu lintas, angin, aktivitas manusia dan lain-lain (Kanai, 1983). Mikrotremor dapat juga diartikan sebagai getaran harmonik alamiah tanah yang terjadi secara terus menerus, terjebak dilapisan sedimen permukaan, dipantulkan oleh adanya bidang lapisan dengan frekuensi yang tetap, disebabkan oleh getaran mikro dibawah permukaan tanah dan kegiatan alam lainnya. Dengan mikrotremor dapat diketahui karakteristik lapisan tanah berdasarkan parameter periode dominan tanah dan faktor penguatan gelombang atau amplifikasi (Arifin *et al.*, 2013).

Usaha memprediksi kapan, dimana dan berapa kekuatan gempa bumi secara tepat sampai saat ini belum berhasil. Di wilayah yang rawan gempa bumi, bangunan dengan konstruksi dan bahan yang tidak sesuai tidaklah mampu menahan getaran tanah bila terjadi gempa bumi. Maka usaha yang paling baik dalam mengantisipasi bencana gempa bumi yaitu dengan melakukan mitigasi bencana gempa bumi (Hadi *et al.*, 2012). Salah satu upaya mitigasi yang dapat dilakukan adalah pembuatan peta yang menggambarkan tingkat kerawanan ataupun resiko suatu wilayah terhadap bencana gempa bumi. Peta tersebut disusun berdasarkan data gempa bumi atau data seismisitas selama beberapa puluh tahun, bahkan ratusan tahun. Data tersebut diolah melalui beberapa tahap sehingga diperoleh nilai percepatan tanah maksimum ( $\alpha_g$ ), indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) dan *ground shear strain* ( $\gamma$ ). Berdasarkan nilai-nilai ini, maka dapat dihitung dan dipetakan sebaran tingkat resiko bencana gempa bumi tektonik disuatu kawasan tertentu (Kirbani dan Widigda, 2006). Percepatan tanah (*ground acceleration*) merupakan nilai percepatan tanah akibat bencana gempa bumi. Nilai percepatan tanah sering digunakan untuk menggambarkan tingkat resiko suatu kawasan terhadap gempa bumi yang terjadi. Percepatan tanah maksimum di permukaan tanah merupakan salah satu parameter penting karena menggambarkan kekuatan getaran gempa yang pernah terjadi. Penelitian mengenai percepatan tanah maksimum telah dilakukan dengan berbagai metode diantaranya metode



Esteva (1970), Mc.Guirre (1977), Denovon (1973) dan lain-lain. Dimana metode-metode ini hanya berdasarkan data-data parameter gempa bumi. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode Kanai (1966) dan Tong-Katayama (1988), dimana selain menggunakan data-data parameter gempa bumi tetapi juga melibatkan periode dominantanah. Nilai periode dominan tanah diperoleh dengan mengamati getaran mikrotremor. Selain nilai percepatan tanah maksimum, tingkat kerusakan akibat gempa bumi juga ditentukan oleh nilai kerentanan seismik (Refrizon *et al.*, 2013). Nilai kerentanan seismik ditentukan oleh nilai indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) yang menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadi gempa bumi. Indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) berkaitan dengan kondisi geomorfologi suatu wilayah (Hadi *et al.*, 2012). Dengan mengetahui nilai percepatan tanah maksimum ( $\alpha_g$ ) dan indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) maka dapat ditentukan nilai *ground shear strain* ( $\gamma$ ) yang dihasilkan oleh gempa bumi. *Ground shear strain* ( $\gamma$ ) merupakan kemampuan suatu material lapisan untuk bergeser saat terjadi gempa bumi, wilayah yang memiliki nilai *ground shear strain* ( $\gamma$ ) yang besar memiliki resiko tinggi terhadap gerakan tanah akibat seperti penurunan tanah.

Jayapura merupakan salah satu kota di Provinsi Papua yang terletak di daerah paling timur wilayah Indonesia dengan batas-batas koordinat yaitu  $1^{\circ}28'17,26''\text{LS}$  -  $3^{\circ}58'0,82''\text{LS}$  dan  $137^{\circ}34'10,6''\text{BT}$  -  $141^{\circ}0,8'22''\text{BT}$ . Wilayah Kota Jayapura sering mengalami bencana gempa bumi, hal ini disebabkan karena struktur tatanan tektoniknya seirama dengan struktur tatanan tektonik wilayah Papua secara keseluruhan. Wilayah Papua terletak pada pertemuan tiga lempeng kerak bumi yaitu lempeng Pasifik (lempeng Caroline) yang bergerak dari utara relatif ke arah barat menyusup di bawah lempeng Hindia-Australia, dimana lempeng Hindia-Australia menyusup dibawah lempeng Eurasia di sebelah barat Papua (Puntudewo *et al.*, 1994). Interaksi antara lempeng Pasifik (Caroline) dan lempeng Hindia-Australia menyebabkan terjadinya palung New Guinea, sedangkan interaksi antara lempeng Hindia-Australia dan lempeng Eurasia membentuk busur Banda serta menyebabkan terjadinya palung Aru dan palung



Seram. Kecepatan gerak lempeng Pasifik relatif terhadap lempeng Hindia-Australia disekitar pulau Papua diperkirakan 110 mm/tahun (Mantiri, 2010). Kondisi tatanan tektonik ini menyebabkan di wilayah Jayapura terdapat patahan Sentani-Jayapura yang memanjang dari barat-laut ke tenggara melalui tengah Danau Sentani dan juga patahan kecil yaitu patahan Sowe Armo yang melintang dari arah utara-selatan dan bermuara di patahan Sentani-Jayapura. Kondisi-kondisi inilah yang menyebabkan Jayapura yang termasuk wilayah Papua sering diguncang oleh gempa bumi. Berdasarkan nilai parameter Guttenber-Richter (1954), pulau Papua termasuk kategori daerah dengan tingkat kegempaan yang cukup tinggi (Bunga dan Mantiri, 2007).

Pemerintah Kota Jayapura terus melakukan pembangunan disegalabidang. Pembangunan infrastruktur serta sarana dan prasarana di wilayah ini perlumemperhatikan tingkat kerawanan terhadap gempa bumi karena wilayah ini termasuk rawan gempa bumi. Dengan mengetahui nilai percepatan tanah maksimum ( $\alpha_g$ ), indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) dan *ground shear strain* ( $\gamma$ ) di wilayah Kota Jayapura, maka akan sangat membantu bagi pemerintah Kota Jayapura dalam hal pembangunan infrastruktur serta sarana dan prasarana. Oleh karena itu, sangat dibutuhkan pengukuran dan perhitungan ketiga parameter ini agar bisa menjadiacuan perkiraan kekuatan struktur bangunan dan infrastruktur lainnya untuk tetap kokoh dan tahan terhadap guncang gempa bumi dalam jangka waktu tertentu.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka rumusan masalah yang akan dikaji pada penelitian ini yaitu:

1. Berapa nilai percepatan tanah maksimum ( $\alpha_g$ ) di wilayah Kota Jayapura.
2. Berapa nilai indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) di wilayah Kota Jayapura.
3. Berapa nilai *ground shear strain* ( $\gamma$ ) di wilayah Kota Jayapura.



4. Bagaimana pola distribusi nilai percepatan tanah maksimum ( $\alpha_g$ ), indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) dan *ground shear strain* ( $\gamma$ ) di wilayah Kota Jayapura.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Menentukan nilai percepatan tanah maksimum ( $\alpha_g$ ) di wilayah Kota Jayapura.
2. Menentukan nilai indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) di wilayah Kota Jayapura.
3. Menentukan nilai *ground shear strain* ( $\gamma$ ) di wilayah Kota Jayapura.
4. Memetakan distribusi nilai percepatan tanah maksimum ( $\alpha_g$ ), indeks kerentanan ( $K_g$ ) dan *ground shear strain* ( $\gamma$ ) di wilayah Kota Jayapura.

### 1.4 Batasan Masalah

Terdapat beberapa metode dalam menentukan nilai percepatan getaran tanah maksimum ( $\alpha_g$ ) tetapi dalam penelitian ini metode yang digunakan untuk menentukan nilai percepatan tanah maksimum ( $\alpha_g$ ) yaitu metode Kanai (1966) dan Tong-Katayama (1988). Daerah penelitian ini dibatasi hanya di wilayah Kota Jayapura yang meliputi 5 (lima) distrik yaitu Distrik Jayapura Utara, Distrik Jayapura Selatan, Distrik Abepura, Distrik Heram dan Distrik Muara Tami. Data gempa bumi yang digunakan untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum ( $\alpha_g$ ) yaitu data gempa bumi yang besar yang mampu memberikan guncangan yang signifikan. Kejadian gempa bumi terbesar yang dipilih untuk perhitungan nilai percepatan tanah maksimum berada pada interval 50 tahun yaitu tahun 1964 – 2014 dengan kedalaman kurang dari 60 km dan magnitudo lebih dari 5,0 SR.

### 1.5 Sistematika Penulisan



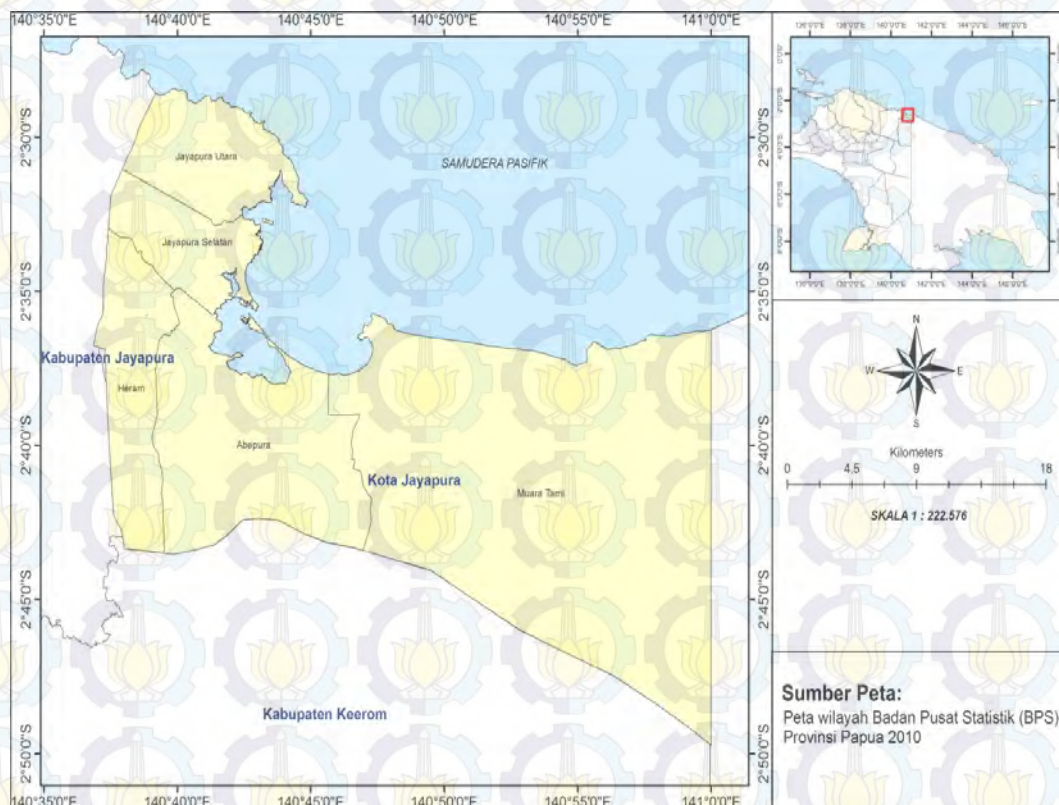
Sistematika penulisan pada penelitian ini antara lain terdiri dari Bab 1. Pendahuluan yang berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan. Bab 2. Tinjauan Pustaka yang berisi kajian literatur yang digunakan sebagai bahan acuan pada penelitian. Bab 3. Metodologi Penelitian yang berisi area penelitian, alat penelitian, tahapan penelitiandan diagram alir penelitian. Bab 4. Hasil dan Pembahasan. Bab 5. Kesimpulan dan Saran.



## BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Letak, Batas dan Luas Kota Jayapura

Kota Jayapura adalah ibu kota Provinsi Papua yang terletak paling timur Indonesia. Kota ini terletak di teluk Jayapura. Batas-batas wilayah Kota Jayapura yaitu di sebelah timur Kota Jayapura berbatasan dengan Papua Nugini, di sebelah utara dibatasi oleh samudera Pasifik, di sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Jayapura dan di sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Keerom. Luas Kota Jayapura adalah 940 km<sup>2</sup> atau 940.000 ha, terdiri dari 5 distrik, terbagi habis menjadi 25 kelurahan dan 14 kampung. Sedangkan untuk letak astronomis, Kota Jayapura terletak pada 1°28'17,26" LS - 3°58'0,82" LS dan 137°34'10,6"BT - 141°0'8,22"BT.



Gambar 2.1 Peta wilayah Kota Jayapura



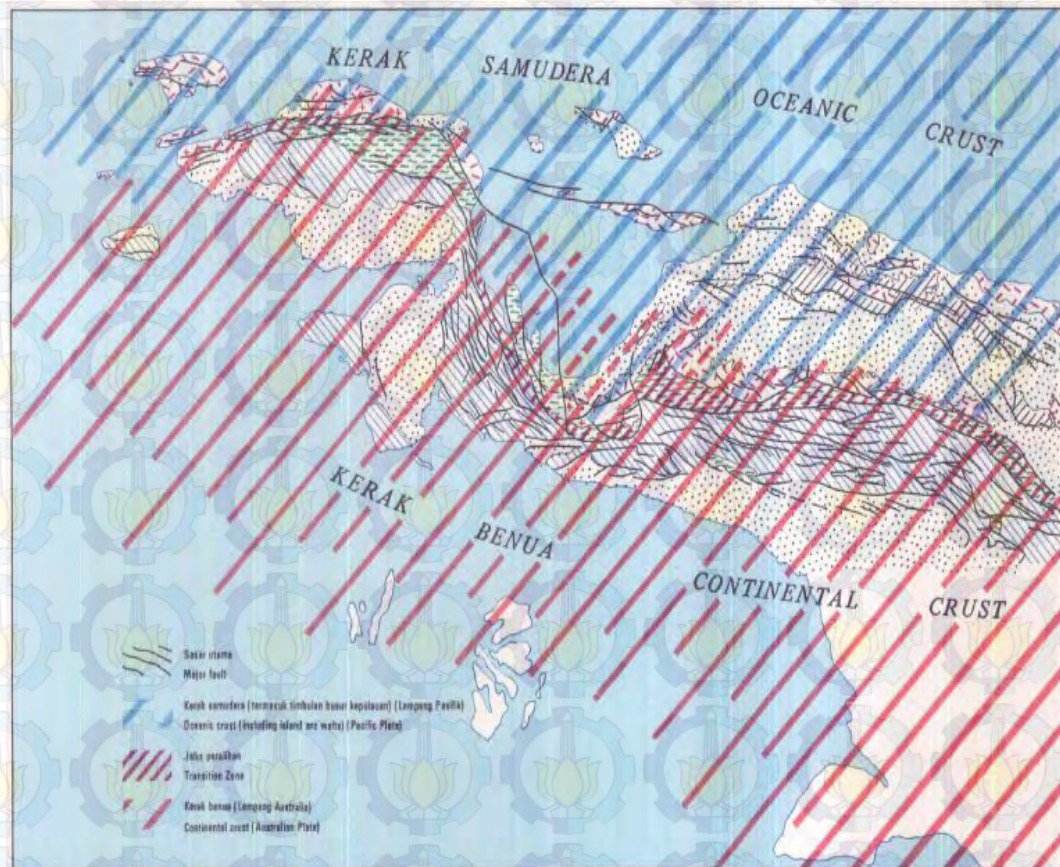
## 2.2 Kondisi Tektonik Papua dan Jayapura

Ciri yang mendominasi perkembangan geologi pulau Papua dibagi menjadi dua bagian peristiwa yaitu sejarah tektonik dari batuan yang stabil antara kraton Australia dan lempeng Pasifik serta tektonisme yang hebat secara berkala pada zona deformasi (Dow *et al.*, 1988). Dua bagian kerak utama yang terlibat dalam sejarah tektonik di pulau Papua yaitu kerak benua (lempeng Hindia-Australia) dan keraksamudera (lempeng Pasifik), dengan interaksi antara kedua lempeng ini ditunjukkan pada Gambar 2.2.

Secara umum struktur tatanan tektonik Jayapura seirama dengan struktur tatanan tektonik wilayah Papua secara keseluruhan. Papua terletak di daerah paling timur wilayah Indonesia. Struktur tatanan lempeng tektonik pulau Papua yaitu terletak pada daerah pertemuan 3 lempeng kerak bumi yaitu lempeng Pasifik (lempeng Caroline) yang bergerak dari utara relatif ke arah barat menyusup di bawah lempeng Hindia-Australia, dimana lempeng Hindia-Australia bergerak relatif ke arah utara dan lempeng Hindia-Australia menyusup di bawah lempeng Eurasia disebelah barat pulau Papua. Interaksi antara lempeng Pasifik (Caroline) dan lempeng Hindia-Australia menyebabkan terjadinya palung New Guinea, sedangkan interaksi antara lempeng Hindia-Australia dan lempeng Eurasia membentuk busur Banda serta menyebabkan terjadinya palung Aru dan palung Seram. Kecepatan gerak lempeng Pasifik relatif terhadap lempeng Hindia-Australia disekitar pulau Papua diperkirakan 110 mm/tahun pada azimut  $248^{\circ}$ . Lempeng Caroline terpisah dari lempeng Pasifik dan memiliki kecepatan 10 – 20 mm/tahun dengan azimut  $10^{\circ}$  lebih ke selatan dibandingkan lempeng Pasifik terhadap lempeng Australia (Puntodewo *et al.*, 1994 dan DeMets *et al.*, 1990). Kecepatan gerak lempeng Hindia-Australia terhadap lempeng Pasifik-Caroline di sekitar Papua dan Papua New Guinea diperkirakan 106 mm/tahun (California Institute of Technology, 2009). Kecepatan gerak lempeng Hindia-Australia terhadap lempeng Eurasia di sekitar Sumatera diperkirakan 60 mm/tahun dan di sekitar Jawa sampai Nusa Tenggara diperkirakan 73 mm/tahun (DeMets *et al.*, 2010). Kecepatan gerakan lempeng Hindia-Australia terhadap lempeng Eurasia di sekitar busur Banda mencapai 70 mm/tahun (Spakman and Hall, 2010). Akibat



kondisi ini, Papua mengalami gaya pemampatan berarah Barat Daya-Timur Laut yang menyebabkan di wilayah ini terjadi banyak patahan, lipatan, dan pegunungan. Kondisi-kondisi ini berdampak terhadap seismisitas dan menyebabkan Papua banyak diguncang gempa bumi.



Gambar 2.2 Interaksi antara lempeng Hindia-Australia dan lempeng Pasifik (Dow *et al.*, 1986)

### 2.3 Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan peristiwa alam yang sangat dahsyat. Menurut kamus besar Bahasa Indonesia (2008) gempa bumi adalah gerakan (guncangan) bumi yang keras. Sedangkan menurut BMKG (2013), gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan



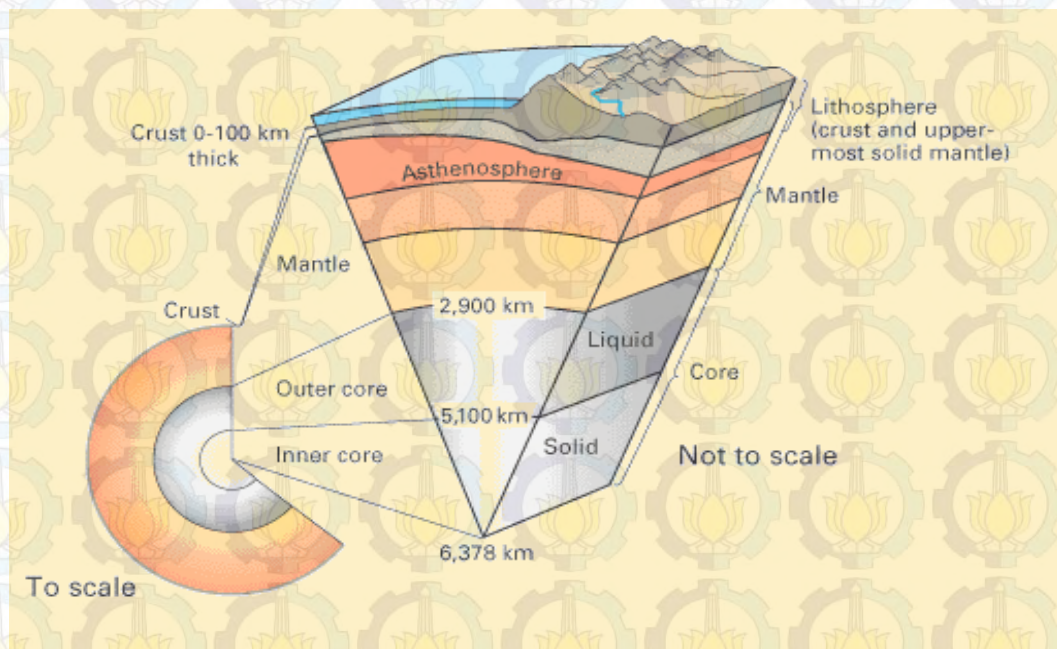
bumi. Gempa bumi diukur dengan menggunakan alat Seismometer. Ada beberapa penyebab terjadinya gempa bumi salah satunya adalah akibat pergerakan lempeng tektonik atau yang disebut dengan gempa bumi tektonik. Gempa bumi tektonik perlu mendapatkan kajian lebih mendalam karena pengaruh kerusakan yang ditimbulkan cukup besar, kerusakan yang ditimbulkannya tidak hanya menghancurkan harta benda, tetapi juga dapat merenggut jiwa manusia. Hal yang perlu dikajian meliputi besarnya frekuensi, besarnya energi yang dibebaskan serta luas pengaruhnya pada pergerakan lempeng tektonik yang biasanya sering terjadi pada zona subduksi dan patahan. Parameter gempa bumi antara lain waktu terjadinya gempa bumi (*origin time*) adalah waktu terjadinya gempa bumi biasanya disebabkan lempeng tektonik bumi mengalami tekanan atau gesekan, lokasi pusat gempa bumi (*episenter*) adalah pusat gempa dipermukaan bumi biasanya dinyatakan dalam lintang dan bujur, kedalaman pusat gempa bumi (*depth*) atau yang biasa disebut hiposenter adalah pusat gempa bumi yang terdapat di dalam bumi biasanya dinyatakan dalam kilometer dari permukaan bumi, kekuatan gempa bumi (*magnitudo*) besaran yang menunjukkan kekuatan gempa dalam satuan Skala Richter dan intensitas. Intensitas gempa bumi dapat dihitung berdasarkan pengamatan langsung terhadap kerusakan yang timbul akibat gempa bumi. Kedalaman gempa bumi sangat berpengaruh terhadap kerusakan yang terjadi dipermukaan bumi. Berdasarkan kedalaman, gempa bumi dibagi menjadi gempa bumi dalam, gempa bumi menengah dan gempa bumi dangkal. Gempa bumi dalam yaitu gempa bumi yang hiposentrumnya berada lebih dari 300 km di bawah permukaan bumi (di dalam kerak bumi), gempa bumi dalam pada umumnya tidak terlalu berbahaya. Gempa bumi menengah adalah gempa bumi yang hiposentrumnya berada antara 60 km sampai 300 km di bawah permukaan bumi, gempa bumi menengah pada umumnya menimbulkan kerusakan ringan dan getarannya lebih terasa. Gempa bumi dangkal adalah gempa bumi yang hiposentrumnya berada kurang dari 60 km dari permukaan bumi, gempa bumi ini biasanya menimbulkan kerusakan yang besar.



## 2.4 Penyebab Gempa Bumi

### 2.4.1 Teori Tektonik Lempeng

Secara umum bumi terdiri dari beberapa lapisan antara lain inti bumi dalam, inti bumi luar, mantel bumi dan kerak bumi. Inti bumi bagian dalam mempunyai suhu sangat tinggi yang merupakan daerah padat, inti bumi bagian luar merupakan daerah cair, daerah mantel bumi umumnya lebih padat dari inti luar tetapi pada bagian yang berdekatan dengan kerak bumi bersifat plastis sehingga mengarah ke daerah cair dan kerak bumi atau biasa dikenal dengan istilah litosfer yang terdiri dari kerak benua dan kerak samudera (Febriani, 2013)



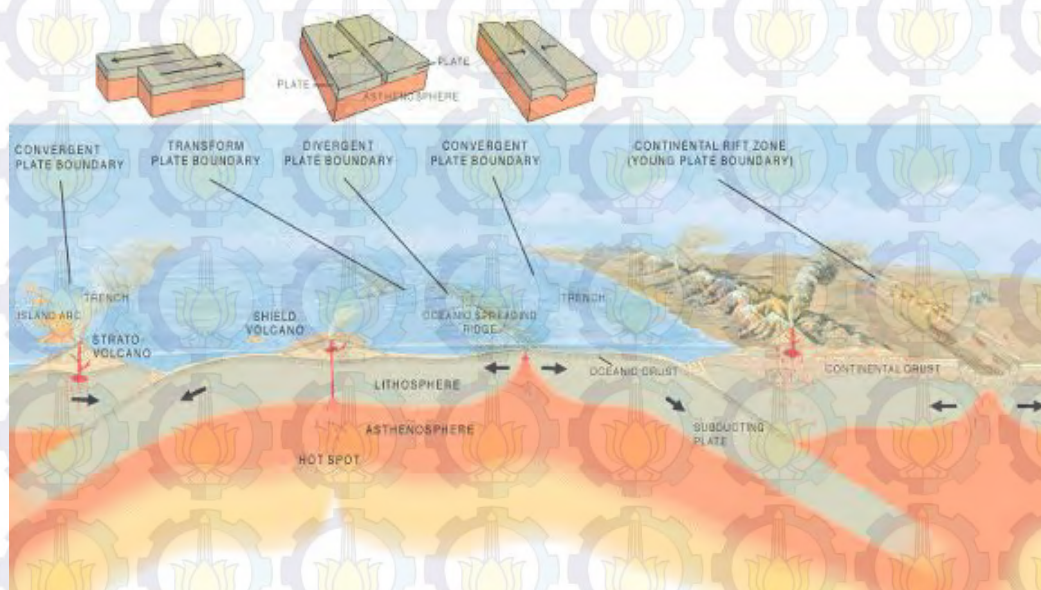
Gambar 2.3 Struktur dalam bumi (USGS, 2009)

Teori tektonik lempeng adalah teori dalam bidang geologi yang dikembangkan untuk memberikan penjelasan terhadap adanya bukti-bukti pergerakan litosfer dalam skala besar. Teori ini mencakup teori pengapungan benua dan konsep pemekaran lantai samudera. Teori lempeng tektonik dikemukakan oleh ahli geofisika Inggris, Mc Kenzie dan Robert Parker pada tahun 1967. Kedua ahli itu menjadikan teori-teori sebelumnya sebagai satu kesatuan konsep yang lebih sempurna sehingga diterima oleh para ahli geologi. Teori lempeng tektonik diyakini oleh banyak ahli sebagai teori yang menerangkan



proses dinamika bumi, antara lain gempa bumi dan pembentukan jalur pegunungan.

Menurut teori ini, kulit bumi (kerak bumi) yang disebut litosfer terdiri dari lempengan padat yang mengambang di atas lapisan yang bersifat cair dan panas yaitu astenosfer. Ada dua jenis kerak bumi, yaitu kerak samudera dan kerak benua. Ketebalan kerak benua sekitar 100 km di daratan yang tersusun atas batuan yang bersifat asam, sedangkan kerak samudera ketebalannya sekitar 50 km di bawah samudera yang tersusun atas batuan yang bersifat basa. Kerak bumi menutupi seluruh permukaan bumi. Namun, akibat adanya aliran panas yang mengalir di astenosfer menyebabkan litosfer terpecah-pecah dalam beberapalempeng yang saling bergerak relatif satu terhadap yang lainnya dengan arah dan kecepatan yang berbeda-beda. Bagian-bagian itulah yang disebut lempeng kerak bumi (lempeng tektonik). Pergerakan tersebut disebabkan oleh adanya arus konveksi yang terjadi di dalam bumi dan berhubungan dengan pemekaran lautan samudera (Ibrahim dan Subardjo, 2003).



Gambar 2.4 Sketsa jenis pertemuan lempeng tektonik (Kious and Tilling, 2008)

Lempeng kerak bumi dibagi menjadi dua kelompok, yaitu lempeng mayor (lempeng besar) terdiri dari lempeng Eurasia, lempeng Amerika Utara, lempeng Amerika Selatan, lempeng Afrika, lempeng Hindia-Australia dan lempeng Pasifik. Sedangkan lempeng minor (lempeng kecil) yaitu lempeng Filipina, lempeng Juan



de Fuka, lempeng Karibia, lempeng Kokos, lempeng Nazca, lempeng Skotia dan lempeng Arabia. Apabila 2 buah lempeng berinteraksi, maka pada daerah batas antara dua lempeng akan terjadi tegangan, regangan ataupun gesekan. Interaksi tersebut berupa saling menumbuk, saling menjauh, saling bergerak relatif satu terhadap yang lainnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4. Apabila tegangan tersebut telah sedemikian besar sehingga melampaui kekuatan kulit bumi, maka akan terjadi patahan pada kulit bumi tersebut pada bagian terlemah. Kulit bumi yang patah tersebut akan melepaskan energi sebagian atau seluruhnya untuk kembali ke keadaan yang seimbang. Jadi gempa bumi tidak lain merupakan manifestasi dari getaran lapisan batuan yang patah yang energinya menjalar melalui dalam dan permukaan bumi berupa gelombang seismik (Ibrahim dan Subardjo, 2003).

Pergerakan lempeng tektonik dibedakan menjadi tiga macam, yaitu pergerakan lempeng yang saling mendekat, saling menjauh, dan saling melewati.

a. Pergerakan lempeng saling mendekat

Pergerakan lempeng yang saling mendekat dapat menyebabkan terjadinya tumbukan yang salah satu lempengnya akan menunjam ke bawah tepi lempeng yang lain. Daerah penunjaman tersebut membentuk palung yang dalam dan merupakan jalur gempa bumi yang kuat. Sementara itu di belakang jalur penunjaman akan terjadi aktivitas vulkanisme dan terbentuknya cekungan pengendapan. Contoh pergerakan lempeng ini di Indonesia adalah pertemuan lempeng Hindia-Australia dan lempeng Eurasia. Pertemuan kedua lempeng tersebut menghasilkan jalur penunjaman di selatan pulau Jawa, jalur gunung api di Sumatera, Jawa dan Nusa Tenggara serta berbagai cekungan di Sumatera dan Jawa. Batas antarlempeng yang saling mendekat hingga mengakibatkan tumbukan dan salah satu lempengnya menunjam ke bawah lempeng yang lain (*subduct*) disebut batas konvergen atau batas lempeng destruktif.

b. Pergerakan lempeng saling menjauh

Pergerakan lempeng yang saling menjauh akan menyebabkan penipisan dan peregangan kerak bumi hingga terjadi aktivitas keluarnya material baru yang membentuk jalur vulkanisme. Meskipun saling menjauh, kedua lempeng ini tidak terpisah karena di belakang masing-masing lempeng terbentuk kerak



lempeng yang baru dan proses ini berlangsung secara kontinu. Contoh hasil dari pergerakan lempeng ini adalah terbentuknya gunung api di punggung tengah samudera di samudera Pasifik dan benua Afrika. Batas antarlempeng yang saling menjauh hingga mengakibatkan terjadinya perluasan punggung samudera disebut batas divergen atau batas lempeng konstruktif.

c. Pergerakan lempeng saling melewati

Pergerakan lempeng yang saling melewati terjadi karena gerak lempeng sejajar dengan arah yang berlawanan sepanjang perbatasan antarlempeng. Pada pergerakan ini kedua perbatasan lempeng hanya bergesekan. Oleh karena itu, tidak terjadi penambahan atau pengurangan luas permukaan. Namun, gesekan antarlempeng ini kadang-kadang dengan kekuatan dan tegangan yang besar sehingga dapat menimbulkan gempa yang besar. Contoh hasil dari pergerakan lempeng ini adalah patahan San Andreas di California. Patahan tersebut terbentuk karena lempeng Amerika utara bergerak ke arah selatan, sedangkan lempeng Pasifik bergerak ke arah utara. Batas antarlempeng yang saling melewati dengan gerakan yang sejajar disebut batas menggingting (*shear boundaries*).

#### 2.4.2 Teori Patahan

Teori yang menjelaskan mekanisme terjadinya gempa bumi akibat penyusutan adalah teori bingkis elastik atau *elastic rebound theory*. Pada dasarnya teori bingkis elastik menyatakan bahwa gempa bumi terjadi akibat proses penyusutan di dalam kerak bumi akibat pelepasan mendadak dari *strain elastik* yang melampaui kekuatan batuan.

Jika stress dikenakan pada suatu batuan, maka batuan tersebut akan mengalami deformasi (perubahan bentuk) sesuai dengan sifat fisis batuan tersebut. Tegangan (*stress*) adalah suatu ukuran intensitas pembebanan yang dinyatakan oleh gaya dan dibagi luas di tempat gaya tersebut bekerja. Deformasi yang terjadi dapat berupa patahan, retakan, geseran dan sebagainya. Dalam bidang seismotektonik dikenal istilah sesar (*fault*) yang merupakan rekahan akibat pertemuan blok lapisan kerak bumi yang bergerak relatif terhadap arah rekahan, sedangkan bidang sesar didefinisikan sebagai permukaan yang menjadi tempat terjadinya gempa bumi (USGS, 1999).



Menurut Ibrahim dan Subardjo(2003)membagi patahan ke dalam beberapa jenis.Patahan-patahan tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.5 yaitu:

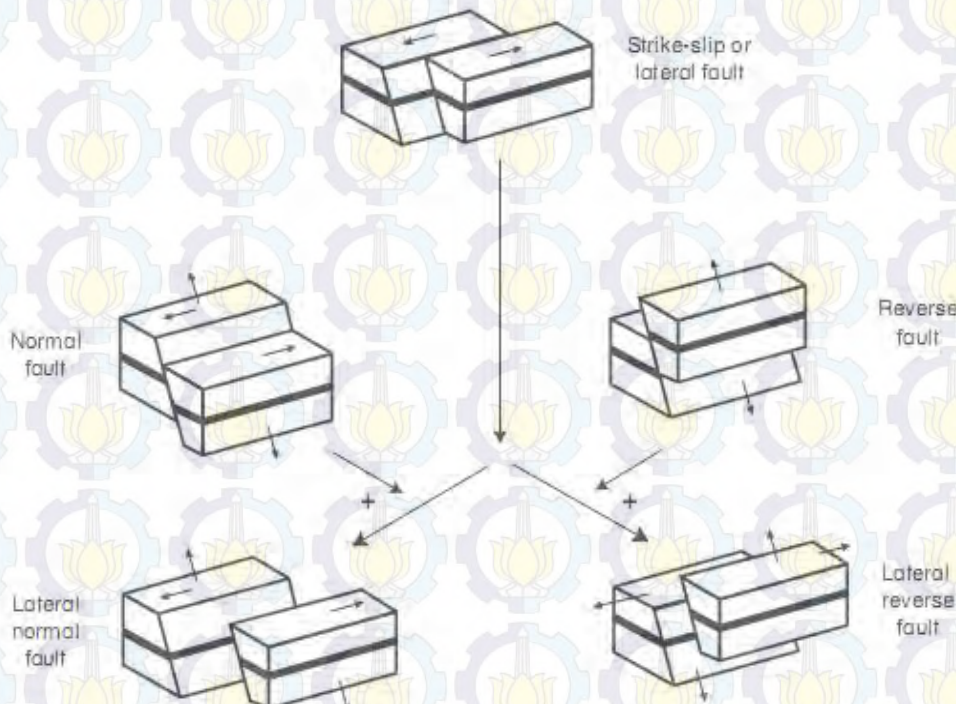
a. Patahan geser/mendatar (*strike slip or lateral fault*) yakni arah gerak blok patahan horizontal.

Patahan ini terbagi dua yaitu:

1. *Right lateral* yaitu gerak patahan mendatar yang searah dengan jarum jam.
2. *Left lateral* yaitu gerak patahan mendatar yang berlawanan dengan arah jarum jam.

b. Patahan tidak mendatar yakni arah gerak patahan vertikal atau miring.Patahan ini terbagi tiga yaitu:

1. Patahan turun (*normal fault*) yaitu patahan yang turun lebih rendahdari pada blok dasar.
2. Patahan naik (*reverse fault*) yaitu bloknya naik relatif terhadap blokdasar.
3. Patahan miring yaitu blok vertikal yang diiringi dengan gerakanhorizontal. Patahan ini terbagi dua yaitu *lateral normal fault* dan*lateral reverse fault*.



Gambar 2.5 Jenis-jenis patahan (Bryant, 2005)



## 2.5 Ukuran Gempa Bumi

### 2.5.1 Magnitudo Gempa Bumi

Magnitudo gempa bumi adalah parameter yang menunjukkan besarnya energi yang dipancarkan oleh gempa bumi. Pengukuran magnitudo dilakukan di tempat yang berbeda, harus menghasilkan nilai yang sama walaupun gempa yang dirasakan di tempat-tempat tersebut tentu berbeda (Sandalembang, 2009). Konsep mengenai magnitudo diperkenalkan oleh Dr. Charles F. Richter pada tahun 1930-an untuk ukuran kekuatan gempa disumbernya dan dinyatakan dalam besaran magnitudo dalam skala logaritma berbasis 10. Suatu harga magnitudo diperoleh sebagai hasil analisis tipe gelombang seismik tertentu (berupa rekaman getaran tanah yang tercatat paling besar) dengan memperhitungkan koreksi jarak stasiun pencatat ke episenter (Ibrahim dan Subardjo, 2003). Satuan yang dipakai adalah skala Richter (*Richter scale*).

Menurut Lay and Wallace (1995), terdapat empat jenis magnitudo yang umum digunakan) yaitu: Magnitudo lokal (*ML*), Magnitudo Gelombang Badan (*Mb*), Magnitudo Gelombang Permukaan (*Ms*) dan Magnitudo Momen (*Mw*).

#### a. Magnitudo Lokal (*ML*)

Magnitudo lokal (*ML*) pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Charles F. Richter di awal tahun 1930-an untuk mengukur magnitudo gempa-gempa lokal yang terjadi di California selatan. Nilai amplitudo yang digunakan untuk menghitung magnitudo lokal adalah amplitudo maksimum gerakan tanah (dalam mikro) yang direkam oleh Seismograf Woods-Anderson. Richter menyatakan bahwa dengan mengetahui jarak episenter ke seismograph dan mengukur amplitudo maksimum dari sinyal yang tercatat pada alat seismograph, maka dapat dilakukan pendekatan untuk mengetahui besarnya magnitudo gempa bumi yang terjadi. Magnitudo lokal mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$M_L = \log A + 2.76 \log \Delta - 2.48 \quad (2.1)$$

dengan  $A$  adalah amplitudo getaran tanah ( $\mu\text{m}$ ) dan  $\Delta$  adalah jarak stasiun pencatat ke sumber gempa bumi (km).

#### b. Magnitudo Gelombang Badan (*Mb*)

Magnitudo gelombang badan (*Mb*) yaitu magnitudo yang diperoleh berdasarkan amplitudo gelombang badan (*Body-Wave Magnitudo*). Magnitudo ini



didefinisikan berdasarkan catatan amplitudo dari gelombang P yang menjalar melalui bagian dalam bumi. Secara umum dirumuskan dengan persamaan:

$$M_b = \log\left(\frac{A}{T}\right) + Q(h, \Delta) \quad (2.2)$$

dengan  $A$  adalah amplitudo getaran tanah ( $\mu\text{m}$ ),  $T$  adalah periode getaran (detik) dan  $Q(h, \Delta)$  adalah koreksi jarak  $\Delta$  dan kedalaman  $h$  yang didapatkan dari pendekatan empiris.

c. Magnitudo Gelombang Permukaan ( $M_s$ )

Magnitudo gelombang permukaan ( $M_b$ ) yaitu magnitudo yang diukur berdasarkan amplitudo gelombang permukaan (gelombang Rayleigh).

Magnitudo tipe ini didapatkan sebagai hasil pengukuran terhadap gelombang permukaan. Untuk  $\Delta > 600$  km, rekaman seismograf periode panjang (*long-period seismogram*) dari gempa bumidangkal didominasi oleh gelombang permukaan. Gelombang ini biasanya mempunyai periode sekitar 20 detik.

Amplitudo gelombang permukaan sangat tergantung pada jarak  $\Delta$  dan kedalaman sumber gempa  $h$ . Gempa bumi dalam tidak menghasilkan gelombang permukaan, karena itu persamaan  $M_s$  tidak memerlukan koreksi kedalaman. Magnitudo permukaan mempunyai bentuk rumus sebagai berikut:

$$M_s = \log A_{20} + 1.66 \log \Delta + 2.0 \quad (2.3)$$

dengan  $A_{20}$  adalah amplitudo maksimum dari pergeseran tanah horizontal pada periode 20 detik,  $\Delta$  adalah jarak (km). Persamaan ini digunakan hanya untuk gempa dengan kedalaman sekitar 60 km.

Ibrahim dan Subardjo (2003) memberikan hubungan antara  $M_s$  dan  $M_b$  dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$M_b = 2.5 + 0.63M_s \quad (2.4)$$

atau

$$M_s = 1.59M_b - 3.97 \quad (2.5)$$

d. Magnitudo Momen ( $M_w$ )

Magnitudo moment ( $M_w$ ) yaitu magnitudogempa bumi berdasarkan momen seismiknya. Kekuatan gempa bumi sangat berkaitan dengan energi yang dilepaskan oleh sumbernya. Pelepasan energi ini berbentuk gelombang yang



menjalar ke permukaan dan bagian dalam bumi. Dalam penjarannya, energi ini mengalami pelemahan karena absorpsi dari batuan yang dilaluinya, sehingga energi yang sampai ke stasiun pencatat kurang dapat menggambarkan energi gempa bumi dihiposenter. Oleh karena itu, diperkenalkan suatu magnitudo yang berhubungan dengan momen seismik yang bisa menggambarkan energi yang dilepaskan oleh sumbernya atau suatu gempa bumi yaitu magnitudo momen ( $M_w$ ) (Mantiri, 2010). Dalam Borman (2002), besar momen dirumuskan sebagai berikut:

$$M_w = \frac{2}{3}(\log M_0 - 10.7) \quad (2.6)$$

Menurut Ibrahim dan Subardjo (2003), saat ini PGN-BMKG Indonesia menggunakan tiga macam magnitudo untuk menyatakan kekuatan gempa bumi secara instrumental. Ketiga magnitudo tersebut adalah magnitudo lokal ( $ML$ ), magnitudo badan ( $M_b$ ) dan magnitudo durasi ( $MD$ ). Magnitudo durasi (durationmagnitudo) merupakan fungsi dari total durasi sinyal seismik. Magnitudo durasi ( $MD$ ) untuk suatu stasiun pengamat persamaannya adalah sebagai berikut:

$$M_D = \alpha_1 + \alpha_2 \log \tau + \alpha_3 \Delta + \alpha_4 h \quad (2.7)$$

dengan  $M_D$  adalah magnitudo durasi,  $\tau$  adalah durasi sinyal (detik),  $\Delta$  adalah jarak episenter (km),  $h$  adalah kedalaman hiposenter (km), dan  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  adalah konstanta empiris. Menurut Ibrahim dan Subardjo (2003) magnitudo durasi sangat berguna dalam kasus sinyal yang sangat besar amplitudonya yang mengaburkan jangkauan dinamis sistem pencatat sehingga memungkinkan terjadinya kesalahan pembacaan apabila dilakukan estimasi menggunakan  $ML$ .

### 2.5.2. Intensitas Gempa Bumi

Tingkat kerusakan akibat gempa bumi dapat diukur berdasarkan intensitasnya. Intensitas gempa bumi adalah derajat kerusakan akibat gempa bumi pada suatu daerah dan dilihat dari efek akibat getaran gempa. Besar nilai intensitas tidak hanya bergantung pada kekuatan gempa bumi (magnitudo) tetapi juga dipengaruhi oleh jarak daerah tersebut ke sumber gempa, kedalaman sumber gempa, lamanya durasi gempa dan kondisi geologi setempat. Intensitas tinggi



biasanya terjadi pada daerah yang dekat sumber gempa dibandingkan tempat yang jauh dari sumber gempa (Edwiza dan Novita, 2008). Intensitas gempa bumi dapat diaplikasikan untuk pengukuran-pengukuran teknik seperti percepatan tanah maksimum. Selain itu intensitas gempa bumi juga dapat dipakai untuk pengukuran kualitatif seperti efek atau pengaruh gempa bumi pada suatu lokasi tertentu berdasarkan pada pengamatan perilaku manusia dan kerusakan struktur (Scawthorn, 2003)

Skala intensitas pertama kali diperkenalkan di Eropa oleh Rossi-Forel pada tahun 1883, yang terdiri dari 10 skala. Selanjutnya skala Sieberg menjadi pondasi dari semua skala intensitas modern 12 tingkat. Versi terbaru skala intensitas dikenal sebagai skala Mercalli-Cancani-Sieberg atau skala MCS pada tahun 1932 yang hingga kini masih digunakan di Eropa bagian selatan. Lalu pada tahun 1931 Wood dan Neuman melakukan modifikasi pada skala tersebut dan menterjemahkannya dalam bahasa Inggris dan dikenal dengan nama skala *Modified Mercalli* (skala MM) dan akhirnya pada tahun 1956, Richter menyempurnakan beberapa pernyataan dalam skala bentuk ringkasan dan menambahkan penjelasan mengenai tipe bangunannya (BMKG, 2015). Skala intensitas yang dipakai di Indonesia adalah skala MMI. Skala MMI mempunyai 12 tingkatan intensitas gempa (I s/d XII). Setiaptingkatan intensitas didefinisikan berdasarkan pengaruh gempa yang didapat dari pengamatan, seperti guncangan tanah, dan kerusakan dari strukturbangunan seperti gedung, jalan dan jembatan. Tingkat intensitas I sampai VI, digunakan untuk mendeskripsikan apa yang dilihat dan dirasakan orang selama terjadinya gempa ringan dan gempa sedang. Sedangkan tingkat intensitas VII sampai dengan XII digunakan untuk mendeskripsikan kerusakan pada struktur bangunan selama terjadinya gempa kuat. Skala MMI ditunjukkan pada Tabel 2.1. Sedangkan perbandingan skala MMI dengan skala intensitas gempa bumi lain ditunjukkan pada Tabel 2.2

Tabel 2.1 Skala Modified Mercalli Intensity (MMI)



(Muson, 2002)

Skala	Keterangan
I	Getaran tidak dirasakan, kecuali dalam keadaan hening oleh beberapa orang.
II	Getaran dirasakan oleh beberapa orang yang tinggal diam, lebih-lebih dirumah tingkat atas. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang.
III	Getaran dirasakan nyata dalam rumah tingkat atas. Terasa getaran seakanada truk melewati, lamanya getaran dapat ditentukan.
IV	Pada siang hari dirasakan oleh orang banyak pada rumah, di luar oleh beberapa orang. Pada malam hari orang bangun, piring dan gelas pecah, jendela dan pintu berkerincing, dinding berbunyi karena pecah-pecah. Kacau seakan-akan truk besar melanggar rumah, kendaraan yang sedang berhenti bergerak dengan jelas.
V	Getaran dirasakan oleh hampir semua penduduk, orang banyak terbangun. Jendela kaca dan plester dinding pecah, barang-barang terpelanting, pohon-pohon tinggi dan barang-barang besar tampak bergoyang. Bandul lonceng dapat berhenti.
VI	Getaran dirasakan oleh semua penduduk, kebanyakan terkejut dan lari keluar, kadang-kadang meja kursi bergerak, plester dinding dan cerobong asap pabrik rusak. Kerusakan ringan.
VIII	Semua orang keluar rumah, kerusakan ringan pada rumah-rumah dengan bangunan dan konstruksi yang baik. Cerobong asap pecah atau retak-retak. Guncangan terasa oleh orang yang naik kendaraan.
VIII	Kerusakan ringan pada bangunan-bangunan dengan konstruksi yang kuat. Retak-retak pada bangunan yang kuat. Banyak kerusakan pada bangunan yang tidak kuat. Dinding dapat lepas dari kerangka rumah, cerobong asap pabrik-pabrik dan monumen-monumen roboh. Meja kursiterlempar, air menjadi keruh, orang naik sepeda motor terasa terganggu.
IX	Kerusakan pada bangunan yang kuat, rangka-rangka rumah menjadi tidak lurus, banyak lubang-lubang karena retak-retak pada bangunan yang kuat. Rumah tampak bergeser dari pondasinya, pipa-pipa dalam tanah putus.
X	Bangunan dari kayu kuat yang baru didirikan rusak, rangka-rangka rumah lepas dari pondasinya, tanah terbelah, rel melengkung. Tanah longsor di sekitar sungai dan di tanah-tanah yang curam serta terjadi airbah.
XI	Bangunan-bangunan kayu sedikit yang tetap berdiri, jembatan rusak, terjadi lembah. Pipa dalam tanah tidak dapat dipakai sama sekali, tanah terbelah, rel melengkung sekali.
XII	Hancur sama sekali. Gelombang tampak pada permukaan tanah, pemandangan menjadi gelap, dan benda-benda terlempar keluar.

Tabel 2.2 Perbandingan skala MMI dengan skala intensitas gempa bumi lain



(Scawthorn, 2003)

$\alpha$ (gal)	MMI Modified Mercalli	R-F Rossi-Forel	MSK Medvedev- Sponheur- Karnik	JMA Japan Meteorological Agency
0.7	I	I	I	0
1.5	II	I-II	II	I
3	III	III	III	II
7	IV	IV-V	IV	II-III
15	V	V-VI	V	III
32	VI	VI-VII	VI	IV
68	VII	VIII-	VII	IV-V
147	VIII	VIII+ - IX-	VIII	V
316	IX	IX+	IX	V-IV
681	X	X	X	VI
(1468)*	XI	-	XI	VII
(3162)*	XII	-	XII	-

## 2.6 EfekGempa Bumi

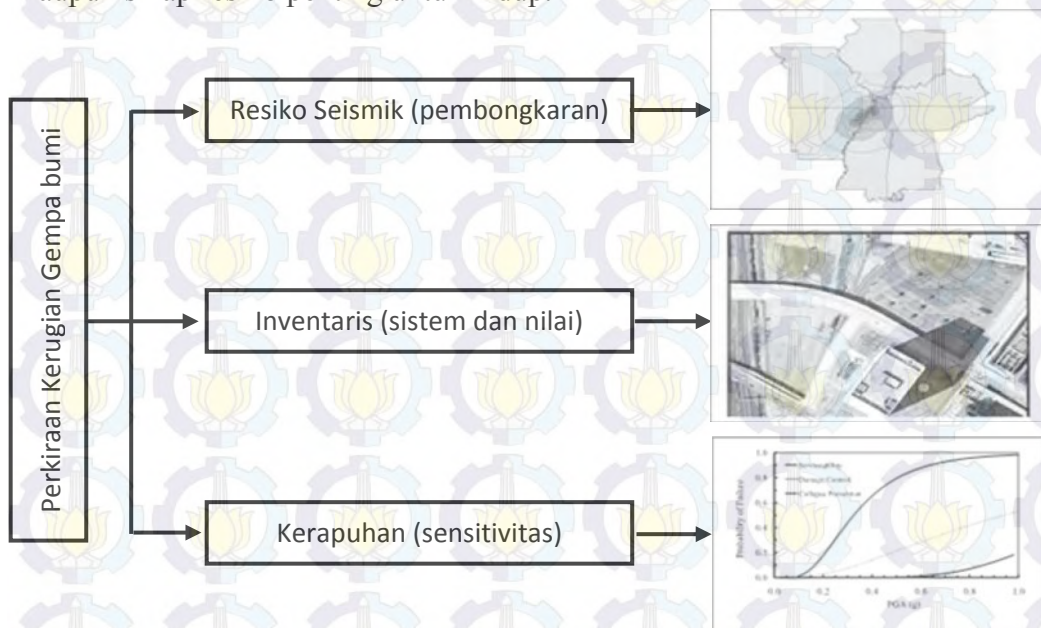
Efek yang ditimbulkan dari bahaya gempa bumi sangatlah banyak, selain menelan korban jiwa, bangunan, jalan raya, juga mengakibatkan dampak pada tatanan geologi seperti longsor, gerakan tanah, aliran lumpur, gangguan atau kekacauan pada sirkulasi tanah, amblasan dan pecahnya daratan. Selain itu, bencana ini juga menimbulkan efek secara psikologi bagi korban gempa bumi. Faktor-faktor yang mengakibatkan kerusakan akibat gempa bumi yaitu antara lain kekuatan gempa bumi, kedalaman gempa bumi, jarak hiposentrum gempa bumi, lama getaran gempa bumi, kondisi tanah setempat dan kondisi bangunan (BMKG, 2015).

Proses kedatangan bencana gempa bumi sampai saat ini belum ada satupun alat yang bisa memprediksi dengan akurat. Menurut Elnashai dan Sarno (2008) komponen-komponen dasar penaksiran kehilangan akibat gempa bumi terdiri atas (1) resiko seismik (2) inventarisasi dan (3) sifat mudah terserang sesuatu atau



kerapuhan. Resiko seismik merupakan deskripsi dari gerakan tanah gempa bumi. Inventaris terdiri atas aset-aset yang diperlakukan terhadap bahaya. Jadi inventarisasi merupakan jumlah dari sistem yang ditunjukkan dan nilai sistem tersebut. Sifat mudah terserang sesuatu atau kerapuhan merupakan sensitivitas dari aset-aset terhadap kerusakan dari intensitas guncangan tanah. Dari perspektif beberapa ahli gempa bumi, bahaya dapat diukur tetapi tidak dapat dikurangi. Sifat mudah terserang dapat dievaluasi dan dikurangi dengan pengukuran untuk pencocokan kembali. Sifat mudah terserang dapat juga dikurangi dengan pengelolaan penggunaan tanah dan pendidikan jangka panjang potensial destruktif dari suatu gempa bumi tergantung pada banyak faktor. Ukuran kejadian, kedalaman fokus dan jarak episenter, kondisi topografi dan geologi lokal merupakan karakteristik-karakteristik penting gempa bumi.

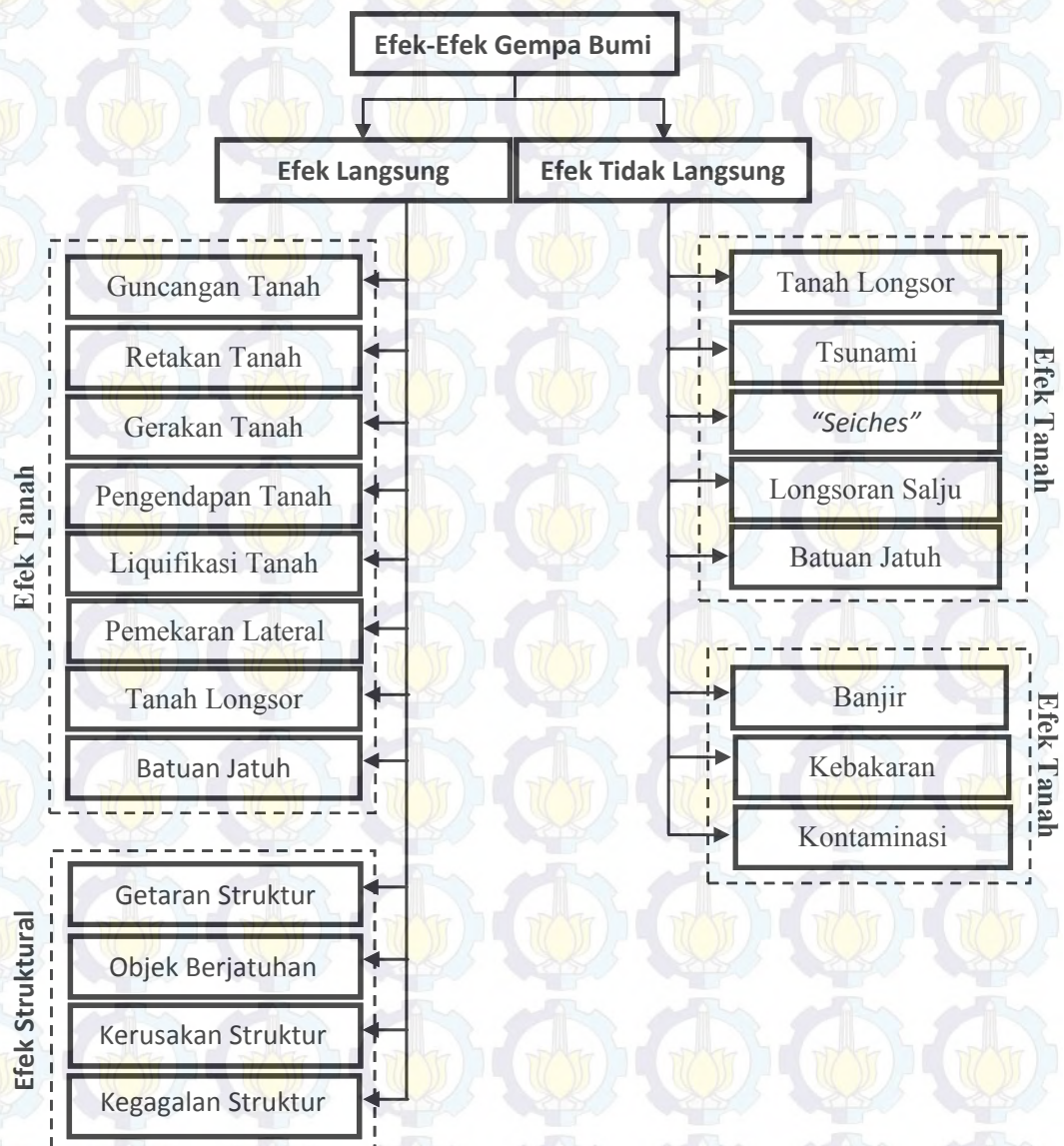
Sejauh ini, guncangan tanah merupakan bahaya yang paling penting. Kerusakan struktural merupakan sebuah ciri utama dari sistem tahanan beban secara vertikal dan lateral yang dapat bervariasi antara kerusakan ringan dan keruntuhan. Kerusakan non struktural terdiri atas kegagalan pemakaian arsitektural, sistem mekanik dan kelistrikan, serta komponen-komponen dalam sebuah bangunan. Kerusakan non struktural dapat mengarah pada kehilangan keuangan yang besar, maupun sikap resiko penting untuk hidup.



Gambar 2.6 Komponen-komponen dasar perkiraan kerugian akibat gempa bumi(Elnashai and Sarno, 2008)



Gempa bumi menimbulkan tidak saja efek jangka pendek tetapi juga efek jangka panjang. Setiap tahun dipastikan Indonesia mengalami gempa bumi. Efek-efek jangka panjang dan jangka pendek harus dipertimbangkan dalam mengukur konsekuensi sosial ekonomi. Secara umum efek gempa bumi terdiri atas efek langsung dan tak langsung. Dalam sumber lain, efek-efek ini disebut efek primer dan efek sekunder. Efek-efek tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.7.

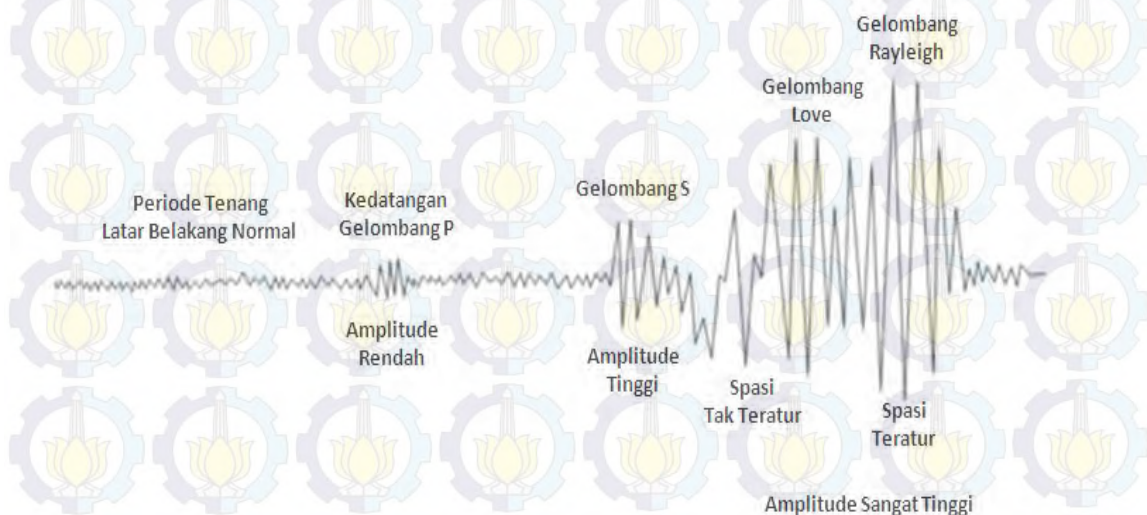


Gambar 2.7 Efek-efek gempa bumi secara langsung dan tidak langsung (Elnashai and Sarno, 2008)



## 2.7 Gelombang Seismik

Gelombang seismik merupakan salah satu jenis gelombang elastik yang merambat di dalam bumi melalui lapisan batuan dimana dapat mentransfer energi menjadi pergerakan partikel batuan dan sebaliknya dapat mentransfer pergerakan partikel menjadi energi (Febriani, 2013).



Gambar 2.8 Contoh rekaman gelombang seismik pada seismograf (Kusky, 2008)

Energi menjalar sebagai gelombang melalui medium elastis dan dapat dirasakan sangat kuat di daerah terjadinya gempa bumi tersebut dan di sekitarnya. Gelombang tersebut akan terekam pada seismograf seperti pada Gambar 2.8. Bumi sebagai medium gelombang terdiri dari beberapa lapisan batuan yang antar satu lapisan dengan lapisan lainnya mempunyai sifat fisis yang berbeda. Setiap gempa bumi menghasilkan beberapa gelombang seismik. Gelombang seismik diklasifikasikan dua kelompok yaitu gelombang badan (*body wave*) dan gelombang permukaan (*surface wave*).

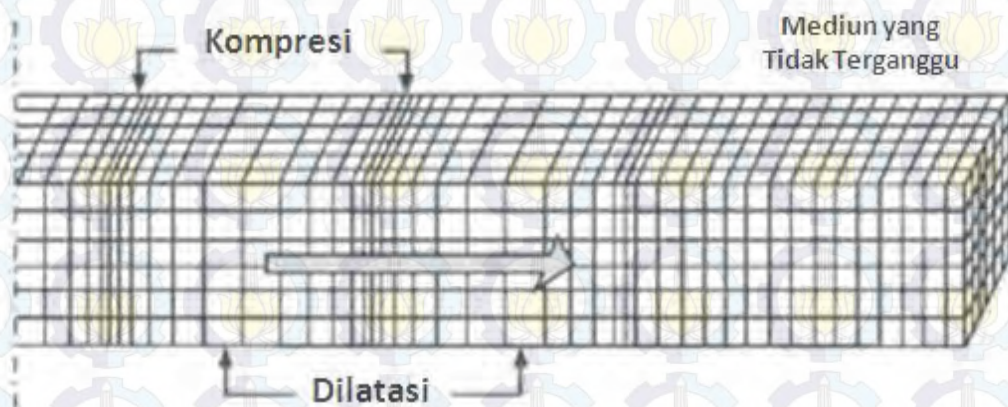
### 2.7.1 Gelombang Badan (*body wave*)

Gelombang badan (*body wave*) merupakan gelombang gempa bumi yang menjalar melalui bagian dalam bumi. Menurut Lay and Wallace (1995) gelombang badan (*body wave*) terbagi menjadi gelombang primer yang mempunyai kecepatan gelombang lebih besar dan gelombang sekunder yang mempunyai kecepatan gelombang lebih kecil.



a. Gelombang Primer

Gelombang Primer didefinisikan sebagai gelombang seismik yang mempunyai arah rambat dan arah getaran searah dengan arah gerak batuan yang dilewati oleh gelombang. Gelombang primer merupakan gelombang longitudinal yang gerakan partikelnya sejajar dengan arah perambatannya, seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Gelombang primer (Elnashai and Sarno, 2008)

Gelombang primer yang pertama kali sampai pada alat pencatat gempa (seismograf). Secara matematis hubungan kecepatan gelombang-P ( $V_p$ ) dengan konstanta elastik dan parameter fisis dapat ditulis (Kayal, 2002):

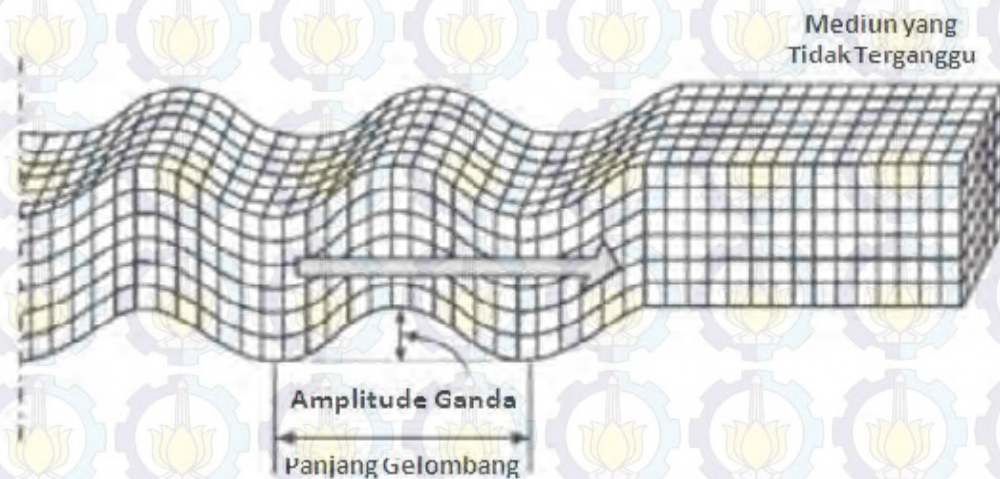
$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{K + \frac{4\pi}{3}}{\rho}} \quad (2.8)$$

dengan  $K$  adalah modulus Bulk,  $V_p$  adalah kecepatan gelombang-P,  $\mu$  adalah modulus Regiditas/geser dan  $\rho$  adalah rapat jenis.

b. Gelombang Sekunder didefinisikan sebagai gelombang seismik yang terjadi akibat adanya eksitasi gempa bumi yang mempunyai arah rambat dan arah getaran tegak lurus dengan arah gerak batuan yang dilalui. Gelombang sekunder (*secondary wave*) adalah gelombang yang menggerakkan partikelnya terletak pada suatu bidang yang tegak lurus dengan arah penjarannya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10. Gelombang sekunder merupakan



gelombang transversal dan tidak dapat merambat pada bagian cair bumi, namun dapat mencapai permukaan. Gerakan tanah vertikal gelombang ini dapat merusak. Gelombang sekunder terdiri atas dua komponen, yaitu gelombang SH dengan gerakan partikel terpolarisasi secara horizontal dan gelombang SV dengan gerakan partikel terpolarisasi secara vertikal.



Gambar 2.10 Gelombang sekunder (Elnashai and Sarno, 2008)

Menurut Kayal (2002) secara matematis kecepatan gelombang sekunder dapat ditulis:

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2.9)$$

dengan  $K$  adalah modulus Bulk,  $V_s$  adalah kecepatan gelombang-S,  $\mu$  adalah modulus Regiditas/geser dan  $\rho$  adalah rapat jenis.

### 2.7.2 Gelombang Permukaan (*surface wave*)

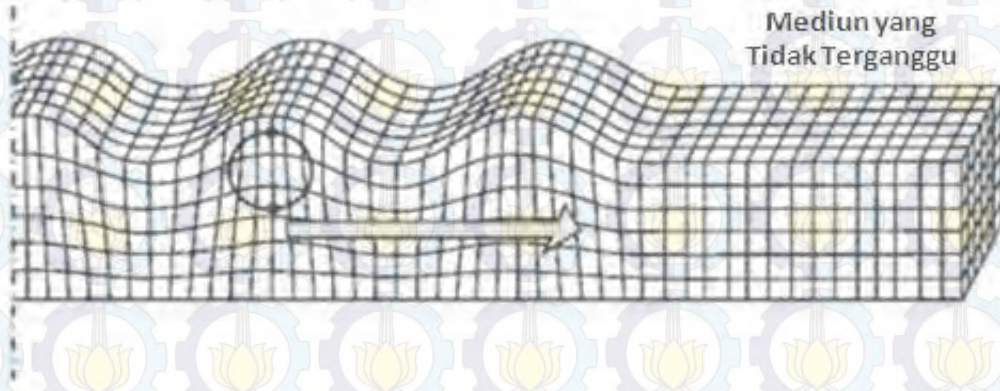
Gelombang permukaan (*surface wave*) merupakan gelombang seismik yang menjalar sepanjang permukaan bumi dengan amplitudo yang semakin melemah jika gelombang tersebut semakin masuk ke dalam bumi. Gelombang permukaan terdiri atas 4 jenis yaitu: gelombang Rayleigh, gelombang Love, gelombang Stonley dan gelombang Channel.

#### a. Gelombang Rayleigh

Gelombang Rayleigh adalah gelombang yang merambat pada permukaan bumi yang gerakan partikelnya mengikuti lintasan elips dan membuat sebagian



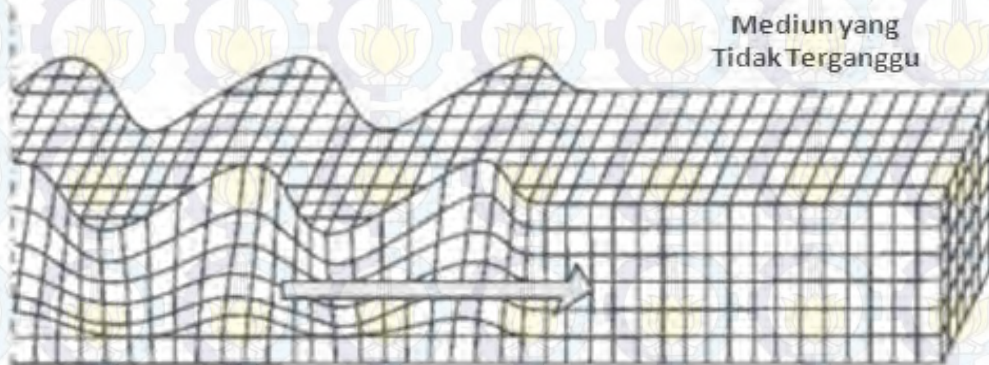
pergeseran permukaan dalam arah perambatannya dan sebagian dalam bidang vertikal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.11. Gelombang ini merambat melalui permukaan media yang homogen dan berlapis.



Gambar 2.11 Gelombang Rayleigh (Elnashai and Sarno, 2008)

b. Gelombang Love

Gelombang Love adalah gelombang yang merambat pada permukaan bumi yang gerakan partikelnya sama dengan gelombang SH seperti pada Gambar 2.12. Gelombang ini memerlukan media yang berlapis.



Gambar 2.12 Gelombang Love (Elnashai and Sarno, 2008)

c. Gelombang Stonely yaitu gelombang yang arah penjarangannya seperti gelombang Rayleigh tetapi menjalar melalui batas antara dua lapisan di dalam bumi.



- d. Gelombang Channel yaitu gelombang yang menjalar melalui lapisan yang berkecepatan rendah (*low velocity layer*) di dalam bumi.

Pada kejadian gempa bumi, permukaan tanah dapat bergeser secara horizontal, vertikal dan miring tergantung pada aktivitas gelombang gempa bumi tersebut dan kondisi geologi lokal. Menurut Elnashai dan Sarno (2008) kekuatan sebuah gempa bumi tergantung sepenuhnya pada amplitudo dan frekuensi gerakan gelombang di permukaan tanah. Gelombang permukaan lebih menghancurkan dibandingkan gelombang badan, karena gelombang permukaan memiliki amplitudo dan gaya yang lebih besar serta memiliki durasi yang panjang.

## 2.8 Pusat Gempa Bumi

Pusat gempa bumi dikenal dengan hiposentrum (*hypocenter*), yaitu tempat terjadinya perubahan lapisan batuan atau dislokasi di dalam bumi sehingga menimbulkan gempa bumi. Hiposentrum memuat data lintang dan bujur gempa ditambah kedalaman dari gempa bumi tersebut. Sedangkan episentrum (*epycenter*) adalah posisi gempa tegak lurus terhadap hiposentrum ditarik ke permukaan bumi digambarkan dengan letak lintang dan bujur bumi.

Berdasarkan kedalaman gempa dapat dibagi menjadi 3 (tiga) bagian yaitu:

- a. Kedalaman dangkal, biasanya gempa bumi yang terjadi pada kedalaman di bawah 60 km dan biasanya yang disebut dengan normal untuk gempa-gempa yang mempunyai kedalaman 33 km.
- b. Kedalaman menengah, untuk gempa-gempa yang mempunyai kedalaman 60 sampai dengan 300 km di bawah permukaan bumi
- c. Kedalaman dalam, untuk gempa-gempa yang mempunyai kedalaman lebih dari 300 km. gempa yang terdalam yang pernah dicatat mempunyai kedalaman 700 km.

Rata-rata gempa bumi terletak pada kedalaman 25 s ampai 33 k m, dan berangsur ke bawah tidak lebih dari 700 km. Semakin dangkal pusat gempa bumi maka kekuatannya semakin besar. Maka gempa bumi dangkal akan lebih banyak menyebabkan kerusakan bila dibanding gempa bumi dalam. Pusat gempa bumi ini bisa terjadi di daratan maupun di dasar laut. Bila hiposentrum terletak di dasar laut dengan kekuatan yang besar maka getaran gempa bumi yang terjadi dapat



menimbulkan gelombang air pasang yang sangat besar dengan ketinggian mencapai puluhan meter. Gelombang air laut yang besar seperti ini dinamakan tsunami, bersifat sangat merusak dan dapat memporak-porandakan segala sesuatu yang diterjangnya di tepi pantai.

## 2.9 Percepatan Tanah Maksimum(*Peak Ground Acceleration*)

Setiap gempa yang terjadi di suatu wilayah akan menimbulkan suatu nilai percepatan tanah pada wilayah tersebut. Percepatan gelombang gempa bumi yang sampai di permukaan bumi disebut percepatan tanah. Nilai percepatan tanah yang akan diperhitungkan pada perencanaan bangunan adalah nilai percepatan tanah maksimum. Percepatan tanah maksimum akibat gempa bumi adalah percepatan tanah maksimum yang terjadi pada suatu titik pada posisi tertentu dalam suatu kawasan yang dihitung dari akibat semua gempa bumi yang terjadi pada kurun waktu tertentu dengan memperhatikan besar magnitudo dan jarak hiposenternya, serta periode dominan tanah dimana titik tersebut berada. Satuan yang digunakan dalam pengukuran percepatan tanah adalah centimeter per detik kuadrat atau disebut *gal* (Kirbani *et al* 2006). Penentuan nilai percepatan tanah di suatu tempat dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan alat pengukur yaitu accelerograf dan dengan cara perhitungan pendekatan secara empiris. Metode empiris merupakan cara alternatif jika jaringan accelerograf kurang mendukung. Pendekatan metode empiris tidak selalu benar, namun cukup memberikan gambaran umum tentang percepatan tanah maksimum (Ibrahim dan Subardjo, 2003).

Penentuan nilai percepatan tanah dapat dihitung berdasarkan beberapa persamaan yaitu sebagai berikut:

1. Kanai (1966)

$$\alpha_g = \frac{5}{\sqrt{T_0}} 10^{0.61M - \left(1.66 + \frac{3.6}{R}\right) \log R + 0.167 - \frac{1.83}{R}} \quad (2.10)$$

dengan  $T_0$  adalah periode dominan tanah,  $M$  adalah magnitudo gempa bumi dan  $R$  adalah jarak hiposenter.

2. Tong dan Katayama (1988)

$$\log \bar{A} = \alpha M - \beta \log(\Delta + 10) + \gamma T + \delta \quad (2.11)$$



dengan  $T$  adalah periode dominan tanah,  $M$  adalah magnitudo gempa bumi,  $\Delta$  adalah jarak episenter dan  $\alpha = 0.509, \beta = 2.32, \gamma = 0.039, \delta = 2,33$

Makin vital bangunan harus dibangun dengan daya tahan yang mampu terhadap percepatan tanah maksimum yang tinggi, ini juga berarti harus memperhitungkan kejadian gempa bumi dengan magnitudo skala Richter besar yang terjadi dalam kurun waktu yang lama. Oleh sebab itu, untuk keperluan struktur bangunan tahan gempa bumi nilai percepatan tanah maksimum perlu dihitung. Nilai ini dapat dihitung dengan cara pendekatan dari data sejarah gempa bumi. Pendekatan ini akan memberikan sebuah persamaan hubungan atenuasi yang memungkinkan dapat dipakai untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum dari persamaan tersebut.

Para ahli geofisika sering menggunakan nilai percepatan tanah maksimum sebagai parameter untuk menentukan dan memetakan tingkat resiko suatu kawasan terhadap bencana gempa bumi (Supriatna *et al.*, 2010).

## 2.10 Hubungan Indeks Kerentanan Seismik ( $K_g$ ) dan *Ground Shear Strain* ( $\gamma$ )

Indeks kerentanan seismik dan *ground shear strains* saling berhubungan. Indeks Kerentanan Seismik adalah suatu bilangan yang dapat menyatakan kerentanan lapisan tanah permukaan akibat terjadinya perubahan bentuk lapisan tanah tersebut saat terjadinya gempa bumi (Nakamura, 1996). Sedangkan *ground shear strain* menggambarkan level kemampuan tanah di suatu daerah bergeser saat terjadinya gempa bumi. Nilai *ground shear strain* bisa dihitung dengan mengalikan nilai indeks kerentanan seismik dari kurva HVSR dan percepatan tanah. Menurut Nakamura (1996) dalam mengkaji indeks kerentanan seismik tanah perlu mempertimbangkan nilai *ground shear strain* pada lapisan tanah permukaan. Semakin tinggi nilai *ground shear strain* akan menyebabkan lapisan tanah semakin mudah mengalami deformasi dan sebaliknya. Hal ini sesuai dengan Isihara (1982) yang menyatakan adanya hubungan antara *ground shear strain* dengan sifat dinamika tanah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3.

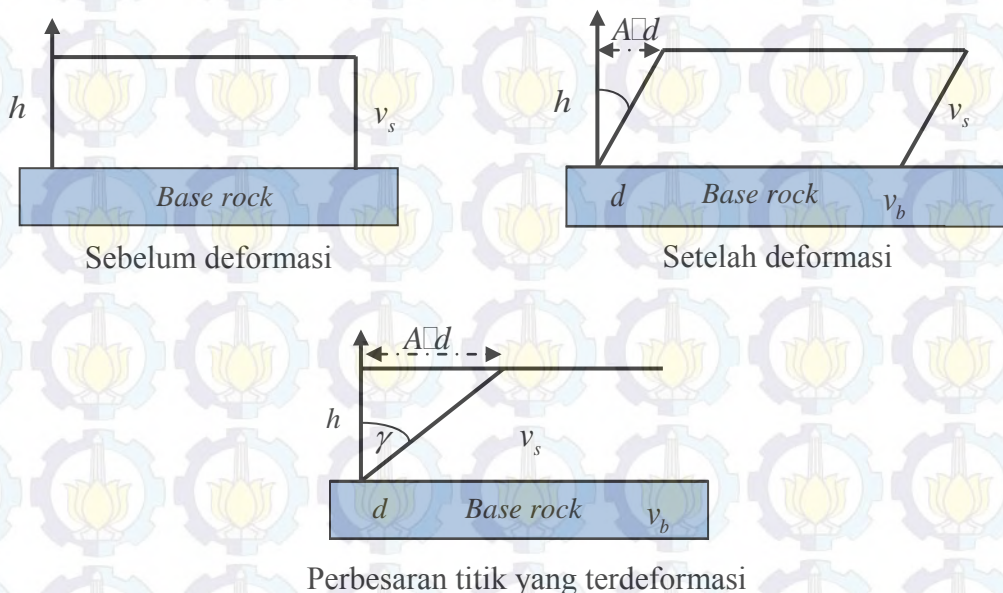
Gelombang seismik yang bersumber dari gempa bumi termasuk gelombang mekanik. Gelombang mekanik merupakan gelombang yang



membutuhkan medium dalam perambatannya. Partikel-partikel pada medium yang bersifat mikroskopis tersebut akan beresilasi ketika dilewati oleh gelombang seismik. Osilasi tersebut dapat diartikan sebagai pergeseran (*shear*) partikel-partikel tersebut dari keadaan setimbangnya. Gempa bumi merusak biasanya terjadi bila terlampauinya batas pergeseran maksimum lapisan tanah tersebut, sehingga menyebabkan terjadinya deformasi lapisan tanah seperti ditunjukkan pada Gambar 2.13.

Tabel 2.3 Hubungan nilai *ground shear strain* dengan sifat dinamik tanah (Ishihara, 1982)

$\gamma$ Value	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$
Phenomena	Vibration, Wave		Crack, Settlement	Landslide, Soil Compaction, Liquefaction		
Dynamic Properties	Elasticity		Elasto-Plasticity	Repeat-Effect, Speed-Effect of Loading		



Gambar 2.13 Ilustrasi deformasi pada lapisan tanah permukaan (Nakamura, 1996)

Misalkan pada gambar diatas ada medium berbentuk bujursangkar memiliki lebar dan tinggi tertentu, kemudian karena dilewati gelombang seismik maka terjadi



deformasi lapisan tanah dalam arah lateral. Deformasi yang terjadi akan maksimum apabila terjadi resonansi yang dapat menyebabkan peristiwa amplifikasi oleh medium tersebut. Regangan geser lapisan tanah permukaan didefinisikan sebagai pergeseran lapisan tanah dalam arah lateral dibagi dengan ketebalan lapisan tersebut atau *ground shear strain* sama dengan perubahan sudut karena deformasi ( $\tan \gamma$ ) yang dinyatakan dengan persamaan:

$$\tan \gamma = \frac{Ad}{h} \quad (2.12)$$

Adalah faktor amplifikasi,  $d$  adalah jarak pergeseran dan  $h$  adalah ketebalan lapisan sedimen. Karena tidak terjadi deformasi secara permanen pada lapisan tanah yang dilewati gelombang seismik, maka regangan geser yang diinduksikan oleh gelombang seismik sangat kecil ( $\tan \gamma$  sama dengan  $\gamma$ ), sehingga *ground shear strain* lapisan tanah permukaan disuatu tempat saat terjadi gempa bumi dapat diestimasi dengan persamaan:

$$\gamma = \frac{Ad}{h} \quad (2.13)$$

Ketebalan lapisan sedimen ( $h$ ) dinyatakan dengan persamaan:

$$h = \frac{v_b}{4Af_0} \quad (2.14)$$

dengan  $v_b$  adalah kecepatan,  $A$  adalah faktor amplifikasi,  $f_0$  adalah frekuensi natural. Sedangkan percepatan getaran tanah maksimum dibawah dasar ( $\alpha_g$ ) dinyatakan dengan:

$$\alpha_g = (2\pi f_0)^2 d \quad (2.15)$$

dari beberapa persamaan di atas maka:

$$\gamma = \frac{4A^2 \alpha_g f_0}{(2\pi f_0)^2 v_b} \quad (2.16)$$

atau

$$\gamma = \frac{A^2 \alpha_g}{f_0 \pi^2 v_b} \quad (2.17)$$

dimana:



$$K_g = \frac{A^2}{f_0 \pi^2 v_b} \quad (2.18)$$

sehingga:

$$\gamma = K_g \alpha_g \quad (2.19)$$

Nakamura (1996) mengasumsikan kecepatan gelombang S di batuan dasar ( $v_b$ ) adalah 600 m/s, sehingga  $\frac{1}{\pi^2 v_b} = 1.69 \times 10^{-6}$  (s/cm). Kemudian dengan asumsi

bahwa *ground shear strain* efektif adalah 60% dari *ground shear strain* maksimum. Nilai *ground shear strain* pada persamaan (2.17) dapat dihitung dengan mengalikan antara indeks kerentanan seismik dengan percepatan tanah di batuan dasar yang dinyatakan dengan persamaan:

$$\gamma = K_g \alpha_g (10^{-6}) \quad (2.20)$$

Rumus empiris yang digunakan untuk menghitung nilai percepatan nilai maksimum di batuan dasar ( $\alpha_g$ ) dalam persamaan (2.20) adalah rumus empiris menurut Fukushima dan Tanaka (1990) seperti yang dinyatakan pada persamaan (2.15). Indeks kerentanan seismik dapat digunakan untuk mengetahui daerah mana yang merupakan zona rentan pada saat gempa bumi (Saita *et al*, 2004; Gurler *et al*, 2000). Menurut Saita *et al* (2004) nilai indeks kerentanan seismik dapat digunakan untuk menentukan daerah yang mengalami kerusakan bangunan akibat gempa bumi pada masa lalu dan menurut Gurler *et al* (2000), indeks kerentanan seismik juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi daerah yang akan mengalami kerusakan bangunan akibat gempa bumi pada masa yang akan datang. Daerah yang memiliki indeks kerentanan seismik tinggi merupakan daerah dengan kondisi lapisan tanah yang paling kuat dalam merespon getaran gempa bumi. Perbedaan respon getaran gempa bumi antara lapisan batuan dasar dengan lapisan tanah permukaan tersebut akan mempengaruhi besarnya faktor amplifikasi ( $A$ ) (Nakamura, 1996).

Selain faktor amplifikasi, indeks kerentanan seismik juga dipengaruhi oleh frekuensi resonansi hubungan antara ketiga parameter tersebut ditunjukkan pada persamaan (2.18). Suatu daerah yang memiliki frekuensi resonansi rendah dan faktor amplifikasi tinggi ( $A$ ) akan menyebabkan nilai indeks kerentanan seismik



tinggi dan sebaliknya. Nilai indeks kerentanan seismik yang tinggi menunjukkan bahwa daerah tersebut merupakan daerah yang memiliki potensi bahaya paling tinggi dibandingkan dengan daerah yang lainnya. Potensi bahaya tersebut dapat berupa kerusakan bangunan dan rekahan tanah (Huang and Tseng, 2002; Daryono, 2011). Rekahan tanah (*ground failure*) merupakan salah satu bahaya sekunder akibat bencana gempa bumi. Rekahan tanah tersebut jika terjadi pada kawasan pemukiman penduduk akan menyebabkan rusaknya pondasi dan dinding bangunan, dan jika terjadi disepanjang jalan raya akan mengganggu arus lalu lintas dan dapat memutuskan jalur transportasi darat untuk evakuasi dan pendistribusian bantuan korban bencana (Harlianto, 2013).

Beberapa penelitian seperti Nakamura *et al* (2000) di Kobe Jepang memperlihatkan bahwa nilai kerentanan seismik yang tinggi di daerah yang memiliki struktur geologi yang tersusun oleh aluvial. Gurler *et al* (2000) juga meneliti Kota Mexico memperlihatkan fakta bahwa nilai kerentanan seismik terbesar berada di zona bekas rawa dan daerah reklamasi, sedangkan daerah yang struktur geologinya tersusun oleh transisi antara daratan aluvial dan perbukitan menunjukkan nilai kerentanan seismik yang lebih rendah, kemudian nilai kerentanan seismik sangat rendah ditemukan di kawasan perbukitan. Daryono (2011) meneliti nilai indeks kerentanan di zona graben Bantul Yogyakarta menemukan bahwa ada korelasi yang signifikan antara variasi nilai kerentanan seismik dengan jenis material penyusun tanah, ketebalan sedimen dan muka air tanah.

### **2.11 Mikrotremor**

Mikrotremor merupakan getaran tanah yang sangat kecil dan terus menerus yang bersumber dari berbagai macam getaran seperti lalu lintas, angin, aktivitas manusia dan lain-lain (Kanai, 1983). Mikrotremor dapat juga diartikan sebagai getaran harmonik alamiah tanah yang terjadi secara terus-menerus, terjebak dilapisan sedimen permukaan, terpantulkan oleh adanya bidang batas lapisan dengan frekuensi tetap, disebabkan oleh getaran mikro dibawah permukaan tanah dan kegiatan lainnya (Arifin, 2013). Mikrotremor didasarkan pada perekaman *ambient noise* untuk menentukan parameter dinamika (*damping*



*ratio* dan frekuensi natural) dan fungsi perpindahan (frekuensi dan amplifikasi) bangunan (Nakamura, 2000). Penelitian mikrotremor dapat mengetahui karakteristik lapisan tanah berdasarkan parameter periode dominan dan faktor penguat gelombang (amplifikasi)(Arifinet *al.*, 2013). Data yang diperoleh dari hasil pengukuran mikrotremor berupa data gelombang tiga komponen (EW, NS dan V). Hingga saat ini ada beberapa teknik yang banyak digunakan untuk menganalisa data vibrasi, salah satunya adalah *Single Station Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio on noise* (NHVSR) yang kemudian dikembangkan oleh Lermo dan Chavez Garcia tahun 1993 (*Single Station Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio on earthquake*, HVSR). (Hernantiet *al.*, 2014).

## **2.12 Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR)**

Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) merupakan metode membandingkan spektrum komponen horizontal terhadap komponen vertikal dari gelombang mikrotremor (Arifin *et al.*, 2013). Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) pada analisis data mikrotremor telah digunakan secara luas untuk studi efek lokal dan mikrozonasi. Selain sederhana, metode ini juga bisa dilakukan kapan dan dimana saja, metode ini mampu mengestimasi frekuensi resonansi secara langsung tanpa harus mengetahui struktur kecepatan gelombang geser dan kondisi geologi bawah permukaan lebih dulu (Mufida, 2013). Metode HVSR pertama kali diperkenalkan oleh Nogoshi dan Iragashi yang menyatakan adanya hubungan antara perbandingan komponen horizontal dan vertikal terhadap kurva eliptisitas pada gelombang Rayleigh yang kemudian disempurnakan oleh Nakamura yang menyatakan bahwa perbandingan spektrum *H/V* sebagai fungsi frekuensi berhubungan erat dengan fungsi *site transfer* untuk gelombang S. Perbandingan *H/V* pada mikrotremor adalah perbandingan kedua komponen yang secara teoritis menghasilkan suatu nilai. Periode dominan suatu lokasi secara dasar dapat diperkirakan dari periode puncak perbandingan *H/V* mikrotremor. Pada tahun 1989, Nakamura mencoba memisahkan efek sumber gelombang dengan efek geologi dengan cara menormalisir spektrum komponen horizontal dengan komponen vertikal. Nakamura *et al.* (2000) menunjukkan bahwa rasio antara komponen horizontal dan vertikal rekaman *ambient noise* terkait erat



dengan frekuensi fundamental tanah dan dari sini diperoleh faktor amplifikasi. Nakamura mengembangkan teknik tersebut dengan memformulasikan tiga hipotesis

- a. *Ambient noise* disebabkan oleh pemantulan dan pembiasan gelombang S di lapisan tanah dan oleh gelombang permukaan, terutama gelombang Rayleigh.
- b. Sumber *noise* lokal tidak mempengaruhi *ambient noise* di lapisan bawahnya yang kompak.
- c. Lapisan tanah yang lapuk tidak mengamplifikasi komponen vertikal *ambient noise*.

Berdasarkan hipotesis tersebut, Nakamura mengasumsikan bahwa hanya data mikrotremor horizontal saja yang terpengaruh oleh lapisan tanah permukaan dan bahwa karakteristik spektrum sumber tetap terdapat di komponen vertikal sama juga seperti di komponen horizontal. *Site Effect* ( $S_E$ ) karena geologi permukaan biasanya digambarkan dengan Rasio Spektrum (*Spectral Ratio*= $SR$ ) antara komponen horizontal rekaman gelombang seismik di permukaan lapisan tanah permukaan ( $H_S$ ) dengan komponen horizontal rekaman gelombang seismik di *bedrock* ( $H_B$ )

$$S_R = \frac{H_s}{H_b} \quad (2.21)$$

(Suheri, 2009) menambahkan beberapa asumsi yang digunakan dalam metode Nakamura ini adalah sebagai berikut:

- a. Data Mikrotremor tersusun atas beberapa jenis gelombang, tetapi utamanya adalah gelombang Rayleigh yang merambat di lapisan tanah permukaan di atas lapisan keras.
- b. Efek gelombang Rayleigh ( $E_{RW}$ ) pada *noise* adalah termasuk dalam spektrum vertikal di permukaan ( $V_S$ ), tetapi tidak terdapat di spektrum dalam komponen vertikal di batuan dasar ( $V_B$ ).

$$E_{RW} = \frac{V_s}{V_b} \quad (2.22)$$

- c. Komponen vertikal mikrotremor tidak teramplifikasi oleh lapisan tanah lapuk.
- d. Efek gelombang Rayleigh pada rekaman mikrotremor adalah ekuivalen untuk komponen vertikal dan horizontal. Untuk rentang frekuensi lebar (0.2-20 Hz),



rasio spektral antara komponen horizontal ( $H_B$ ) dan vertikal ( $V_B$ ) di lapisan batuan dasar mendekati satu.

$$\frac{H_b}{V_b} \approx 1 \quad (2.23)$$

- d. Pada kondisi seperti ini, rasio spektral antara komponen horizontal dan vertikal dari *noise* latar belakang yang terekam di lapisan tanah permukaan memungkinkan efek gelombang Rayleigh ( $E_{RW}$ ) untuk dieliminasi, menyisakan hanya efek yang disebabkan oleh struktur geologi setempat.

### 2.13 Transformasi Fourier

Data yang terekam dalam seismograph masih dalam kawasan waktu. Pengolahan data untuk analisis mengharuskan data dalam kawasan frekuensi.

Untuk itu dilakukan transformasi Fourier yang digunakan untuk mengubah data dari kawasan waktu menjadi kawasan frekuensi. Pada dasarnya transformasi Fourier dari suatu gelombang adalah memisahkan atau membagi gelombang menjadi jumlahan beberapa gelombang sinusoidal dengan frekuensi yang berbeda.

Secara matematis transformasi Fourier dinyatakan dalam:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt \quad (2.24)$$

dengan  $F(\omega)$  adalah transformasi dari  $f(t)$  yang masih berada dalam kawasan waktu.

$$e^{ix} = \cos x + i \sin x \quad (2.25)$$

Maka persamaan 2.24 menjadi:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cos(\omega t) dt - i \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \sin(\omega t) dt \quad (2.26)$$

Perluasan transformasi Fourier dalam komputasi digital adalah *Fast Fourier Transform* (FFT), yang mampu melakukan perhitungan transformasi Fourier dengan cepat. Salah satu algoritma FFT adalah algoritma Cooley dan Tukey. Prinsip dari algoritma Cooley-Tukey adalah memecah transformasi digital Fourier menjadi bagian-bagian kecil (Suheri, 2009).



## 2.14 Penghalusan (*smoothing*) Data

Penghalusan (*smoothing*) data adalah proses memperhalus pola data dengan meminimalisasi efek *aliasing* sehingga hasil *smoothing* tidak berbeda dengan data sebelum dilakukan *smoothing*. Penghalusan data didasarkan pada persamaan Kono-Ohmachi:

$$W(f; f_0) = \frac{\sin \left[ \left( \log \left( \frac{f}{f_0} \right)^b \right) \right]}{\left[ \left( \log_{10} \left( \frac{f}{f_0} \right) \right)^b \right]^4} \quad (2.27)$$

dengan  $f$  adalah frekuensi,  $f_0$  adalah frekuensi pusat dilakukannya penghalusan data dan  $b$  adalah koefisien *bandwidth*. Koefisien *bandwidth* merupakan faktor penambahan yang mengontrol penghalusan data. Nilai  $b$  yang kecil akan menghasilkan penghalusan data yang signifikan, sedangkan nilai  $b$  yang besar akan menghasilkan penghalusan data yang lebih rendah.

## 2.15 Periode Dominan Tanah

Frekuensi dominan tanah diperoleh dari perhitungan HVSR. Perhitungan nilai percepatan tanah berdasarkan metode Kanai (1966) dan Tong-Katayama (1988), salah satu input persamaannya adalah nilai periode dominan tanah. Nilai periode dapat dihitung berdasarkan hubungan:

$$T = \frac{1}{f} \quad (2.28)$$

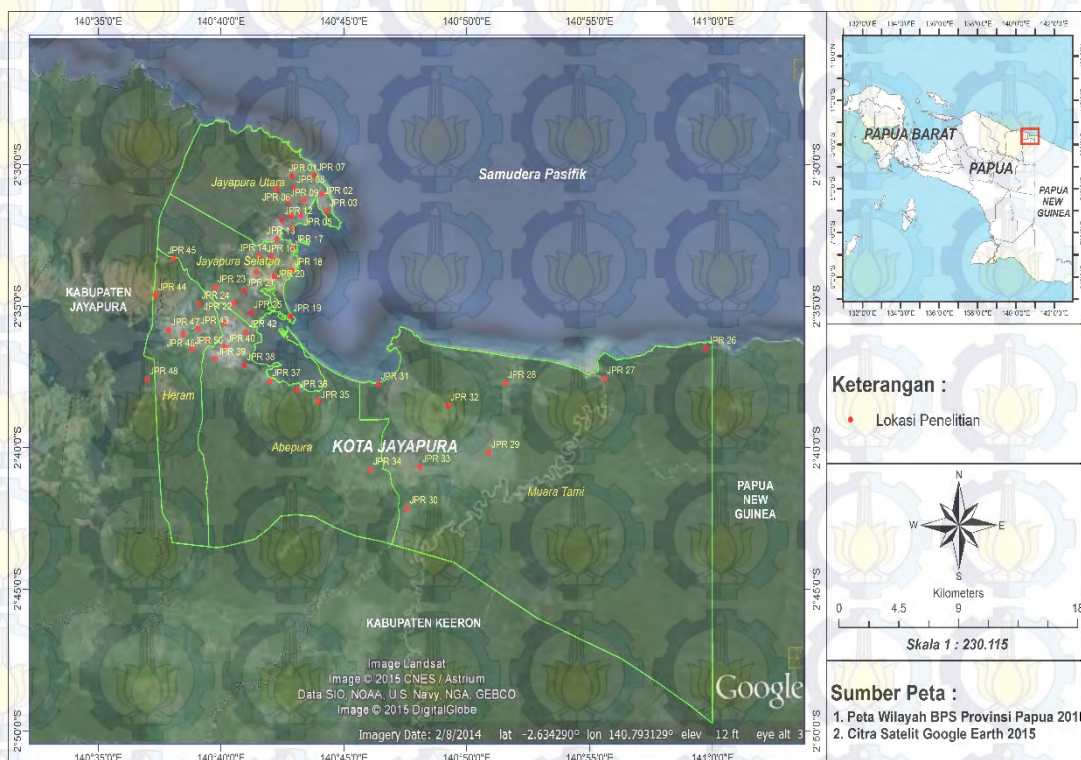
dengan  $T$  adalah Periode dan  $f$  adalah frekuensi.



## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1 Area Penelitian

Area pada penelitian ini yaitu wilayah Kota Jayapura yang meliputi 5 (lima) distrik yaitu Distrik Jayapura Utara, Distrik Jayapura Selatan, Distrik Abepura, Distrik Heram dan Distrik Muara Tami dengan kurang lebih 50 titik pengukuran. Peta area penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1

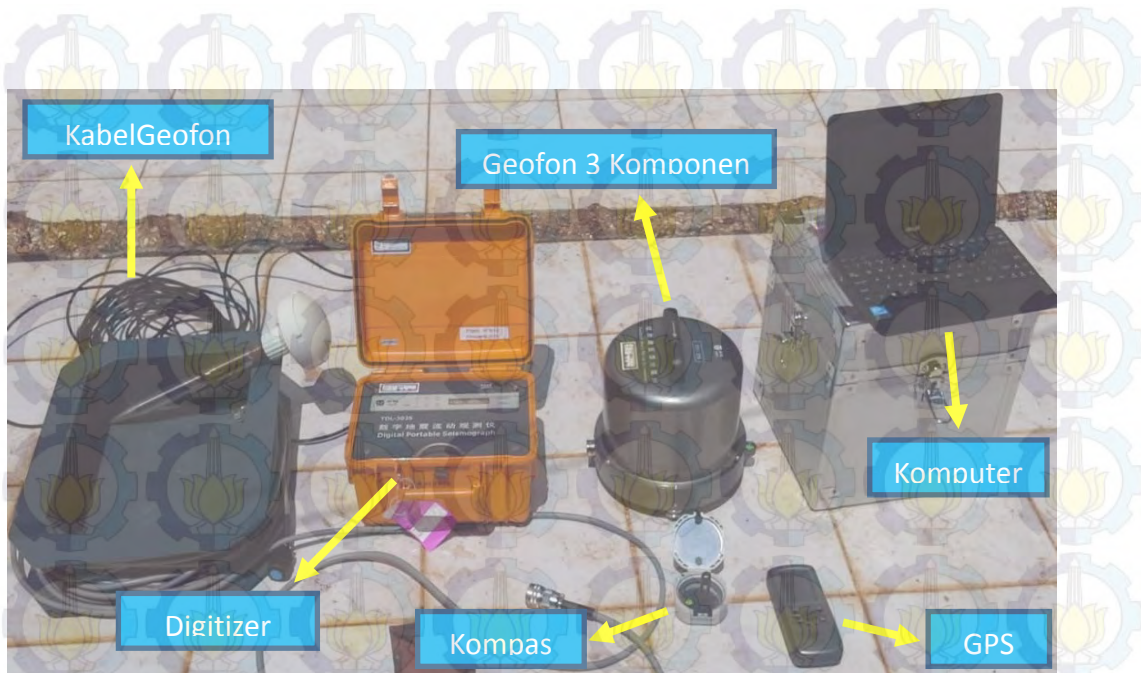


Gambar 3.1 Peta area penelitian

### 3.2. Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah Digital Portable Seismograph TDL-303. Seperangkat alat ini terdiri dari: Geofon 3 komponen arahnya yaitu komponen vertikal, horizontal (Utara-Selatan) dan horizontal (Timur-Barat), kabel Geofon, Digitizer, GPS, Kompas, Komputer dapat dilihat pada Gambar 3.2





Gambar 3.2 Perangatalat pengukuran mikrotremor

### 3.3 Tahap Penelitian

#### 3.3.1 Pengumpulan dan Pengambilan Data

##### 1. Tinjauan petageologi

Tinjauan petageologi digunakan untuk mengetahui kondisi geologi, formasi batuan dan jenis batuan pada area penelitian. Informasi dari petageologi akan digunakan sebagai data pendukung dalam interpretasi data yang diperoleh.

##### 2. Akuisisi data mikrotremor

Pengambilan data mikrotremor dilakukan dengan menggunakan alat Digital Portable Seismograph pada 50 titik pengukuran yang tersebar di wilayah Kota Jayapura yang meliputi lima distrik yaitu Distrik Jayapura Utara, Distrik Jayapura Selatan, Distrik Abepura, Distrik Heram dan Distrik Muara Tami. Durasi pengukuran pada masing-masing titik selama 30 menit pada interval sampling 100 Hz.

##### 3. Data gempabumi

Data gempabumi yang digunakan adalah data gempabumi yang pernah terjadi dalam kurun 50 tahun dari tahun 1964-2014 yang diperoleh dari NCEDC (Northern California Earthquake Data Center) USA (Lampiran. 3).



Dari data gempa yang diperoleh tersebut kemudian dilakukan pemilihan gempa-gempa yang besar dan dekat dengan lokasi penelitian. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai percepatan tanah dari data gempa yang dipilih, dimana hasil dari perhitungan tersebut akan digunakan sebagai gempa acuan untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum.

### 3.3.2 Pengolahan Data

Pengolahan data mikrotremor dilakukan dengan menggunakan software Geopsy yaitu menggunakan metode HVSR. Metode ini digunakan untuk mengestimasi frekuensi natural dan amplifikasi wilayah setempat. Dengan mengetahui frekuensi natural tanah maka dapat ditentukan pula nilai perioda dominan tanah. Pengolahan data mikrotremor dapat dilakukan dengan beberapa tahap yaitu:

#### 1. Windowing

Analisis HVSR dilakukan minimal pada 10 window yang stationer (tetap), sebagaimana disarankan SESAME (2004).

#### 2. FFT (Fast Fourier Transform)

Pada masing-masing window tersebut kemudian dilakukan Fast Fourier Transformasi (FFT) untuk mengubahnya dari domain deret waktu menjadi deret frekuensi. Fast Fourier Transform (FFT) ini dilakukan pada setiap komponen NS, EW dan UD. Spektrum komponen horizontalnya (NS dan EW).

#### 3. Penghalusan (*smoothing*) data

Setelah dilakukan proses Fast Fourier Transform (FFT) maka selanjutnya dilakukan *smoothing* data dengan menggunakan filter penghalusan Konno dan Ochmachi (1998) dengan koefisien bandwidth sebesar 10. Persamaan dapat dilihat pada persamaan (2.27)

#### 4. Pengabungan komponen Horizontal dan Vertikal

Data yang telah dihaluskan kemudian dianalisis dengan metode rasio spektrum (HVSR). Spektrum komponen Horizontal (NS dan EW) digabungkan, kemudian dibagi dengan komponen Vertikal (V) sehingga menghasilkan H/V.



Spektrum rasio vertikal terhadap horizontal  $R(T)$ , diestimasi dengan menggunakan persamaan:

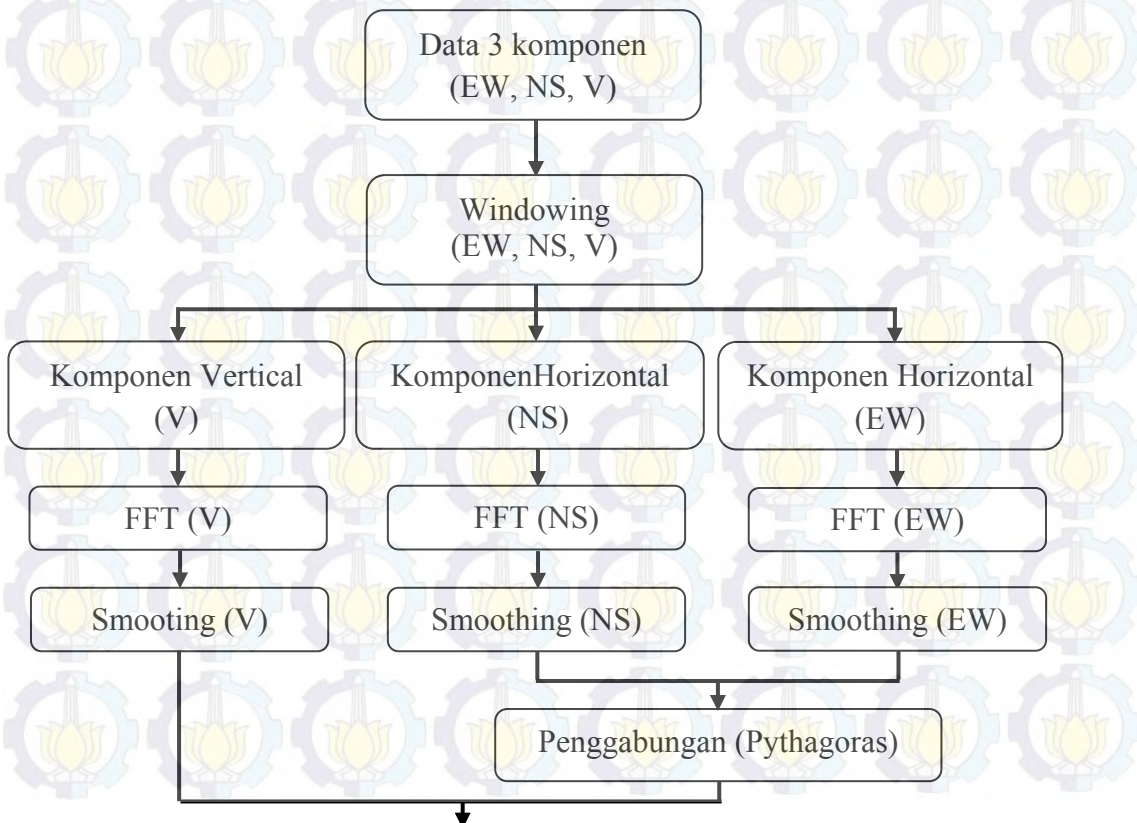
$$R(T) = \frac{\sqrt{F_{NS}(T)^2 + F_{EW}(T)^2}}{F_Z} \quad (3.1)$$

dengan  $F_{NS}$  adalah spektrum Fourier arah Utara-Selatan,  $F_{EW}$  adalah spektrum Fourier arah Timur-Barat dan  $F_Z$  adalah spektrum Fourier arah Vertikal.

#### 5. Rata-rata nilai HVSR

Proses terakhir adalah menghitung rata-rata nilai H/V semua window. Setelah memperoleh spektra H VSR untuk masing-masing window, maka dirata-ratakan dan diplot sebagai spektrum HVSR untuk masing-masing titik pengukuran, sehingga didapatkan nilai H/V untuk data yang diolah tersebut.

Proses HVSR menghasilkan nilai frekuensi natural. Setelah diketahui nilai frekuensi, maka nilai periode dominannya juga dapat diketahui. Nilai periode inilah yang nantinya akan digunakan sebagai salah satu nilai masuk ke dalam perhitungan tingkat bahaya gempa bumi.





Gambar 3.3 Diagram alir pengolahan data mikrotremordengan metode HVSR

### 3.3.3 Perhitungan Nilai Percepatan Tanah Maksimum ( $\alpha_g$ ), Indeks Kerentanan Seismik ( $K_g$ ) dan *Ground Shear Strain* ( $\gamma$ )

#### 1. Perhitungan nilai percepatan tanah maksimum ( $\alpha_g$ )

Nilai percepatan tanah maksimum dihitung dengan menggunakan persamaan Kanai (1966) dan persamaan Tong-Katayama (1988). Persamaan Kanai (1966) dapat dilihat pada persamaan (2.10) sedangkan persamaan Tong-Katayama (1988) dapat dilihat pada persamaan (2.11)

#### 2. Perhitungan Indeks kerentanan seismik ( $K_g$ )

Indeks kerentanan seismik diperoleh dari frekuensi natural, amplifikasi dan kecepatan basement ( $v_b$ ).

Indeks kerentanan seismik dihitung dengan menggunakan persamaan (2.18).

a. Kecepatan basement ( $v_b$ ) diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$v_b = 4Af_0h \quad (3.2)$$

dengan  $f_0$  adalah frekuensi natural,  $A$  adalah amplifikasi dan  $h$  adalah ketebalan sedimen.

b. Ketebalan sedimen menggunakan persamaan:

$$h = \frac{v_s}{4f_0} \quad (3.3)$$

c. Kecepatan gelombang S ( $v_s$ ) diperoleh yaitu dengan cara mendownload data ( $v_s$ ) dari web United State Geological Survey (USGS). Data yang tersedia di USGS yaitu berupa data ( $v_s$ ) di setiap titik koordinat (lintang dan bujur) dipermukaan bumi. Selanjutnya, untuk menentukan ( $v_s$ ) di setiap titik lokasi penelitian maka digunakan software Surfer. Penggunaan Surfer yaitu untuk mencocokkan nilai ( $v_s$ ) yang telah didownload dari USGS dengan setiap titik koordinat lokasi penelitian.

#### 3. Perhitungan *Ground shear strain* ( $\gamma$ )



Dengan mengetahui nilai percepatan tanah maksimum dan indeks kerentanan seismik, maka dapat dihitung nilai *ground shear strain* yaitu dengan menggunakan persamaan (2.19)

### 3.3.4 Pembuatan Peta Nilai Percepatan Tanah Maksimum ( $a_g$ ), Indeks Kerentanan ( $K_g$ ) dan *Ground Shear Strain* ( $\gamma$ )

Nilai sebaran percepatan tanah maksimum, indeks kerentanan seismik dan *ground shear strain* yang telah diperoleh selanjutnya dipetakan untuk mendapatkan peta zona nilai percepatan tanah maksimum, indeks kerentanan dan *ground shear strain*.

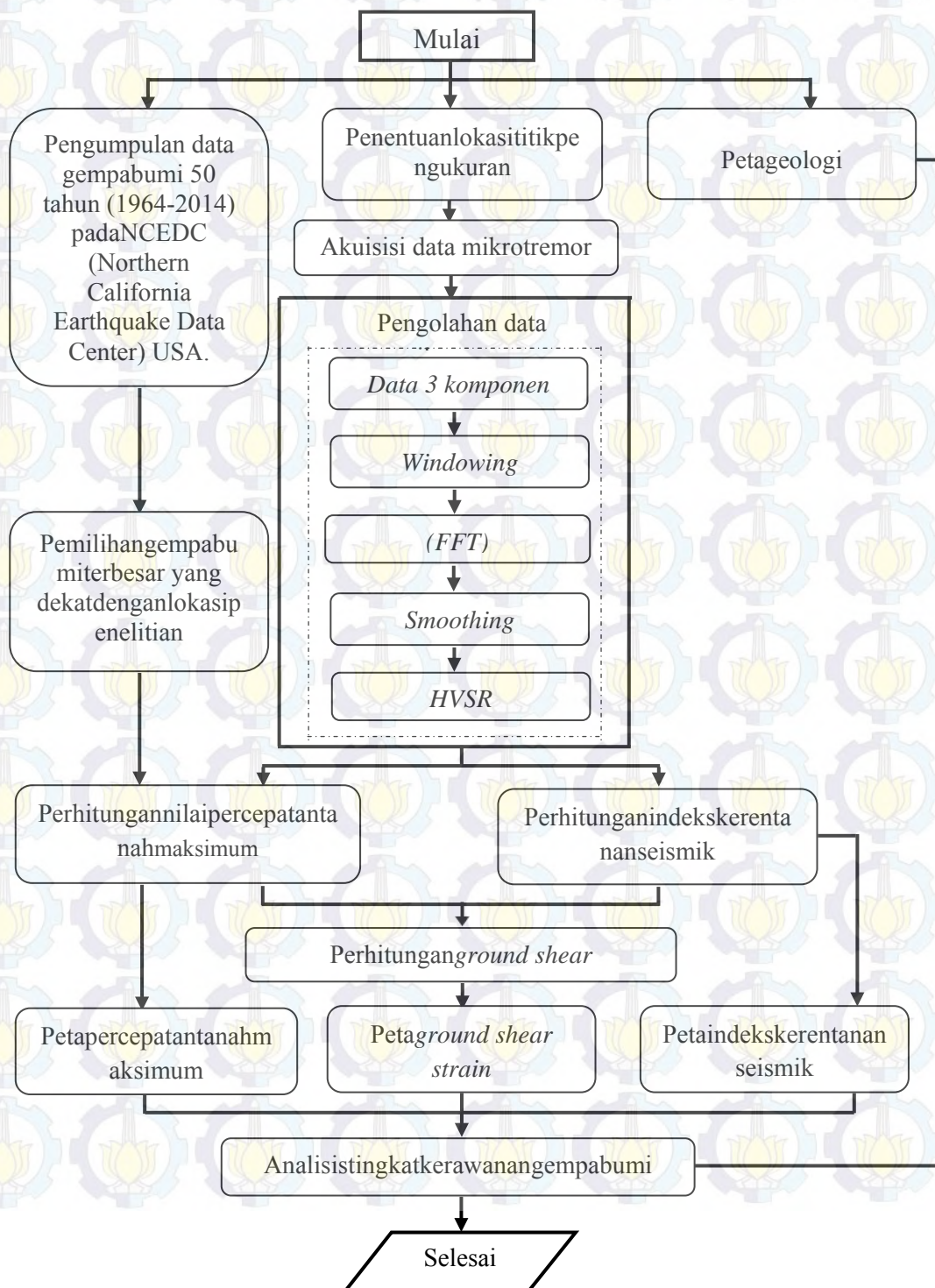
Pembuatan peta menggunakan software ArcGIS.

### 3.3.5 Analisis Tingkat Kerawanan Gempabumi

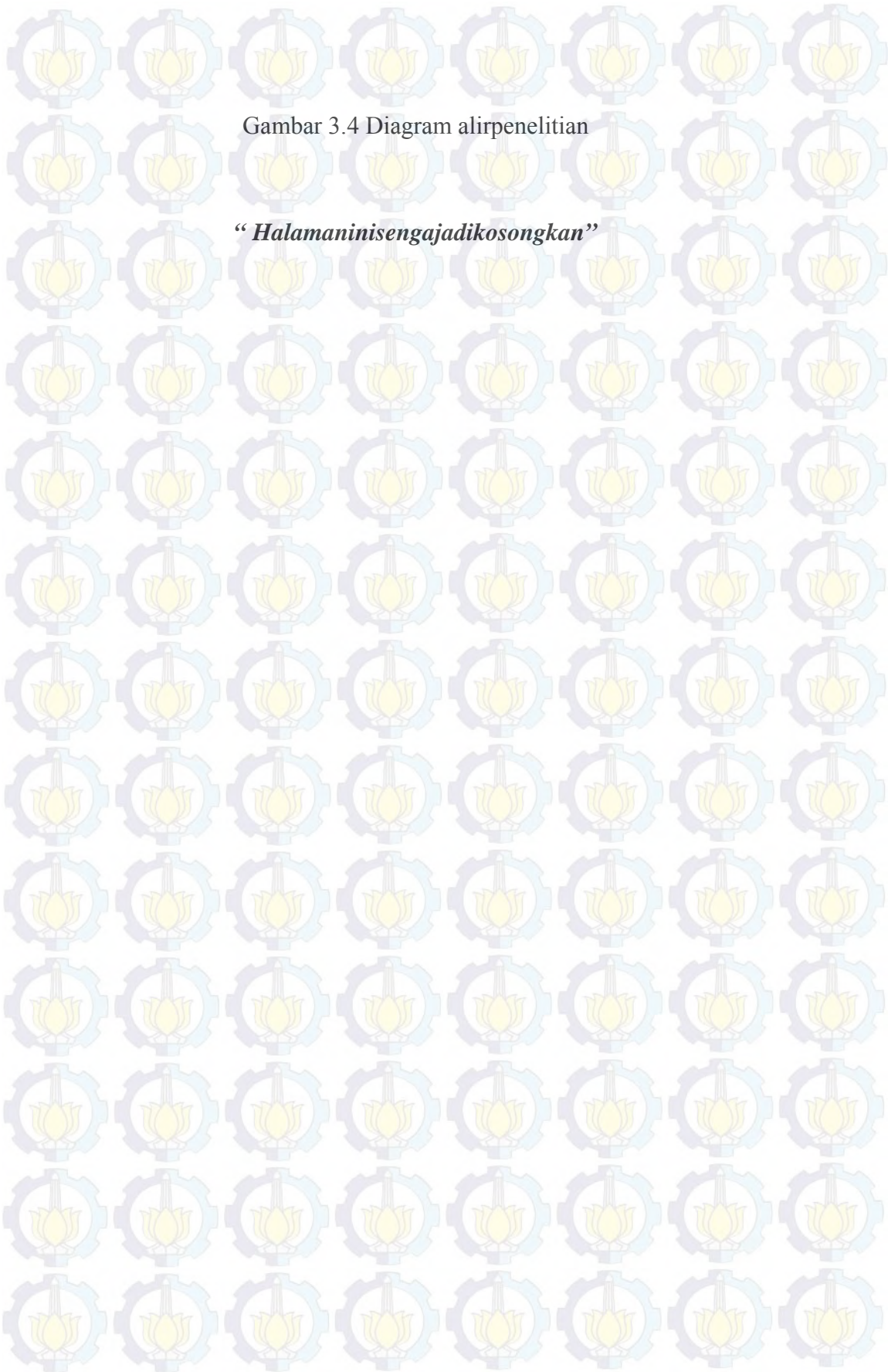
Tingkat kerawanan gempabumi dianalisis berdasarkan nilai sebaran percepatan tanah maksimum, indeks kerentanan seismik dan *ground shear strain* dan informasi geologi wilayah penelitian.



### 3.4 Diagram Alir Penelitian







Gambar 3.4 Diagram alir penelitian

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



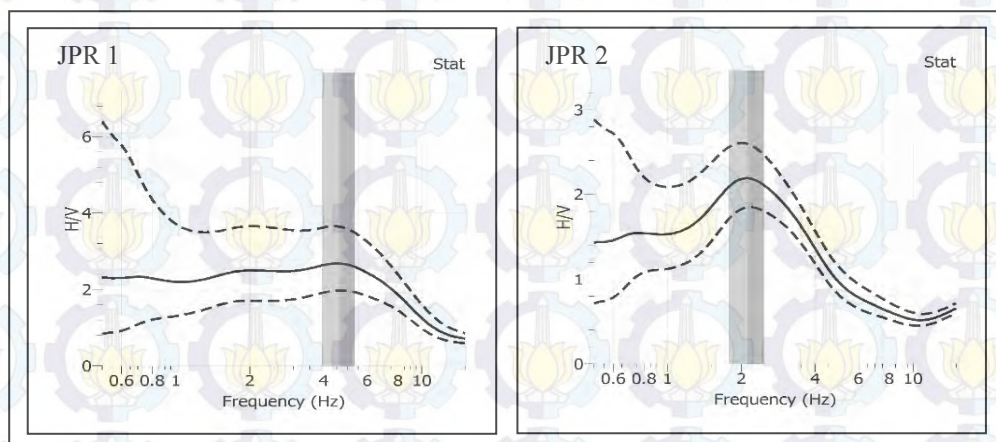
## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian tentang perkiraan nilai percepatan tanah maksimum, indeks kerentanan seismik dan *ground shear strain* dikembangkan untuk menentukan dan memetakan wilayah-wilayah di Kota Jayapura yang memiliki tingkat resiko tinggi terhadap bahaya gempa bumi. Nilai percepatan tanah, indeks kerentanan seismik dan *ground shear strain* digunakan untuk menggambarkan tingkat kerawanan suatu kawasan terhadap bahaya gempa bumi yang terjadi. Nilai-nilai ini ditentukan dari hasil perhitungan dengan melibatkan nilai periode dominan tanah dan amplifikasi.

#### 4.1 Spektrum H/V

Spektrum H/V diperoleh dari pengolahan spektrum 3 (tiga) komponen hasil pengukuran di lapangan yang terdiri atas komponen Utara-Selatan (NS), Timur-Barat (EW) dan Vertikal (V), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan Lampiran 2. Metode HVSR menampilkan pembagian antara komponen Horizontal yang telah digabungkan dengan komponen Vertikal dan menghasilkan H/V. Spektrum H/V yang dihasilkan terdiri atas spektrum H/V rata-rata (garis hitam), spektrum H/V standar deviasi (garis hitam putus-putus) dan nilai frekuensi puncak (arsiran vertikal). Tampilan spektrum H/V pada 2 titik pengukuran pertama ditunjukkan pada Gambar 4.1. Tampilan spektrum H/V pada 48 titik pengukuran selanjutnya ditampilkan pada Lampiran 1.



Gambar 4.1 Spektrum H/V pada titik pengukuran JPR 1 dan JPR 2



## 4.2 Frekuensi dan Amplifikasi

Nilai frekuensi dominan tanah dan amplifikasi diperoleh dari analisa kurva HVSR. Nilai-nilai tersebut disajikan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Nilai frekuensi dan amplifikasi pada 50 titik pengukuran

Titik Pengukuran	Koordinat		Frekuensi (Hz)	Amplifikasi
	Lintang (LS)	Bujur (BT)		
JPR 1	2,5069	140,7151	4,5069	2,6806
JPR 2	2,5174	140,7352	2,1165	2,1809
JPR 3	2,5275	140,7384	6,3545	2,1619
JPR 4	2,5210	140,7230	2,8834	2,3276
JPR 5	2,5296	140,7210	3,1965	3,2427
JPR 6	2,5143	140,7042	0,8966	2,5733
JPR 7	2,5067	140,7302	1,8448	1,2755
JPR 8	2,5138	140,7162	5,3515	2,2566
JPR 9	2,5216	140,7121	1,6641	2,6180
JPR 10	2,5303	140,7144	2,7861	1,7908
JPR 11	2,5377	140,7151	1,4015	2,0680
JPR 12	2,5322	140,7089	2,4283	1,5964
JPR 13	2,5439	140,7043	0,6582	1,6012
JPR 14	2,5538	140,6923	0,7815	2,1988
JPR 15	2,5633	140,6907	3,9282	2,6436
JPR 16	2,5543	140,7009	3,1965	2,3564
JPR 17	2,5490	140,7152	6,1399	1,7331
JPR 18	2,5624	140,7157	2,0451	2,5157
JPR 19	2,5896	140,7138	2,2671	4,1794
JPR 20	2,5658	140,7026	2,0451	3,8100
JPR 21	2,5744	140,6823	4,9962	1,6362
JPR 22	2,5816	140,6759	0,7296	1,8054
JPR 23	2,5723	140,6627	5,7322	1,0217
JPR 24	2,5820	140,6517	2,1905	1,3628
JPR 25	2,5874	140,6872	0,7050	1,5789
JPR 26	2,6084	140,9954	0,8966	1,5832
JPR 27	2,6262	140,9268	6,1399	1,3327
JPR 28	2,6287	140,8596	0,7050	1,2023
JPR 29	2,6697	140,8483	0,8371	2,0537
JPR 30	2,7025	140,7930	1,4505	2,7526
JPR 31	2,6295	140,7733	0,8088	0,7245
JPR 32	2,6421	140,8206	1,7825	1,3859



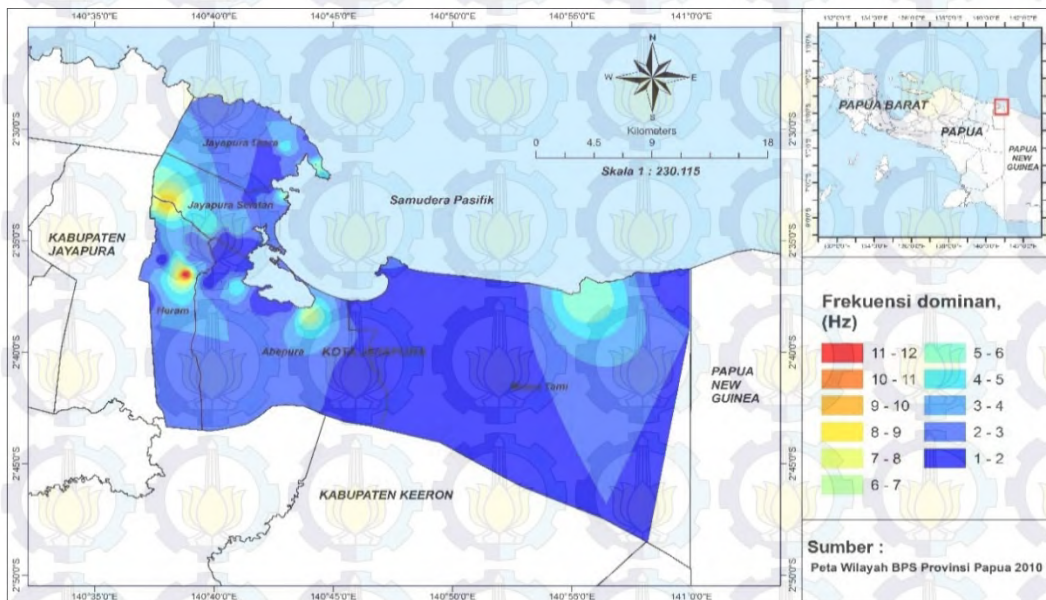
JPR 33	2,6782	140,8014	0,8664	1,1316
JPR 34	2,6798	140,7681	1,5536	0,8159
JPR 35	2,6393	140,7328	7,0444	1,3140
JPR 36	2,6329	140,7182	1,6641	4,5002
JPR 37	2,6276	140,6998	0,7551	1,8513
JPR 38	2,6182	140,6824	5,3515	2,1097
JPR 39	2,6143	140,6626	0,9604	1,4136
JPR 40	2,6073	140,6690	0,8966	6,7278
JPR 41	2,5934	140,6690	1,5012	2,1723
JPR 42	2,5988	140,6836	0,6812	1,6629
JPR 43	2,5968	140,6510	2,1905	1,8921
JPR 44	2,5770	140,6223	2,1905	2,1772
JPR 45	2,5555	140,6347	9,2727	1,3331
JPR 46	2,6002	140,6410	6,8065	1,8140
JPR 47	2,5976	140,6313	0,8663	2,2849
JPR 48	2,6266	140,6166	0,6359	2,4671
JPR 49	2,6033	140,6574	3,1965	2,0000
JPR 50	2,6086	140,6471	12,6325	1,5153

#### 4.2.1 Frekuensi Dominan

Nilai frekuensi dominan diperoleh dari hasil analisa kurva H/V. Nilai frekuensi dominan terendah adalah 0,6359Hz terdapat pada titik JPR 48 yaitu di Distrik Heram pada koordinat 2<sup>o</sup>37'35,84'' LS dan 140<sup>o</sup>36'59,62'' BT. Daerah ini memiliki morfologi dengan ketinggian sekitar 103 meter. Ketinggian tersebut mencerminkan bahwa daerah ini termasuk dataran rendah. Nilai frekuensi tertinggi adalah 12,6325 Hz terdapat pada titik JPR 50 yang juga beradadi Distrik Heram pada koordinat 2<sup>o</sup>36'30,96'' LS dan 140<sup>o</sup>38'49,71 BT. Daerah ini memiliki morfologi dengan ketinggian sekitar 72 meter. Tinjauan secara geologi (Lampiran 3) menunjukkan bahwa kedua titik ini memiliki jenis batuan yang sama yaitu termasuk dalam formasi Makas yang terdiri dari gres, berselingan dengan batu lanau dan batu lempung, sisipan napal dan konglomerat.



Nilai frekuensi rendah menunjukkan daerah tersebut merupakan daerah yang memiliki potensi bahaya paling tinggi. Peta sebaran nilai frekuensi wilayah Kota Jayapura dapat dilihat pada Gambar 4.2. Dari peta tersebut dapat diketahui daerah-daerah yang memiliki frekuensi rendah sampai frekuensi tinggi.



Gambar 4.2 Peta sebaran nilai frekuensi wilayah Kota Jayapura

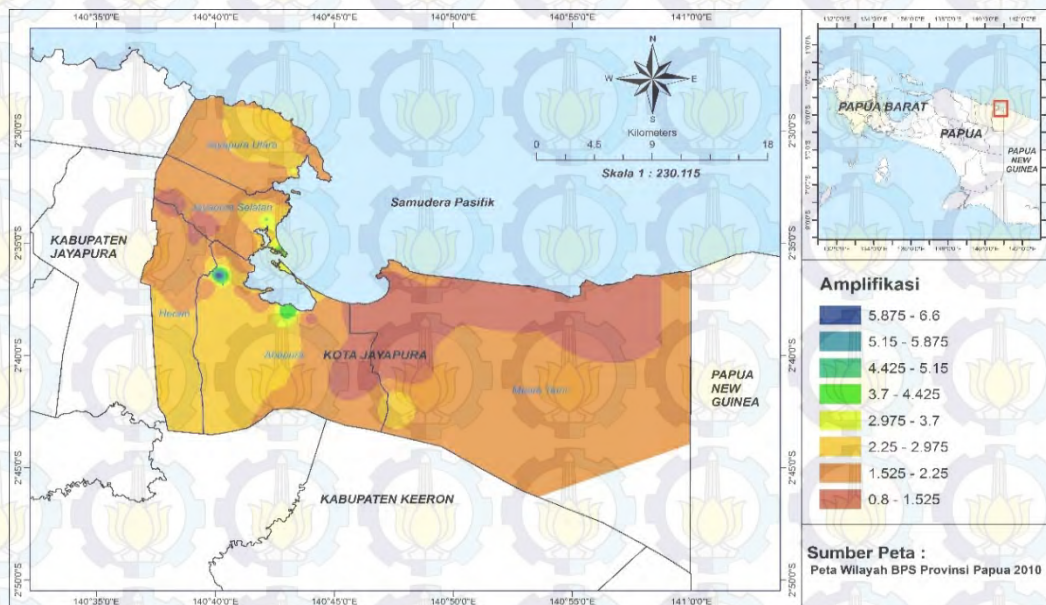
#### 4.2.2 Amplifikasi

Hasil analisa kurva H/V juga dapat mengetahui nilai amplifikasi. Nilai amplifikasi terendah adalah 0,7245 terdapat pada titik JPR 31 yaitu di Distrik Muara Tami pada koordinat  $2^{\circ}37'46,34''$  LS dan  $140^{\circ}46'23,79$  BT. Daerah ini memiliki morfologi dengan ketinggian sekitar 3 meter dan memiliki jenis batuan aluvial dan endapan pantai yang terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lanau dan lumpur di lingkungan rawa dan pantai. Nilai Amplifikasi tertinggi adalah 6,7278 terdapat pada titik JPR 40 yaitu di Distrik Abepura pada koordinat  $2^{\circ}37'46,34''$  LS dan  $140^{\circ}46'23,79$  BT, memiliki morfologi dengan ketinggian sekitar 10 meter dan termasuk dalam formasi makats yang terdiri dari grawak, berselingan dengan batu lanau dan batu lempung, sisipan napal dan konglomerat. Nilai amplifikasi menunjukkan kontras antara lapisan permukaan dengan lapisan batuan dasar. Dalam analisa resiko gempa bumi, kontras yang tinggi antar lapisan mengakibatkan resiko yang tinggi apabila terjadi gempa bumi. Nilai amplifikasi tinggi menunjukkan kontras lapisan yang tinggi,



artinya densitas ( $\rho$ ) antar lapisan yang satu dan yang lainnya berbeda. Nilai amplifikasi dipengaruhi oleh kecepatan gelombang. Apabila kecepatan gelombang semakin kecil maka amplifikasinya semakin besar, ini menunjukkan bahwa amplifikasi berhubungan dengan tingkat kepadatan batuan, yang mana berkurangnya kepadatan batuan dapat meningkatkan nilai amplifikasi, karena batuan kurang padat akan memperlambat durasi penjalaran gelombang padalapisan tersebut dan memperbesar amplitudo gelombangnya, sehingga mengakibatkan guncangan terhadap bangunan di atas permukaan. Hal ini yang dapat menyebabkan tingkat potensi resiko bencana gempa bumi semakin besar. Nilai amplifikasi menurun pada batuan yang padat, karena amplitudo gelombang yang menjalar dibatuan padat akan relative lebih kecil.

Peta sebaran nilai amplifikasi wilayah Kota Jayapura dapat dilihat pada Gambar 4.3. Dari peta tersebut dapat diketahui daerah-daerah yang memiliki amplifikasi terendah sampai amplifikasi tertinggi.



Gambar 4.3 Peta sebaran nilai amplifikasi wilayah Kota Jayapura

#### 4.3 Periode Dominan, Percepatan Getaran Tanah Maksimum, Ketebalan Lapisan Sedimen, Indeks Kerentanan Seismik, dan *Ground Shear Strain*

Nilai frekuensi dan amplifikasi yang telah diperoleh digunakan untuk menghitung periode dominan, nilai percepatan tanah maksimum, ketebalan lapisan sedimen, indeks kerentanan seismik, dan *ground shear strain*. Nilai-nilai tersebut disajikan pada tabel 4.2.



Tabel 4.2 Nilai periode dominan, nilai percepatan tanah maksimum, ketebalan lapisan sedimen, indeks kerentanan seismik, dan *ground shear strain*.

Titik Pengukuran	To (detik)	$\alpha$ Kanai (gal)	$\alpha$ Tong-Katayama (gal)	h (m)	Kg ( $s^2/cm$ )	$\gamma$ Kanai	$\gamma$ Tong-Katayama
JPR 1	0,2219	110,4773	56,9862	42,2984	7,90E-07	8,72E-05	4,5E-05
JPR 2	0,4725	66,3022	48,2323	51,0455	2,41E-06	0,00016	0,000116
JPR 3	0,1574	112,2332	45,3560	13,7952	9,82E-07	0,00011	4,46E-05
JPR 4	0,3468	83,8751	53,4886	53,6504	1,32E-06	0,000111	7,06E-05
JPR 5	0,3128	89,1103	54,0162	43,2896	1,86E-06	0,000165	0,0001
JPR 6	1,1153	53,3277	69,1559	212,5085	3,81E-06	0,000203	0,000264
JPR 7	0,5421	63,8462	50,7219	78,5205	1.20804E-06	7,71E-05	6,13E-05
JPR 8	0,1869	119,6513	56,3123	34,382	5,80028E-07	6,94E-05	3,27E-05
JPR 9	0,6009	68,6448	60,8716	110,1877	2,17E-06	0,000149	0,000132
JPR 10	0,3589	87,0397	57,8609	58,3463	1,00E-06	8,71E-05	5,79E-05
JPR 11	0,7135	61,0098	58,7350	88,5995	3,01E-06	0,000183	0,000177
JPR 12	0,4118	84,8871	61,8907	70,4208	9,73E-07	8,26E-05	6,02E-05
JPR 13	1,5194	44,7085	69,5105	200,7817	4,66E-06	0,000208	0,000324
JPR 14	1,2796	52,0714	74,8706	171,5735	5,31E-06	0,000277	0,000398
JPR 15	0,2546	115,3558	67,1196	37,8099	1,15E-06	0,000132	7,7E-05
JPR 16	0,3128	99,0713	62,8674	38,1834	1,53E-06	0,000151	9,61E-05
JPR 17	0,1629	125,8045	54,7191	18,987	6,13E-07	7,71E-05	3,35E-05
JPR 18	0,4890	71,0896	54,6724	53,3807	2,85E-06	0,000203	0,000156
JPR 19	0,4411	70,1603	49,6409	24,9691	8,24E-06	0,000578	0,000409
JPR 20	0,4890	76,2962	60,4889	61,1804	3,77E-06	0,000288	0,000228
JPR 21	0,2002	133,0164	68,9677	30,4803	5,44E-07	7,24E-05	3,75E-05
JPR 22	1,3706	51,5528	78,1875	197,5253	4,35E-06	0,000224	0,00034
JPR 23	0,1745	163,8446	84,3229	24,8002	3,17E-07	5,2E-05	2,68E-05
JPR 24	0,4565	103,9898	89,9033	56,825	1,26E-06	0,000132	0,000114
JPR 25	1,4185	46,1770	68,6822	192,728	4,17215E-06	0,000193	0,000287
JPR 26	1,1153	13,1140	9,4744	171,6977	2,90E-06	3,81E-05	2,75E-05
JPR 27	0,1629	42,1875	11,6484	20,2585	4,42E-07	1,86E-05	5,14E-06
JPR 28	1,4185	18,1544	18,2793	119,9099	5,11E-06	9,27E-05	9,33E-05
JPR 29	1,1946	19,2061	17,1821	71,8507	1,03E-05	0,000198	0,000177
JPR 30	0,6894	28,3060	19,2631	75,7449	4,37E-06	0,000124	8,42E-05
JPR 31	1,2364	27,7751	29,7619	78,7697	3,56E-06	9,88E-05	0,000106
JPR 32	0,5610	32,8474	20,3133	64,912	1,70E-06	5,59E-05	3,45E-05
JPR 33	1,1543	22,6788	21,1330	62,0291	6,15E-06	0,00014	0,00013
JPR 34	0,6437	34,1241	23,7997	60,0031	1,43E-06	4,87E-05	3,39E-05



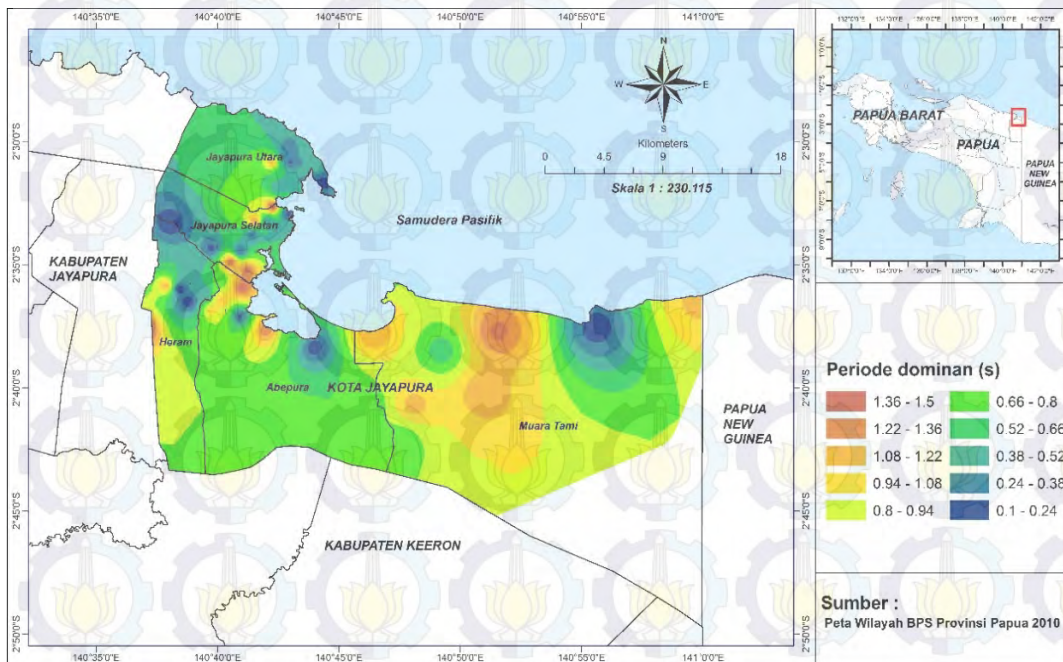
JPR 35	0,1420	95,4451	33,4572	18,7469	3,58E-07	3,41E-05	1,2E-05
JPR 36	0,6009	50,7194	39,5621	85,9309	4,79E-06	0,000243	0,000189
JPR 37	1,3243	38,0005	49,0975	209,4279	3,92E-06	0,000149	0,000193
JPR 38	0,1869	114,6933	53,0075	27,2971	6,83009E-07	7,83E-05	3,62E-05
JPR 39	1,0412	54,6182	67,6737	175,7504	2,20708E-06	0,000121	0,000149
JPR 40	1,1153	52,9380	68,4303	120,4133	1,76E-05	0,000931	0,001204
JPR 41	0,6662	73,2752	72,4333	83,3367	2,93E-06	0,000215	0,000212
JPR 42	1,4681	44,2861	66,5932	174,0208	5,21E-06	0,000231	0,000347
JPR 43	0,4565	96,3899	80,4410	58,6494	1,70E-06	0,000164	0,000137
JPR 44	0,4565	128,0071	122,9460	59,0038	1,95E-06	0,000249	0,000239
JPR 45	0,1078	275,2904	127,6974	19,4883	2,01E-07	5,54E-05	2,57E-05
JPR 46	0,1469	175,5469	82,0564	18,789	5,27E-07	9,26E-05	4,33E-05
JPR 47	1,1543	66,8140	98,7912	141,8974	5,43E-06	0,000363	0,000536
JPR 48	1,5725	49,4711	82,8520	260,8887	5,92E-06	0,000293	0,00049
JPR 49	0,3128	108,5286	71,6979	38,7119	1,34E-06	0,000146	9,63E-05
JPR 50	0,0792	220,5042	72,4607	12,7462	1,89E-07	4,16E-05	1,37E-05

#### 4.3.1 Periode Dominan

Nilai periode dominan dihitung dari formulasi hubungan frekuensi dan periode. Nilai periode berbanding terbalik dengan nilai frekuensi, semakin besar nilai frekuensi maka nilai periode dominan semakin kecil dan sebaliknya. Nilai periode dominan mempengaruhi nilai percepatan tanah. Sebaran nilai periode dominan wilayah Kota Jayapura dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Nilai periode dominan terendah adalah 0,0792 detik terdapat pada titik JPR 50 yaitu di Distrik Heram pada koordinat  $2^{\circ}36'30,96''$  LS dan  $140^{\circ}38'49,71''$  BT. Sedangkan nilai periode dominan tertinggi adalah 1,5725 terdapat pada titik JPR 48 yang juga berada pada Distrik Heram pada koordinat  $2^{\circ}37'35,84''$  LS dan  $140^{\circ}36'59,62''$  BT. Kedua titik ini memiliki jenis batuan yang sama yaitu termasuk dalam Formasi Makats yang terdiri dari gres, berselingan dengan batu lanau dan batu lempung, sisipan napal dan konglomerat.





Gambar 4.4 Peta sebaran nilai periode dominan wilayah Kota Jayapura

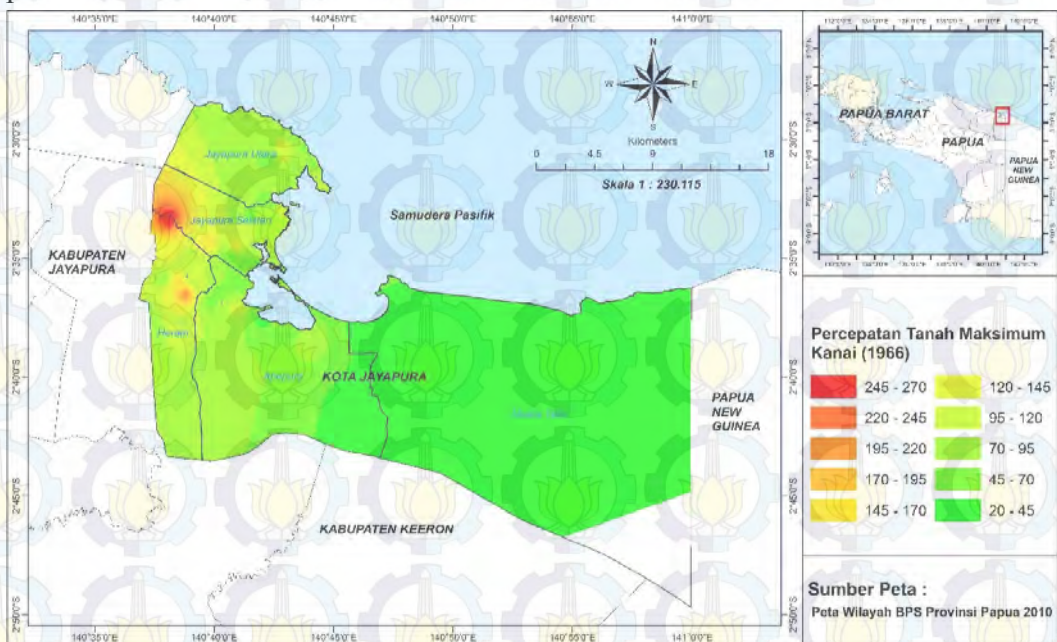
#### 4.3.2 Percepatan Tanah Maksimum

Percepatan tanah maksimum dihitung menggunakan persamaan Kanai (1966) dengan melibatkan nilai periode dominan tanah. Kejadian gempa bumi yang digunakan sebagai acuan dalam menghitung nilai percepatan getaran tanah maksimum yaitu kejadian gempa bumi 21 Oktober 2003,  $M = 5,3$  SR, kedalaman 10 km dengan lokasi episenter  $2,5160^{\circ}$ LS dan  $140,5720^{\circ}$  BT. Kejadian gempa bumi ini merupakan kejadian terbesar yang pernah terjadi dalam kurun 50 tahun dari tahun 1964-2014.

Distribusi nilai percepatan tanah maksimum dengan metode Kanai (1966) ditunjukkan pada Gambar 4.5. Nilai percepatan tanah terendah adalah  $13,1140$  gal terdapat pada titik JPR 26 yaitu di Distrik Muara Tami pada koordinat  $2^{\circ}33'19,88''$  LS dan  $140^{\circ}38'4,89''$  BT. Titik JPR 26 memiliki jenis batuan batu gamping koral yang terdiri dari batu gamping koral, pasiran, pejal, batu pasir, gampingan dan konglomerat. Sedangkan nilai percepatan tanah tertinggi adalah  $275,2904$  gal terdapat pada titik JPR 45 yaitu di antara Distrik Jayapura Selatan dan Distrik Herampada koordinat  $2^{\circ}36'30,32''$  LS dan  $140^{\circ}59'43,47''$  BT. Titik JPR 45 memiliki jenis batuan ultramefik yang terdiri dari batuan harsburgit, serpentinit, piroksenit dan dunit.

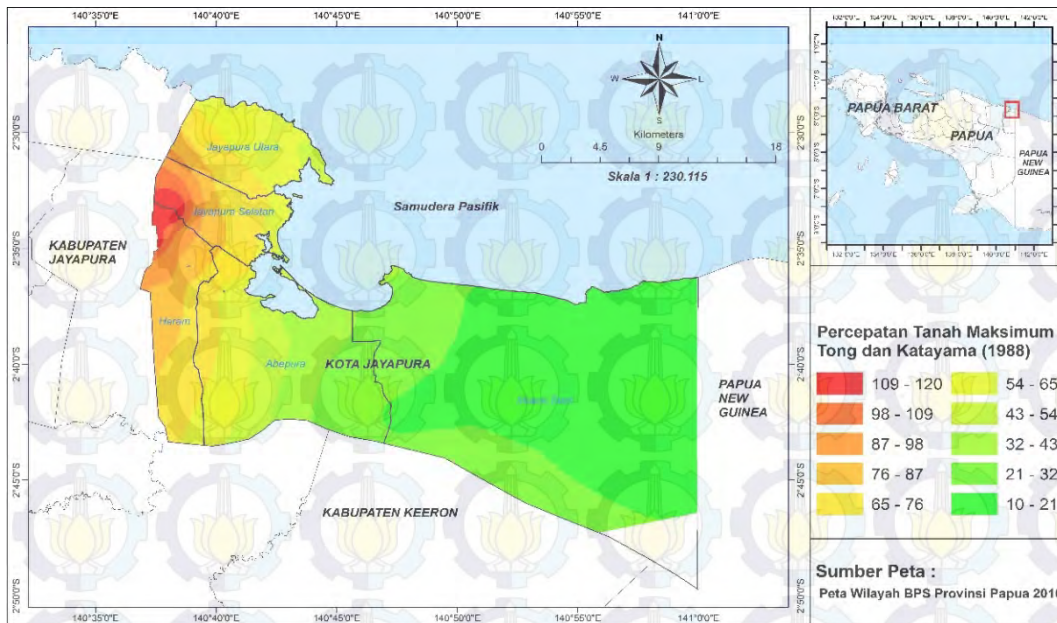


Percepatan tanah juga dihitung dengan menggunakan persamaan Tong-Katayama (1988) dengan melibatkan nilai periode dominan tanah. Distribusi nilai percepatan tanah dengan metode Tong dan Katayama (1988) ditunjukkan pada Gambar 4.6. Nilai percepatan tanah terendah adalah 9,4744 gal terdapat pada titik JPR 26 yaitu di Distrik Muara Tami pada koordinat  $2^{\circ}33'19,88''$  LS dan  $140^{\circ}38'4,89''$  BT. Titik JPR 26 memiliki jenis batuan batu gamping koral yang terdiri dari batu gamping koral, pasir, pejal, batu pasir, gampingan dan konglomerat. Sedangkan nilai percepatan tanah tertinggi adalah 127,6974 gal terdapat pada titik JPR 45 di antara Distrik Jayapura Selatan dan Distrik Herampada koordinat  $2^{\circ}36'30,32''$  LS dan  $140^{\circ}59'43,47''$  BT. Titik JPR 45 memiliki jenis batuan ultramafik yang terdiri dari batuan harsburgit, serpentinit, piroksenit dan dunit.



Gambar 4.5 Peta percepatan tanah maksimum berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan Kanai (1966) di wilayah Kota Jayapura





Gambar 4.6 Peta percepatan tanah maksimum berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan Tong-Katayama (1988) di wilayah Kota Jayapura

Hasil perhitungan percepatan tanah maksimum berdasarkan Kanai (1966) dan Tong dan Katayama (1988) menunjukkan perbedaan nilai, hal ini disebabkan karena formula dan nilai tetapan yang terdapat dalam kedua persamaan ini berbeda-beda. Di sisi lain, ditinjau dari orientasi distribusi nilai percepatan tanah maksimum, kedua metode ini menunjukkan daerah orientasi yang sama. Nilai percepatan getaran tanah tertinggi terdapat pada titik JPR 45 yaitu di antara Distrik Jayapura Selatan dan Distrik Heram. Sedangkan percepatan tanah terendah berada pada titik JPR 26 yaitu di Distrik Muara Tami.

Nilai percepatan tanah maksimum merupakan salah satu parameter untuk menentukan tingkat resiko suatu wilayah terhadap bencana gempa bumi. Besar kecilnya nilai percepatan tanah maksimum di suatu wilayah dipengaruhi oleh magnitudo gempa dan jarak dari pusat gempa bumi (hiposenter). Semakin dekat suatu wilayah dari pusat gempa bumi maka nilai percepatan tanah maksimum akan semakin besar dan sebaliknya. Berdasarkan hasil perhitungan jarak antara titik-titik pengukuran dengan pusat gempa bumi, menunjukkan bahwa titik JPR 45 yang memiliki nilai percepatan tanah tertinggi berjarak paling dekat dengan pusat gempa bumi yaitu 8,2 km dan titik JPR 26 yang memiliki nilai percepatan tanah terendah berjarak paling jauh dari pusat gempa bumi yaitu 48,2 km. Wilayah yang paling dekat dengan sumber gempa bumi umumnya akan mengalami tingkat

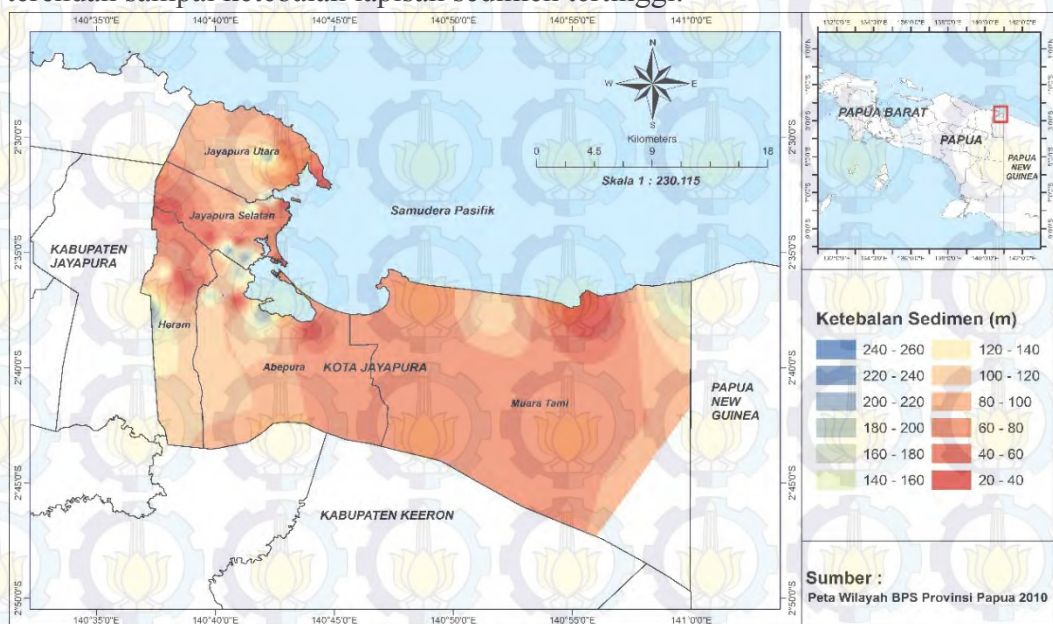


kerusakan paling parah ketika terjadi gempa bumi, namun tingkat kerusakan akibat gempa bumi tidak hanya dipengaruhi oleh faktor jarak suatu wilayah dengan pusat gempa bumi, tapi juga sangat bergantung pada kondisi geologi wilayah tersebut.

### 4.3.3 Ketebalan Lapisan Sedimen

Hasil analisis data mikrotremor di wilayah Kota Jayapura menunjukkan adanya variasi ketebalan lapisan sedimen. Nilai ketebalan lapisan sedimen terendah adalah 12,7462 meter terdapat pada titik JPR 50 yaitu di Distrik Heram pada koordinat  $2^{\circ}36'30,96''$  LS dan  $140^{\circ}38'49,71''$  BT. Sedangkan nilai ketebalan lapisan sedimen tertinggi adalah 260,8887 meter terdapat pada titik JPR 48 yang juga berada di Distrik Heram pada koordinat  $2^{\circ}37'35,84''$  LS dan  $140^{\circ}36'59,62''$  BT. Kedua titik ini memiliki jenis batuan yang sama yaitu termasuk dalam formasi makas yang terdiri dari gres, berselingan dengan batu lanau dan batu lempung, sisipan napal dan konglomerat.

Ketebalan lapisan sedimen berbanding terbalik dengan nilai frekuensi, semakin kecil frekuensi dominan maka semakin tebal lapisan sedimen yang terdapat pada daerah tersebut dan sebaliknya. Sebaran nilai ketebalan lapisan sedimen di wilayah Kota Jayapura dapat dilihat pada Gambar 4.7. Dari peta tersebut dapat diketahui daerah-daerah yang memiliki ketebalan lapisan sedimen terendah sampai ketebalan lapisan sedimen tertinggi.



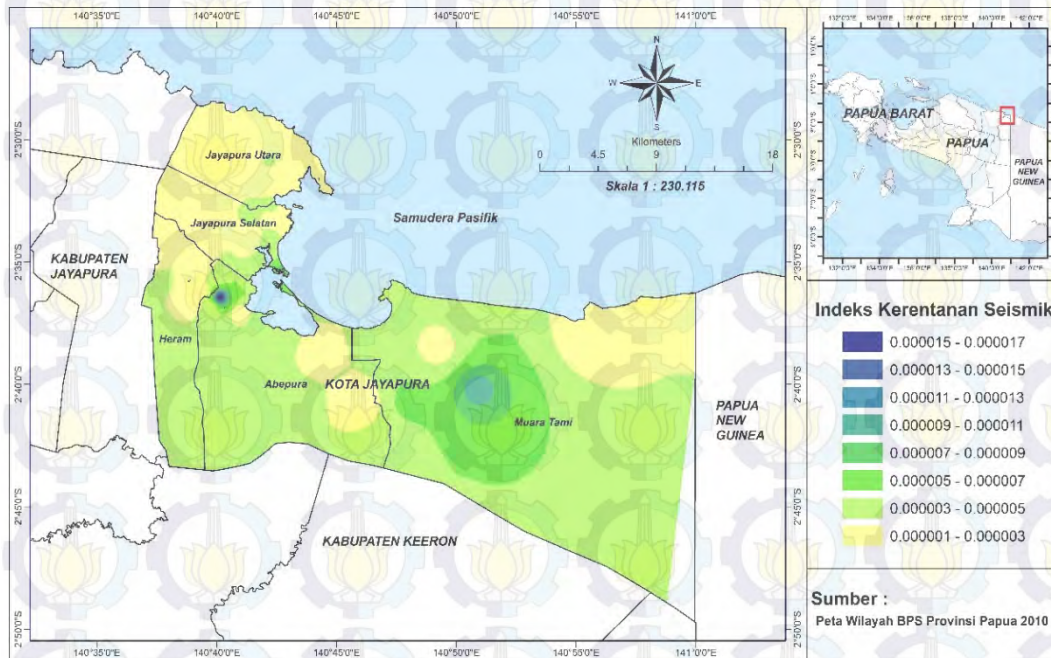


Gambar 4.7 Peta sebaran nilai ketebalan lapisan sedimen wilayah Kota Jayapura

#### 4.3.4 Indeks Kerentanan Seismik

Indeks kerentanan seismik merupakan indeks yang menunjukkan tingkat kemudahan terjadinya deformasi lapisan tanah permukaan saat terjadi gempa bumi. Nilai indeks kerentanan seismik terendah adalah  $1,89 \times 10^{-7} \text{ s}^2/\text{cm}$  terdapat pada titik JPR 50 yaitu di Distrik Heram pada koordinat  $2^{\circ}36'30,96'' \text{ LS}$  dan  $140^{\circ}38'49,71'' \text{ BT}$ . Nilai indeks kerentanan seismik tertinggi adalah  $1,76 \times 10^{-5} \text{ s}^2/\text{cm}$  terdapat pada titik JPR 40 yaitu di Distrik Abepura pada koordinat  $2^{\circ}36'26,39'' \text{ LS}$  dan  $140^{\circ}40'8,49'' \text{ BT}$ . Secara umum titik JPR 40 dan 50 memiliki jenis batuan yang termasuk dalam formasi makas yang terdiri dari gresak, berselingan dengan batu lanau dan batu lempung, sisipan napal dan konglomerat.

Semakin besar nilai indeks kerentanan seismik suatu wilayah, maka tingkat resiko akibat bumi akan semakin besar. Besar kecilnya nilai indeks kerentanan seismik dipengaruhi oleh nilai frekuensi dominan, amplifikasi dan juga kondisi tanah yang ada pada daerah tersebut. Peta sebaran nilai indeks kerentanan seismik dapat dilihat pada Gambar 4.8. Dari peta tersebut dapat diketahui daerah-daerah yang memiliki indeks kerentanan seismik terendah sampai indeks kerentanan seismik tertinggi.



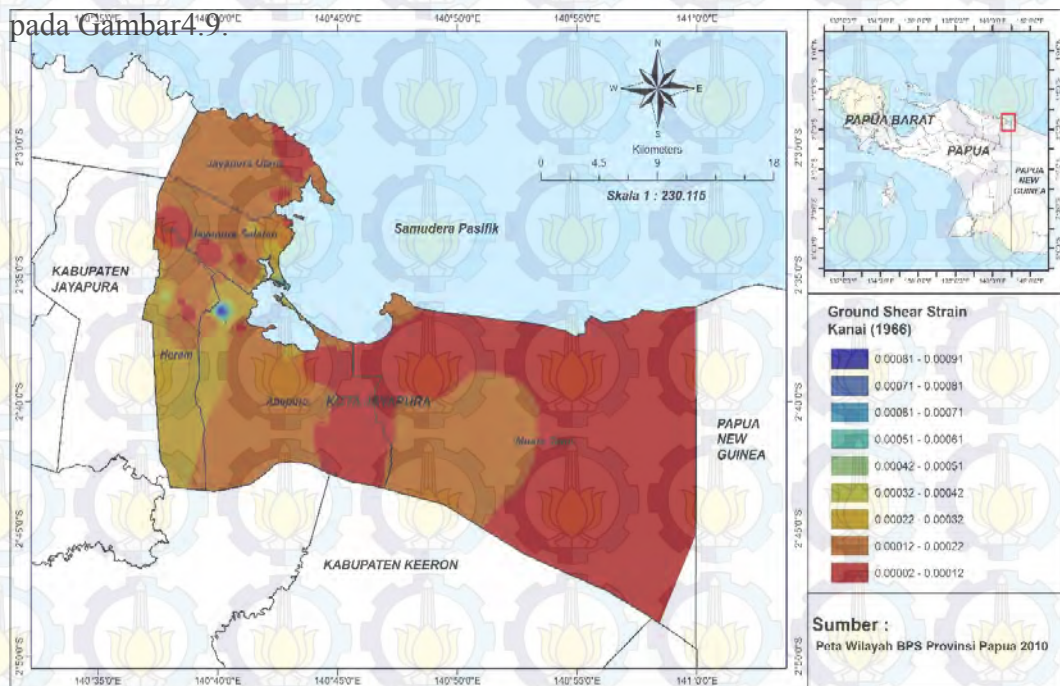
Gambar 4.8 Peta sebaran nilai indeks kerentanan seismik wilayah Kota Jayapura



### 4.3.5 Ground Shear Strain

*Ground shear strain* merupakan kemampuan suatu material untuk merenggang atau bergeser ketika terjadi gempa bumi. *Ground shear strain* memiliki keterkaitan dengan kondisi lapisan permukaan tanah. Semakin besar nilai *ground shear strain* lapisan permukaan tanah akan mengalami deformasi sedangkan nilai *ground shear strain* kecil menunjukkan lapisan tanah tersebut semakin kokoh.

Nilai *ground shear strain* terendah berdasarkan nilai percepatan Kanai adalah  $1,86 \times 10^{-5}$ , terdapat pada titik JPR 27 yaitu di Distrik Muara Tami pada koordinat  $2^{\circ}37'34,19''$ LS dan  $140^{\circ}55'36,34''$ BT. Nilai *ground shear strain* tertinggi adalah  $9,31 \times 10^{-4}$  terdapat pada titik JPR 40 yaitu di Distrik Abepura pada koordinat  $2^{\circ}36'26,39''$ LS dan  $140^{\circ}40'8,49''$ BT. Peta sebaran nilai *ground shear strain* berdasarkan nilai percepatan Tong-Katayama dapat dilihat pada Gambar 4.9.

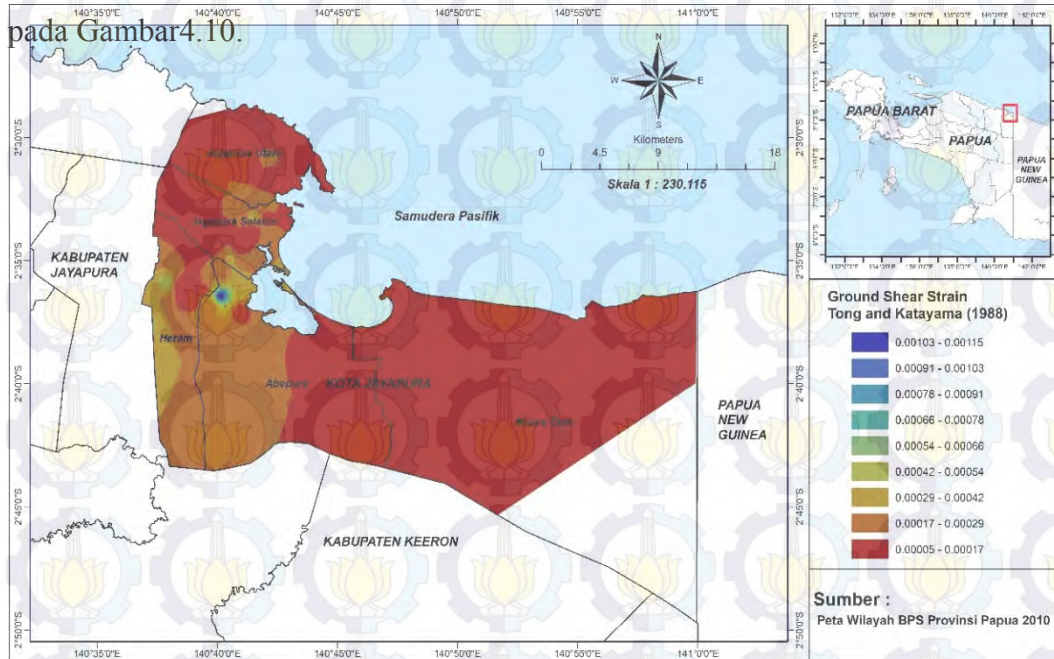


Gambar 4.9 Peta sebaran nilai *ground shear strain* berdasarkan percepatan Kanai (1966) wilayah kota Jayapura

Nilai *ground shear strain* terendah berdasarkan nilai percepatan Tong-Katayama adalah  $5,14 \times 10^{-6}$ , terdapat pada titik JPR 27 yaitu di Distrik Muara Tami pada koordinat  $2^{\circ}37'34,19''$ LS dan  $140^{\circ}55'36,34''$ BT. Nilai *ground shear*



*strain* tertinggi adalah  $1,204 \times 10^{-3}$  terdapat pada titik JPR 40 yaitu di Distrik Abepura pada koordinat  $2^{\circ}36'26,39''$  LS dan  $140^{\circ}40'8,49''$  BT. Peta sebaran nilai *ground shear strain* berdasarkan nilai percepatan Tong-Katayama dapat dilihat pada Gambar 4.10.

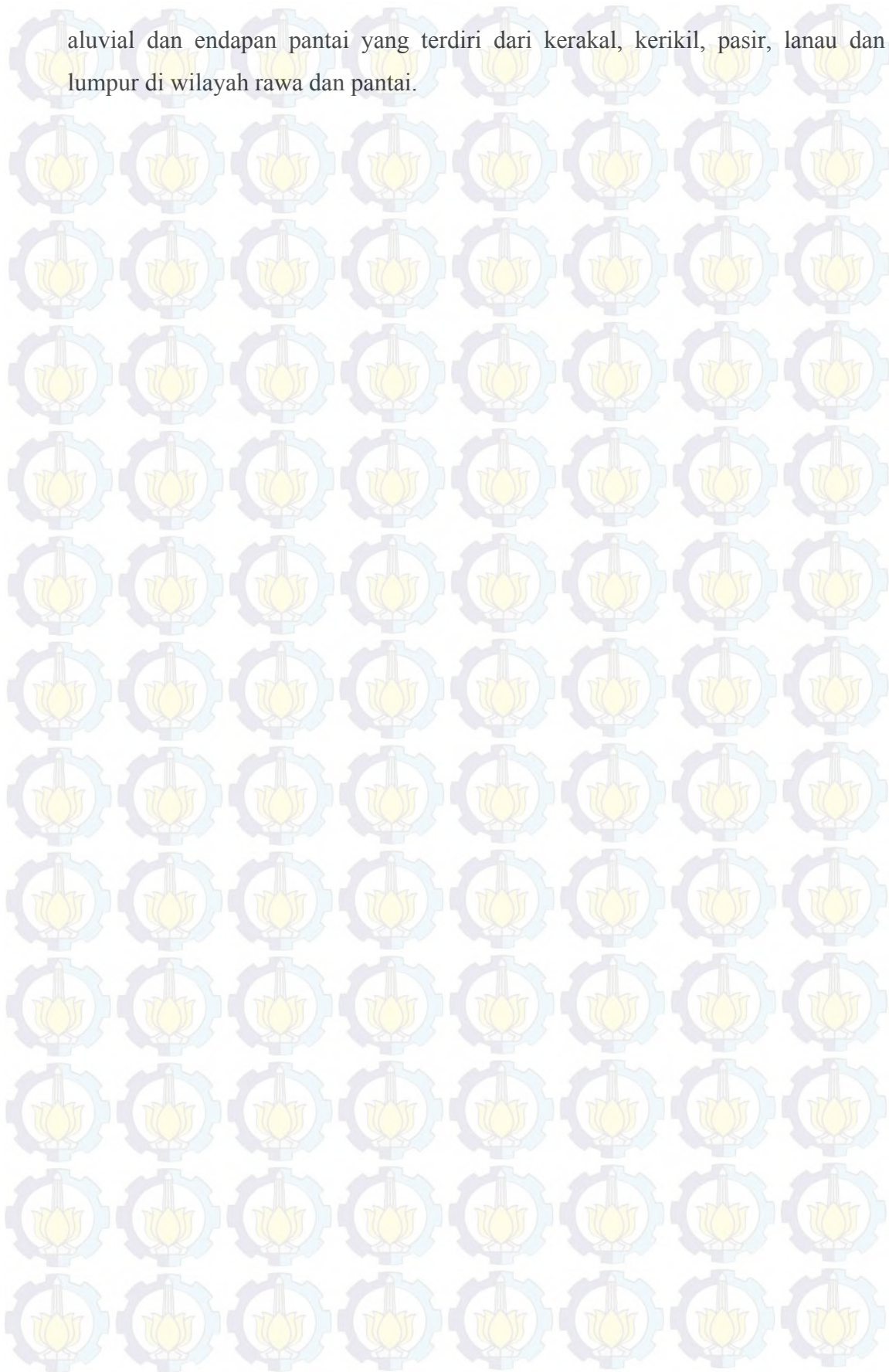


Gambar 4.10 Peta sebaran nilai *ground shear strain* berdasarkan percepatan Tong-Katayama wilayah Kota Jayapura

Berdasarkan persamaan (2.19) nilai *ground shear strains* sangat tergantung pada besarnya nilai indeks kerentanan seismik dan percepatan tanah maksimum. Semakin besar nilai indeks kerentanan seismik dan nilai percepatan tanah maksimum maka nilai *ground shear strain* semakin besar. Hal ini dikarenakan *ground shear strain* berbanding lurus dengan indeks kerentanan seismik dan percepatan tanahnya. Nilai *ground shear strain* berdasarkan Kanai dan Tong-Katayama secara nilai berbeda, tetapi jika dilihat dari peta *ground shear strain* kedua persamaan ini menunjukkan daerah yang sama dimana nilai *ground shear strain* tertinggi terdapat pada titik JPR 40 yaitu di Distrik Abepura. Secara umum daerah ini termasuk dalam jenis batuan formasi makats yang terdiri dari gresak, berselingan dengan batu lanau dan batu lempung, sisipan napal dan konglomerat. Nilai *ground shear strain* terendah berada pada titik JPR 27 yaitu di Distrik Muara Tami. Secara umum batuan daerah ini termasuk dalam jenis batuan



aluvial dan endapan pantai yang terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lanau dan lumpur di wilayah rawa dan pantai.





## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai percepatan tanah maksimum berdasarkan metode yang dikembangkan oleh Kanai (1966) memberikan interval yaitu 13,1114 – 275,2904 gal, sedangkan berdasarkan metode yang dikembangkan oleh Tong – Katayama (1988) memberikan interval yaitu 9,4744 – 127,6974.
2. Nilai indeks kerentanannya seismik berkisar  $1,89 \times 10^{-7} - 1,76 \times 10^{-5} \text{ s}^2/\text{cm}$ .
3. Nilai *ground shear strain* berdasarkan metode Kanai (1966) berkisar antara  $1,86 \times 10^{-5} - 9,31 \times 10^{-4}$  dan berdasarkan metode Tong-Katayama (1988) berkisar antara  $5,14 \times 10^{-6} - 1,204 \times 10^{-3}$ .
4. Wilayah yang memiliki tingkat kerawanan tinggi akibat gempa bumi berdasarkan nilai percepatan tanah maksimum adalah Distrik Jayapura Selatan dan Distrik Heram dan berdasarkan indeks kerentanannya seismik dan *ground shear strain* adalah Distrik Abepura. Tingkat kerawanan berdasarkan nilai percepatan tanah maksimum berbeda dengan indeks kerentanannya seismik dan *ground shear strain*, hal ini dikarenakan faktor terbesar yang mempengaruhi dalam menentukan nilai percepatan tanah maksimum adalah jarak antar lokasi pengukuran dengan pusat gempa bumi sedangkan faktor terbesar dalam menentukan indeks kerentanannya seismik adalah faktor geologi atau kondisi tanah setempat.

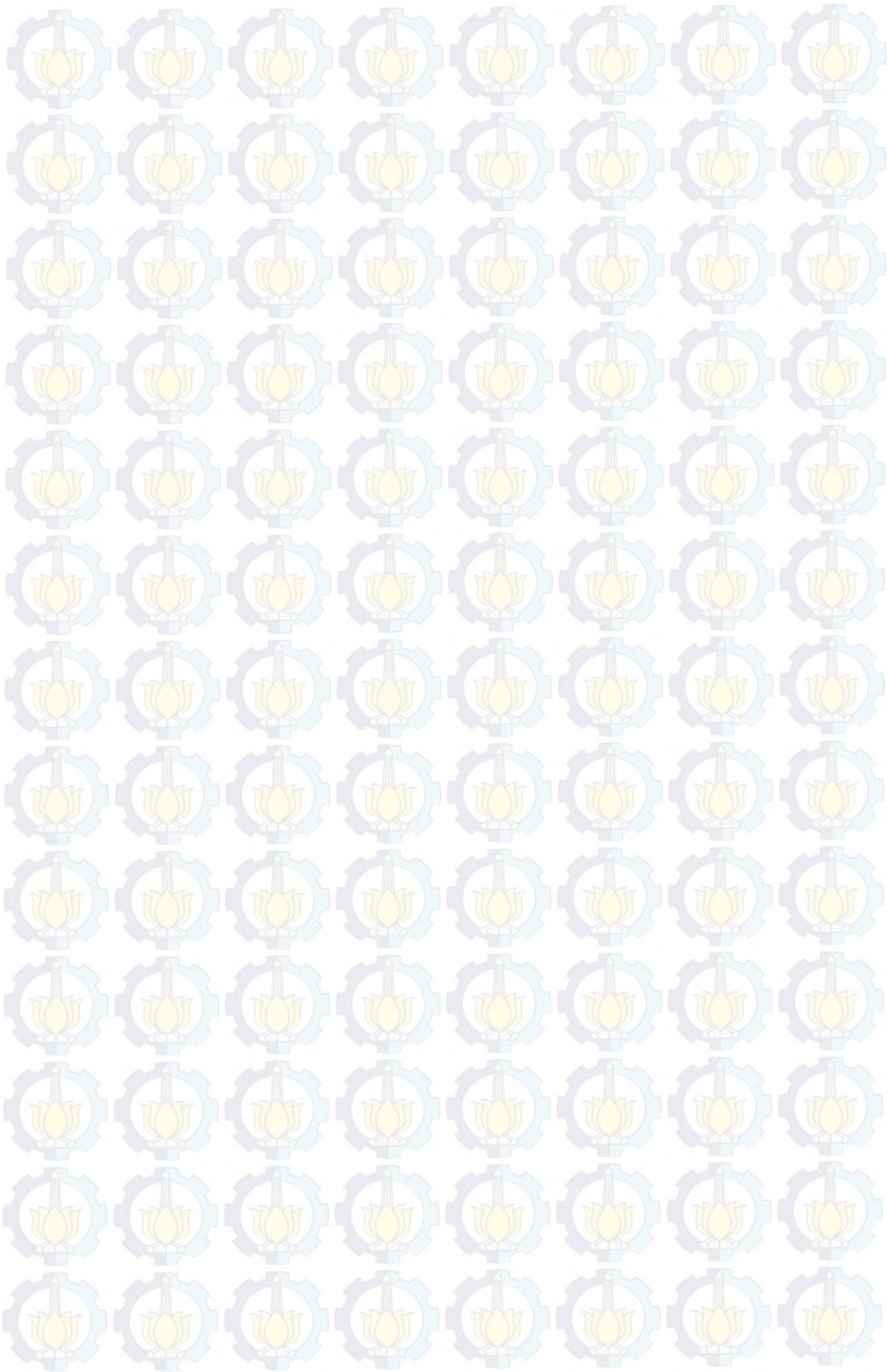
#### 5.2 Saran

Penelitian ini perlu dikembangkan lebih lanjut untuk memperoleh hasil yang lebih spesifik. Adapun saran-saran yang yang perlu untuk pengembangan penelitian ini yaitu:



1. Lokasi pengukuran diperluas dan titik pengukuran diperbanyak dengan jarak pengukuran antar titik pengukuran lebih kecil sehingga hasil yang diperoleh lebih mendetail dan dapat mewakili daerah penelitian secara komprehensif.
2. Peneliti menilai percepatan tanah perlu dilakukan dengan pendekatan rumus empiris lain sebagai pembanding.







## DAFTAR PUSTAKA

Arifin, S.S., Mulyatno, B.S., Marjiyono., dan Setianegara, R. (2013), “Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempabumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi HVSZ Mikrotremor dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa dan Sekitarnya”, *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, Vol. 2, No. 1, hal. 30-40.

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Indonesia, <http://www.bmg.go.id>, Diakses tanggal 5 Januari 2015.

BMKG. (2009), *Modul Analisis Prediktabilitas Dan Pengembangan Model Gempabumidantsunami*, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta.

BNPB. (2013), *Kebencanaan*, <http://www.bnpb.go.id>, Diakses 7 Januari 2015

Bryant, E. (2005), *Natural Hazards*, Second Edition, Cambridge University Press, New York.

Bunga, M. dan Mantiri S. Y. Y. (2007), “Seismisitas Daerah Papua dan Sekitarnya Tahun 2000-2006”, *Jurnal Sains FMIPA*, Universitas Cenderawasi, 1,7.

California Institute of Technology. (2009), *Tectonic Plates*, <http://www.tectonics.caltech.edu/images/maps/plates.pdf>, diakses tanggal 5 Januari 2015

Daryono, (2011), *Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Mikrotremor pada setiap satuan bentuk lahan di zona Graben Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta*, Disertasi Dr, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

DeMets, C., Gordon, R.D., Argus, D.F., and Stein, S., (1990), Current Plate Motion, *Geophysics Journal International*, 2, 101, 425-478.

Dewi, E.R. (2013), *Analisis Ground Shear Strain di Wilayah Kecamatan Jetis Kabupaten Bantul Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor*, Skripsi S.Si., Univesitas Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta.

Dobrin, M.B. and Savid, C.H. (1988), *Introduction to Geophysical Prospecting*, 4<sup>th</sup> edition, McGraw Hill Singapore (32-38)

Dow, D.B., Robinson, G.P., Hartono, U., dan Ratman, N. (1986), *Peta Geologi Irian Jaya, Indonesia, Lembar 1 dan 2*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.



- Dow, D.B., Robinso, G.P., Hartono, U., and Ratman, N. (2005), *Preliminary Geological Report: Geological of Irian Jaya*, 32, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- Dowrick and David, J. (1987), *Earthquake Resistant Design*, For Engineers and Architects.
- Edwiza, D. dan Novita, S. (2008), "Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang Menggunakan Metode Kanai", *Jurnal Teknik A*, Vol. 2, No. 29, hal. 111-118.
- Elnashai, A.S. and Sarno, L.D. (2008), *Fundamentals of Earthquake Engineering*, John Wiley and Sons, Ltd., West Sussex.
- Emmons, W.H., Thiel, G.A., Stauffer., and C.R., Allison, I.S. (1955), *Geology Principles and Processes*, 4<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Febriani, S.D.A. (2013), *Analisis Tomografi 3D Pada Gempa Bumi Di Sumatera Menggunakan Local Earthquake Tomografi*, Proposal Tesis M.Si, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Gurler, E.D., Nakamura, Y., Saita, J., and Sato, T. (2000). "Local site effect of Mexico city based on microtremor measurement", 6<sup>th</sup> international conference on seismic zonation, palm spring Riviera resort, California, USA. P.65.
- 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", *Jurnal Ilmu Fisika Indonesia*, Vol. 1, No. 2, hal. 81-86.
- Haris, A. dan Irjan. (2013), "Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum Wilayah Yogyakarta Dengan Metode Atenuasi Patwardhan", *Jurnal Neutrino*, Vol. 5, No. 2, hal. 66-72.
- Harlinto, B. (2013), *Pemetaan Percepatan Getaran Tanah Maksimum, Indeks Kerentanan Seismik Tanah, Ground Shear Strain, Dan Ketebalan Lapisan Sedimen Untuk Mitigasi Bencana Gempabumi Di Kabupaten Bengkulu Utara*, Tesis M.Sc, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.



Hernanti, H.Y., Kristiawan, S.A., dan As'ad, S. (2014), "Evaluasi Kerentanan Bangunan Dengan Pengujian Mikrotremor Dan Kinerja Dinamik Bagunan Terhadap Gempa Disertai Metode Rehabilitasi Bangunan Rusunawa Lubuk Buaya Padang", *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 2, No. 1. ISSN : 2339-0271.

Huang, H. and Tseng, Y., (2002). "Characteristics of soil liquefaction using H/V of microtremor in Yuan-Lin area, Taiwan". *TAO*, Vol. 13, No.3, pages. 325-338

Ibrahim, G. dan Subardjo. (2003), *Pengetahuan Seismologi*, Badan Meteorologi danKlimatologi, Manado.

Isihara, K. (1982), *Evaluation of soil properties for use in earthquake response analysis*. Proc. Int. Symp. On numerical model in geomech, 237-259.

Kanai, K. (1966), "Improved Empirical Formula for Characteristics of Stray Earthquake Motion", *Prociding Japan Earthquake Symposium*, pp. 1-4

Kanai, K. (1983), *Seismology in Engineering*, Tokyo University, Japan.

Kayal, J. (2002), *Seismic Waves and Eartquake Location*. Geological Survey of India.

Kious, W.J. and Tilling, R.I. (2008). *This Dynamic Earth; The Story of Plate Tectonics*. U.S. Government Printing Office, Washington.

Kirbani, S.B.T. dan Widigdo, F.M. (2006), "Percepatan Getaran Tanah Maksimum Daerah Istimewa Yogyakarta 1943-2006", *Jurnal Geofisika, Himpunan Ahli Geofisika Indonesia*, Edisi 1, hal. 19-22.

Kusky, T., 2008, *The Hazardous Earth, EARTHQUAKES: Plate Tectonics and Earthquake Hazards*, Facts On File, Inc., New York.

Lay, T. and Wallace, T.C. (1995), *Modern Global Seismology*, International Geophysics Series: Volume 58, Academic Press, San Diego.

Lewarissa, R. dan Manobi, T. (2013), "Pemetaan Daerah Rawan Gempabumi di Wilayah Sorong Provinsi Papua Barat berdasarkan Metode Probabilistic Seimic Hazard Analysis (PSHA)", *Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika, Pembelajaran Sains berbasis Kearifan Lokal*, Surakarta, hal. 209-222.

Lubis, A.M. dan Hadi A.I. (2005), "Analisis Kecepatan Gelombang Seismik Bawah Permukaan Di Daerah yang terkena Dampak Gempa Bumi 4 Juni 2000: Studi Kasus Kampus Universitas Bengkulu" *Jurnal Gradien*, Vol. 1, No. 2, hal. 69-73.



Mantiri, S.Y.Y. (2010), *Penentuan Distribusi Nilai Percepatan Tanah Maksimum di Wilayah Papua dan Papua Barat*, Tesis M.Sc, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Mufida, M., Santoso, B.J., and Warnana, D.D. (2013), “ Profiling Kecepatan Gelombang Geser ( $V_S$ ) Surabaya Berdasarkan Pengolahan Data Mikrotremor”, *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, Vol. 2, No. 2, hal. 76-81.

Muson, R.M.W., (2002), “ Intensity and intensity scales in IASPEI New manual of seismological observatory practice (NMSOP)”, Volume I, Editor P. Bormann, Geoforschungs Zentrum, Postdam, Germany.

Nakamura, Y. (1996), “Real time information systems for seismic hazards mitigation UrEDAS, HERAS and PIC”. *Quarterly report of RTRI*, Vol. 37, No.3, hal.112-127.

Nakamura, Y., Gurler, Dilek, E., Saita, J., Rovelli, A., Donati, S. (2000), “Vulnerability Investigation of Roman Colosseum Using Microtremor”. 12WCEE.

Natawidjaja, D.H. (2005), *Menyimak Gempabumi dan Tsunami Aceh 26 Desember untuk Rekonstruksi Aceh dan Mitigasi Bencana di Sumatera dan Daerah Lainnya*, Makalah Potensi Gempa dan Tsunami, IAGI, Bandung.

Puntodewo, S.S.O., McCaffrey, R., Calais, E., Bock, Y., Rais, J., Subarya, C., Poewariardi, R., Stevens, C., Genrich, J., Fauzi, Zwick, P., and Wdowinski, S. (1994), “GPS Measurements of Crustal Deformation within the Pacific-Australia Plate Boundary Zone in Irian Jaya, Indonesia”, *Jurnal Tectonophysics*, 237, hal. 141-153.

Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional. (2008), *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Jakarta.

Pusat gempa bumi.html, <http://artikel2tentang.blogspot.com>. Diakses tanggal 13 januari 2015.

Refrizon, Hadi A.I., Lestari, K., dan Oktari, T. (2013), “Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Tingkat Kerentana Seismik Daerah Ratu Agung Kota Bengkulu”, *Semirata FMIPA, Universitas Lampung*, Lampung, hal. 323-328

Saita, J., Bautista, M.L.P., and Nakamura, Y. (2004), “On relationship between the estimated strong motion characteristics of surface layer and the earthquake damage-case study at intramuros”, Metro Manila, Paper No.



905. 13<sup>th</sup> world conference on earthquake engineering, Vancouver, B.C., Canada.

Sandalembang, A. (2009), *Penentuan Percepatan Tanah Maksimum dengan Menggunakan Metode Mc.Quare dan Denovon*, Skripsi S.Si., Universitas Negeri Papua, Manokwari.

Scawthorn, C., (2003), *Earthquakes: Seismogenesis, Measurement, and Distribution*, Chen, W.F. and Scawthorn, C., *Earthquake Engineering Handbook*, CRC Press LLC, Florida.

SESAME. (2004), "Guidelines for the Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique and Its Application, 12<sup>th</sup> WCEE (World Conference on Earthquake Engineering)", Auckland, New Zealand.

Setyonegoro, W., Sunardi, B., Sulastri, Nugraha, J., dan Susilanto, P. (2012), "Analisis Sumber Gempabumi pada Segmen Mentawai (Studi kasus: Gempabumi 25 Oktober 2010)", *Jurnal Meterology dan Geofisika*, Vol. 13, No. 2, hal. 139-149.

Spakman, W. and Hall, R. (2010), Surface Deformation and Slab-Mantle Interaction During Banda Arc Sunduction Rollback, *Nature Geoscience*, 0917, 1-5.

Suheri, S. (2009), *Perhitungan Tingkat Bahaya Gempabumi Di Jawa Tengah Secara Probabilistik*, Skripsi S.Si., Unversitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

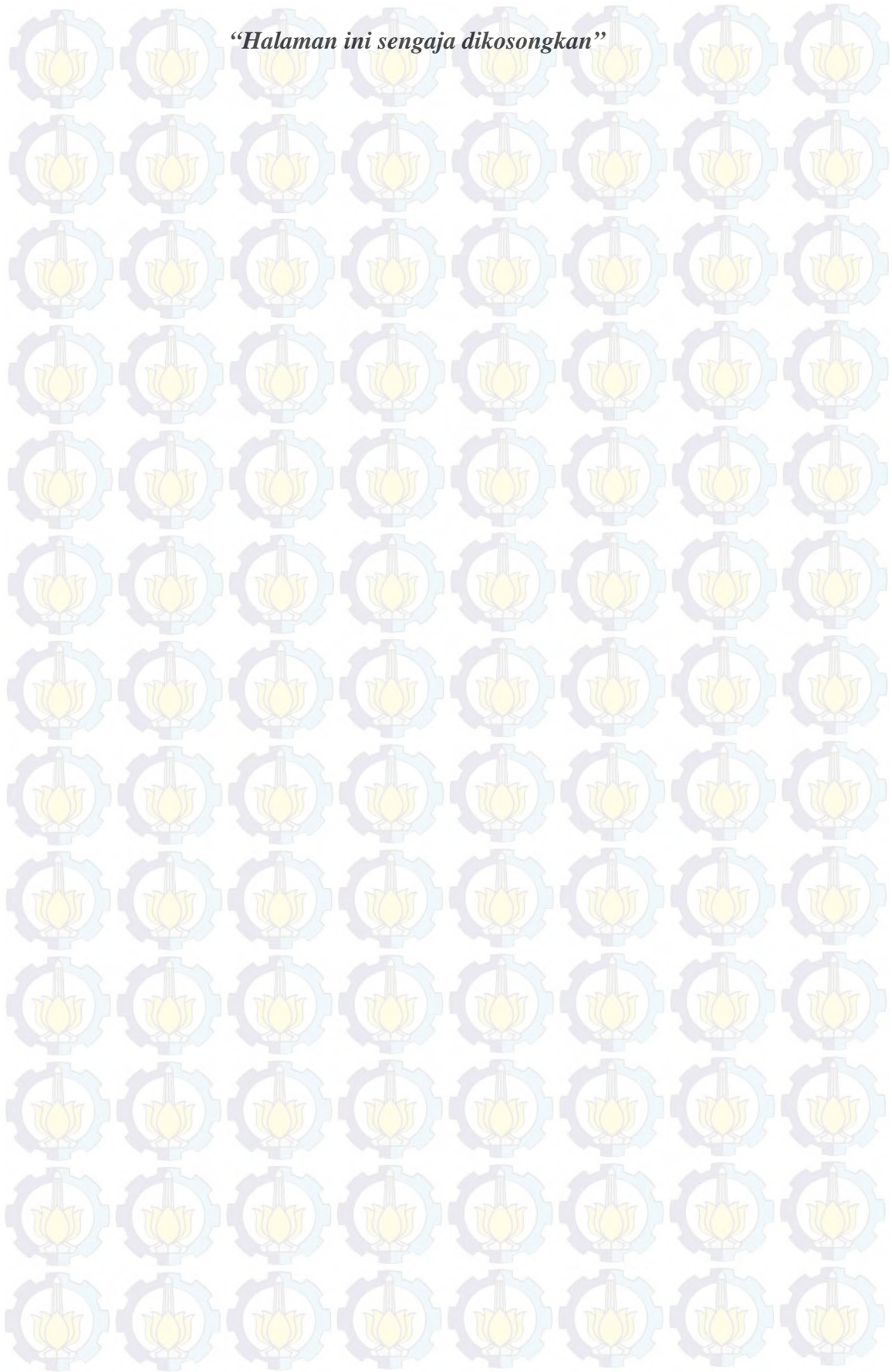
Supriatna, J.M. Semedi., and c. Nurmala, (2010). "Peak Grouns Acceleration (PGA) Of Destructive Earthquake In Cimandiri Fault, Sukabumi West Java". *international symposium and exhibition*. 26-28 juli 2010, K uala Lumpur.

Tong and Katayama. (1988), "Peak Acceleration Attenuation By Eliminating The Ill-Effect Of The Correlation Between Magnitude And Epicental Distance", *Proceedings Of Ninth World Conference On Eartquake Engineering*, Vol. II, pages 349-354.

United States Geological Survey. (1999), *Insides the Earth*. <http://pubs.usgs.gov/publications/text/inside.html>.

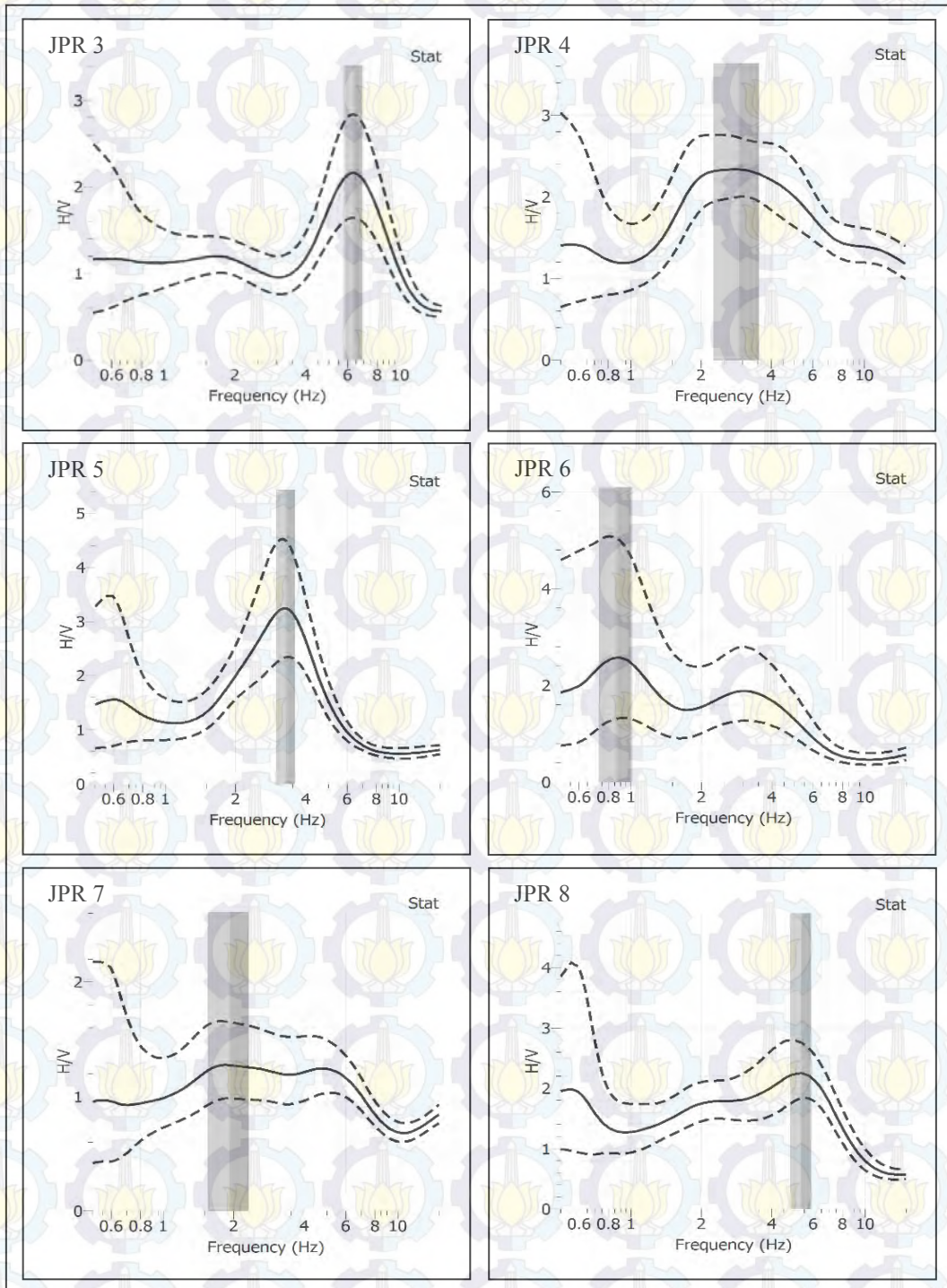


*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





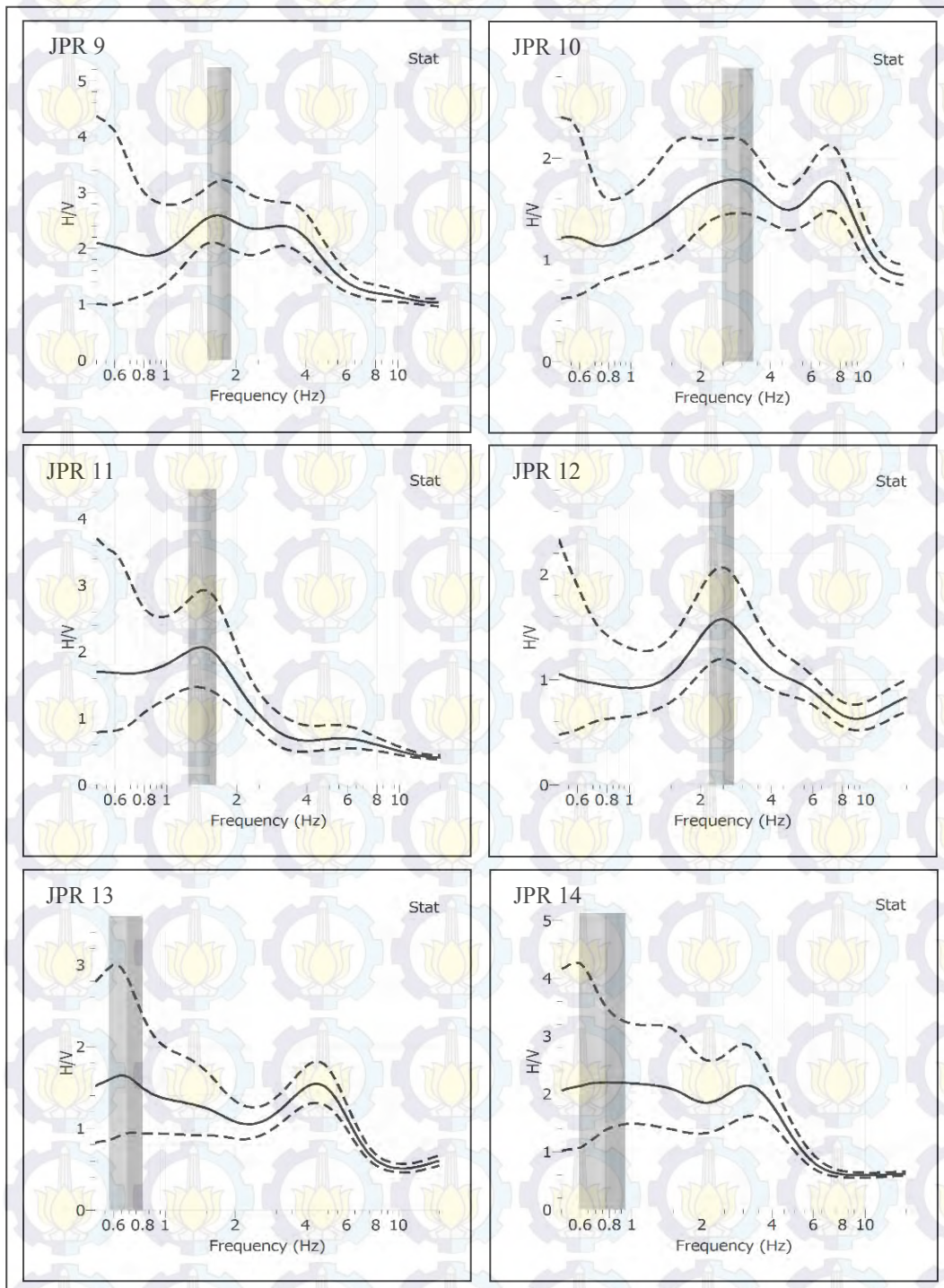
## Lampiran 1. Spektrum H/V



Gambar 1. Spektrum H/V padatitikpengukuran JPR 3, JPR 4, JPR 5, JPR 6, JPR 7 dan JPR 8



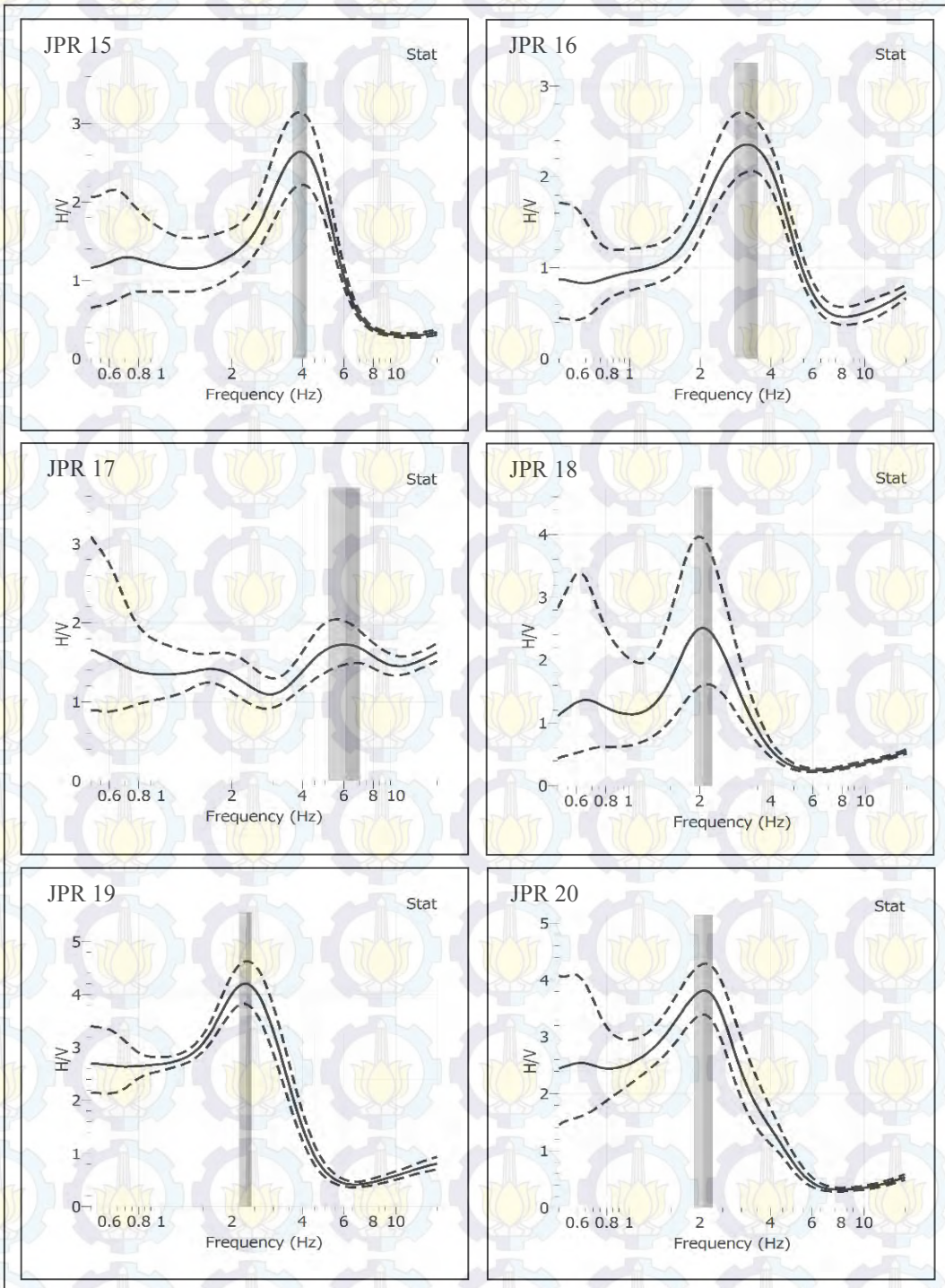
## Lampiran 1. Lanjutan



Gambar2. Spektrum H/V padatitikpengukuran JPR 9, JPR 10, JPR 11, JPR 12, JPR 13 dan JPR 14



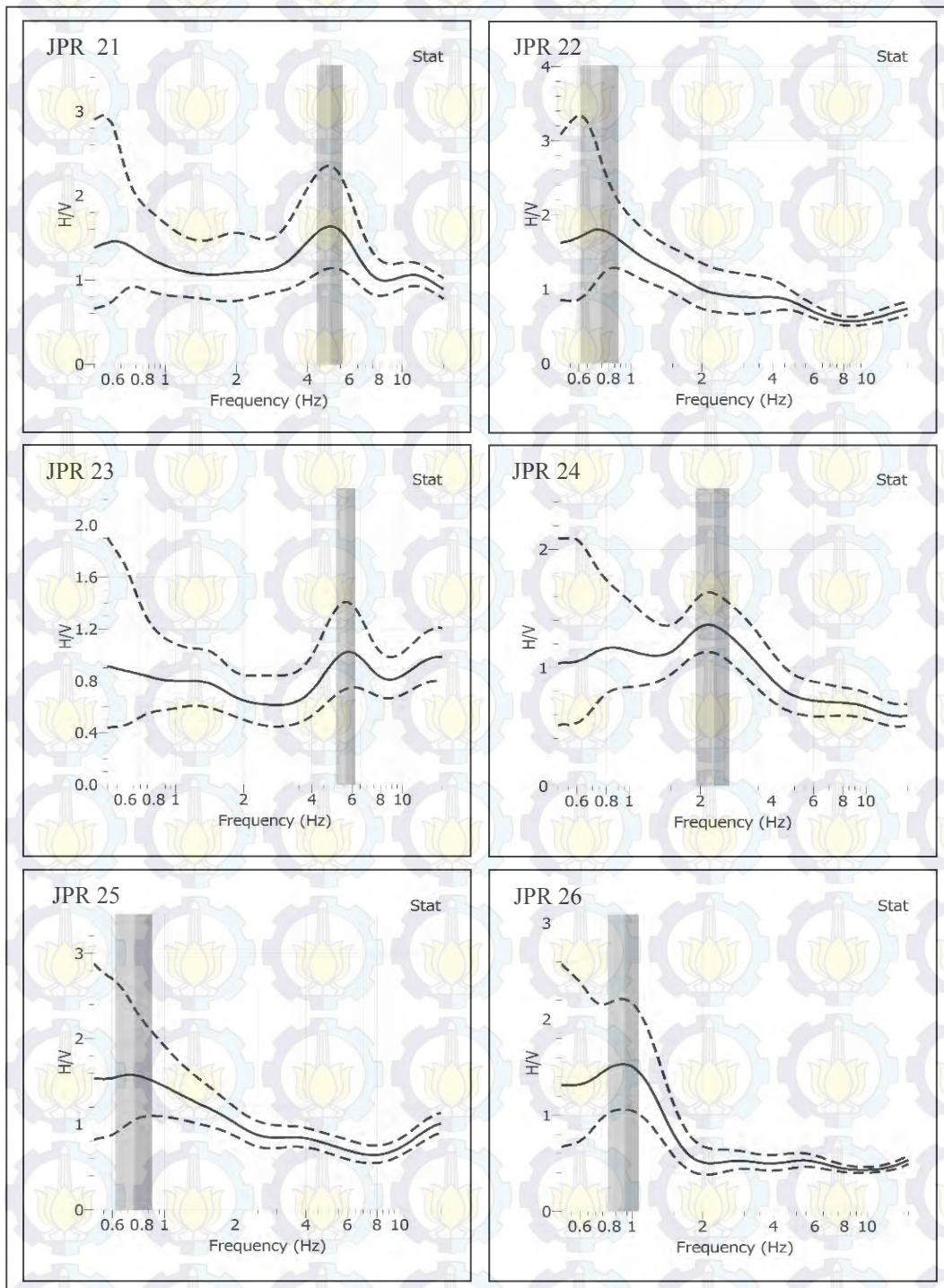
Lampiran 1. Lanjutan



Gambar3. Spektrum H/V padatitikpengukuran JPR 15, JPR 16, JPR 17, JPR 18, JPR 19 dan JPR 20



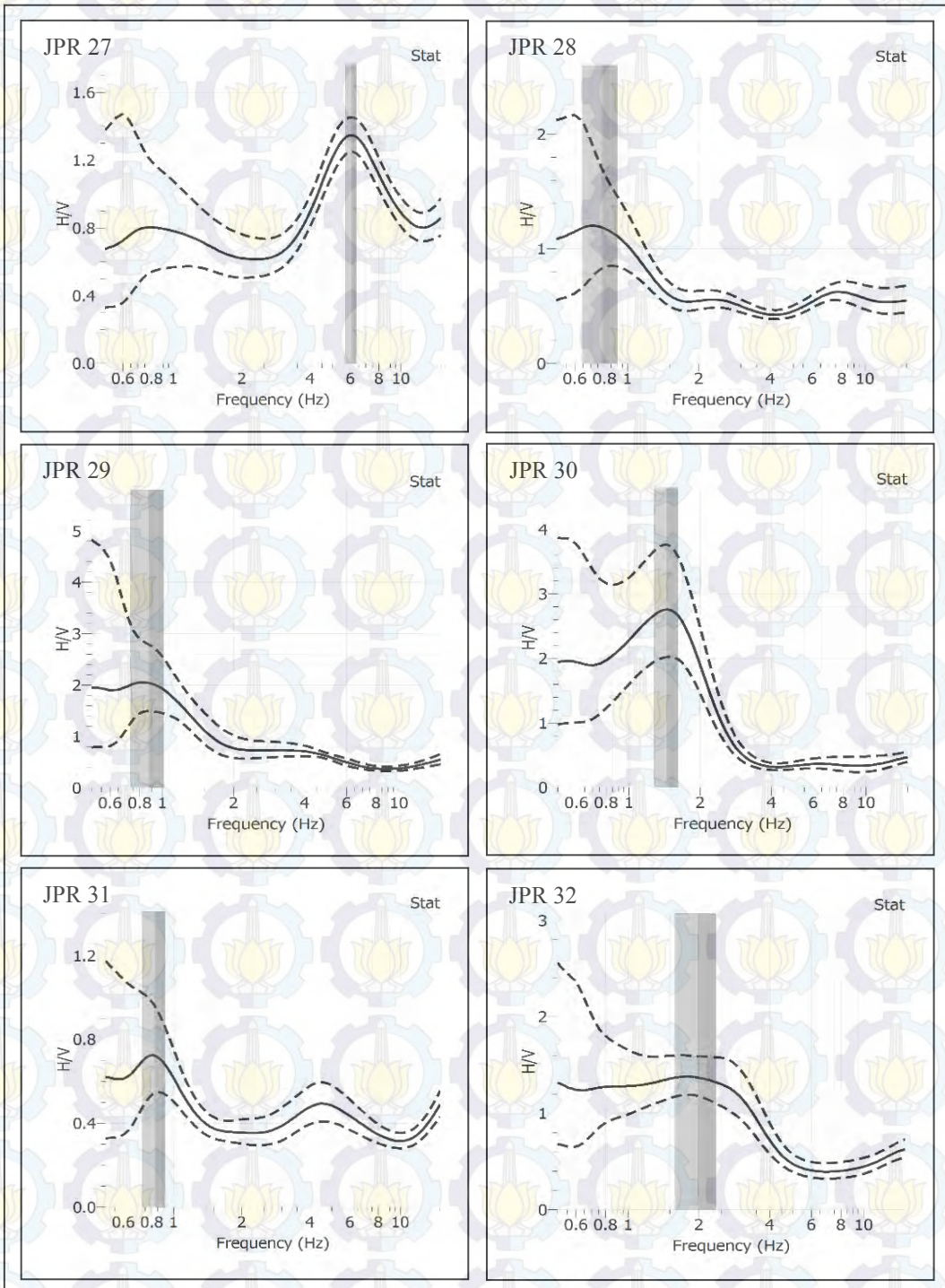
## Lampiran 1. Lanjutan



Gambar4. Spektrum H/V padatitikpengukuran JPR 21, JPR 22, JPR 23, JPR 24, JPR 25 dan JPR 26



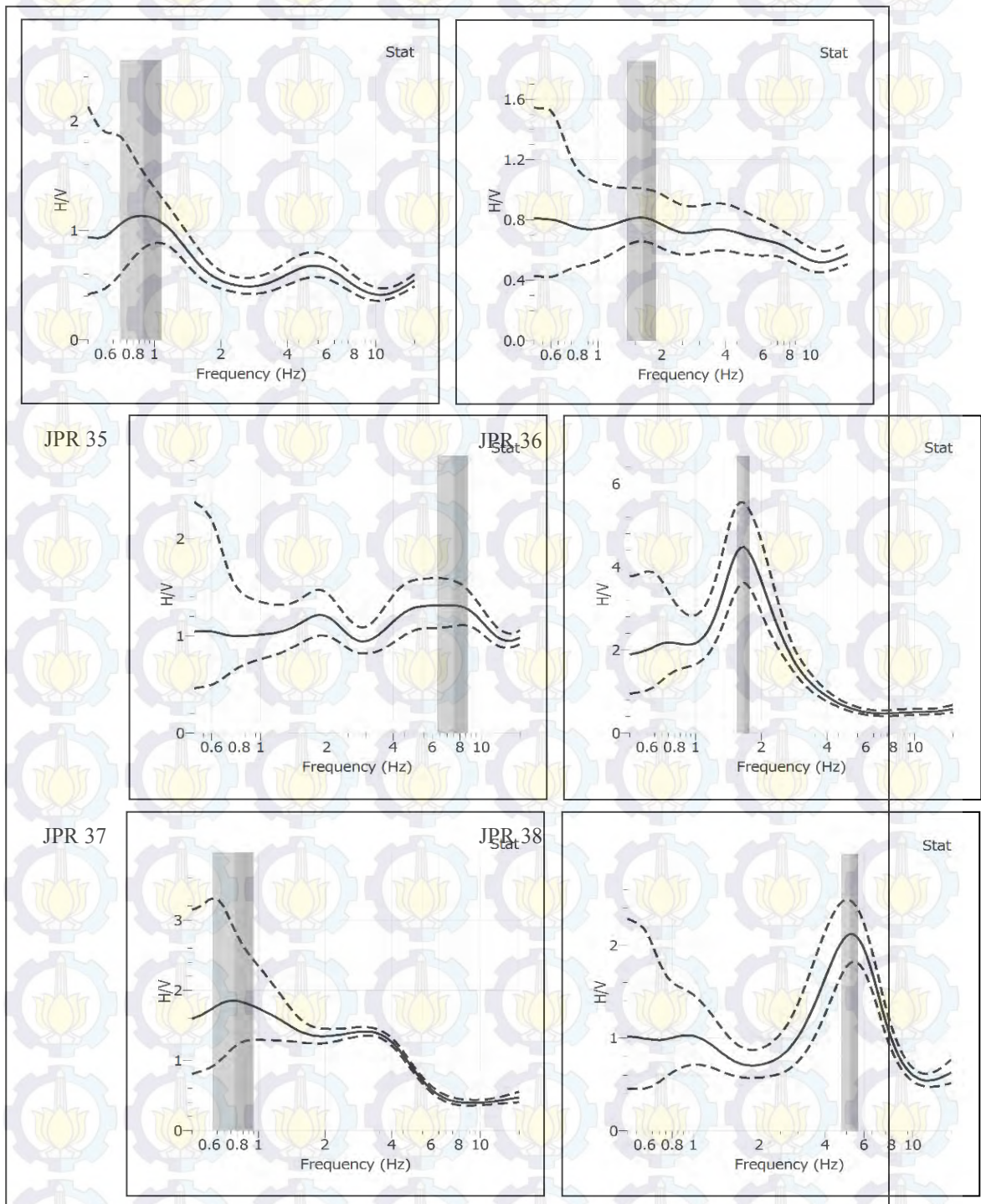
Lampiran 1. Lanjutan



Gambar5. Spektrum H/V padatitikpengukuran JPR 27, JPR 28, JPR 29, JPR 30, JPR 31 dan JPR 32



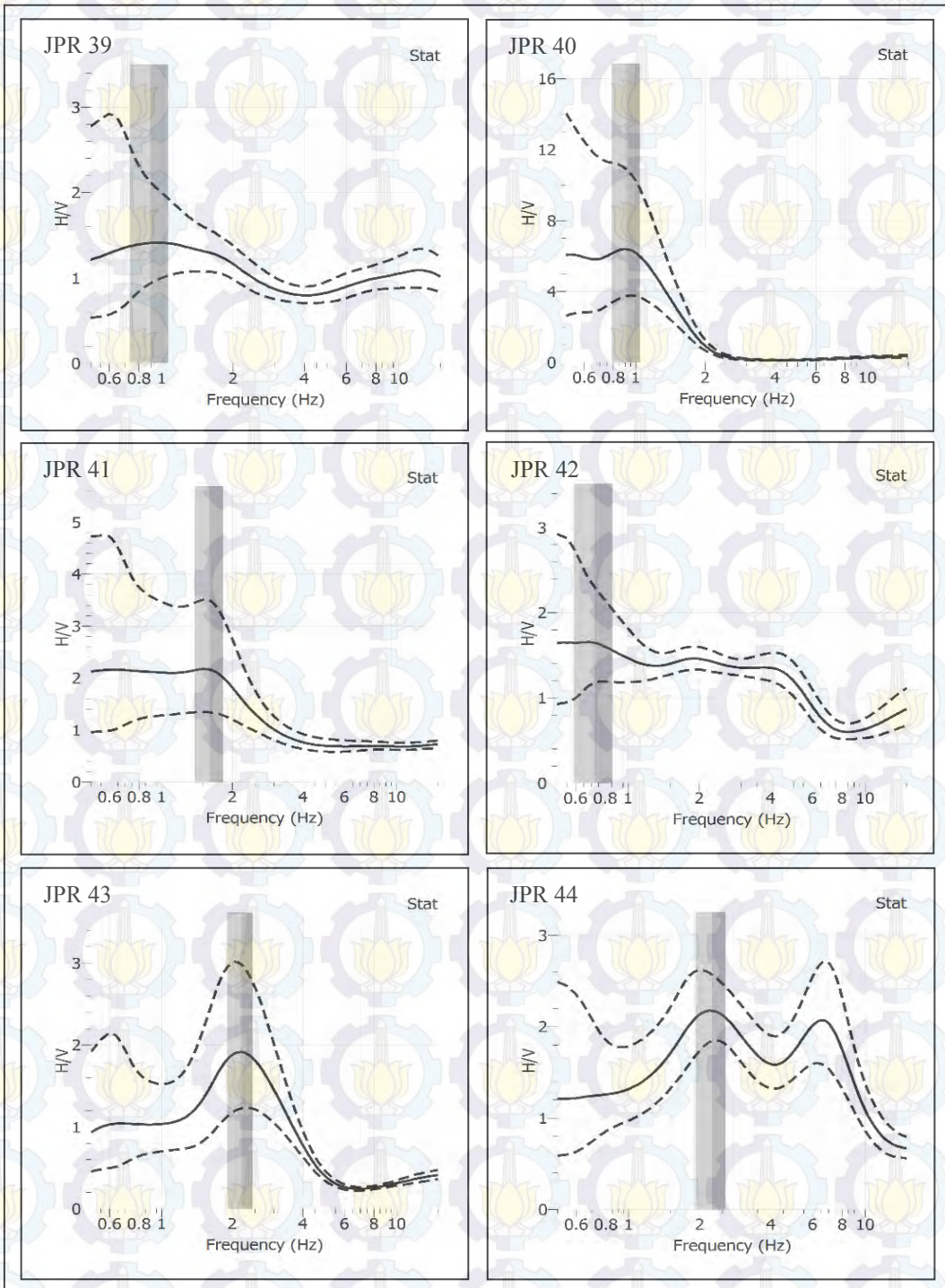
Lampiran 1. Lanjutan



Gambar6. Spektrum H/V padatitikpengukuran JPR 33, JPR 34, JPR 35, JPR 36, JPR 37 dan JPR 38



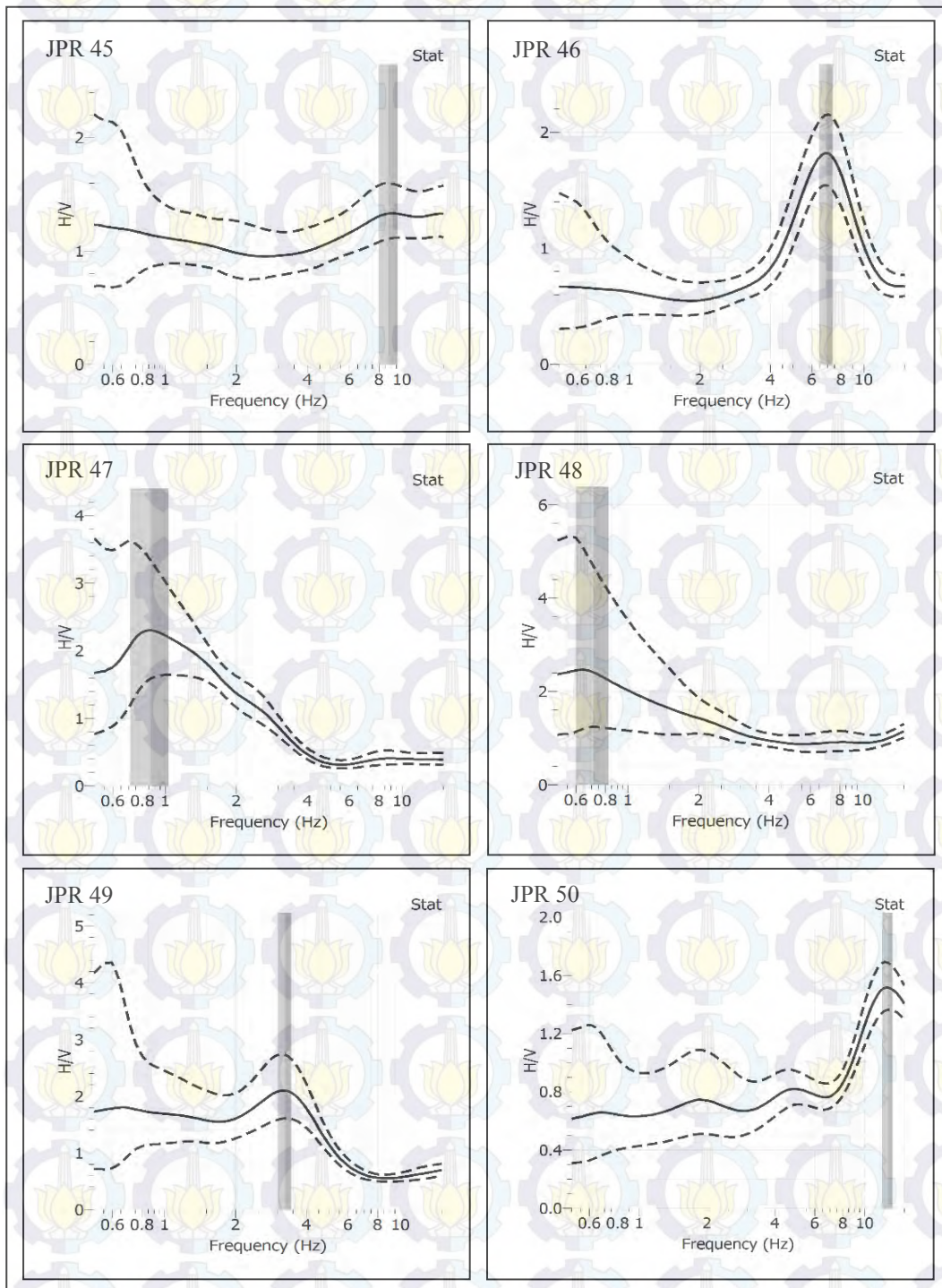
Lampiran 1. Lanjutan



Gambar7. Spektrum H/V padatitikpengukuran JPR 39, JPR 40, JPR 41, JPR 42, JPR 43 dan JPR 44



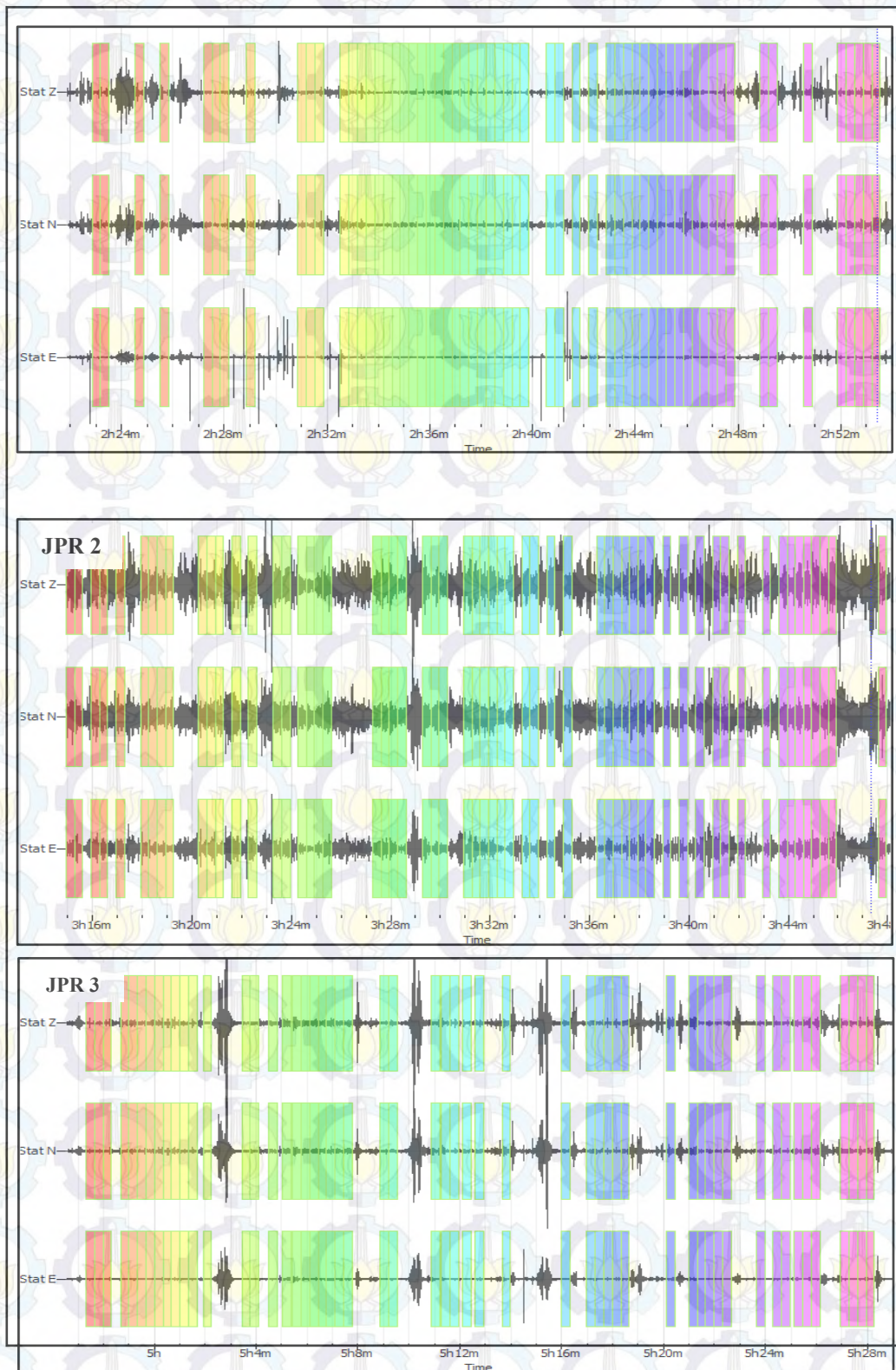
Lampiran 1. Lanjutan



Gambar8. Spektrum H/V padatitikpengukuran JPR 45, JPR 46, JPR 47, JPR 48, JPR 49dan JPR 50



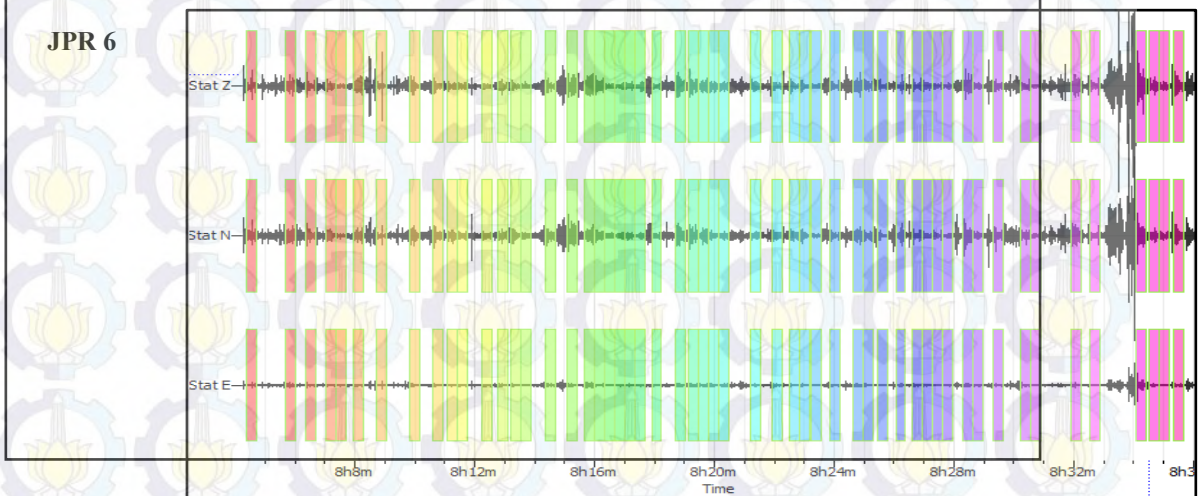
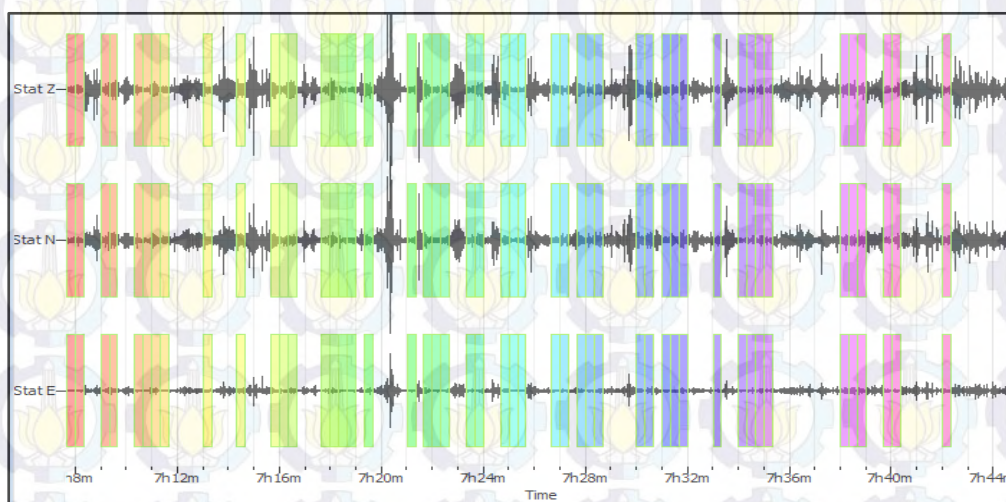
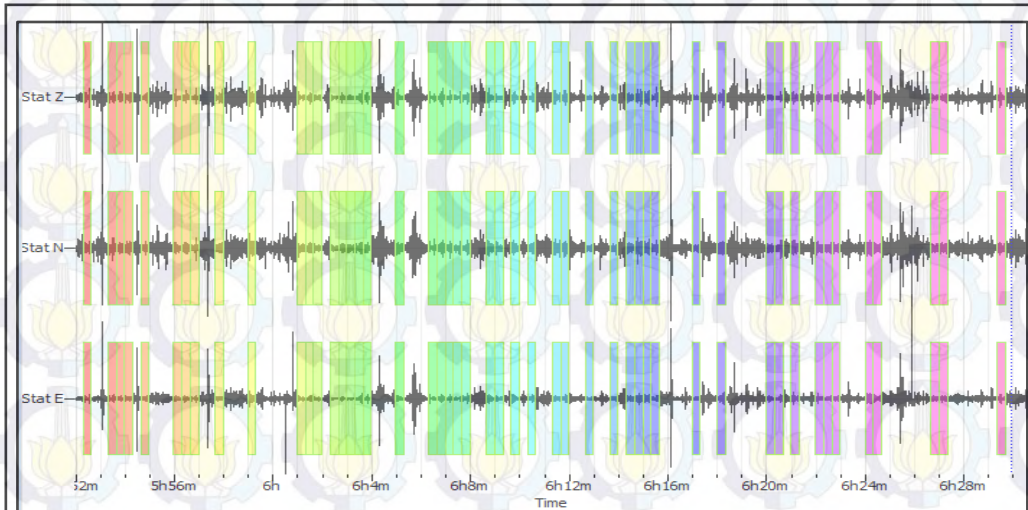
## Lampiran 2. Gambar spektrum 3 (tiga) komponen



Gambar 1. Spektrum 3 komponen padat titik pengukuran JPR 1, JPR 2 dan JPR 3



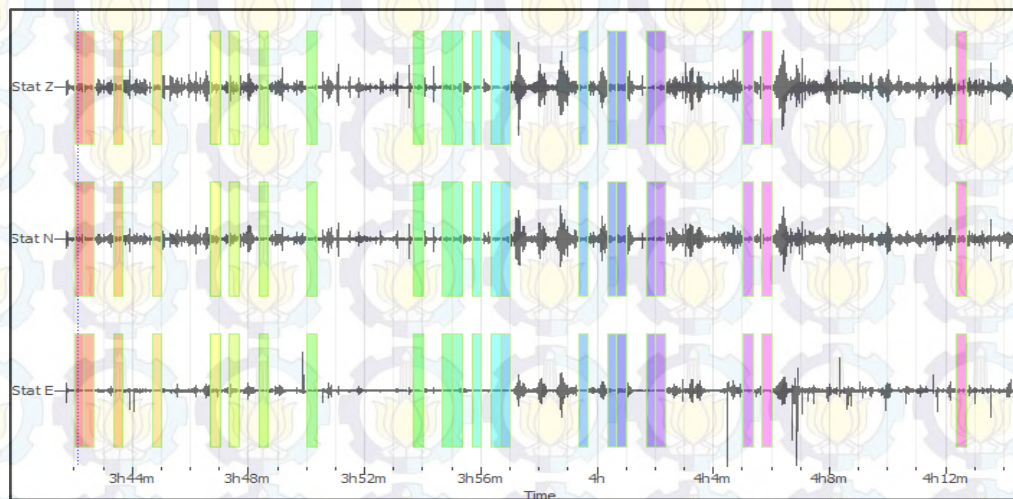
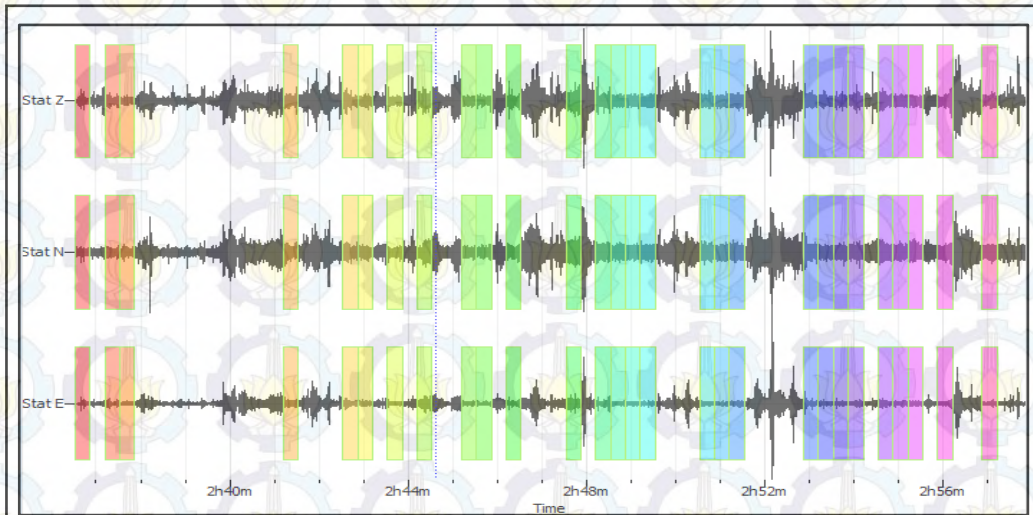
Lampiran 2.Lanjutan



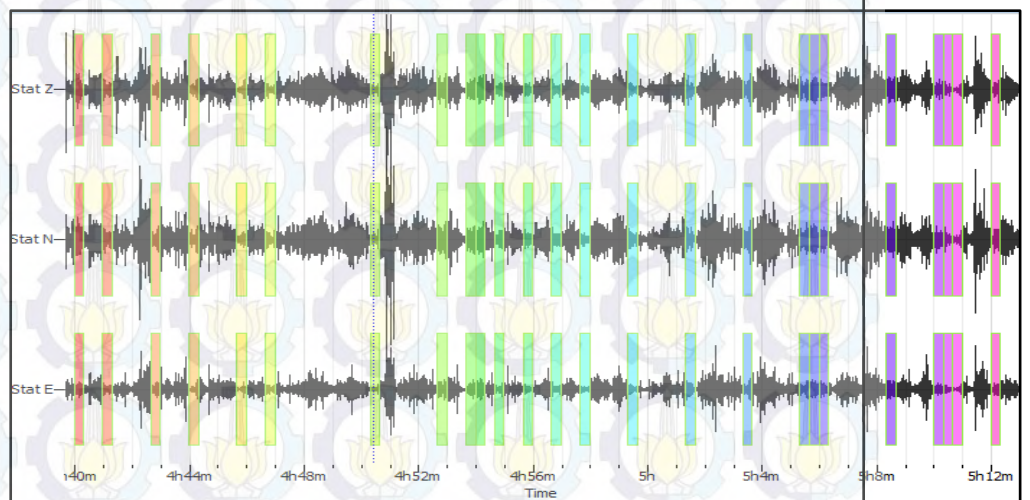


Gambar 2. Spektrum 3 komponen padatitikpengukuran JPR 4, JPR 5 dan JPR 6

**Lampiran 2.Lanjutan**



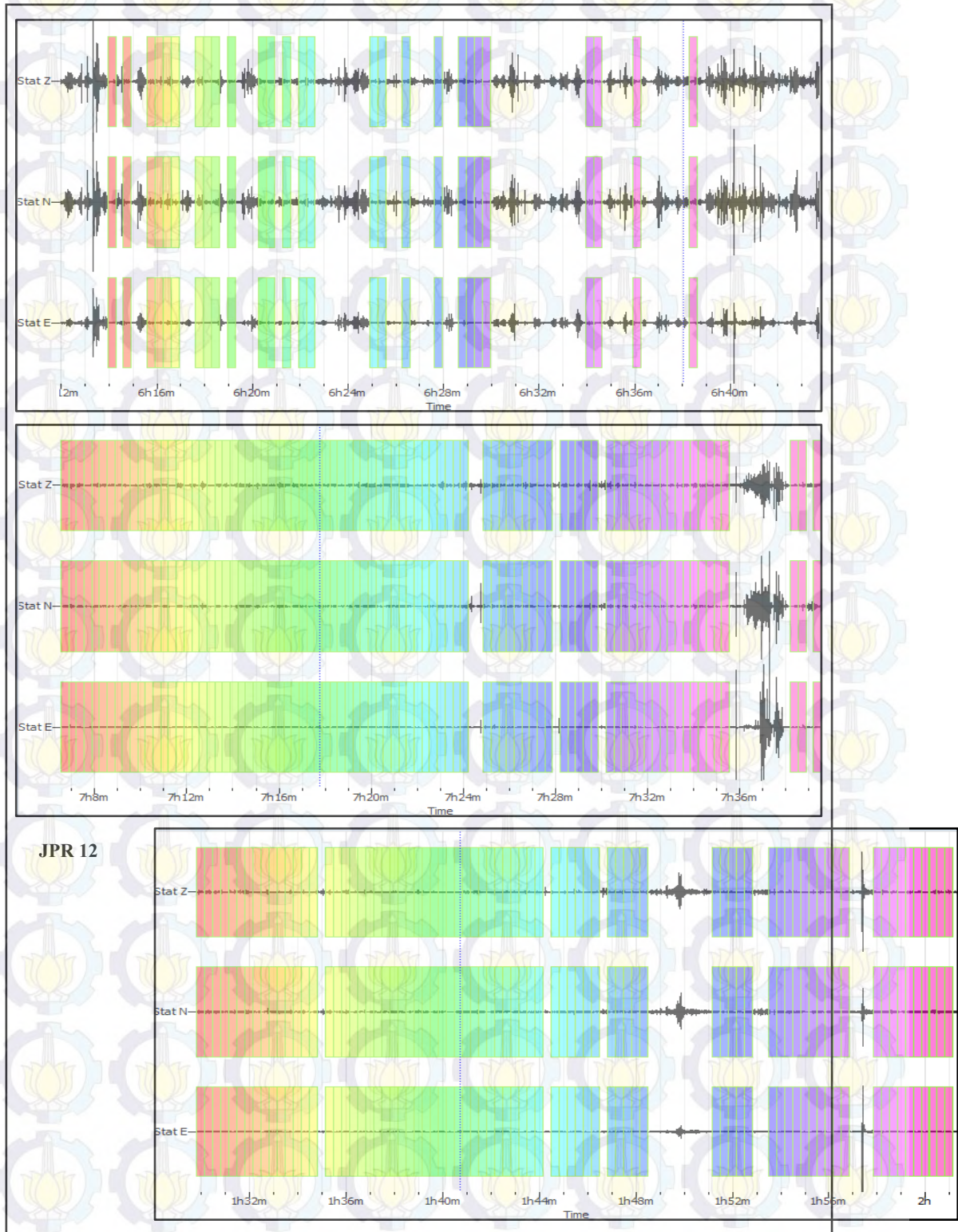
**JPR 9**





Gambar 3. Spektrum 3 komponen padatitikpengukuran JPR 7, JPR 8 dan JPR 9

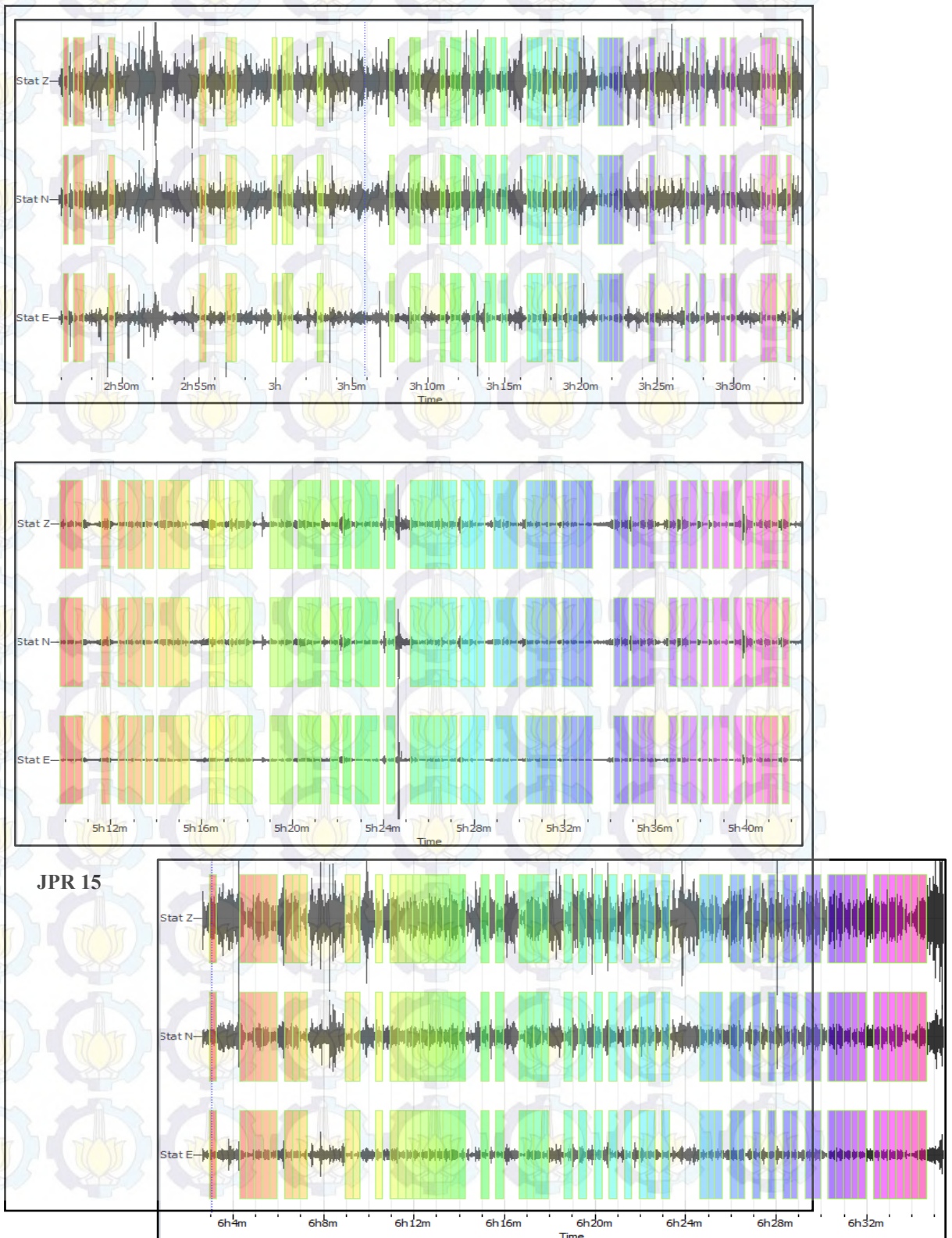
Lampiran 2.Lanjutan





Gambar 4. Spektrum 3 komponen padat titik pengukuran JPR 10, JPR 11 dan JPR 12

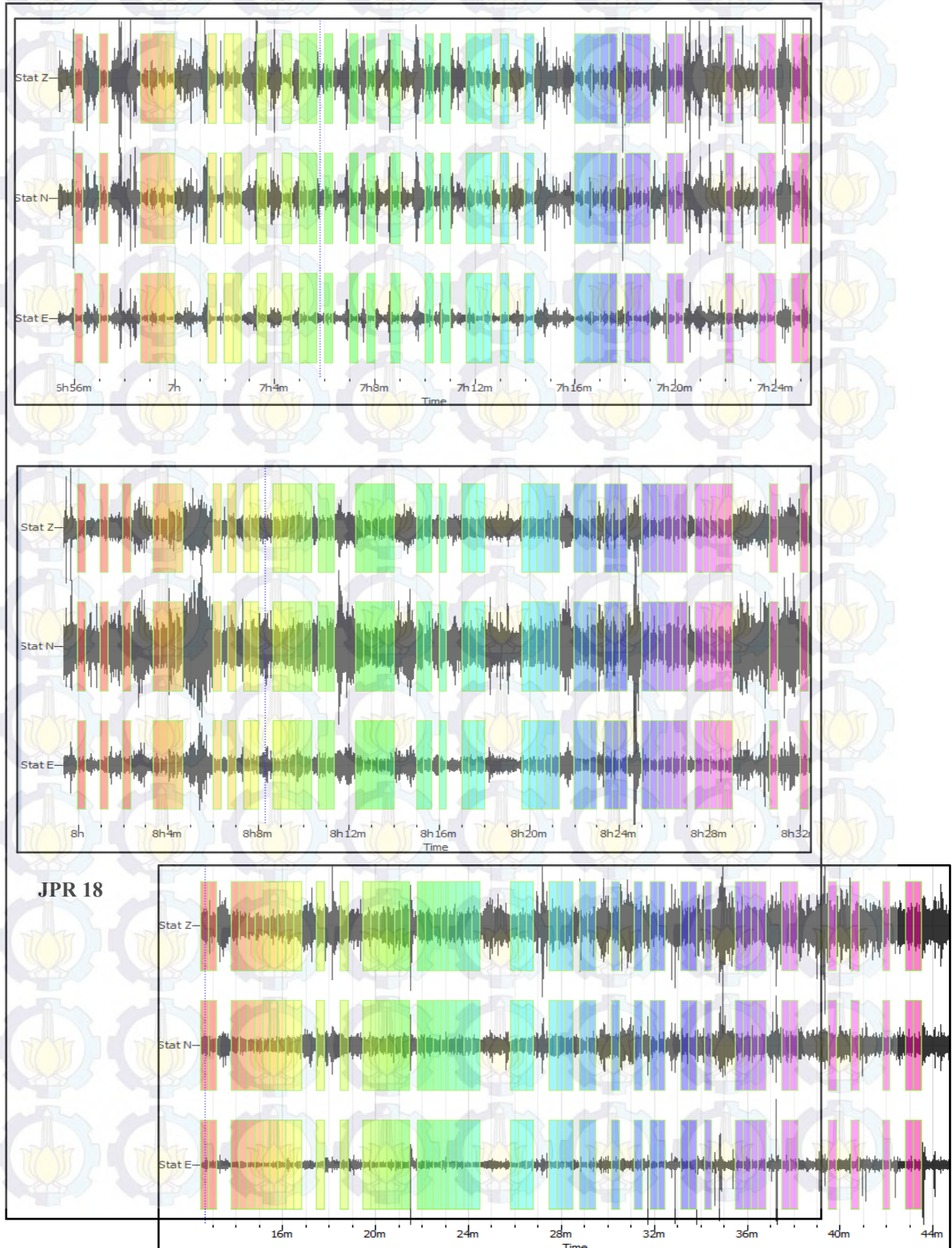
**Lampiran 2.Lanjutan**





Gambar 5. Spektrum 3 komponen padat titik pengukuran JPR 13, JPR 14 dan JPR 15

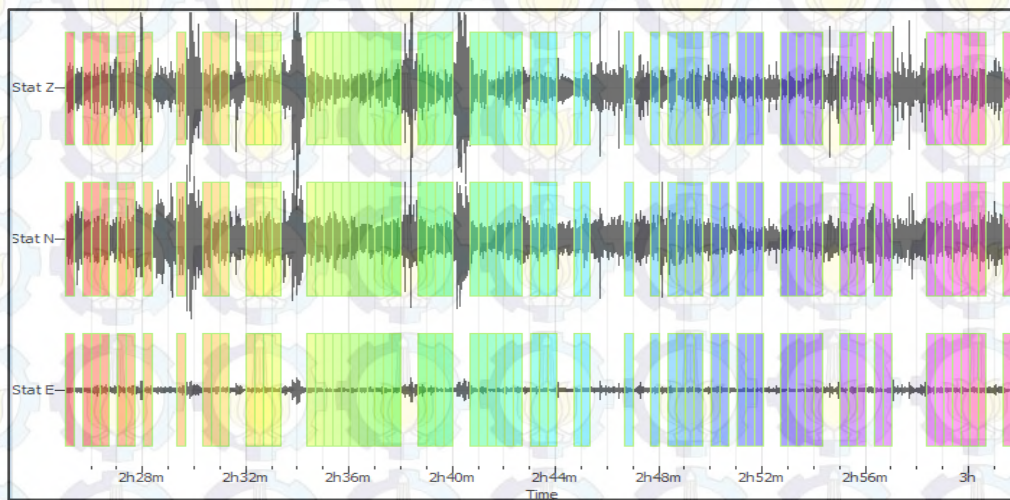
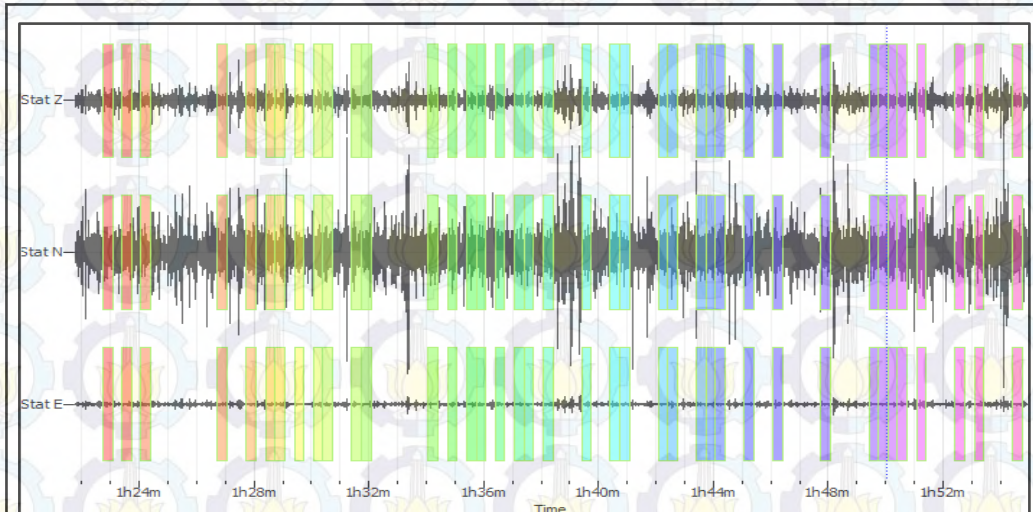
Lampiran 2. Lanjutan



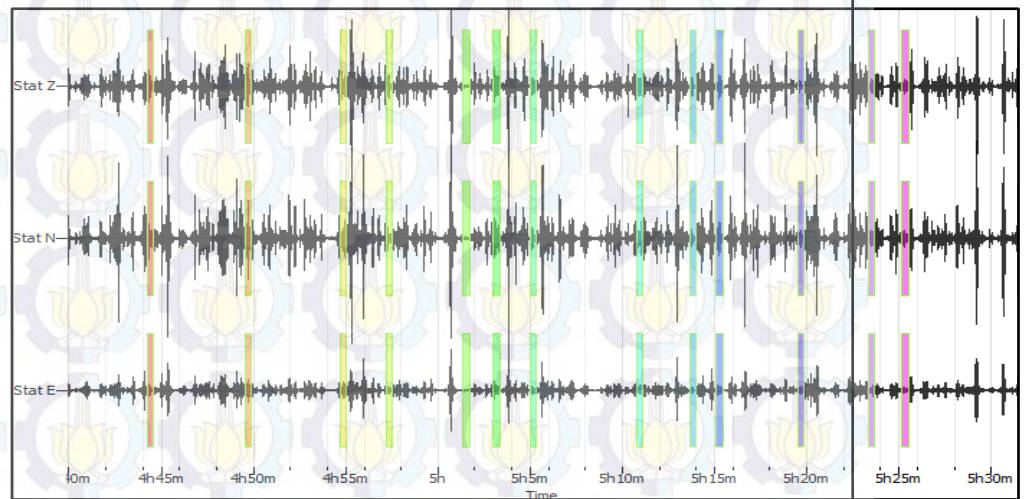


Gambar6. Spektrum 3 komponen padatitikpengukuran JPR 16, JPR 17dan  
JPR 18

**Lampiran 2.Lanjutan**



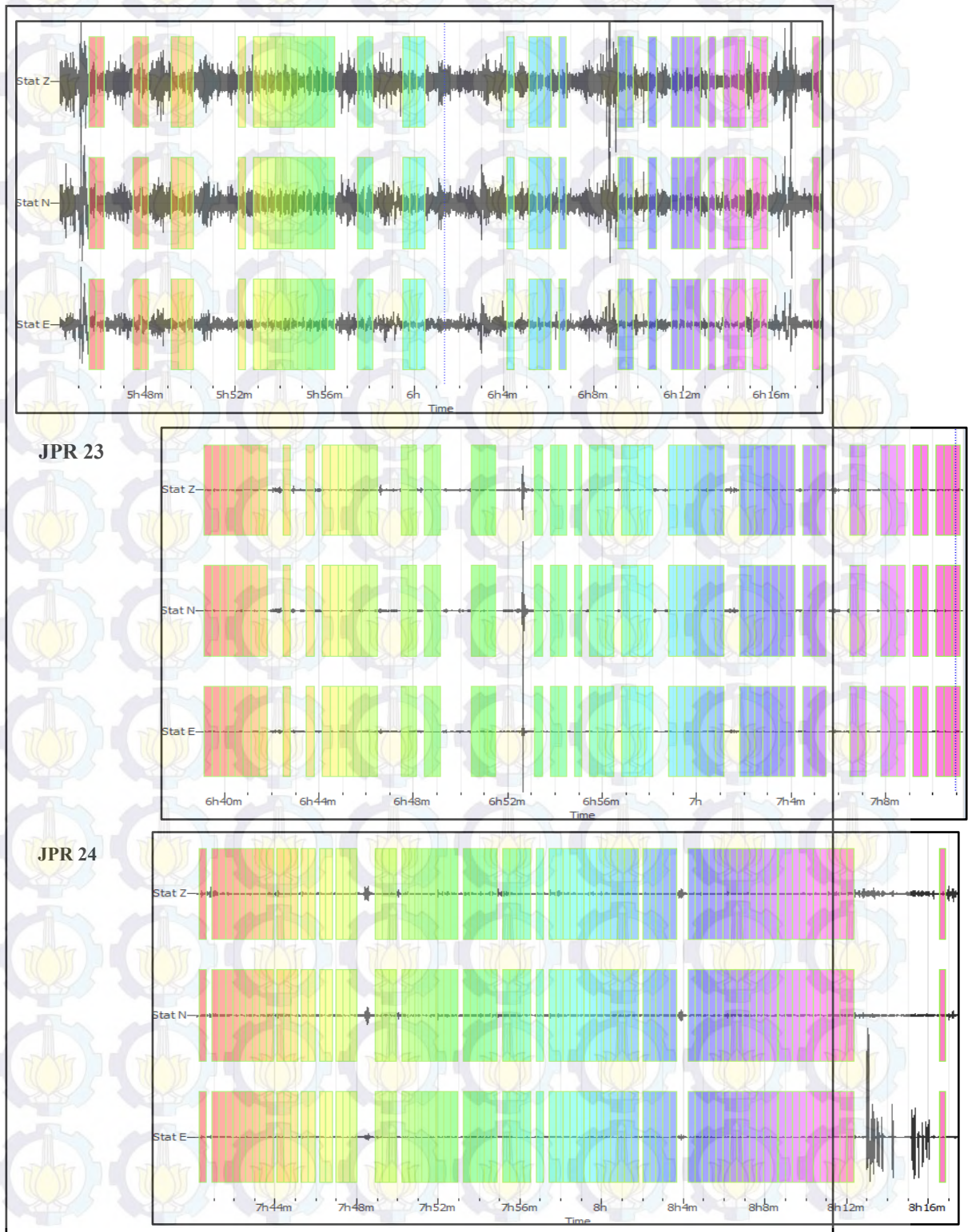
**JPR 21**





Gambar 7. Spektrum 3 komponen padatitik pengukuran JPR 19, JPR 20 dan JPR 21

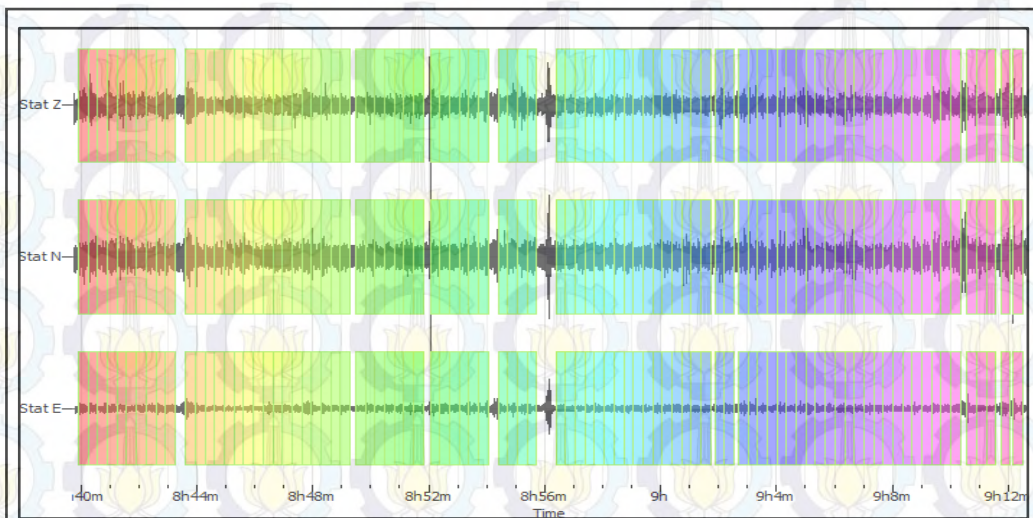
Lampiran 2. Lanjutan



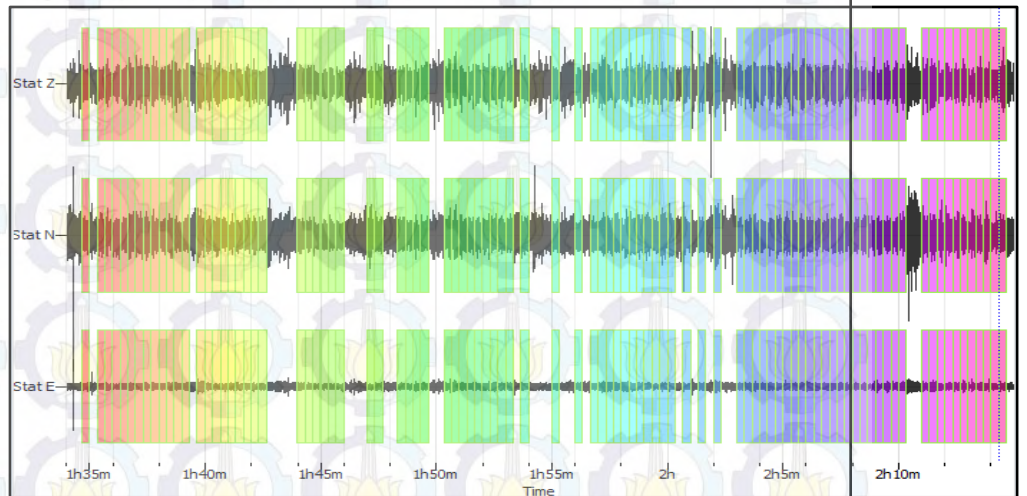


Gambar 8. Spektrum 3 komponen padat titik pengukuran JPR 22, JPR 23 dan JPR 24

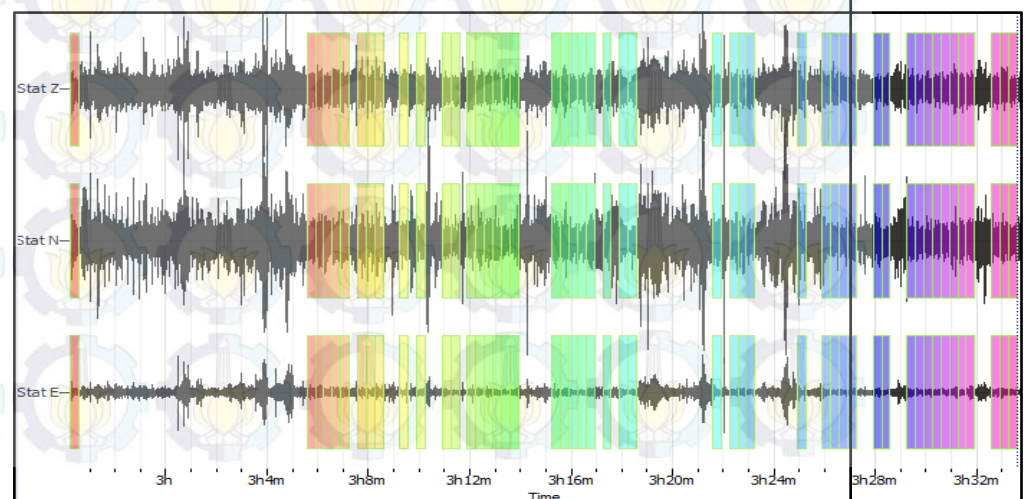
Lampiran 2. Lanjutan



JPR 26



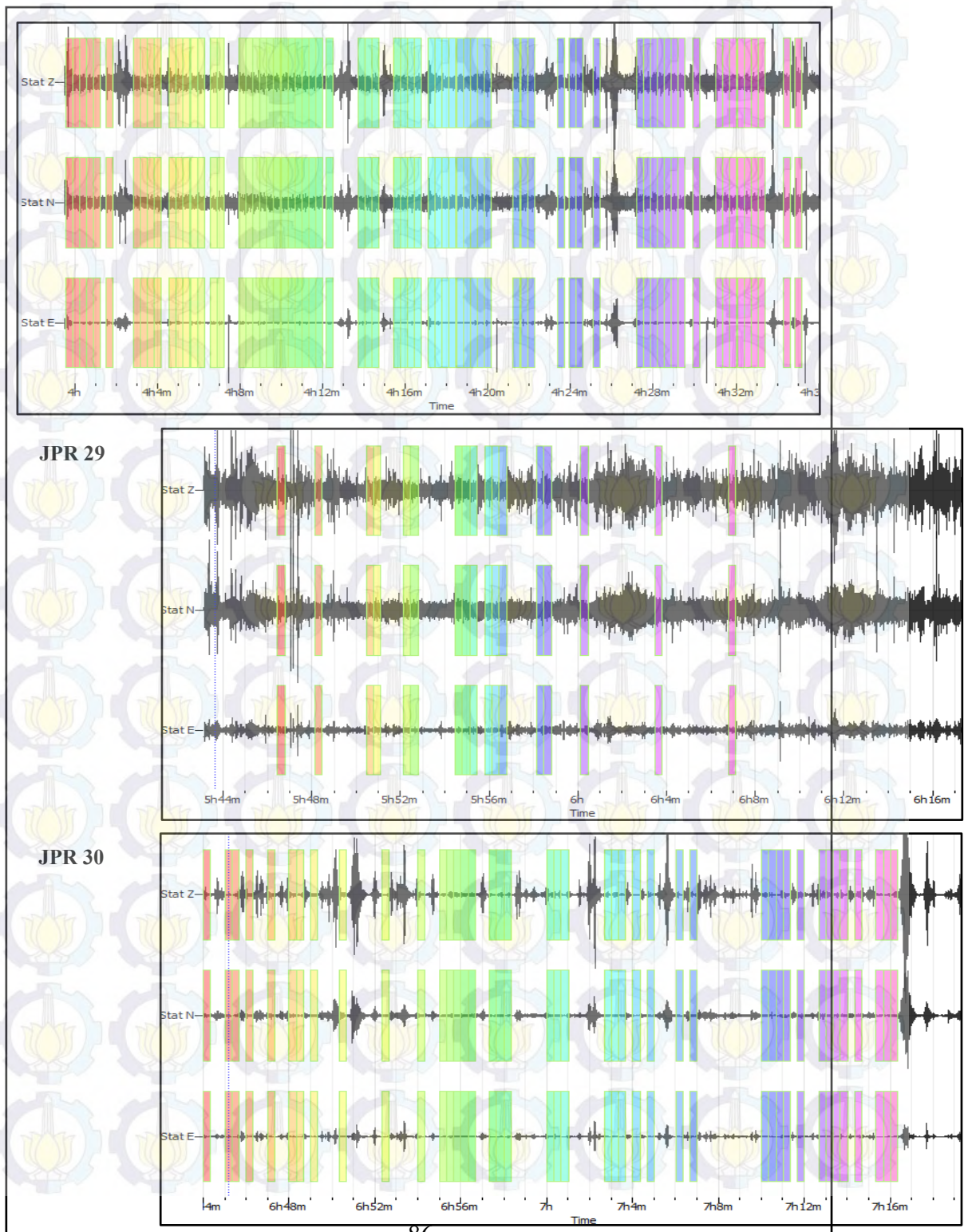
JPR 27





Gambar 9. Spektrum 3 komponen padatititikpengukuran JPR 25, JPR 26 dan JPR 27

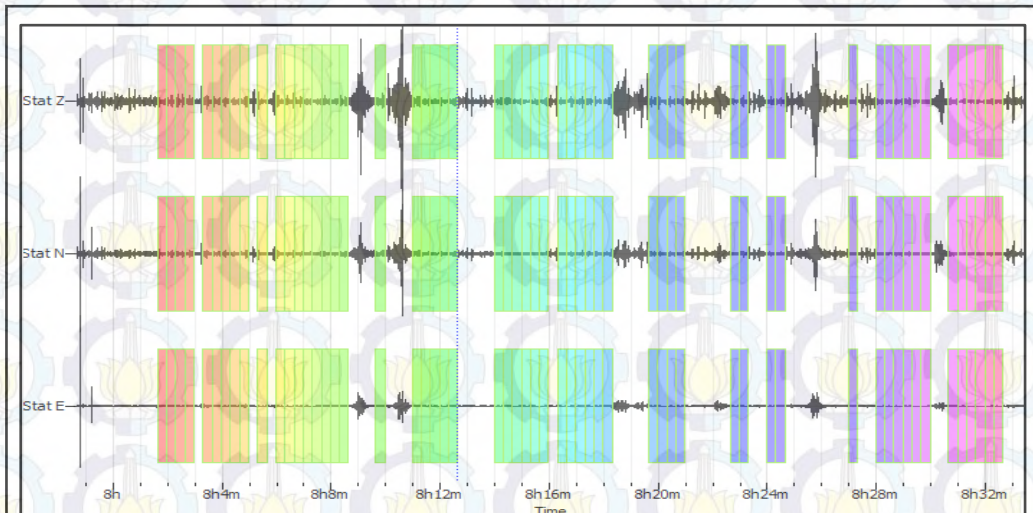
Lampiran 2.Lanjutan



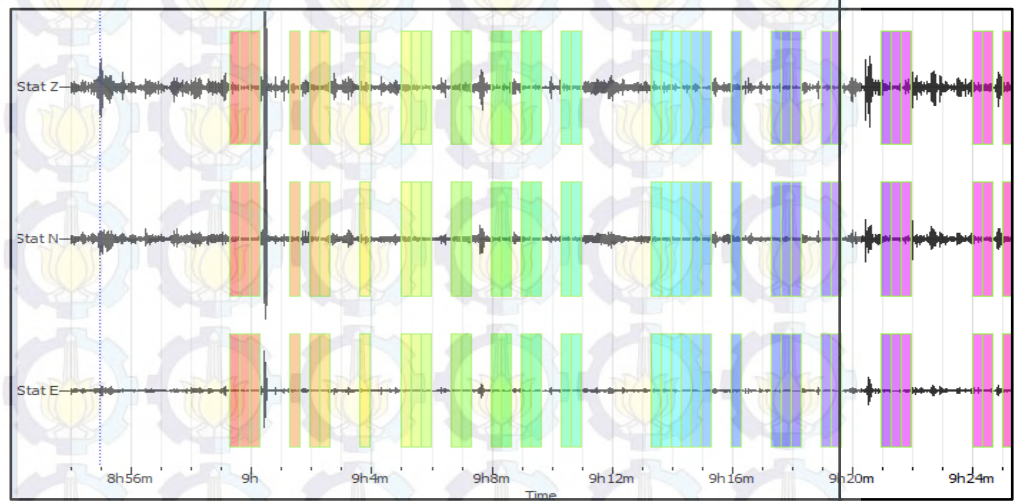


Gambar 10. Spektrum 3 komponen padatitikpengukuran JPR 28, JPR29dan JPR 30

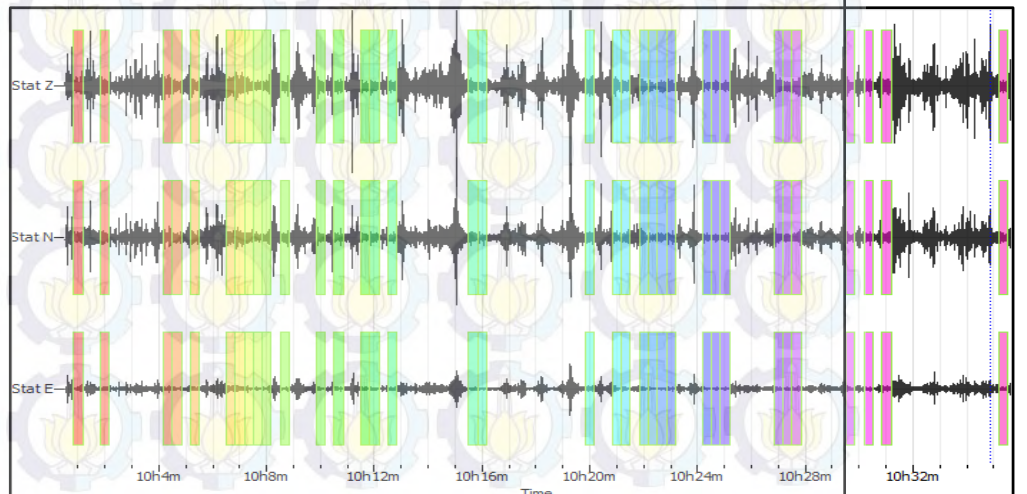
**Lampiran 2.Lanjutan**



**JPR 32**



**JPR 33**

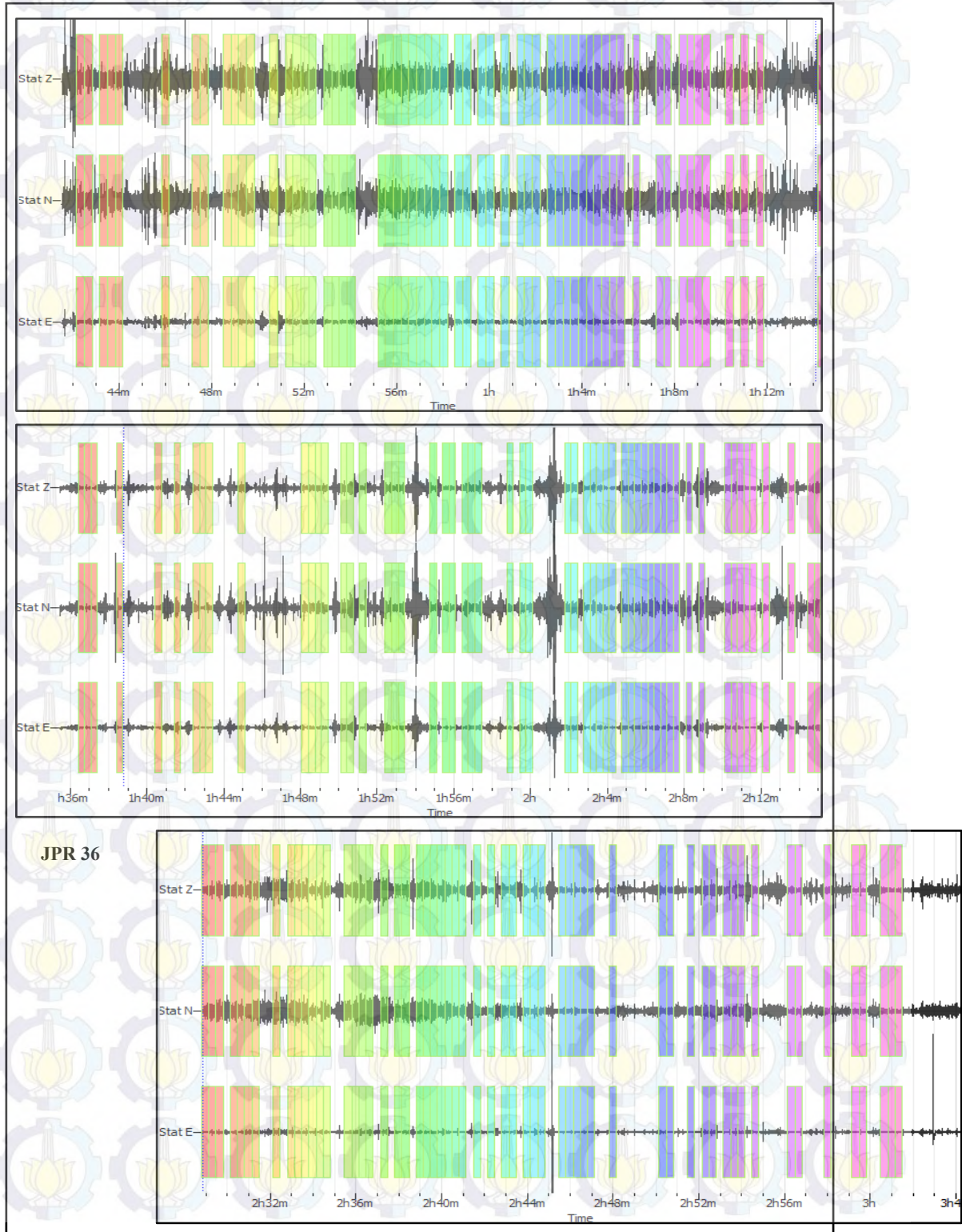




Gambar 11. Spektrum 3 komponen padatitikpengukuran JPR 31, JPR 32dan JPR

33

Lampiran 2.Lanjutan

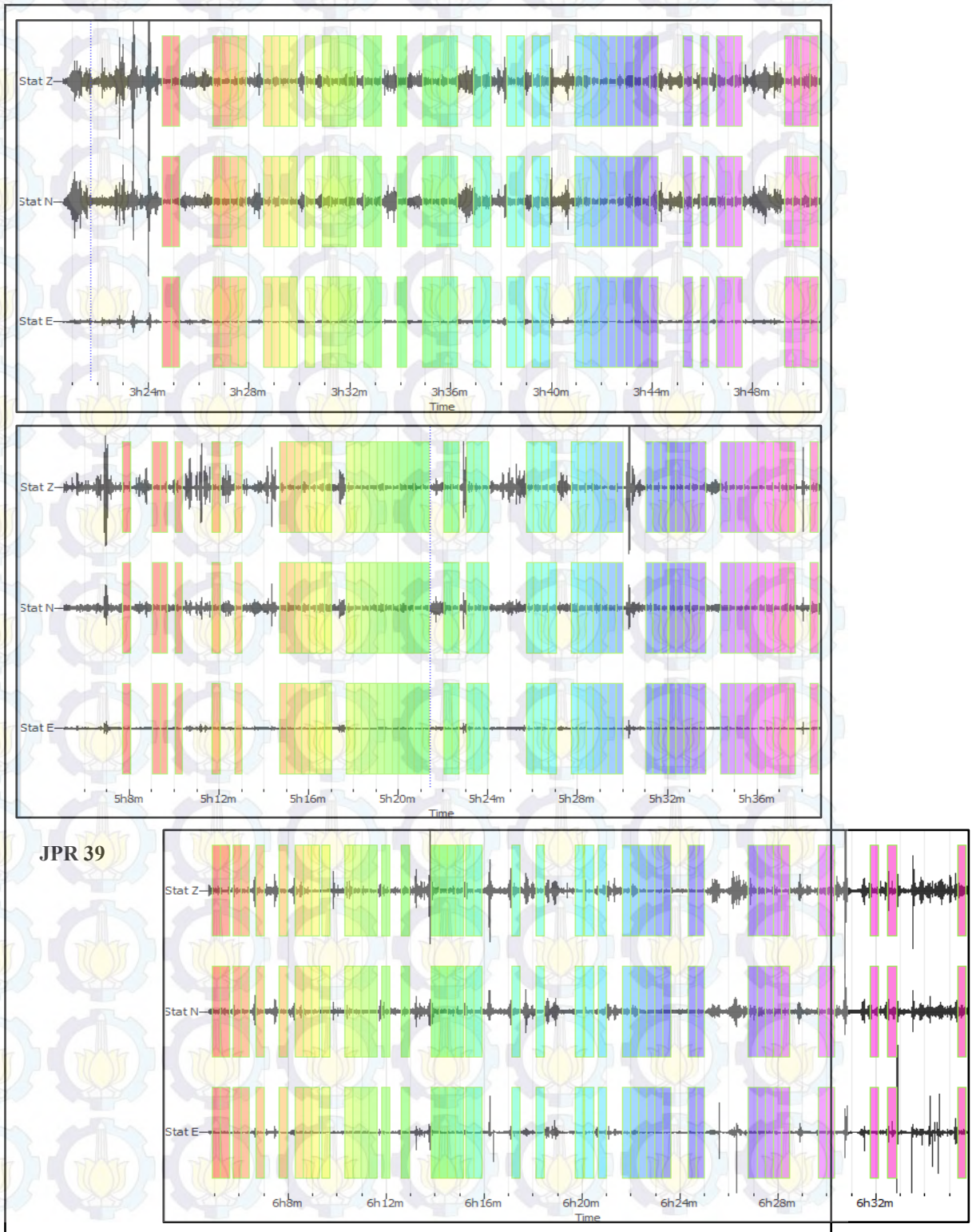




Gambar 12. Spektrum 3 komponen padatitik pengukuran JPR 34, JPR 35 dan JPR

36

**Lampiran 2.Lanjutan**

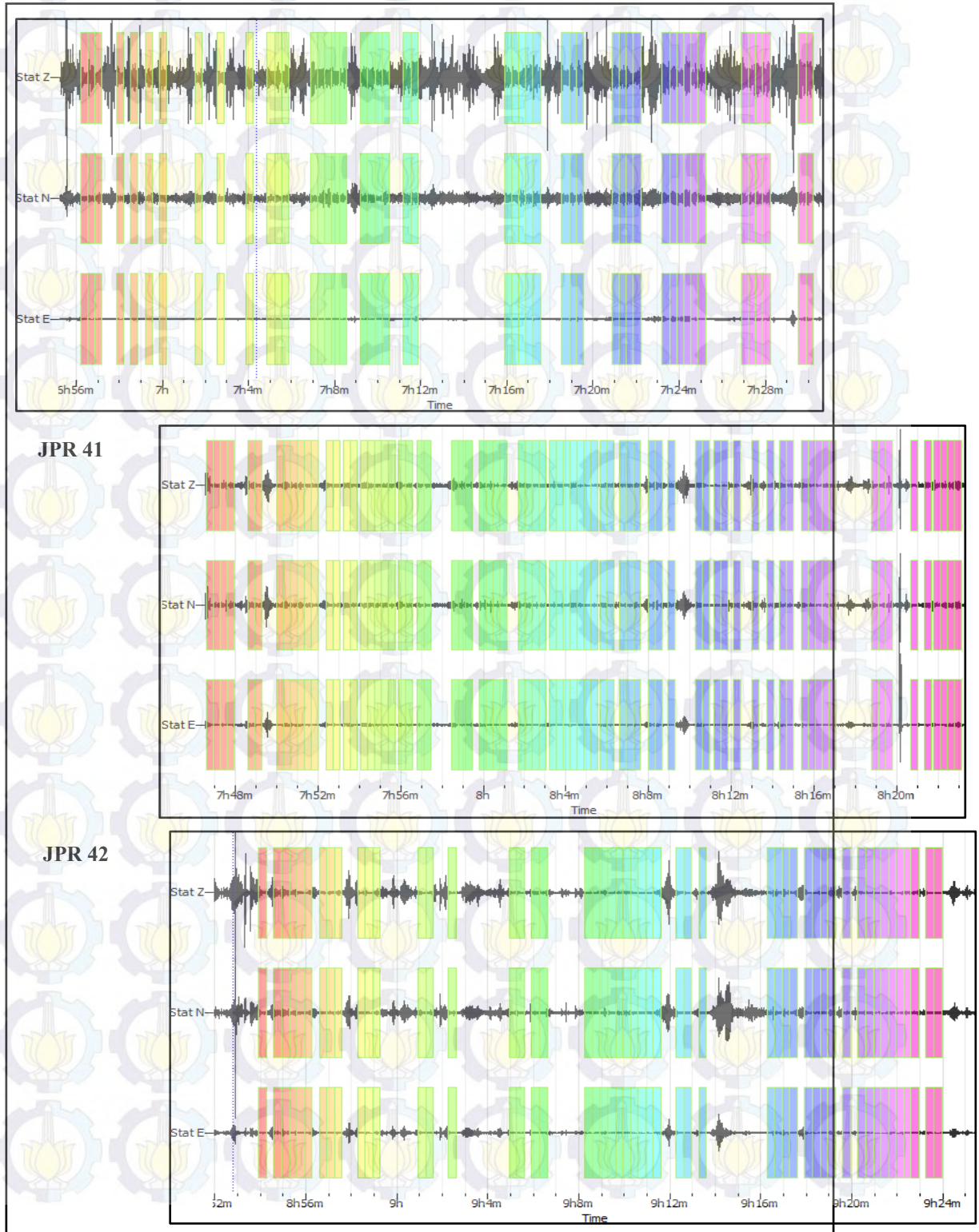




Gambar13. Spektrum 3 komponen padatitikpengukuran JPR 37, JPR 38 dan JPR

39

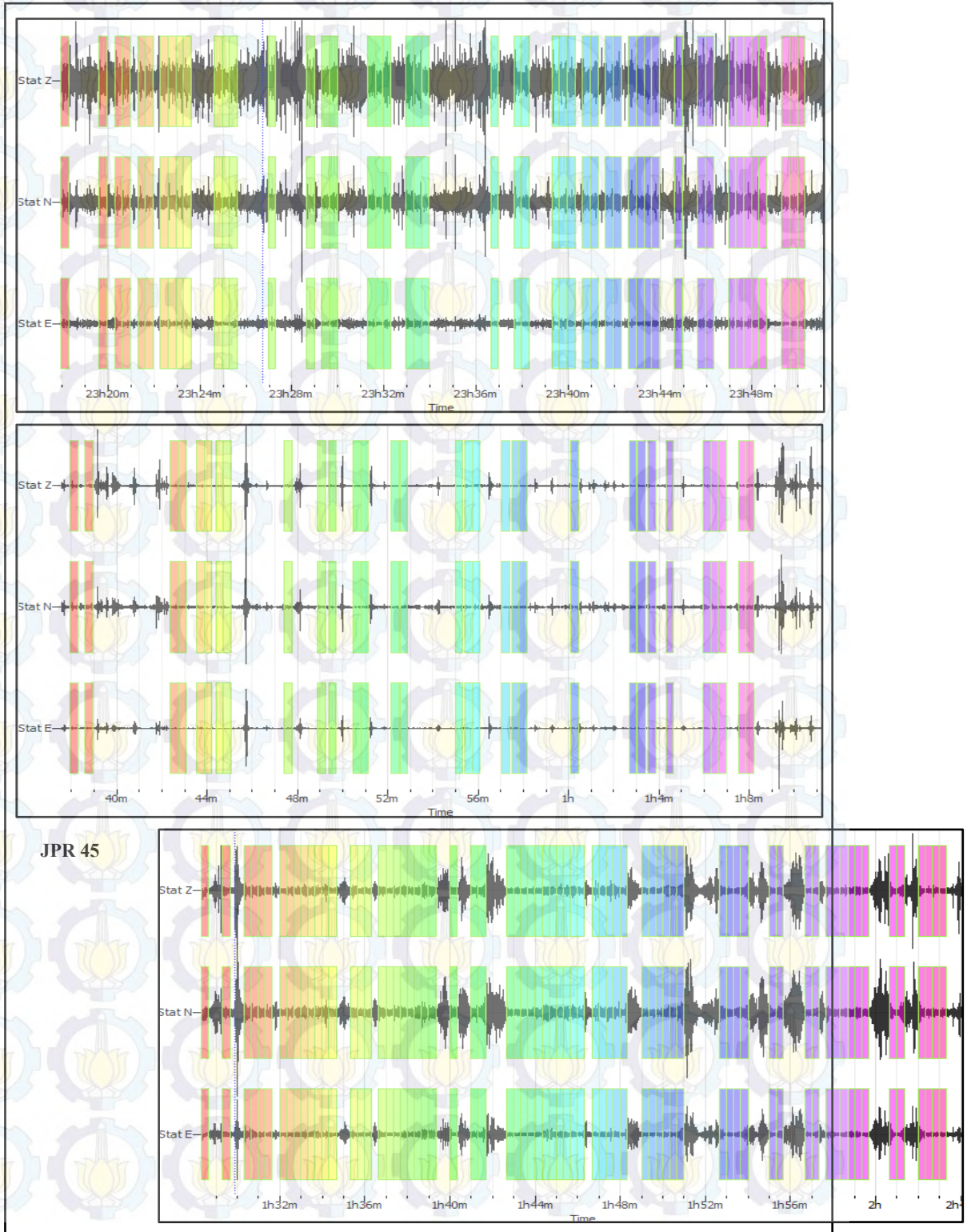
**Lampiran 2.Lanjutan**





Gambar 14. Spektrum 3 komponen padat titik pengukuran JPR 40, JPR 41 dan JPR 42

Lampiran 2. Lanjutan

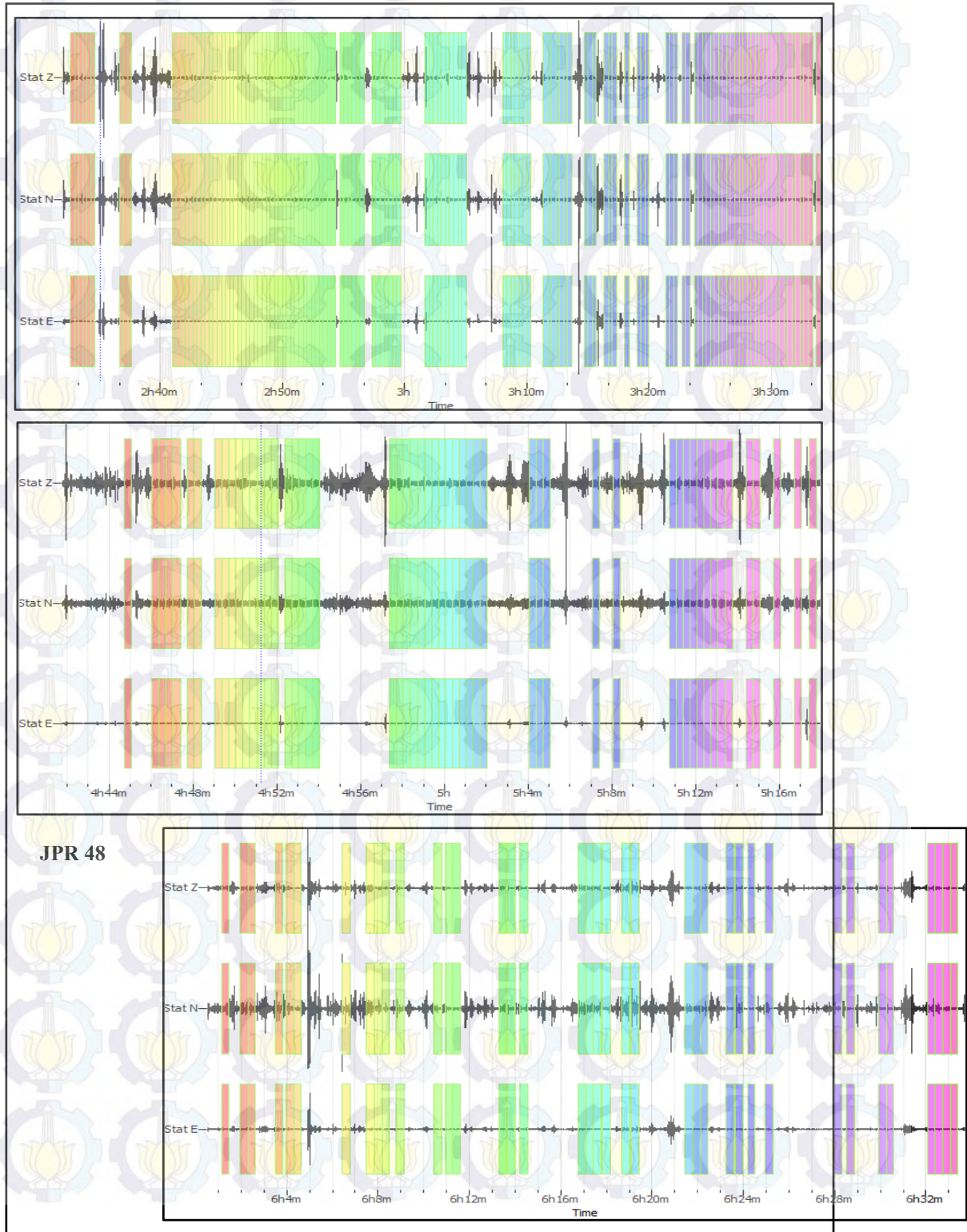




Gambar 15. Spektrum 3 komponen padat titik pengukuran JPR 43, JPR 44 dan JPR

45

Lampiran 2.Lanjutan

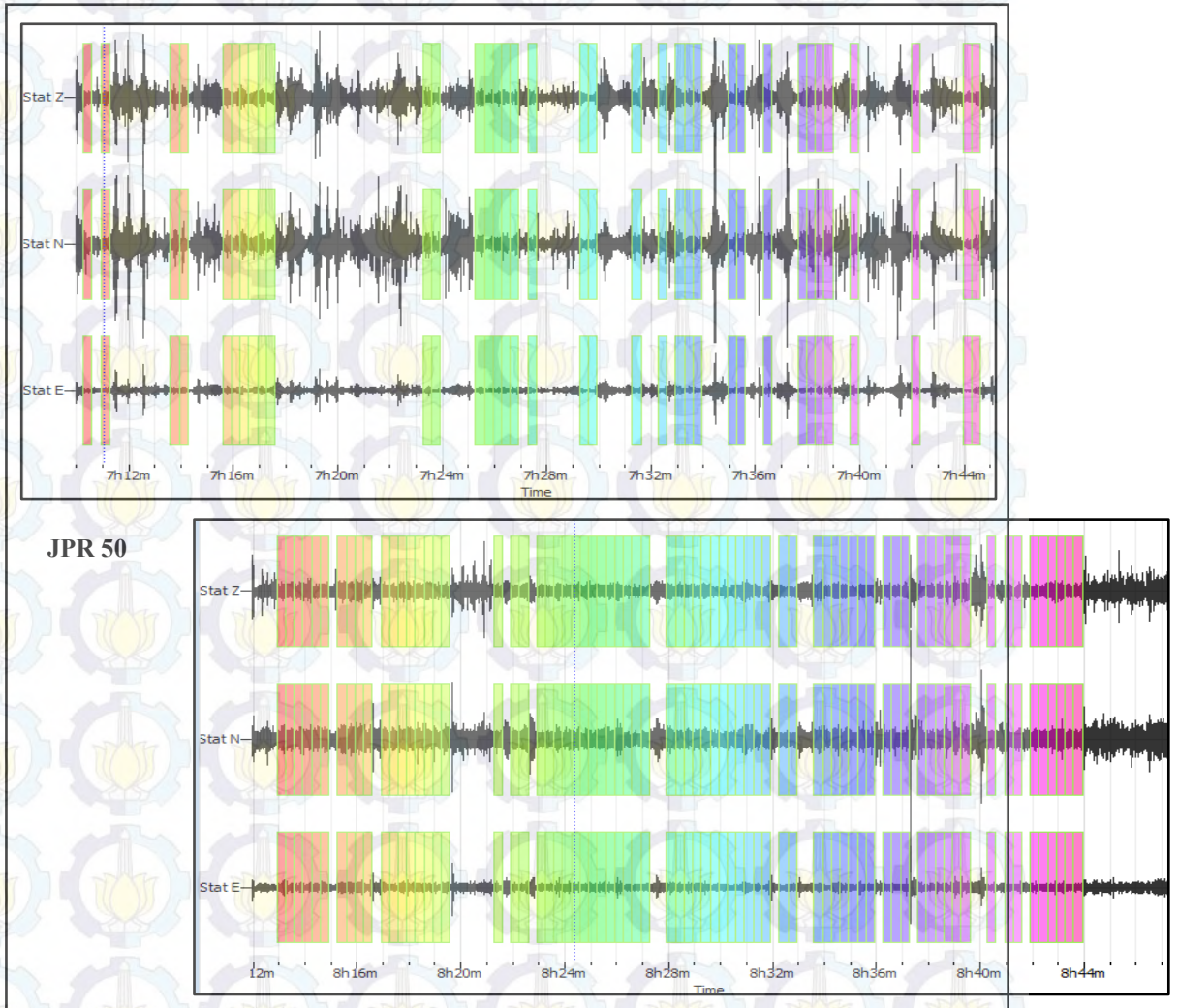




Gambar16. Spektrum 3 komponen padatitik pengukuran JPR 46, JPR 47 dan JPR

48

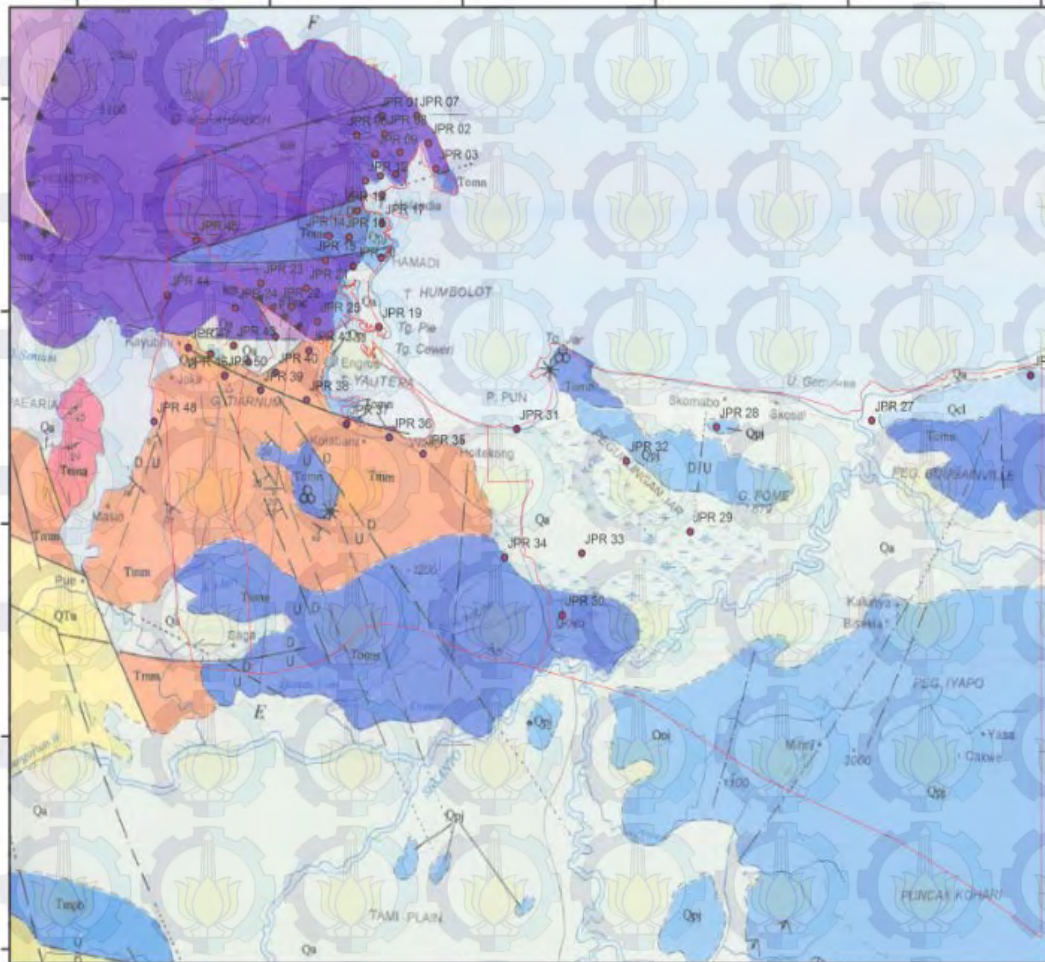
**Lampiran 2.Lanjutan**



Gambar 17. Spektrum 3 komponen padatitik pengukuran JPR 49 dan JPR 50



Lampiran 3. Peta Geologi Jayapura





# Lampiran 3. Lanjutan

## KETERANGAN / EXPLANATION

- Q6** ALUVIUM DAN ENDAPAN PANTAI : Kerakal, kerikal, pasir, lasau dan lumpur di lingkungan rawa dan pantai. Endapan pantai mengandung pecahan batugamping koral Resak.  
*ALLUVIAL AND COASTAL DEPOSITS : Gravel, pebbles, sands, silts and muds in swamps and coastal areas. Recent coralline limestone fragments are found in the coastal deposit.*
- Q7** KIPAS ALUVIUM / Aluvium kasar dan fragmen, terjalih bank. Terdiri terutama dari pasir, kerakal, dan kerikal batuan ultramafik dan mafik.  
*ALLUVIAL FAN : Coarse alluvium and polymict conglomerate, poorly sorted, consist mostly of sand, pebbles and gravel of ultramafic and metamorphic rocks.*
- Qc1** BATUGAMPING KORAL : Batugamping koral, pasiran, pejal, setempat samirig. Batupasir, gampingan, konglomeratan pada alas samirig. Terangkat sekitar 70 m di atas muka laut dan membentuk undak, menindik tak selaras Fosmasi Jayapura.  
*CORALLINE LIMESTONE : Massive coralline limestone sandy, porous locally. Conglomerate calcareous sandstone at base of the unit. Uplifted and terraced approximately 70 m above sea level. The unit overlies unconformably the Jayapura Formation.*
- Q9j** FORMASI JAYAPURA : Batugamping koral-gamping, kalsinid, kalkareus; setempat batugamping kapur, batugamping napsan dan napsal, berpasir jlek, setempat berstruktur terumbu; setempat bersisip dengan batugamping pelagos. Fossil foraminifera kecil beratus dan pelagos, koral, moluska dan ganggang. Umur satuan Plitosen. Lingkungan pengendapan laut terbuka yang tak ada lagi bahan rombakan daratan, menindik tak selaras Fosmasi Unk. Kemiringan landai ke arah selatan beradanya dengan undak nyina. Terangkat lebih kurang 700 m di atas permukaan laut. Tebal 400 m.  
*JAYAPURA FORMATION : Coralline-algal limestone, calcareite, calcarenite, locally cherty and marly limestone, and marly, poorly bedded, in places bioherm structure and pelagic limestone alternation, lithologic and pelagic microfossils, coral, molluscs, and algae. Pleistocene in age. Open marine environments without terrestrial detritus. Overlies unconformably the Unk Formation. Slightly dipping to the south-southwest and forest conspicuous terraces. Uplifted about 700 m above sea-level. Thickness 400 m.*
- Qnd** ENDAPAN LUMPUR : Lempan dan lumpur, kelabu muda-tua, sangat lembek, lelehan dari poton, aliran dan rembesan lumpur. Umur Holosen dan diduga masih aktif sampai saat ini.  
*MUD DEPOSITS : Soft, silty to clayey, very soft, derived from mud cones, mud flows and mud seeps. Holocene in age, and is presumed to be still active at the present.*
- Qc** BATUAN CAMPURADUK : Lempan, lumpur, bongkah dan-bancuran batuan dari satuan lebih tua, tak terinci. Lempan dan lumpur, berasal dari batuan gamping dan juga lelehan dari poton serta aliran lumpur, mengungkap bongkah-bongkah besar yang bisa direkambai, mengelakanja pis median. Bersisipkan tektonik dengan satuan batuan lain. Umur Plitosen - Holosen. Satuan merupakan lempung dupur yang terbentuk oleh gabungan kompresi dengan gravitasi yang dituangkan oleh sifat fisik batuan pembentuk Kelompok Mamberamo yang sangat mampat.  
*CHEMIFIC ROCKS : Clay mud, blocks and broken rocks, derived from the older units, undifferentiated. Clay and mud derived from sheared rocks and volcanic, and also from mud flows, enclosing blocks of older rocks including megac blocks, produce methane. Tectonised contact with the other rock unit. Pleistocene in age. The rocks developed as diapiric clays, formed by a combination of compression and gravitation processes and supported by physical characteristics of the Mamberamo rock group.*
- Q7u** FORMASI UNK : Grewak bersisipkan batulempung batulanau, napsal, konglomerat dan sisipan batupasir dan lignit. Grewak, berpasir 10 cm - 1 m, kepingan kuarsa, batuan beku, sedimen mullu dan bahan karbonan, sisipan batupasir, kelabu tua-hijau muda, gampingan, berpasir baik. Batulempung, batulanau, dan palau, pejal-berpasir baik, setempat menyempit, mengandung lempungan lignit dan sisa tumbuhan. Berdisipkan kandungan fosil Globorotalia, Globigerinoides, Sphaeroidinellopsis, Orbulina dan Pallaetinaia, umur satuan Plitosen Akhir-Plitosen (N1-N2). Satuan berpasir baik, lapisan berunsur silang-suir, lapisan sejajar, dan galatan jasad, setempat gelembur. Lingkungan pengendapan laut dangkal - laut agak dalam. Tebal mencapai 1000 m. Menindik selaras Fosmasi Aurumi, ke arah utara bermiring berubah menjadi bagian bawah Fosmasi Jayapura. Dikelokasikan dengan Angosa C. Dan E Fosmasi Mamberamo.  
*UNK FORMATION : Alternating greywacke, claystone, and siltstone, marl conglomerate, and sandstone and lignite intercalations. Greywacke 10 cm - 1 m thick consists of quartz, volcanic and metamorphic fragments, and carbonaceous matter; dark grey - light green, well bedded, calcareous sandstone intercalation. Claystone, siltstone, and marl, massive - well bedded, locally shaly, contain lignite fragments. Based on the Globorotalia, Globigerinoides, Sphaeroidinellopsis, Orbulina and Pallaetinaia fossil contents, the formation is of Late Pliocene - Pleistocene in age (N1-N2). The unit is well-bedded, grade-bedded, cross-bedded, parallel-bedded, and bioturbated, and wavy-bedded locally. Shallow to slightly deep marine environment. Thickness is up to 1000 m. Overlies conformably the Aurum Formation, northward gradually turns to be the lower part of the Jayapura Formation. Correlated with the C, D, and E Members of the Mamberamo Formation.*
- Trpa** FORMASI AURUMI : Batupasir dan batulempung, sisipan batugamping, batulanau dan napsal. Batulempung, batugamping, terjalih kurang baik, setempat gampingan, unit beku mengandung moluska, berpasir baik, tebal lapisan 5-125 cm, silang-suir, setempat bercedung dengan batulempung. Batulempung setempat menyempit, karbonan dan gampingan, pejal-berpasir, perantari lasau, setempat batulanau dan lensa batupasir gampingan. Batugamping kalkareus, bersisipan batugamping rapatan (tebal 3-1 cm, fosil moluska, batulanau lempungan, berpasir baik, perantari sejajar. Konglomerat undak beku setempat pada bagian bawah satuan. Komponen basal, di atas batupasir gampingan, dan batupasir halus dengan marika batupasir gampingan. Kumpulan fosil pelagos: Globorotalia sp., Globigerinoides sp., Globorotalia sp., Globogularina sp., Pallaetinaia sp., dan beku (Quaquedactylus sp., Pseudorotalia sp., Celandus sp., dan Anomia sp., menanjung umur Miosen Akhir-Plitosen (N1-N2)). Korelasi dengan Lembar Samri, umur satuan mulai Miosen Akhir-Plitosen. Lingkungan pengendapan laut dangkal - parial, hasil pengendapan fasa seaturat. Tebal unit sekitar 1000 m. Menindik selaras Fosmasi Makats, setempat diduga takselaras.  
*AURUMI FORMATION : Sandstone and claystone; intercalations of limestone, siltstone, and marl. Sandstone, fine-medium grained, moderately sorted, locally calcareous; calcite veins contain molluscs. Well-bedded, thickness of beds 5-125 cm, cross-bedded; locally alternate with claystone. Shaly and calcareous, carbonaceous, marly, massive, parallel laminated, and calcareous sandstone lenses, in places. Calcareite, intercalated with marly limestone of 3-10 cm thick, molluscs fossil. Siltstone, clayey, well bedded, parallel bedding. Locally polymict conglomerate at the bottom part of the unit. Clasts of basalt, diabase, calcareous sandstone, gabbro, and fine-grained sandstone embedded in calcareous sandstone matrix. Pelagic fossil assemblage composed of Globorotalia sp., Globigerinoides sp., Globorotalia sp., Globogularina sp., Pallaetinaia sp., and bekuite fossils consisting of Quaquedactylus sp., Pseudorotalia sp., Celandus sp., and Anomia sp., tend to indicate a Late Miocene - Pliocene age (N1-N2). Correlation with the Samri Quadrangle, the age of the unit is Late Miocene - Pliocene. Environment of deposition is shallow marine to paralic, due to a regressive depositional phase. The thickness 1000 m. Overlies conformably the Makats Formation, locally is presumed to be unconformable.*
- Trpb** FORMASI BENAI : Batugamping, halus-kasar, pejal. Fosil koral, cangkang moluska, dan celinoid. Margiropora sp., Globorotalia sp., Archaias sp. Umur tidak lebih tua dari Fosmasi Aurumi dan kesatuan menjurang.  
*BENAI FORMATION : Limestone, fine to coarse-grained, massive. Fossils: coral, molluscs, echinoid spine, Margiropora sp., Globorotalia sp., Archaias sp. The age is not older than Miocene. Littoral to neritic environments. Laterally, it becomes elastic of the Aurum Formation or both are interfingering.*
- Trm** FORMASI MAKATS : Grewak, bersisipkan dengan batulanau dan batulempung, sisipan napsal dan konglomerat, lensa dan bucah batugamping, bagian bawah berpasir tua dan breksi gampingan. Grewak, setempat gampingan, unit kalis mengkilip rihakan sampai 0,5 cm, silang-suir berpasir, lempungan, lapisan sejajar, silang-suir dan lapisan peralangan. Konglomerat, anak-bahan, pemenciran, komponen andesit, batugamping, njang, lempung tekurikan, sedimen malih, berukuran 2,15 cm, dikuasai 4,5 cm. Batugamping, sebagian terluburkuksi, setempat kalkareus. Tuf (nufs), berunsur andesit-basal, berpasir baik, tebal tuf lapisan 1-2 cm. Breksi gampingan berkomponen andesit-basal. Kumpulan fosil Globorotalia sp., Globigerinoides sp., Globogularina sp., Margiropora sp., Lepidocyclina sp., Cyclotheus sp. dan Operculina sp., menunjukkan umur Miosen Tengah sampai Miosen Akhir (Te atas - TI bawah). Lingkungan pengendapan littoral. Fosmasi ini berpasir baik dan terjalih kuat, setempat lapisan terjalih. Tebal sekitar 1500 m. Menjemani dengan bagian atas Fosmasi Auwewa.  
*MAKATS FORMATION : Alternating greywacke, siltstone and claystone, intercalated with marl and conglomerate, lenses and nodules of limestone. At the lower part, intercalation of buff and volcanic breccia is present. Greywacke, locally calcareous, 0,5 cm calcite veins, graded-bedding, slumping, parallel-lamination, cross-bedding, and cyclic layers. Conglomerate, polymict, mineralisation, clasts ranging from 2-15 cm across, dominated by 4-5 cm, consist of andesite, limestone, chert, silicified claystone, and metasediments. Limestone, locally calcarenite and poorly crystalline. Tuff (nuffs), andesite-basalt, well bedded, thickness of layers 1-2 cm. Volcanic breccia, well bedded, locally calcarenite, well bedded, locally calcarenite and poorly crystalline. Fossil assemblage consists of Globorotalia sp., Globigerinoides sp., Globogularina sp., Margiropora sp., Lepidocyclina sp., Cyclotheus sp. and Operculina sp., indicates an Middle-Late Miocene age (Upper Te-Lower TI). The unit is well-bedded and strongly folded, in places recumbent layers are found, dipping 25° and striking to south-west-northwest. Interfingers with the upper part of the Auwewa Formation. Depositional environment is littoral. Thickness is about 1500 m.*
- Trnu** FORMASI NUBAI : Batugamping berpasir biotomark, napsal, batupasir halus, grewak gampingan tufan, tuf, setempat berpasir kalkareus dan kalsipolit. Batugamping dan biotomark, berpasir baik-jelek; fosil Lepidocyclina sp., Spirocyclus sp., Amphistegina sp., Elphidium sp., Globorotalia sp., Globigera sp., gampingan moluska, dan koral, umur Oligosen-Miosen Awal (Te bawah-hatas). Batupasir, halus, sisipan tebal 0,5 cm. Grewak, gampingan tufan, simpau lava andesit. Tuf, halus, sisipan tebal 0,5 cm. Kalkareus dan kalsipolit, berpasir jlek; fosil Globogularina sp., Heterostegina sp., dan Sphaeroidinellopsis sp., gampingan, moluska, umur Miosen Awal-Miosen Tengah. Batugamping pelagos tufan mengandung radiolaria. Umur satuan Essen-Miosen Akhir. Lingkungan pengendapan diduga laut dangkal-laut dalam dekat daerah gunung yang glet. Menjemani dengan Fosmasi Auwewa, bagian atasnya menjean dengan Fosmasi Makats, bersempitan tektonik dengan satuan ultramafik. Tebal satuan 350 m.  
*NUBAI FORMATION : Limestone intercalated with biotomark, marl, fine-grained sandstone, calcarenite, tuffaceous greywacke, buff, locally intercalated with calcarenite and calcipelite. Limestone and biotomark, well to poorly bedded, contain fossils: Lepidocyclina sp., Spirocyclus sp., Amphistegina sp., Elphidium sp., Globorotalia sp., Globigera sp., siltstone and molluscs are of an Early Miocene-Middle Miocene age. Pelagic siltstone limestone contains radiolaria. Age of the unit is Eocene-Late Miocene. Environment is shallow to deep sea, close to an active volcano. This unit interfingers with the Auwewa Formation; the upper part interfingers with the Makats Formation. Thickness is 350 m.*
- Trna** FORMASI AUWEWA : Lava basal, di atas andesit, aglomerat, breksi gampingan tuf, sisipan batugamping, grewak dan tuf pasiran gampingan. Lava basal, kelas lapic, struktur bantal dan amigdaloid, banyak plagoklas dan gelas, piroksen dan sedikit mineral bijih, sebagian berupa split. Lava di atas (lapis kuarsa - piroksen), kelabu kehitaman, terkloritikan; banyak plagoklas dan klorit hasil ubahan dari piroksen. Lava andesit, terokyanit, andesit horribunda terkloritikan dan andesit piroksen terokyanit dan klorit. Satuan batuan breksi gampingan, komponen basal dan andesit 1-3 cm, marika batupasir menengah-kasar sedikit gampingan. Tuf, kristal pasir, felspar dan piroksen yang sebagian menjadi limonit, dengan kepingan mikrolit felspar dan gelas serta serisit, setempat terpasir kuas, mengungkap bongkah dan kerakal ultramafik. Sisipan batugamping, grewak dan tuf pasiran gampingan, fosil foraminifera gampingan. Satuan batuan ini hasil kegiatan gunungapi bawah-laut. Umur Eosen-Miosen. Satuan terjalih kuat. Semburan dengan batuan beku di atas di atas oleh gerakan dan ubahan yang kuat.  
*AUWEWA FORMATION : Basaltic, diabasic and andesitic lavas, agglomerate, volcanic breccia, and tuff, intercalations of limestone, greywacke and calcareous sandy tuff. Basaltic lava, abundance of plagioclase and glass, pyroxene, and minor amount of ore minerals, pillow and amogdaloal structures, some are spilitic. Diabase: lava quartz-pyroxene latite, greenish grey, chloritized abundant plagioclase and chlorite due to the pyroxene alteration. Andesitic lava, fractured, chloritized hornblende andesite and epidiotite and chlorite pyroxene andesite. Agglomerate and volcanic breccia: clasts of 1-3 cm across of basalt and andesite, embedded in fine-medium grained calcareous sandstone. Tuff: crystalline, yellow, felspar and pyroxene, some are altered to be limestone matrix to vesicular microclit, glass and sericite; in places highly sheared, and contains ultra mafic pebbles and boulders. Limestone, greywacke and calcareous sandy tuff intercalations contain planktonic foraminifer fossils. The unit was derived from subaerial volcanic product and highly folded. The age is Eocene-Miocene. Contact with the ultramafic unit is marked by highly sheared and altered rocks.*
- Trm** BATUAN MAFIK : Gabro dan diorit. Gabro, setempat teramalkan, terbreksikan; batwak plagoklas dan orthoklinopiroksen, tremolit - aktinit lokal sahan dan piroksen, olivin mengandung inklusi piroksen; gabro diorit tersusun dari plagoklas dan piroksen teramalkan, hornblenda, klorit, dan apofisit, sisipan bijih kalsipolit. Retic silis kalsipolit gabro berpasir halus dalam bantal ultramafik; sisipan napsan berpasir lokal sandwider. Retic: retas dalam gabbro dan ultramafik, diorit kuas, banyak plagoklas, hornblenda dan kuarsa, sedikit magnetit, sebagian plagoklas dan hornblenda terubah menjadi klorit. Satuan batuan bersebutkan tektonik dengan Fosmasi Auwewa, Satuan Ultramafik, Fosmasi Makats, rumpang Kelompok Malihan Cycloops.  
*MAFIK ROCKS : Gabbro and diorite. Gabbro partly crystallized, brecciated; abundance of plagioclase and ortho clinopyroxene; actinolite-tremolit derived from altered pyroxene; olivine containing pyroxene inclusion; dioritic gabbro composed of plagioclase and unaltered pyroxene, hornblende, chlorite and sericite; and minor amount of small felsic gabbro (see field around fault) zones within the ultramafic rocks; porphyritic diorite was an aegonite-thalassite. Dioritic gabbro contains magnetite, actinolite-tremolit, quartz, and actinolite, tremolit, plagioclase, hornblende, and quartz with a little bit of magnetite; partly, plagioclase and hornblende tend to be altered to chlorite. The rock unit shows a tectonised contact with the Auwewa Formation, Ultramafic Unit, Makats Formation; as well as with the Cycloops Metamorphic Group.*
- Trni** ULTRAMAFIK : Harzburgit, serpentin, piroksinit dan diorit. Harzburgit, berpasir menengah sampai kasar, mineral utama olivin sebagai terubah menjadi anorit dan seropit, dan enopiroksen, tersempatkan, sedikit mineral bijih. Serpentin, mineral anorit dan sedikit piroksen. Piroksinit, mineral piroksen jenis hypersten dan enstatit, klorit, aktinit, tremolit, filopit berstruktur mata burung, kuarsa serta sedikit oksida besi. Diurit, jensempatkan, mineral piroksen, klorit hasil ubahan piroksen, aktinit. Satuan batuan terbreksikan, terkloritikan dan tersempatkan. Setempat rekahan dan abes, taluk dan kromit. Urat-urat kuarsa lokal sampai 2 m. Bersebutkan tektonik dengan Kelompok Malihan Cycloops dan Batuan Mafik.  
*ULTRAMAFIC ROCKS : Harzburgite, serpentine, pyroxenite, and diorite. Harzburgite, medium to coarse grained, essential mineral: olivine, partly are altered to anorthite and seropite, and orthopyroxene; serpentinized; minor ore mineral. Serpentine: anorthite and minor pyroxene. Pyroxenite: pyroxene comprising hypersthene and enstatite, chlorite, actinolite, tremolite, phlogopite showing birdseye structure, quartz, and a little bit of iron oxides. Diorite: sericitized, pyroxene, chlorite originated from pyroxene, and actinolite. The rock unit is brecciated, jointed, and seropitised. Ashlar, calcite, and chert. Filling the rock, and also 2 m quartz veins are recognised. locally. Tectonised contact with the Cycloops Metamorphic Group and the Mafik Rock.*
- Trnc** KELOMPOK MALIHAN CYCLOOPS : Sekis, setempat pines, filit, amfibolit, urusit, tua pulau, aktinit, dan hornfels. Sekis, berunsuran karbonat-klorit, klorit-muskovit, muskovit-epidot, glaukopsan, aktinit-epidot klorit, klorit-aktinit-staurolit, klorit-aktinit, aktinit-tremolit, aktinit-kuarsa, aktinit-basalt dan klorit-halut, urut-urat kuarsa sekitar 50 cm, setempat mineral mafik dalam tebasan granit sebetuln sekis mengalamai alih tempat. Fases sekis lijan yang terbreksi pada lekukan tigris berpasir rendah dan mungkin berhidangan erit dengan serit rnik. Gneiss, berunsuran niika, karbonat, hornblenda, klorit. Klorit-muskovit, klorit-epidot, epidot-klorit, sukair Danaromus terjalih sisa batuan diorit. Filit, sisipan dalam sekis. Amfibolit, bempu bongkah besar. Pany gualan, pulih sasat, mineral kalsit, sedikit kuarsa dan pirit. Urusit, krusalit, kuarsa, epidot, klorit, hasil ubahan mafik, felspar yang umumnya terubah menjadi serisit, sedikit magnetit. Hornfels aktinit, kuarsa berstruktur mosaik, aktinit, klorit, muskovit, magnetit. Satuan batuan bersebutkan tektonik dengan batuan ultramafik (um).  
*CYCLOOPS METAMORPHIC GROUP : Schist gneiss in places, phyllite, amphibolite, muscovite, marble and hornfels. Schist, composed of carbonate-chlorite, chlorite-muscovite, muscovite-epidote, glaucophane, actinolite-actinolite-epidote-chlorite-chlorite-actinolite-staurolite, chlorite-actinolite-actinolite-kyanite, actinolite-quartz and chlorite-biotite; quartz veins with thickness of 50 cm; actinolite minerals resulted from granulite intrusion baking place before schist emplacement; greenish felsic gabbro within high pressure and lower temperature; is possible related to thrust fault activity. Gneiss, composed of mica, carbonates, hornblende, chlorite, pyroxenite, pyroxene comprising hypersthene and enstatite, chlorite, actinolite, tremolite, phlogopite showing birdseye structure, quartz, and a little bit of iron oxides. Diorite: sericitized, pyroxene, chlorite originated from pyroxene, and actinolite. The rock unit is brecciated, jointed, and seropitised. Ashlar, calcite, and chert. Filling the rock, and also 2 m quartz veins are recognised. locally. Tectonised contact with the Cycloops Metamorphic Group and the Mafik Rock.*
- Trnd** KELOMPOK MALIHAN CYCLOOPS : Sekis, setempat pines, filit, amfibolit, urusit, tua pulau, aktinit, dan hornfels. Sekis, berunsuran karbonat-klorit, klorit-muskovit, muskovit-epidot, glaukopsan, aktinit-epidot klorit, klorit-aktinit-staurolit, klorit-aktinit, aktinit-tremolit, aktinit-kuarsa, aktinit-basalt dan klorit-halut, urut-urat kuarsa sekitar 50 cm, setempat mineral mafik dalam tebasan granit sebetuln sekis mengalamai alih tempat. Fases sekis lijan yang terbreksi pada lekukan tigris berpasir rendah dan mungkin berhidangan erit dengan serit rnik. Gneiss, berunsuran niika, karbonat, hornblenda, klorit. Klorit-muskovit, klorit-epidot, epidot-klorit, sukair Danaromus terjalih sisa batuan diorit. Filit, sisipan dalam sekis. Amfibolit, bempu bongkah besar. Pany gualan, pulih sasat, mineral kalsit, sedikit kuarsa dan pirit. Urusit, krusalit, kuarsa, epidot, klorit, hasil ubahan mafik, felspar yang umumnya terubah menjadi serisit, sedikit magnetit. Hornfels aktinit, kuarsa berstruktur mosaik, aktinit, klorit, muskovit, magnetit. Satuan batuan bersebutkan tektonik dengan batuan ultramafik (um).  
*CYCLOOPS METAMORPHIC GROUP : Schist gneiss in places, phyllite, amphibolite, muscovite, marble and hornfels. Schist, composed of carbonate-chlorite, chlorite-muscovite, muscovite-epidote, glaucophane, actinolite-actinolite-epidote-chlorite-chlorite-actinolite-staurolite, chlorite-actinolite-actinolite-kyanite, actinolite-quartz and chlorite-biotite; quartz veins with thickness of 50 cm; actinolite minerals resulted from granulite intrusion baking place before schist emplacement; greenish felsic gabbro within high pressure and lower temperature; is possible related to thrust fault activity. Gneiss, composed of mica, carbonates, hornblende, chlorite, pyroxenite, pyroxene comprising hypersthene and enstatite, chlorite, actinolite, tremolite, phlogopite showing birdseye structure, quartz, and a little bit of iron oxides. Diorite: sericitized, pyroxene, chlorite originated from pyroxene, and actinolite. The rock unit is brecciated, jointed, and seropitised. Ashlar, calcite, and chert. Filling the rock, and also 2 m quartz veins are recognised. locally. Tectonised contact with the Cycloops Metamorphic Group and the Mafik Rock.*
- SUMBERDAYA MINERAL**
- Beberapa macam endapan logam dan bukan logam didapatkan, baik yang ekonomis maupun tidak, bersebut-sana lokal. Kromit, berstruktur peridotit, di atas endapan mirip selimut nitrat in-situ; sebesar 1500 ppm dan Zn 22180 ppm. Paar besi di parat Ornu. Garnet, krusalit, uranium, sampa 172 cm, dalam sekis. Talk, lensa kecil atau urut piala kecil, tersisip sekitar daerah kontak dengan ultramafik. Batupasiran, mengelabur, pulih suau. Batugamping, batuan beku dan malihan, yang digunakan untuk bahan bangunan melimpah.**
- MINERAL AND ENERGY RESOURCES**
- Several commercial and non-commercial ore and non-metallic deposits are recognized. Nickel-nickel laterite deposit was derived from peridotite lateritization. Magnetite deposit, in-situ. Chromite 3 million tonnes, 440% Cr in northern Talaksak, Cr = 158,0 ppm and Zn = 22180 ppm from sand in the Ornu beach. Garnet in schist, crystal, up to 1.2 cm across. Talc, small lenses or veins within schist, especially around contact area with the ultramafic rock. Magnetite, crystalline, milky white. Limestone, igneous- and metamorphic rocks, using for building materials are abundant.**



### Lampiran 4. Data GempaBumi 50 Tahun( 1964 – 2014)

Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt	Nst	Gap	Clo	RMS	SRC	Event ID
1963/07/05	20:28:51.30	-3.0000	141.9000	68.00	4.70	Mb	5			0.00	NEI	196307054010
1963/09/18	17:18:00.80	-3.3000	139.9000	90.00	5.80	Mb	16			0.00	NEI	196309184010
1963/09/26	20:35:54.30	-3.3000	141.9000	33.00	5.30	Mb	17			0.00	NEI	196309264007
1963/11/06	11:33:08.00	-2.8000	139.1000	95.00	5.20	Mb	6			0.00	NEI	196311064014
1963/11/10	00:30:31.20	-2.0000	139.1000	129.00	4.80	Mb	5			0.00	NEI	196311104001
1963/12/13	21:10:21.00	-3.5000	140.1000	44.00	5.80	Mb	5			0.00	NEI	196312134008
1964/01/01	20:02:32.50	-3.2000	139.7000	33.00	6.30	Mb	15			0.00	NEI	196401014013
1964/01/07	10:40:42.90	-3.0000	139.0000	47.00	5.00	Mb	15			0.00	NEI	196401074009
1964/01/29	13:07:18.40	-2.2000	139.5000	33.00	4.40	Mb	9			0.00	NEI	196401294004
1964/02/05	16:15:08.10	-3.8000	141.3000	110.00	4.50	Mb	20			0.00	NEI	196402054009
1964/05/20	06:01:14.80	-2.7000	139.3000	61.00	5.80	Mb	28			0.00	NEI	196405204006
1964/06/11	13:19:44.00	-1.9000	141.0000	40.00	5.30	Mb	14			0.00	NEI	196406114006
1964/06/11	15:20:48.40	-2.0000	141.2000	33.00	5.70	Mb	8			0.00	NEI	196406114007
1964/06/12	10:50:09.10	-2.1000	141.1000	33.00	5.50	Mb	25			0.00	NEI	196406124006
1964/06/13	05:04:23.50	-1.9000	141.2000	33.00	5.90	Mb	19			0.00	NEI	196406134004
1964/06/16	11:16:03.10	-2.0000	141.1000	13.00	5.90	Mb	20			0.00	NEI	196406164032
1964/06/20	11:12:38.40	-3.4000	139.7000	33.00	5.80	Mb	5			0.00	NEI	196406204008
1964/08/04	03:36:42.00	-2.5000	139.8000	33.00	5.70	Mb	13			0.00	NEI	196408044001
1964/09/22	20:39:07.00	-2.8000	141.0000	84.00	5.70	Mb	10			0.00	NEI	196409224008
1964/09/25	20:28:33.50	-3.8000	139.0000	171.00	5.80	Mb	11			0.00	NEI	196409254011
1965/02/09	12:15:12.60	-2.7000	140.4000	33.00	5.40	Mb	6			0.00	NEI	196502094019
1965/04/08	17:06:09.80	-2.2000	139.7000	33.00	4.80	Mb	9			0.00	NEI	196504084013
1965/05/08	19:09:10.60	-1.8000	141.8000	33.00	5.40	Mb	5			0.00	NEI	196505084005
1965/06/20	12:38:50.30	-3.4000	139.3000	62.00	5.30	Mb	13			0.00	NEI	196506204009
1965/08/24	14:03:16.00	-3.2000	141.0000	54.00	5.50	Mb	11			0.00	NEI	196508244011
1965/10/31	03:49:06.60	-2.8000	140.5000	26.00	5.40	Mb	23			0.00	NEI	196510314001
1965/12/02	13:26:45.60	-2.9000	142.0000	50.00	5.10	Mb	15			0.00	NEI	196512024011
1965/12/30	22:56:48.50	-3.0000	139.7000	29.00	5.00	Mb	9			0.00	NEI	196512304022
1966/02/11	13:10:25.40	-2.5000	139.7000	56.00	4.90	Mb	18			0.00	NEI	196602114006
1966/03/04	05:18:53.60	-1.9000	139.0000	33.00	5.10	Mb	12			0.00	NEI	196603044006
1966/03/15	23:09:33.60	-2.6000	140.2000	33.00	4.90	Mb	6			0.00	NEI	196603154008
1966/03/21	16:00:21.80	-2.6000	140.3000	13.00	5.20	Mb	31			0.00	NEI	196603214011
1966/03/21	19:44:14.10	-2.8000	140.4000	33.00	4.80	Mb	9			0.00	NEI	196603214014
1966/03/24	13:03:39.40	-2.6000	140.4000	8.00	5.00	Mb	15			0.00	NEI	196603244009
1966/03/25	08:56:45.50	-2.0000	139.0000	45.00	5.60	Mb	28			0.00	NEI	196603254005
1966/06/18	00:30:01.00	-2.8000	141.6000	33.00	5.00	Mb	15			0.00	NEI	196606184001
1966/07/21	13:11:17.10	-3.6000	141.0000	37.00	5.80	Mb	10			0.00	NEI	196607214015
1966/07/28	08:15:16.50	-2.3000	140.9000	36.00	5.30	Mb	29			0.00	NEI	196607284005
1966/09/02	10:15:17.80	-3.2000	139.8000	42.00	5.10	Mb	15			0.00	NEI	196609024011
1966/11/12	09:00:03.40	-2.6000	139.0000	48.00	5.40	Mb	19			0.00	NEI	196611124007
1967/04/27	10:57:35.50	-3.7710	139.2640	18.00	5.40	Mb	5			0.00	NEI	196704274006
1967/08/15	08:42:49.30	-3.3000	141.8000	33.00	5.40	Mb	8			0.00	NEI	196708154007
1967/08/29	10:50:09.40	-3.3000	141.5000	41.00	5.10	Mb	31			0.00	NEI	196708294005
1967/10/04	06:18:33.20	-3.3000	139.7000	52.00	5.20	Mb	44			0.00	NEI	196710044005
1967/10/13	07:26:31.50	-3.9000	141.9000	38.00	5.30	Mb	17			0.00	NEI	196710134004
1967/12/27	14:39:08.50	-3.5000	141.3000	36.00	5.10	Mb	26			0.00	NEI	196712274016
1968/05/28	13:27:18.70	-2.9140	139.3190	65.00	6.10	Mb	114			0.00	NEI	196805284015
1968/05/29	04:37:42.00	-2.7350	139.2170	49.00	5.30	Mb	26			0.00	NEI	196805294002
1968/05/31	19:32:28.70	-2.7970	139.1910	53.00	5.20	Mb	23			0.00	NEI	196805314013



## Lampiran 4.Lanjutan

1968/06/01	09:09:42.30	-2.8480	139.3690	50.00	6.00	Mb	23	0.00	NEI	196806014005
1968/06/11	20:27:51.30	-2.6460	140.2280	33.00	4.00	Mb	7	0.00	NEI	196806114015
1968/06/18	05:38:24.00	-2.7880	139.1410	54.00	5.50	Mb	7	0.00	NEI	196806184012
1968/10/18	06:15:19.70	-2.6300	139.1170	15.00	5.30	Mb	21	0.00	NEI	196810184006
1968/12/04	05:03:41.10	-2.7130	139.0020	62.00	5.30	Mb	16	0.00	NEI	196812044008
1968/12/28	06:27:23.10	-3.6750	139.9620	41.00	5.50	Mb	19	0.00	NEI	196812284004
1969/08/30	23:55:49.60	-3.3600	139.8610	30.00	5.10	Mb	22	0.00	NEI	196908304022
1969/11/10	05:36:48.70	-2.4750	139.8120	15.00	5.00	Mb	16	0.00	NEI	196911104007
1970/06/12	08:06:16.60	-2.8870	139.0960	32.00	6.10	Mc	80	0.00	NEI	197006124005
1970/08/25	04:01:37.40	-3.0710	139.5090	10.00	4.80	Mb	9	0.00	NEI	197008254003
1970/11/20	04:02:03.40	-2.8150	141.0470	42.00	5.10	Mb	23	0.00	NEI	197011204002
1971/01/01	07:57:58.80	-3.6980	141.1570	17.00	5.80	Mc	58	0.00	NEI	197101014005
1971/01/10	07:17:03.70	-3.1320	139.6970	33.00	6.10	Mc	113	0.00	NEI	197101104006
1971/01/10	07:43:47.10	-2.9700	139.7340	33.00	5.90	Mb	32	0.00	NEI	197101104007
1971/01/10	07:53:52.60	-2.9910	139.7430	33.00	5.60	Mb	19	0.00	NEI	197101104008
1971/01/10	08:40:54.30	-3.0930	139.5020	39.00	5.00	Mb	12	0.00	NEI	197101104009
1971/01/10	08:44:32.60	-3.1510	139.7440	21.00	5.50	Mb	48	0.00	NEI	197101104010
1971/01/10	08:46:42.90	-3.1520	139.9780	33.00	5.20	Mb	15	0.00	NEI	197101104011
1971/01/10	09:07:05.90	-3.2290	139.9310	23.00	5.50	Mb	19	0.00	NEI	197101104013
1971/01/10	09:50:23.60	-2.6960	139.4890	33.00	5.40	Mb	39	0.00	NEI	197101104014
1971/01/10	09:54:50.00	-2.6780	139.4920	33.00	5.40	Mb	37	0.00	NEI	197101104015
1971/01/10	10:03:10.00	-3.2460	139.7480	33.00	5.10	Mb	19	0.00	NEI	197101104016
1971/01/10	10:04:06.60	-3.2720	140.0620	33.00	5.40	Mb	30	0.00	NEI	197101104017
1971/01/10	10:20:40.40	-2.8460	139.3180	33.00	5.10	Mb	19	0.00	NEI	197101104019
1971/01/10	10:25:57.60	-2.9850	139.6960	33.00	5.10	Mb	20	0.00	NEI	197101104020
1971/01/10	10:45:06.80	-2.9770	139.6230	36.00	6.10	Mb	47	0.00	NEI	197101104021
1971/01/10	11:13:07.10	-3.0510	139.5830	33.00	5.40	Mb	26	0.00	NEI	197101104022
1971/01/10	11:19:46.20	-2.9770	139.6640	33.00	4.90	Mb	9	0.00	NEI	197101104023
1971/01/10	11:47:59.80	-3.2610	139.8570	33.00	5.10	Mb	10	0.00	NEI	197101104024
1971/01/10	12:25:52.20	-3.0420	139.5840	35.00	4.60	Mb	8	0.00	NEI	197101104026
1971/01/10	12:28:21.00	-3.0790	139.6110	33.00	4.90	Mb	8	0.00	NEI	197101104027
1971/01/10	12:41:21.50	-3.1380	139.7310	33.00	5.00	Mb	14	0.00	NEI	197101104028
1971/01/10	12:58:55.10	-2.9900	139.5670	33.00	4.90	Mb	14	0.00	NEI	197101104029
1971/01/10	13:16:19.50	-2.6680	139.5150	33.00	5.00	Mb	8	0.00	NEI	197101104030
1971/01/10	13:17:56.40	-2.9360	139.5120	33.00	5.00	Mb	13	0.00	NEI	197101104031
1971/01/10	13:50:50.50	-3.0070	139.8040	33.00	4.80	Mb	9	0.00	NEI	197101104032
1971/01/10	14:20:47.70	-3.2950	139.8350	23.00	5.20	Mb	16	0.00	NEI	197101104033
1971/01/10	14:26:41.90	-3.1760	139.9210	33.00	5.20	Mb	15	0.00	NEI	197101104034
1971/01/10	14:29:56.30	-3.1690	139.7610	28.00	5.90	Mc	45	0.00	NEI	197101104035
1971/01/10	14:37:21.30	-2.9150	139.6460	33.00	5.20	Mb	26	0.00	NEI	197101104036
1971/01/10	14:45:10.20	-2.9360	139.3550	33.00	4.80	Mb	6	0.00	NEI	197101104037
1971/01/10	14:54:34.80	-2.9630	139.6510	33.00	5.00	Mb	9	0.00	NEI	197101104038
1971/01/10	15:03:35.00	-2.9130	139.9430	33.00	5.10	Mb	16	0.00	NEI	197101104039
1971/01/10	15:22:34.60	-3.1220	139.6710	33.00	5.00	Mb	11	0.00	NEI	197101104040
1971/01/10	15:42:46.90	-3.0940	139.8390	33.00	4.90	Mb	11	0.00	NEI	197101104043
1971/01/10	16:07:45.90	-3.1090	139.8060	33.00	5.70	Mc	46	0.00	NEI	197101104044
1971/01/10	16:24:18.10	-3.1220	139.8100	33.00	5.60	Mb	39	0.00	NEI	197101104045
1971/01/10	16:38:36.00	-3.4260	139.9800	27.00	6.00	Mc	46	0.00	NEI	197101104046
1971/01/10	16:54:19.60	-3.3260	139.9670	33.00	5.30	Mb	24	0.00	NEI	197101104047
1971/01/10	16:57:27.50	-2.8680	139.7890	33.00	5.00	Mb	12	0.00	NEI	197101104048
1971/01/10	17:11:47.60	-3.3940	140.1240	26.00	5.20	Mb	25	0.00	NEI	197101104049
1971/01/10	17:20:33.10	-3.2730	139.5860	33.00	5.30	Mb	24	0.00	NEI	197101104050
1971/01/10	18:11:01.90	-3.1460	139.7640	33.00	5.20	Mb	23	0.00	NEI	197101104051
1971/01/10	18:19:38.10	-2.6990	139.3420	33.00	5.40	Mb	22	0.00	NEI	197101104052
1971/01/10	19:05:23.30	-3.0520	139.6260	33.00	5.00	Mb	26	0.00	NEI	197101104053
1971/01/10	19:13:36.80	-3.1700	139.7620	33.00	5.80	Mb	54	0.00	NEI	197101104054
1971/01/10	19:23:10.10	-3.1920	139.7280	33.00	5.10	Mb	18	0.00	NEI	197101104055
1971/01/10	19:34:22.30	-3.0850	139.7250	39.00	5.70	Mb	51	0.00	NEI	197101104056
1971/01/10	20:04:01.90	-3.0980	139.6730	33.00	5.20	Mb	23	0.00	NEI	197101104058
1971/01/10	20:33:43.50	-2.9350	139.5360	33.00	4.90	Mb	9	0.00	NEI	197101104061
1971/01/10	21:11:21.30	-2.6540	139.3620	33.00	5.10	Mb	17	0.00	NEI	197101104062
1971/01/10	21:42:13.30	-2.8310	139.6940	33.00	4.90	Mb	7	0.00	NEI	197101104063
1971/01/10	21:48:08.50	-3.0420	139.7150	33.00	5.20	Mb	15	0.00	NEI	197101104064
1971/01/10	21:51:44.60	-2.8810	139.9760	33.00	4.80	Mb	6	0.00	NEI	197101104065
1971/01/10	22:08:14.10	-2.8780	139.5640	33.00	5.00	Mb	7	0.00	NEI	197101104067
1971/01/10	22:14:37.40	-3.2300	139.8650	30.00	6.10	Mb	57	0.00	NEI	197101104068
1971/01/10	23:24:46.70	-3.2940	139.8430	33.00	5.60	Mb	41	0.00	NEI	197101104070
1971/01/11	00:20:24.90	-3.1320	139.8190	33.00	5.10	Mb	22	0.00	NEI	197101114001
1971/01/11	00:44:55.20	-3.0580	139.7840	13.00	5.10	Mb	15	0.00	NEI	197101114002
1971/01/11	00:51:00.50	-2.9820	139.6660	33.00	5.00	Mb	11	0.00	NEI	197101114003
1971/01/11	01:08:05.10	-3.0180	139.7520	33.00	5.00	Mb	12	0.00	NEI	197101114004
1971/01/11	03:10:42.90	-3.0060	139.5810	33.00	4.90	Mb	9	0.00	NEI	197101114010
1971/01/11	03:58:10.40	-3.0010	139.9130	33.00	4.90	Mb	11	0.00	NEI	197101114011



Lampiran 4.Lanjutan

1971/01/11	04:09:45.90	-3.0110	139.4640	33.00	4.70	Mb	11	0.00	NEI	19710114012
1971/01/11	04:29:28.30	-3.2600	139.6150	33.00	4.70	Mb	11	0.00	NEI	19710114014
1971/01/11	07:35:33.70	-3.3870	139.8870	33.00	5.20	Mb	18	0.00	NEI	19710114016
1971/01/11	07:47:16.60	-3.2290	139.8370	22.00	5.60	Mb	38	0.00	NEI	19710114018
1971/01/11	08:36:21.40	-2.9440	139.5520	36.00	4.70	Mb	13	0.00	NEI	19710114021
1971/01/11	08:38:19.00	-3.2320	139.9280	33.00	4.90	Mb	7	0.00	NEI	19710114022
1971/01/11	09:34:09.00	-3.0710	139.6790	33.00	5.10	Mb	17	0.00	NEI	19710114023
1971/01/11	10:28:36.40	-3.0880	139.8310	33.00	4.90	Mb	10	0.00	NEI	19710114026
1971/01/11	11:08:17.40	-3.1020	139.6690	33.00	5.10	Mb	20	0.00	NEI	19710114027
1971/01/11	14:14:22.20	-2.9370	139.6020	24.00	4.80	Mb	8	0.00	NEI	19710114031
1971/01/11	15:49:16.20	-3.1300	139.8870	33.00	5.30	Mb	22	0.00	NEI	19710114033
1971/01/11	18:31:24.60	-2.9130	139.5480	33.00	5.20	Mb	21	0.00	NEI	19710114035
1971/01/11	21:33:01.70	-3.3030	139.9340	33.00	4.80	Mb	15	0.00	NEI	19710114041
1971/01/12	06:51:47.40	-2.9230	139.3670	33.00	4.90	Mb	11	0.00	NEI	197101124003
1971/01/12	14:57:11.60	-3.1870	139.9570	33.00	5.80	Mb	42	0.00	NEI	197101124007
1971/01/12	15:45:34.40	-3.1630	139.8280	33.00	5.30	Mb	32	0.00	NEI	197101124008
1971/01/12	18:27:30.00	-2.9090	139.5140	33.00	4.80	Mb	9	0.00	NEI	197101124012
1971/01/12	19:06:57.60	-3.1580	139.5070	33.00	4.90	Mb	11	0.00	NEI	197101124013
1971/01/12	21:28:14.60	-3.1580	139.5560	33.00	5.20	Mb	19	0.00	NEI	197101124015
1971/01/12	22:15:47.30	-3.1280	139.5460	20.00	4.90	Mb	10	0.00	NEI	197101124017
1971/01/12	22:51:11.10	-2.8600	139.5640	33.00	4.90	Mb	13	0.00	NEI	197101124018
1971/01/13	01:07:49.80	-3.2580	139.7340	33.00	5.40	Mb	14	0.00	NEI	197101134002
1971/01/13	03:57:38.80	-3.1000	139.6200	33.00	5.20	Mb	29	0.00	NEI	197101134004
1971/01/13	04:02:47.00	-3.1160	139.5490	33.00	5.00	Mb	10	0.00	NEI	197101134005
1971/01/13	09:44:14.20	-2.6720	139.3570	34.00	5.10	Mb	24	0.00	NEI	197101134009
1971/01/13	10:22:46.90	-3.1020	139.6060	33.00	5.50	Mb	40	0.00	NEI	197101134010
1971/01/13	14:00:15.90	-3.2160	139.9950	33.00	5.00	Mb	14	0.00	NEI	197101134014
1971/01/13	15:28:31.10	-3.3440	139.8100	33.00	4.80	Mb	14	0.00	NEI	197101134015
1971/01/14	10:23:45.50	-2.8680	139.3920	33.00	5.40	Mb	35	0.00	NEI	197101144007
1971/01/14	11:39:37.20	-3.1390	139.4430	33.00	4.80	Mb	8	0.00	NEI	197101144009
1971/01/14	15:57:44.90	-3.2320	139.7460	33.00	5.00	Mb	14	0.00	NEI	197101144011
1971/01/14	18:07:22.10	-2.9700	139.7330	33.00	5.60	Mb	59	0.00	NEI	197101144012
1971/01/14	22:46:30.80	-2.9870	139.6870	33.00	5.00	Mb	28	0.00	NEI	197101144014
1971/01/15	07:28:38.40	-3.0300	139.4700	33.00	6.00	Mb	17	0.00	NEI	197101154004
1971/01/15	07:46:05.90	-3.3620	139.5540	33.00	5.30	Mb	11	0.00	NEI	197101154005
1971/01/15	08:10:02.30	-3.2520	139.7150	33.00	4.60	Mb	11	0.00	NEI	197101154006
1971/01/15	22:16:55.50	-2.9740	139.5430	33.00	5.10	Mb	21	0.00	NEI	197101154011
1971/01/16	04:36:06.90	-2.9780	139.7950	33.00	5.00	Mb	26	0.00	NEI	197101164002
1971/01/16	05:25:27.90	-3.4450	139.4080	33.00	4.90	Mb	16	0.00	NEI	197101164003
1971/01/16	09:50:21.50	-3.0700	139.7280	33.00	5.30	Mb	20	0.00	NEI	197101164005
1971/01/16	15:16:24.40	-3.4120	139.4610	33.00	5.90	Mb	10	0.00	NEI	197101164010
1971/01/16	16:28:25.40	-3.0610	139.7080	33.00	5.10	Mb	25	0.00	NEI	197101164011
1971/01/16	18:46:43.00	-3.1880	139.5310	33.00	5.80	Mb	9	0.00	NEI	197101164012
1971/01/16	22:39:55.20	-3.2660	139.5560	33.00	4.60	Mb	8	0.00	NEI	197101164015
1971/01/17	01:42:03.60	-3.1700	139.4650	33.00	5.20	Mb	17	0.00	NEI	197101174004
1971/01/17	13:18:01.20	-3.2630	139.7660	33.00	5.10	Mb	29	0.00	NEI	197101174007
1971/01/17	19:26:37.00	-3.2230	139.8060	33.00	4.90	Mb	22	0.00	NEI	197101174008
1971/01/18	10:39:26.00	-3.2920	139.9630	33.00	4.60	Mb	10	0.00	NEI	197101184013
1971/01/18	11:24:56.30	-2.7740	139.3420	33.00	5.50	Mb	53	0.00	NEI	197101184015
1971/01/18	16:36:03.70	-3.2340	139.9100	33.00	5.10	Mb	28	0.00	NEI	197101184017
1971/01/18	20:16:13.10	-3.3820	139.9210	33.00	5.00	Mb	26	0.00	NEI	197101184018
1971/01/20	22:42:34.50	-3.1780	139.7590	33.00	5.20	Mb	25	0.00	NEI	197101204011
1971/01/22	23:03:04.50	-3.3540	139.4510	33.00	5.50	Mb	9	0.00	NEI	197101224007
1971/01/23	06:28:59.70	-3.3670	139.8670	33.00	5.00	Mb	19	0.00	NEI	197101234001
1971/01/25	07:06:39.70	-3.1930	139.8080	40.00	5.00	Mb	21	0.00	NEI	197101254006
1971/01/29	03:16:04.70	-3.0910	139.7270	33.00	5.40	Mb	37	0.00	NEI	197101294003
1971/01/31	05:42:22.70	-2.8470	139.2630	33.00	5.80	Mb	15	0.00	NEI	197101314005
1971/02/02	01:34:54.10	-3.1250	139.7260	33.00	4.90	Mb	10	0.00	NEI	197102024004
1971/02/06	16:30:32.50	-3.2920	139.8430	50.00	4.80	Mb	10	0.00	NEI	197102064008
1971/02/07	08:54:37.70	-3.1890	139.6590	33.00	4.90	Mb	12	0.00	NEI	197102074020
1971/02/09	14:58:43.40	-3.0940	139.6020	33.00	4.80	Mb	11	0.00	NEI	197102094004
1971/02/14	07:56:46.90	-3.3100	139.9880	33.00	5.10	Mb	19	0.00	NEI	197102144004
1971/02/19	20:29:20.20	-3.5120	140.0040	40.00	5.20	Mb	17	0.00	NEI	197102194007
1971/02/23	00:38:48.20	-3.0860	139.6430	33.00	5.30	Mb	25	0.00	NEI	197102234001
1971/03/02	00:46:53.30	-3.0260	139.4200	57.00	4.90	Mb	14	0.00	NEI	197103024002
1971/03/04	23:12:01.00	-2.7250	139.2660	56.00	4.50	Mb	16	0.00	NEI	197103044011
1971/03/08	14:11:46.20	-2.8630	139.4050	15.00	5.40	Mb	25	0.00	NEI	197103084003
1971/03/14	13:02:43.60	-2.9990	139.5280	33.00	5.30	Mb	30	0.00	NEI	197103144010
1971/03/17	03:13:59.70	-3.1740	139.8000	33.00	5.60	Mb	59	0.00	NEI	197103174001
1971/03/20	16:41:02.80	-3.2380	139.7150	33.00	4.80	Mb	12	0.00	NEI	197103204007
1971/03/23	08:07:32.40	-2.7170	139.2580	33.00	4.80	Mb	15	0.00	NEI	197103234006
1971/04/05	20:56:27.30	-3.5460	140.3920	50.00	5.10	Mb	13	0.00	NEI	197104054011
1971/04/21	12:11:55.80	-3.3040	140.1560	45.00	5.00	Mb	19	0.00	NEI	197104214012



## Lampiran 4.Lanjutan

1971/04/21	23:19:21.30	-2.7840	139.2310	33.00	4.70	Mb	9	0.00	NEI	197104214023
1971/04/25	21:41:18.00	-2.7420	139.3150	37.00	5.00	Mb	31	0.00	NEI	197104254010
1971/04/27	03:20:30.10	-3.5570	140.0090	59.00	5.00	Mb	23	0.00	NEI	197104274002
1971/05/05	04:27:18.50	-3.2600	140.0360	26.00	5.10	Mb	22	0.00	NEI	197105054004
1971/05/13	03:02:02.50	-2.6870	139.3290	48.00	5.00	Mb	16	0.00	NEI	197105134001
1971/05/18	11:43:40.00	-3.3060	139.6240	33.00	5.00	Mb	21	0.00	NEI	197105184008
1971/05/19	11:40:12.40	-3.0990	139.5350	33.00	4.70	Mb	24	0.00	NEI	197105194005
1971/05/24	03:13:37.40	-3.5350	139.7850	33.00	5.60	Mb	17	0.00	NEI	197105244003
1971/05/28	05:40:31.10	-3.1810	139.3290	33.00	4.40	Mb	12	0.00	NEI	197105284002
1971/08/27	01:55:58.30	-2.7430	139.1330	33.00	5.40	Mb	9	0.00	NEI	197108274002
1971/09/04	16:46:43.00	-2.5810	139.4320	47.00	5.40	Mb	37	0.00	NEI	197109044012
1971/09/21	14:10:49.40	-3.1540	139.6720	54.00	5.30	Mb	38	0.00	NEI	197109214008
1971/09/25	18:01:31.90	-3.2520	139.7400	33.00	5.10	Mb	35	0.00	NEI	197109254013
1971/10/20	13:36:09.00	-3.3350	139.8630	33.00	5.40	Mb	36	0.00	NEI	197110204006
1971/10/28	01:56:00.70	-3.1960	139.4960	33.00	5.40	Mb	13	0.00	NEI	197110284002
1971/11/02	08:34:47.00	-2.9420	139.3910	57.00	5.10	Mb	26	0.00	NEI	197111024001
1971/11/20	13:34:40.90	-3.1600	139.6710	110.00	4.60	Mb	17	0.00	NEI	197111204005
1971/12/05	07:34:02.50	-3.1970	139.6640	69.00	5.10	Mb	29	0.00	NEI	197112054005
1972/01/07	17:14:37.40	-1.8850	139.1320	33.00	4.80	Mb	19	0.00	NEI	197201074004
1972/01/08	04:03:18.00	-3.8210	140.0220	37.00	5.00	Mb	21	0.00	NEI	197201084002
1972/02/09	01:15:07.80	-3.4770	141.5580	20.00	4.60	Mb	9	0.00	NEI	197202094001
1972/04/20	11:39:29.60	-3.0680	139.6890	24.00	4.50	Mb	15	0.00	NEI	197204204004
1972/08/19	16:30:58.10	-2.4700	140.1460	33.00	4.70	Mb	11	0.00	NEI	197208194006
1972/09/06	19:41:25.60	-2.6300	139.2680	33.00	5.40	Mb	33	0.00	NEI	197209064019
1972/10/27	07:37:49.40	-2.9740	139.4310	53.00	5.10	Mb	23	0.00	NEI	197210274001
1972/12/06	01:43:24.80	-2.9950	139.1400	33.00	6.00	Ms	65	0.00	NEI	197212064004
1972/12/07	11:41:24.10	-2.9250	139.1090	20.00	5.80	Ms	56	0.00	NEI	197212074016
1973/03/09	15:27:08.60	-3.0500	139.0960	50.00	5.30	Mb	27	0.00	NEI	197303094011
1973/05/16	03:19:02.90	-3.0040	140.1010	33.00	5.70	Mb	9	0.00	NEI	197305164001
1973/06/23	00:25:15.30	-2.3650	139.2910	33.00	5.30	Mb	41	0.00	NEI	197306234001
1973/08/21	23:28:51.00	-1.9560	139.3060	33.00	5.70	Mb	7	0.00	NEI	197308214015
1973/10/29	05:27:25.50	-2.9790	139.2680	36.00	5.70	Mb	60	0.00	NEI	197310294001
1973/12/03	02:01:32.20	-2.8070	139.0500	35.00	5.30	Mb	34	0.00	NEI	197312034002
1973/12/20	02:41:37.40	-2.4990	139.8870	33.00	5.00	Mb	21	0.00	NEI	197312204002
1973/12/21	12:02:58.50	-1.9690	141.2290	43.00	5.30	Mb	27	0.00	NEI	197312214007
1974/01/19	04:08:49.90	-3.1340	139.1010	76.00	5.30	Mb	35	0.00	NEI	197401194003
1974/01/27	17:05:01.10	-3.4880	141.0230	68.00	5.20	Mb	13	0.00	NEI	197401274011
1974/03/31	06:47:45.00	-2.1860	139.0830	33.00	5.60	Ms	71	0.00	NEI	197403314002
1974/05/15	15:09:55.10	-3.2270	140.8570	21.00	4.80	Mb	12	0.00	NEI	197405154032
1974/06/22	13:53:51.70	-2.2540	140.9980	26.00	5.10	Mb	30	0.00	NEI	197406224010
1974/06/24	21:35:09.80	-2.2800	141.0720	33.00	5.70	Mb	81	0.00	NEI	197406244012
1974/06/24	21:45:36.90	-2.2350	141.1650	27.00	5.10	Mb	26	0.00	NEI	197406244013
1974/06/24	22:44:21.00	-2.2030	141.1940	23.00	5.10	Mb	18	0.00	NEI	197406244014
1974/06/25	00:51:58.10	-2.2380	140.7890	50.00	4.80	Mb	12	0.00	NEI	197406254002
1974/07/15	03:38:14.20	-3.1560	139.3750	59.00	5.20	Mb	25	0.00	NEI	197407154003
1974/08/29	16:23:07.40	-2.6110	139.4490	88.00	4.70	Mb	7	0.00	NEI	197408294012
1974/09/02	07:56:07.50	-3.4770	139.8310	44.00	5.10	Mb	21	0.00	NEI	197409024004
1974/09/08	04:14:00.50	-3.4180	140.0790	33.00	4.90	Mb	11	0.00	NEI	197409084001
1974/10/29	23:54:52.70	-2.0630	141.1060	9.00	5.30	Mb	39	0.00	NEI	197410294015
1975/01/18	10:27:59.10	-3.6050	139.7700	103.00	4.80	Mb	23	0.00	NEI	197501184006
1975/02/07	05:07:54.20	-2.6230	139.2080	33.00	5.40	Mb	13	0.00	NEI	197502074002
1975/02/22	03:40:27.80	-3.0070	139.6330	51.00	5.00	Mb	14	0.00	NEI	197502224002
1975/03/15	17:02:26.50	-2.9540	141.7860	51.00	4.90	Mb	22	0.00	NEI	197503154010
1975/03/23	01:03:22.80	-2.7890	139.2380	33.00	4.90	Mb	21	0.00	NEI	197503234001
1975/08/07	13:28:24.20	-3.7910	139.7430	65.00	5.60	Mb	86	0.00	NEI	197508074008
1975/08/13	04:08:48.90	-3.1160	139.6800	14.00	4.60	Mb	37	0.00	NEI	197508134002
1975/08/14	13:33:25.50	-2.8990	139.3780	20.00	4.50	Mb	10	0.00	NEI	197508144009
1975/08/19	18:01:55.50	-2.7620	139.1180	49.00	5.10	Ms	55	0.00	NEI	197508194008
1975/08/31	21:50:48.00	-3.7190	140.0830	20.00	5.70	Mb	21	0.00	NEI	197508314012
1975/09/15	18:35:47.00	-2.4790	140.0380	37.00	5.40	Mb	24	0.00	NEI	197509154012
1975/09/21	04:01:18.80	-3.0070	139.2160	45.00	5.10	Mb	27	0.00	NEI	197509214005
1975/10/23	18:54:24.50	-2.7400	139.4690	93.00	5.50	Mb	17	0.00	NEI	197510234011
1975/12/10	02:11:24.70	-3.2770	139.8110	34.00	5.00	Mb	22	0.00	NEI	197512104001
1976/01/29	05:20:44.40	-2.9080	139.2710	51.00	5.10	Mb	19	0.00	NEI	197601294004
1976/05/14	13:24:43.80	-2.8410	141.3510	33.00	4.90	Mb	16	0.00	NEI	197605144009
1976/06/20	18:08:55.20	-2.9820	139.0580	33.00	4.40	Mb	8	0.00	NEI	197606204015
1976/07/25	12:30:12.60	-3.3050	139.8410	57.00	4.80	Mb	14	0.00	NEI	197607254006
1976/09/10	14:48:07.20	-2.0090	139.0350	64.00	4.40	Mb	19	0.00	NEI	197609104009
1976/09/20	06:53:18.20	-3.0180	139.2270	33.00	4.30	Mb	7	0.00	NEI	197609204005
1976/09/23	19:09:42.00	-3.6620	140.0360	33.00	5.30	Mb	42	0.00	NEI	197609234008
1976/10/17	03:37:28.80	-3.8110	139.6770	53.00	4.50	Mb	18	0.00	NEI	197610174006
1976/10/25	04:19:47.20	-3.5350	139.5000	33.00	3.90	Mb	7	0.00	NEI	197610254005
1976/11/08	06:48:39.20	-3.7780	139.9720	33.00	5.50	Mb	17	0.00	NEI	197611084004



## Lampiran 4.Lanjutan

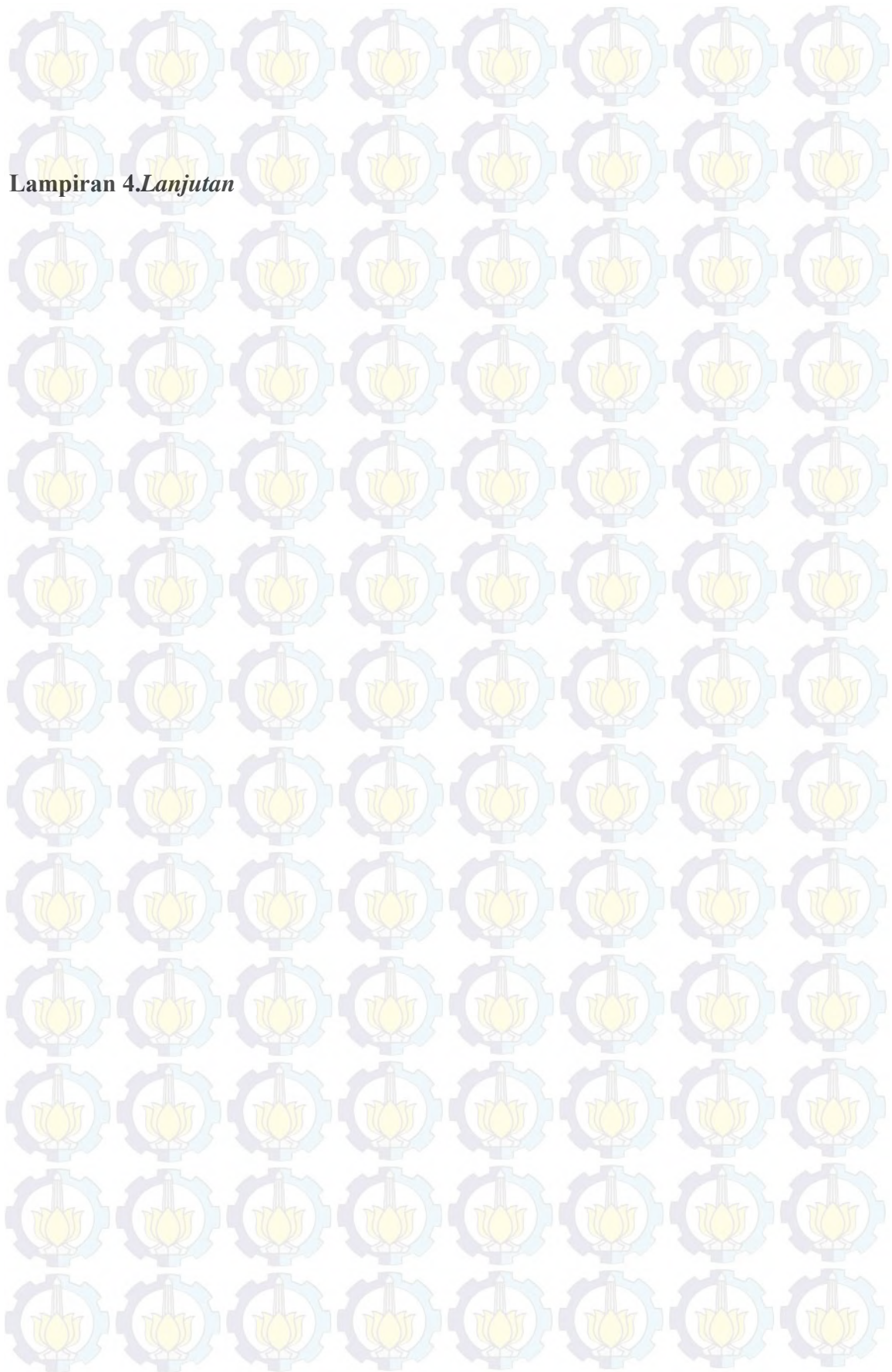
1976/11/29	00:13:52.70	-3.6760	140.1280	33.00	5.10	Mb	10	0.00	NEI	197611294001
1976/12/20	17:21:50.50	-2.7110	141.2010	35.00	5.30	Mb	9	0.00	NEI	197612204019
1977/01/08	10:55:19.00	-3.5790	140.0990	26.00	5.10	Mb	28	0.00	NEI	197701084013
1977/01/22	01:15:16.60	-3.4550	141.3010	33.00	5.20	Mb	28	0.00	NEI	197701224001
1977/02/19	10:05:51.40	-3.0060	139.7190	33.00	4.60	Mb	10	0.00	NEI	197702194014
1977/06/01	16:09:52.00	-3.6890	140.0720	33.00	5.40	Mb	55	0.00	NEI	197706014005
1977/06/12	07:19:14.50	-2.9600	139.3600	33.00	4.20	Mb	17	0.00	NEI	197706124003
1977/10/20	21:51:03.40	-2.8850	139.0440	37.00	5.30	Mb	24	0.00	NEI	197710204025
1977/10/25	20:52:37.70	-3.0780	141.7100	52.00	4.80	Mb	12	0.00	NEI	197710254010
1978/04/05	04:20:32.40	-3.4300	141.5580	33.00	5.30	Mb	51	0.00	NEI	197804054002
1978/04/11	17:01:31.80	-2.8740	141.2070	33.00	5.20	Mb	64	0.00	NEI	197804114018
1978/04/11	20:38:52.80	-2.8800	141.0060	33.00	4.80	Mb	7	0.00	NEI	197804114027
1978/04/25	21:10:08.60	-3.2950	141.7730	133.00	4.30	Mb	6	0.00	NEI	197804254020
1978/05/18	06:28:32.20	-3.4710	139.1170	83.00	4.80	Mb	27	0.00	NEI	197805184008
1978/05/24	15:37:20.60	-1.8040	139.2240	43.00	5.00	Mb	15	0.00	NEI	197805244032
1978/05/24	17:01:41.20	-1.8620	139.0670	14.00	5.20	Mb	50	0.00	NEI	197805244033
1978/05/26	12:30:04.20	-1.8380	139.1570	33.00	5.30	Mb	71	0.00	NEI	197805264011
1978/05/26	12:40:15.10	-1.8130	139.1340	33.00	4.90	Mb	13	0.00	NEI	197805264012
1978/05/26	20:16:31.10	-1.9970	139.0650	38.00	5.20	Mb	27	0.00	NEI	197805264022
1978/05/29	00:19:15.90	-1.8370	139.1170	15.00	5.60	Mb	106	0.00	NEI	197805294002
1978/05/31	11:17:05.90	-2.0570	139.0010	35.00	5.30	Mb	7	0.00	NEI	197805314009
1978/05/31	11:42:32.50	-1.6210	139.0520	33.00	4.90	Mb	17	0.00	NEI	197805314010
1978/07/04	20:41:19.50	-2.6660	139.0340	49.00	5.30	Mb	63	0.00	NEI	197807044011
1978/09/12	14:03:59.50	-3.5690	140.2510	115.00	5.10	Mb	30	0.00	NEI	197809124008
1978/10/06	07:20:32.20	-2.7960	141.9060	35.00	5.20	Mb	49	0.00	NEI	197810064005
1978/10/18	17:14:16.20	-2.6860	139.0800	53.00	5.30	Mb	53	0.00	NEI	197810184004
1978/10/29	16:37:20.00	-3.1860	141.1060	16.00	5.40	Mb	69	0.00	NEI	197810294018
1978/11/11	18:59:27.30	-3.3610	139.6350	40.00	5.20	Mb	20	0.00	NEI	197811114021
1978/12/01	07:02:36.40	-2.5750	139.5440	33.00	4.80	Mb	14	0.00	NEI	197812014005
1979/04/24	08:35:27.90	-2.4660	139.9770	33.00	4.30	Mb	8	0.00	NEI	197904244004
1979/04/24	21:13:32.00	-3.6390	141.8390	52.00	5.60	Mb	116	0.00	NEI	197904244019
1979/06/08	22:33:20.90	-2.4610	140.1790	33.00	4.70	Mb	6	0.00	NEI	197906084018
1979/06/24	04:23:28.40	-2.9900	139.8200	33.00	5.60	Mb	127	0.00	NEI	197906244003
1979/06/24	11:02:42.00	-3.0810	139.6510	33.00	5.20	Mb	10	0.00	NEI	197906244012
1979/06/24	12:16:44.80	-2.9440	139.8720	34.00	5.30	Mb	65	0.00	NEI	197906244013
1979/07/23	05:52:52.30	-2.5660	140.3460	15.00	5.30	Mb	81	0.00	NEI	197907234006
1979/07/27	00:12:23.70	-3.9180	139.9480	33.00	4.20	Mb	11	0.00	NEI	197907274001
1979/08/01	05:51:05.60	-2.8870	141.7340	33.00	4.20	Mb	7	0.00	NEI	197908014004
1979/09/04	15:28:16.90	-3.7330	139.5440	53.00	4.60	Mb	12	0.00	NEI	197909044004
1979/11/10	08:38:11.00	-3.4210	140.1490	40.00	5.60	Ms	19	0.00	NEI	197911104011
1979/11/18	21:50:01.00	-1.7270	139.6870	201.00	4.20	Mb	5	0.00	NEI	197911184016
1979/11/21	10:24:31.90	-3.4140	139.7240	70.00	5.50	Mb	90	0.00	NEI	197911214008
1980/01/06	16:42:55.60	-3.3150	140.1440	33.00	4.90	Mb	19	0.00	NEI	198001064010
1980/01/10	14:19:25.40	-3.2610	139.6890	83.00	5.10	Mb	24	0.00	NEI	198001104010
1980/02/06	18:40:44.50	-3.7080	139.4670	33.00	4.40	Mb	12	0.00	NEI	198002064010
1980/02/12	18:02:46.90	-2.8730	141.4990	16.00	5.30	Mb	61	0.00	NEI	198002124014
1980/02/15	04:53:25.20	-3.0970	139.2960	79.00	4.60	Mb	14	0.00	NEI	198002154003
1980/02/15	21:01:41.80	-2.7570	139.5980	33.00	4.90	Ms	22	0.00	NEI	198002154033
1980/02/20	07:31:42.70	-2.4240	140.2080	33.00	4.70	Mb	10	0.00	NEI	198002204009
1980/04/03	21:50:43.50	-3.6460	139.4290	33.00	4.40	Mb	12	0.00	NEI	198004034013
1980/04/20	00:20:36.90	-2.5700	140.1880	33.00	5.10	Mb	43	0.00	NEI	198004204002
1980/04/26	01:02:45.30	-3.9810	139.3950	33.00	3.70	Mb	6	0.00	NEI	198004264002
1980/05/21	04:06:31.20	-2.1240	139.3560	33.00	5.00	Mb	37	0.00	NEI	198005214004
1980/06/04	06:20:05.40	-3.1870	139.2170	47.00	5.10	Mb	41	0.00	NEI	198006044011
1980/07/24	19:59:44.40	-3.8810	140.9550	33.00	4.40	Mb	11	0.00	NEI	198007244023
1980/08/06	01:59:06.10	-2.9590	141.5200	33.00	5.30	Mb	43	0.00	NEI	198008064002
1980/08/11	12:31:21.70	-3.2080	139.9500	33.00	4.70	Mb	17	0.00	NEI	198008114009
1980/08/13	00:35:34.90	-2.8010	141.7470	47.00	5.20	Mb	44	0.00	NEI	198008134002
1980/08/19	21:01:29.00	-3.5790	140.0370	33.00	5.80	Mb	90	0.00	NEI	198008194007
1980/11/02	04:52:50.60	-2.9780	139.5560	33.00	4.10	Mb	9	0.00	NEI	198011024003
1980/11/22	18:02:33.40	-3.6650	140.0440	77.00	5.50	Mb	60	0.00	NEI	198011224018
1980/11/23	20:27:39.50	-2.0980	139.0700	33.00	5.10	Mb	11	0.00	NEI	198011234024
1980/11/25	19:37:46.10	-2.3780	140.1220	33.00	5.10	Mb	72	0.00	NEI	198011254027
1980/11/25	22:54:02.30	-2.3830	140.2100	33.00	4.80	Mb	28	0.00	NEI	198011254033
1980/12/14	01:29:48.00	-1.8870	139.0310	33.00	4.60	Mb	9	0.00	NEI	198012144001
1981/02/11	07:21:48.30	-2.3830	139.7900	33.00	4.70	Mb	13	0.00	NEI	198102114005
1981/03/18	13:20:52.50	-3.7810	140.9240	103.00	4.50	Mb	12	0.00	NEI	198103184014
1981/04/29	02:52:58.00	-2.0290	139.5850	33.00	5.00	Mb	48	0.00	NEI	198104294002
1981/05/20	23:46:54.00	-2.0570	139.0220	33.00	4.80	Mb	23	0.00	NEI	198105204016
1981/05/30	09:12:46.80	-3.9270	139.7260	33.00	5.30	Mb	10	0.00	NEI	198105304009
1981/08/17	02:17:41.52	-2.7510	139.1570	33.50	5.70	Mb	134	0.94	NEI	198108174003
1981/08/18	10:39:44.13	-3.8310	139.9330	33.00	4.60	Mb	12	1.09	NEI	198108184008
1981/08/22	02:45:18.60	-3.9810	140.4080	58.70	5.50	Mb	53	0.81	NEI	198108224004



## Lampiran 4.Lanjutan

1981/09/13	17:43:34.76	-2.1000	139.3820	33.00	4.30	Mb	25	1.13	NEI	198109134016
1981/09/15	00:31:42.27	-2.4050	139.4150	33.00	4.00	Mb	9	1.23	NEI	198109154001
1981/09/28	03:41:44.77	-2.3720	140.3200	33.00	5.20	Mb	28	1.31	NEI	198109284007
1981/10/13	16:38:42.60	-2.2610	140.8260	39.70	4.70	Mb	13	0.82	NEI	198110134017
1981/12/11	14:24:03.04	-2.1140	141.9700	33.00	3.80	Mb	5	0.99	NEI	198112114012
1981/12/26	10:17:16.93	-2.1750	139.8100	33.00	4.80	Mb	35	1.22	NEI	198112264006
1981/12/27	10:30:44.49	-2.1210	139.8010	33.00	5.70	Mb	125	1.23	NEI	198112274008
1982/01/03	03:32:05.23	-3.5300	139.5370	33.00	3.70	Mb	5	0.88	NEI	198201034004
1982/01/09	19:08:48.58	-2.0480	139.8820	16.00	4.90	Mb	40	1.01	NEI	198201094017
1982/03/04	02:32:55.72	-2.6290	140.2520	33.00	5.40	Mb	47	0.97	NEI	198203044002
1982/03/17	20:17:21.74	-2.3450	139.0510	34.90	5.10	Mb	42	1.08	NEI	198203174017
1982/04/05	00:40:24.21	-3.4650	139.7450	33.00	5.50	Mb	9	1.32	NEI	198204054003
1982/05/02	13:24:58.39	-3.7760	140.0490	33.00	5.00	Mb	33	1.12	NEI	198205024009
1982/05/10	08:41:03.71	-3.0070	140.4390	33.00	3.50	Mb	7	1.12	NEI	198205104006
1982/05/10	09:45:57.76	-2.8050	141.9790	33.00	4.40	Mb	17	0.93	NEI	198205104008
1982/05/14	14:02:55.78	-2.9080	141.9210	2.90	5.40	Mb	121	1.10	NEI	198205144019
1982/05/14	15:02:10.34	-2.9040	141.9750	33.00	4.90	Mb	44	0.97	NEI	198205144025
1982/05/14	17:31:21.53	-2.9340	141.8000	21.90	4.30	Mb	12	0.91	NEI	198205144029
1982/05/14	18:17:13.95	-3.0340	141.8740	33.00	4.10	Mb	12	1.58	NEI	198205144031
1982/05/15	00:23:57.83	-2.9920	141.8850	33.00	4.80	Mb	30	0.93	NEI	198205154001
1982/06/25	14:03:52.59	-3.9930	141.6460	57.10	4.70	Mb	22	1.41	NEI	198206254011
1982/10/23	12:06:58.64	-3.1910	139.8440	33.00	4.40	Mb	7	1.51	NEI	198210234015
1982/11/03	14:48:04.79	-3.2450	139.6870	33.00	5.20	Mb	56	1.07	NEI	198211034011
1982/11/18	22:40:04.04	-3.6010	140.0820	73.90	5.40	Mb	87	1.12	NEI	198211184016
1982/11/20	03:00:37.94	-3.2940	139.4220	33.00	4.60	Mb	22	1.51	NEI	198211204001
1982/11/27	00:37:40.95	-2.9940	139.3620	57.30	4.80	Mb	26	1.19	NEI	198211274003
1982/12/04	02:07:27.95	-3.7460	140.0300	33.00	4.80	Mb	12	0.96	NEI	198212044002
1982/12/09	06:52:15.34	-2.5570	139.1010	33.00	4.30	Mb	14	1.18	NEI	198212094006
1982/12/11	07:27:10.83	-3.4600	140.1630	46.60	4.70	Mb	32	1.12	NEI	198212114009
1982/12/12	18:08:38.10	-3.5030	140.3180	33.00	4.90	Mb	24	1.38	NEI	198212124028
1983/01/04	16:07:56.32	-3.0900	139.4770	33.00	5.30	Mb	7	0.85	NEI	198301044013
1983/01/20	11:23:40.60	-3.4040	141.3250	33.00	4.60	Mb	12	1.11	NEI	198301204013
1983/01/21	14:20:08.53	-3.4640	141.3100	34.00	5.50	Mb	98	1.09	NEI	198301214028
1983/01/25	06:08:07.18	-3.6010	140.1930	18.40	5.10	Mb	100	1.16	NEI	198301254010
1983/01/25	07:00:54.28	-3.4780	140.1450	33.00	5.10	Mb	13	1.26	NEI	198301254011
1983/01/25	07:24:45.43	-3.4900	140.1130	33.00	4.90	Mb	44	1.09	NEI	198301254012
1983/01/25	16:42:08.60	-3.5580	140.2480	33.00	5.00	Mb	10	1.16	NEI	198301254025
1983/01/29	03:57:37.55	-2.7160	139.0190	33.00	4.30	Mb	7	1.06	NEI	198301294006
1983/02/01	02:07:07.79	-3.4930	140.1580	33.00	5.00	Mb	32	1.00	NEI	198302014002
1983/03/12	17:04:39.50	-2.3660	139.3590	13.50	4.70	Mb	33	1.19	NEI	198303124025
1983/03/16	05:28:37.04	-3.2770	140.3250	16.60	5.00	Mb	45	1.16	NEI	198303164006
1983/04/03	09:55:54.25	-2.5660	139.8010	33.00	4.80	Mb	34	1.28	NEI	198304034017
1983/04/06	05:34:35.48	-2.0030	140.5690	33.00	4.50	Mb	14	1.32	NEI	198304064010
1983/04/19	01:30:07.81	-2.8700	139.4460	46.70	5.20	Mb	21	1.01	NEI	198304194002
1983/04/24	06:43:45.43	-2.1020	139.2770	33.00	4.00	Mb	6	1.37	NEI	198304244011
1983/04/24	09:06:06.95	-2.9570	139.4240	72.00	5.00	Mb	22	1.53	NEI	198304244017
1983/05/23	05:54:52.16	-3.8810	140.0130	33.00	4.80	Mb	31	1.48	NEI	198305234004
1983/06/05	11:23:23.11	-3.5600	139.8610	67.40	5.20	Mb	20	1.08	NEI	198306054006
1983/07/07	10:01:30.09	-2.3400	139.1260	33.00	4.60	Mb	9	0.62	NEI	198307074014
1983/07/14	20:19:28.94	-2.9850	140.0140	33.00	4.40	Mb	8	1.23	NEI	198307144024
1983/07/15	23:13:01.73	-3.4400	139.3790	72.30	4.70	Mb	13	1.10	NEI	198307154026
1983/07/31	12:29:22.77	-2.8170	139.2310	33.00	4.90	Mb	7	0.93	NEI	198307314016
1983/08/02	14:28:50.39	-3.6180	140.2470	33.00	5.10	Mb	5	0.83	NEI	198308024017
1983/08/26	02:34:34.32	-2.8050	139.0590	72.30	5.30	Mb	102	1.10	NEI	198308264003
1983/09/07	03:44:32.70	-3.5620	139.5850	33.00	3.90	Mb	8	1.00	NEI	198309074003
1983/09/14	01:37:54.74	-2.8310	141.3600	7.70	5.10	Mb	16	0.78	NEI	198309144005
1983/09/19	02:12:14.84	-3.8010	140.0010	33.00	5.20	Mb	9	0.65	NEI	198309194005
1983/09/19	12:56:49.54	-3.6070	140.3790	33.00	5.20	Mb	8	1.36	NEI	198309194017
1983/10/17	05:41:16.93	-2.9620	139.4590	33.00	5.40	Mb	12	1.29	NEI	198310174003
1983/12/04	04:03:07.99	-3.2350	140.9760	33.00	3.70	Mb	10	1.40	NEI	198312044007
1983/12/08	07:11:16.28	-3.2770	139.3400	33.00	4.10	Mb	8	1.17	NEI	198312084010
1983/12/09	17:17:19.55	-2.1670	139.0420	33.00	5.00	Mb	36	1.06	NEI	198312094013
1984/01/01	01:55:01.37	-2.6010	141.5970	33.00	5.20	Mb	76	1.39	NEI	198401014002
1984/01/08	07:56:47.20	-2.2840	139.0650	33.00	5.00	Mb	22	0.83	NEI	198401084008
1984/02/12	06:23:42.05	-2.3920	139.4150	15.30	5.20	Mb	62	1.09	NEI	198402124008
1984/02/20	17:38:50.64	-3.4210	139.5230	33.00	3.80	Mb	7	1.32	NEI	198402204023
1984/03/20	16:35:06.57	-3.2840	139.8120	33.00	3.90	Mb	8	0.83	NEI	198403204035
1984/04/03	00:29:27.28	-2.8780	141.5020	24.20	5.00	Mb	61	1.00	NEI	198404034003
1984/04/12	01:58:27.36	-2.9230	139.4950	63.70	4.90	Mb	15	0.85	NEI	198404124003
1984/06/29	20:12:04.64	-2.9030	139.3520	38.90	4.90	Mb	35	1.37	NEI	198406294026
1984/07/02	16:37:20.81	-3.3020	139.3050	33.00	3.70	Mb	12	1.10	NEI	198407024010
1984/07/04	06:34:40.71	-2.5930	140.2860	33.00	5.40	Mb	172	1.01	NEI	198407044005
1984/07/23	22:11:46.55	-2.9150	139.4820	33.00	5.10	Mb	10	1.00	NEI	198407234027





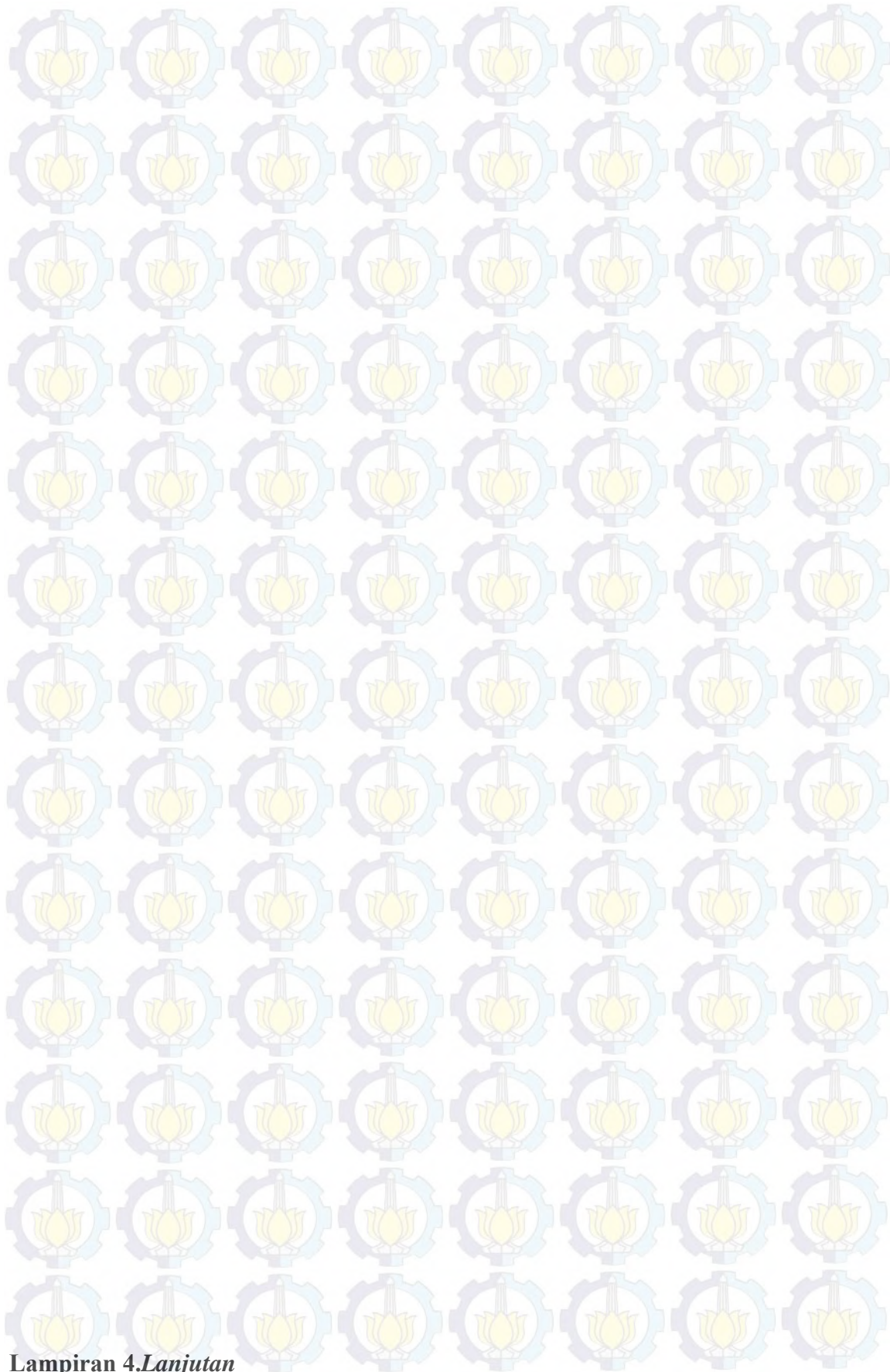


1984/07/29	09:31:39.32	-2.0420	139.0890	33.00	4.20	Mb	7	1.21	NEI	198407294014
1984/07/29	13:10:32.87	-2.5030	140.3390	33.00	4.10	Mb	8	1.09	NEI	198407294022
1984/08/11	11:21:47.70	-2.3690	140.3300	10.00	4.90	Mb	16	1.24	NEI	198408114017
1984/08/25	18:02:30.18	-3.1270	139.6060	81.00	5.70	Mb	42	1.00	NEI	198408254018
1984/09/09	17:09:53.16	-2.8080	139.7550	68.20	3.40	Mb	7	1.43	NEI	198409094019
1984/09/11	17:07:26.50	-2.7390	139.4010	33.00	5.00	Mb	10	1.53	NEI	198409114023
1984/09/19	20:26:19.35	-2.6150	140.5920	42.40	5.10	Mb	7	0.45	NEI	198409194023
1984/12/13	00:56:58.28	-3.7500	141.7210	38.80	4.80	Mb	17	1.39	NEI	198412134001
1985/01/17	21:33:09.48	-3.7820	141.7720	33.50	5.70	Mb	172	1.16	NEI	198501174042
1985/01/17	21:44:11.21	-3.6840	141.7340	27.60	5.80	Mb	207	1.09	NEI	198501174044
1985/01/18	03:34:06.38	-3.6950	141.6890	53.10	5.00	Mb	9	0.86	NEI	198501184003
1985/01/18	10:05:48.98	-3.9850	141.7910	81.10	4.70	Mb	19	0.93	NEI	198501184014
1985/01/18	18:40:07.31	-3.8810	141.6470	56.40	4.90	Mb	39	1.03	NEI	198501184028
1985/01/28	21:14:02.75	-3.6580	141.6350	33.00	4.90	Mb	12	1.33	NEI	198501284016
1985/02/04	23:16:21.02	-2.0460	139.2080	33.00	5.10	Mb	36	0.95	NEI	198502044028
1985/02/16	15:35:21.24	-3.6350	139.8420	33.00	4.20	Mb	7	0.93	NEI	198502164025
1985/02/17	00:14:56.19	-2.0720	140.2130	33.00	5.10	Mb	44	1.43	NEI	198502174002
1985/04/21	04:27:43.70	-2.9300	139.9020	33.00	4.00	Mb	5	1.42	NEI	198504214006
1985/06/24	04:27:40.90	-3.4100	139.3180	33.00	4.20	Mb	6	1.60	NEI	198506244004
1985/07/05	16:24:21.52	-3.6550	140.1150	151.40	4.80	Mb	5	0.76	NEI	198507054027
1985/08/13	03:47:59.04	-3.0250	139.7570	14.90	4.70	Mb	15	1.52	NEI	198508134007
1985/08/14	23:32:35.06	-2.8760	139.4670	33.00	4.90	Mb	14	1.29	NEI	198508144031
1985/10/27	10:45:33.20	-3.4760	139.6440	33.00	4.90	Mb	15	1.25	NEI	198510274016
1985/11/04	15:43:55.47	-3.3880	141.3980	33.00	3.60	Mb	8	1.30	NEI	198511044021
1985/11/12	17:11:40.07	-3.3650	141.4530	33.00	3.30	Mb	5	1.31	NEI	198511124028
1985/11/17	00:56:27.00	-2.8210	141.6200	16.10	4.90	Mb	44	1.45	NEI	198511174003
1985/12/20	03:49:09.23	-3.6520	140.3110	43.80	5.50	Mb	111	1.20	NEI	198512204011
1986/02/22	08:28:07.63	-2.8860	141.6120	42.30	5.10	Mb	36	1.27	NEI	198602224009
1986/02/27	16:30:39.40	-3.8440	139.2380	33.00	3.10	Mb	6	1.29	NEI	198602274025
1986/03/05	14:26:41.91	-2.7970	139.1310	33.00	4.80	Mb	33	0.95	NEI	198603054022
1986/03/09	12:11:53.65	-2.8070	140.8970	32.50	5.10	Mb	54	0.86	NEI	198603094019
1986/03/13	12:35:08.63	-2.8070	140.1690	33.00	4.70	Mb	27	1.53	NEI	198603134019
1986/03/15	04:29:16.37	-2.5820	139.5940	33.00	4.90	Mb	22	1.14	NEI	198603154010
1986/03/20	14:06:58.69	-3.4380	139.0160	33.00	4.10	Mb	8	1.45	NEI	198603204013
1986/03/21	10:19:06.31	-2.8850	139.3670	61.80	5.20	Mb	71	1.08	NEI	198603214016
1986/04/13	04:19:51.93	-3.4840	141.3760	29.80	5.10	Mb	67	1.09	NEI	198604134005
1986/04/15	18:26:17.75	-2.9330	141.4690	55.10	4.50	Mb	25	1.08	NEI	198604154026
1986/04/20	02:08:39.47	-2.5630	141.3220	33.00	4.70	Mb	13	1.32	NEI	198604204008
1986/04/20	07:03:30.86	-2.3940	139.3090	33.00	6.10	Mb	281	1.07	NEI	198604204017
1986/04/20	09:07:59.59	-2.5220	139.3030	33.00	3.80	Mb	9	1.35	NEI	198604204019
1986/04/20	11:45:14.29	-2.4400	139.1230	33.00	4.60	Mb	16	1.01	NEI	198604204025
1986/04/21	01:36:08.21	-2.3960	139.1410	33.00	3.90	Mb	14	1.45	NEI	198604214004
1986/04/27	05:17:29.74	-2.6200	139.9760	33.00	3.80	Mb	7	1.58	NEI	198604274007
1986/04/27	06:52:40.55	-2.3540	139.1920	33.00	4.00	Mb	15	1.23	NEI	198604274010
1986/05/02	09:50:32.79	-3.2530	139.7480	59.50	5.20	Mb	115	1.05	NEI	198605024017
1986/05/03	10:12:00.94	-2.3900	139.0820	33.00	5.40	Mb	12	0.94	NEI	198605034020
1986/05/03	18:46:06.66	-3.1960	141.0650	33.00	4.40	Mb	10	1.30	NEI	198605034037
1986/05/05	09:19:48.72	-2.5140	139.5560	33.00	4.30	Mb	16	1.04	NEI	198605054019
1986/05/07	04:01:25.45	-2.4450	139.4720	33.00	4.30	Mb	29	1.23	NEI	198605074008
1986/05/14	00:04:57.57	-2.3310	139.2950	33.00	3.90	Mb	11	1.26	NEI	198605144001
1986/05/18	15:44:41.45	-3.8130	139.5920	33.00	4.50	Mb	7	1.02	NEI	198605184035
1986/06/09	21:58:40.53	-2.3750	139.0290	33.00	5.20	Mb	12	0.64	NEI	198606094030
1986/06/11	02:59:01.40	-2.1000	139.2790	33.00	5.50	Mb	130	1.39	NEI	198606114003
1986/06/11	03:12:12.62	-2.0620	139.1280	33.00	5.20	Mb	33	1.02	NEI	198606114004
1986/06/11	04:02:56.13	-1.9740	139.2640	33.00	4.80	Mb	24	0.99	NEI	198606114005
1986/06/12	03:59:40.61	-2.0660	139.1920	33.00	4.90	Mb	19	1.41	NEI	198606124009
1986/06/12	04:17:56.75	-2.0200	139.3100	33.00	4.90	Mb	28	1.17	NEI	198606124011
1986/06/23	15:08:10.12	-2.0990	139.0010	33.00	5.10	Mb	7	0.38	NEI	198606234017
1986/06/25	08:29:15.83	-2.1530	139.2590	33.00	4.90	Mb	31	1.03	NEI	198606254013
1986/06/25	17:35:07.07	-1.6970	139.0910	33.00	4.00	Mb	10	0.75	NEI	198606254023
1986/06/26	07:40:34.25	-1.8990	139.1400	33.00	4.90	Mb	14	1.38	NEI	198606264009
1986/07/11	15:11:20.57	-2.1690	139.1360	33.00	4.70	Mb	11	1.16	NEI	198607114020
1986/07/11	15:20:56.90	-2.1670	139.1120	33.00	4.70	Mb	17	1.45	NEI	198607114022
1986/07/11	15:33:20.59	-2.0700	139.1210	33.00	4.40	Mb	6	0.49	NEI	198607114023
1986/07/12	08:12:21.46	-2.1470	139.1180	56.60	4.60	Mb	15	0.71	NEI	198607124010
1986/07/25	21:33:23.53	-2.4940	139.1660	33.00	4.60	Mb	15	1.08	NEI	198607254031
1986/08/20	05:14:03.99	-2.6930	139.0310	33.00	5.00	Mb	11	1.12	NEI	198608204013
1986/09/03	01:30:26.33	-2.9630	139.8440	33.00	5.00	Mb	27	1.35	NEI	198609034003
1986/09/19	19:01:15.41	-2.9570	139.5520	37.90	5.10	Mb	86	1.36	NEI	198609194023
1986/09/19	22:30:43.44	-2.9980	139.3300	53.00	5.30	Mb	34	1.37	NEI	198609194024
1986/09/20	02:59:42.29	-3.0210	139.6720	33.00	4.70	Mb	15	1.56	NEI	198609204004
1986/09/25	11:04:59.28	-2.9730	139.6270	33.00	4.80	Mb	44	1.28	NEI	198609254010
1986/10/02	03:52:29.08	-3.8130	141.2960	59.80	4.30	Mb	20	1.16	NEI	198610024004

#### Lampiran 4.Lanjutan

1986/10/03	18:01:10.34	-2.9420	139.0380	33.00	4.50	Mb	20	1.22	NEI	198610034017
1986/10/08	16:16:35.06	-3.7110	139.8620	10.00	3.90	Mb	19	1.08	NEI	198610084015
1986/11/22	15:33:15.57	-3.1050	139.8750	12.30	5.20	Mb	85	1.17	NEI	198611224029
1986/12/02	05:22:24.22	-3.1560	141.9230	33.00	4.70	Mb	19	1.04	NEI	198612024006
1986/12/04	18:05:29.52	-2.3250	139.0430	33.00	4.40	Mb	35	0.98	NEI	198612044018
1986/12/16	21:22:24.26	-2.5220	139.8010	41.70	4.10	Mb	30	1.37	NEI	198612164029
1986/12/21	17:53:16.99	-1.9970	139.9620	33.00	4.50	Mb	13	1.37	NEI	198612214023
1986/12/21	18:10:57.43	-2.0110	140.1470	38.20	4.60	Mb	31	1.19	NEI	198612214025
1986/12/27	07:22:26.17	-3.2280	139.7080	33.00	4.70	Mb	19	1.47	NEI	198612274021

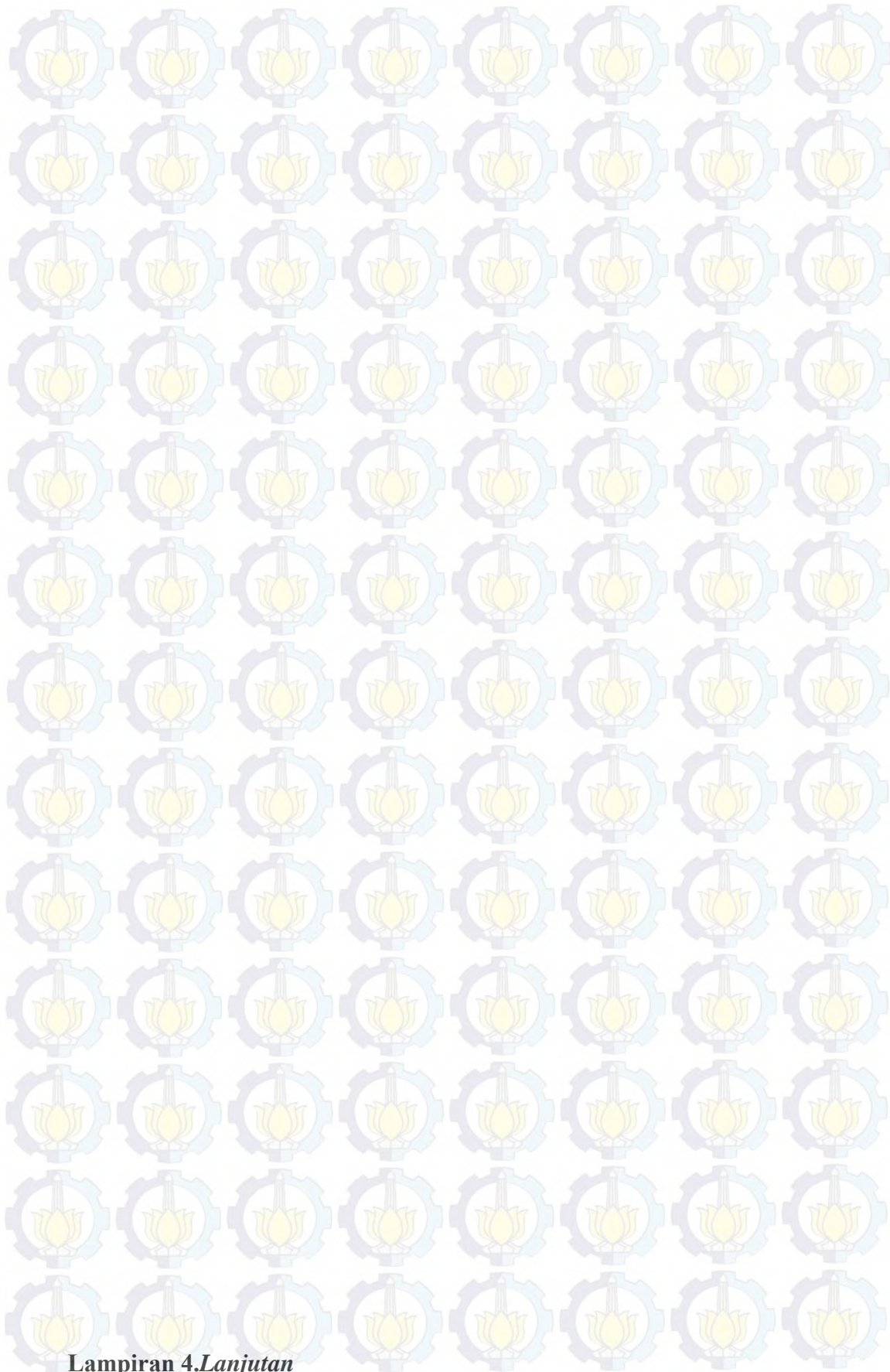




**Lampiran 4.Lanjutan**

1989/11/21	09:00:48.56	-3.2790	139.5740	44.00	4.80	Mb	52	1.30	NEI	198911214013
1989/12/07	07:34:19.39	-2.9630	139.0490	33.00	4.60	Mb	6	0.44	NEI	198912074008
1989/12/21	14:49:14.04	-3.9480	141.5160	46.20	4.60	Mb	8	1.23	NEI	198912214033
1990/01/06	06:36:41.69	-3.1210	141.1240	33.00	4.80	Mb	17	1.17	NEI	199001064011
1990/02/16	21:02:53.73	-3.5640	140.2720	46.80	5.30	Mb	120	0.82	NEI	199002164035
1990/02/26	08:45:00.70	-3.6770	140.2850	33.00	4.00	Mb	10	1.00	NEI	199002264011
1990/02/27	05:41:12.79	-3.2430	141.2330	62.40	3.60	Mb	7	0.46	NEI	199002274010
1990/03/12	20:19:41.19	-3.2820	139.8310	33.00	4.00	Mb	8	0.57	NEI	199003124044
1990/04/03	11:28:36.28	-2.9560	139.9340	33.00	4.00	Mb	7	1.26	NET	199004034015

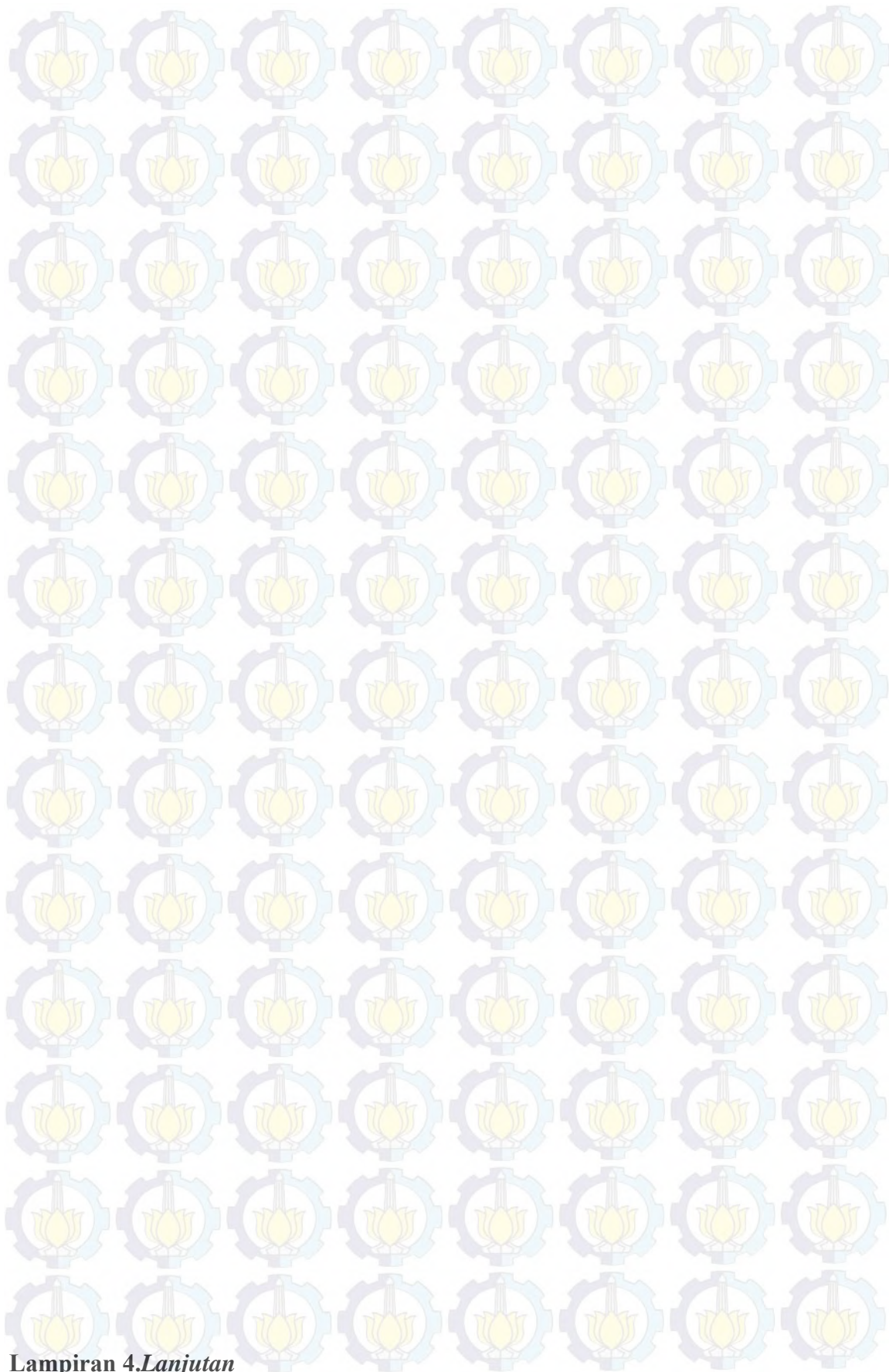




**Lampiran 4.Lanjutan**

1992/10/31	15:04:25.28	-2.2930	141.1980	27.70	5.30	Mb	74	1.16	NEI	199210314032
1992/10/31	15:07:47.95	-2.4080	141.1700	33.00	5.20	Mb	30	0.78	NEI	199210314033
1992/10/31	15:29:29.32	-2.3270	141.2680	26.70	5.30	Mb	93	1.13	NEI	199210314035
1992/10/31	21:25:59.49	-2.3880	141.4600	33.00	4.60	Mb	9	0.72	NEI	199210314046
1992/11/01	05:48:27.50	-2.3700	141.2240	30.00	4.40	Mb	19	1.17	NEI	199211014014
1992/11/01	17:47:46.78	-2.2940	141.3910	28.90	5.20	Mb	137	1.09	NEI	199211014045
1992/11/07	23:07:55.01	-2.8130	141.0420	10.00	4.70	Mb	10	1.04	NEI	199211074063
1992/11/09	11:51:59.64	-2.3880	141.3510	30.50	4.90	Mb	54	1.21	NEI	199211094027
1992/11/11	00:18:49.37	-2.9250	141.5600	34.10	5.60	Ms	249	0.96	NEI	199211114001

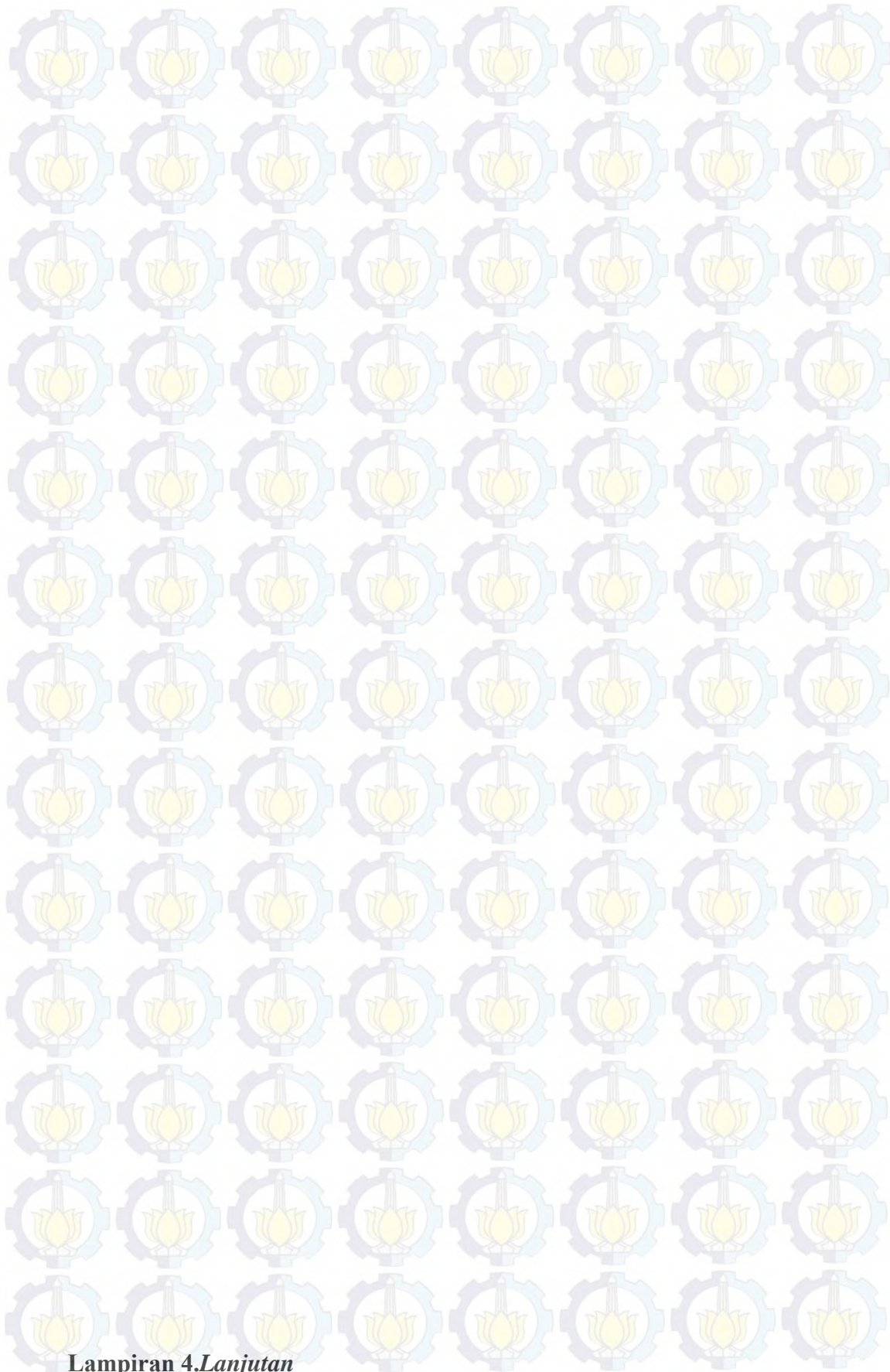




**Lampiran 4.Lanjutan**

1995/11/25 10:44:25.02	-2,5020	139,0800	33,00	4,50	Mb	14	1,29	NEI	199511254038
1995/12/09 06:06:13.85	-2,5180	139,9120	33,00	4,70	Mb	41	0,89	NEI	199512094008
1995/12/14 15:10:13.50	-3,3130	140,2480	33,00	4,30	Mb	8	1,19	NEI	199512144052
1995/12/15 08:24:02.95	-3,6380	140,3060	33,00	4,80	Mb	71	1,01	NEI	199512154020
1995/12/15 16:30:05.63	-2,8780	139,0390	33,00	4,70	Mb	43	0,90	NEI	199512154046
1995/12/19 23:28:12.18	-3,7030	140,2330	63,40	6,50	Mw	397	1,04	NEI	199512194059
1995/12/22 01:38:32.14	-3,8300	140,3560	33,00	4,20	Mb	7	1,01	NEI	199512224007
1995/12/22 09:26:14.32	-2,4000	139,9380	10,00	4,90	Mb	40	1,07	NEI	199512224022

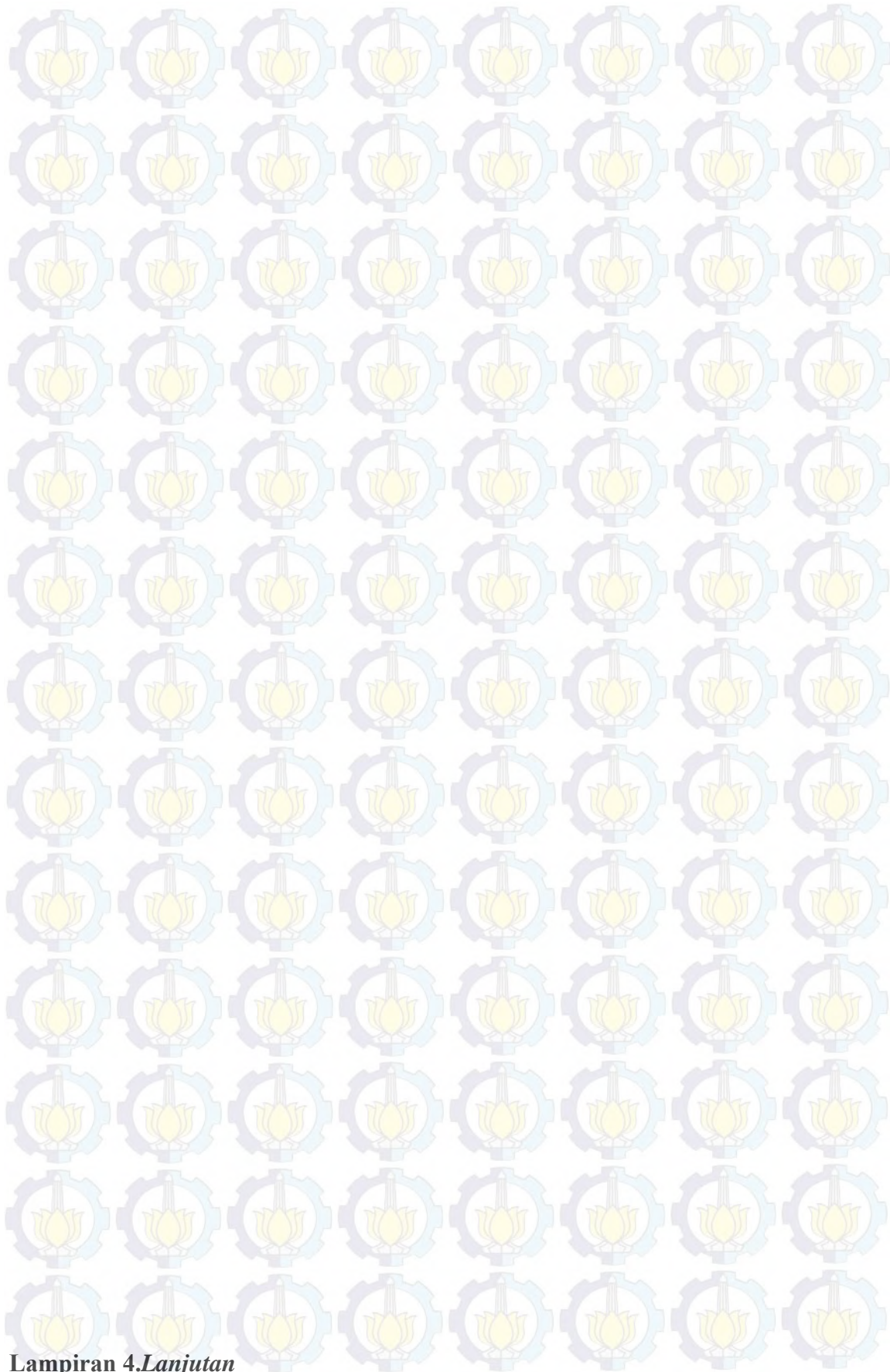




**Lampiran 4.Lanjutan**

1996/08/12 04:00:55.70	-2.6810	139.0610	88.70	3.80	Mb	11	1.20	NEI 199608121004
1996/08/27 23:19:50.55	-3.0680	139.2430	33.00	4.30	Mb	7	0.50	NEI 199608271047
1996/08/29 08:52:12.69	-3.9520	140.1210	33.00	4.10	Mb	6	0.95	NEI 199608291014
1996/09/01 11:53:11.27	-3.2230	140.1290	33.00	3.90	Mb	10	1.07	NEI 199609011027
1996/09/09 07:13:04.27	-3.2390	139.2110	33.00	3.90	Mb	7	1.21	NEI 199609091019
1996/09/15 17:10:49.10	-2.6280	139.6010	33.00	4.40	Mb	13	1.17	NEI 199609151038
1996/09/18 08:41:50.76	-3.3070	140.8670	33.00	4.30	Mb	14	1.19	NEI 199609181019
1996/10/05 20:03:19.28	-3.2120	139.5510	33.00	3.50	Mb	5	0.62	NEI 199610052029
1996/10/24 21:16:54.46	-2.7960	139.8360	33.00	3.80	Mb	7	1.50	NEI 199610242051

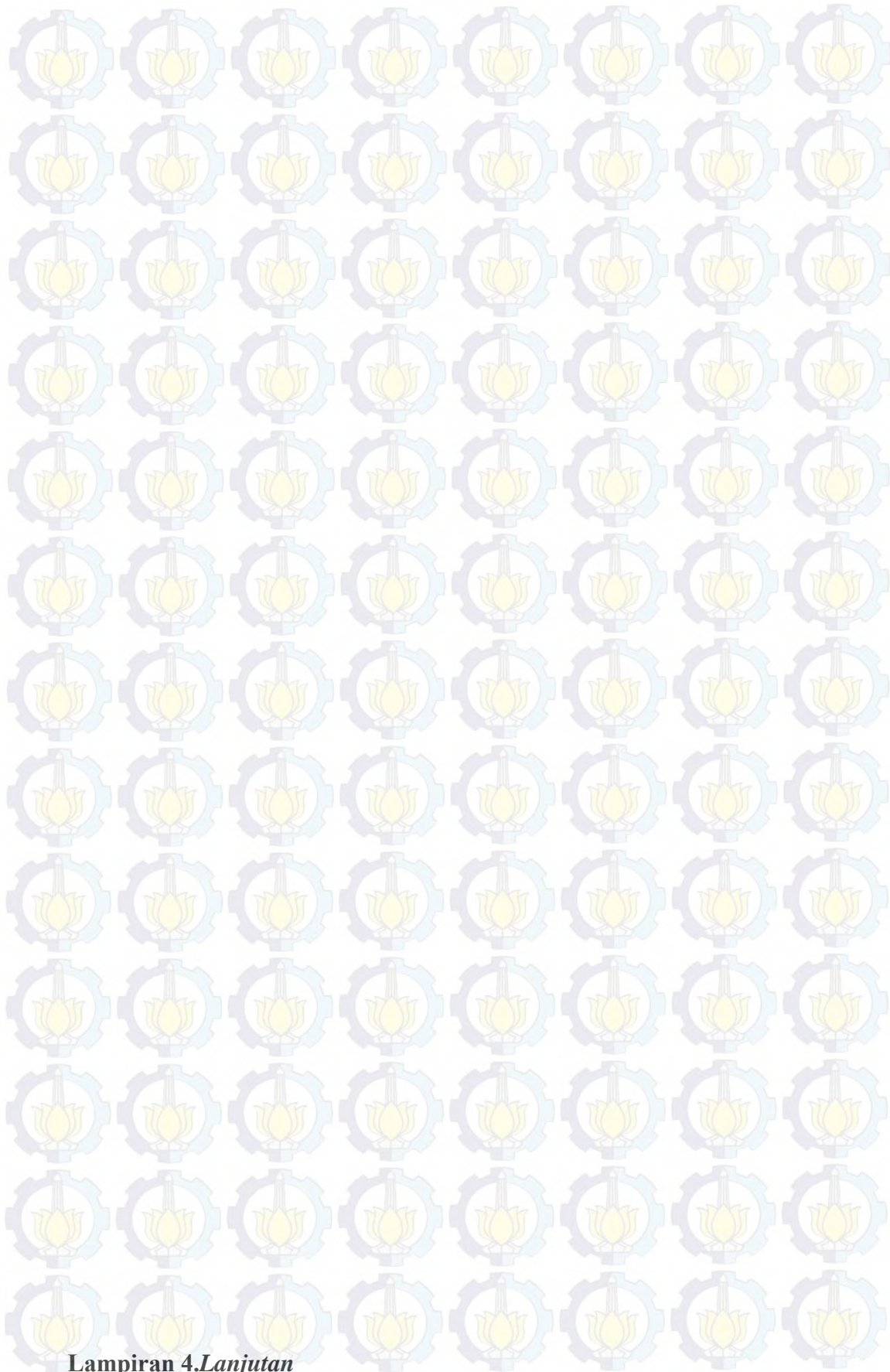




Lampiran 4.Lanjutan

1997/11/16 10:23:22.01	-3.0430	140.0590	33.00	4.10	Mb	10	0.73	NEI	199711161027
1997/11/19 15:53:45.38	-3.1360	139.8340	113.40	4.10	Mb	17	1.17	NEI	199711191049
1997/11/24 03:37:51.91	-3.6510	140.4410	106.70	3.80	Mb	11	1.25	NEI	199711241013
1997/12/13 21:53:49.92	-2.4400	139.9170	33.00	4.30	Mb	26	1.16	NEI	199712131058
1997/12/17 23:26:46.90	-2.8550	140.9560	33.00	5.00	Mw	60	0.81	NEI	199712171060
1997/12/18 22:54:29.48	-3.7970	140.8040	33.00	4.00	Mb	7	1.28	NEI	199712181073
1997/12/18 23:01:36.73	-3.6000	140.3070	33.00	3.80	Mb	8	1.43	NEI	199712181074
1997/12/22 03:05:08.89	-2.8760	139.8290	33.00	4.10	Mb	7	1.36	NEI	199712221006

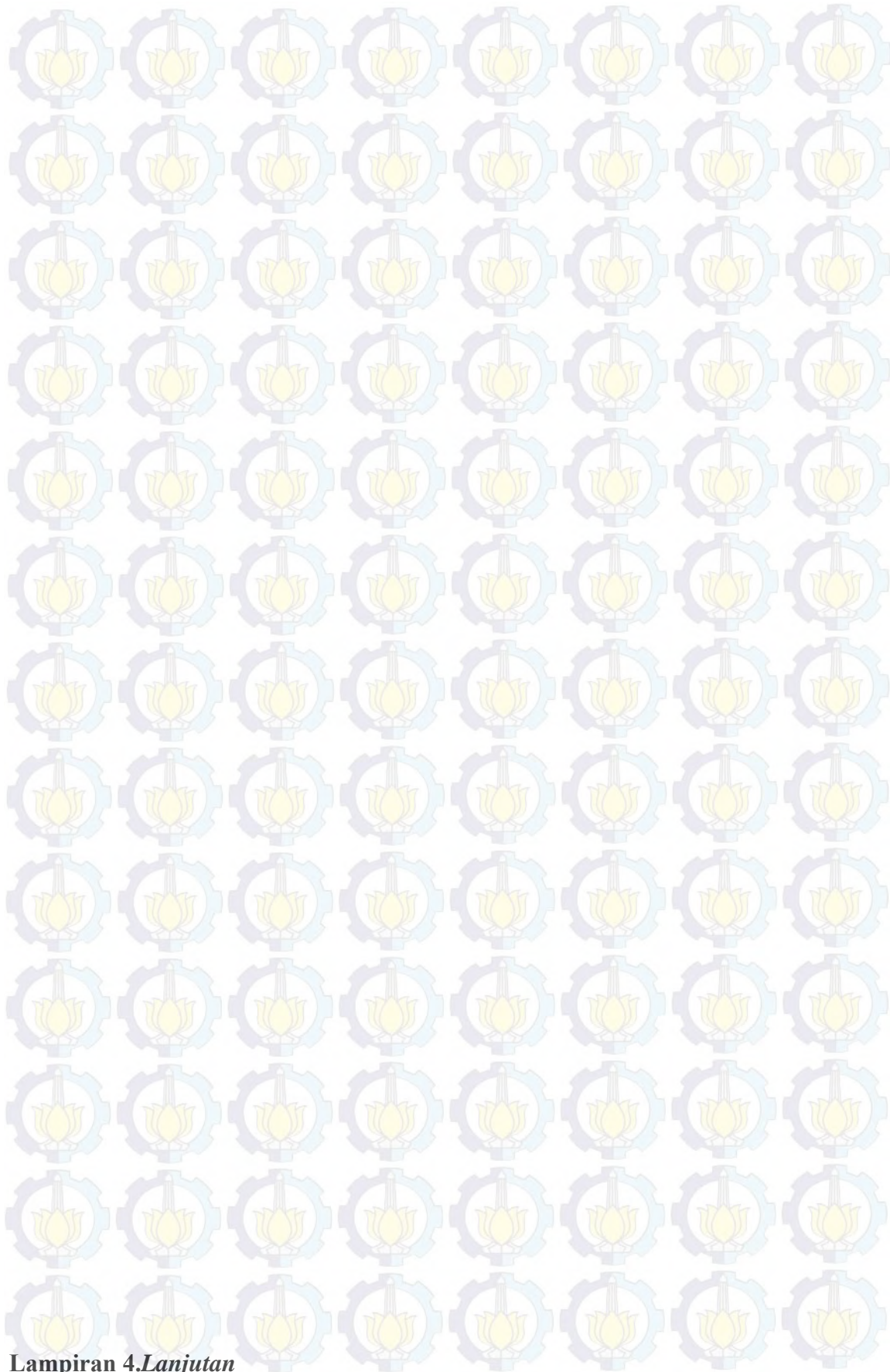




**Lampiran 4.Lanjutan**

1998/07/17 22:31:28.58	-2.8100	141.7340	10.00	3.90	Mb	13	1.09	NEI	199807171111
1998/07/18 03:31:07.99	-2.7620	141.7940	10.00	3.70	Mb	7	0.55	NEI	199807181012
1998/07/18 08:19:01.66	-2.9830	141.9010	10.00	4.40	Mb	26	1.14	NEI	199807181026
1998/07/18 09:23:34.88	-2.7600	141.9910	10.00	4.40	Mb	35	1.32	NEI	199807181030
1998/07/18 16:14:43.38	-2.6270	141.6350	10.00	4.00	Mb	8	1.18	NEI	199807181056
1998/07/18 22:38:10.76	-2.8180	141.9530	10.00	4.10	Mb	14	1.12	NEI	199807181077
1998/07/19 11:40:30.99	-2.6320	141.7320	10.00	3.70	Mb	5	1.34	NEI	199807191029
1998/07/20 00:15:30.81	-2.8350	141.9670	10.00	3.50	Mb	7	1.25	NEI	199807201002
1998/07/22 07:22:48.61	-2.8960	141.7280	10.00	3.50	Mb	6	0.41	NEI	199807221013

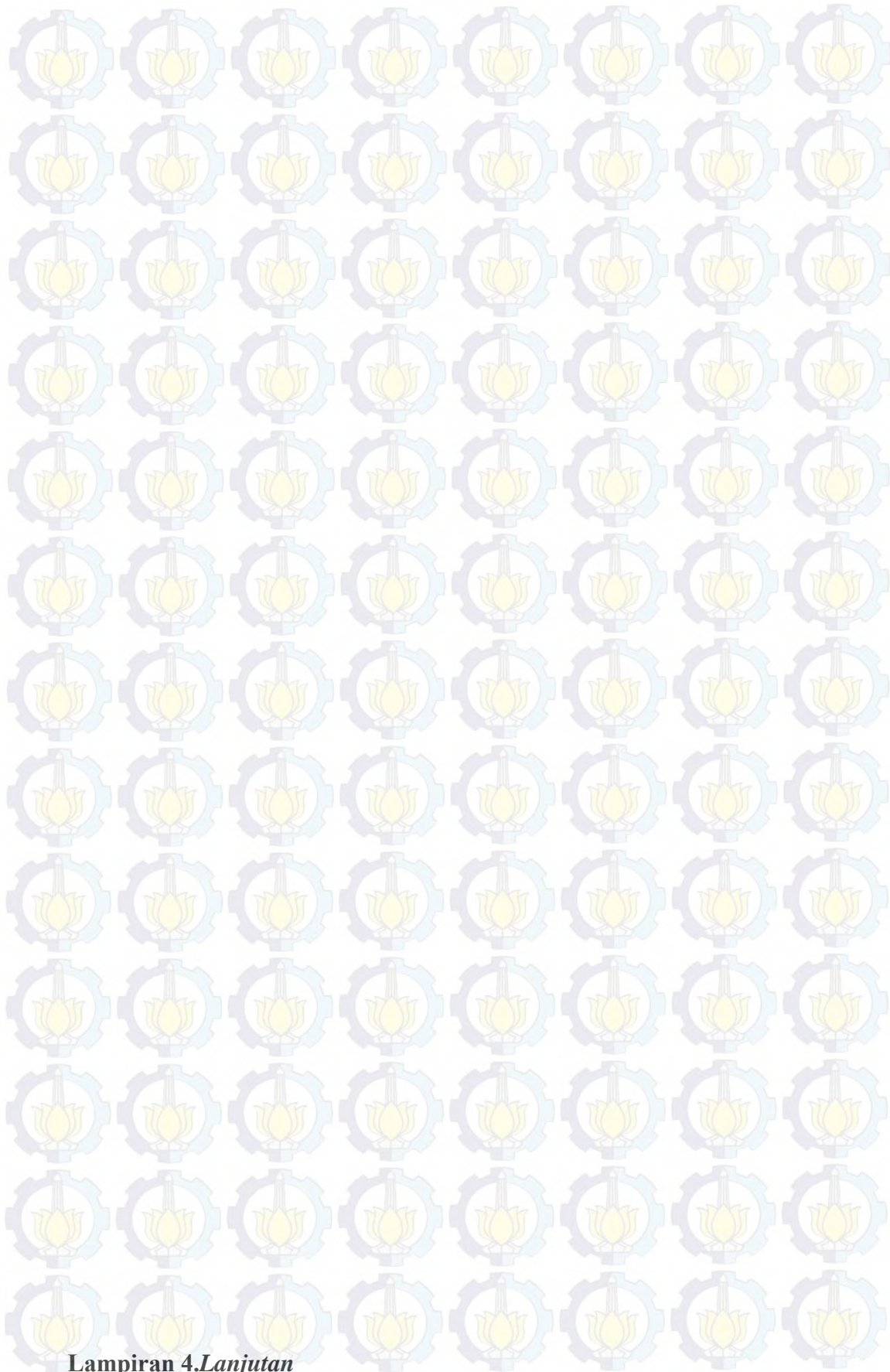




**Lampiran 4.Lanjutan**

1999/10/22	23:55:19.06	-2.4070	140.2180	33.00	3.20	Mb	10	1.00	NEI 199910224068
1999/11/01	20:43:48.38	-2.8000	139.5670	33.00	4.70	Mb	21	1.20	NEI 199911012060
1999/12/04	14:57:47.13	-2.5060	139.9620	33.00	5.40	Mw	25	1.31	NEI 199912044026
1999/12/18	17:44:55.11	-2.4250	139.6730	16.20	6.20	Me	208	0.94	NEI 199912184027
1999/12/20	23:05:04.04	-2.4640	139.9380	33.00	4.20	Mb	14	0.97	NEI 199912204054
2000/01/06	13:14:05.90	-2.5190	140.1690	33.00	4.50	Mb	25	1.09	NEI 200001064022
2000/01/09	10:48:30.56	-2.4760	140.3500	10.00	5.50	Mw	126	0.92	NEI 200001094026
2000/01/09	15:05:43.57	-2.0970	139.1990	10.00	4.00	Mb	17	0.80	NEI 200001094034

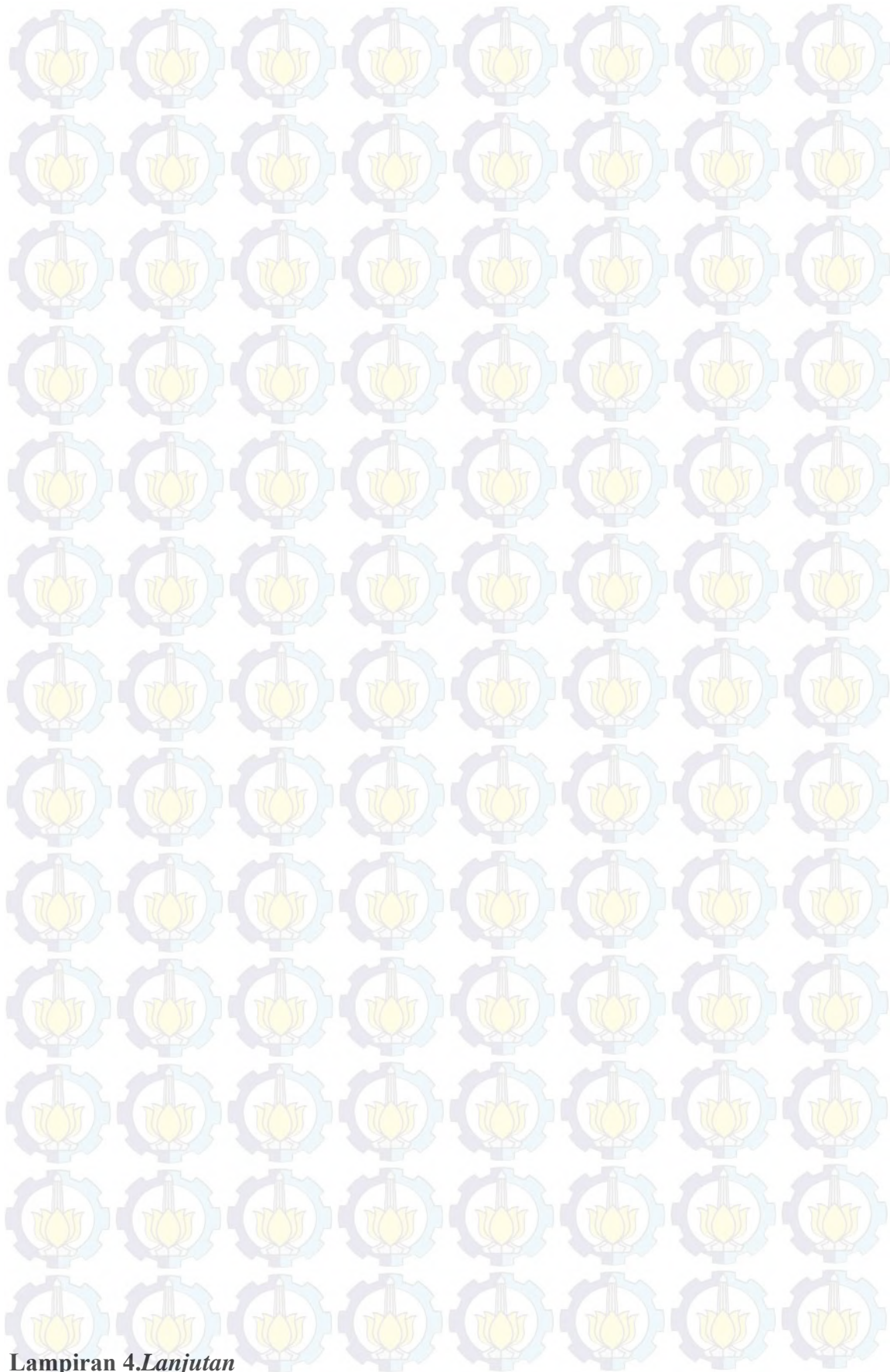




**Lampiran 4.Lanjutan**

2002/04/19 20:06:12.89	-2,3830	139,7700	33,00	4,40	Mb	10	1,23	NEI	200204194066
2002/04/20 07:44:45.94	-3,1720	139,7680	33,00	4,50	Mb	13	1,42	NEI	200204204023
2002/04/28 14:08:28.89	-2,7710	139,1050	33,00	4,70	Mb	25	1,12	NEI	200204284046
2002/05/28 06:08:56.86	-3,0250	141,5220	33,00	3,90	Mb	11	1,02	NEI	200205284018
2002/06/02 09:04:49.41	-3,2590	139,6860	85,00	4,30	Mb	18	0,68	NEI	200206024035
2002/06/09 19:14:07.33	-2,4860	139,6450	33,00	4,70	Mb	44	1,04	NEI	200206094059
2002/06/18 19:00:05.39	-3,8450	141,8160	33,00	5,50	Mw	62	1,09	NEI	200206184054
2002/07/09 22:29:49.36	-3,3110	139,2190	33,00	4,50	Mb	23	1,05	NEI	200207094072
2002/07/22 22:44:16.43	-3,2810	141,2130	33,00	4,20	Mb	40	0,84	NEI	200207224064

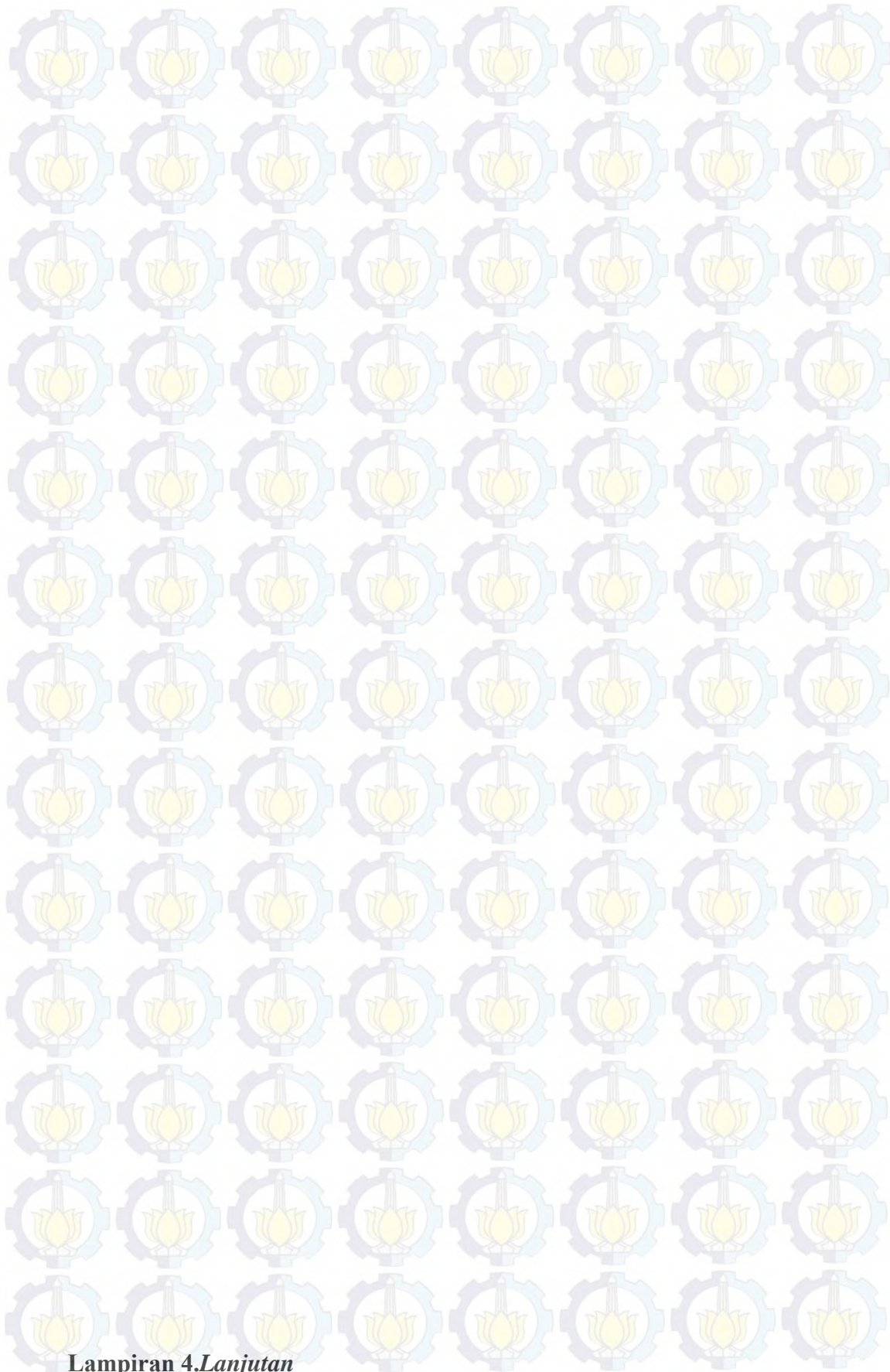




**Lampiran 4.Lanjutan**

2003/08/29	10:44:59.37	-2.3110	139.5800	33.00	5.40	Mw	96	1.09	NEI	200308294038
2003/08/29	13:38:09.82	-2.9460	141.4400	33.00	4.20	Mb	9	0.97	NEI	200308294044
2003/09/04	20:37:33.56	-3.0030	141.9750	33.00	4.40	Mb	16	1.25	NEI	200309044093
2003/10/04	13:21:42.24	-2.7860	139.4030	33.00	4.60	Mb	12	1.05	NEI	200310044053
2003/10/05	01:40:53.92	-2.4170	140.9060	33.00	4.50	Mb	11	0.97	NEI	200310054013
2003/10/06	11:35:22.82	-2.3980	141.9160	33.00	4.30	Mb	11	1.04	NEI	200310064038
2003/10/07	18:30:13.83	-2.7820	139.1220	33.00	4.40	Mb	11	1.39	NEI	200310074072
2003/10/19	07:30:34.05	-2.4260	139.5580	10.00	5.20	Mw	33	1.03	NEI	200310194035
2003/10/20	16:14:46.82	-2.4970	139.5930	10.00	5.30	Mw	56	0.96	NEI	200310204049

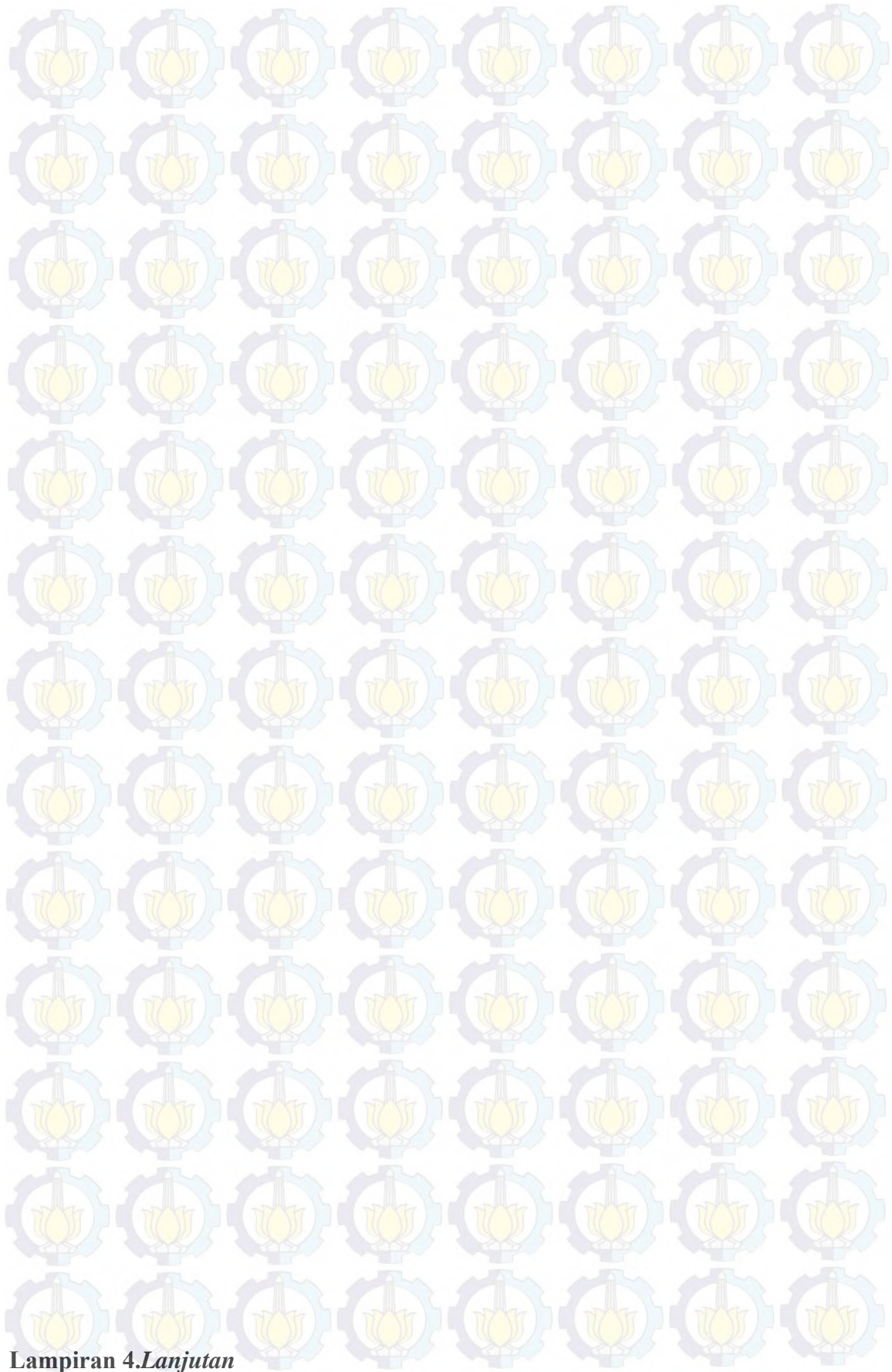




**Lampiran 4.Lanjutan**

2004/06/08 08:36:59.47	-3.9350	141.5550	150.00	4.50	Mb	8	0.89	NEI 200406084027
2004/06/24 15:33:06.99	-3.5460	140.3350	60.00	4.20	Mb	13	0.92	NEI 200406244065
2004/06/25 09:05:19.49	-3.6610	140.7490	60.00	3.90	Mb	9	0.64	NEI 200406254044
2004/06/26 18:16:37.87	-3.5990	141.7770	60.00	4.00	Mb	7	0.86	NEI 200406264098
2004/06/28 09:00:07.40	-2.9300	139.5840	45.00	4.30	Mb	14	1.46	NEI 200406284033
2004/06/28 12:29:28.91	-3.1420	139.6360	10.00	3.60	Mb	7	1.42	NEI 200406284056
2004/07/10 04:12:40.93	-2.9940	141.8350	10.00	4.70	Mb	45	1.09	NEI 200407104011
2004/07/19 19:08:24.74	-2.8880	139.1860	62.90	4.20	Mb	17	1.19	NEI 200407194051
2004/08/05 05:41:38.21	-3.7370	140.5730	21.50	4.10	Mb	11	1.16	NET 200408054070





Lampiran 4.Lanjutan

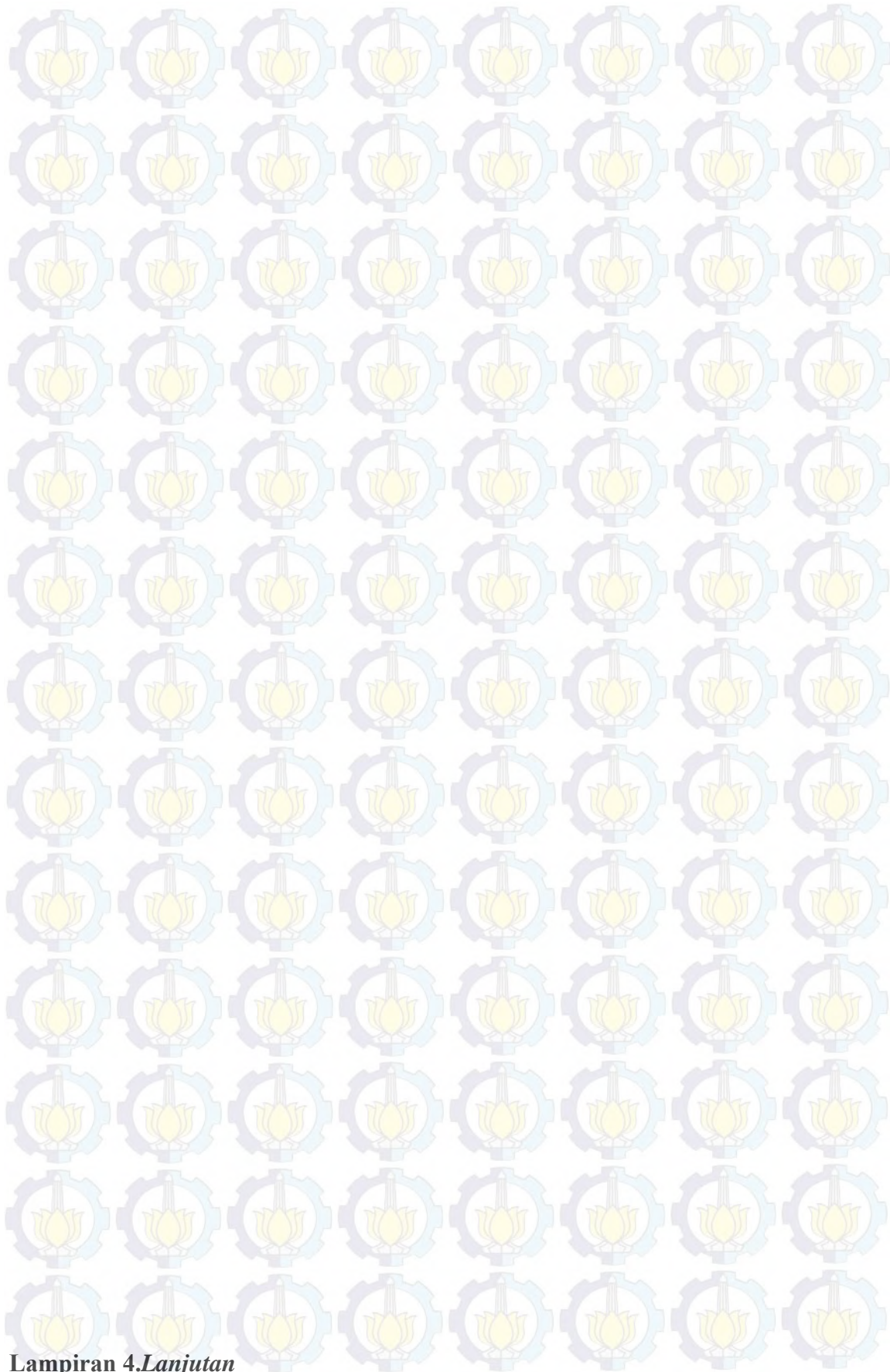


2005/06/30	02:02:17.85	-2.6060	139.1980	13.80	4.50	Mb	19	1.23	NEI 200506304011
2005/07/29	01:38:09.62	-2.7240	139.4100	10.00	3.80	Mb	7	0.63	NEI 200507294006
2005/08/04	09:26:52.81	-3.6570	140.1780	40.00	5.80	Mw	194	0.87	NEI 200508044040
2005/08/08	08:33:56.73	-3.7950	140.1560	10.00	5.90	Mw	171	0.92	NEI 200508084020
2005/08/08	10:01:46.48	-3.5640	139.8630	10.00	4.10	Mb	8	1.11	NEI 200508084027
2005/08/09	12:08:35.66	-3.7240	140.1360	13.90	4.80	Mw	28	0.71	NEI 200508094027
2005/08/15	03:15:55.26	-3.7210	140.1240	30.00	5.60	Mw	79	1.19	NEI 200508154014
2005/08/15	10:49:37.88	-3.8450	140.2650	30.00	5.10	Mw	29	0.95	NEI 200508154028
2005/08/15	11:21:51.07	-3.8390	139.9840	10.00	4.40	Mb	13	1.09	NEI 200508154031
2005/08/22	10:07:52.63	-2.5110	139.4520	30.00	3.90	Mb	7	0.83	NEI 200508224028
2005/08/26	04:51:18.42	-2.6140	139.9760	86.60	4.50	Mb	19	1.18	NEI 200508264014
2005/08/29	17:11:46.33	-2.6890	139.1710	73.00	5.30	Mw	73	0.88	NEI 200508294041
2005/09/12	08:24:18.60	-2.3870	141.5830	30.00	4.20	Mb	9	1.07	NEI 200509124019
2005/09/12	10:23:07.27	-2.2370	139.0230	30.00	5.00	Mw	64	1.09	NEI 200509124023
2005/09/12	10:27:36.50	-2.1740	139.0640	30.00	4.50	Mb	20	0.73	NEI 200509124024
2005/09/17	23:43:13.00	-3.9620	141.5440	110.10	4.40	Mb	11	1.10	NEI 200509174055
2005/10/17	15:46:01.37	-3.2880	140.1820	35.00	4.50	Mb	7	1.34	NEI 200510174075
2005/10/29	10:07:45.30	-2.5000	140.1880	5.00	4.30	Mb	10	0.78	NEI 200510294034
2005/11/23	17:08:46.36	-2.7360	139.2600	49.20	4.20	Mb	12	0.65	NEI 200511234043
2005/12/16	07:07:41.65	-3.0400	141.8960	15.00	4.40	Mb	14	0.89	NEI 200512164018
2005/12/16	07:22:25.43	-3.1110	141.8420	68.90	4.70	Mb	36	0.85	NEI 200512164019
2005/12/16	18:17:25.02	-3.1690	141.7920	83.30	3.90	Mb	9	1.14	NEI 200512164060
2005/12/29	17:39:47.94	-3.4670	139.1740	122.70	4.60	Mb	9	0.72	NEI 200512294052
2006/01/02	09:46:51.05	-2.9390	141.8270	30.00	3.60	Mb	9	1.18	NEI 200601024029
2006/01/06	08:28:27.73	-2.8210	139.0380	65.40	4.90	Mw	64	0.97	NEI 200601064028
2006/01/20	22:19:33.99	-3.4470	140.6200	35.00	3.90	Mb	6	0.76	NEI 200601204050
2006/01/25	21:40:35.45	-3.9130	140.6450	144.20	4.30	Mb	12	0.93	NEI 200601254059
2006/02/06	14:31:05.11	-2.8070	141.5670	30.00	4.00	Mb	7	1.00	NEI 200602064053
2006/02/21	16:11:49.73	-3.6480	140.2580	57.80	4.20	Mb	28	0.91	NEI 200602214060
2006/02/28	23:51:59.65	-1.7360	139.0650	35.00	4.00	Mb	9	0.46	NEI 200602284066
2006/03/04	11:11:55.40	-3.6160	140.2780	37.10	4.20	Mb	22	0.79	NEI 200603044058
2006/03/15	06:09:53.33	-3.7710	140.0200	28.40	4.60	Mb	24	1.02	NEI 200603154021
2006/03/21	20:02:15.83	-3.5440	141.5980	38.60	4.60	Mb	27	0.83	NEI 200603214063
2006/03/24	02:53:44.76	-2.6470	141.8440	23.10	4.40	Mb	22	1.12	NEI 200603244012
2006/03/29	20:41:30.06	-3.9610	140.9730	60.00	4.20	Mb	7	0.86	NEI 200603294073
2006/03/31	18:22:30.86	-2.7190	139.0900	10.00	3.90	Mb	9	1.01	NEI 200603314059
2006/04/05	07:48:47.52	-3.2240	141.6860	63.30	4.30	Mb	11	1.33	NEI 200604054028
2006/04/14	19:52:16.88	-3.3230	139.9690	55.00	4.20	Mb	11	1.16	NEI 200604144068
2006/04/24	01:57:30.00	-3.3990	139.6000	82.80	4.20	Mb	9	0.81	NEI 200604244004
2006/05/04	11:18:20.71	-2.5360	141.6320	30.40	4.50	Mb	33	1.10	NEI 200605044062
2006/05/08	18:37:00.04	-3.8540	141.2720	112.70	5.40	Mw	145	0.84	NEI 200605084069
2006/05/14	13:28:17.42	-3.0980	141.9140	35.00	4.00	Mb	8	1.26	NEI 200605144055
2006/05/16	12:36:22.79	-3.4870	141.0080	41.60	4.00	Mb	10	0.67	NEI 200605164030
2006/05/19	09:33:01.85	-2.8890	140.1270	35.00	4.00	Mb	8	1.34	NEI 200605194034
2006/05/24	10:11:07.77	-2.2460	139.1540	30.00	5.70	Mw	155	1.02	NEI 200605244043
2006/05/30	03:28:50.01	-3.7490	140.0650	12.00	5.90	Mw	170	0.95	NEI 200605304014
2006/05/30	03:46:16.19	-3.8070	140.1180	35.00	4.40	Mb	8	1.08	NEI 200605304018
2006/05/03	21:00:43.80	-3.9020	139.8920	35.00	4.90	Mb	23	1.07	NEI 200606034062
2006/06/04	02:36:32.98	-3.2900	139.6740	62.90	4.50	Mb	46	0.92	NEI 200606044012
2006/06/05	02:54:41.36	-3.4780	139.7000	35.00	4.10	Mb	7	1.29	NEI 200606054008
2006/06/06	08:02:51.82	-3.8500	139.9340	30.00	5.00	Mw	37	1.16	NEI 200606064031
2006/06/15	01:51:07.59	-3.2800	140.8670	38.80	4.10	Mb	25	0.82	NEI 200606154010
2006/06/17	23:06:01.65	-2.8790	140.8280	35.00	4.60	Mb	8	0.99	NEI 200606174101
2006/06/18	17:17:10.28	-3.1020	139.6210	40.90	5.20	Mw	47	1.02	NEI 200606184080
2006/06/18	18:12:07.15	-3.0650	139.5140	35.00	4.40	Mb	29	1.11	NEI 200606184082
2006/06/18	21:00:19.71	-3.7030	139.8100	37.70	4.10	Mb	10	0.43	NEI 200606184107
2006/06/18	23:08:31.63	-2.9560	141.5740	39.20	5.10	Mw	54	0.93	NEI 200606184115
2006/06/19	08:05:11.86	-3.2260	139.7440	30.00	4.10	Mb	10	1.09	NEI 200606194027
2006/06/19	17:19:19.25	-3.9360	139.6950	21.80	4.70	Mb	26	1.15	NEI 200606194052
2006/06/23	21:26:31.02	-3.0220	139.9480	36.30	4.10	Mb	11	0.78	NEI 200606234075
2006/06/25	21:41:40.49	-3.7240	140.0860	35.00	4.50	Mb	27	0.93	NEI 200606254089
2006/06/30	06:39:37.00	-3.1720	139.1790	36.30	5.00	Mw	19	1.23	NEI 200606304028
2006/07/04	12:43:14.09	-3.4180	139.8010	35.00	3.80	Mb	8	1.06	NEI 200607044028
2006/07/06	11:38:46.42	-3.9220	139.8750	30.00	4.20	Mb	22	1.30	NEI 200607064041
2006/07/11	19:28:25.86	-2.6710	139.5390	35.00	4.40	Mb	10	0.83	NEI 200607114070
2006/07/16	20:03:01.44	-3.8760	141.8390	35.00	4.40	Mb	11	0.69	NEI 200607164045
2006/07/20	21:43:11.31	-3.2470	140.8890	10.00	4.10	Mb	13	0.56	NEI 200607204075
2006/07/23	17:19:49.85	-2.4090	139.4290	21.10	4.50	Mb	23	0.93	NEI 200607234056
2006/07/27	06:01:09.83	-2.9170	141.4260	35.00	4.40	Mb	9	0.29	NEI 200607274023
2006/07/30	19:11:43.00	-3.3990	139.0310	24.40	4.00	Mb	16	1.06	NEI 200607304069
2006/07/31	22:42:09.46	-2.4410	139.6230	35.00	4.20	Mb	16	0.62	NEI 200607314071
2006/08/05	20:49:26.13	-2.6020	140.2750	30.00	4.30	Mb	12	1.35	NEI 200608054059
2006/08/08	20:29:59.88	-2.4140	139.5710	35.00	4.10	Mb	11	1.06	NEI 200608084060

#### Lampiran 4.Lanjutan

2006/08/11	17:16:13.04	-3.0310	141.8160	22.90	4.90	Mw	63	0.84	NEI 200608114044
2006/08/16	00:40:02.59	-2.6520	140.5130	35.00	3.60	Mb	6	0.98	NEI 200608164002
2006/08/16	03:03:43.94	-2.4810	139.9980	10.00	4.10	Mb	12	0.98	NEI 200608164008
2006/08/16	03:24:22.74	-2.9400	141.8310	35.00	3.90	Mb	11	1.11	NEI 200608164009
2006/08/26	16:00:56.68	-3.7530	140.0420	46.50	4.90	Mb	36	1.05	NEI 200608264051
2006/09/02	09:02:47.19	-3.5440	140.7480	35.00	4.60	Mb	10	0.40	NEI 200609024037
2006/09/11	03:29:34.26	-3.1660	139.3750	71.30	4.40	Mb	13	0.94	NEI 200609114010
2006/09/19	12:39:16.46	-2.9300	139.0890	10.00	4.30	Mb	11	0.92	NEI 200609194044
2006/09/21	01:26:03.81	-3.6350	139.8560	41.40	4.20	Mb	22	1.08	NEI 200609214007

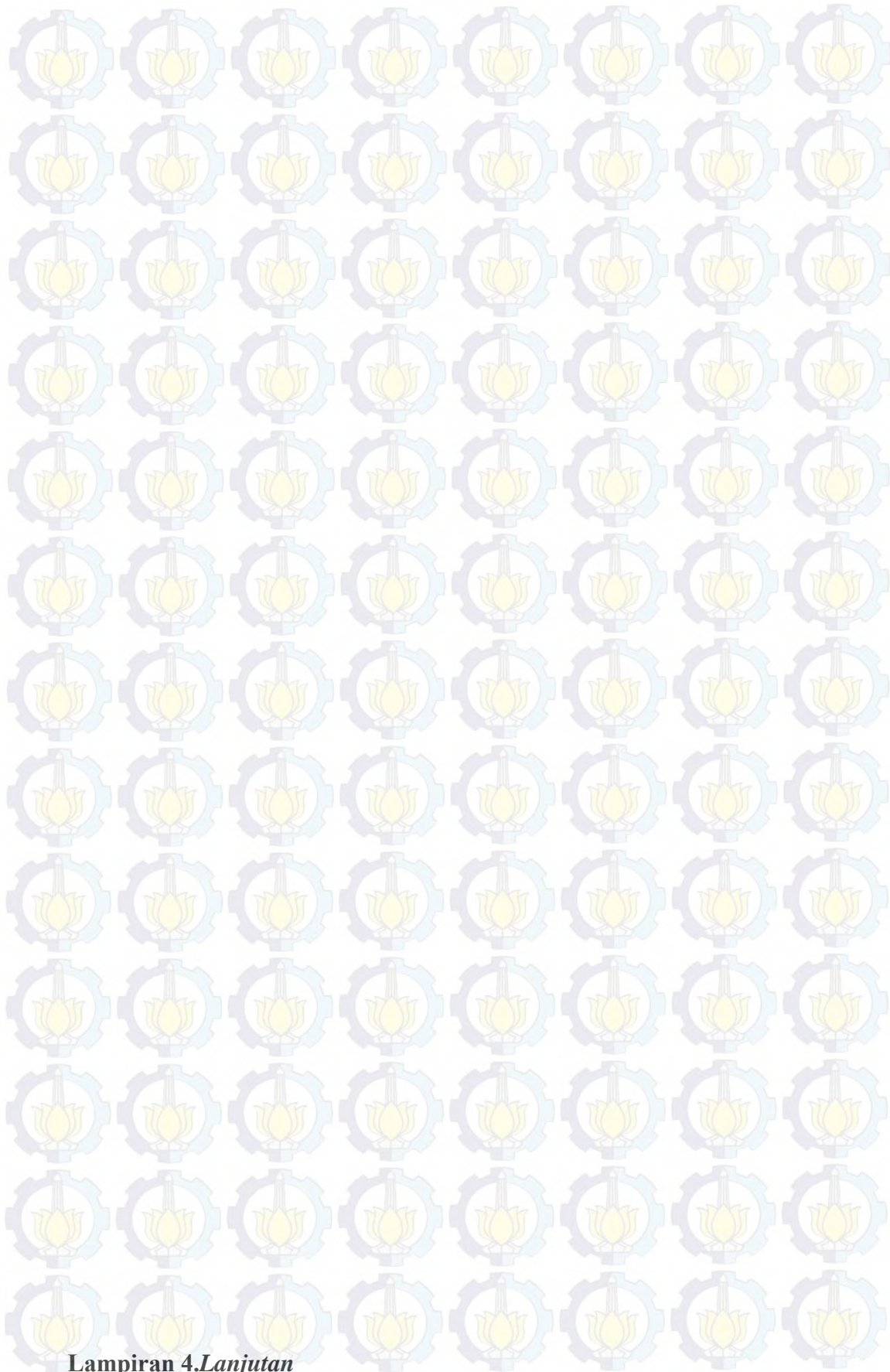




Lampiran 4.Lanjutan

2007/07/24	12:07:54.79	-2.8320	141.6970	27.60	5.00	Mb	26	0.95	NEI	200707244040
2007/07/24	19:33:51.54	-2.9190	141.4890	19.30	5.10	Mw	99	0.89	NEI	200707244061
2007/07/24	20:25:33.34	-2.7240	140.9050	10.00	4.00	Mb	7	1.17	NEI	200707244064
2007/07/24	22:03:48.20	-2.9540	141.4680	15.40	4.70	Mb	51	0.73	NEI	200707244069
2007/07/25	02:36:47.14	-2.8490	141.3560	10.00	3.90	Mb	10	0.70	NEI	200707254017
2007/07/25	07:33:07.32	-2.6950	141.5180	10.00	3.90	Mb	9	1.09	NEI	200707254031
2007/07/25	08:08:27.82	-2.8100	140.8250	35.00	3.60	Mb	7	0.77	NEI	200707254035
2007/07/26	04:35:50.84	-2.7910	141.5980	10.00	4.60	Mb	31	1.10	NEI	200707264013
2007/07/26	07:57:56.34	-2.8160	141.5000	25.00	4.70	Mb	14	1.08	NEI	200707264037

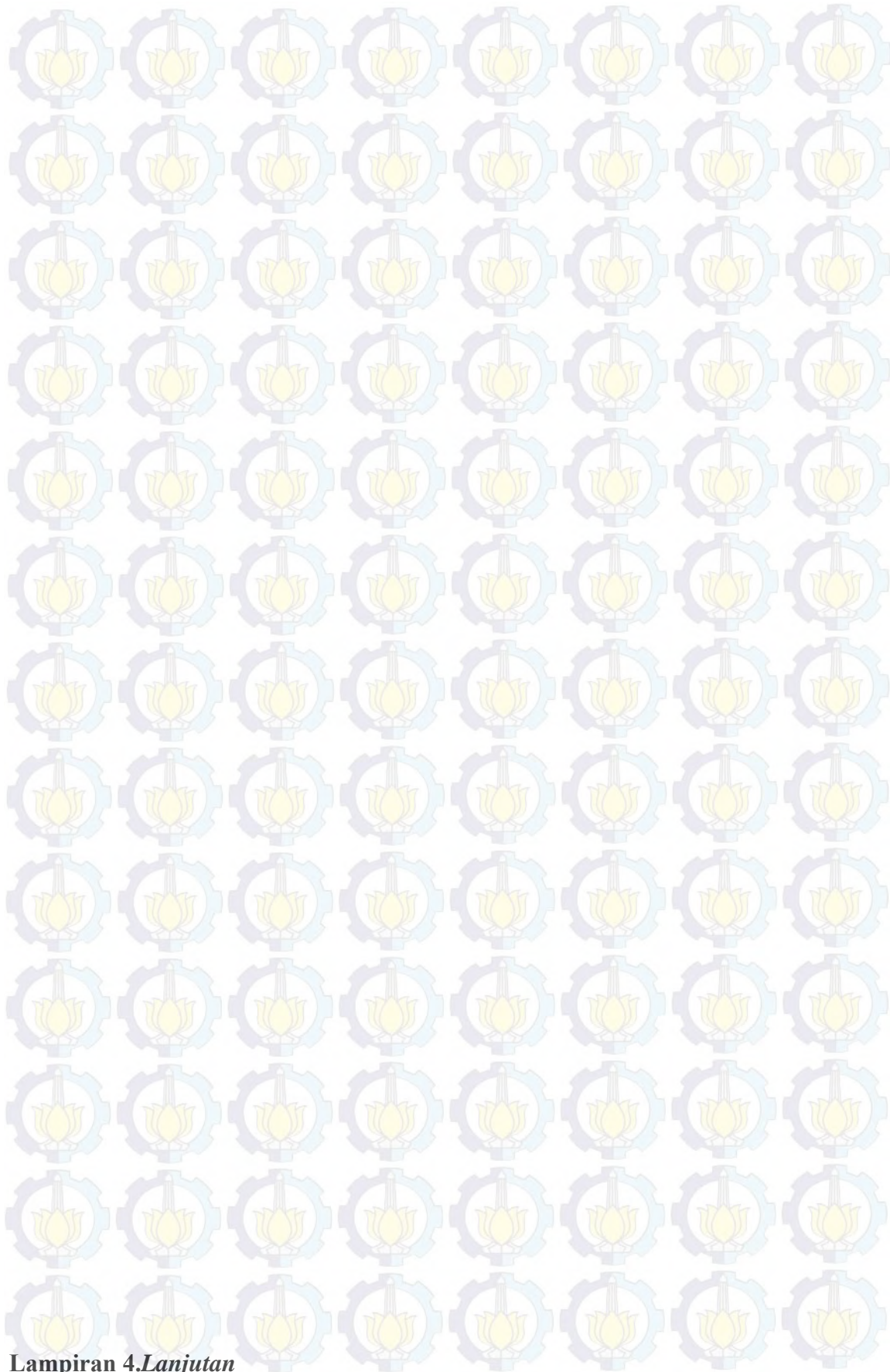




**Lampiran 4.Lanjutan**

2007/11/04 23:24:07.90	-2.8270	141.7630	25.50	4.10	Mb	26	0.65	NEI	200711044065
2007/11/12 22:14:28.18	-3.0260	141.3320	44.90	5.00	Mb	75	0.88	NEI	200711124056
2007/11/30 15:46:35.50	-2.8370	140.7650	35.00	4.10	Mb	10	1.24	NEI	200711304036
2007/12/12 19:47:14.54	-2.3490	139.1010	38.30	5.20	Mw	82	1.01	NEI	200712124039
2007/12/19 09:56:36.08	-2.9940	139.1120	45.10	4.80	Mb	20	1.03	NEI	200712194071
2007/12/22 07:11:08.10	-2.4070	139.0670	20.00	6.20	Mw	280	1.22	NEI	200712224022
2007/12/22 07:26:47.80	-2.2830	139.1320	35.00	4.70	Mb	27	1.07	NEI	200712224023
2007/12/22 12:12:26.11	-2.3230	139.1530	51.30	5.10	Mb	49	0.76	NEI	200712224043
2007/12/22 12:42:48.77	-2.3520	139.0160	51.60	4.40	Mb	77	0.95	NEI	200712224050

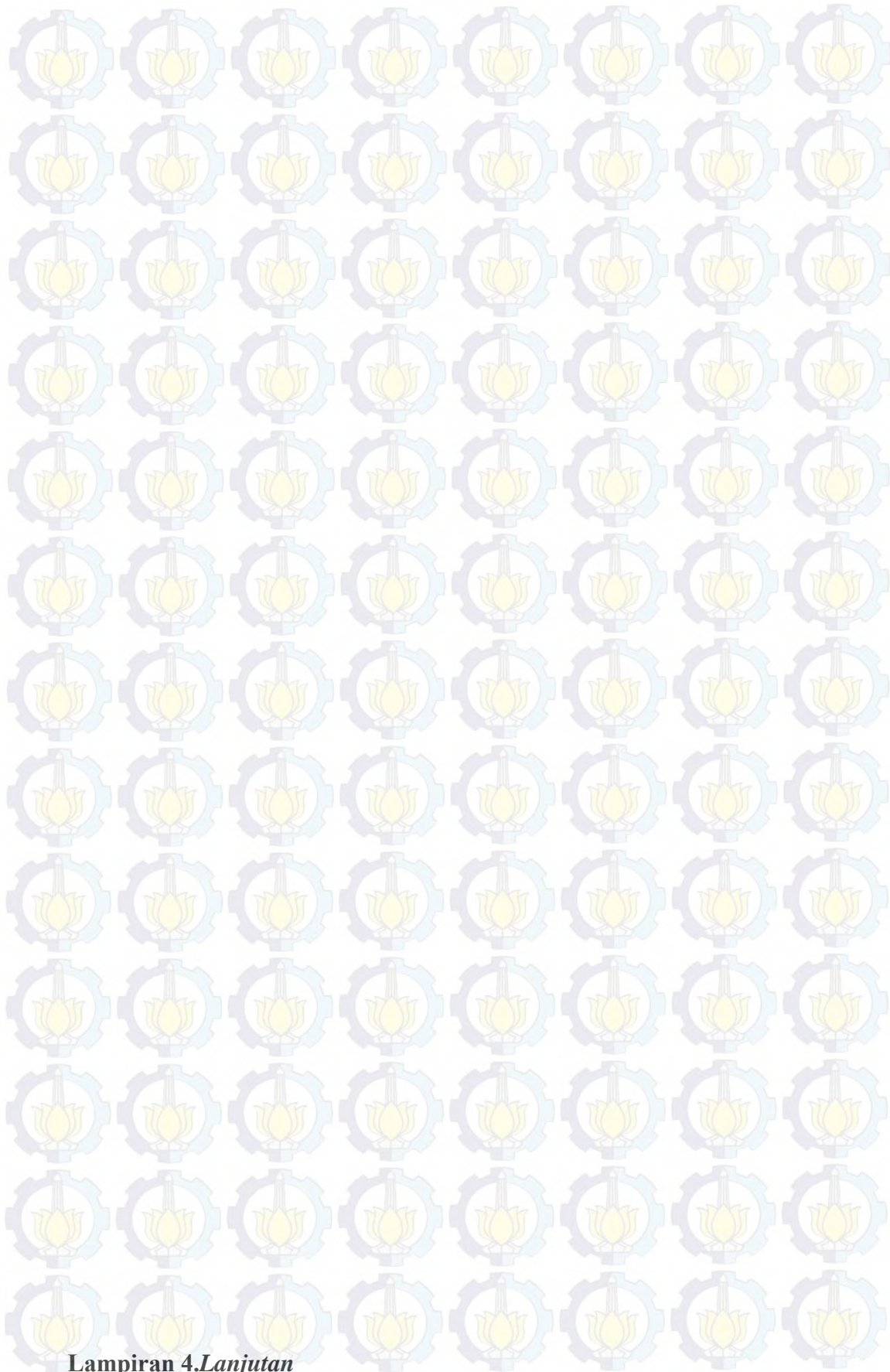




Lampiran 4.Lanjutan

2008/12/13 11:34:01.45	-3.4620	140.4350	35.00	3.80	Mb	8	0.84	NEI	200812134029
2008/12/14 10:55:20.32	-2.5850	140.1660	44.50	4.20	Mb	18	0.93	NEI	200812144031
2008/12/15 03:42:21.74	-2.5310	140.0060	53.70	4.70	Mb	42	1.12	NEI	200812154008
2008/12/20 16:24:27.28	-2.8630	139.0450	39.10	4.60	Mb	35	1.16	NEI	200812204059
2008/12/20 16:45:39.65	-2.9640	139.4200	35.00	3.90	Mb	11	1.13	NEI	200812204062
2008/12/22 02:22:59.09	-2.8540	139.2600	40.80	5.00	Mb	50	1.03	NEI	200812224011
2009/01/04 06:39:41.44	-2.6830	139.2700	35.00	4.10	Mb	8	0.63	NEI	200901044032
2009/01/10 20:37:05.58	-1.8860	139.0570	35.00	4.20	Mb	30	1.02	NEI	200901104030

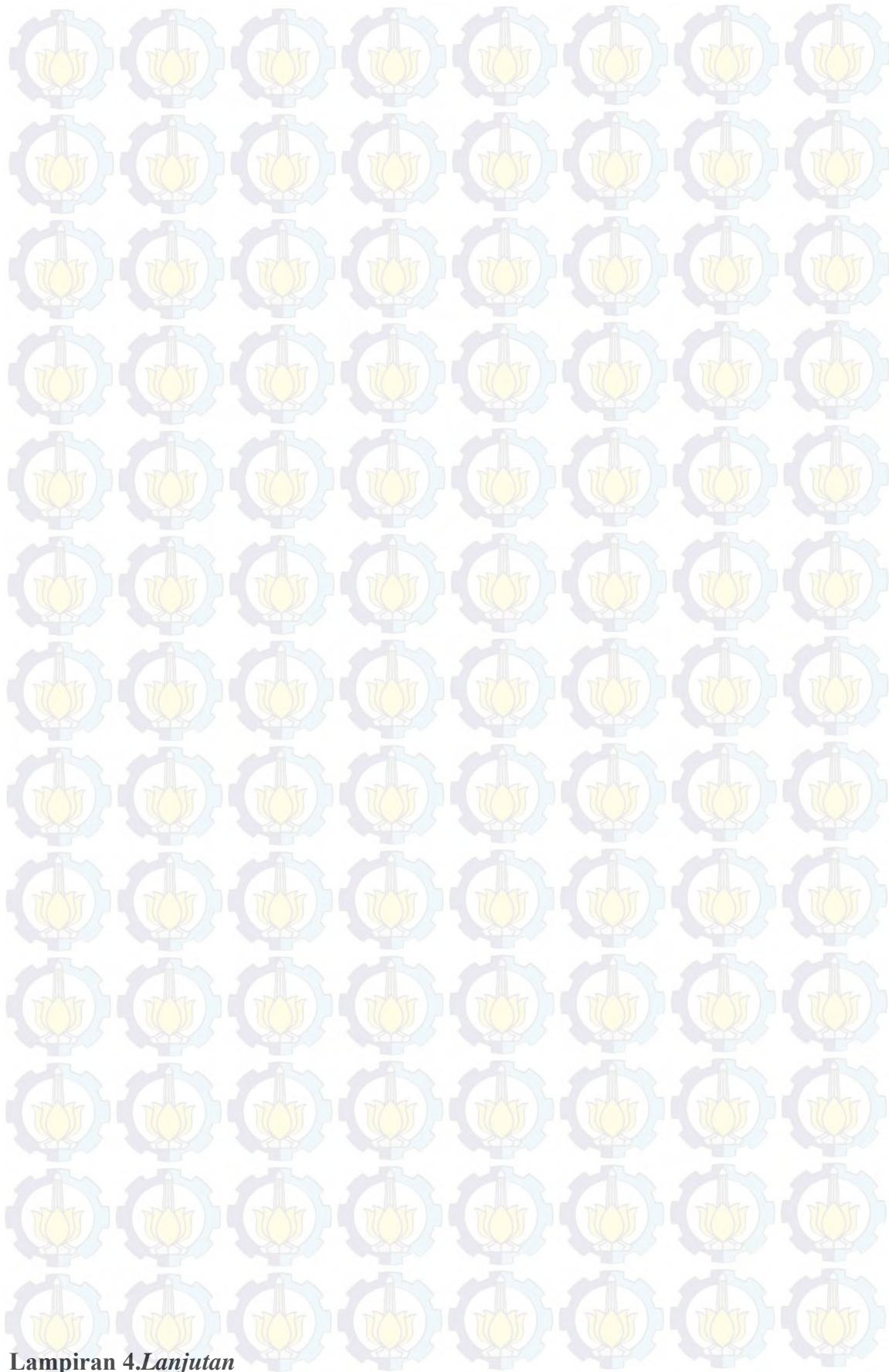




**Lampiran 4.Lanjutan**

2010/11/20 01:11:45.14	-1.9360	139.1440	39.90	4.30	Mb	19	1.14	NEI	201011204003
2010/11/20 17:17:47.50	-3.5830	139.7370	23.70	4.40	Mb	22	1.00	NEI	201011204032
2010/11/23 21:29:31.09	-2.9100	141.9670	26.00	4.40	Mb	14	0.99	NEI	201011234038
2010/12/02 00:18:14.67	-3.1680	139.5550	61.80	4.90	Mb	57	1.14	NEI	201012024002
2010/12/15 07:00:42.53	-2.2810	139.3470	10.00	4.20	Mb	15	1.09	NEI	201012154011
2010/12/22 23:11:34.18	-2.8360	141.5340	24.50	4.60	Mb	26	0.96	NEI	201012224239
2010/12/22 23:25:07.17	-2.7890	141.4760	14.60	5.20	Mb	86	1.21	NEI	201012224241
2010/12/24 13:19:31.58	-2.9020	141.3930	35.00	4.70	Mb	32	1.45	NEI	201012244046
2011/01/02 21:02:27.58	-2.4920	140.8860	32.00	4.10	Mb	24	0.94	NEI	201101024050

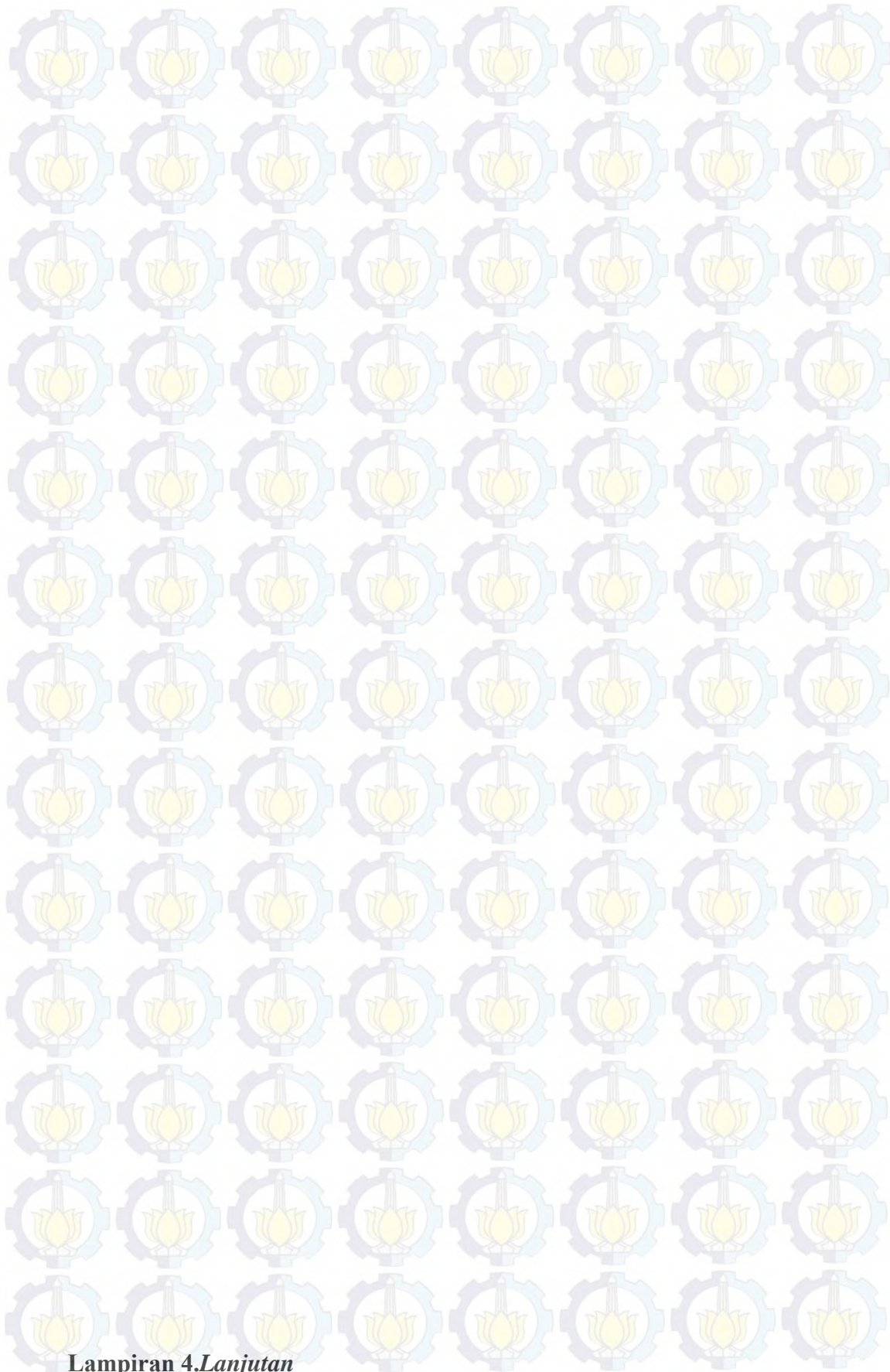




**Lampiran 4.Lanjutan**

2012/10/09 12:27:51.08	-2.7390	139.5220	35.00	4.00	Mb	28	1.33	NEI	201210091028
2012/10/10 11:38:59.85	-3.5240	139.1540	35.00	4.90	Mb	68	0.89	NEI	201210101012
2012/10/12 08:54:32.33	-2.1760	139.6570	35.00	4.00	Mb	23	1.22	NEI	201210121021
2012/10/25 18:57:06.16	-3.9070	140.3480	27.90	5.00	Mb	82	1.07	NEI	201210251033
2012/11/13 06:44:16.95	-3.0130	139.6560	41.30	4.80	Mb	58	1.06	NEI	201211131023
2012/11/15 16:58:59.84	-3.4030	140.0860	43.40	4.40	Mb	30	1.20	NEI	201211151038
2012/11/16 05:10:59.76	-2.0740	139.2200	34.90	4.40	Mb	35	0.89	NEI	201211161012
2012/12/04 07:31:47.71	-2.8330	140.3230	10.00	4.00	Mb	24	1.26	NEI	201212041005
2012/12/05 10:30:07.53	-2.6440	140.3500	08.40	5.00	Mb	40	0.78	NEI	201212051028

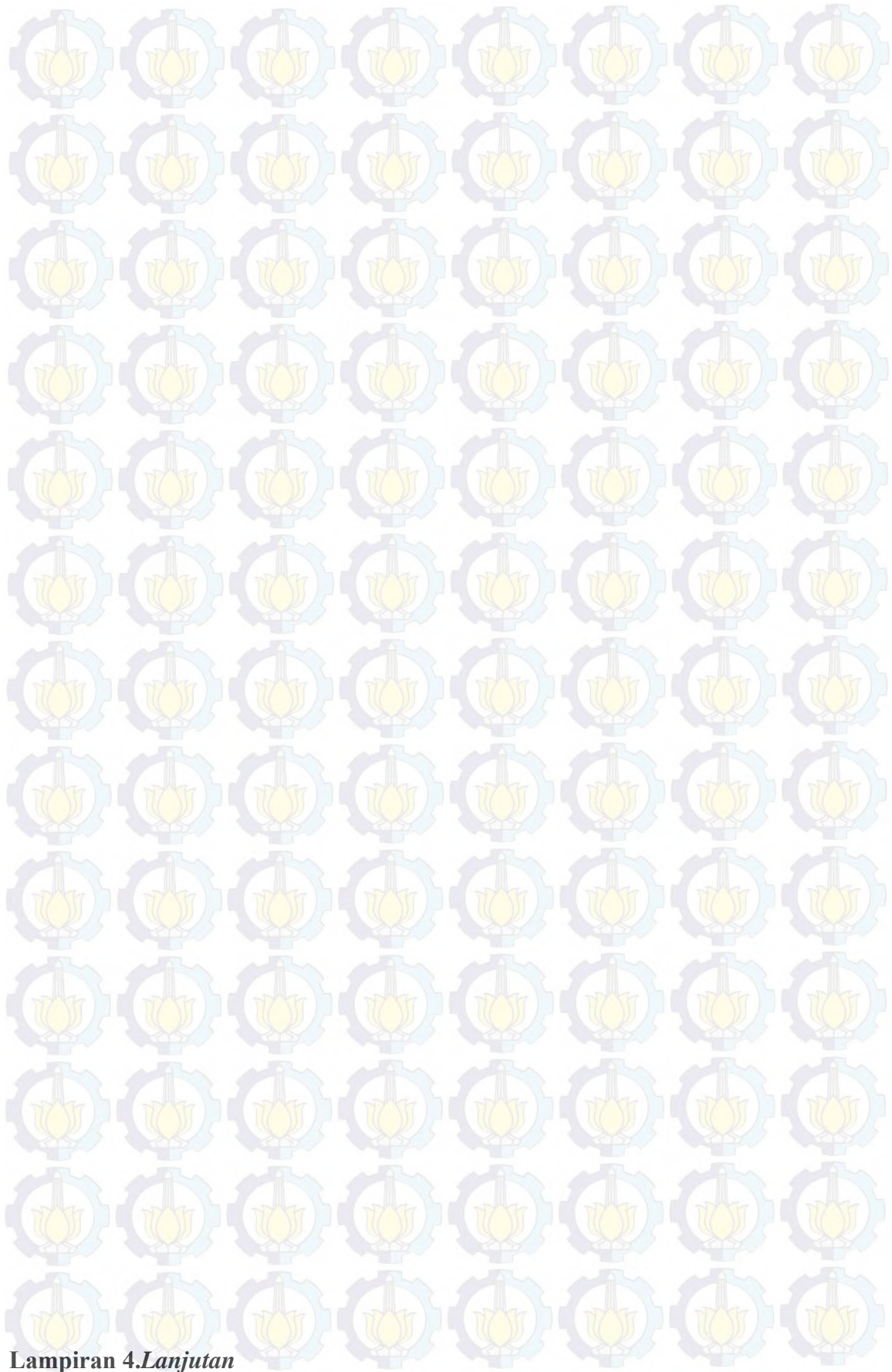




**Lampiran 4.Lanjutan**

2014/05/13 15:12:15.79	-2.9339	141.5428	8.84	4,50	Mb	142	1 0.65	us	201405132041
2014/05/15 11:33:57.78	-3.6524	140.1791	35.00	4,00	Mb	139	1 1.21	us	201405152036
2014/05/19 08:40:00.96	-2.9550	141.7722	10.00	4,50	Mb	57	1 0.68	us	201405192024
2014/05/26 07:12:45.40	-3.1947	139.4940	66.50	4,20	Mb	101	1 1.28	us	201405262023
2014/06/17 00:21:50.46	-2.7712	141.1926	20.05	4,90	Mb	41	1 0.65	us	201406172003
2014/06/18 15:21:46.05	-2.4219	139.0055	41.79	4,30	Mb	67	2 0.61	us	201406182061
2014/06/23 15:13:03.43	-3.1005	139.2591	46.75	5,10	Mb	24	2 0.68	us	201406232041
2014/06/30 09:53:06.26	-3.7414	140.0962	33.42	4,30	Mb	66	1 1.09	us	201406302059
2014/07/03 06:58:00.07	-3.0370	139.0000	00.00	4,50	Mb	00	1 0.00	us	201407032000

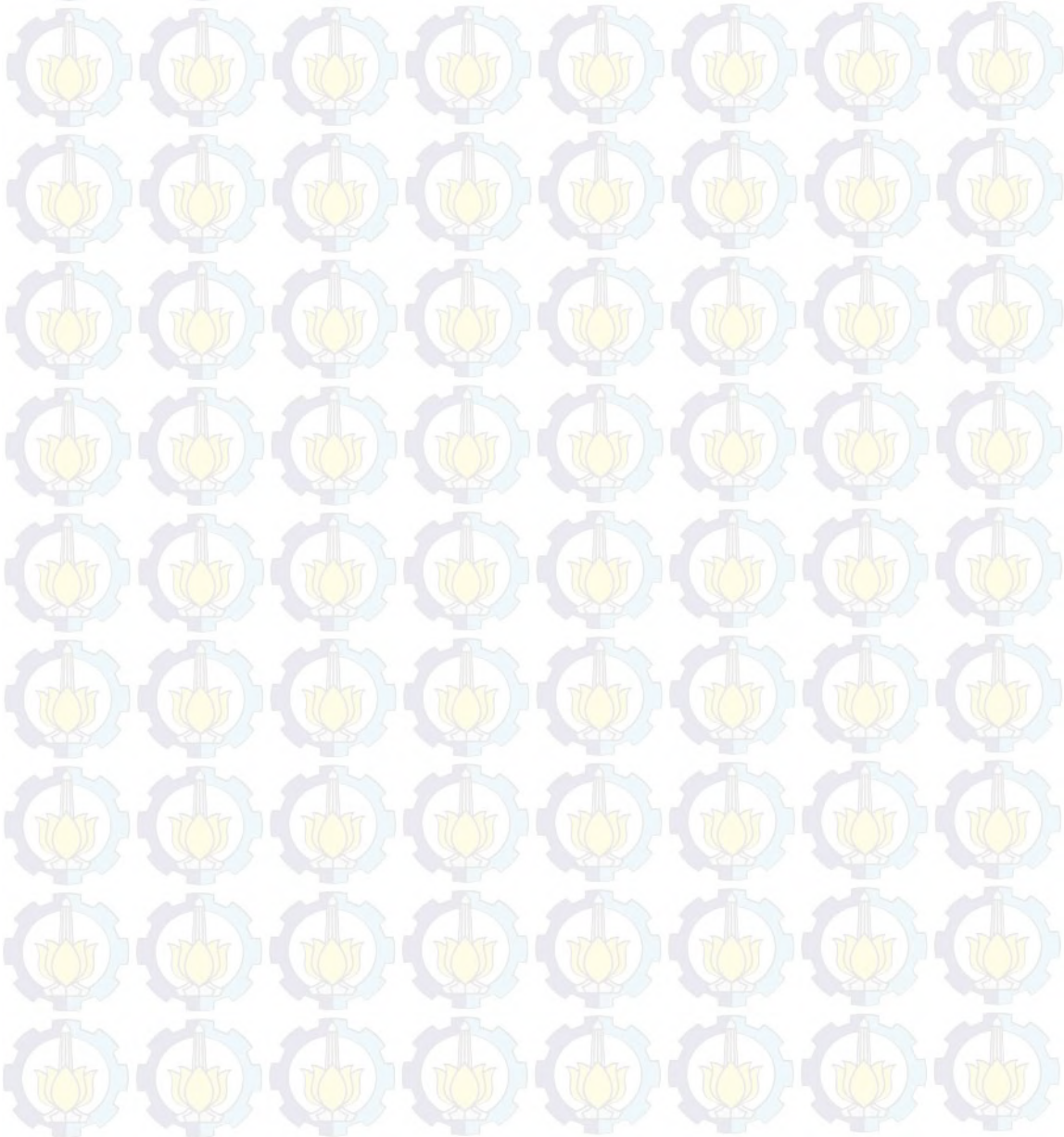




Lampiran 4.Lanjutan



2015/08/17 16:00:03.64	-2.1225	139.5334	39.53	4.00	Mb	134	7	0.80	us	201508172046
2015/08/21 13:36:51.84	-2.9156	140.2760	41.24	3.90	Mb	173	8	0.75	us	201508212032
2015/08/22 18:27:03.81	-3.0273	140.1731	53.31	4.30	Mb	163	8	0.87	us	201508222049
2015/09/09 04:26:49.71	-2.7970	139.2001	34.66	4.80	Mb	63	7	0.81	us	201509092015
2015/09/11 07:33:06.06	-2.9004	139.3625	63.31	4.60	Mb	82	7	0.79	us	201509112017
2015/09/11 08:19:52.77	-2.8446	139.4920	46.93	4.80	Mb	115	7	1.10	us	201509112019
2015/09/20 23:52:01.40	-2.7948	141.0605	33.79	4.00	Mb	202	11	0.42	us	201509202100
2015/09/23 14:15:47.52	-3.8823	139.6476	38.44	4.20	Mb	89	7	1.00	us	201509232038
2015/09/29 23:20:50.76	-2.5588	140.1977	19.00	5.40	Mw	36	1	1.00	us	201509292040
2015/10/03 01:37:12.13	-3.0848	141.6306	46.31	4.30	Mb	100	1	0.89	us	201510032002
2015/10/04 00:27:19.89	-2.6665	141.6471	10.00	4.10	Mb	168	1	0.37	us	201510042001
2015/10/04 02:39:16.76	-2.3109	139.5650	15.24	4.50	Mb	53	1	0.89	us	201510042004
2015/10/05 22:06:31.27	-2.6357	140.7938	26.23	4.00	Mb	134	0	1.01	us	201510052052
2015/10/07 01:47:52.53	-2.5720	140.3557	24.28	4.30	Mb	85	0	0.80	us	201510072006
2015/10/09 01:38:12.40	-2.8675	139.1346	48.43	4.50	Mb	55	7	0.90	us	201510092010
2015/10/12 22:17:52.80	-2.3960	139.3295	40.93	4.70	Mb	48	7	0.99	us	201510122082
2015/10/13 00:43:40.66	-2.2308	139.5963	21.69	4.10	Mb	156	1	0.87	us	201510132004
2015/11/03 14:49:59.80	-3.7509	139.7757	63.36	4.30	Mb	91	2	0.57	us	201511032037





## BIOGRAFI PENULIS



**Sarlina Lunga**, lahir pada tanggal 4 Mei 1985 di Kota Sorong Propinsi Papua Barat, sebagai anak ketiga dari empat orang saudara oleh pasangan Lapu Lunga dan Riana S. Pirade. Menempuh pendidikan formal dari Taman Kanak-Kanak (TK) hingga Sekolah Menengah Atas (SMA) pada tahun 2003 di Kota Sorong, dan melanjutkan studi (strata 1) Jurusan Fisika FMIPA Universitas Papua di Manokwari dan wisuda pada Maret 2009.

Kemudian pada tahun 2010 penulis bekerja pada Universitas Papua sebagai Teknisi Laboratorium Fisika. Pada Agustus 2012 penulis mendapatkan beasiswa dari Program Beasiswa Pra S2&S2 oleh Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Indonesia (DIKTI) pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), program Studi Fisika dengan bidang keahlian Fisika Kebumihan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

### Data Pribadi Penulis :

Nama : Sarlina Lunga

Alamat : JL. Barenz, Kelurahan Amban, Kecamatan Manokwari Barat  
Kabupaten Manokwari, Papua Barat.

Tlpn/HP : 0812-3000-3100

Email : [lina.lunga@gmail.com](mailto:lina.lunga@gmail.com)