

**IDENTIFIKASI POLA SESAR PADA GEMPABUMI TERASA  
DI SELATAN JAWA MENGGUNAKAN METODE  
MEKANISME FOKUS**

**SKRIPSI**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



Diajukan oleh

Muhamad Subhan

12620021

Kepada

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**2017**



## PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2103/Un.02/DST/PP.00.9/09/2017

Tugas Akhir dengan judul : Identifikasi Pola Sesar pada Gempabumi Terasa di Selatan Jawa Menggunakan Metode Mekanisme Fokus

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MUHAMAD SUBHAN  
Nomor Induk Mahasiswa : 12620021  
Telah diujikan pada : Jumat, 15 September 2017  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si.  
NIP. 19771025 200501 1 004

Penguji I

Asih Melati, S.Si., M.Sc  
NIP. 19841110 201101 2 017

Penguji II

Cecilia Yanuarief, M.Si.  
NIP. 19840127 201503 1 001

Yogyakarta, 15 September 2017

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

DEKAN



Dr. Murtono, M.Si.  
NIP. 19691212 200003 1 001

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Yogyakarta, 30 Agustus 2017



  
Muhamad Subhan

12620021

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## MOTTO

...وَعَسَى أَنْ تَكْرَهُوا شَيْئًا وَهُوَ خَيْرٌ لَكُمْ وَعَسَى أَنْ تُحِبُّوا شَيْئًا وَهُوَ شَرٌّ لَكُمْ...

... Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu,  
dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu ...

(QS. Al-Baqarah [2]: 216)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



## KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim...

Puji syukur penulis panjatkan atas karunia Allah SWT. sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir beserta laporannya. Sholawat dan salam atas baginda rasul Muhammad SAW., keluarga, sahabat serta orang-orang yang istiqomah di jalan-Nya. Laporan penelitian tugas akhir berjudul " IDENTIFIKASI POLA SESAR PADA GEMPABUMI TERASA DI SELATAN JAWA MENGGUNAKAN METODE MEKANISME FOKUS". Tujuan utama dari laporan tugas akhir tersebut adalah untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan program sarjana S1 di Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Bersama ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Abah, Mama dan Kakak-Adik tercinta atas iringan doa, semangat, kepercayaan serta amanah kepada penulis hingga saat ini.
2. Bapak Dr. Ahmad Fatah, M. Ag., selaku guru serta orang tua penulis selama menempuh pendidikan di Yogyakarta yang telah memberikan banyak pelajaran berharga.
3. Bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, M. Si., selaku pembimbing I serta Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta untuk ilmu, diskusi serta motivasinya.
4. Bapak Aveb Arief Nugroho, selaku pembimbing II atas kepercayaan dan pengalaman yang telah dibagikan kepada penulis, terimakasih atas bimbingan dan arahannya disela padatnya jam kerja.

5. Ibu Asih Melati M. Sc selaku Dosen Pembimbing Akademik yang dengan sabar membantu dan memberi nasihat sehingga penulis bisa sampai pada tahap ini.
6. Jajaran dosen dan staf TU Program Studi Fisika.
7. Teman-teman Fisika 2012, teman-teman Kelompok Studi Geofisika UIN Sunan Kalijaga, terimakasih.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin...

Yogyakarta, 30 Agustus 2017

Penulis

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

# IDENTIFIKASI POLA SESAR PADA GEMPABUMI TERASA DI SELATAN JAWA MENGGUNAKAN METODE MEKANISME FOKUS

**Muhamad Subhan**  
**12620021**

## INTISARI

Penelitian mengenai mekanisme fokus gempabumi terasa di Selatan Jawa telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola sesar dari kejadian gempabumi dan pengaruh persebaran gempabumi terhadap gap seismik. Sebanyak 31 kejadian gempabumi terasa digunakan sebagai data bagi penelitian di Selatan Jawa dengan magnitudo 3.5 s.d. 6.0 SR. Jenis sesar ditentukan dengan memilih polaritas gerak awal gelombang-P menggunakan *software* SeisComP3. Hasil pemilihan polaritas gerak awal gelombang-P direpresentasikan menggunakan *beachball* yang menggambarkan daerah kompresi dan dilatasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pola sesar kejadian gempabumi di daerah palung laut Pulau Jawa berupa sesar naik dan sesar turun dominan terhadap sesar geser dengan kedalaman 10 km. Gempabumi terasa di zona subduksi pada kedalaman kurang dari 20 km didominasi oleh patahan berupa sesar naik dengan beberapa kejadian berupa sesar turun dan geser. Sedangkan pada kedalaman lebih dari 20 km, zona subduksi Jawa didominasi oleh patahan berupa sesar naik dan sesar geser. Tiga kejadian gempabumi terasa di daratan Pulau Jawa memiliki kedalaman kurang dari 20 km berupa sesar turun, sesar geser serta sesar turun dominan terhadap sesar geser. Gempabumi di zona gap seismik sangat jarang namun bila terjadi akan menimbulkan gempabumi yang besar. Sehingga patut untuk diwaspadai karena masih memungkinkan untuk terjadi gempabumi yang sangat besar.

Kata kunci: mekanisme fokus, gempabumi terasa, Selatan Jawa, gap seismik.

# **FAULT PATTERN IDENTIFICATION AT FELT EARTHQUAKE IN SOUTH OF JAVA USING FOCAL MECHANISM METHOD**

**Muhamad Subhan**  
**12620021**

## **ABSTRACT**

We present a study of the felt earthquake focal mechanism in South of Java. Based on fault pattern identification from earthquake event and the spread earthquake effect into seismic gap. As many as 31 events of felt earthquake used as data of study in South of Java with 3.5 until 6.0 RS (Richter Scale) magnitude. Fault type determined by choose first motion of p-wave polarity using SeisComP3 software. Polarity of p-wave first motion value represented by beachball that imaging compression and dilatation area. This study showed that the felt earthquake fault pattern in Java trough sea is reverse fault and strike-slip normal fault with 10 km depth. Felt earthquake in subduction zone at less than 20 km depth dominated by reverse fault with some normal and strike slip fault event. At more than 20 km depth, Java subduction zone dominated by reverse fault and strike slip fault. Three felt earthquake event in Java Island has less than 20 km depth is normal fault, strike-slip fault and reverse strike-slip fault. Seismic gap has rarely earthquake but also terribly power. We need to be wary of earthquake hazard possibility.

Key words: focal mechanism, felt earthquake, South of Java, seismic gap.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....	iii
MOTTO .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
INTISARI .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	5
1.3. Tujuan Penelitian .....	5
1.4. Batasan Penelitian .....	6
1.5. Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Studi Pustaka .....	7
2.2. Ladasan Teori .....	10
2.2.1. Gempabumi .....	10
A. Parameter gempabumi .....	11
B. Karakteristik gempabumi .....	12
C. Istilah-istilah yang digunakan dalam gempabumi .....	12
D. Klasifikasi gempabumi .....	14
E. Intensitas gempabumi .....	16
2.2.2. Gelombang Seismik .....	20
A. Gelombang badan ( <i>body wave</i> ) .....	20
B. Gelombang permukaan ( <i>surface wave</i> ) .....	23
2.2.3. Sesar .....	24



A. Terminologi sesar .....	24
B. Jenis-jenis sesar .....	26
2.2.4. Mekanisme Sumber Gempabumi .....	28
A. Momen tensor .....	28
B. Polaritas gerak awal gelombang-P .....	35
C. Proyeksi diagram mekanisme fokus .....	37
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	40
3.2. Alat dan Bahan .....	40
A. Alat Penelitian .....	40
B. Bahan Penelitian .....	41
3.3. Prosedur Penelitian .....	41
3.4. Diagram Alir .....	60
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Hasil Penelitian .....	61
4.2. Pembahasan .....	65
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1. Kesimpulan .....	76
5.2. Saran .....	77
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

<i>Table 2.1. Penelitian yang relevan mengenai analisa jenis sesar di Selatan Jawa menggunakan metode Mekanisme Fokus .....</i>	<i>7</i>
<i>Tabel 2.2. Istilah-istilah yang digunakan dalam gempabumi .....</i>	<i>12</i>
<i>Tabel 2.3. Skala Intensitas Gempabumi BMKG .....</i>	<i>17</i>
<i>Tabel 2.4. Skala Mercalli .....</i>	<i>18</i>
<i>Tabel 2.5. Tensor sesar campur .....</i>	<i>34</i>
<i>Tabel 3.1. Data gempabumi kejadian 1 .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabel 3.2. Data gempabumi kejadian 2 .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabel 3.3. Data gempabumi kejadian 3 .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabel 3.4. Data gempabumi kejadian 4 .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabel 3.5. Data gempabumi kejadian 5 .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabel 3.6. Data gempabumi kejadian 6 .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabel 3.7. Data gempabumi kejadian 7 .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabel 3.8. Data gempabumi kejadian 8 .....</i>	<i>45</i>
<i>Tabel 3.9. Data gempabumi kejadian 9 .....</i>	<i>45</i>
<i>Tabel 3.10. Data gempabumi kejadian 10 .....</i>	<i>46</i>
<i>Tabel 3.11. Data gempabumi kejadian 11 .....</i>	<i>46</i>
<i>Tabel 3.12. Data gempabumi kejadian 12 .....</i>	<i>47</i>
<i>Tabel 3.13. Data gempabumi kejadian 13 .....</i>	<i>47</i>
<i>Tabel 3.14. Data gempabumi kejadian 14 .....</i>	<i>48</i>

<i>Tabel 3.15. Data gempabumi kejadian 15</i> .....	48
<i>Tabel 3.16. Data gempabumi kejadian 16</i> .....	49
<i>Tabel 3.17. Data gempabumi kejadian 17</i> .....	49
<i>Tabel 3.18. Data gempabumi kejadian 18</i> .....	50
<i>Tabel 3.19. Data gempabumi kejadian 19</i> .....	50
<i>Tabel 3.20. Data gempabumi kejadian 20</i> .....	51
<i>Tabel 3.21. Data gempabumi kejadian 21</i> .....	51
<i>Tabel 3.22. Data gempabumi kejadian 22</i> .....	52
<i>Tabel 3.23. Data gempabumi kejadian 23</i> .....	52
<i>Tabel 3.24. Data gempabumi kejadian 24</i> .....	53
<i>Tabel 3.25. Data gempabumi kejadian 25</i> .....	53
<i>Tabel 3.26. Data gempabumi kejadian 26</i> .....	54
<i>Tabel 3.27. Data gempabumi kejadian 27</i> .....	54
<i>Tabel 3.28. Data gempabumi kejadian 28</i> .....	55
<i>Tabel 3.29. Data gempabumi kejadian 29</i> .....	55
<i>Tabel 3.30. Data gempabumi kejadian 30</i> .....	56
<i>Tabel 3.31. Data gempabumi kejadian 31</i> .....	56
 <i>Tabel 4.1. Data gempabumi terasa di Selatan Jawa periode Oktober 2016 s.d. Maret 2017</i> .....	 62
 <i>Tebel L4.1. Tensor sesar geser</i> .....	 94

## DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 1.1. Peta Tektonik dan Gunung Berapi di Indonesia .....</i>	2
<i>Gambar 1.2. Seismisitas di Kepulauan Indonesia dan kemungkinan gap seismik .....</i>	4
<i>Gambar 2.1. Super-kontinen Pangaea .....</i>	11
<i>Gambar 2.2. Gelombang-P .....</i>	21
<i>Gambar 2.3. Gelombang-S .....</i>	21
<i>Gambar 2.4. Contoh ilustrasi fase gelombang badan menggunakan nomenklatur .....</i>	22
<i>Gambar 2.5. Gelombang Love .....</i>	23
<i>Gambar 2.6. Gelombang Rayleigh .....</i>	24
<i>Gambar 2.7. Terminologi Sesar .....</i>	25
<i>Gambar 2.8. Sesar turun .....</i>	26
<i>Gambar 2.9. Sesar naik .....</i>	27
<i>Gambar 2.10. Sesar mendatar .....</i>	28
<i>Gambar 2.11. Deskripsi gaya tunggal, kopel tunggal dan kopel ganda .....</i>	29
<i>Gambar 2.12. Sembilan kopel tunggal yang merupakan komponen dari momen tensor seismik .....</i>	30
<i>Gambar 2.13. Momen tensor pilihan dan mekanisme fokus terkait .....</i>	33
<i>Gambar 2.14. Mekanisme fokus kopel ganda dari kopel mayor pers. (2.15)</i>	35
<i>Gambar 2.15. Gerak awal gelombang-P teramati oleh seismometer yang berada di sekeliling gempabumi .....</i>	35

<i>Gambar 2.16. Sistem koordinat orientasi-sesar untuk menjelaskan bentuk radiasi sebuah kejadian gempabumi .....</i>	<i>36</i>
<i>Gambar 2.17. Cara pembuatan mekanisme fokus .....</i>	<i>38</i>
<i>Gambar 2.18. Mekanisme Fokus untuk gempabumi .....</i>	<i>39</i>
<i>Gambar 3.1. Alat Penelitian .....</i>	<i>40</i>
<i>Gambar 3.2. Menentukan periode penelitian .....</i>	<i>57</i>
<i>Gambar 3.3. Menampilkan data kejadian gempabumi .....</i>	<i>58</i>
<i>Gambar 3.4. Memulai Picker .....</i>	<i>58</i>
<i>Gambar 3.5. Analisa jenis gelombang-P pada tiap stasiun pencatat kejadian gempabumi .....</i>	<i>59</i>
<i>Gambar 3.6. Relokasi jenis gelombang P pada beachball serta hasil mekanisme fokus kejadian gempabumi .....</i>	<i>59</i>
<i>Gambar 3.7. Diagram alir pengolahan data gempabumi .....</i>	<i>60</i>
<i>Gambar 4.1. Peta persebaran gempabumi terasa di Selatan Jawa .....</i>	<i>61</i>
<i>Gambar 4.2. Pola sesar pada area palung laut Selatan Jawa .....</i>	<i>67</i>
<i>Gambar 4.3. Pola sesar di zona subduksi Selatan Jawa bagian barat .....</i>	<i>68</i>
<i>Gambar 4.4. Pola sesar di zona subduksi Selatan Jawa bagian timur .....</i>	<i>69</i>
<i>Gambar 4.5. Pola sesar pada zona daratan Pulau Jawa .....</i>	<i>70</i>
<i>Gambar L1.1. Komponen stress (tegangan) .....</i>	<i>81</i>
<i>Gambar L1.2. Analisis strain (regangan) dalam 2D .....</i>	<i>82</i>
<i>Gambar L4.1. Mekanisme fokus untuk sesar geser .....</i>	<i>95</i>



## DAFTAR LAMPIRAN

<i>Lampiran 1: Persamaan Kecepatan Gelombang Seismik .....</i>	<i>81</i>
<i>Lampiran 2: Momen Tensor .....</i>	<i>88</i>
<i>Lampiran 3: Lokasi Stasiun Seismik .....</i>	<i>93</i>
<i>Lampiran 4: Momen Tensor dan Solusi Bidang Sesar .....</i>	<i>94</i>
<i>Lampiran 5: Gerak Awal Gelombang-P Tiap Stasiun .....</i>	<i>96</i>
<i>Daftar Riwayat Hidup .....</i>	<i>147</i>



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

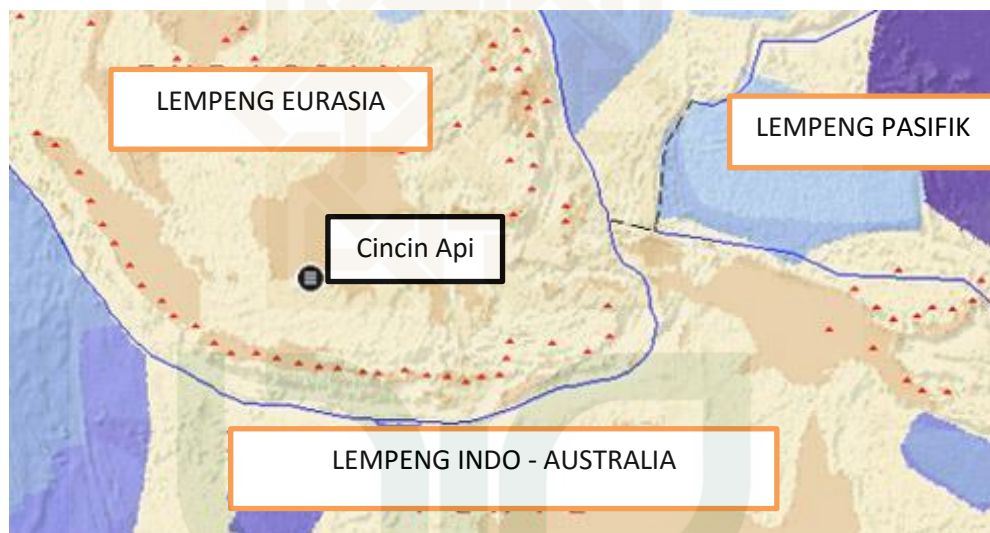
وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسَبُهَا جَامِدَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ صُنْعَ اللَّهِ الَّذِي أَتَقَنَ كُلَّ شَيْءٍ إِنَّهُ خَبِيرٌ بِمَا تَفْعَلُونَ

Dan engkau melihat gunung-gunung, kau sangka ia tetap di tempatnya, padahal ia berjalan (seperti) berjalannya awan. (Begitulah) ciptaan Allah yang mencipta dengan kokoh segala sesuatu. Sungguh, Dia Maha Mengetahui apa yang kau perbuat (QS. An-Naml [27]: 88) (Agama, 2010).

Kamu melihatnya seolah-olah kokoh di tempatnya, (padahal) ia berjalan seperti awan, yaitu berpindah dari tempatnya. Seperti firman Allah, ‘Pada hari (ketika) langit berguncang sekeras-kerasnya<sup>9</sup>, dan gunung berjalan (berpindah-pindah)<sup>10</sup>. [QS. 52: 9-10]’. Allah berfirman, ‘dan mereka bertanya kepadamu (Muhammad) tentang gunung-gunung, maka katakanlah, “Tuhanku akan menghancurkannya (pada hari kiamat) sehancur-hancurnya<sup>105</sup>, kemudian Dia akan menjadikan (bekas gunung-gunung) itu rata sama sekali<sup>106</sup>. (Sehingga) kamu tidak akan melihat lagi ada tempat yang rendah dan yang tinggi di sana”<sup>107</sup> [QS. 20: 105-107]’.

Allah melakukan itu semua dengan kuasa-Nya yang Agung. Allah mengetahui apa yang dilakukan hamba-Nya dari yang baik dan yang buruk, dan Ia akan membalas dengan balasan yang sempurna (Katsir, 2009).

Indonesia merupakan wilayah yang memiliki tatanan geologi yang unik. Hal ini dikarenakan Indonesia merupakan jalur pertemuan tiga lempeng besar (*triple junction*) yaitu lempeng Indo-Australia yang relatif bergerak ke utara, lempeng Eurasia yang relatif bergerak ke selatan, dan lempeng Pasifik yang relatif bergerak ke barat. Pertemuan lempeng tersebut menyebabkan munculnya fenomena gunungapi dan gempa bumi.



**Gambar 1.1.** Peta Tektonik dan Gunung Berapi di Indonesia (Hamilton, 1979)

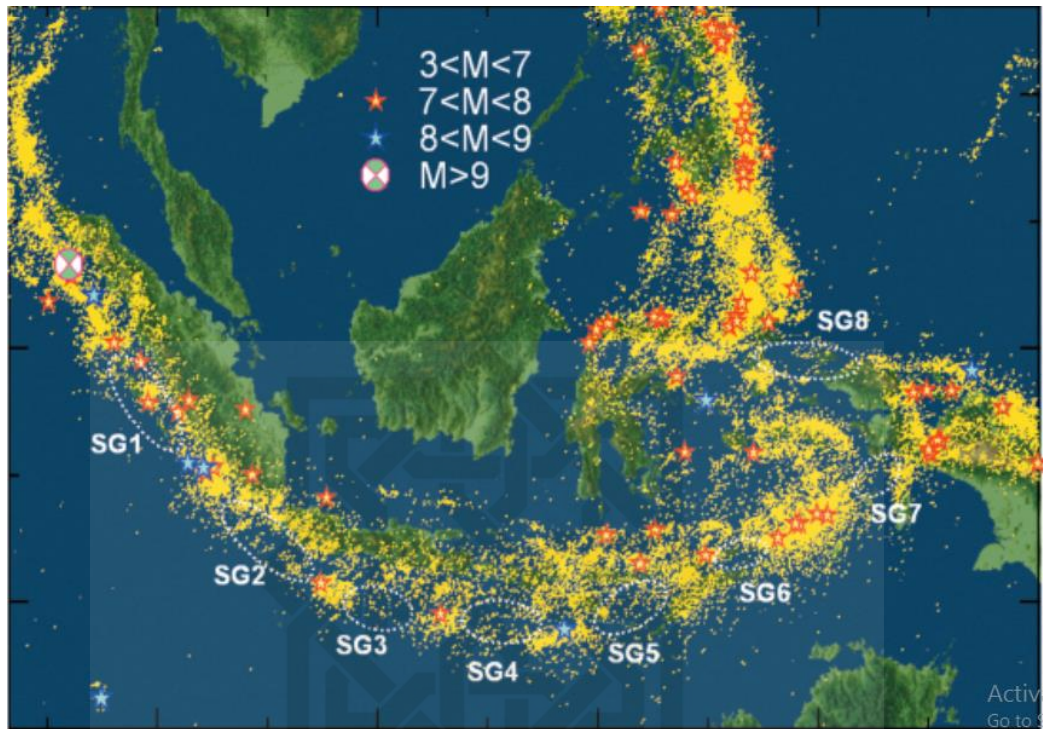
Indonesia secara tektonik merupakan daerah yang labil dan merupakan kawasan pinggir benua yang paling aktif di dunia. Hal ini menyebabkan di Indonesia rawan terhadap kejadian gempa bumi. Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai 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 yang menyebabkan gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi (BMKG, 2014).

Titik rawan gempa bumi yang merambat sepanjang Selatan Jawa dapat dijelaskan akibat subduksi lempeng Australia yang terus mendesak ke utara lempeng Eurasia. Beragam catatan kejadian gempa besar terjadi di wilayah ini, seperti misalnya gempa Pangandaran pada 2004 silam, dan gempa mematikan yang mengguncang Yogyakarta pada 2006 lalu.

Jalur patahan yang melintang di antara Pulau Jawa secara garis besar terdiri dari tiga patahan utama, yaitu Sesar Cimandiri, Sesar Opak dan Sesar Grindulu. Sesar atau patahan didefinisikan sebagai retakan pada batuan sepanjang batas permukaan batuan yang bergerak berlawanan. Bidang sesar (*fault plane*) adalah sebuah bidang yang merupakan bidang tektonik antara dua blok tektonik (McGraw-Hill, 2003). Seperti yang diketahui, Sesar Opak merupakan patahan aktif yang masih menyimpan energi besar di beberapa titik gap seismik atau lokasi yang selama beberapa tahun tidak mengalami aktivitas kegempaan namun sebetulnya sedang menyimpan energi dalam skala besar yang berisiko mengakibatkan gempa besar.

Gempabumi memang tidak dapat diprediksi, namun kemajuan ilmu pengetahuan yang demikian pesat seperti sekarang ini setidaknya mampu mengurangi dampak gempa sekecil mungkin. Para peneliti kegempaan di wilayah Selatan Jawa memperingatkan ada banyak titik gap seismik di antara ratusan titik kegempaan yang rutin terjadi setiap bulannya di wilayah pantai Selatan Jawa (Aydan, 2008). Secara pengertian geologis, gap seismik ini memiliki potensi kegempaan yang besar, karena pada dasarnya patahan (sesar) di titik ini sedang terkunci dan menyimpan energi besar.





**Gambar 1.2.** Seismisitas di Kepulauan Indonesia dan kemungkinan gap seismik (Aydan, 2008)

Telah dilakukan beberapa penelitian terkait kejadian gempabumi di Selatan Jawa. Salah satunya jurnal yang berjudul *The South of Java Earthquake of 1921 September 11: A Negative Search of a Large Interplate Thrust Event at the Java Trench* (Okal, 2012). Jurnal tersebut menjelaskan bahwa kejadian gempabumi 1921 berada di antara dua kejadian gempabumi-tsunami pada 1994 dan 2006 di Selatan Jawa. Mekanisme gempabumi tersebut didominasi oleh jenis sesar *strike slip* dengan nilai momen tensor sebesar  $5 \times 10^{27}$  dyn cm.

Dalam studi mekanisme sumber gempabumi salah satu cara yang dilakukan adalah dengan mengetahui mekanisme fokus. Hasil mekanisme fokus pada kejadian gempabumi biasanya didapatkan dengan menggunakan metode gerak awal gelombang-P atau dengan menghitung momen tensor dari

kejadian gempabumi itu sendiri. Momen tensor digunakan untuk menggambarkan arah gaya penyebab gempa bumi. Inversi momen tensor dapat digunakan untuk menentukan parameter jenis sesar, jenis sesar, pola bidang sesar dan bentuk *beachball* dari kejadian gempa bumi (Mahardika, 2014). Mekanisme fokus juga dapat diturunkan dengan mengamati pola gerakan pertama (*first motion*) gempabumi. Yaitu, apakah gelombang-P yang tiba tercatat pertama kali pada seismometer berupa puncak atau lembah. Perbedaan *first motion* ini disebabkan karena posisi stasiun terhadap sumber gempabumi (Butler, diakses 14 Mei 2017).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini berjudul “*IDENTIFIKASI POLA SESAR PADA GEMPABUMI TERASA DI SELATAN JAWA MENGGUNAAN METODE MEKANISME FOKUS*”.

## **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana menentukan jenis bidang sesar menggunakan metode mekanisme fokus?
2. Bagaimana pola bidang sesar pada kejadian gempa di Selatan Jawa?
3. Bagaimana hubungan antara gap seismik dengan pola kegempaan di Selatan Jawa?

## **1.3. Tujuan penelitian**

1. Menentukan jenis bidang sesar menggunakan metode mekanisme fokus.
2. Mengidentifikasi pola bidang sesar dari serangkaian kejadian gempabumi terasa di Selatan Jawa.

3. Memahami pengaruh gap seismik terhadap pola kegempaan di Selatan Jawa.

#### **1.4. Batasan Penelitian**

1. Data yang digunakan adalah data gempabumi terasa yang tercatat di Stasiun Geofisika Kelas 1 BMKG Yogyakarta pada periode Oktober 2016 s.d. Maret 2017.
2. Daerah penelitian meliputi wilayah Selatan Jawa yang berada pada titik koordinat  $3^{\circ}50'$  LS dan  $110^{\circ}32'$  BT s.d.  $13^{\circ}10'$  LS dan  $107^{\circ}41'$  BT.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi tentang pola bidang sesar dari serangkaian kejadian gempabumi terasa di Selatan Jawa kepada instansi pemerintah dan masyarakat untuk mitigasi bencana dalam pemetaan pola gempabumi agar dapat meminimalisir kerusakan dan korban. Selain itu, juga diharapkan dapat menjadi referensi untuk penelitian lebih lanjut mengenai studi bidang sesar pada kejadian gempabumi.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

1. Posisi stasiun terhadap pusat gempabumi dan jenis gerak awal gelombang-P terekam dapat digunakan untuk menggambarkan mekanisme fokus kejadian gempabumi dengan membuat garis bidang nodal sehingga terbentuk diagram *beachball*.
2. Daerah kegempaan di Selatan Jawa terbagi atas zona palung laut, zona subduksi dan zona daratan. Pola bidang sesar pada zona palung laut dengan kedalaman 10 km berupa sesar naik dan sesar turun dominan terhadap sesar geser. Zona subduksi pada kedalaman kurang dari 20 km didominasi oleh sesar naik dengan beberapa kejadian berupa sesar turun dan geser. Sedangkan pada kedalaman lebih dari 20 km, zona subduksi Pulau Jawa didominasi oleh sesar naik dan sesar geser. Tiga kejadian gempabumi terasa di daratan Pulau Jawa memiliki kedalaman kurang dari 20 km berupa sesar turun, sesar turun dominan terhadap sesar geser serta sesar geser.
3. Dua kejadian gempabumi terdapat pada gap seismik dengan kekuatan paling besar dari 31 kejadian, yaitu gempabumi dengan kekuatan 5.1 dan 6.0 skala richter. Hal ini menunjukkan bahwa kejadian gempabumi terasa di zona gap seismik jarang terjadi, namun memiliki kekuatan yang lebih besar dari daerah lain.

## 5.2. Saran

Perlu penelitian lebih lanjut mengenai pola kegempaan di daratan Pulau Jawa. Pengembangan penelitian lanjutan ini dapat berupa perluasan bentang waktu penelitian sehingga data yang diperoleh lebih banyak. Dengan banyaknya data yang diperoleh dapat lebih memperjelas pola sesar kegempaan yang terbentuk.

Zona gap seismik patut diwaspadai karena masih memungkinkan untuk terjadi gempabumi dengan kekuatan yang besar. Sejauh ini belum ada kejadian gempabumi besar di zona gap seismik Selatan Jawa. Hal ini dinilai berbahaya karena pada zona tersebut menyimpan energi yang dapat muncul kapanpun.





## DAFTAR PUSTAKA

- Agama, Kementerian, 2010, *Syamil Qur'an Bukhara Tajwid dan Terjemah*, Bandung: Syamil Qur'an.
- Aki, Keiiti dan Paul G. Richard, 2002, *Quantitative Seismology Second Edition*, California: University Sains Books.
- Arfken, George B dan Hans J. Weber, 1985, *Mathematical Methods for Physicists. 5th Ed.*, London: Elsevier Academic Press.
- Aydan, Omer, 2008, *Seismic and Tsunami Hazard Potentials in Indonesia with a Special Emphasis on Sumatra Island*, Tokai University: Journal of The School of Marine Science and Technology.
- BMKG, 2014, *Gempabumi – Tsunami*, diakses 10 September 2016 dari [www.bmkg.go.id/BMKG\\_Pusat/Gempabumi - Tsunami/Gempabumi.bmkg](http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Gempabumi_-_Tsunami/Gempabumi.bmkg)
- BMKG, ----, *Repository Gempabumi Dirasakan*, diakses 15 April 2017 dari [http://inatews.bmkg.go.id/new/query\\_gmp\\_dirasakan.php](http://inatews.bmkg.go.id/new/query_gmp_dirasakan.php)
- BMKG, ----, *Skala Intensitas Gempabumi (SIG) BMKG*, diakses 17 Maret 2017 dari <http://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-intensitas-gempabumi.bmkg>
- BMKG, ----, *Skala MMI (Modified Mercalli Intensity)*, diakses 17 Maret 2017 dari <http://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-mmi.bmkg>
- Bowers, David dan John A. Hudson, 1999, *Defining the Scalar Moment of Seismic Source with a General Moment Tensor*, California: Bulletin of the Seismological Society of America vol. 89.
- Butler, Robert, ----, *Focal Mechanism Explained*, Washington DC: Incorporated Research Institution for Seismology. Diakses 14 Mei 2017 dari [http://www.iris.edu/hq/inclass/animation/focal\\_mechanism\\_explained](http://www.iris.edu/hq/inclass/animation/focal_mechanism_explained).
- Cronin, Vince, 2004, *A Draft Primer on Focal Mechanism Solutions for Geologists*, Texas: Baylor University.
- Elnashai, Amr S dan Luigi Di Sarno, 2008, *Fundamental of Earthquake Engineering*, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Geologi, Tim Kepala Badan, 2002, *Hidup di Atas Tiga Lempeng*, Bandung: Badan Geologi. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Hamilton, W., 1979, *Tectonics of the Indonesian Region*, U.S. Geological Survey Prof.

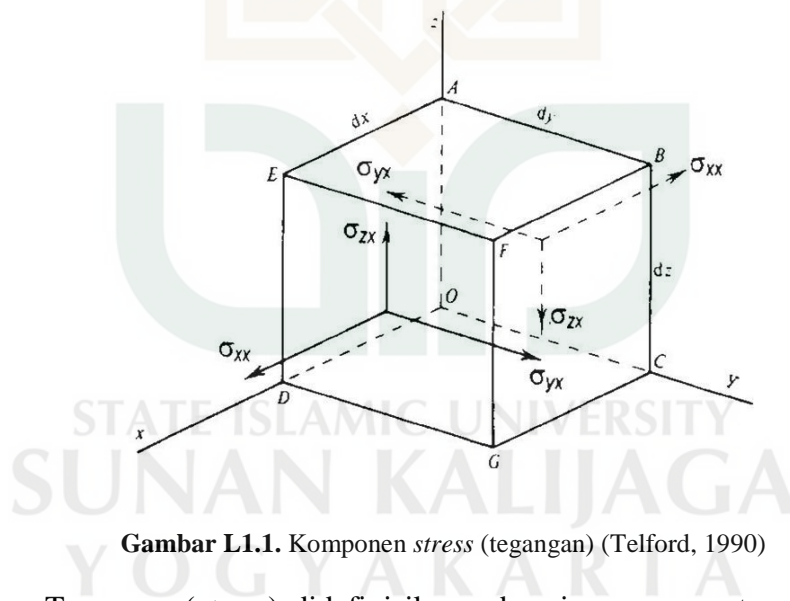
- Hidayati, S., dkk, 2011, *Mekanisme Fokus dan Parameter Sumber Gempa Vulkanotektonik di Gunung Guntur Jawa Barat*, Bandung: Jurnal Geologi Indonesia PVMBG.
- HMGF-UGM, 2016, *Hand-out Geologi Dasar: Struktur Geologi*, Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.
- Ibrahim, G. dan Subardjo, 2005, *Pengetahuan Seismologi*, Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Jauhari, Thanthawi, 1350 H/ 1933 M, *Al-Jawahir fi-Tafsir al-Qur'an al-Karim. Jilid 7, Juz 13*, Beirut: Musthafa al-Babi al-Halabi Auladuhu bi Misra.
- Jost, M. L. dan R. B. Herrmann, 1989, *A Student's Guide to and Review of Moment Tensors*, California: Seismological Research Letters vol. 60.
- Katsir, Ibn al-Dimasqa, 2009, *Tafsir al-Qur'an al-'Adzim. Jilid III*, Beirut: Daar al-Fikr.
- Madrinovella, Iktri dkk., 2013, *Studi Mekanisme Fokus Gempa Mikro Sekitar Cekungan Bandung*, Bandung: Jurnal Geofisika ITB.
- Mahardika, Depta S., 2014, *Estimasi Momen Tensor, Pola Bidang Sesar dan Mekanisme Fokus Gempa Tohoku-Oki Jepang pada Tahun 2011 dengan Memanfaatkan Inversi Waveform Tiga Komponen Menggunakan Program ISOLA*, diakses 19 Maret 2017 dari <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-39680-1110100032-paper.pdf>
- McGraw-Hill, 2003, *Dictionary of Earth Science 2<sup>nd</sup> Edition*, US: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- McGuire, Thomas, 2005, *Earth Science: The Physical Setting, Hardbound*, New York: Amsco School Publications Inc.
- Nguyen, Ngoc dkk, 2015, *Indonesia's Historical Earthquakes: Modelled Examples for Improving the National Hazard Map*, Australia: Geoscience Australia.
- Noor, Djauhari, 2012, *Pengantar Geologi Edisi Kedua*, Bogor: Universitas Pakuan.
- Okal, Emile A., 2012, *The South of Java Earthquake of 1921 September 11: A Negative Search for a Large Interplate Thrust Event at the Java Trench*, London: Royal Astronomical Society.
- Purwanto, Agus, 2012, *Nalar Ayat-ayat Semesta*, Bandung: Mizan Pustaka.
- Rafferty, John P., 2012, *Geological Science. Geology: Landforms, Minerals and Rocks, 1st Edition*, New York: Britannica Educational Publishing.

- Shearer, Peter M., 2009, *Introduction to Seismology 2nd Edition.*, UK: Cambridge University Press.
- Shihab, M. Quraish, 2002, *Tafsir al-Misbah Vol. 15*, Jakarta: Lentera Hati.
- Stein, Seith dan M Wysession, 2005, *An Introduction to Seismology, Earthquake, and Earth Structure*, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Sudibyakto, 2000, *Kajian dan Mitigasi Bencana Gempabumi*, Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Telford, W. M., 1990, *Applied Geophysics 2<sup>nd</sup> Edition*, NY: Cambridge University Press.
- Thalbah, Hisham, 2008, *Ensiklopedia Mukjizat al-Qur'an dan Hadits*, Bekasi: Sapta Sentosa.
- USGS, ----, *Historical Perspecive*, diakses 17 Maret 2017 dari <https://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/historical.html>
- Yahya, Harun, 2004, *Al-Qur'an dan Sains*. Bandung: Dzikra.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1: Persamaan Kecepatan Gelombang Seismik

Gelombang seismik termasuk dalam gelombang elastis karena medium yang dilalui, yaitu bumi, bersifat elastis. Oleh karena itu sifat penjalaran gelombang seismik bergantung pada elastisitas batuan yang dilewatinya. Teori lempeng tektonik telah menjelaskan bagaimana pergerakan dari lempeng bumi. Pergerakan lempeng bumi menyebabkan batuan terdeformasi atau berubah bentuk dan ukuran karena adanya pergerakan antar lempeng. Deformasi akibat pergerakan lempeng ini berupa tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*).

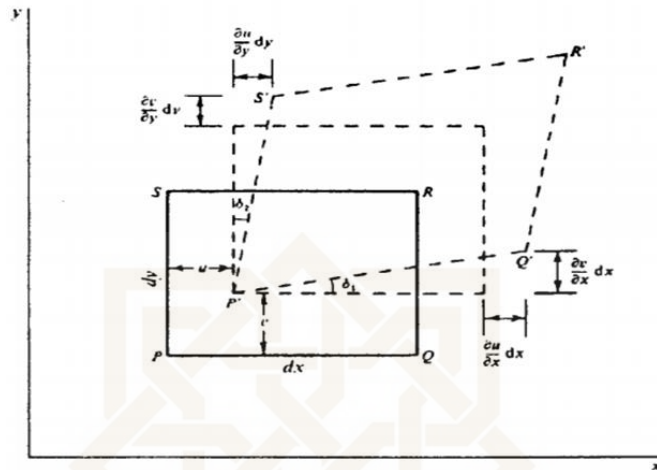


**Gambar L1.1.** Komponen *stress* (tegangan) (Telford, 1990)

Tegangan (*stress*) didefinisikan sebagai gaya per satuan luas. dengan tinjauan terhadap sebuah benda (medium) homogen berbentuk kubus yang dikenakan sebuah gaya tertentu. Total gaya pada sumbu *x* yang terjadi pada benda kubus adalah (Telford, 1990):

$$F = \left( \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial z} \right) dx dy dz \quad (1)$$

Kemudian untuk meninjau regangan kita dapat mengamati gambar berikut:



**Gambar L1.2.** Analisis *strain* (regangan) dalam 2D (Telford, 1990)

Ketika medium elastis mengalami tegangan akan terjadi perubahan bentuk dan dimensi, perubahan ini yang disebut regangan. Dengan meninjau persegi  $PQRS$  dalam analisis dua dimensi (sumbu  $x$  dan  $y$ ), ketika mengalami tekanan terjadinya perubahan titik  $P$  ke  $P'$ , begitu juga dengan  $Q$ ,  $R$ , dan  $S$ . Dari analisis tersebut, diperoleh  $\frac{\partial u}{\partial x}$  dan  $\frac{\partial v}{\partial y}$  adalah perubahan panjang relatif dalam arah  $x$  dan  $y$  yang disebut dengan *normal strain* (regangan normal), sedangkan  $\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}$  adalah perubahan bentuk medium dalam bidang  $xy$  saat mengalami tekanan dan disebut sebagai *shearing strain* (regangan geser) yang disimbolkan  $\epsilon_{xy}$ . Kemudian  $\frac{1}{2} \left( \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right)$  mempresentasikan medium berotasi pada sumbu  $z$ , yang disimbolkan dengan  $\theta_z$  (Telford, 1990).

Dalam analisis tiga dimensi ( $x, y, z$ ) yang memiliki vektor berubah ( $u, v, w$ ), maka diperoleh elemen-elemen regangan (Telford, 1990):

$$\text{Normal strain (regangan normal): } \varepsilon_{xx} = \frac{\partial u}{\partial x} \quad (2)$$

$$\varepsilon_{yy} = \frac{\partial v}{\partial y} \quad (3)$$

$$\varepsilon_{zz} = \frac{\partial w}{\partial z} \quad (4)$$

$$\text{Shearing strain (regangan geser): } \varepsilon_{xy} = \varepsilon_{yx} = \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \quad (5)$$

$$\varepsilon_{yz} = \varepsilon_{zy} = \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \quad (6)$$

$$\varepsilon_{xz} = \varepsilon_{zx} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \quad (7)$$

Selain mengalami regangan, medium juga mengalami rotasi pada tiga sumbu, yang diberikan oleh:

$$\theta_x = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right) \quad (8)$$

$$\theta_y = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} \right) \quad (9)$$

$$\theta_z = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad (10)$$

Perubahan bentuk yang dihasilkan oleh regangan normal (*normal strain*) merupakan perubahan volume. Perubahan per satuan volume disebut dengan *dilatasi* ( $\Delta$ ) yang diberikan oleh persamaan berikut (Telford, 1990):

$$\begin{aligned} \Delta &= \varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} + \varepsilon_{zz} \\ &= \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \end{aligned} \quad (11)$$

Hubungan antara tegangan dan regangan dijelaskan oleh Hukum Hooke's (Telford, 1990):

$$\sigma_{ii} = \lambda\Delta + 2\mu\varepsilon_{ii} \quad \text{dengan } i = x, y, z \quad (12)$$

$$\sigma_{ij} = \mu\varepsilon_{ij} \quad \text{dengan } i, j = x, y, z \text{ dan } i \neq j \quad (13)$$

Keterangan:  $\sigma$  = tegangan                       $\mu$  = rigiditas  
 $\varepsilon$  = regangan                                       $\Delta$  = dilatasi volume  
 $\lambda$  = konstanta lame

Untuk memperoleh persamaan kecepatan gelombang longitudinal (gelombang P), digunakan Hukum II Newton (Telford, 1990):

$$F = ma = \rho va = \rho(dx dy dz) \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (14)$$

Dimana  $F$  = gaya,  $m$  = massa,  $a$  = percepatan,  $\rho$  = massa jenis,  $v$  = volume.

Dengan mensubstitusikan pers. (1) ke pers. (14), maka:

$$\rho(dx dy dz) \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \left( \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial z} \right) dx dy dz$$

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \left( \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial z} \right) \quad (15)$$

Kemudian substitusikan pers. (12) dan (13) ke pers. (15) diperoleh:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \left( \lambda \frac{\partial \Delta}{\partial x} + 2\mu \frac{\partial \varepsilon_{xx}}{\partial x} + \mu \frac{\partial \varepsilon_{yx}}{\partial y} + \mu \frac{\partial \varepsilon_{zx}}{\partial z} \right) \quad (16)$$

Selanjutnya, substitusi pers. (2), (5) dan (7) ke pers. (16), dihasilkan:



$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \left( \lambda \frac{\partial \Delta}{\partial x} + 2\mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial z} \right) \right)$$

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \left( \lambda \frac{\partial \Delta}{\partial x} + \mu \left( 2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \left( \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial z} \right) \right) \right)$$

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \left( \lambda \frac{\partial \Delta}{\partial x} + \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \left( \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial z} \right) \right) \right)$$

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \left( \lambda \frac{\partial \Delta}{\partial x} + \mu \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \right) \quad (17)$$

Karena  $\Delta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}$  dan  $\nabla^2 u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$ , pers. (17) menjadi:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \left( \lambda \frac{\partial \Delta}{\partial x} + \mu \frac{\partial \Delta}{\partial x} + \mu \nabla^2 u \right)$$

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \frac{\partial \Delta}{\partial x} + \mu \nabla^2 u \quad (18)$$

Dengan cara yang sama dilakukan pada  $v$  dan  $w$ , diperoleh:

$$\rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \frac{\partial \Delta}{\partial y} + \mu \nabla^2 v \quad (19)$$

$$\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \frac{\partial \Delta}{\partial z} + \mu \nabla^2 w \quad (20)$$

Kemudian pers. (18), (19) dan (20) dijumlahkan:

$$\rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} (u + v + w) = (\lambda + \mu) \left( \frac{\partial \Delta}{\partial x} + \frac{\partial \Delta}{\partial y} + \frac{\partial \Delta}{\partial z} \right) + \mu \nabla^2 (u + v + w) \quad (21)$$

Dikali dengan  $\nabla = \left( \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \right)$ , sehingga:

$$\rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = (\lambda + \mu) \left( \frac{\partial^2 \Delta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Delta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Delta}{\partial z^2} \right) + \mu \nabla^2 \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \quad (22)$$

Karena  $\Delta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}$  dan  $\nabla^2 \Delta = \frac{\partial^2 \Delta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Delta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Delta}{\partial z^2}$ , pers. (22) menjadi:

$$\rho \frac{\partial^2 \Delta}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \nabla^2 \Delta + \mu \nabla^2 \Delta$$

$$\rho \frac{\partial^2 \Delta}{\partial t^2} = (\lambda + 2\mu) \nabla^2 \Delta$$

$$\frac{\rho}{\lambda + 2\mu} \frac{\partial^2 \Delta}{\partial t^2} = \nabla^2 \Delta \quad (23)$$

Pers. (23) mengikuti pola persamaan gelombang berikut (Telford, 1990):

$$\frac{1}{V^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = \nabla^2 \psi \quad (24)$$

Dimana  $V$  = kecepatan,  $t$  = waktu, dan  $\psi$  = fungsi gelombang ( $x, y, z, t$ ), maka:

$$\frac{1}{V_p^2} = \frac{\rho}{\lambda + 2\mu} \quad (25)$$

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$$

$V_p$  dinyatakan kecepatan gelombang-P,  $\lambda$  adalah konstanta lame,  $\mu$  adalah rigiditas,  $\rho$  adalah massa jenis, dan pers. (25) dinyatakan sebagai persamaan kecepatan gelombang-P untuk gelombang seismik. Untuk menurunkan persamaan gelombang transversal (gelombang-S), pers. (19) diturunkan terhadap  $z$  dan pers. (20) diturunkan terhadap  $y$ , didapatkan:

$$\rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left( \frac{\partial v}{\partial z} \right) = (\lambda + \mu) \frac{\partial \Delta}{\partial x} + \mu \nabla^2 \frac{\partial v}{\partial z} \quad (26)$$

$$\rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left( \frac{\partial w}{\partial y} \right) = (\lambda + \mu) \frac{\partial \Delta}{\partial x} + \mu \nabla^2 \frac{\partial w}{\partial y} \quad (27)$$

kemudian pers. (27) dikurangkan dengan pers. (26), sehingga:

$$\rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left( \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \mu \nabla^2 \left( \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right) \quad (28)$$

Menurut pers. (8),  $\left( \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right) = 2\theta_x$  sehingga pers. (28) menjadi:

$$\rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} (2\theta_x) = \mu \nabla^2 (2\theta_x)$$

$$\rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} (\theta_x) = \mu \nabla^2 (\theta_x)$$

$$\frac{\rho}{\mu} \frac{\partial^2}{\partial t^2} (\theta_x) = \nabla^2 (\theta_x) \quad (29)$$

Pers. (29) tersebut, mengikuti pola persamaan gelombang, yaitu pers. (24), sehingga kecepatan gelombangnya adalah:

$$\frac{1}{V_s^2} = \frac{\rho}{\mu}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (30)$$

$V_s$  dinyatakan sebagai kecepatan gelombang-S,  $\lambda$  adalah konstanta lame,  $\mu$  adalah rigiditas, dan pers. (30) dinyatakan sebagai persamaan kecepatan gelombang-S untuk gelombang seismik.

## Lampiran 2: Momen Tensor (Jost, 1989)

Komponen momen tensor pada medium isotrop untuk gaya setara dari kopel ganda diberikan oleh (lihat Gambar 2.13):

$$M_{ij} = \mu A (\mathbf{u}_i \mathbf{v}_j + \mathbf{u}_j \mathbf{v}_i) \quad (31)$$

Dimana  $\mu$  adalah koefisien geser,  $A$  adalah area dari patahan,  $\mathbf{u}$  menunjukkan *slip* vektor dari permukaan sesar dan  $\mathbf{v}$  adalah vektor normal dari bidang sesar. Catat bahwa kontribusi dari vektor sesar normal  $\mathbf{u}$  dan *slip* vektor  $\mathbf{v}$  simetris pada pers. (31). Dari kesimetrisan  $\mathbf{M}$  kita lihat bahwa peran dari vektor  $\mathbf{u}$  dan  $\mathbf{v}$  dapat bertukar tempat tanpa mempengaruhi medan perpindahan; yaitu sesar normal setara dengan *slip* vektor dan sebaliknya. Ambiguitas terkenal dari bidang sesar-bidang bantu ini tidak dapat terselesaikan oleh radiasi seismik dari titik sumber. Oleh karena itu diperlukan studi dari lokasi *aftershocks*, permukaan patahan, penunjukkan ruptur atau perpindahan statis untuk menyelesaikan ambiguitas ini.

Istilah  $\mathbf{u}_i \mathbf{v}_j + \mathbf{u}_j \mathbf{v}_i$  pada pers. (31) merupakan bentuk tensor  $\bar{D}$ , uraian dari kopel ganda. Tensor ini nyata dan simetris, memberikan nilai eigen nyata dan vektor eigen ortogonal. Nilai eigen sebanding dengan (1, 0, -1). Demikian, properti karakteristik dari momen tensor menginterpretasikan kopel ganda yang i) satu nilai eigen dari momen tensor hilang, dan ii) total nilai eigen hilang, yaitu jejak dari momen tensor adalah nol (dua nilai eigen yang lain terbatas pada magnitudo yang sama tetapi tandanya berlawanan).

Misalkan  $\mathbf{t}$ ,  $\mathbf{b}$ , dan  $\mathbf{p}$  menunjukkan vektor eigen ortogonal ke nilai eigen diatas,

$$\mathbf{t} = \frac{1}{\sqrt{2}} (\mathbf{v} + \mathbf{u}) \quad (32)$$

$$\mathbf{b} = \mathbf{v} \times \mathbf{u} \quad (33)$$

$$\mathbf{p} = \frac{1}{\sqrt{2}} (\mathbf{v} - \mathbf{u}) \quad (34)$$

Tensor  $\bar{D}$  berhubungan dengan pers. (31) dapat di diagonalisasi (transformasi sumbu utama), dimana vektor eigen memberikan arah dari sumbu utama. Vektor eigen  $\mathbf{b}$  sebanding dengan nilai eigen nol pada sumbu nol, vektor eigen  $\mathbf{t}$  sebanding dengan nilai eigen positif pada sumbu tegangan, T, dan vektor eigen  $\mathbf{p}$  sebanding dengan nilai eigen negatif pada sumbu tekanan, P, pada tensor. Sumbu-sumbu tersebut terkait dengan solusi sumbu bidang sesar., karena kita terfokus pada kopel ganda murni. Sumbu-P berada pada arah gerak kompresi maksimum pada permukaan sesar; sumbu-T adalah arah dari gerak tegangan maksimum. Catat bahwa sumbu-P dan -T diambil dari gerak pada permukaan sesar yang tidak seharusnya serupa dengan sumbu maksimum tekanan tektonik, karena geraknya bisa berada pada bidang yang sudah ada sebelumnya lebih lemah dari bidang sesar yang baru yang berhubungan dengan tekanan tektonik maksimum. Bagaimanapun, ambiguitas ini dapat terselesaikan oleh radiasi seismik. Sementara untuk menentukan arah maksimum dari tekanan tektonik, dibutuhkan data geologi tambahan seperti pengukuran tekanan *in-situ* dan gaya friksi. Kekurangan informasi semacam ini biasanya diasumsikan bahwa sumbu-P dan -T diperoleh dari radiasi gelombang seismik yang lebih kurang menunjukkan arah tekanan tektonik.

Kopel ganda  $\mathbf{u}_i \mathbf{v}_j + \mathbf{u}_j \mathbf{v}_i$  dapat dijelaskan oleh vektor eigennya sendiri.

$$\mathbf{u}_i \mathbf{v}_j + \mathbf{u}_j \mathbf{v}_i = \mathbf{t}_i \mathbf{t}_j + \mathbf{p}_j \mathbf{p}_i \quad (35)$$

$$= 0.5 [(\mathbf{t}_i + \mathbf{p}_i)(\mathbf{t}_j - \mathbf{p}_j) + (\mathbf{t}_i - \mathbf{p}_i)(\mathbf{t}_j + \mathbf{p}_j)]$$

Melihat pers. (35), kita temukan hubungan antara tegangan, sumbu tekanan, *slip* vektor dan sesar normal.:

$$\mathbf{u} = \frac{1}{\sqrt{2}} (\mathbf{t} + \mathbf{p}) \quad (36)$$

$$\mathbf{v} = \frac{1}{\sqrt{2}} (\mathbf{t} - \mathbf{p}) \quad (37)$$

Bidang nodal lain didefinisikan oleh

$$\mathbf{u} = \frac{1}{\sqrt{2}} (\mathbf{t} - \mathbf{p}) \quad (38)$$

$$\mathbf{v} = \frac{1}{\sqrt{2}} (\mathbf{t} + \mathbf{p}) \quad (39)$$

Jika *strike*  $\Phi$ , *dip*  $\delta$  dan *slip*  $\lambda$  dari patahan diketahui, *slip* vektor  $\mathbf{u}$  dan sesar normal  $\mathbf{v}$  diberikan oleh

$$\begin{aligned} \mathbf{u} = & \bar{u} (\cos \lambda \cos \Phi + \cos \delta \sin \lambda \sin \Phi) \mathbf{e}_x \\ & + \bar{u} (\cos \lambda \sin \Phi - \cos \delta \sin \lambda \cos \Phi) \mathbf{e}_y \\ & - \bar{u} \sin \delta \sin \lambda \mathbf{e}_z \end{aligned} \quad (40)$$

Dimana  $\bar{u}$  berarti perpindahan pada bidang sesar. Sesar normal  $\mathbf{v}$  adalah

$$\mathbf{v} = -\sin \delta \sin \Phi \mathbf{e}_x + \sin \delta \cos \Phi \mathbf{e}_y - \cos \delta \mathbf{e}_z \quad (41)$$

Produk skalar dari  $\mathbf{u}$  dan  $\mathbf{v}$  adalah nol. *Strike* dari bidang sesar  $\Phi$ , diukur searah jarum jam dari utara dengan *dip* bidang sesar ke kanan ketika melihat sekitar arah *strike*. Demikian, *hanging-wall* adalah dari kanan. *Dip*  $\delta$  diukur dari horizontal. *Slip*  $\lambda$  adalah sudut antara arah *strike* dan arah *hanging-wall* bergerak relatif terhadap *foot-wall* (*slip* positif ketika diukur berlawanan jarum jam sebagaimana dilihat dari sisi *hanging-wall*). Parameter dari rentang orientasi sesar adalah  $0 \leq \Phi \leq 2\pi$ ,  $0 \leq \delta \leq \frac{\pi}{2}$  dan  $0 \leq \lambda \leq \pi$ . Momen seismik skalar adalah

$$M_0 = \mu A \bar{u} \quad (42)$$

Pers. (31) bersama dengan (40), (41) dan (42) membawa pada komponen kartesian dari momen tensor simetris dalam bentuk *strike*, *dip* dan sudut *slip*.

$$\begin{aligned} M_{zx} &= -M_0 (\sin \delta \cos \lambda \sin 2\Phi + \sin 2\delta \sin \lambda \sin^2 \Phi) \\ M_{yy} &= M_0 (\sin \delta \cos \lambda \sin 2\Phi - \sin 2\delta \sin \lambda \cos^2 \Phi) \\ M_{zz} &= M_0 (\sin 2\delta \sin \lambda) \\ M_{zy} &= M_0 (\sin \delta \cos \lambda \cos 2\Phi + 0.5 \sin 2\delta \sin \lambda \sin 2\Phi) \\ M_{zz} &= -M_0 (\cos \delta \cos \Phi + \cos 2\delta \sin \lambda \sin \Phi) \\ M_{yz} &= -M_0 (\cos \delta \cos \lambda \sin \Phi - \cos 2\delta \sin \lambda \sin \Phi) \end{aligned} \quad (43)$$

Karena momen tensor seismik nyata dan simetris, transformasi sumbu utama dapat ditemukan dengan diagonalisasi  $\mathbf{M}$ . Elemen diagonal merupakan nilai eigen  $m_i$  dari  $\mathbf{M}$ . Kemudian momen seismik dapat ditentukan dari momen tensor yang diberikan oleh

$$M_0 = \frac{1}{2} (|m_1| + |m_2|) \quad (44)$$

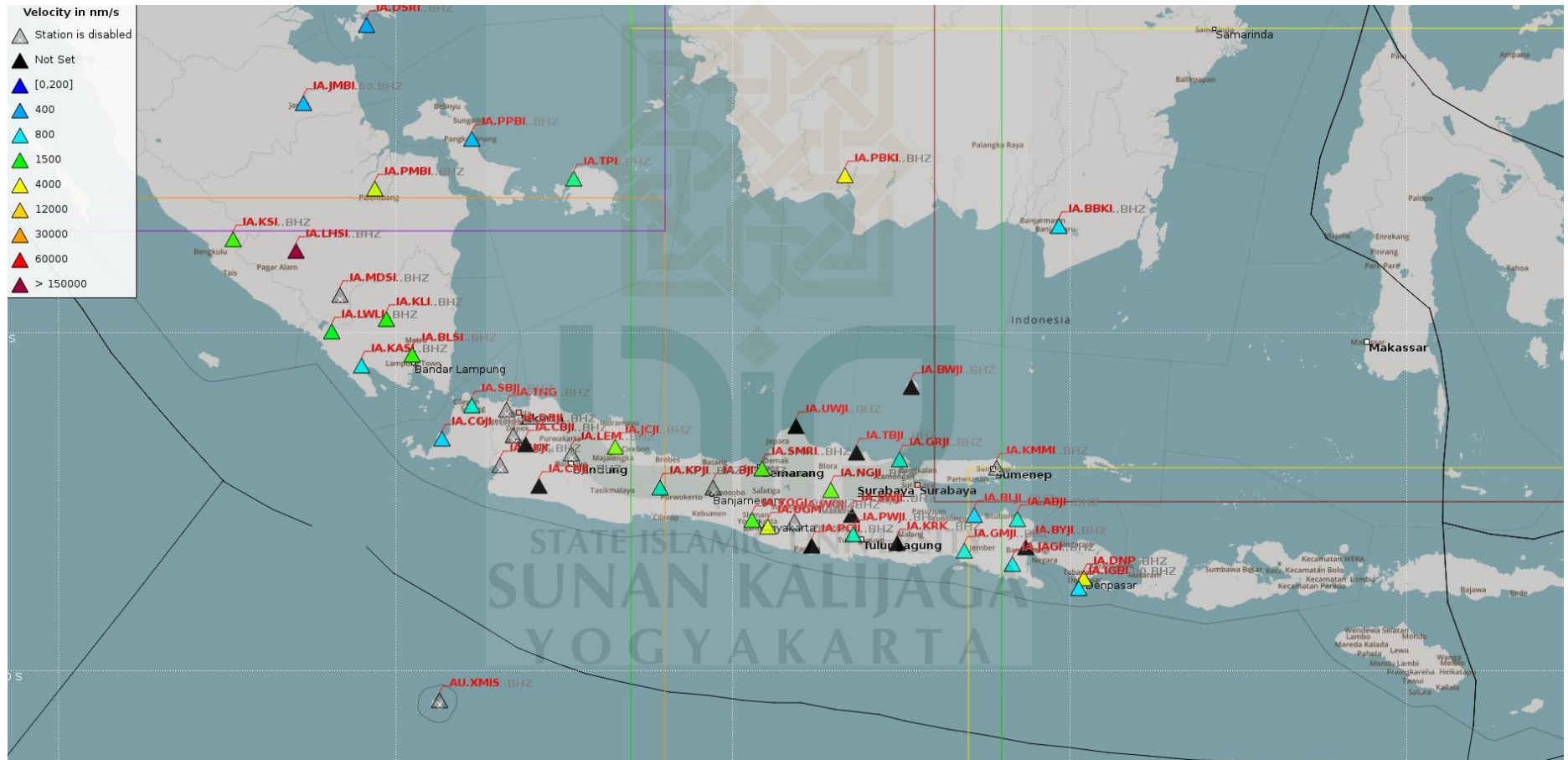


dimana  $m_1$  dan  $m_2$  merupakan nilai eigen terbesar (dalam arti mutlak). Momen seismik dapat diartikan pula oleh hubungan:

$$M_0 = \left( \frac{\sum M_{ij}^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} = \left( \frac{\sum m_i^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (45)$$



### Lampiran 3: Lokasi Stasiun Seismik



#### Lampiran 4: Momen Tensor dan Solusi Bidang Sesar, Studi Kasus: Sesar Geser

Mekanisme fokus untuk sesar geser diasumsikan:  $strike = 0^\circ$ ,  $dip = 90^\circ$ , dan  $slip = 0^\circ$ . Dari pers. (40) dan pers. (41)  $slip$  vektor pada bidang sesar adalah  $\mathbf{u} = (1,0,0)$  dan vektor normal terhadap bidang sesar adalah  $\mathbf{v} = (0,1,0)$ . Momen tensor dapat diperoleh dari pers. (43)

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} 0 & M_0 & 0 \\ M_0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (46)$$

Nilai eigen dan vektor eigen dari tensor ini ditunjukkan oleh tabel L4.1 (komponen vektor eigen adalah utara, timur, dan bawah)

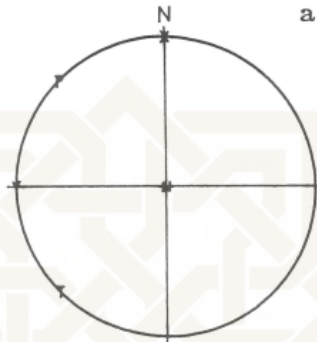
**Tabel L4.1.** Tensor sesar geser

Nilai Eigen	Vektor Eigen
0	(0.0000, 0.0000, -1.0000)
$M_0$	(0.7071, 0.7071, 0.0000)
$-M_0$	(-0.7071, 0.7071, 0.0000)

Vektor eigen  $\mathbf{b}$  sesuai nilai eigen nol merupakan sumbu nol, vektor eigen  $\mathbf{t}$  sesuai nilai eigen positif memberikan sumbu tegangan, T, dan vektor eigen  $\mathbf{p}$  sesuai nilai eigen negatif memberikan sumbu tekanan, P, dari sebuah mekanisme fokus.

Mekanisme fokus diperoleh dari pers. (32) s.d. pers. (39). *Trend* dan *plunge* (dalam derajat) dari sumbu-X, -Y, -null, -T, dan -P, kita peroleh masing-masing (90, 0), (180, 0), (270, 90), (45, 0), dan (135, 0). *Trend* dari kedua sumbu P dan T dapat diputar  $180^\circ$ , yakni sumbu P dapat juga berupa ( $315^\circ, 0^\circ$ ) dan sumbu T berupa

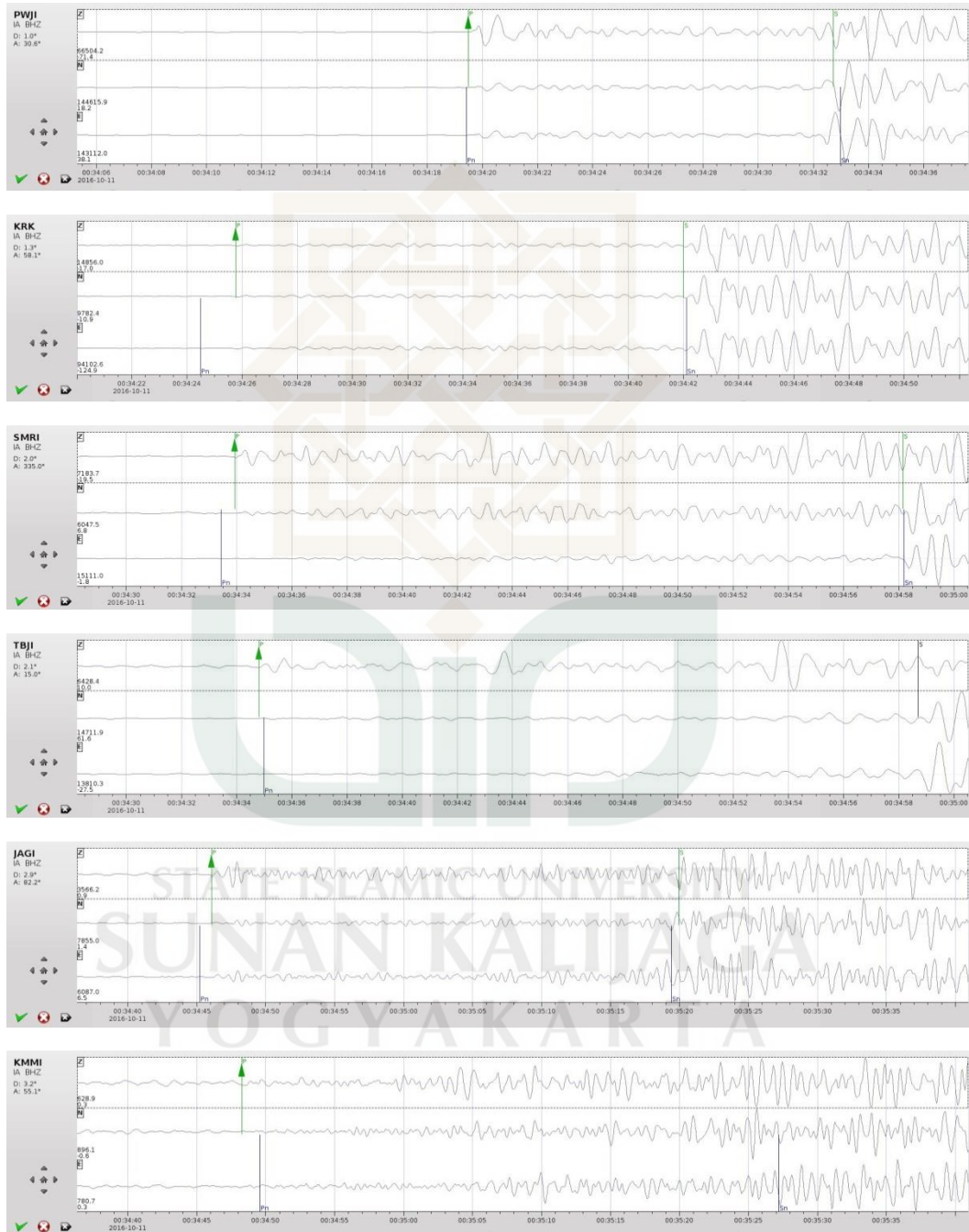
( $225^\circ, 0^\circ$ ). Ambiguitas ini dapat terjadi sampai momen tensor: tanda vektor eigen tidak dibatasi oleh masalah solusi nilai eigen (Arfken, 1985). Bagaimanapun, pilihan tanda akan membawa kepada mekanisme fokus yang sama.



**Gambar L4.1.** Mekanisme fokus untuk sesar geser:  $strike = 0^\circ$ ,  $dip = 90^\circ$ , dan  $slip = 0^\circ$

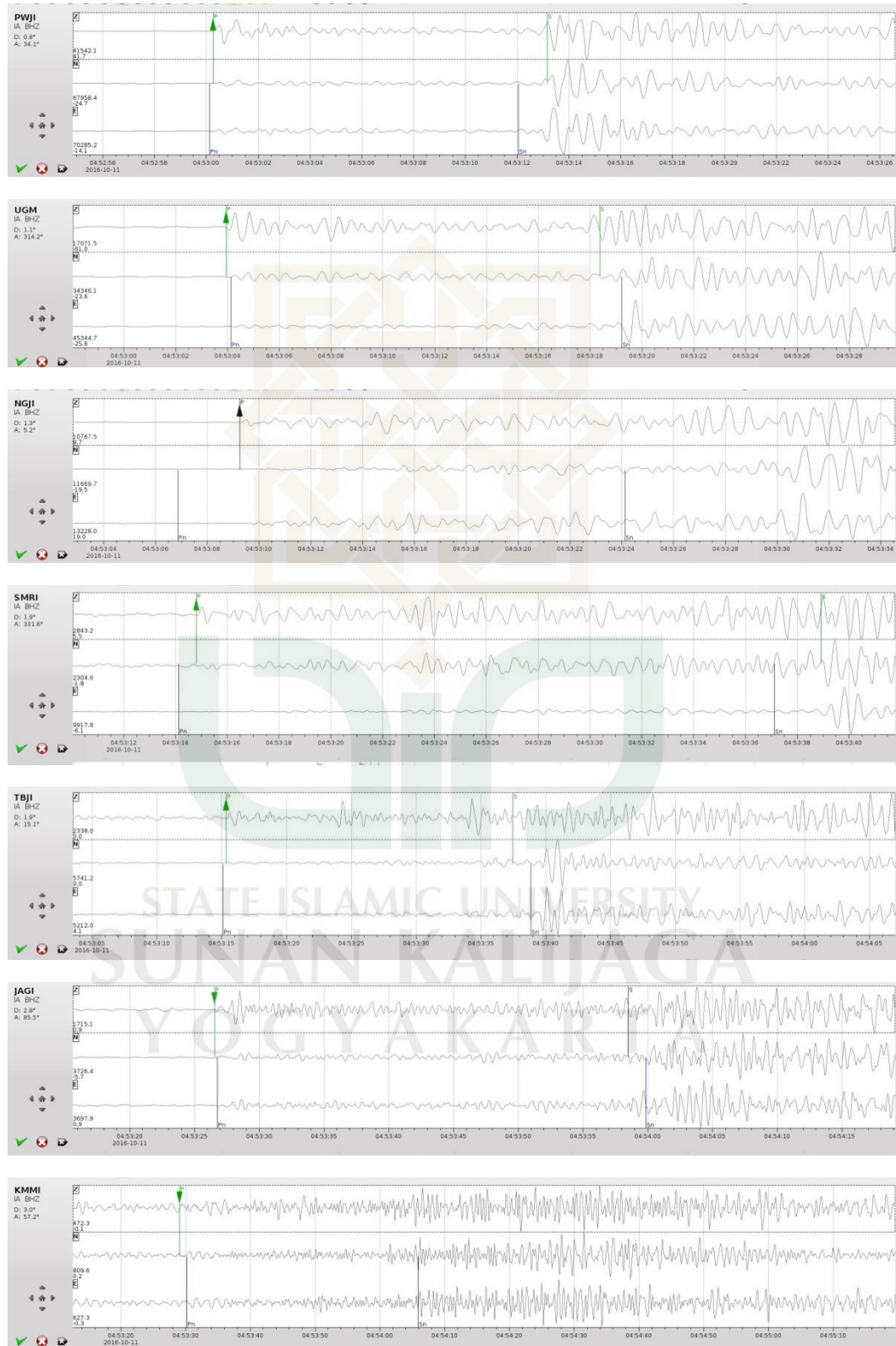
## Lampiran 5: Gerak Awal Gelombang-P Tiap Stasiun

Kejadian 1 (Gempabumi 11 Oktober 2016)

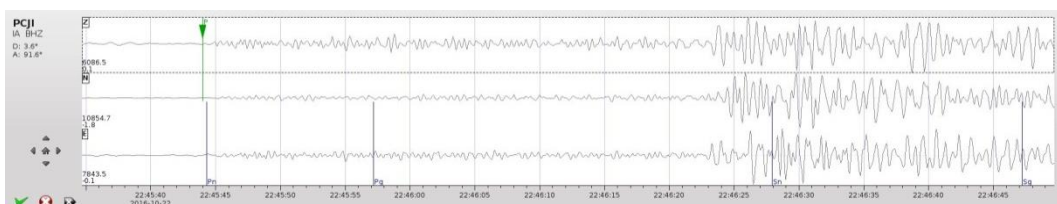
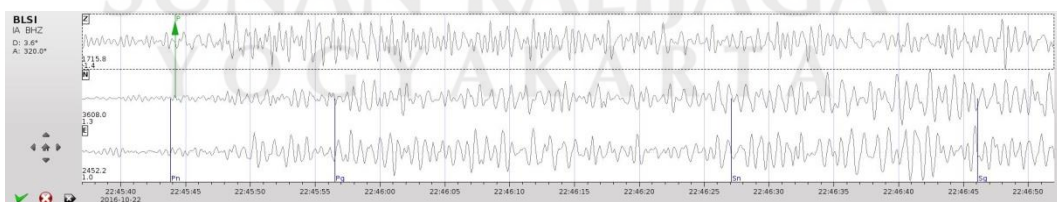
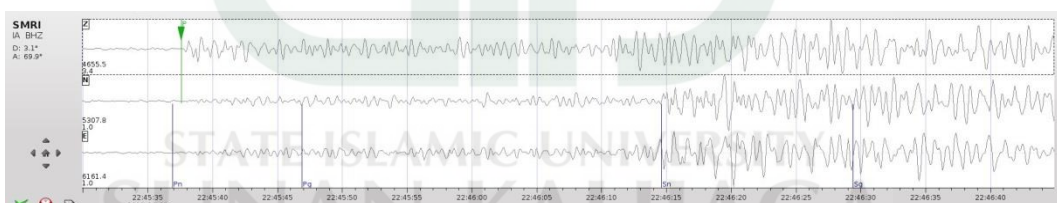
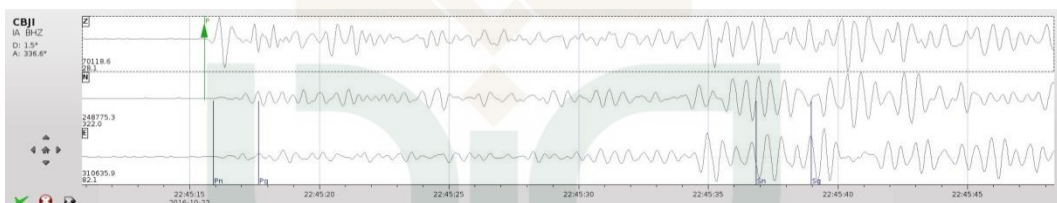
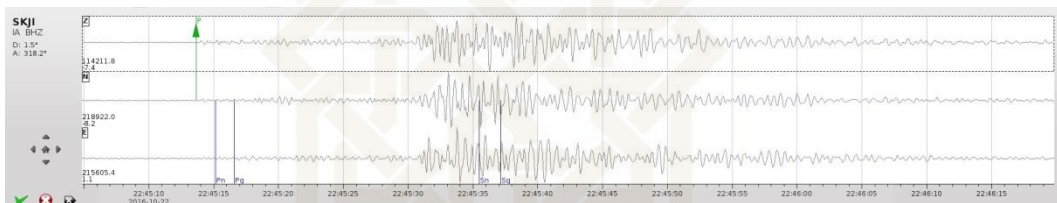
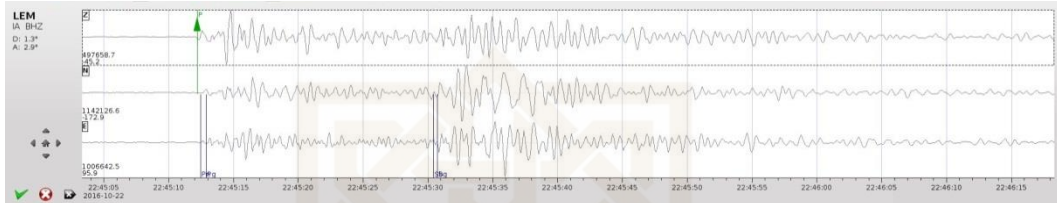
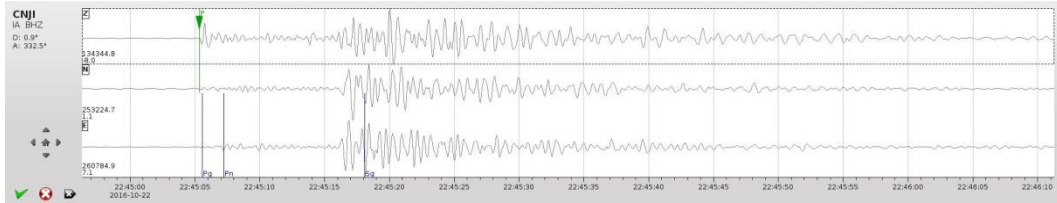




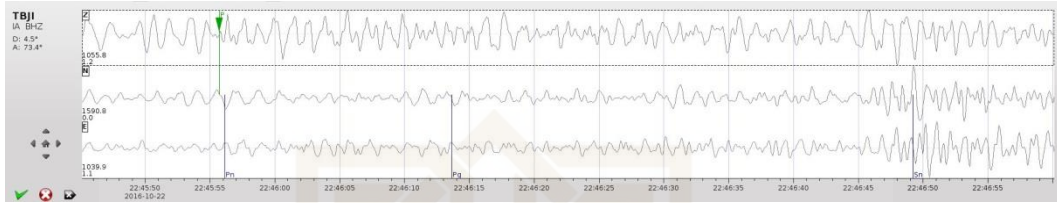
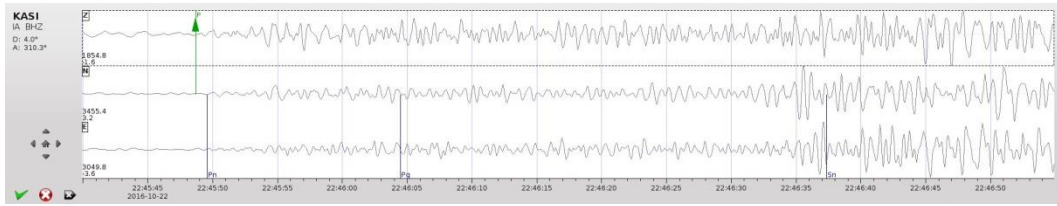
## Kejadian 2 (Gempabumi 11 Oktober 2016)



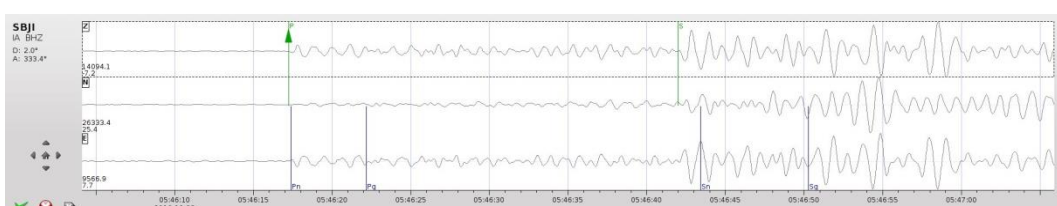
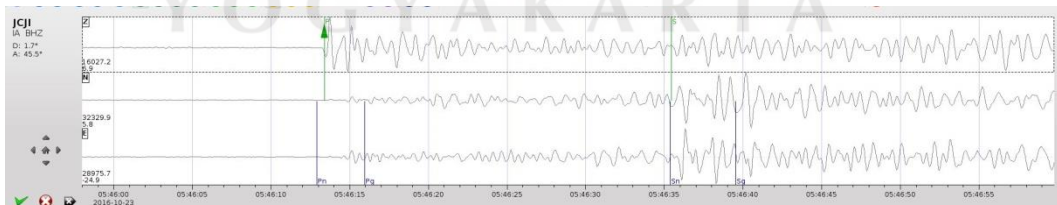
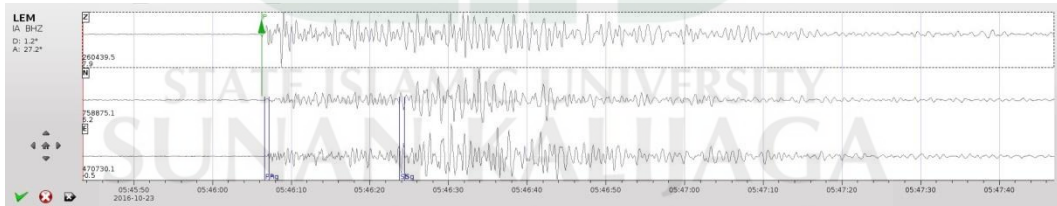
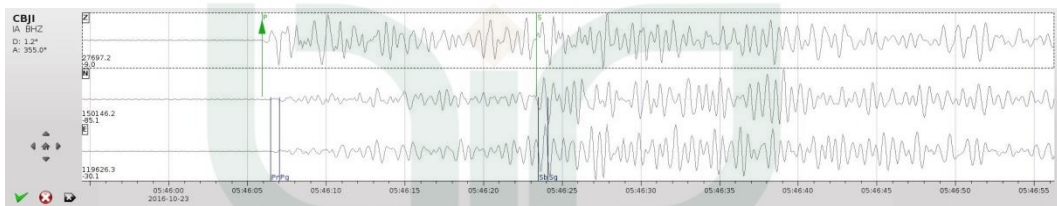
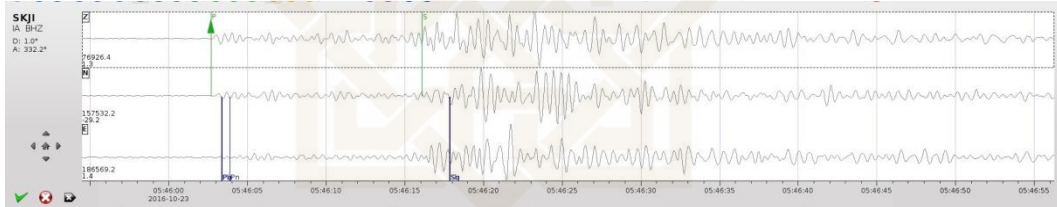
### Kejadian 3 (Gempabumi 23 Oktober 2016)

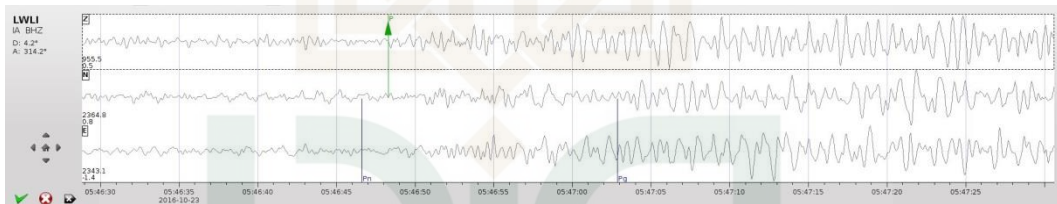
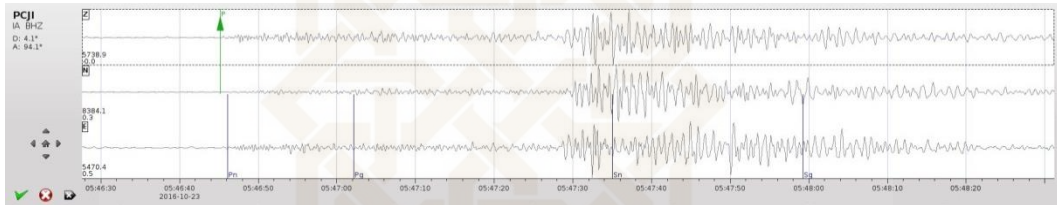
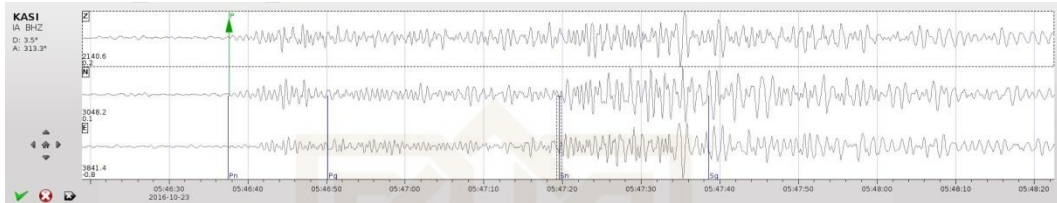
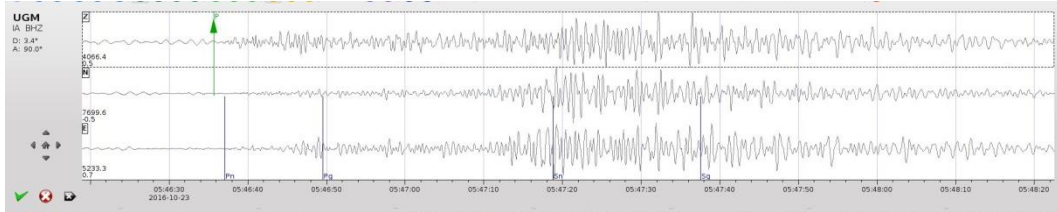




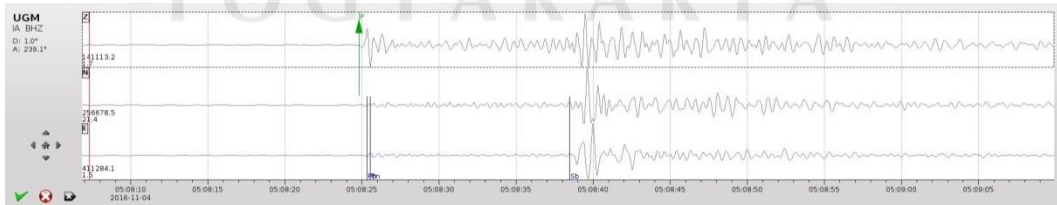
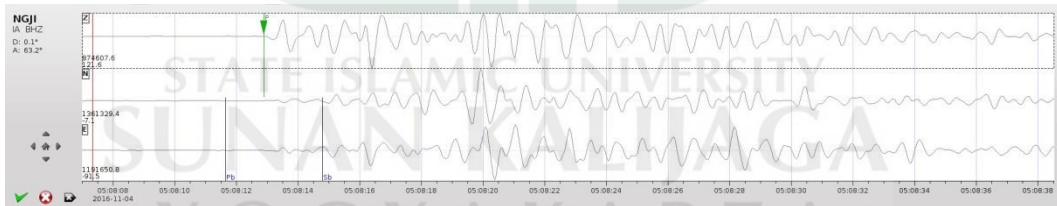


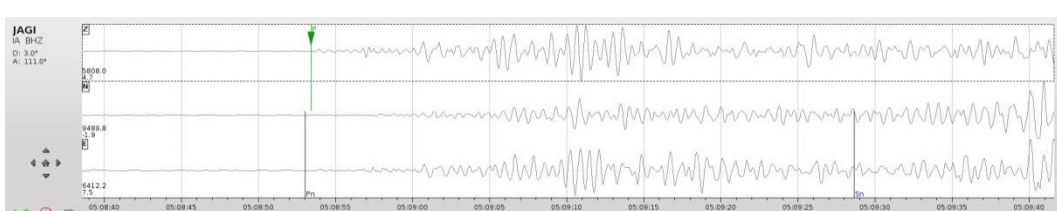
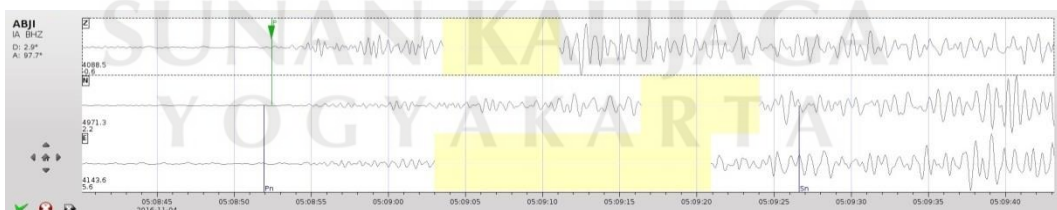
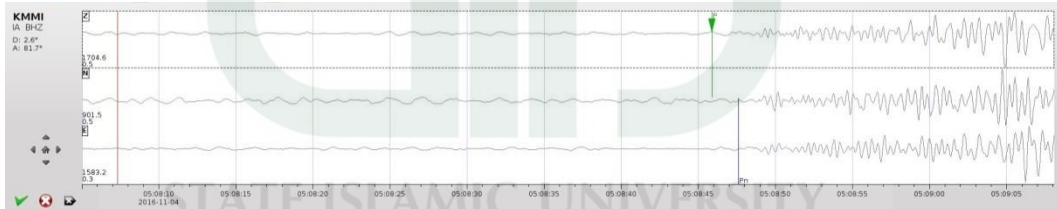
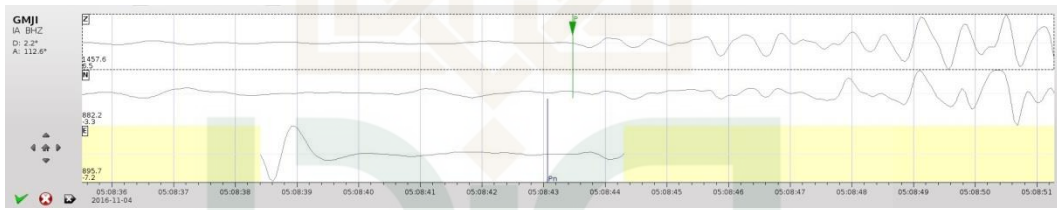
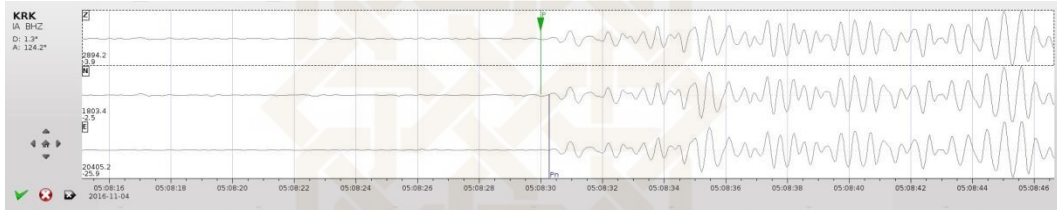
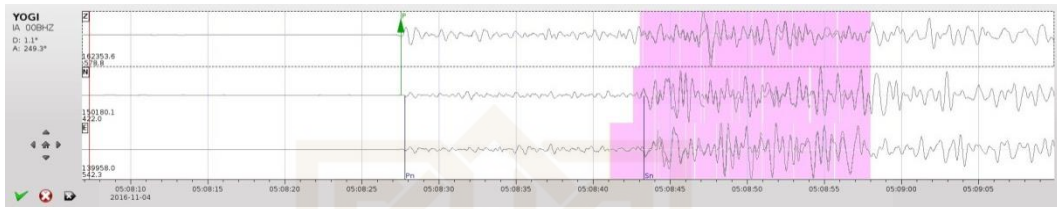
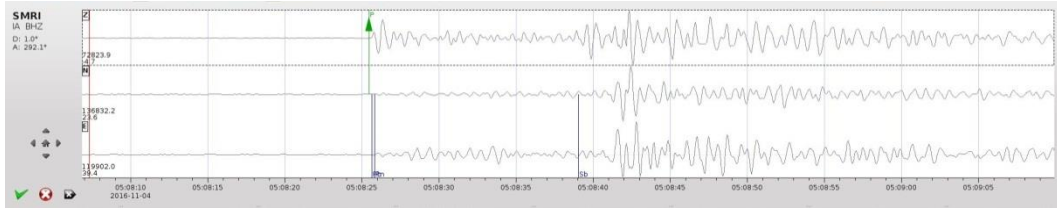
Kejadian 4 (Gempabumi 23 Oktober 2016)



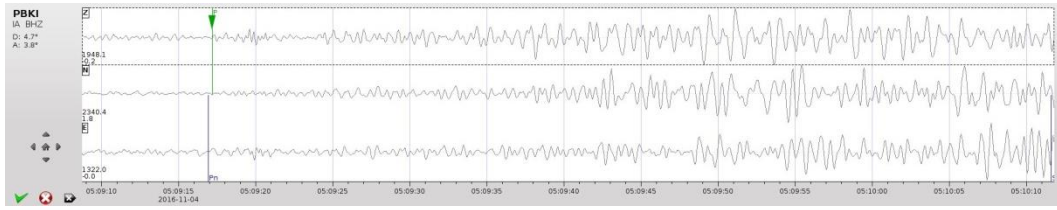


Kejadian 5 (Gempabumi 4 November 2016)

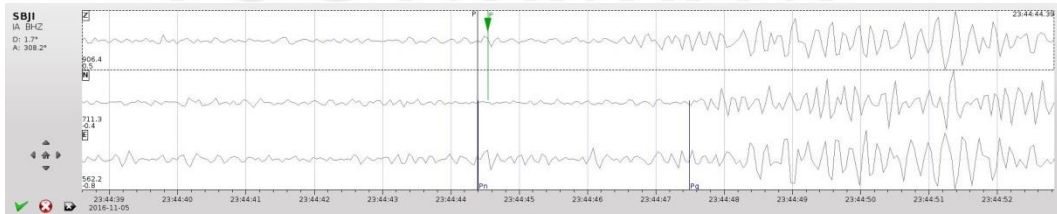
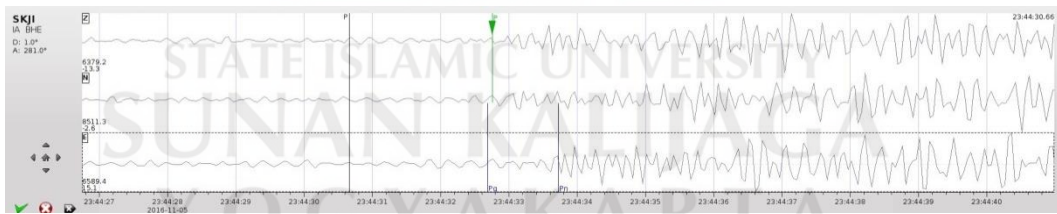
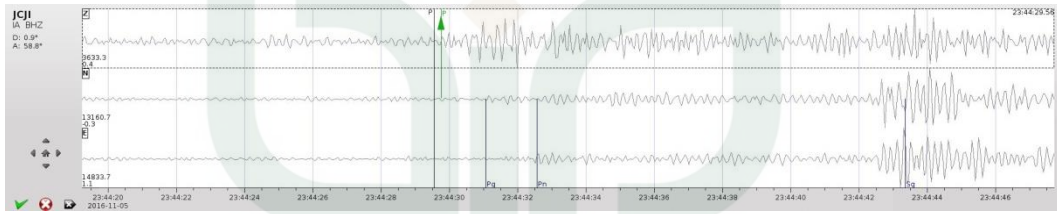
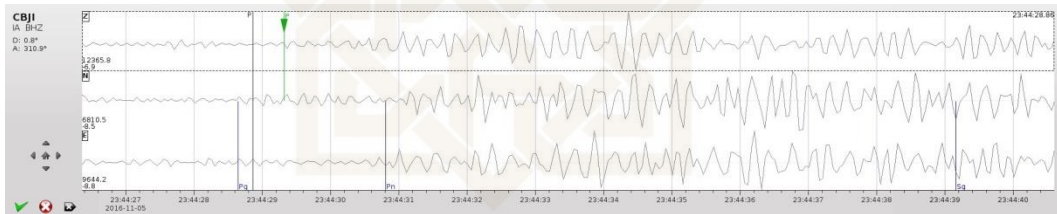
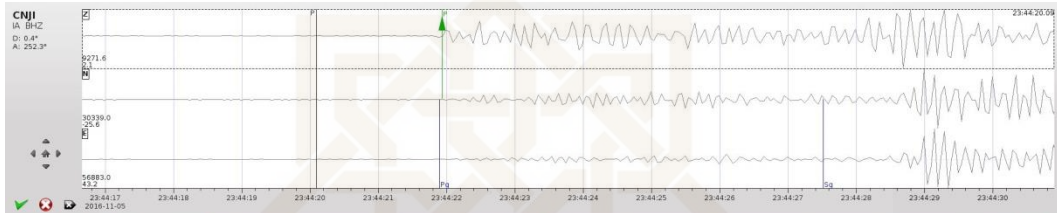


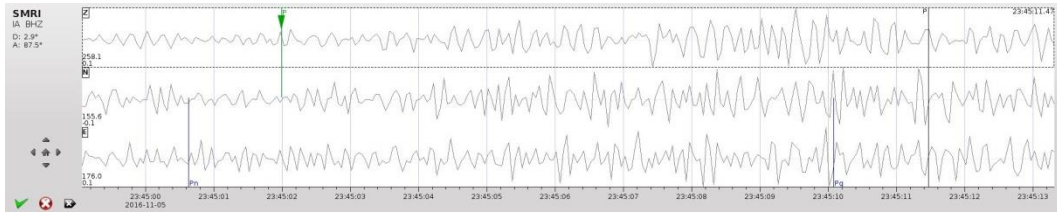




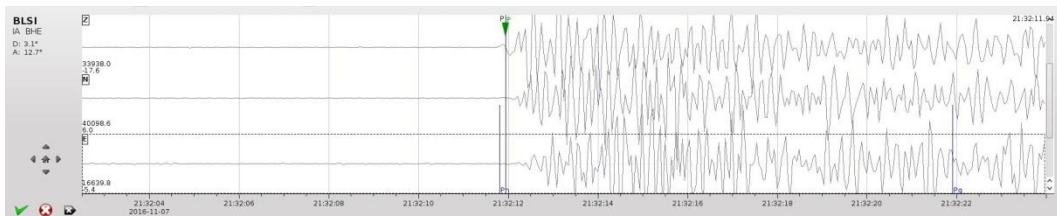
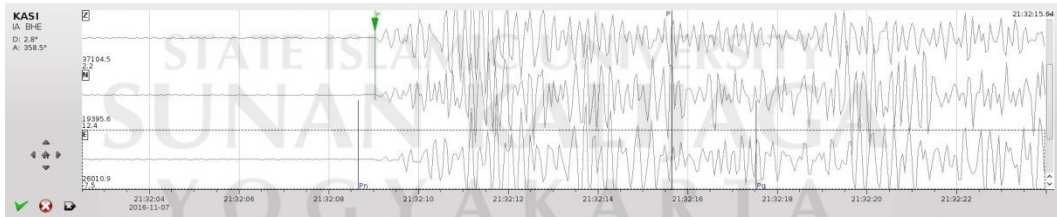
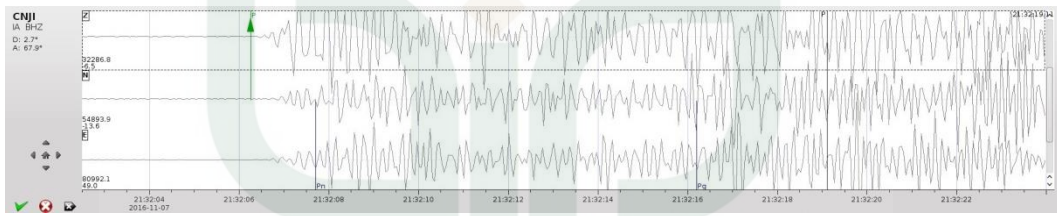
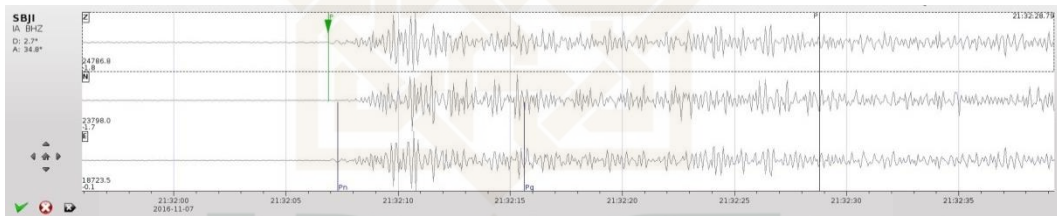
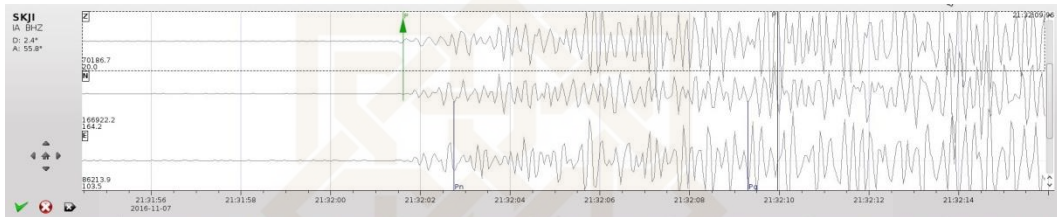


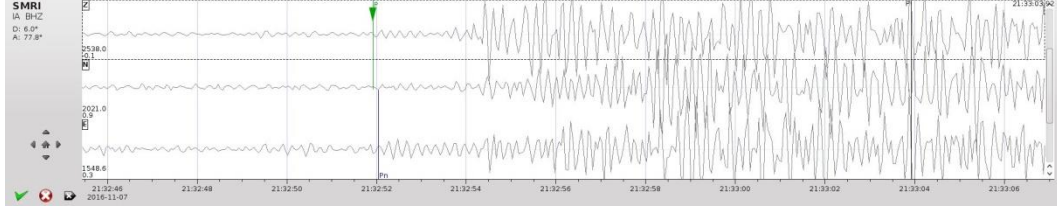
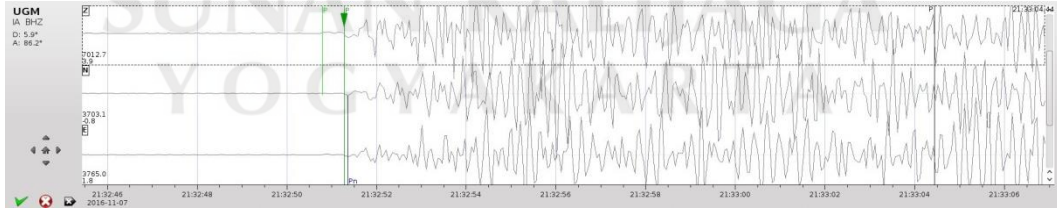
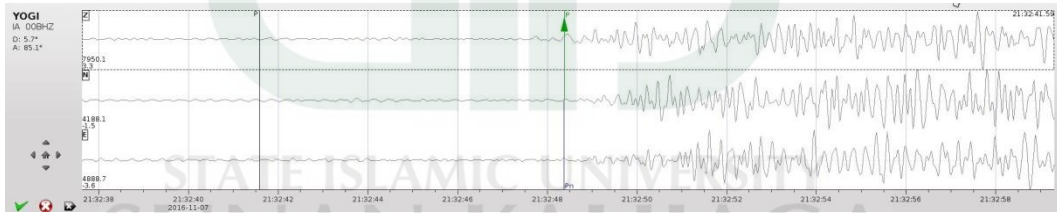
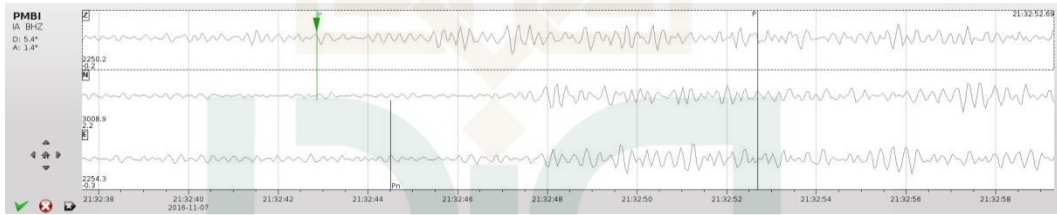
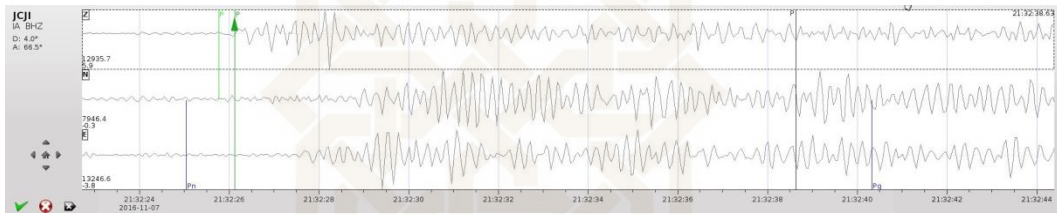
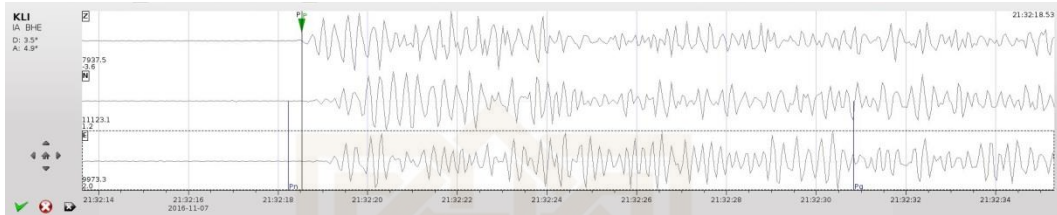
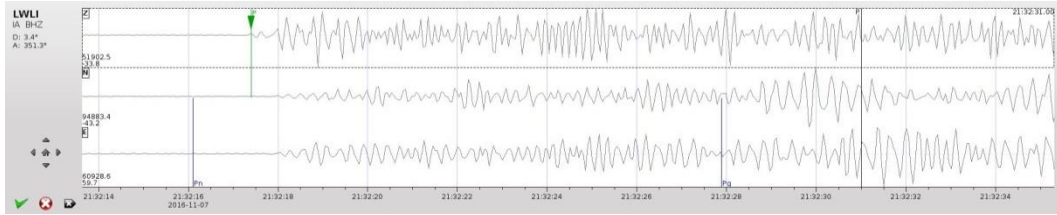
Kejadian 6 (Gempabumi 6 November 2016)



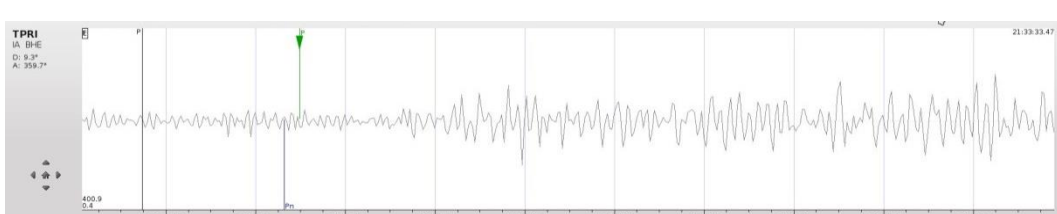
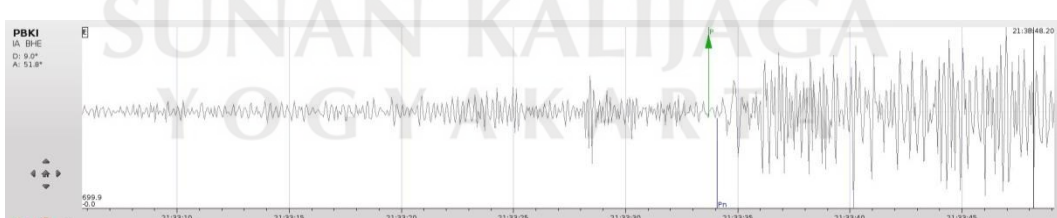
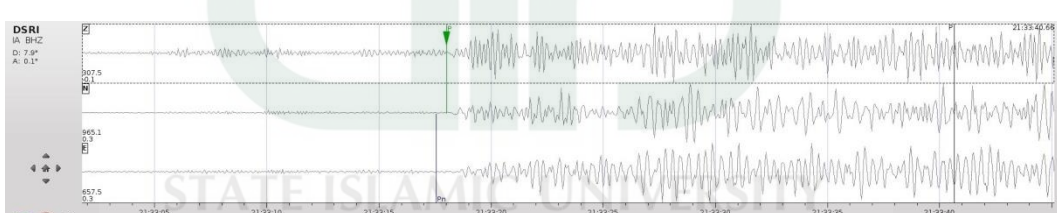
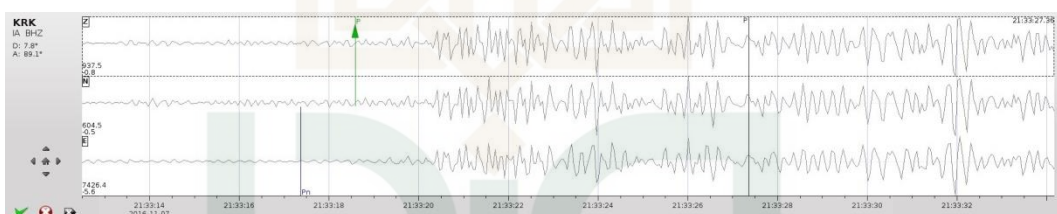
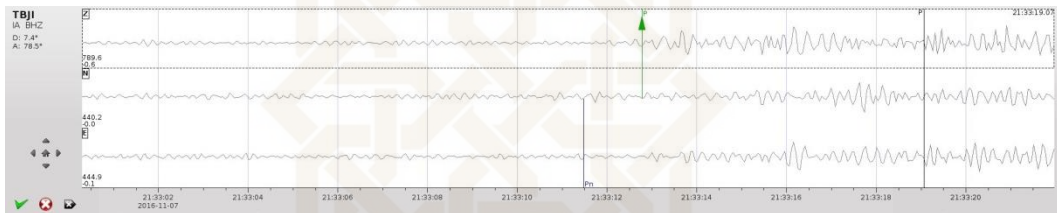
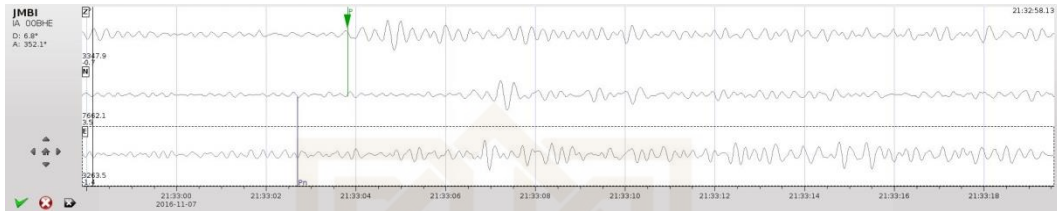


Kejadian 7 (Gempabumi 8 November 2016)

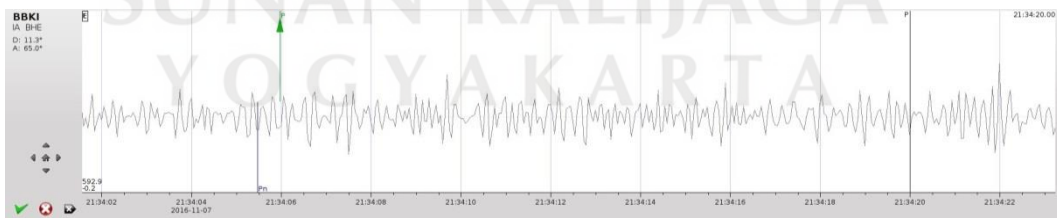
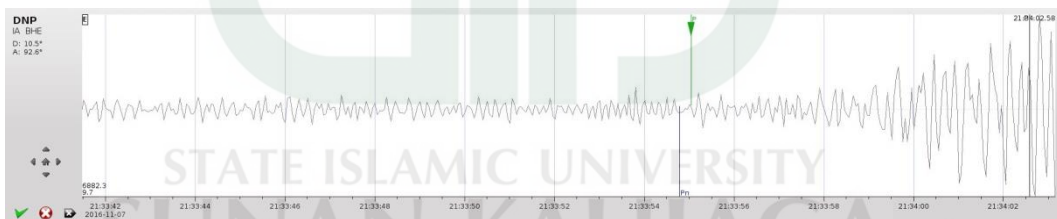
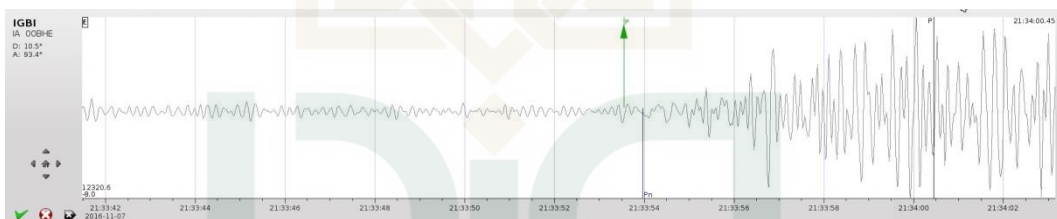
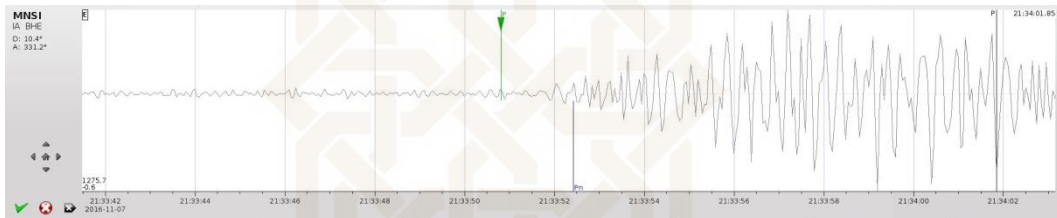
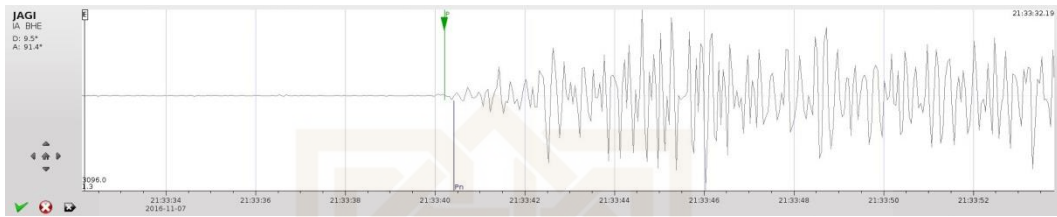
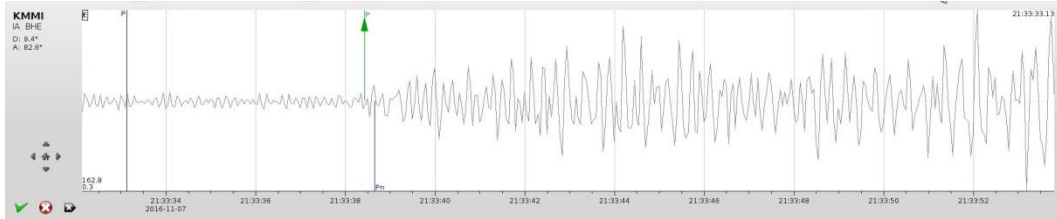






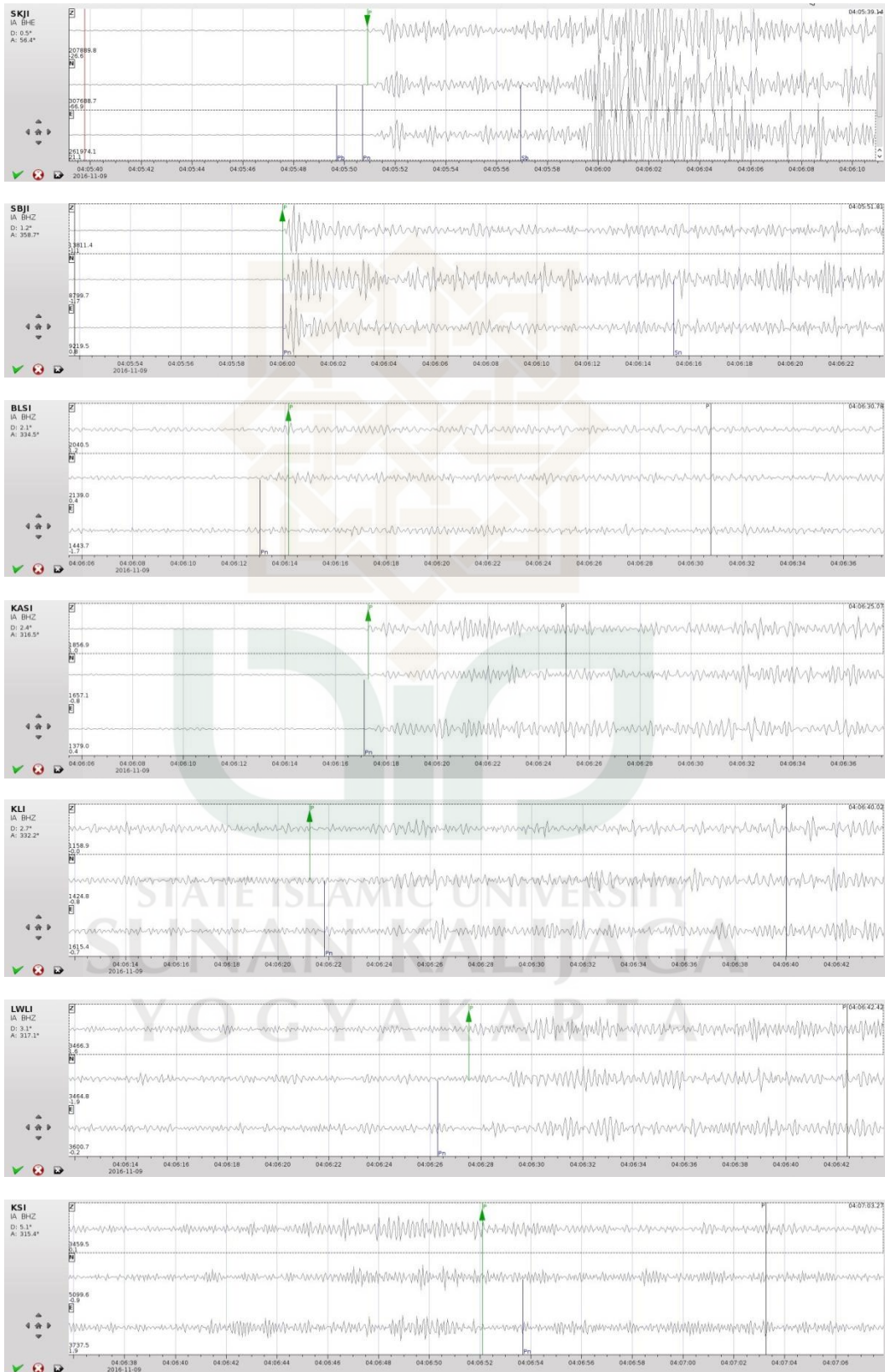






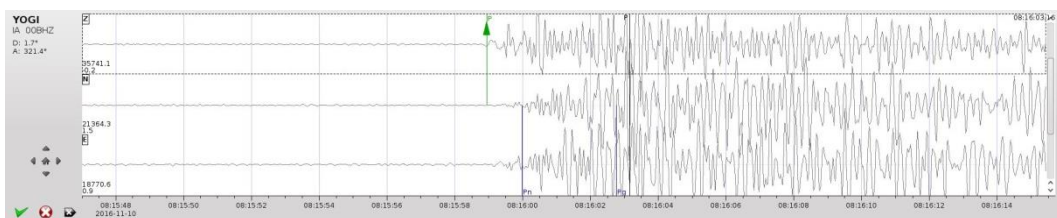
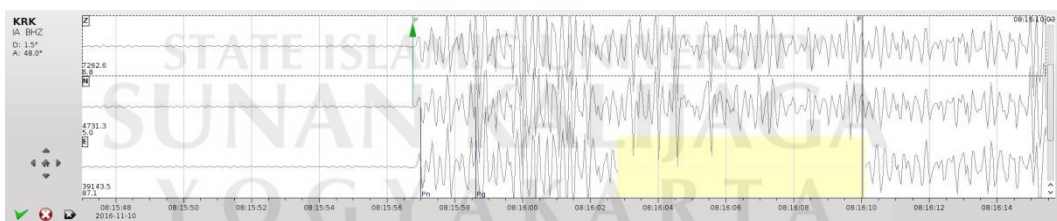
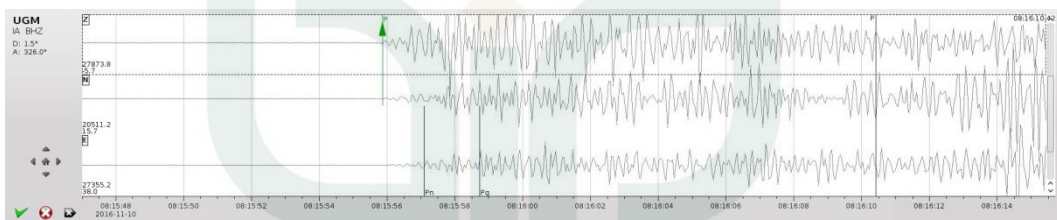
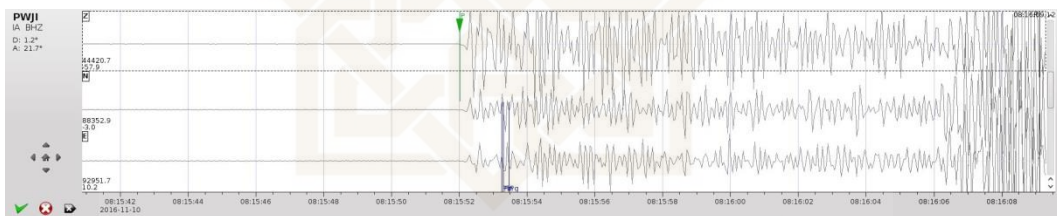
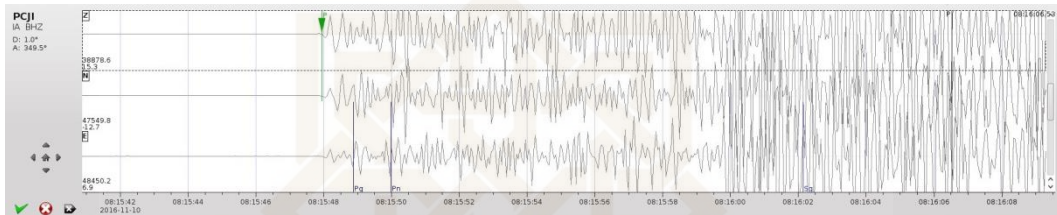
STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

Kejadian 8 (Gempabumi 9 November 2016)

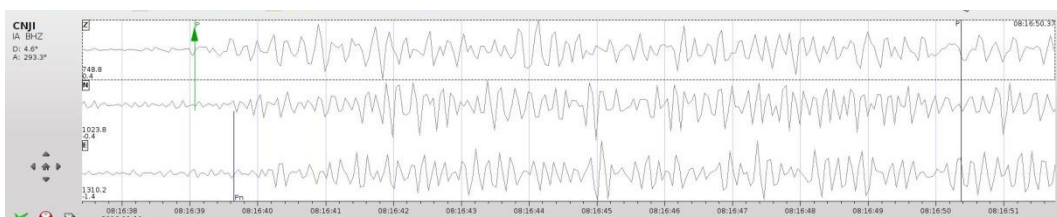
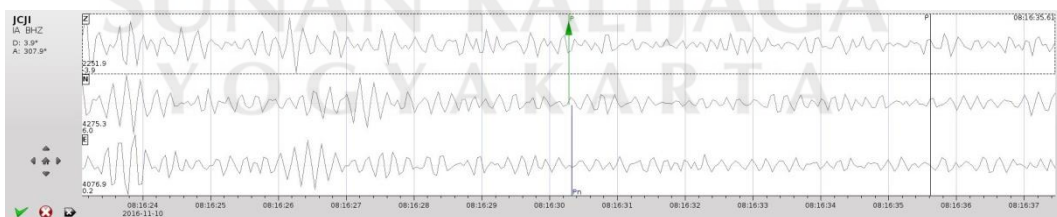
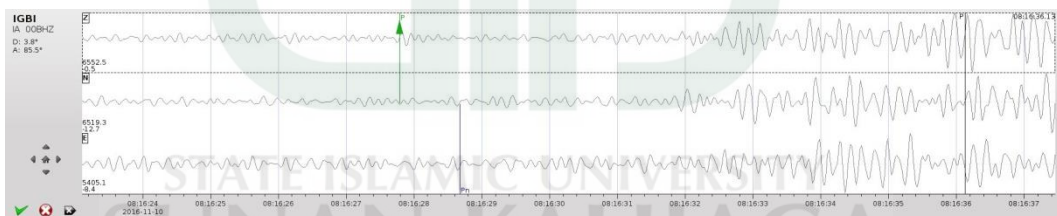
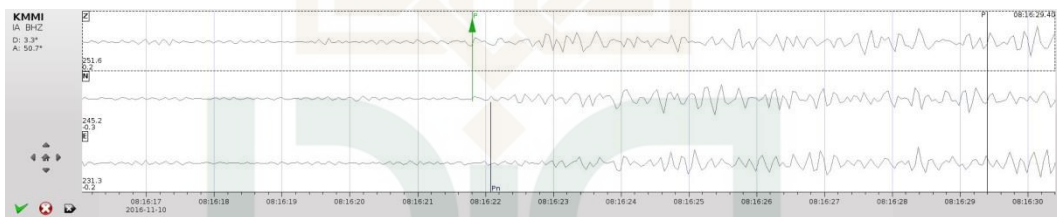
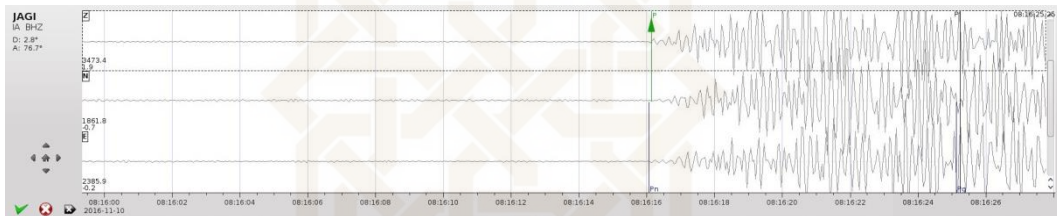
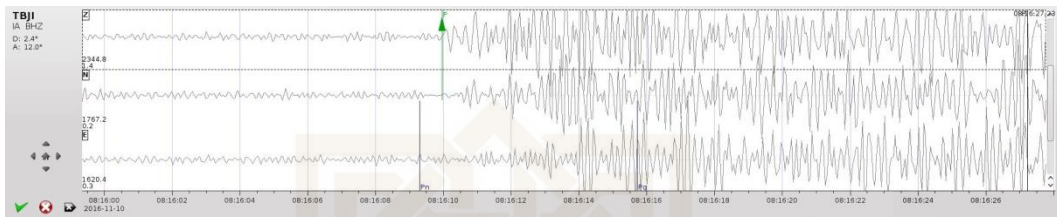
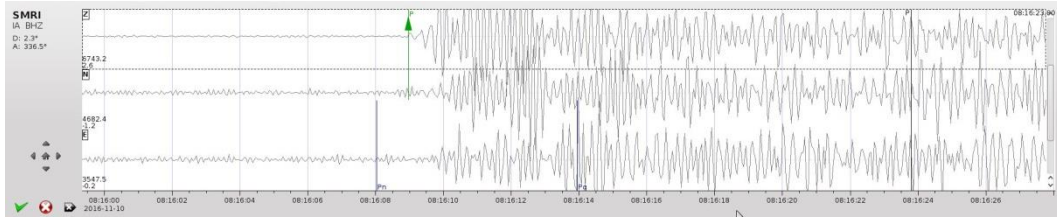


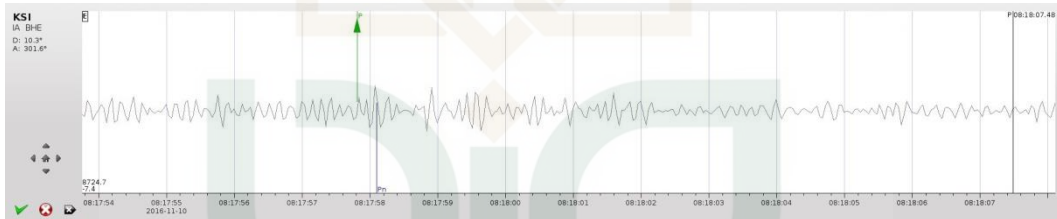
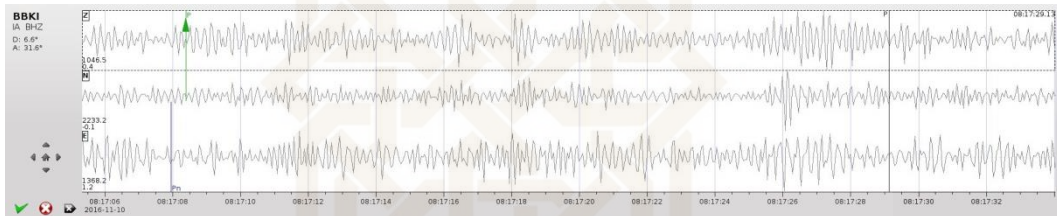
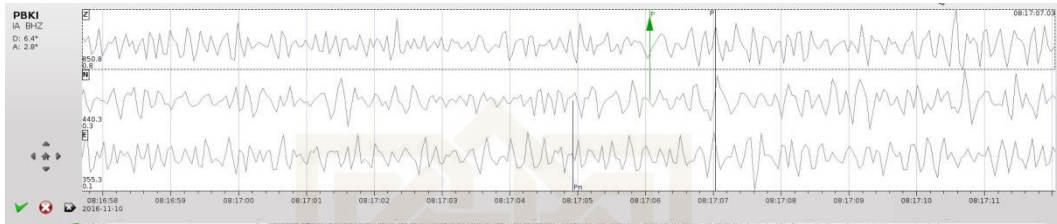
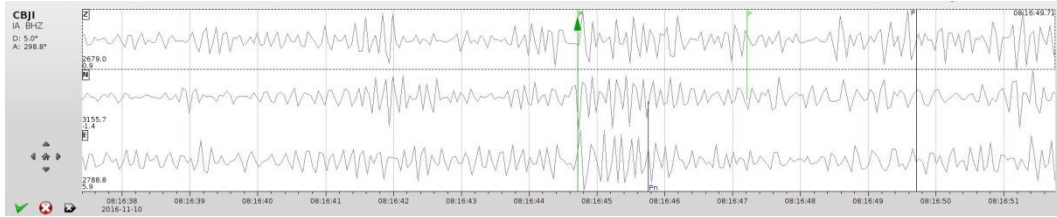


Kejadian 9 (Gempabumi 10 November 2016)

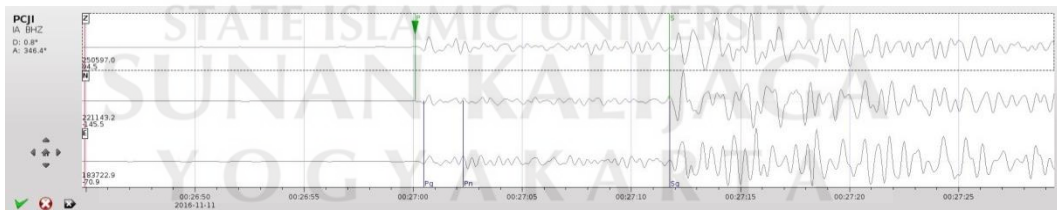


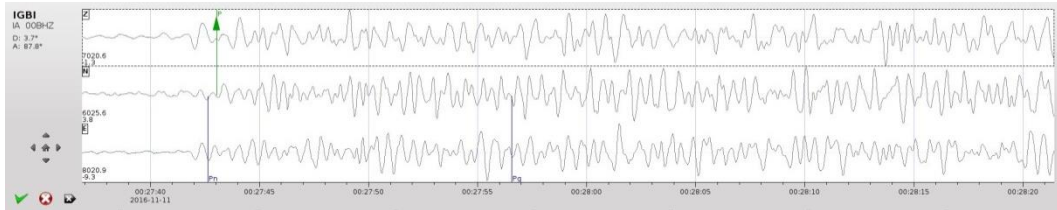
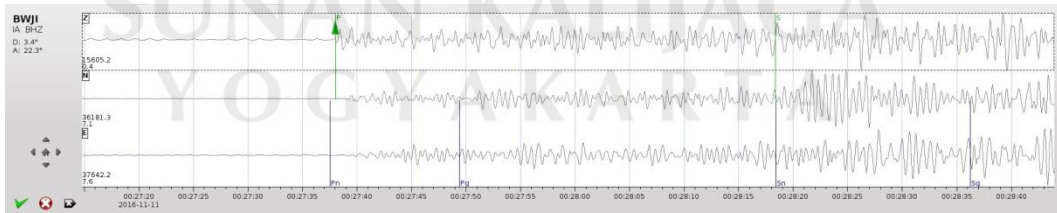
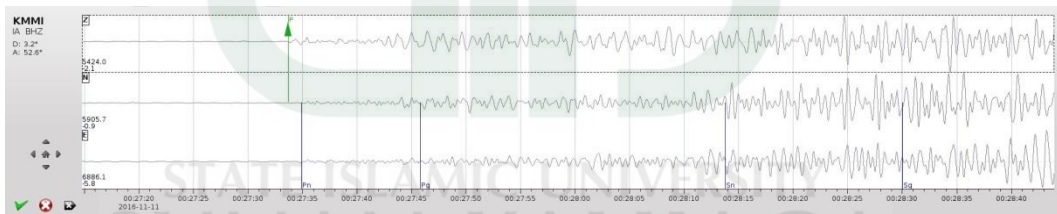
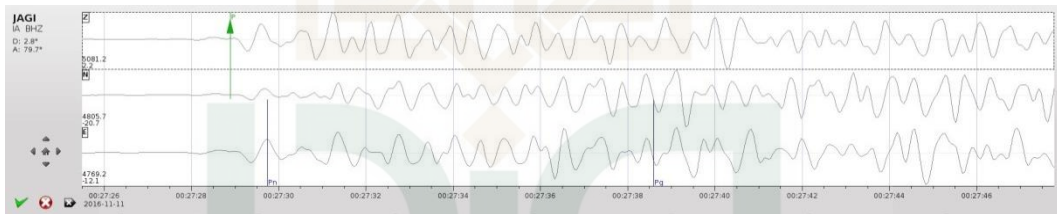
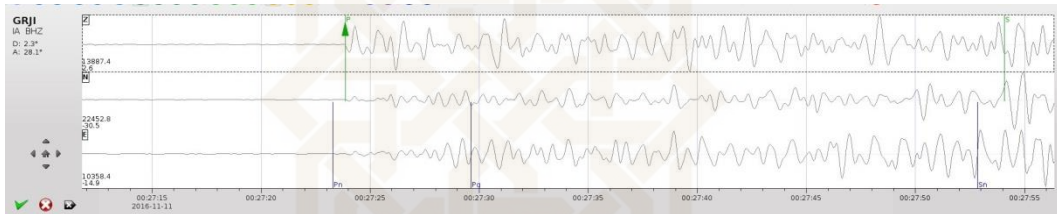
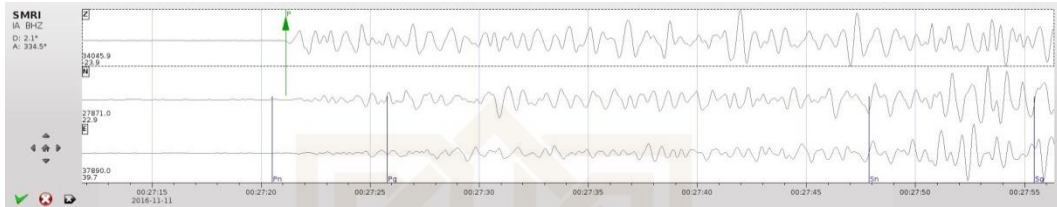
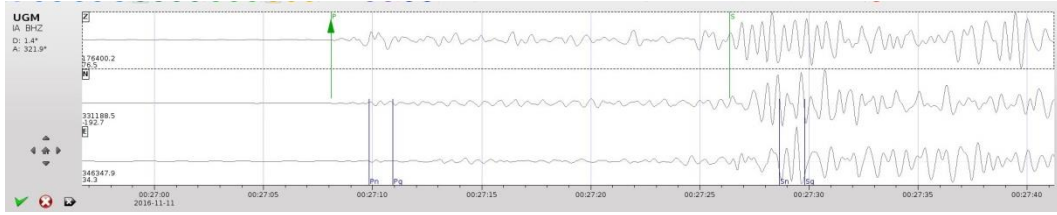




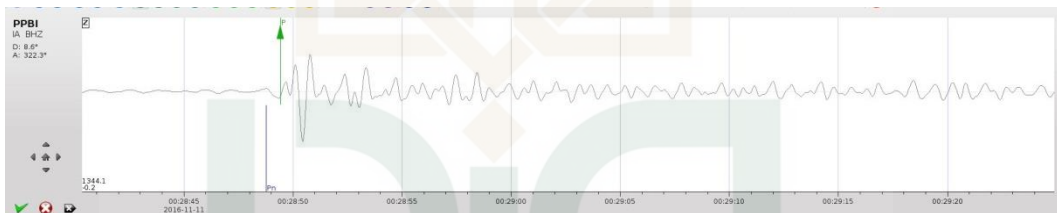
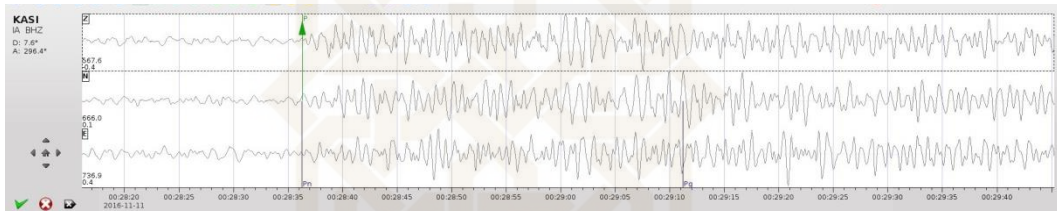
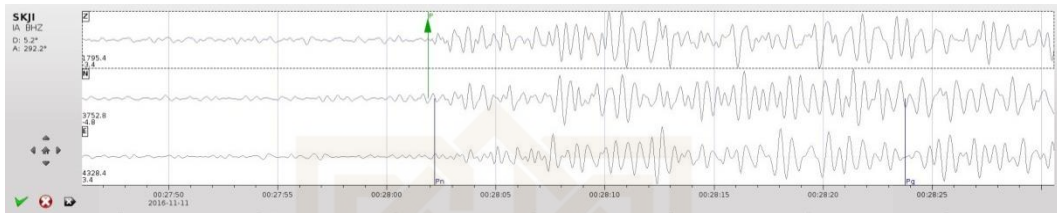
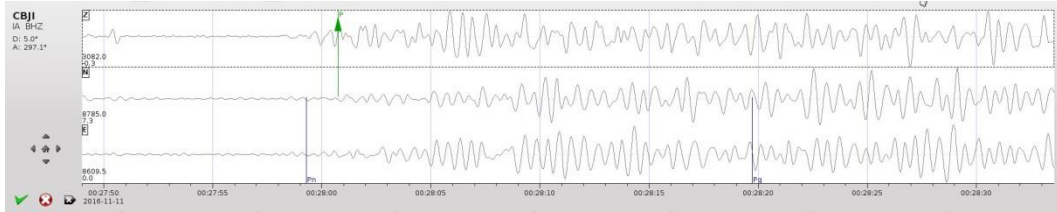


Kejadian 10 (Gempabumi 11 November 2016)

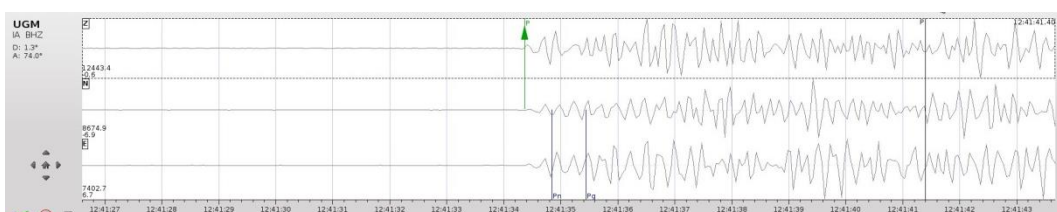
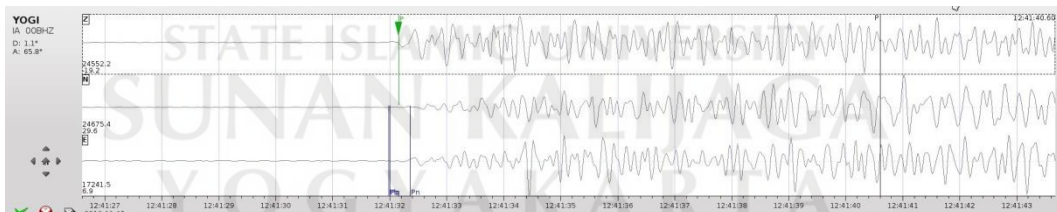


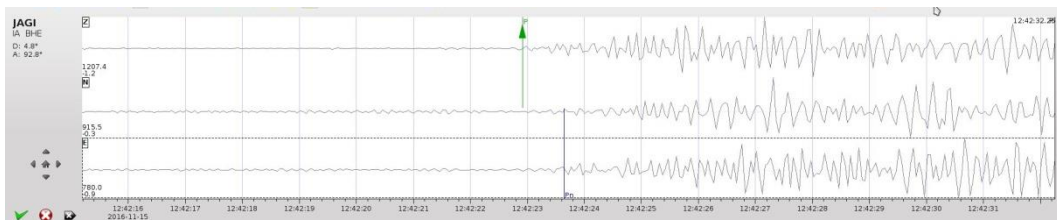
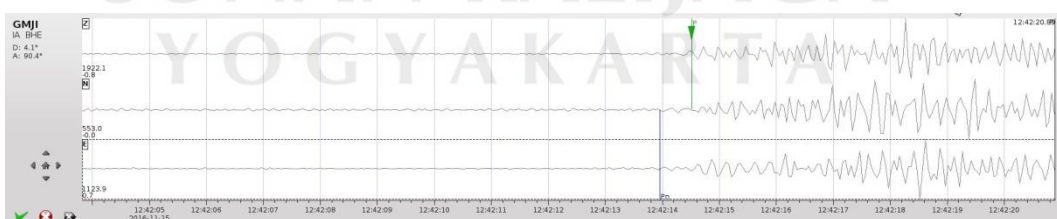
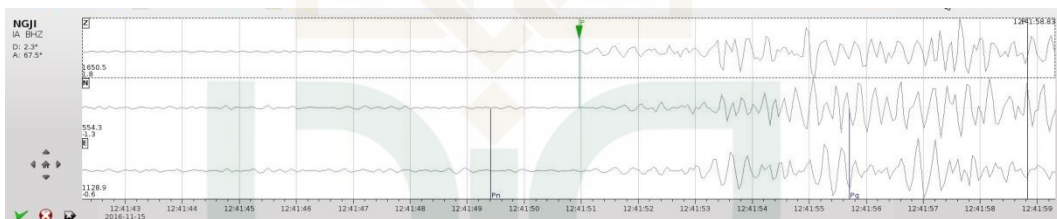
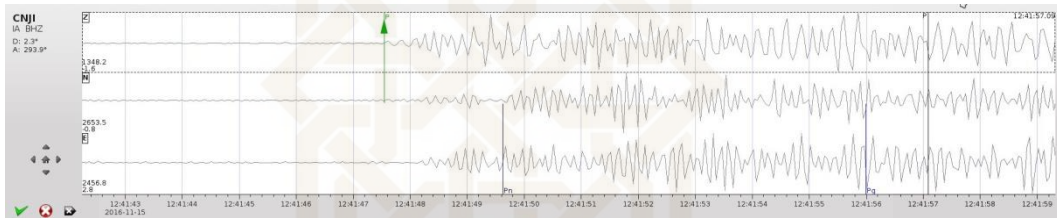
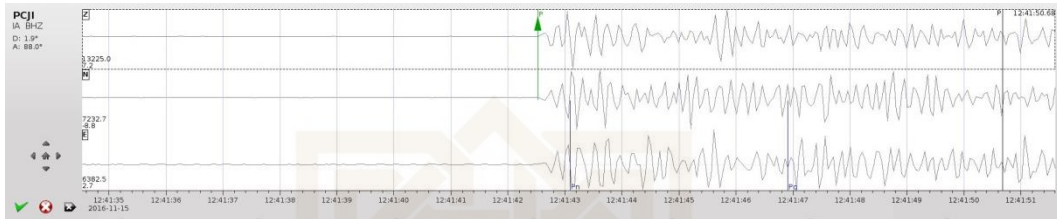




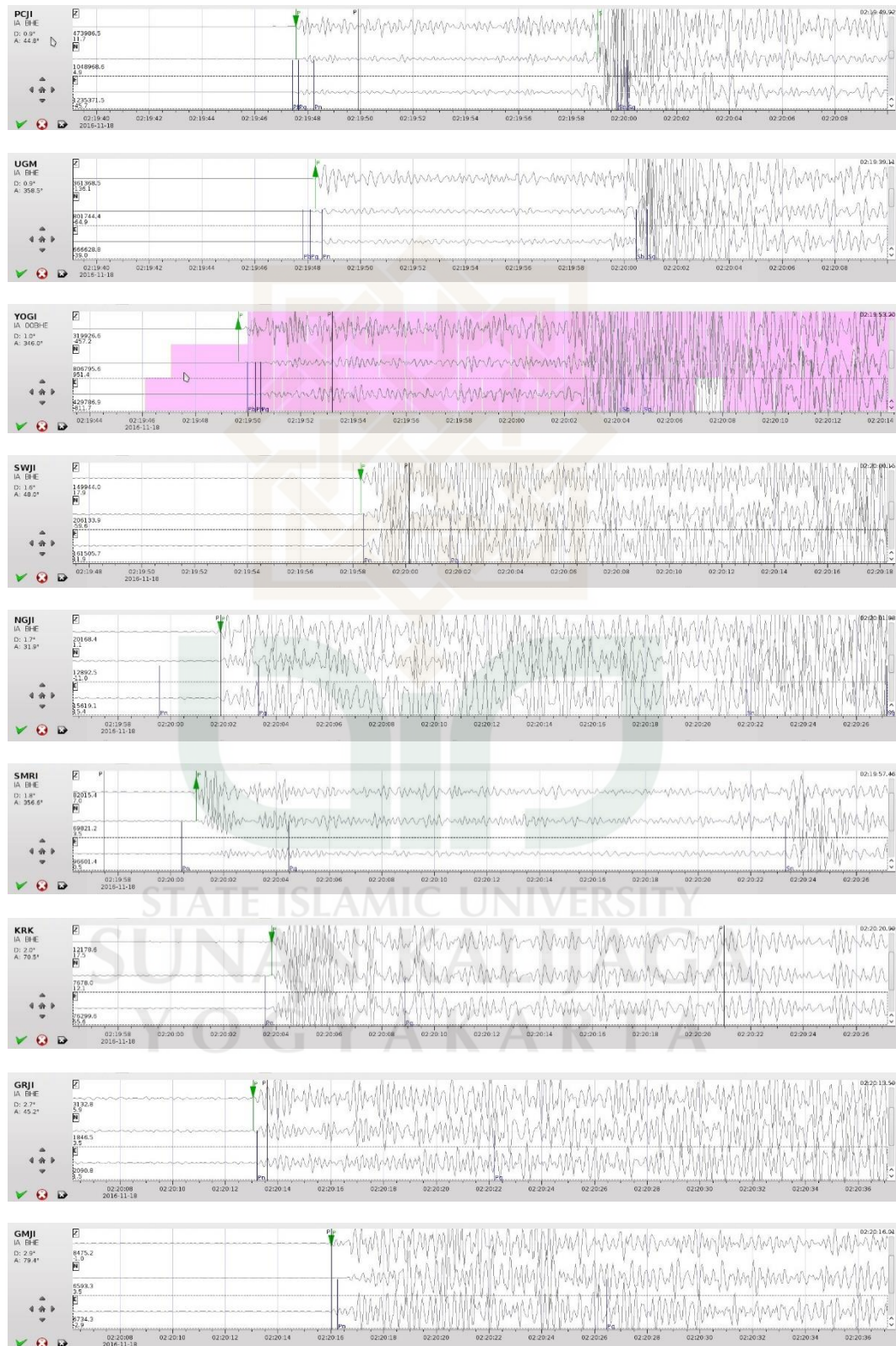


**Kejadian 11 (Gempabumi 15 November 2016)**

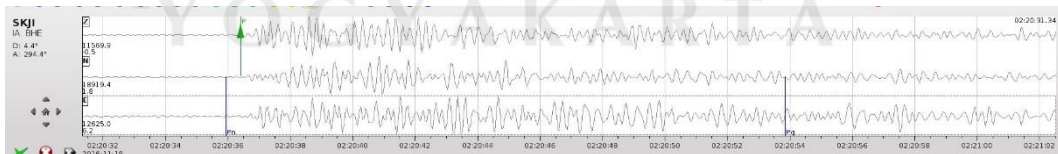
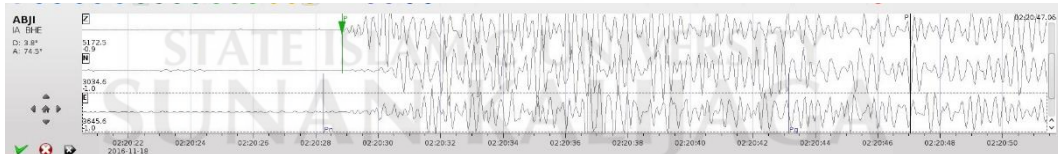
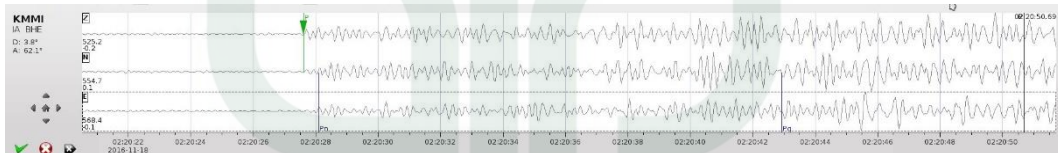
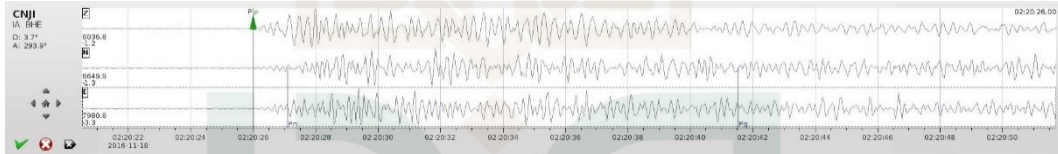
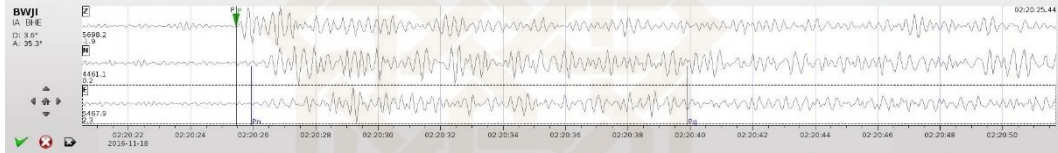
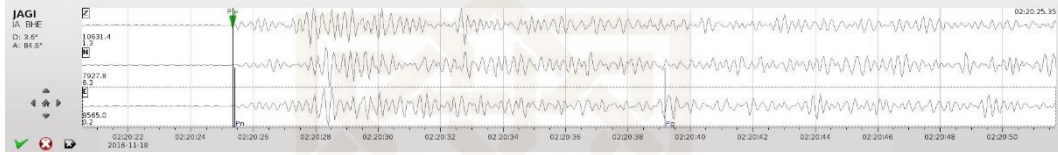
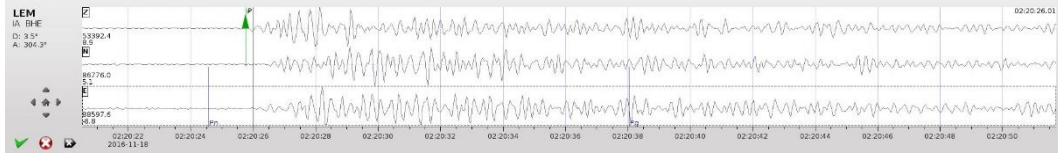
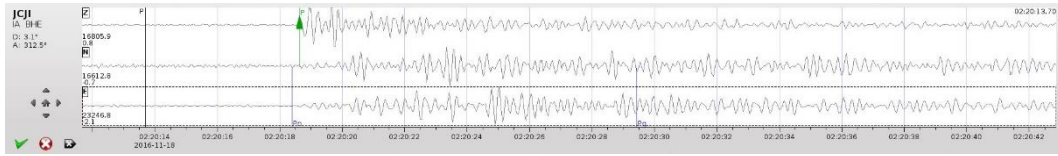




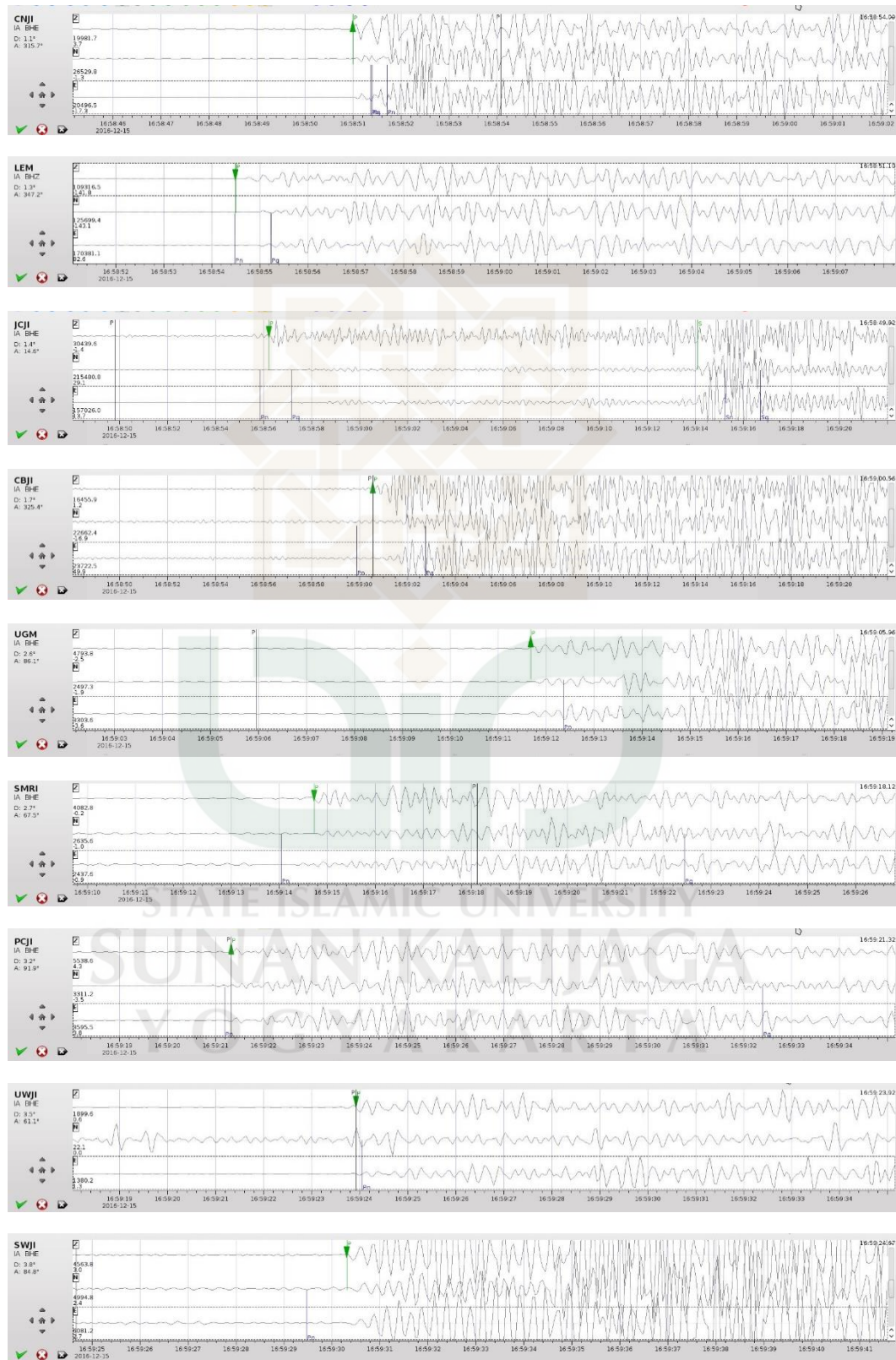
### Kejadian 12 (Gempabumi 18 November 2016)



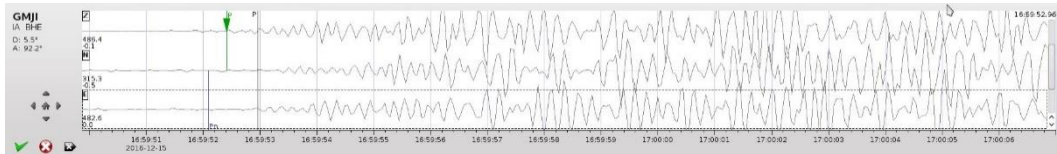
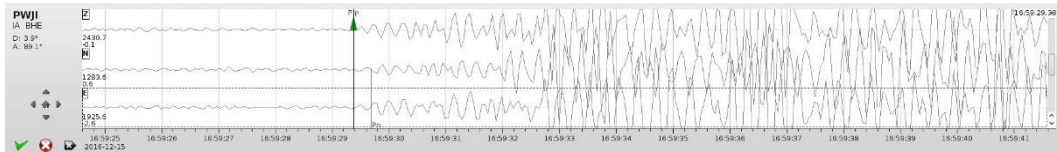




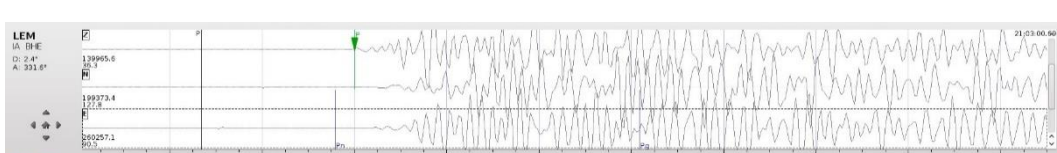
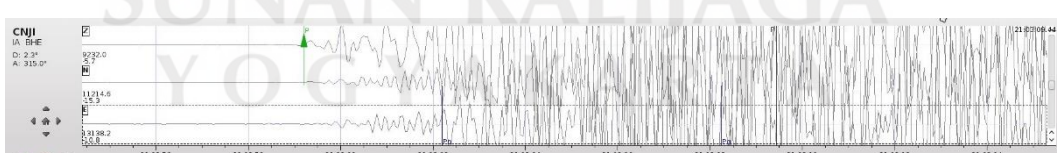
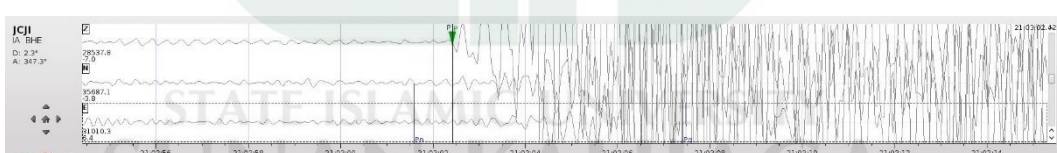
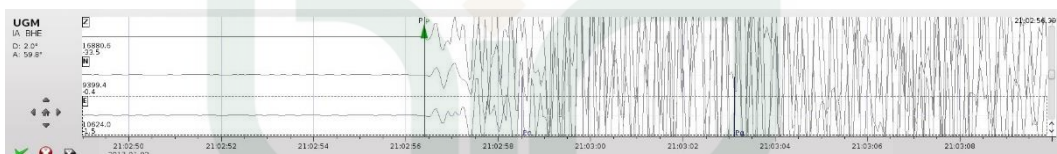
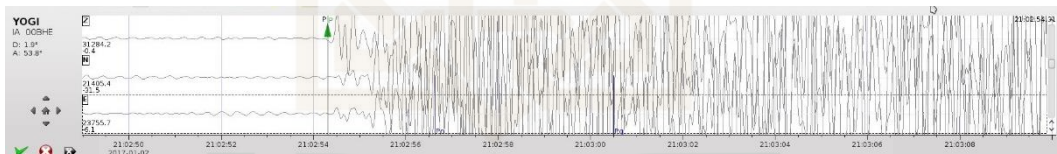
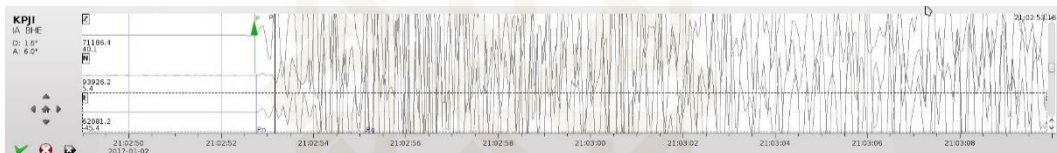
Kejadian 13 (Gempabumi 15 Desember 2016)



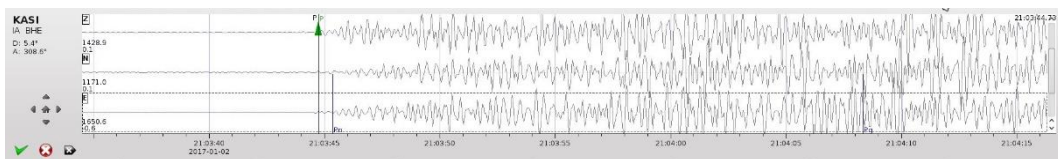
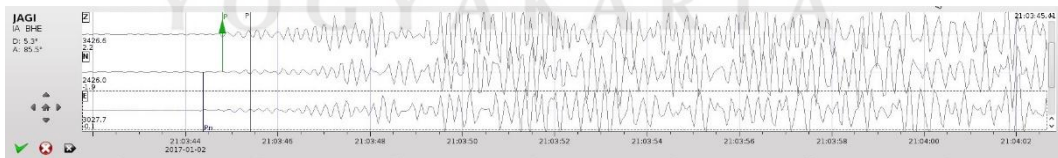
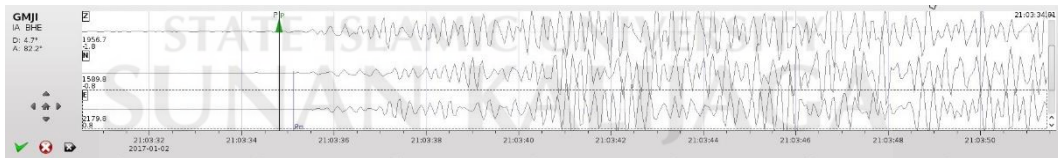
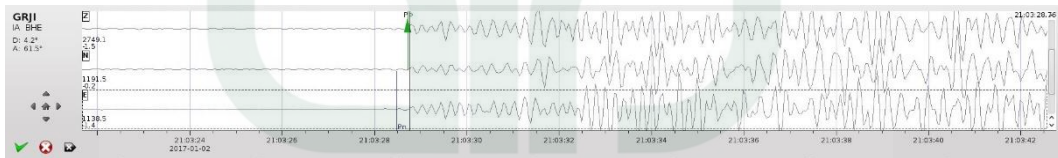
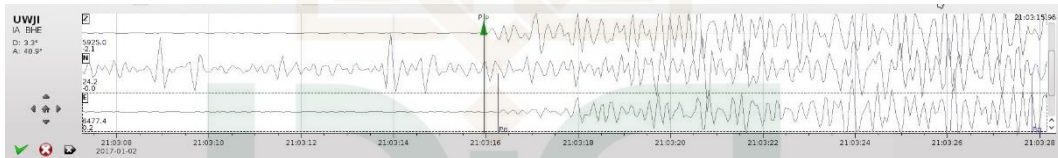
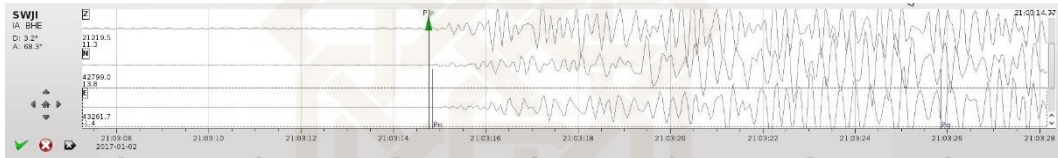
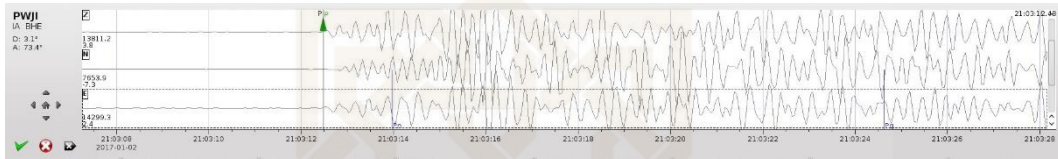
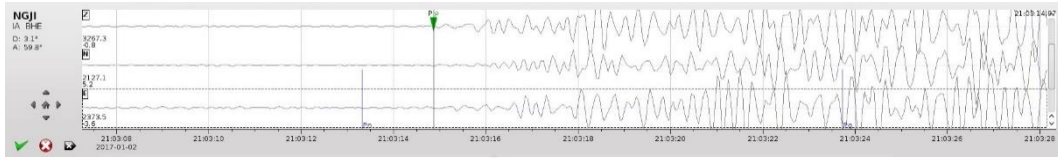
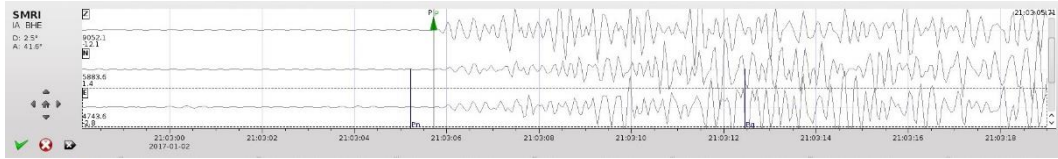


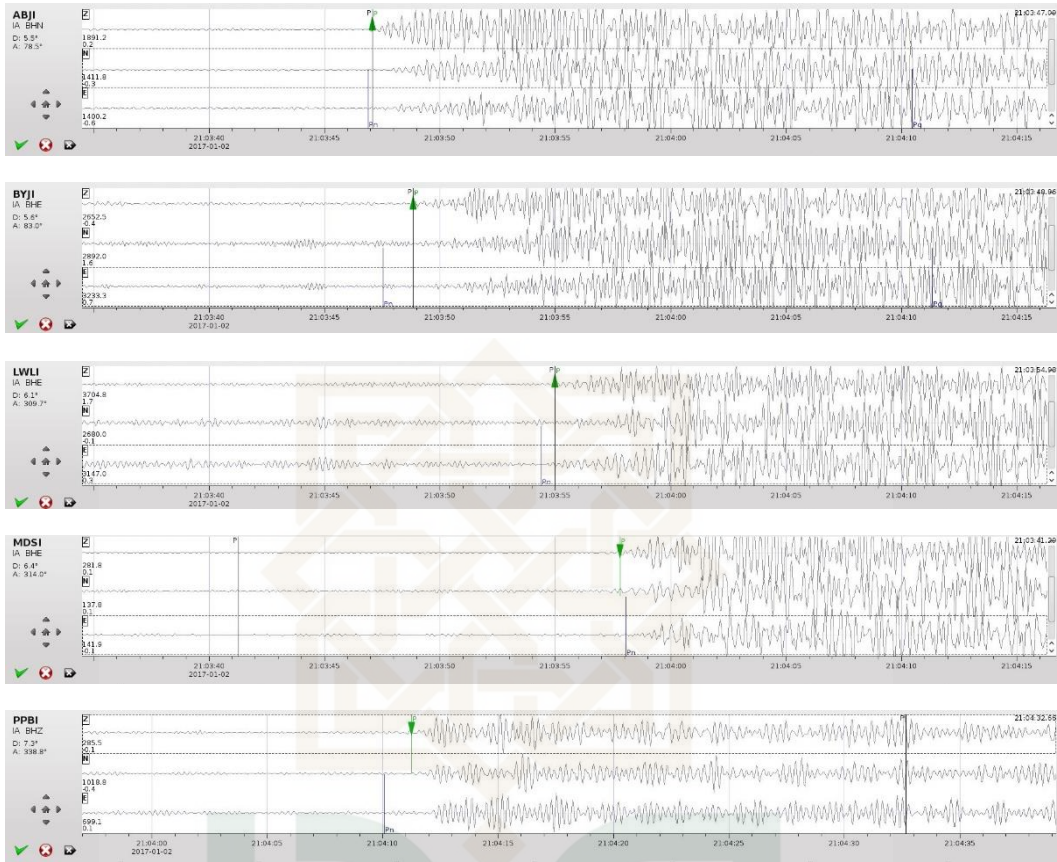


Kejadian 14 (Gempabumi 3 Januari 2017)

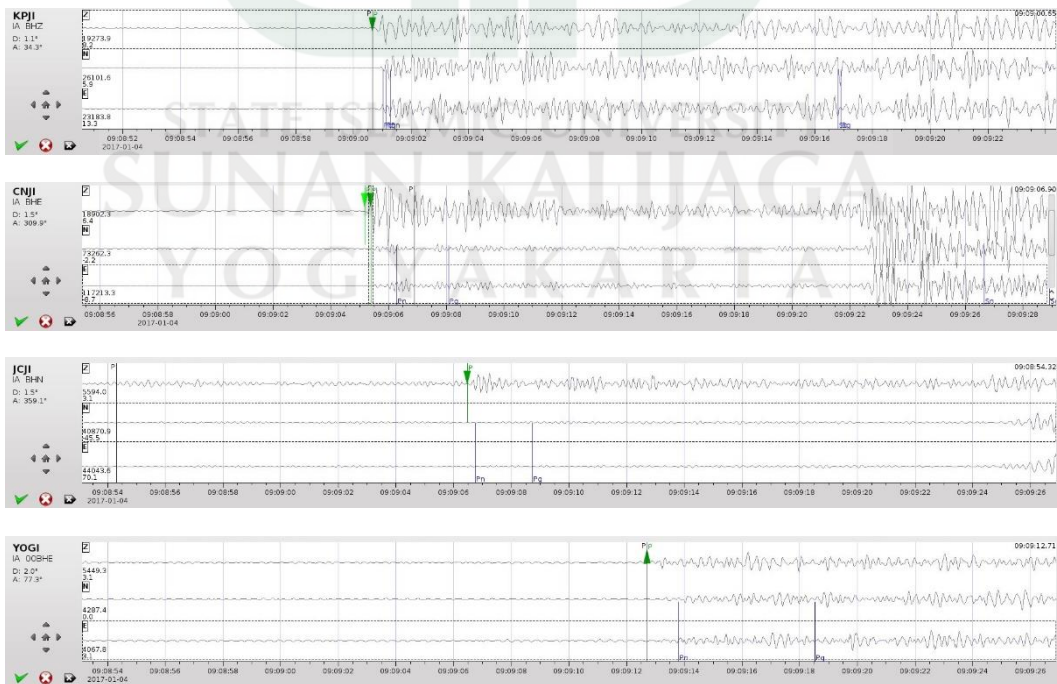




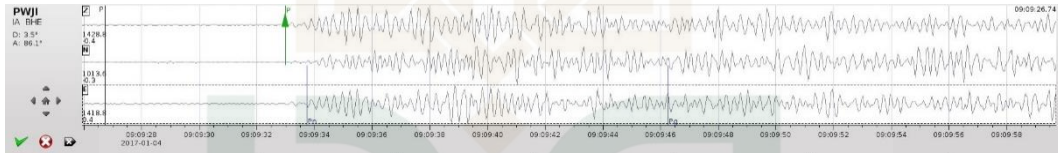
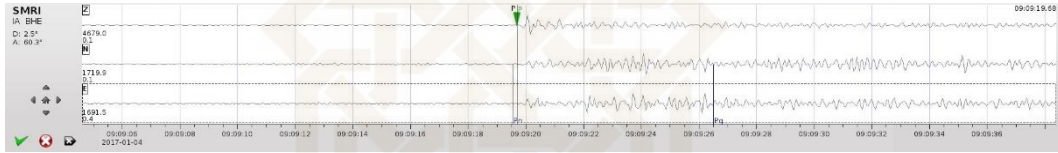
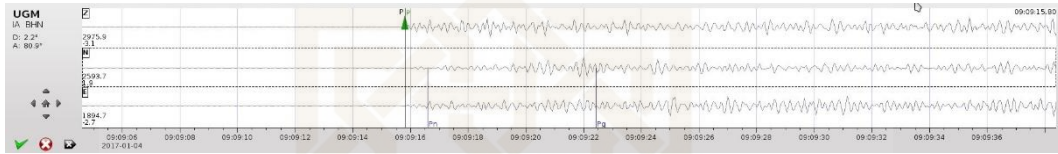
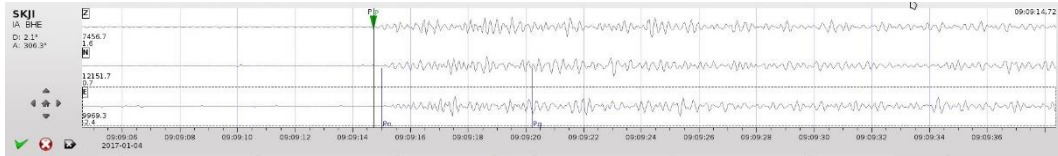
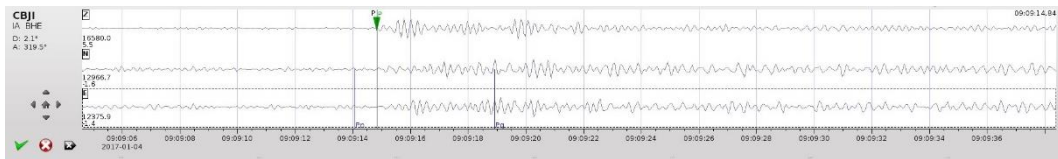




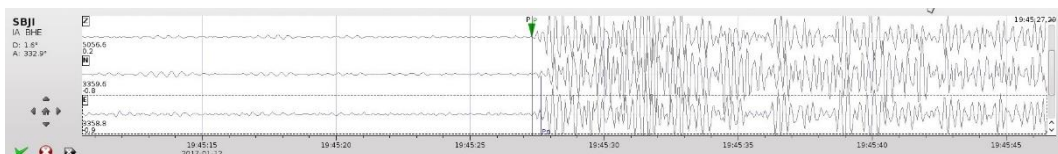
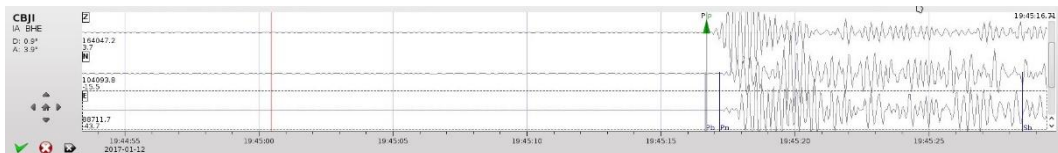
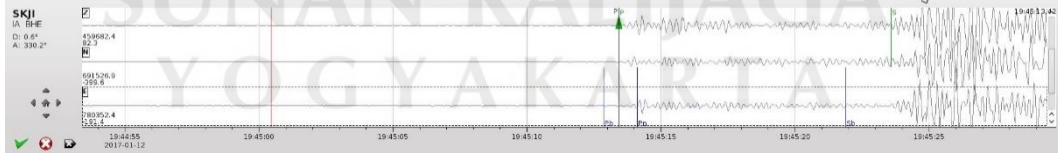
Kejadian 15 (Gempabumi 4 Januari 2017)

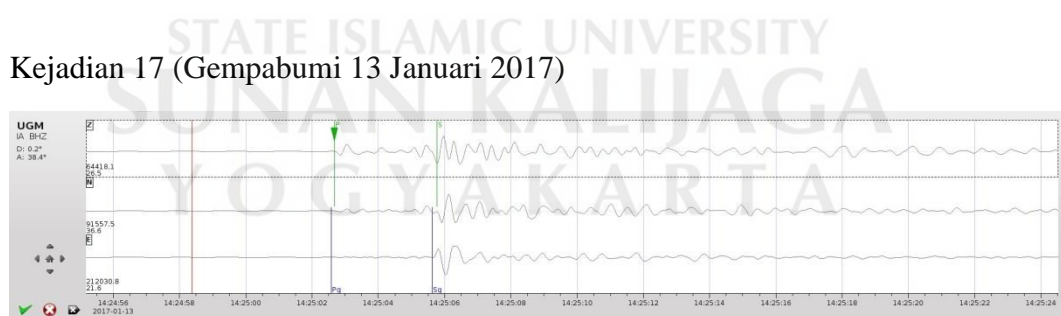
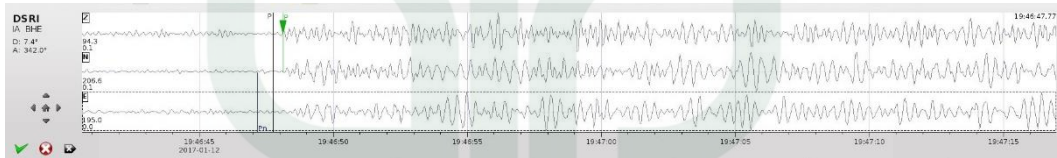
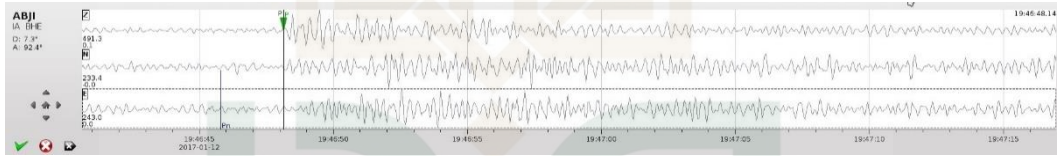
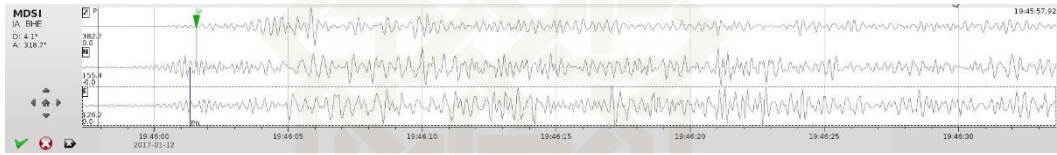
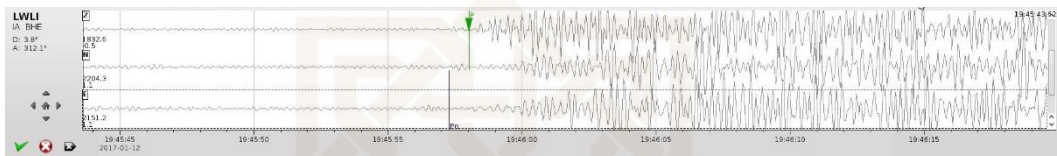
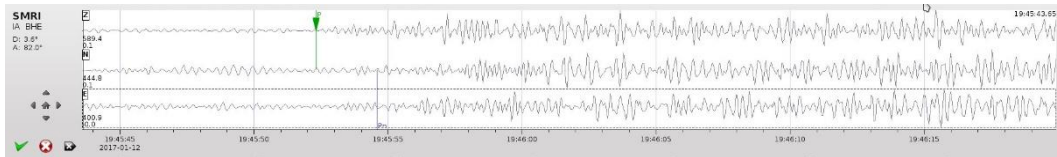
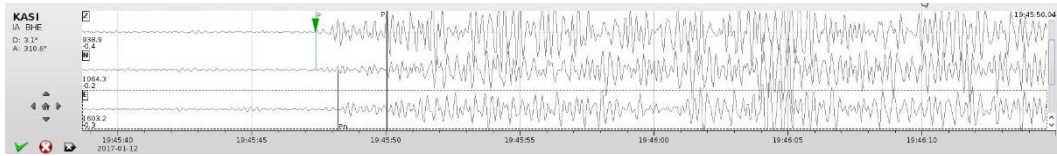






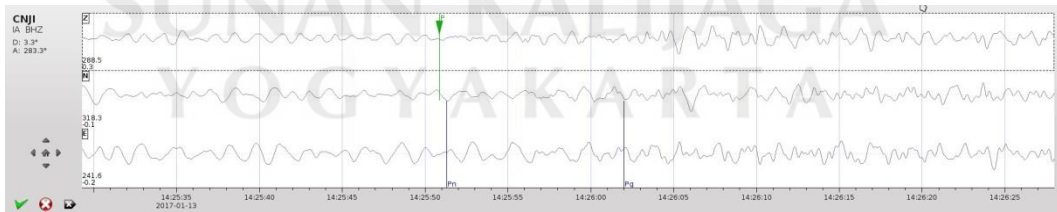
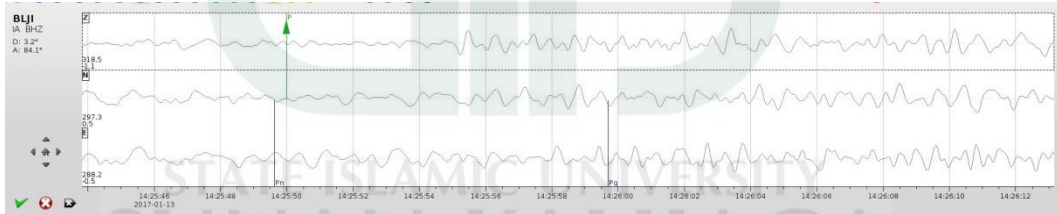
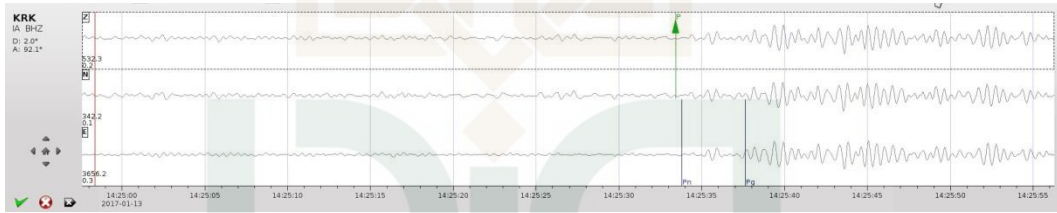
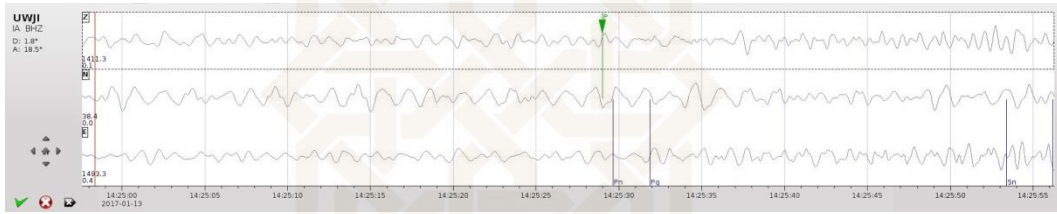
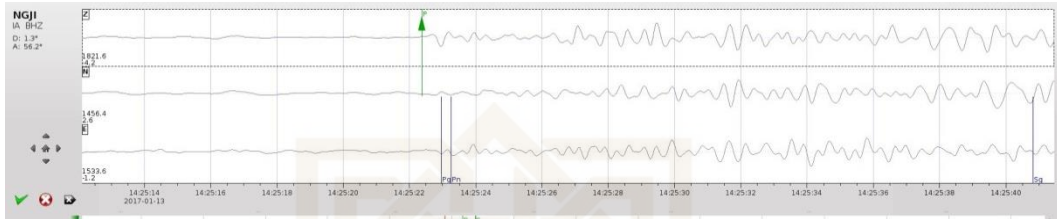
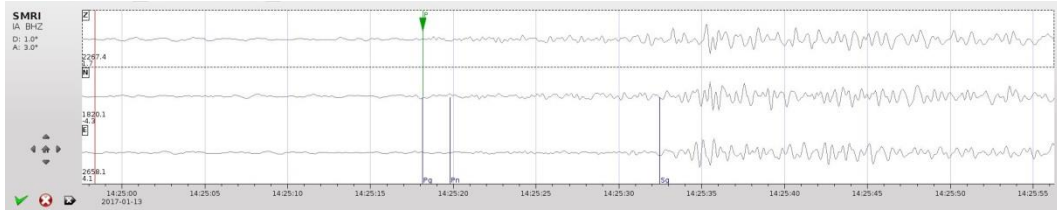
### Kejadian 16 (Gempabumi 13 Januari 2017)



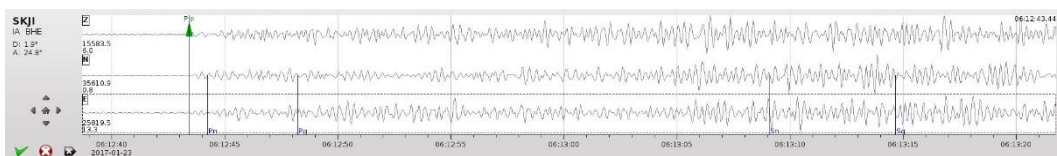


STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

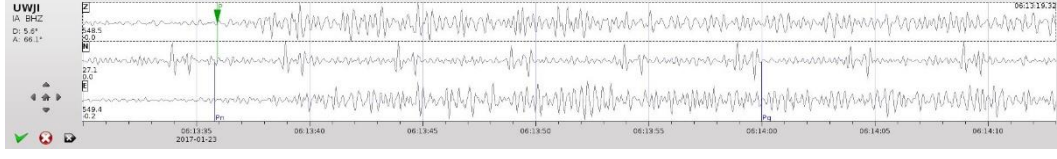
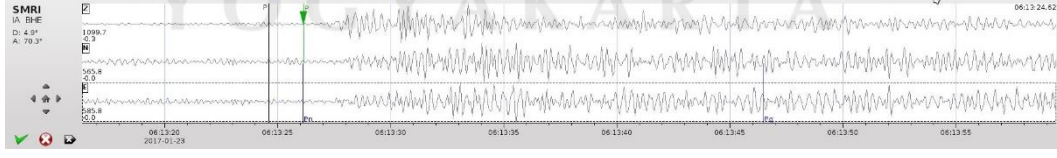
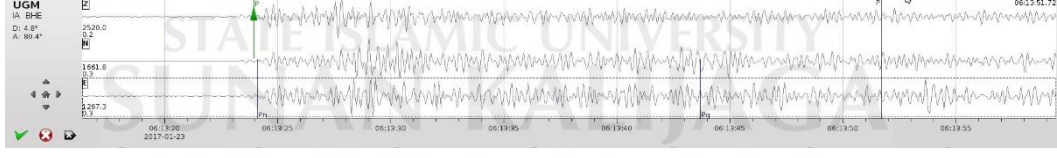
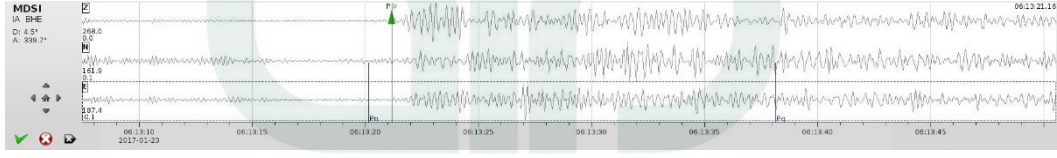
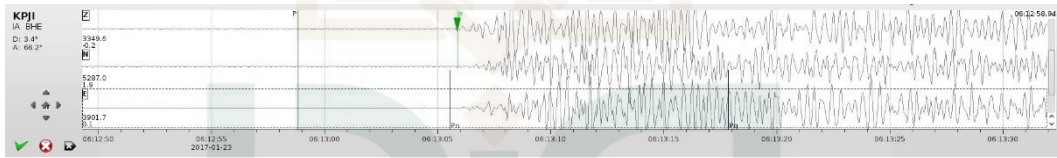
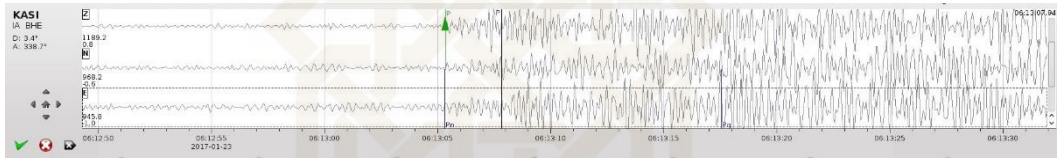
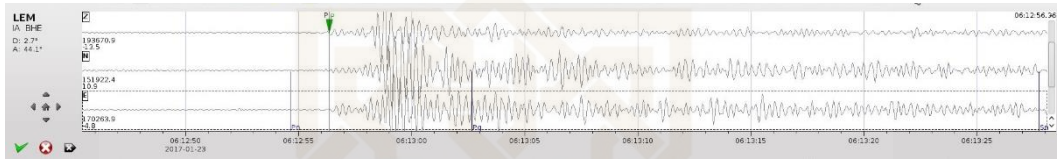
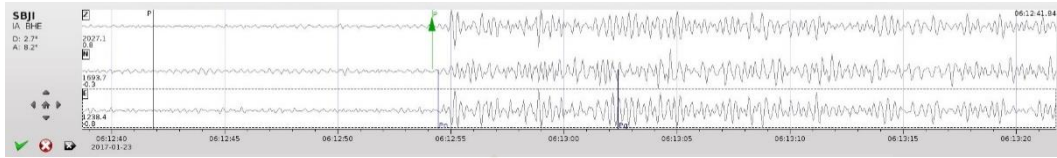
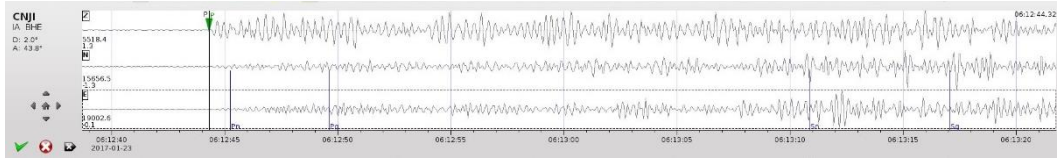
Kejadian 17 (Gempabumi 13 Januari 2017)



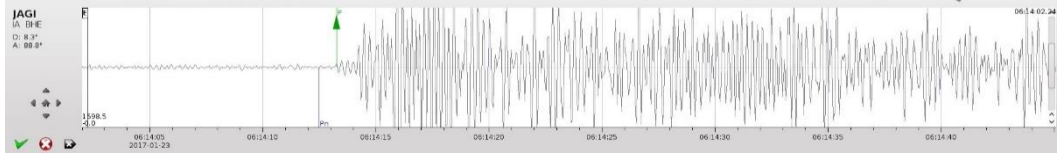
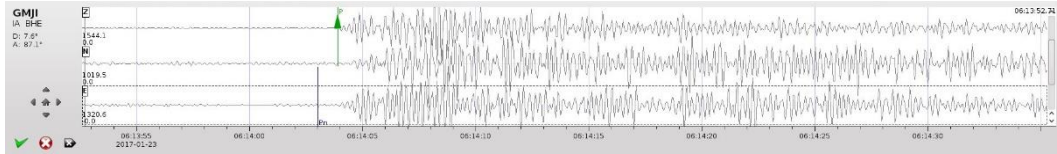
Kejadian 18 (23 Januari 2017)



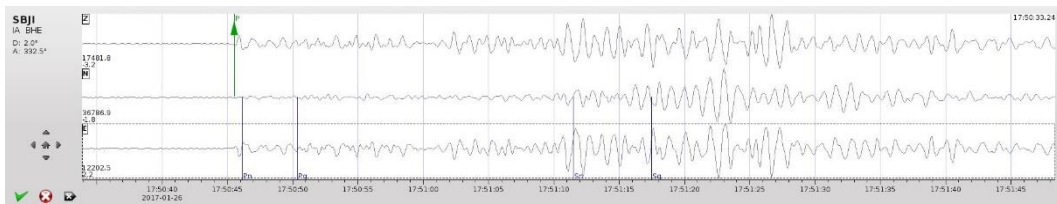
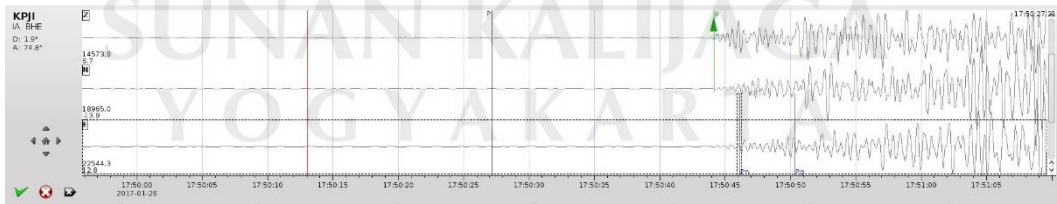
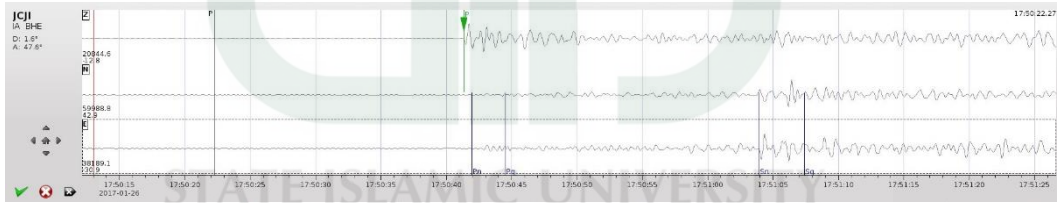
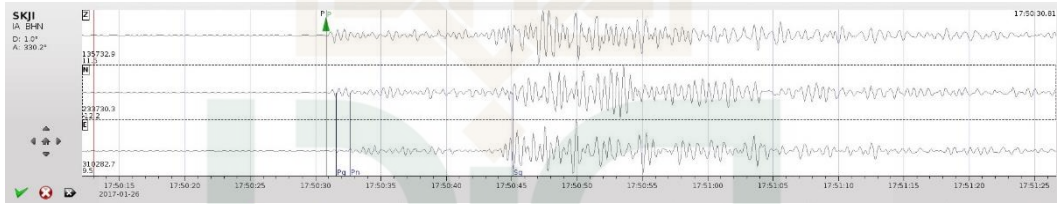
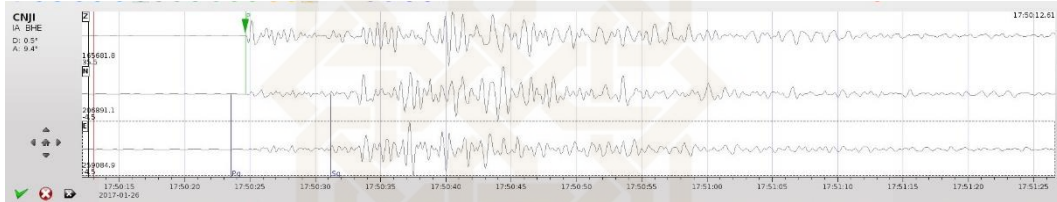


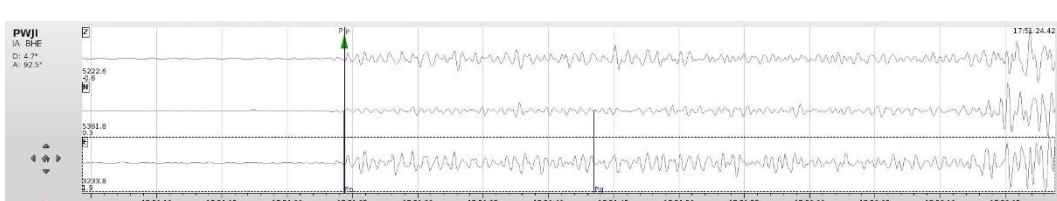
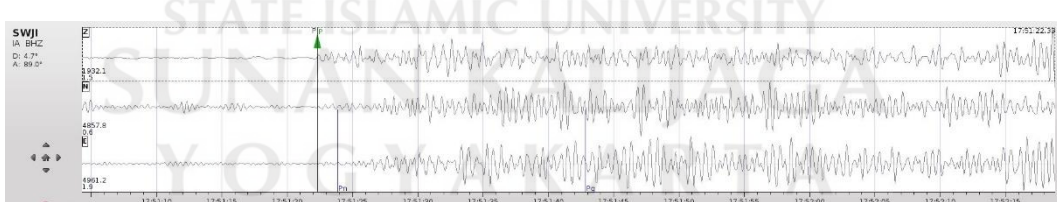
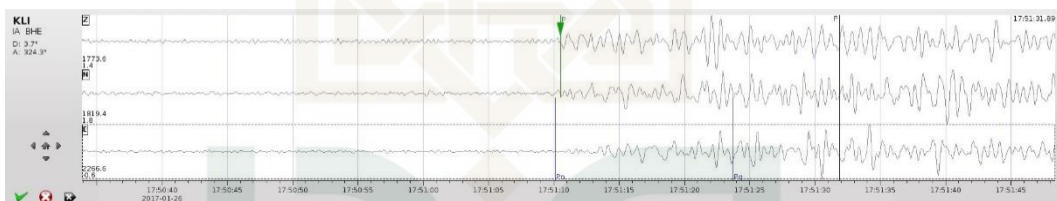
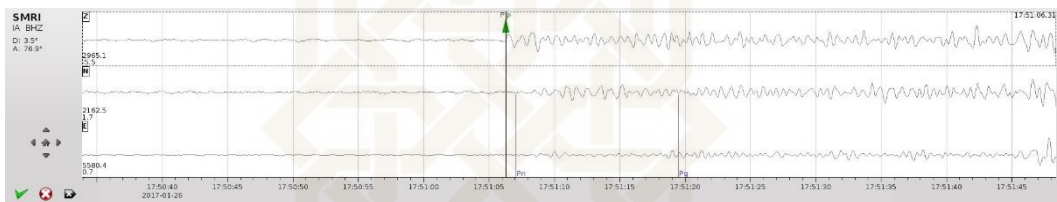
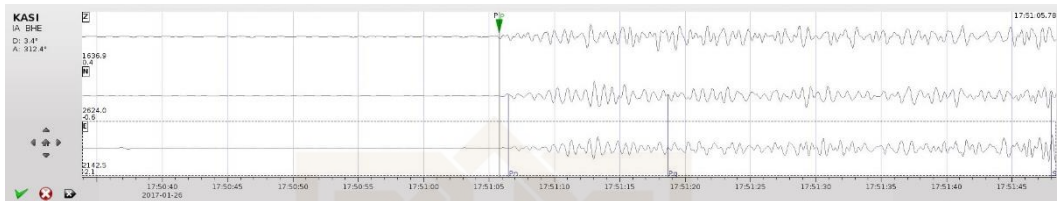
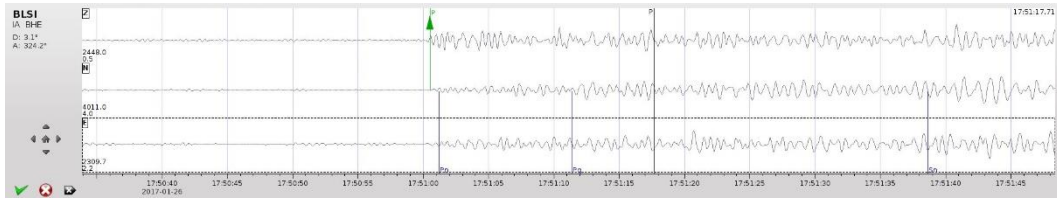


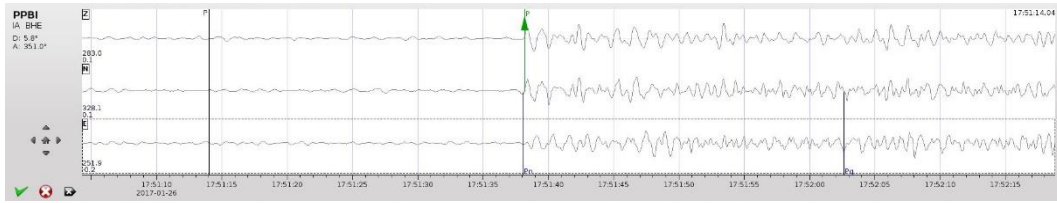




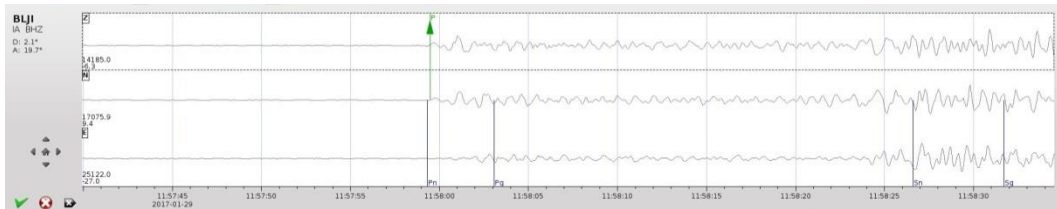
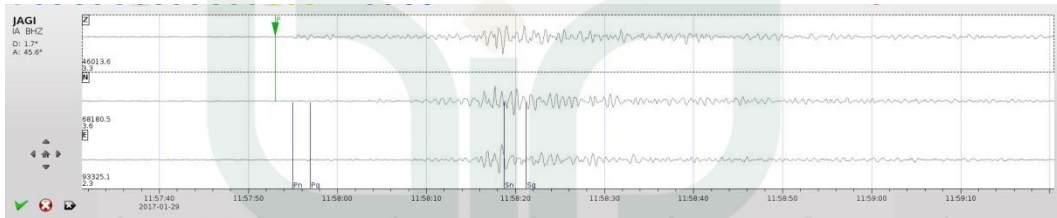
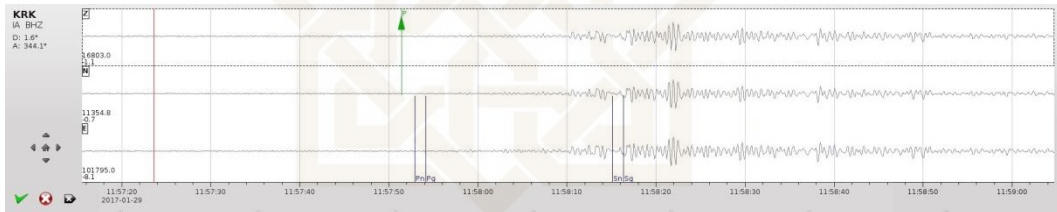
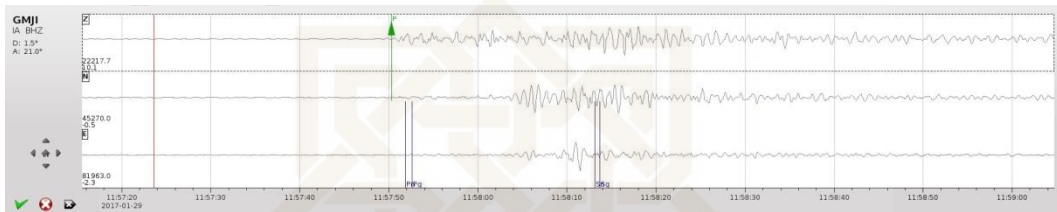
Kejadian 19 (Gempabumi 27 Januari 2017)



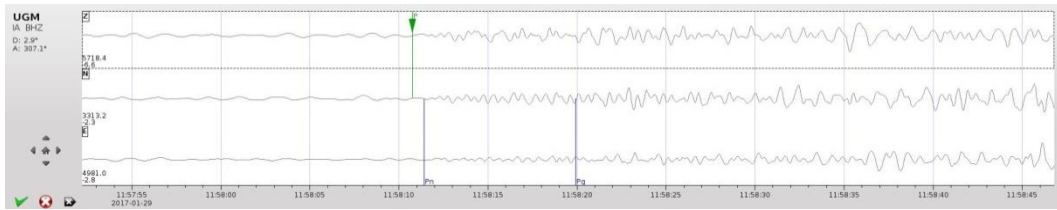
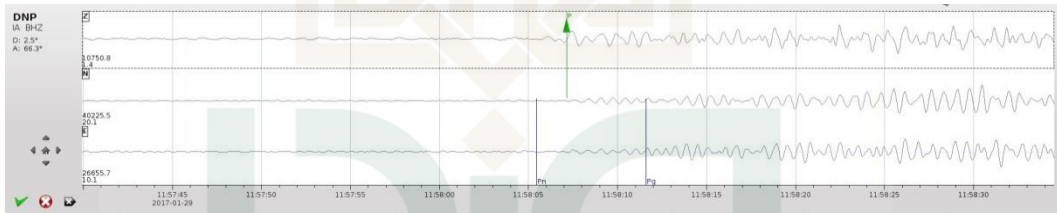
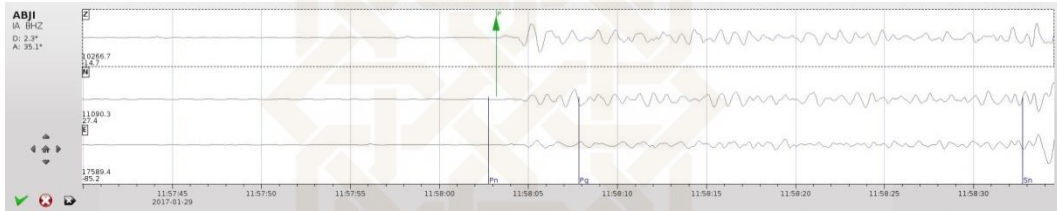
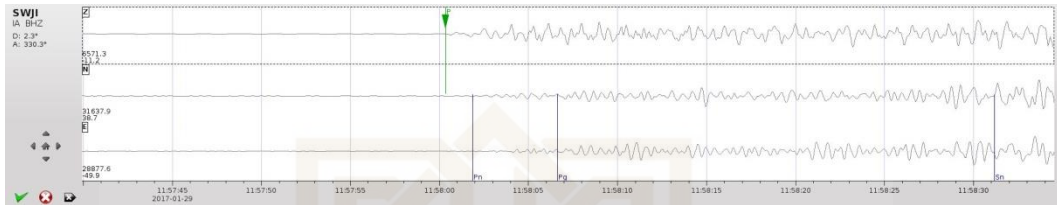
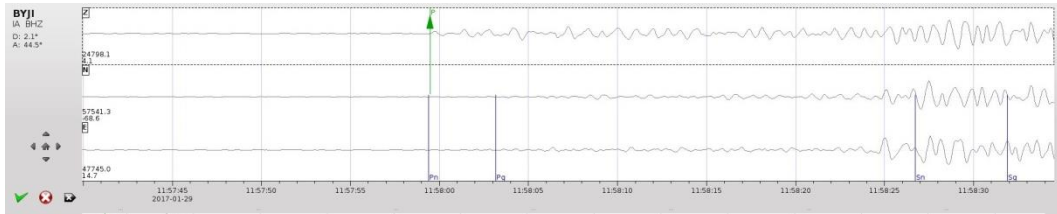


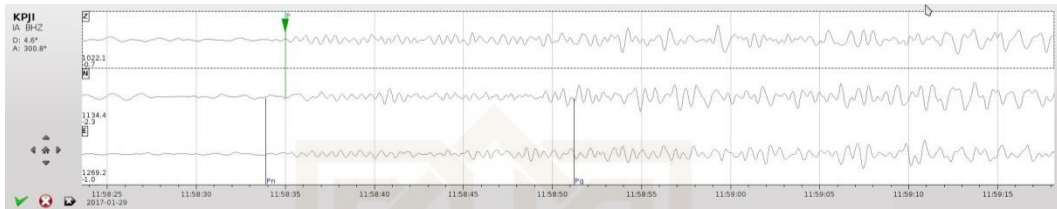
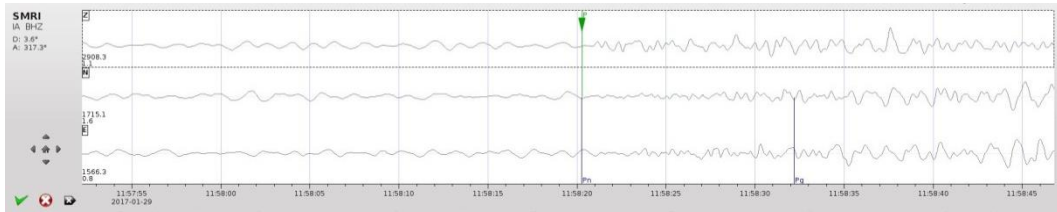


Kejadian 20 (Gempabumi 29 Januari 2017)

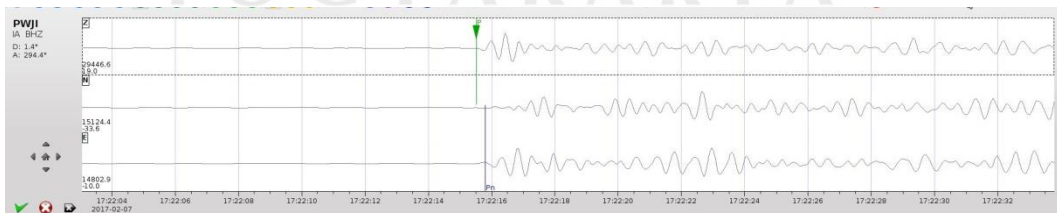
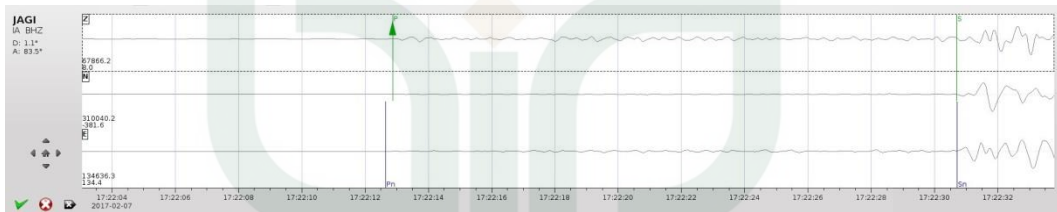
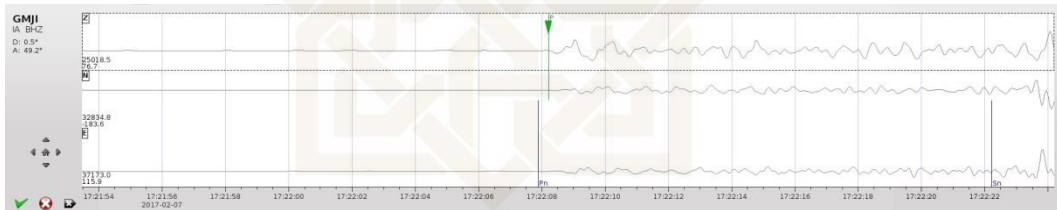




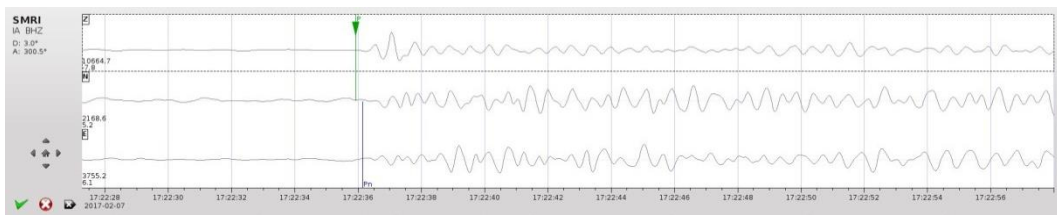
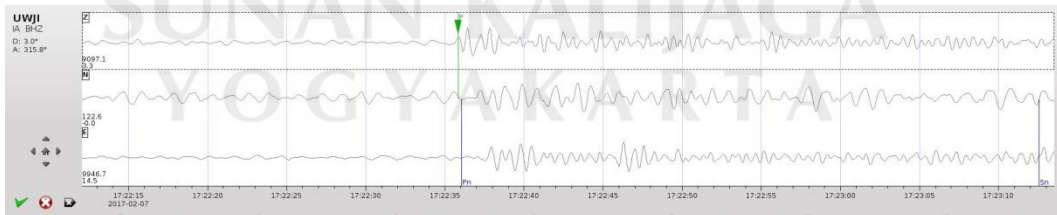
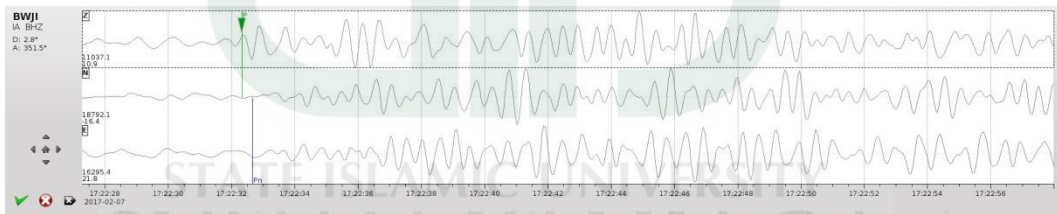
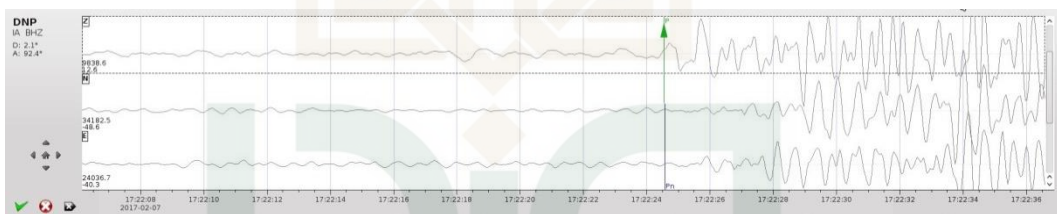
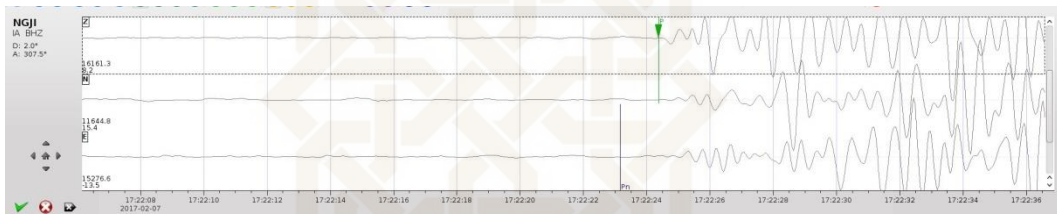
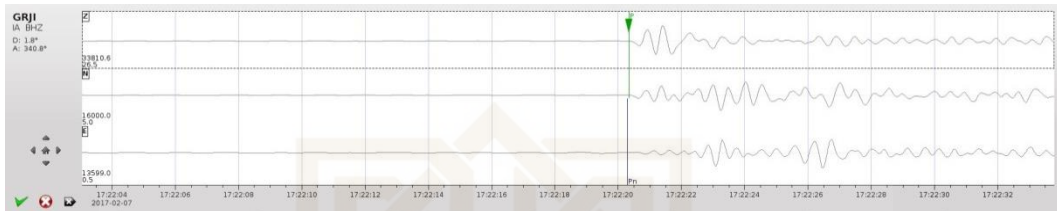
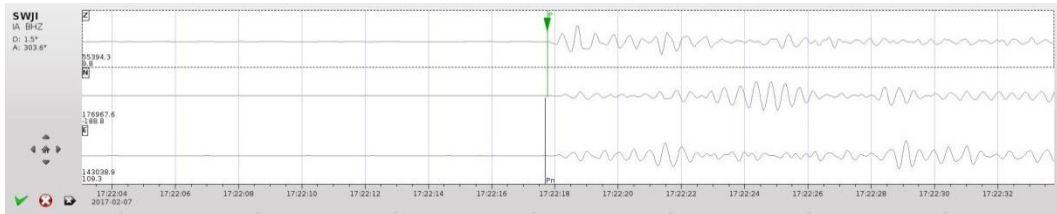


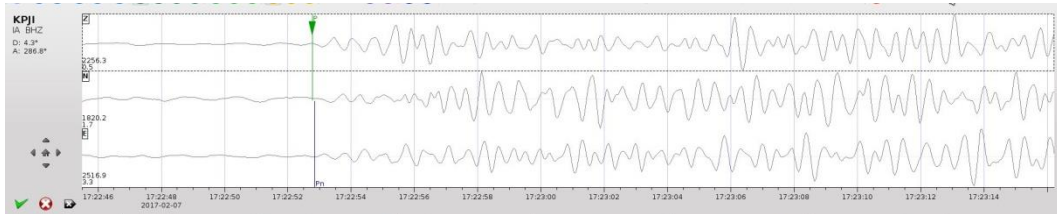


Kejadian 21 (Gempabumi 8 Februari 2017)

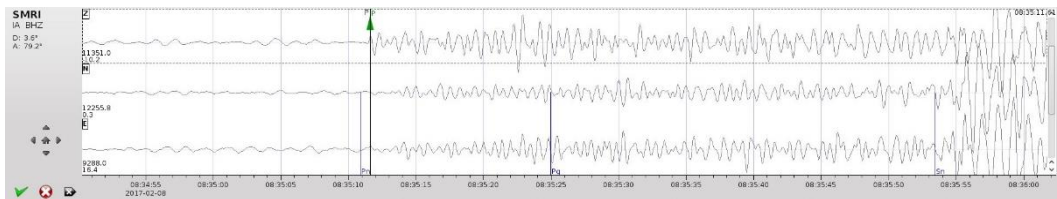
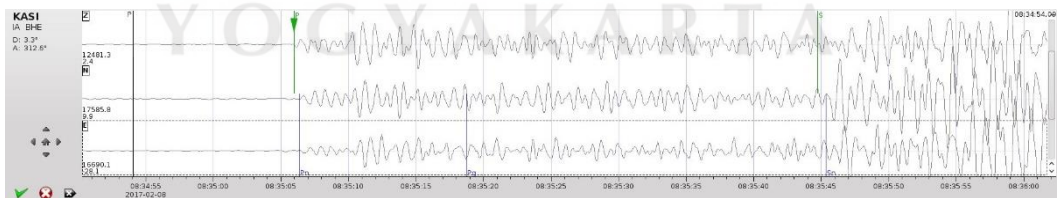
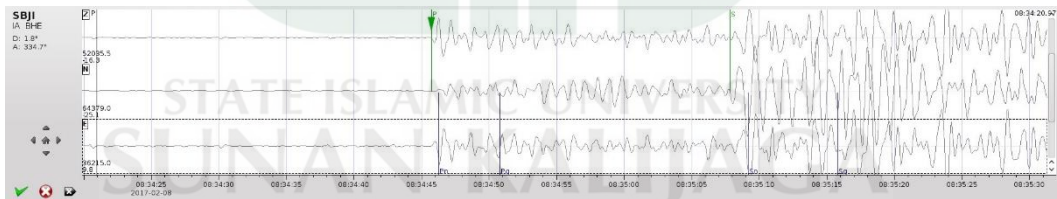
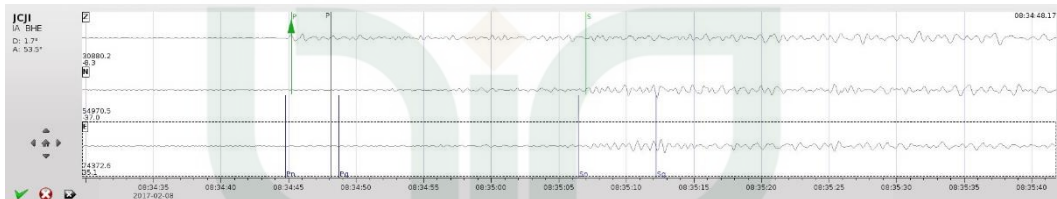
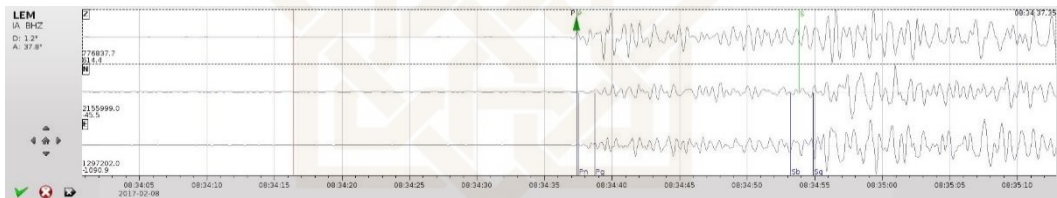
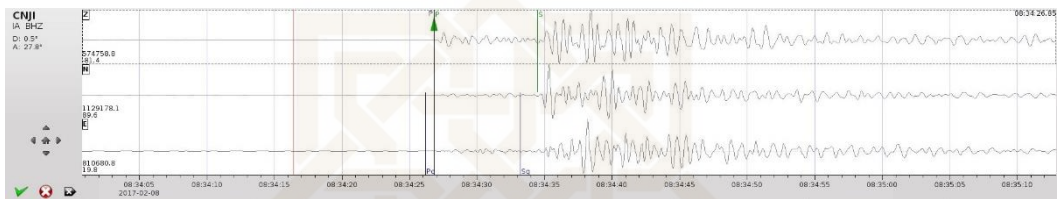


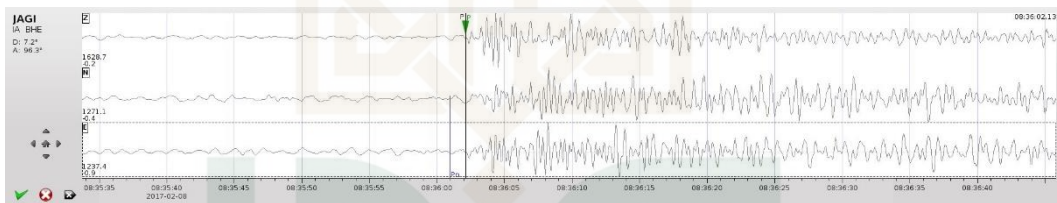
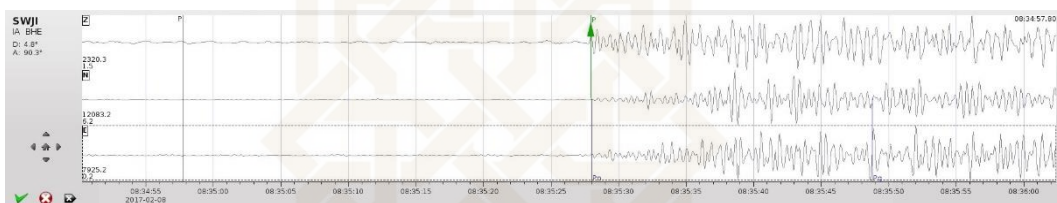
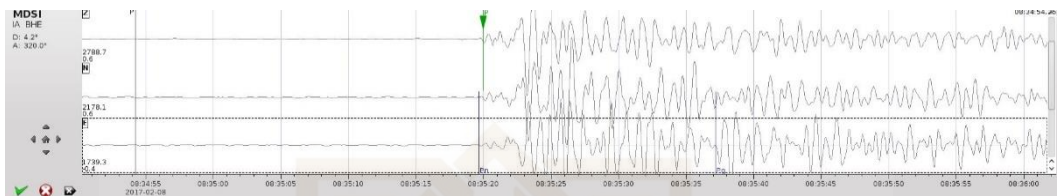
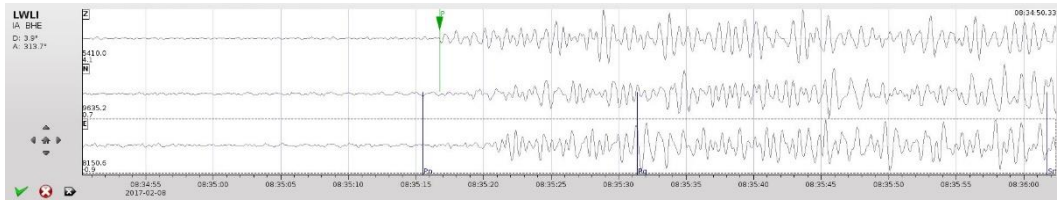




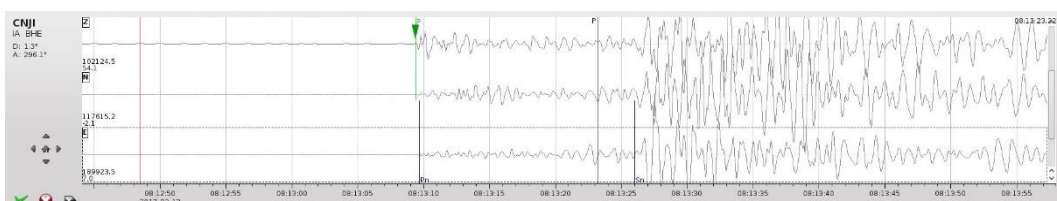
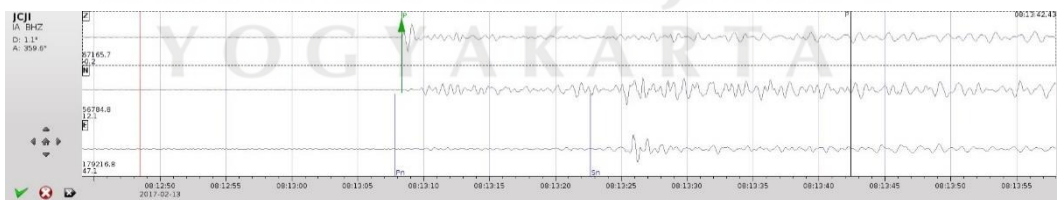
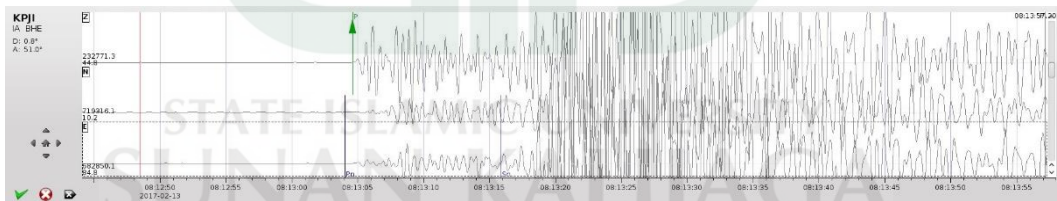


Kejadian 22 (Gempabumi 8 Februari 2017)

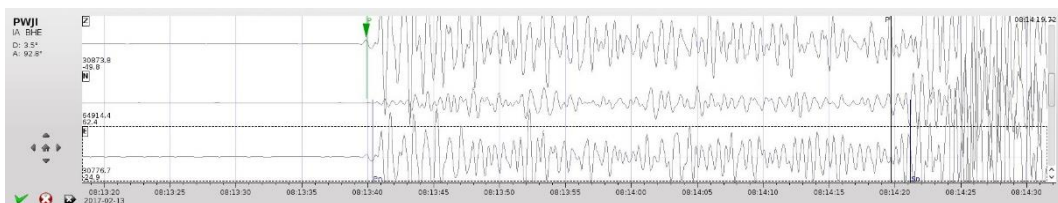
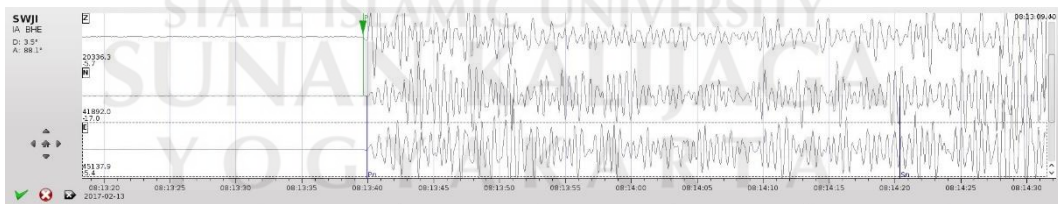
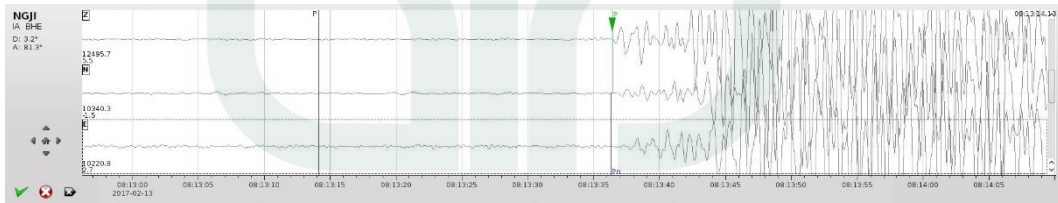
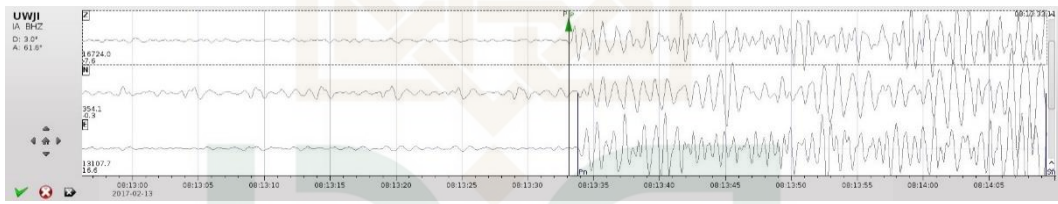
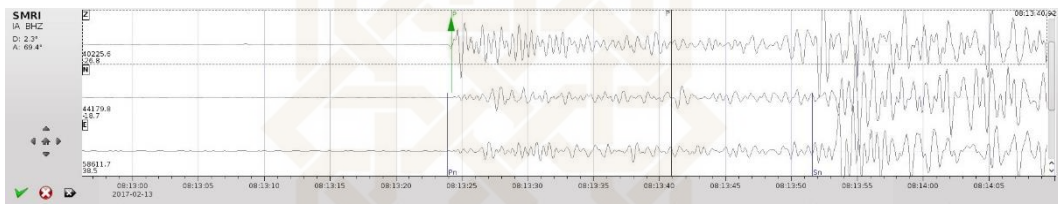
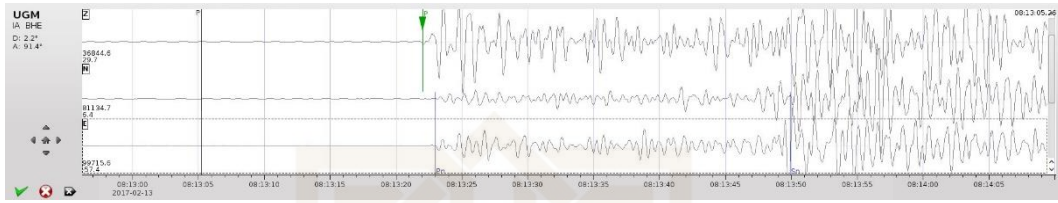
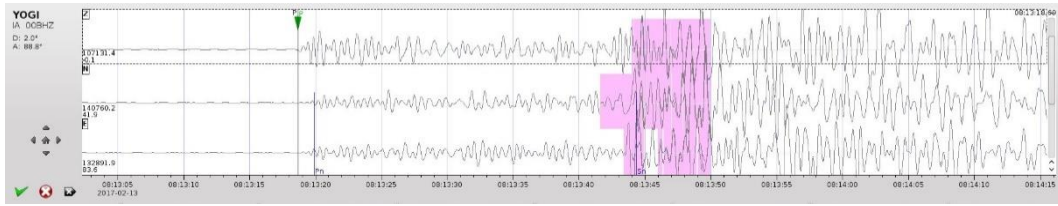




Kejadian 23 (Gempabumi 13 Februari 2017)

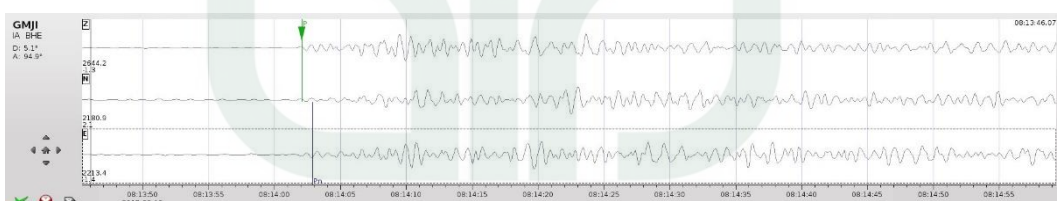
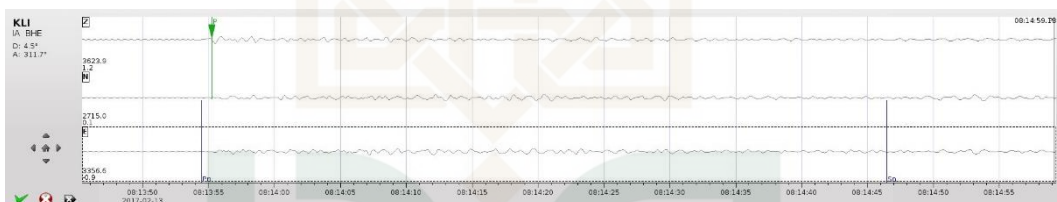
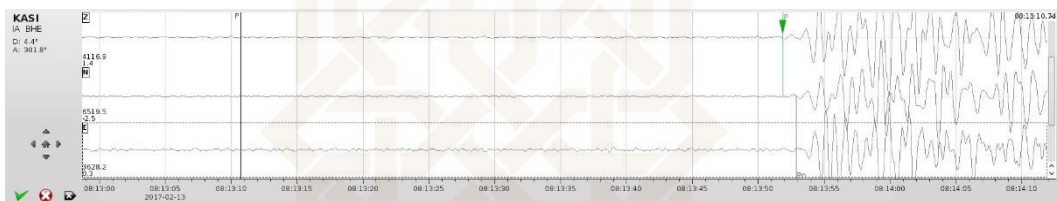
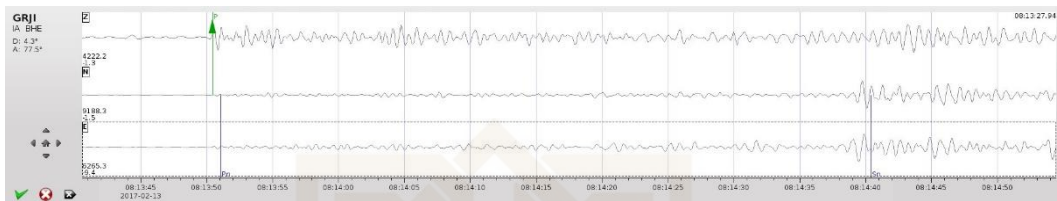
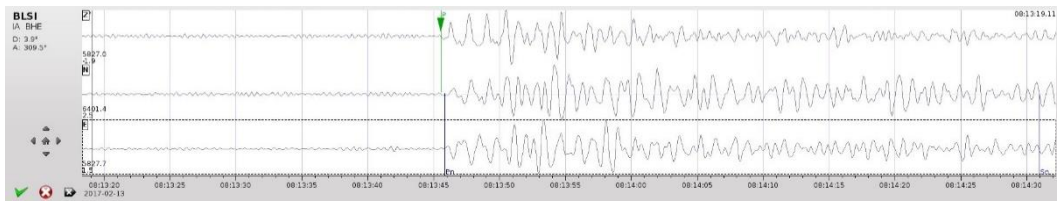






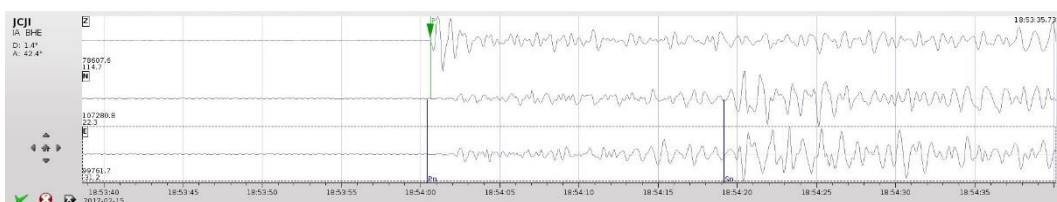
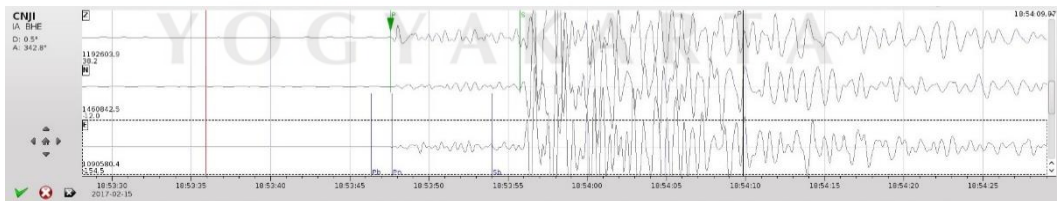
STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

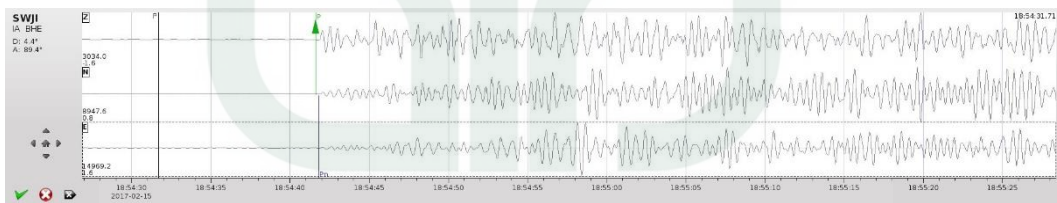
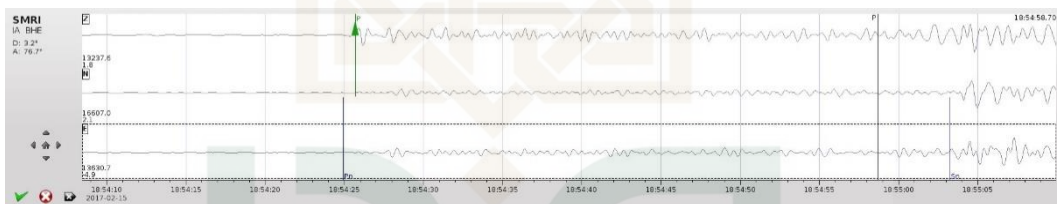
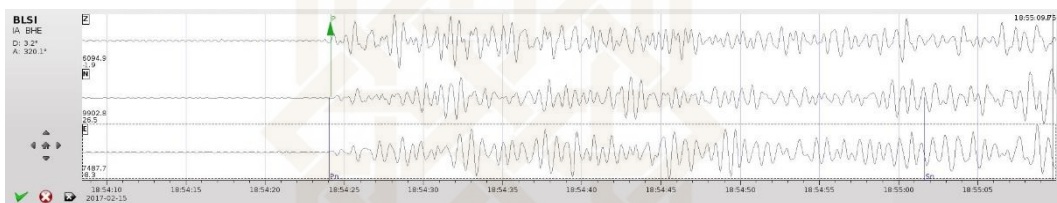
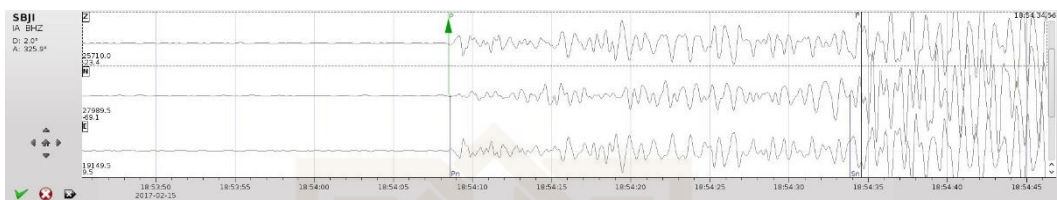
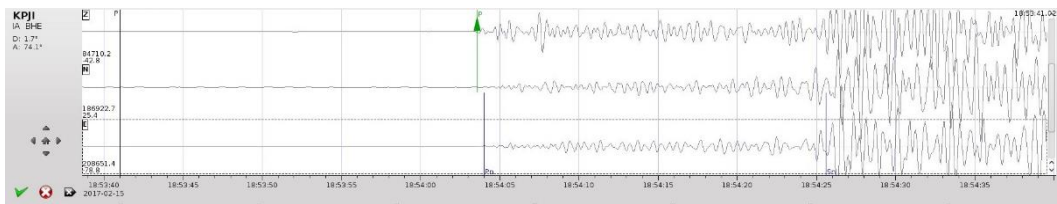




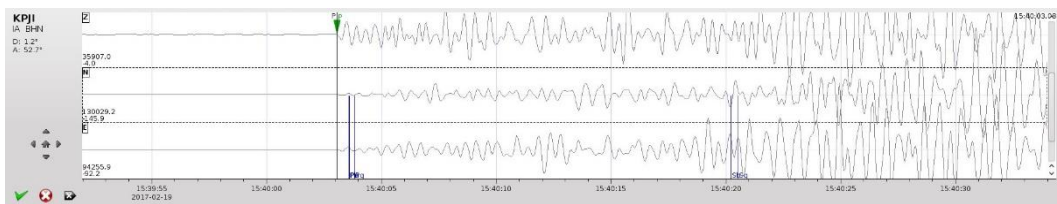
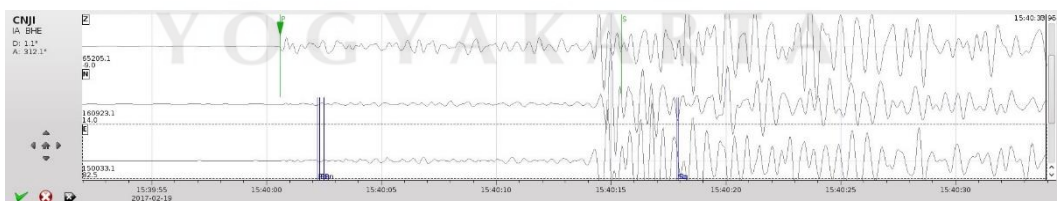
STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

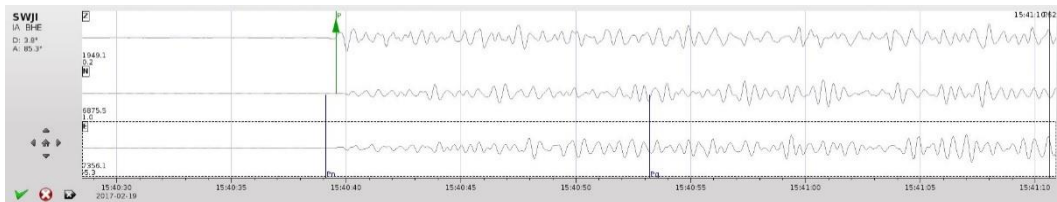
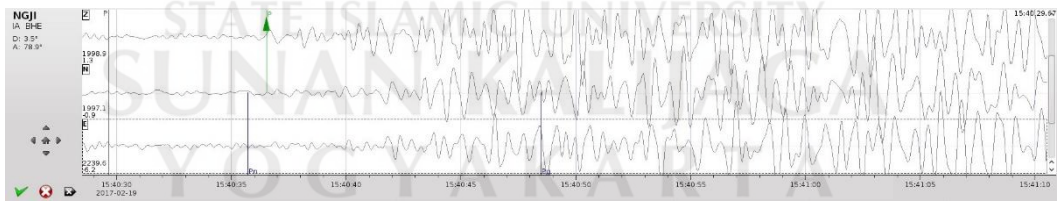
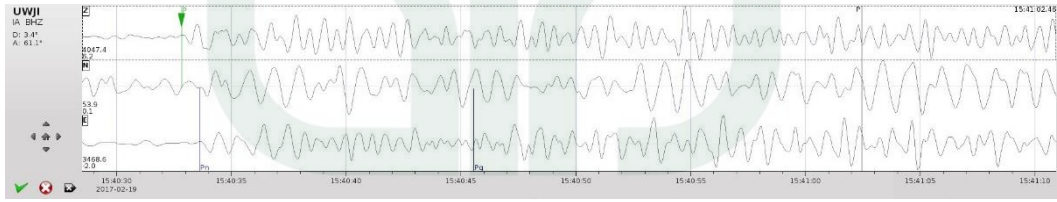
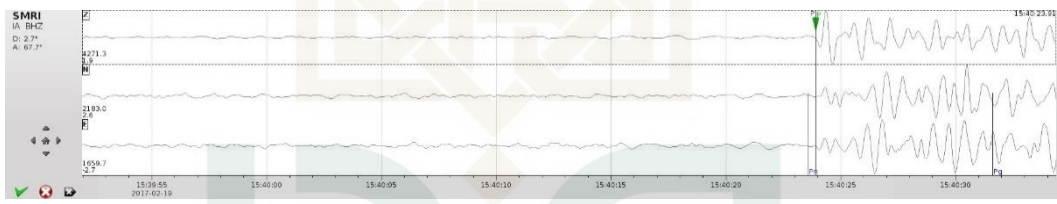
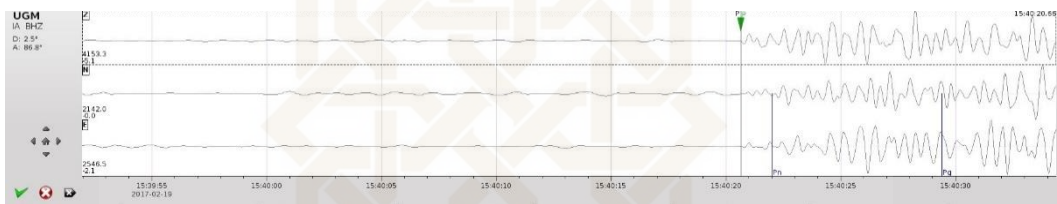
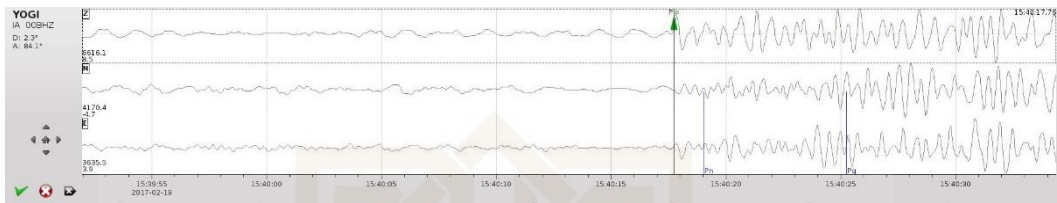
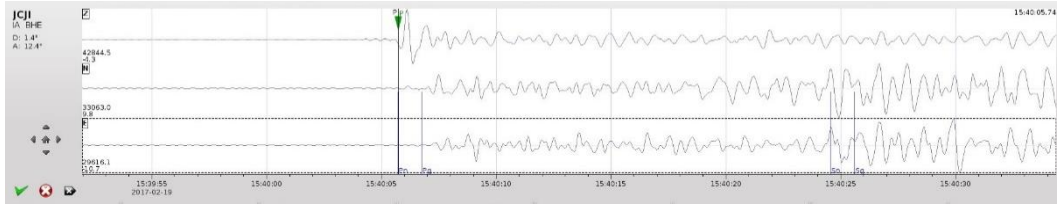
### Kejadian 24 (Gempabumi 16 Februari 2017)



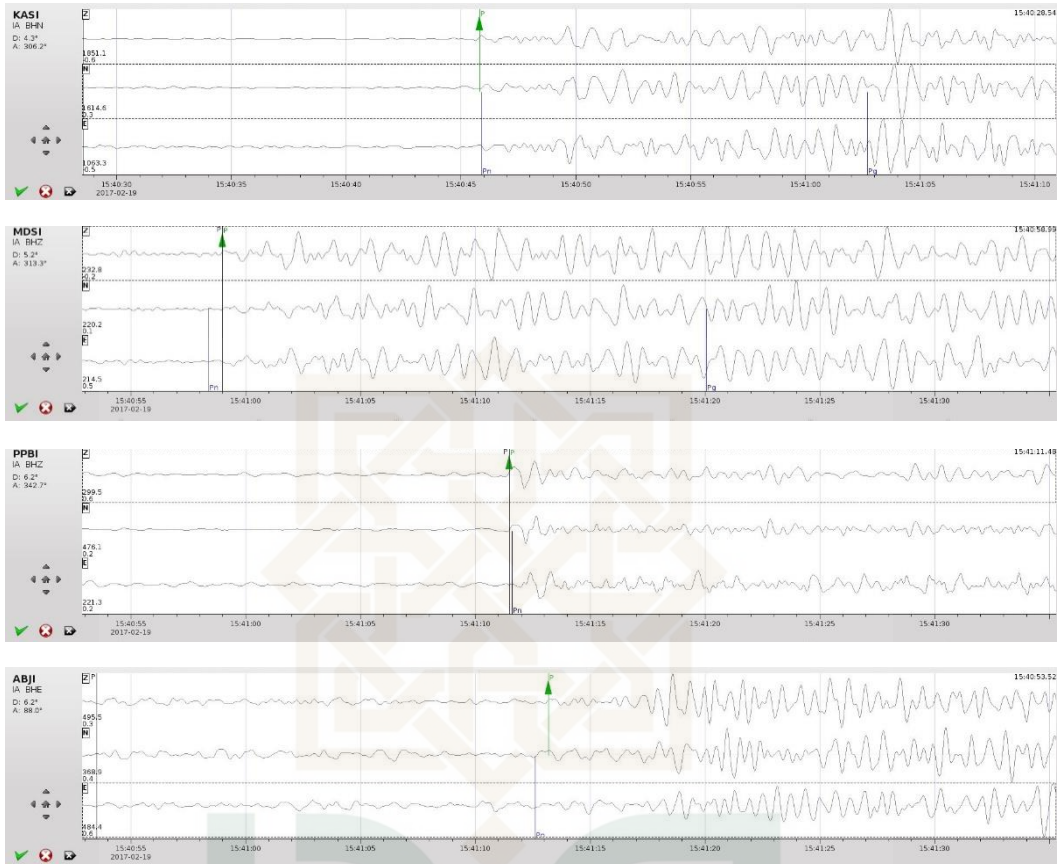


Kejadian 25 (Gempabumi 19 Februari 2017)

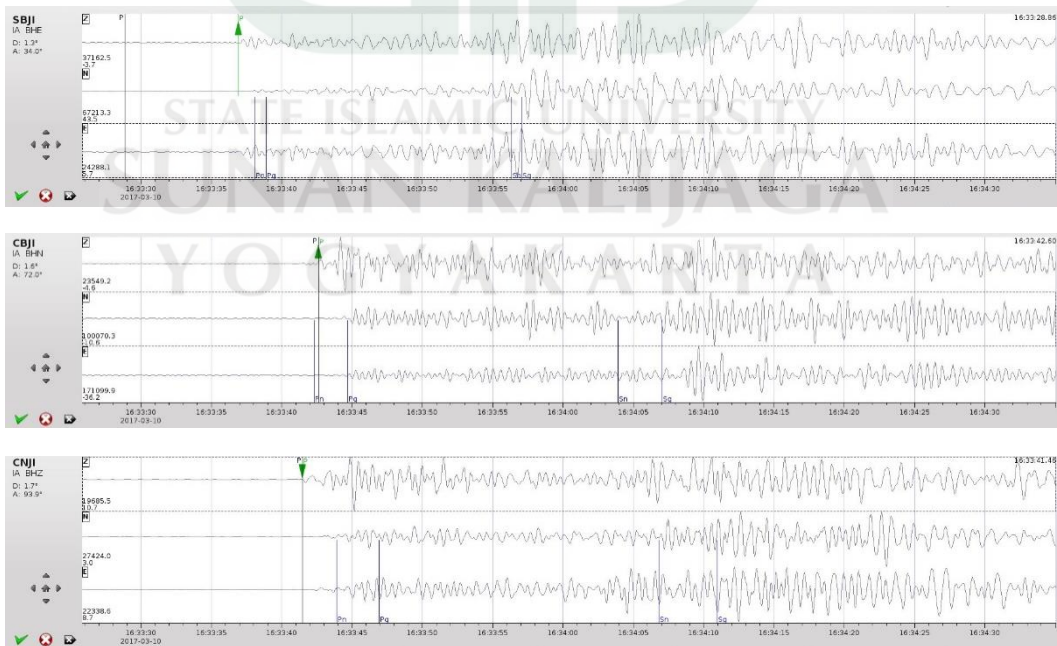




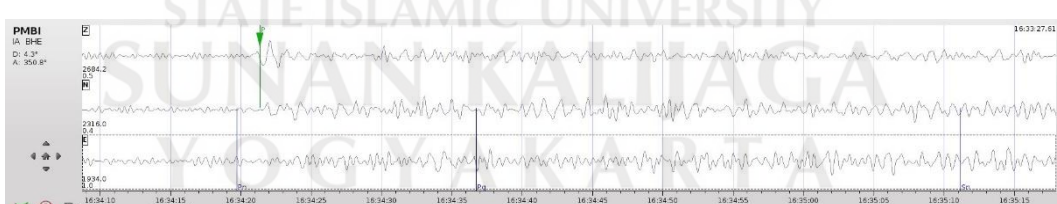
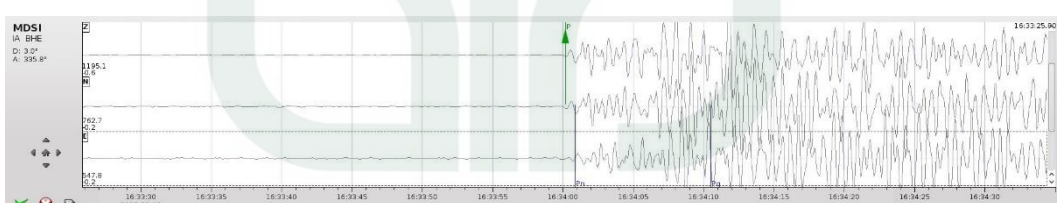
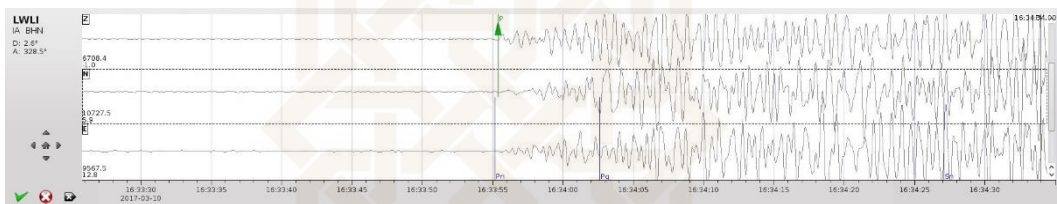
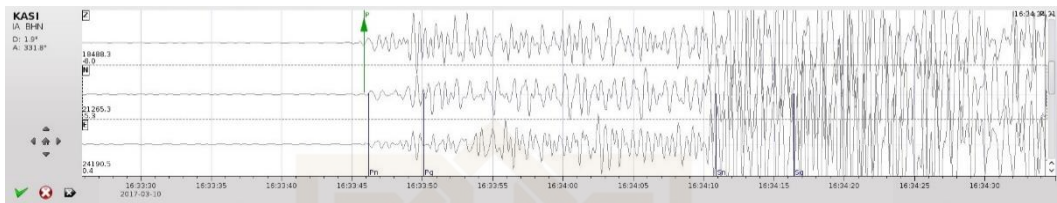
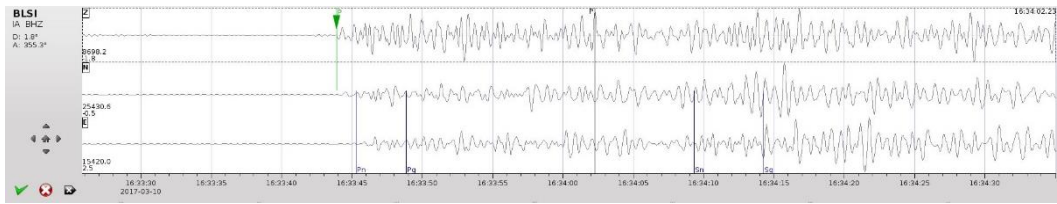


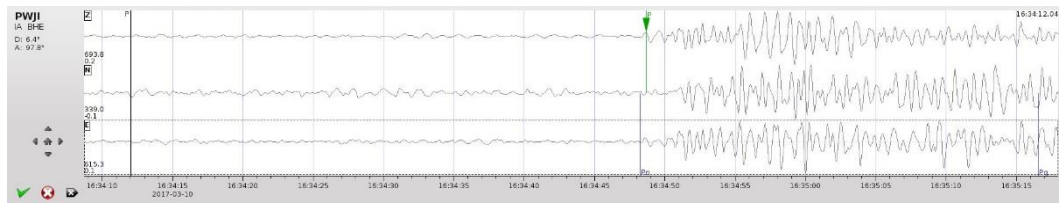


Kejadian 26 (Gempabumi 10 Maret 2017)

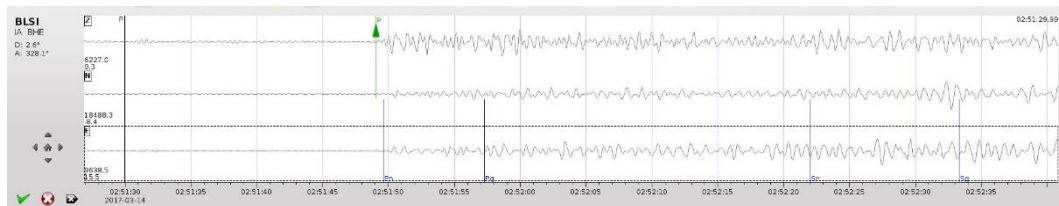
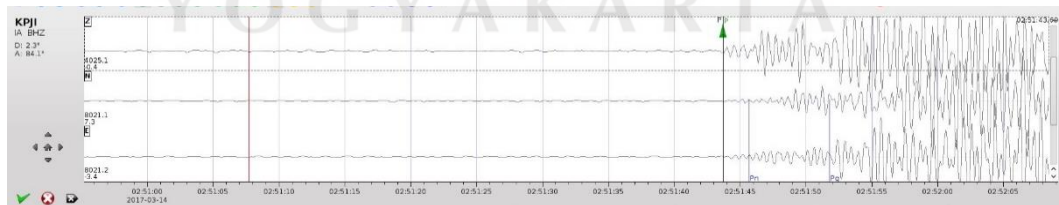
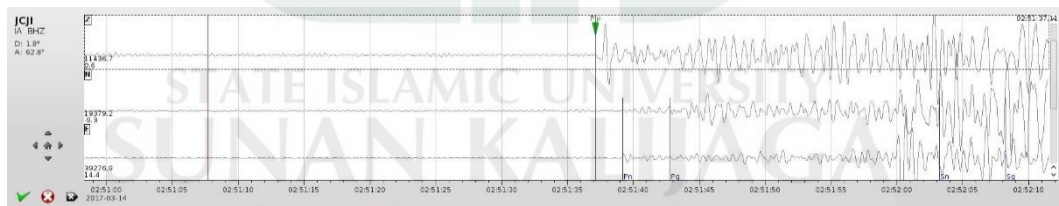
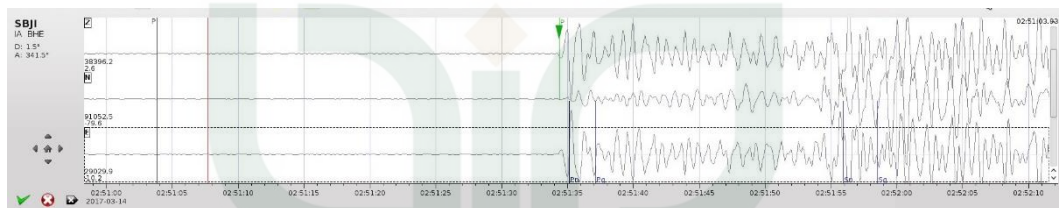
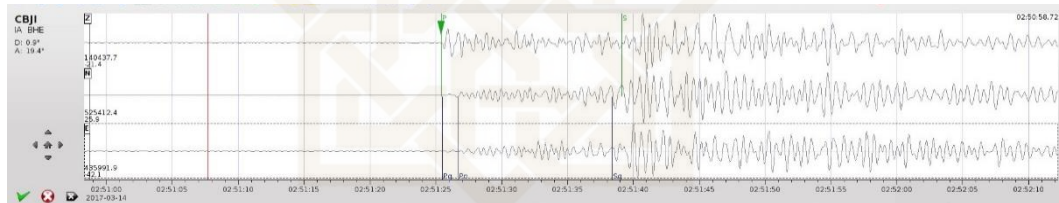
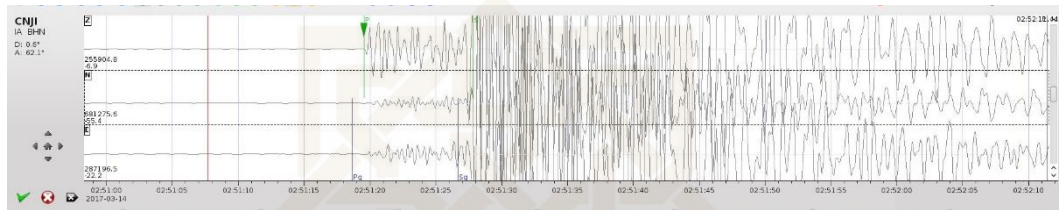


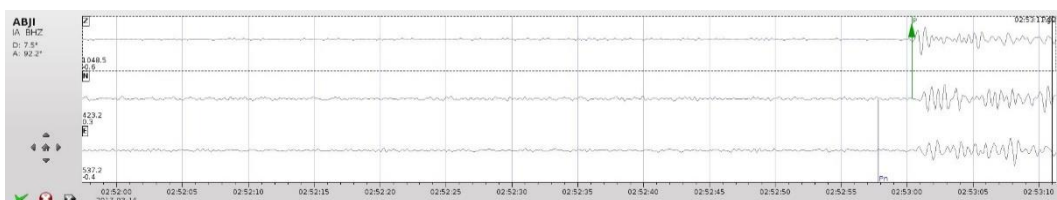
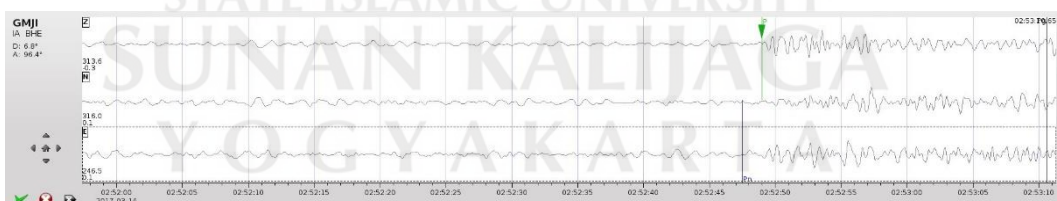
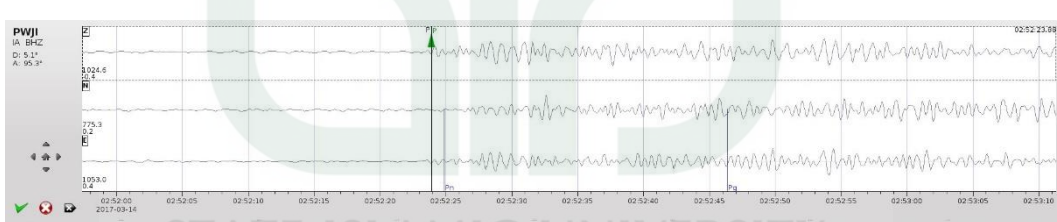
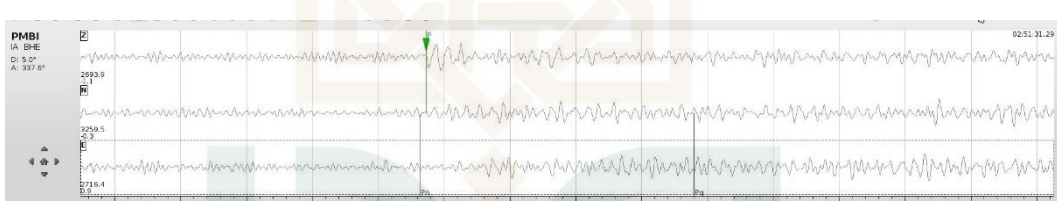
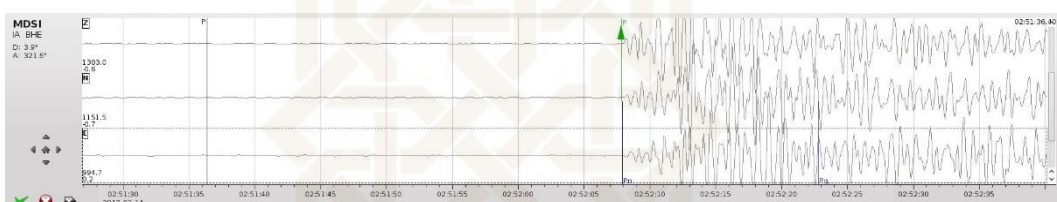
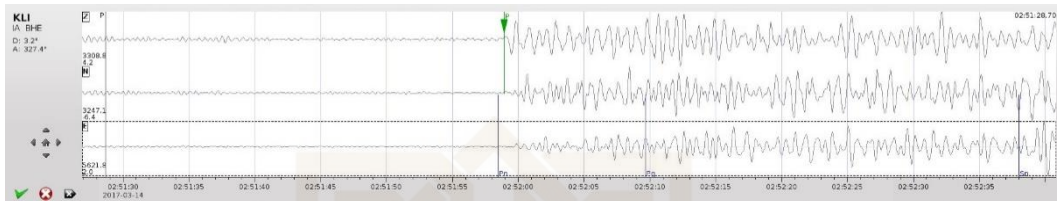
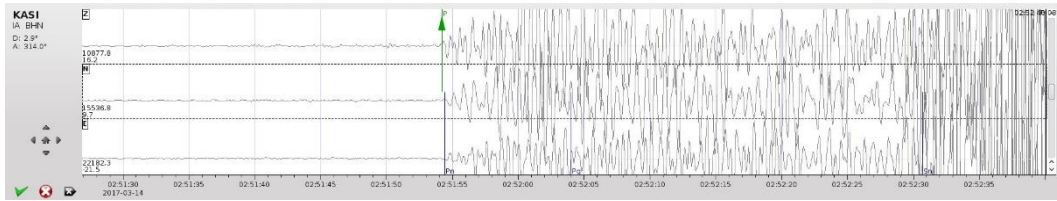






Kejadian 27 (Gempabumi 14 Maret 2017)

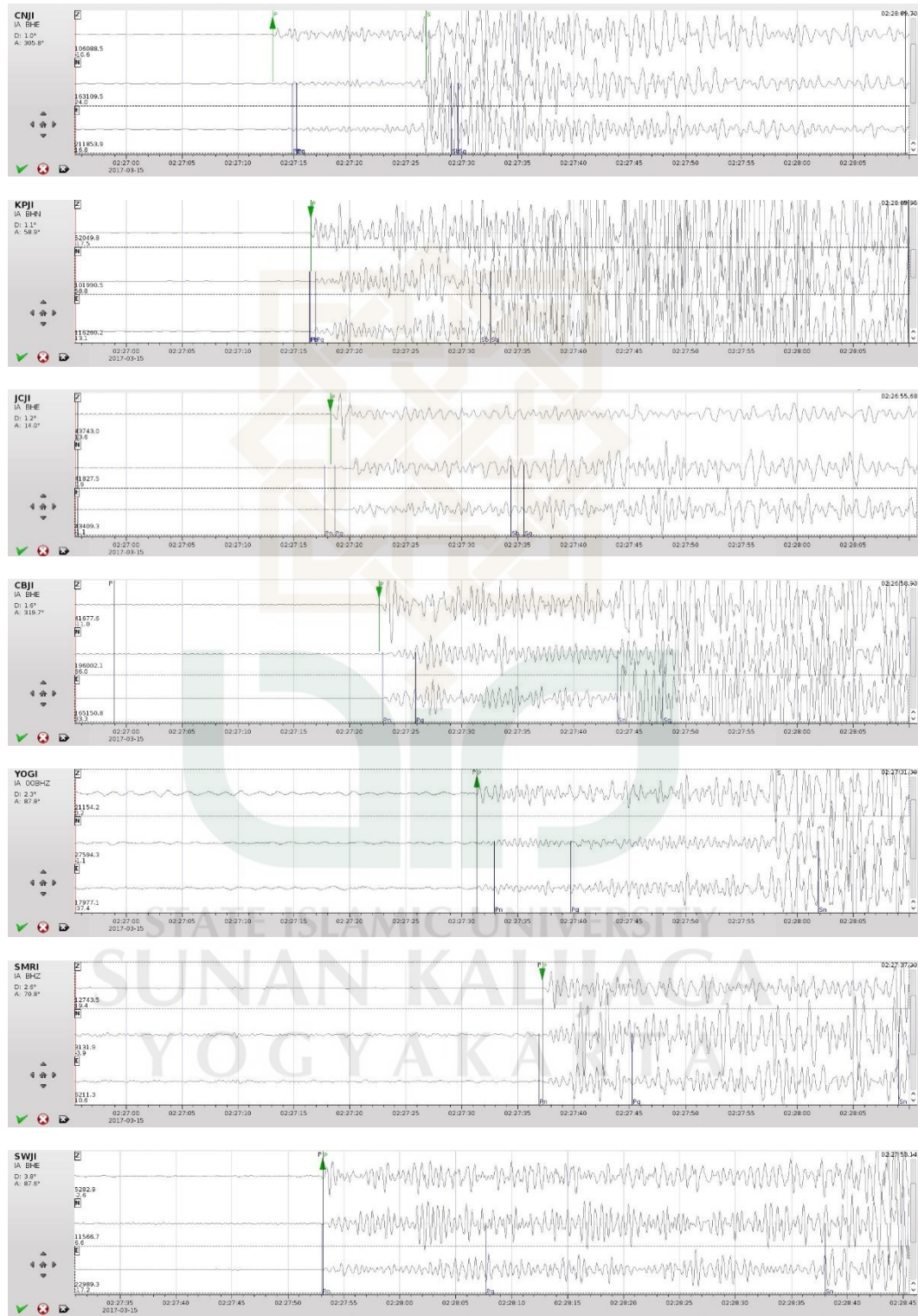




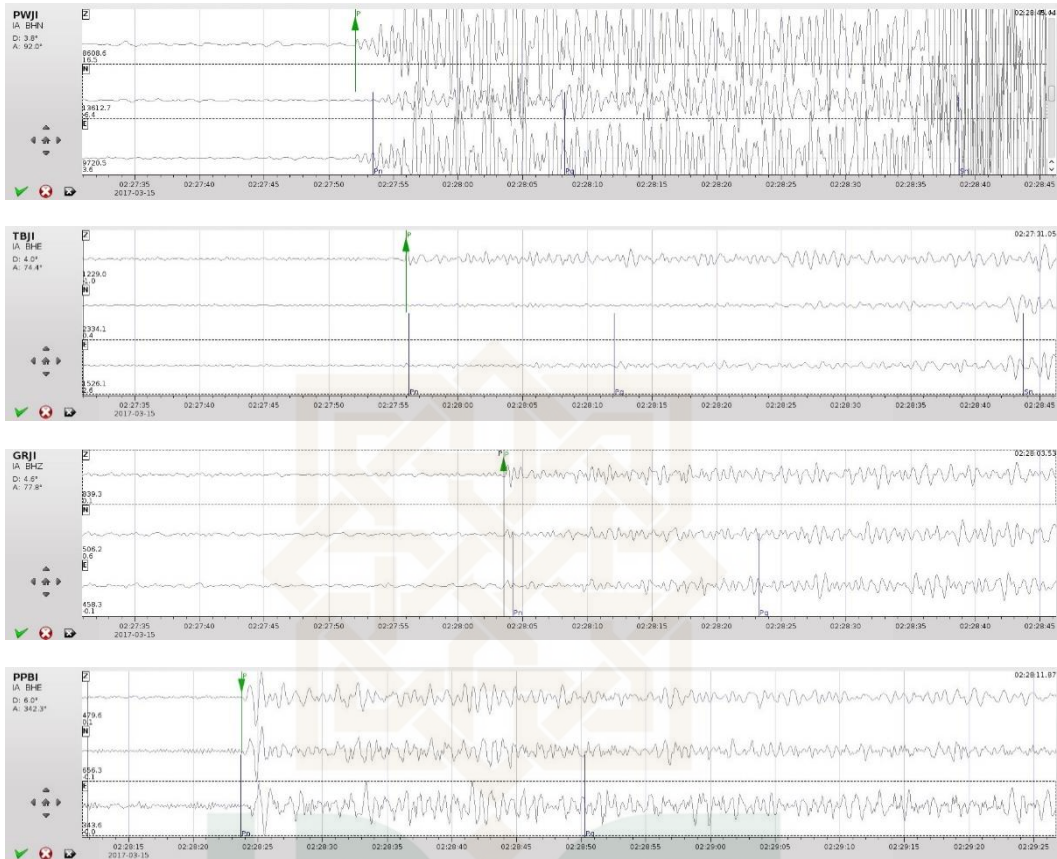
STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



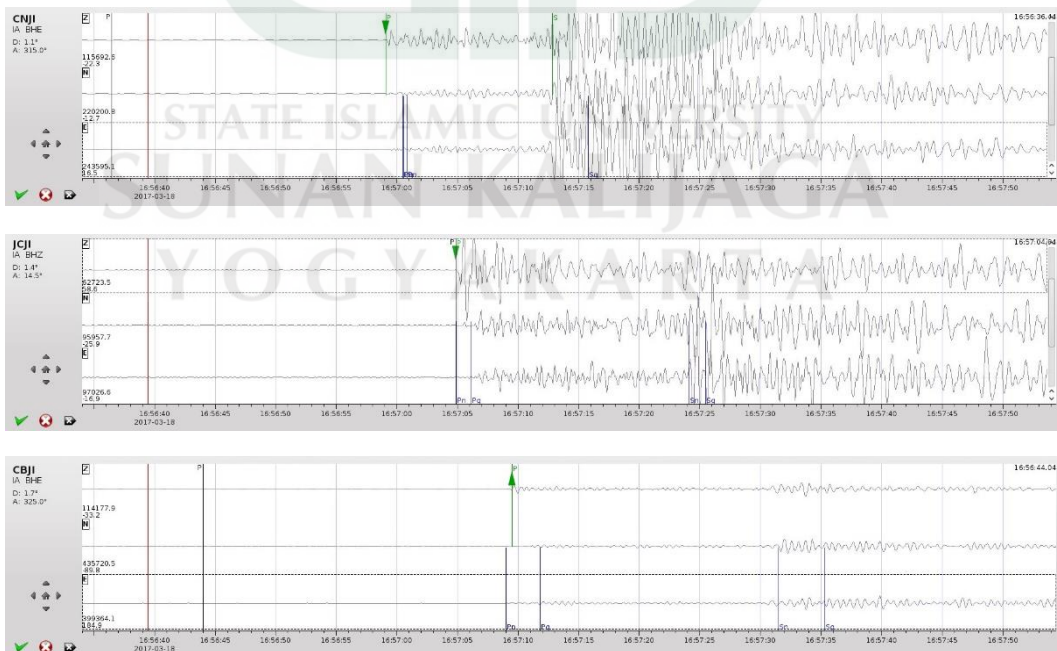
### Kejadian 28 (Gempabumi 15 Maret 2017)

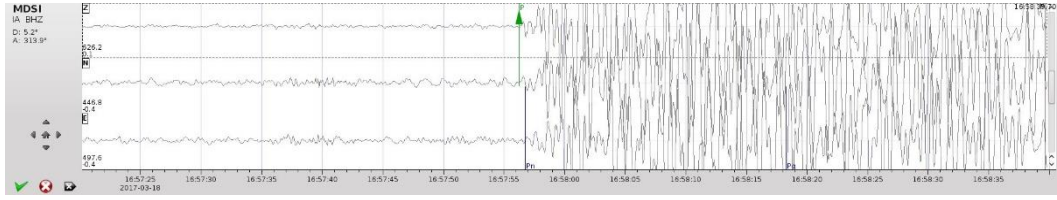
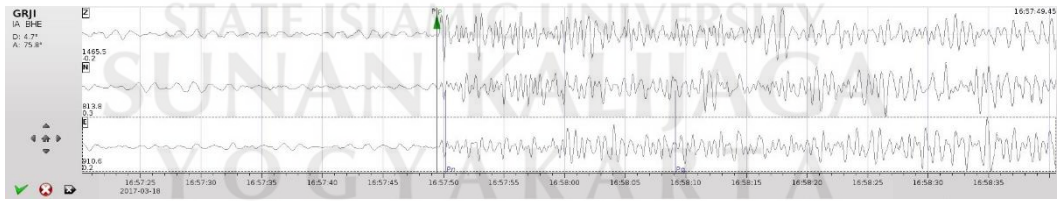
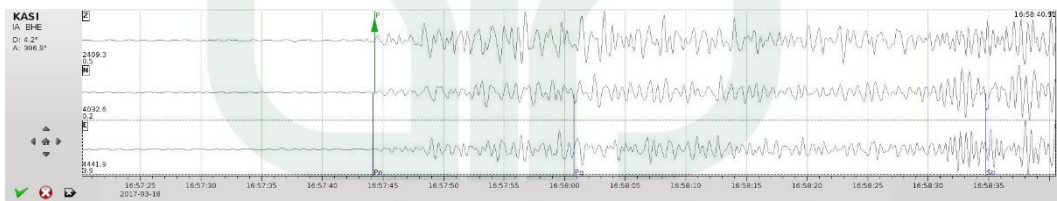
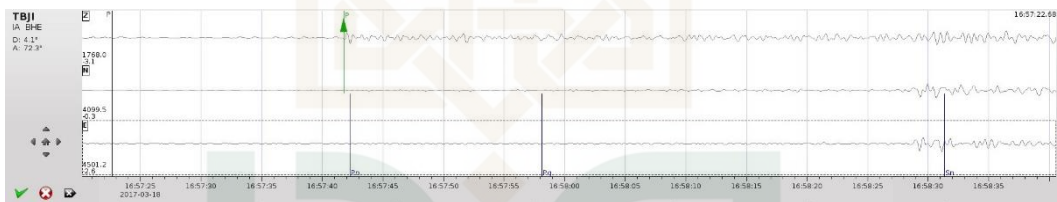
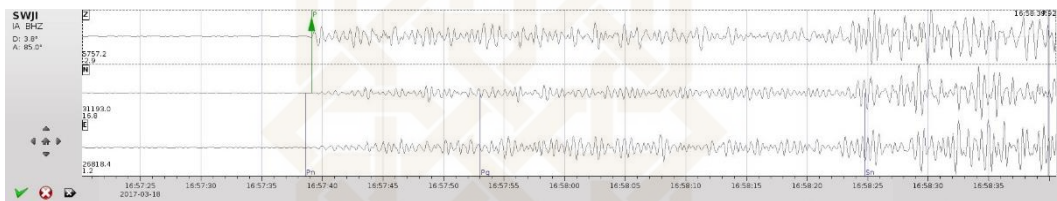
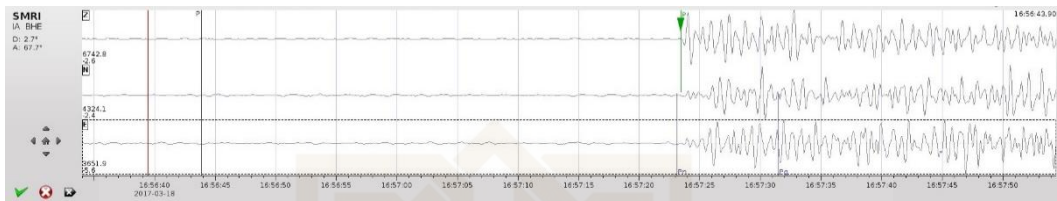
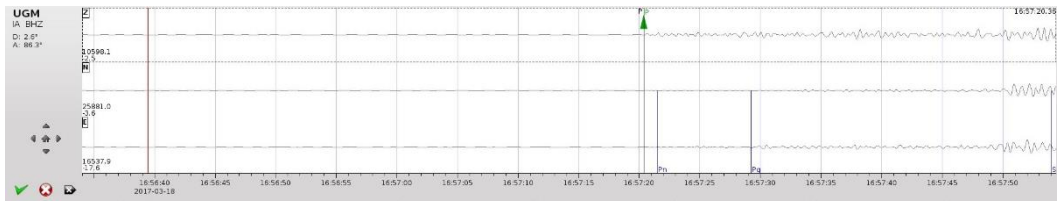


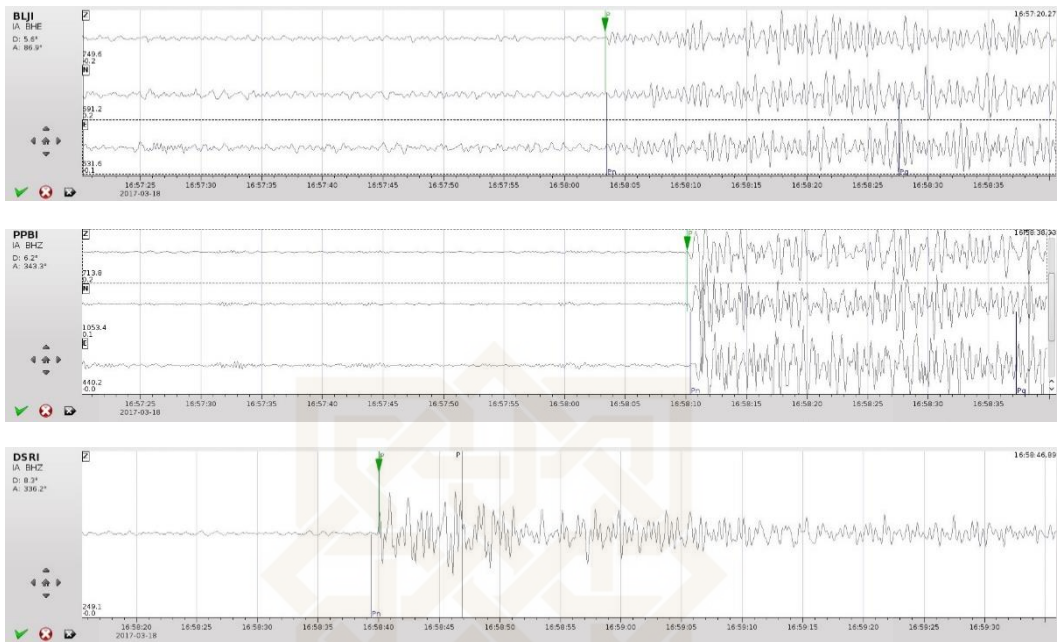




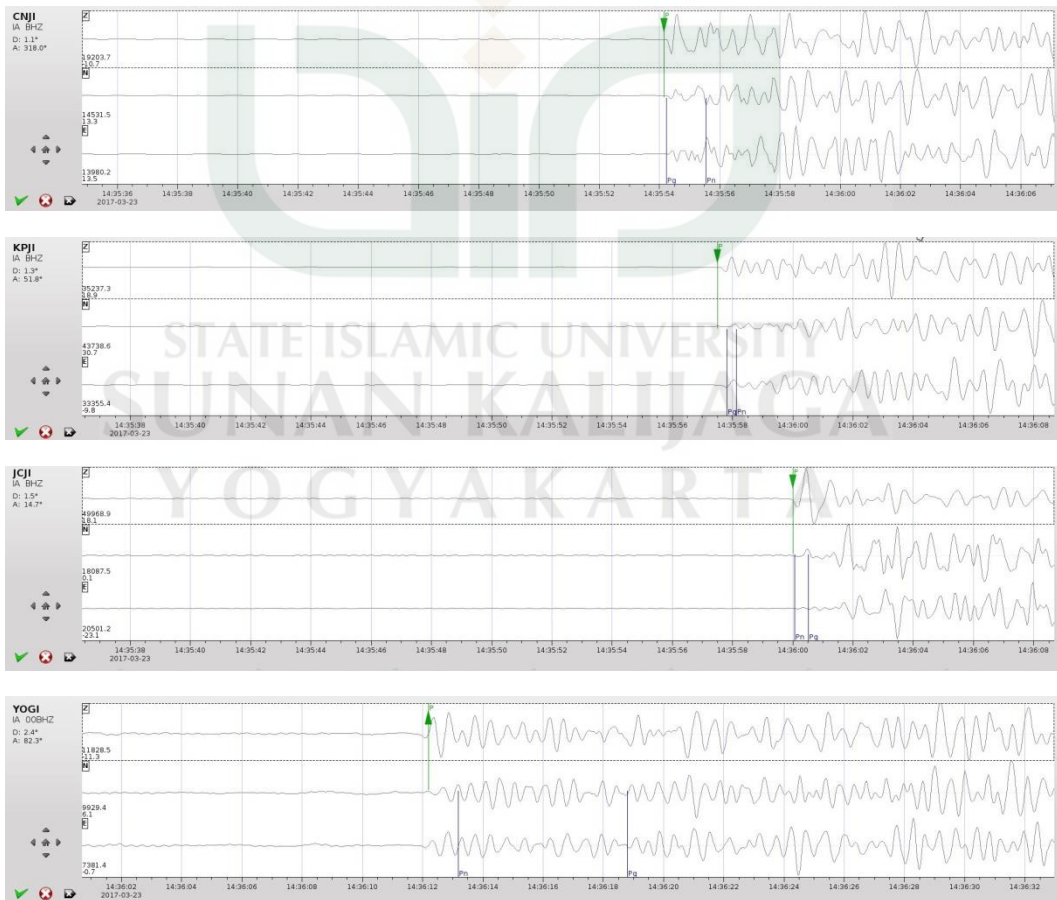
Kejadian 29 (Gempabumi 18 Maret 2017)



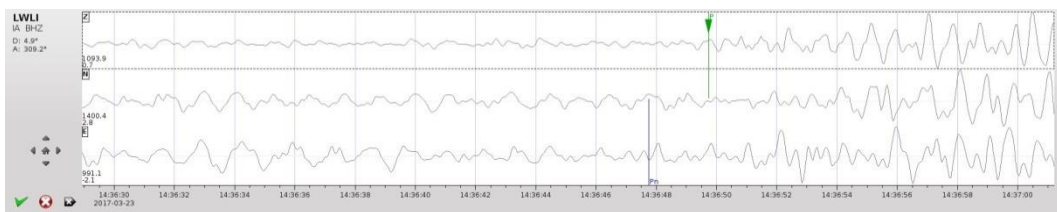
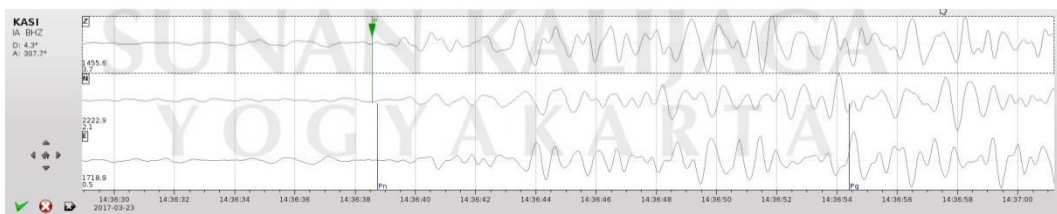
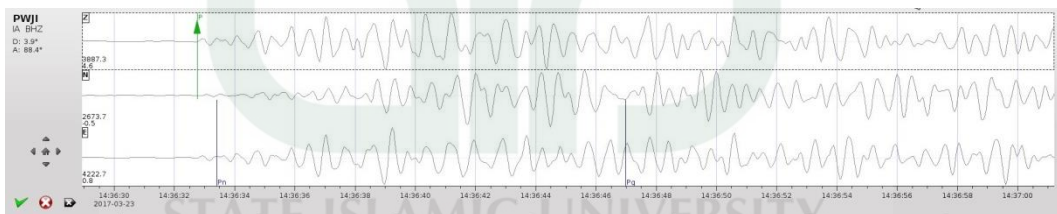
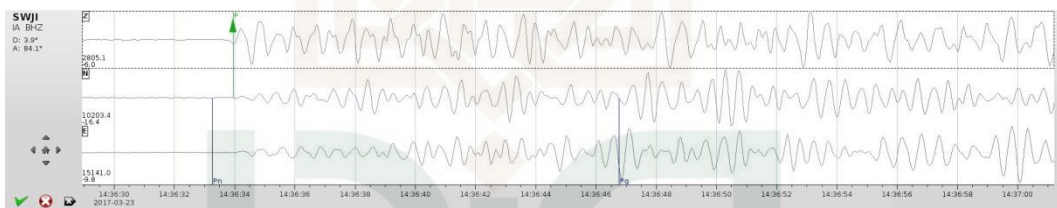
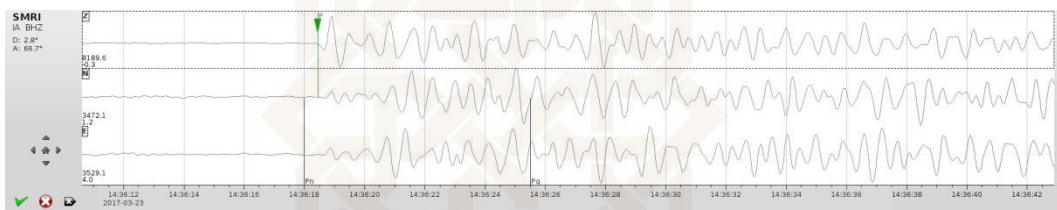
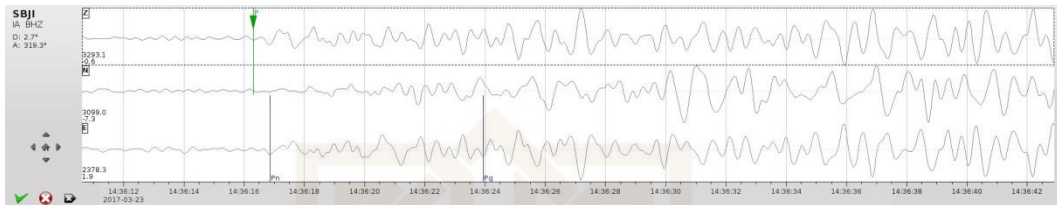
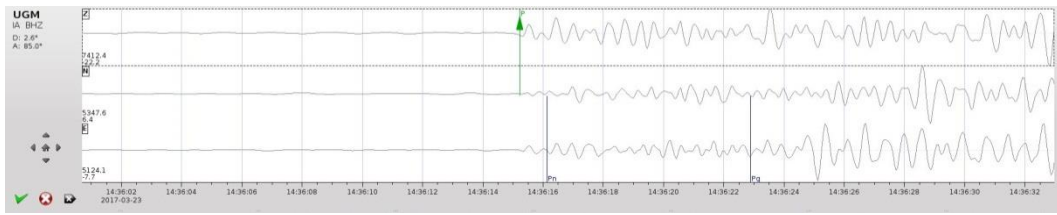




Kejadian 30 (Gempabumi 23 Maret 2017)

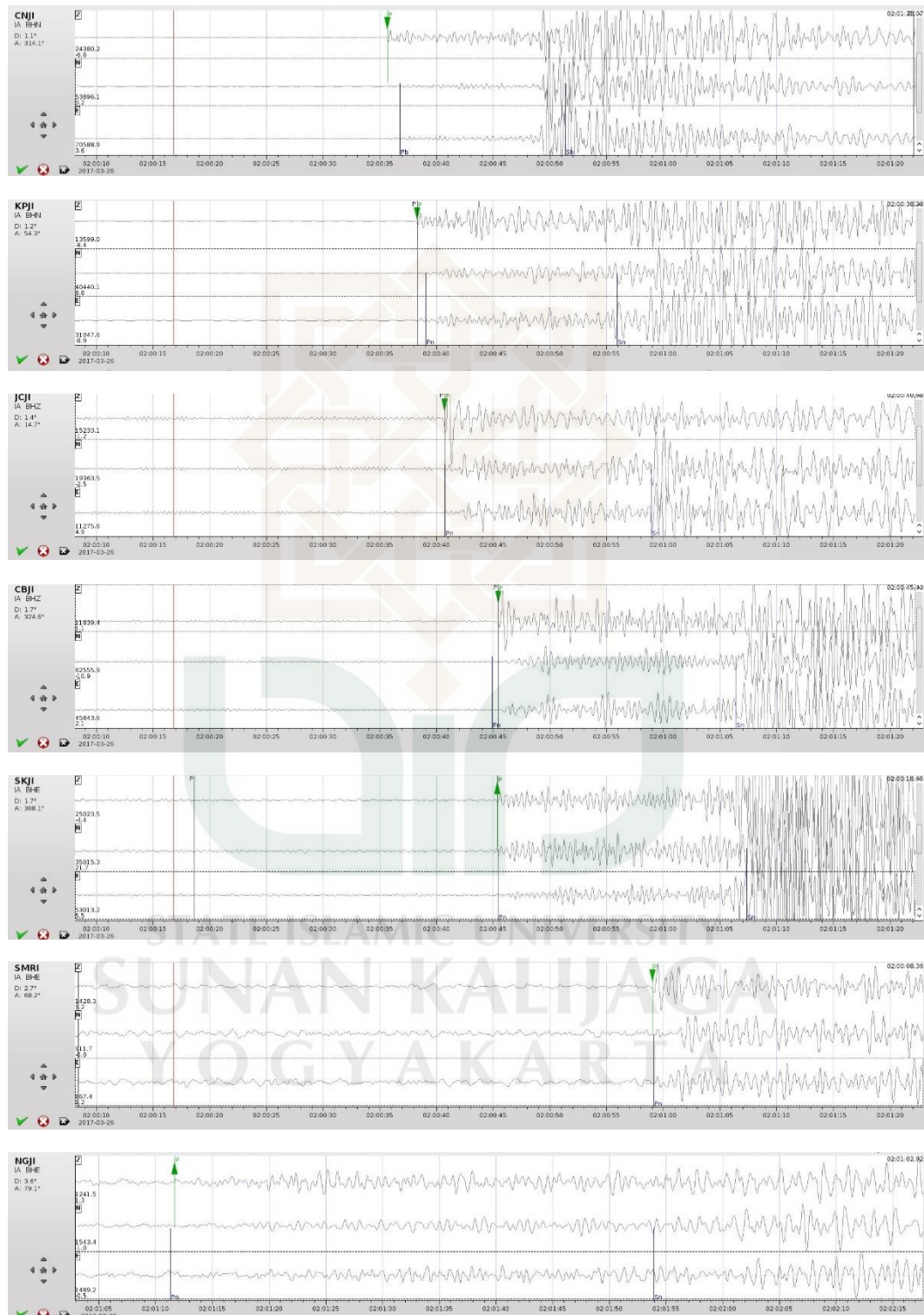


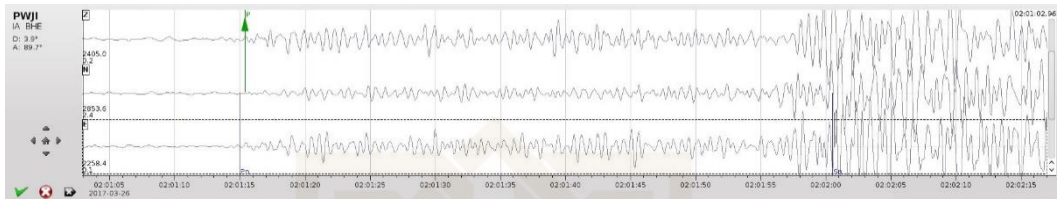
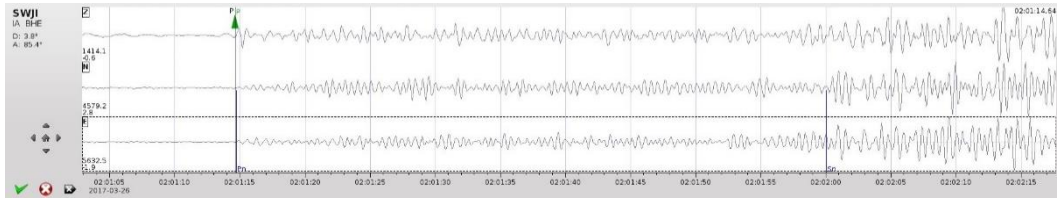






## Kejadian 31 (Gempabumi 26 Maret 2017)





STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

**Muhamad Subhan**

**(Cilacap, 18 Oktober 1993)**

Dusun Bakung RT 002/004 Desa Sidamulya, Kecamatan Wanareja, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah

[msubhan427@gmail.com](mailto:msubhan427@gmail.com)

0815-6832-7975

### **PENDIDIKAN**

---

LULUS 2006	SDN Sidamulya 01 Wanareja
LULUS 2009	MTs Al-Ikhsan Wanareja
LULUS 2012	MA El-Bayan Majenang
LULUS 2017	<b>Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta</b> Fakultas Sains dan Teknologi Program Studi Fisika

---

### **PENGALAMAN ORGANISASI**

---

2010-2012	Anggota <i>Ittihadul Mubalighin Al-Islamy</i> (IMA) PP. El-Bayan Majenang
2013-2016	Anggota Himpunan Mahasiswa Cilacap di Yogyakarta (HIMACITA)
2014-2016	Pengurus Ikatan Santri Sunni Darussalam Yogyakarta
2014-2017	Anggota Kelompok Studi Geofisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

---