

BAB V

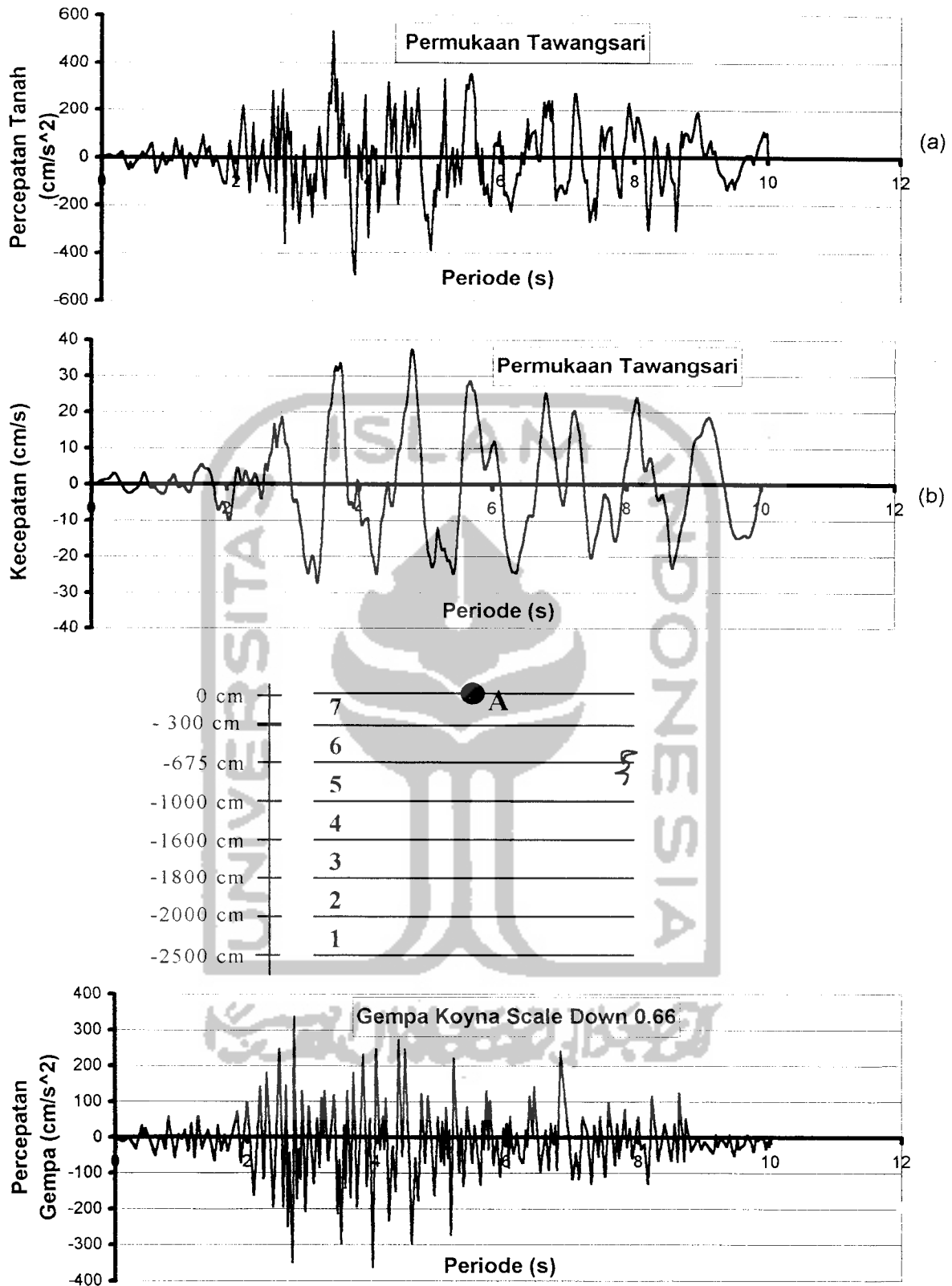
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Perhitungan Respon Seismik untuk Tanah Pada Daerah Dalangan Tawang Sari Sukoharjo

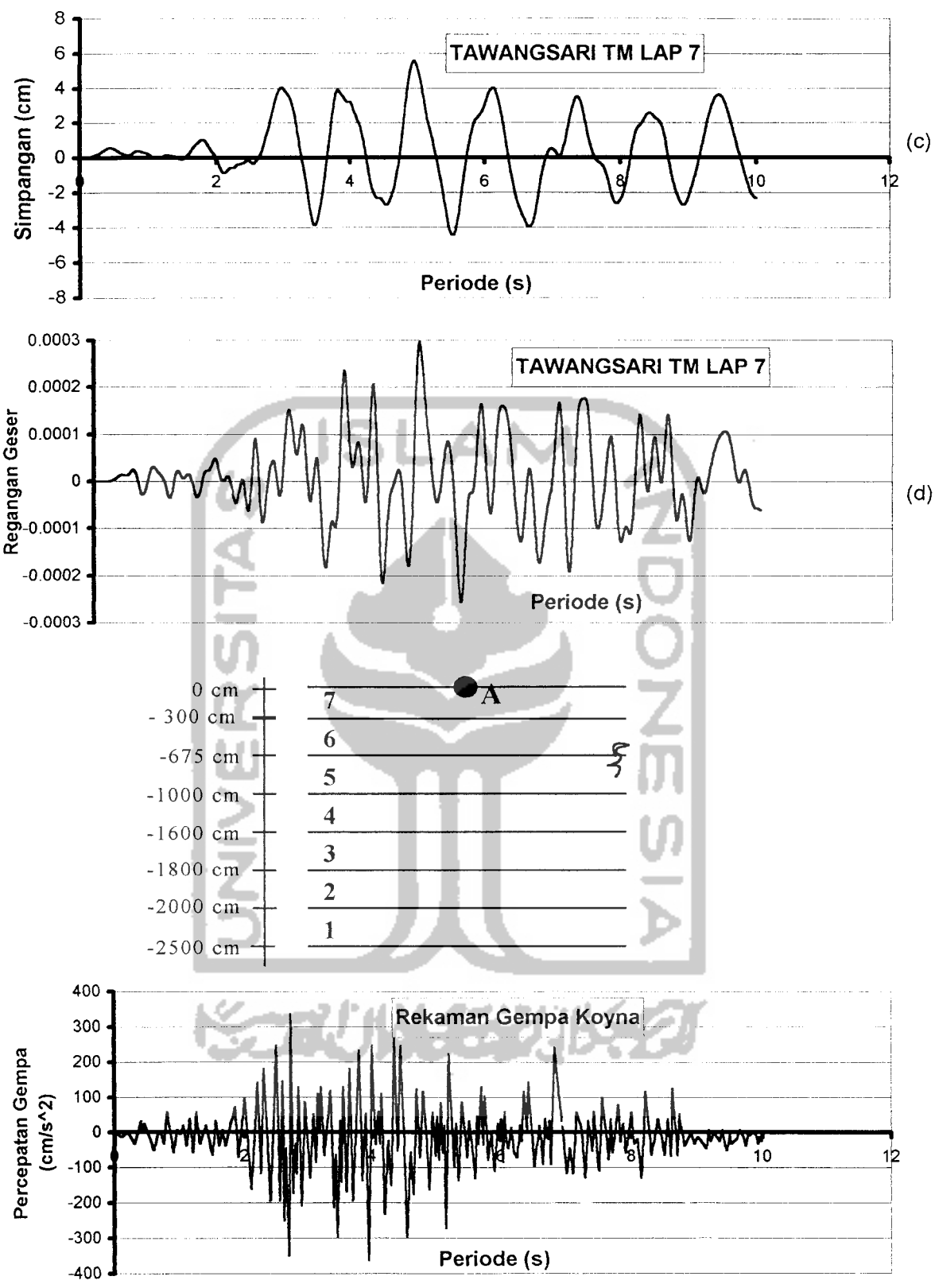
Untuk tanah pada lokasi di daerah Dalangan Tawang Sari, Sukoharjo baik tanpa massa bangunan di atasnya (kondisi *free field*) maupun yang terdapat massa bangunan di atasnya, respon seismik tanah dapat dilihat pada gambar 5.1 - gambar 5.16. Untuk detailnya dapat dilihat pada tabel 5.1 - tabel 5.4

Tabel 5.1 Perbandingan percepatan yang terjadi akibat gempa daerah Tawang Sari

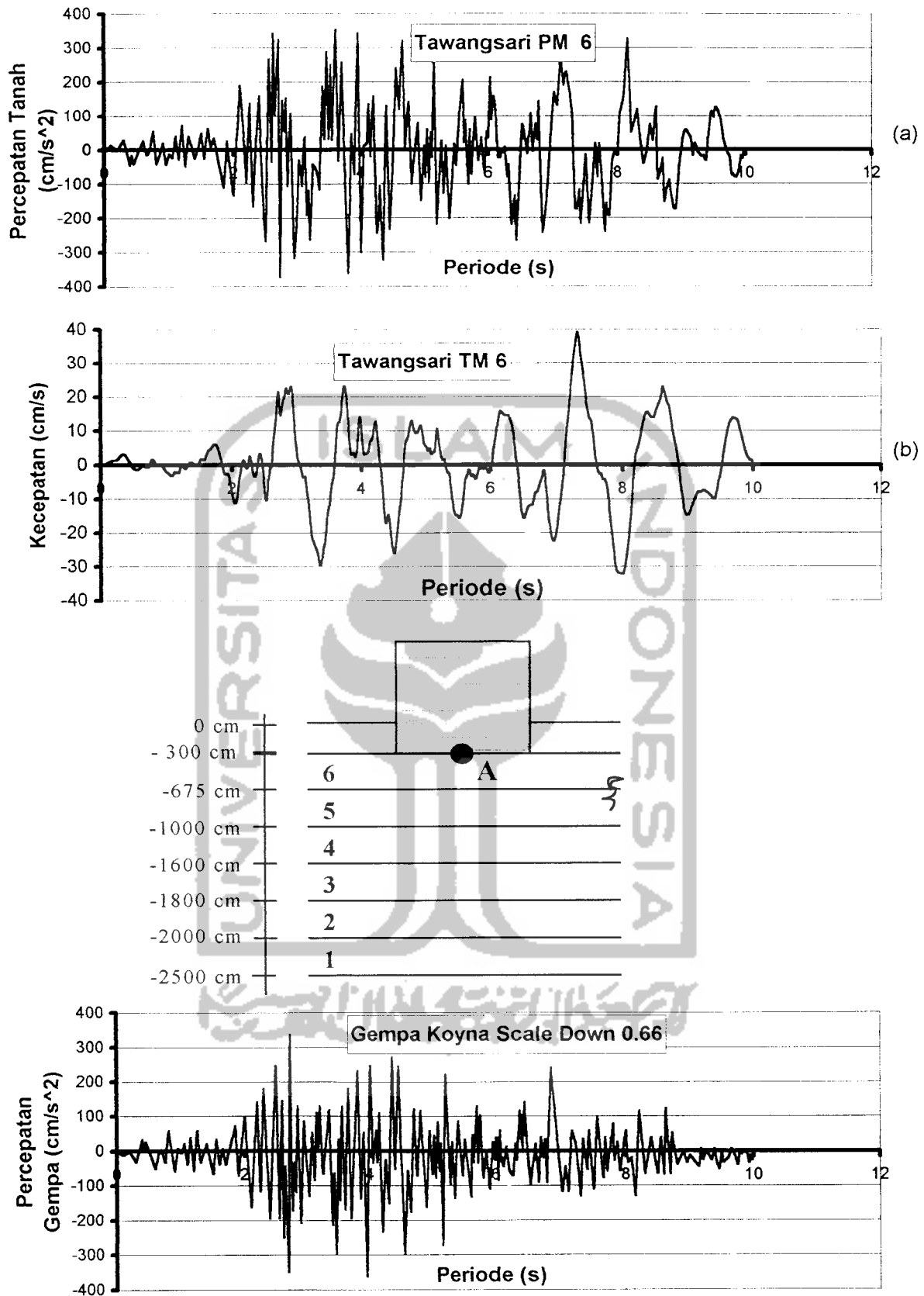
Gempa	Percepatan gempa Pada <i>Base Rock</i>	Pada kondisi <i>free field</i>	Pada kondisi terdapat massa bangunan di atas Lapisan tanah
1. Koyna	362,206 cm/s ²	531,21 cm/s ²	372,717 cm/s ²
2. Kobe	197,568 cm/s ²	595,94 cm/s ²	366,467 cm/s ²
3. Miiyaki	39,2 cm/s ²	130,887 cm/s ²	85,724 cm/s ²
4. El Centro	203,283 cm/s ²	340,77 cm/s ²	314,83 cm/s ²



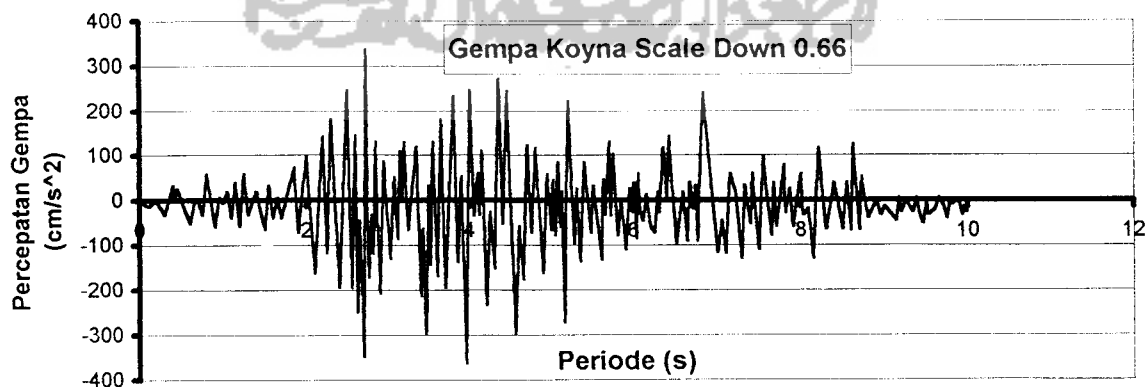
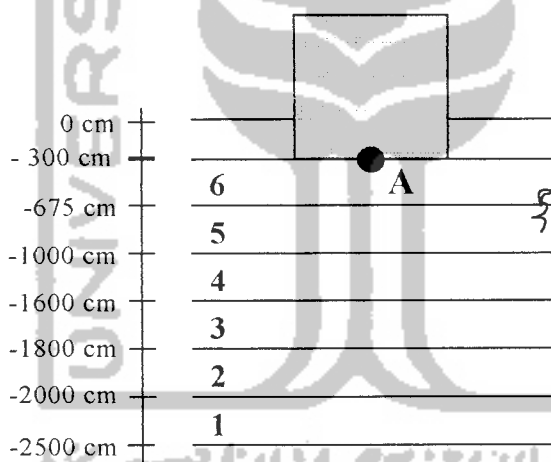
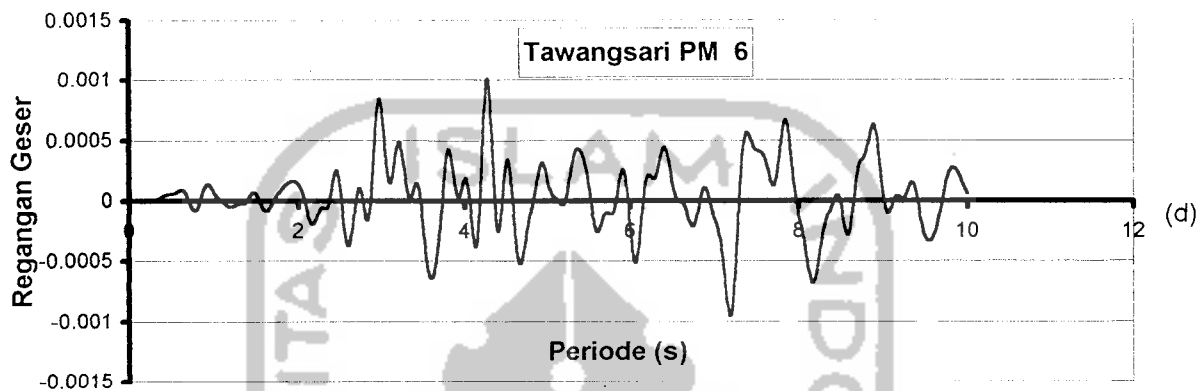
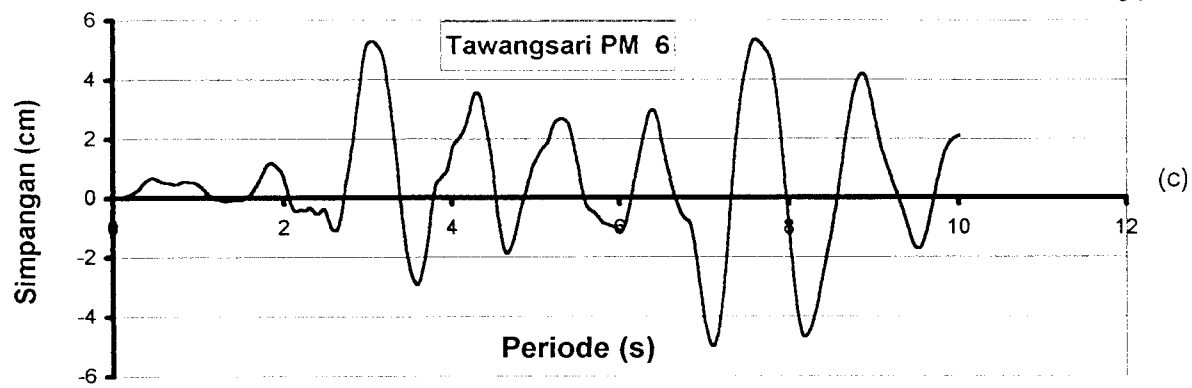
Gambar 5.1 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Koyna didaerah Tawang Sari, Sukoharjo tanpa massa bangunan.



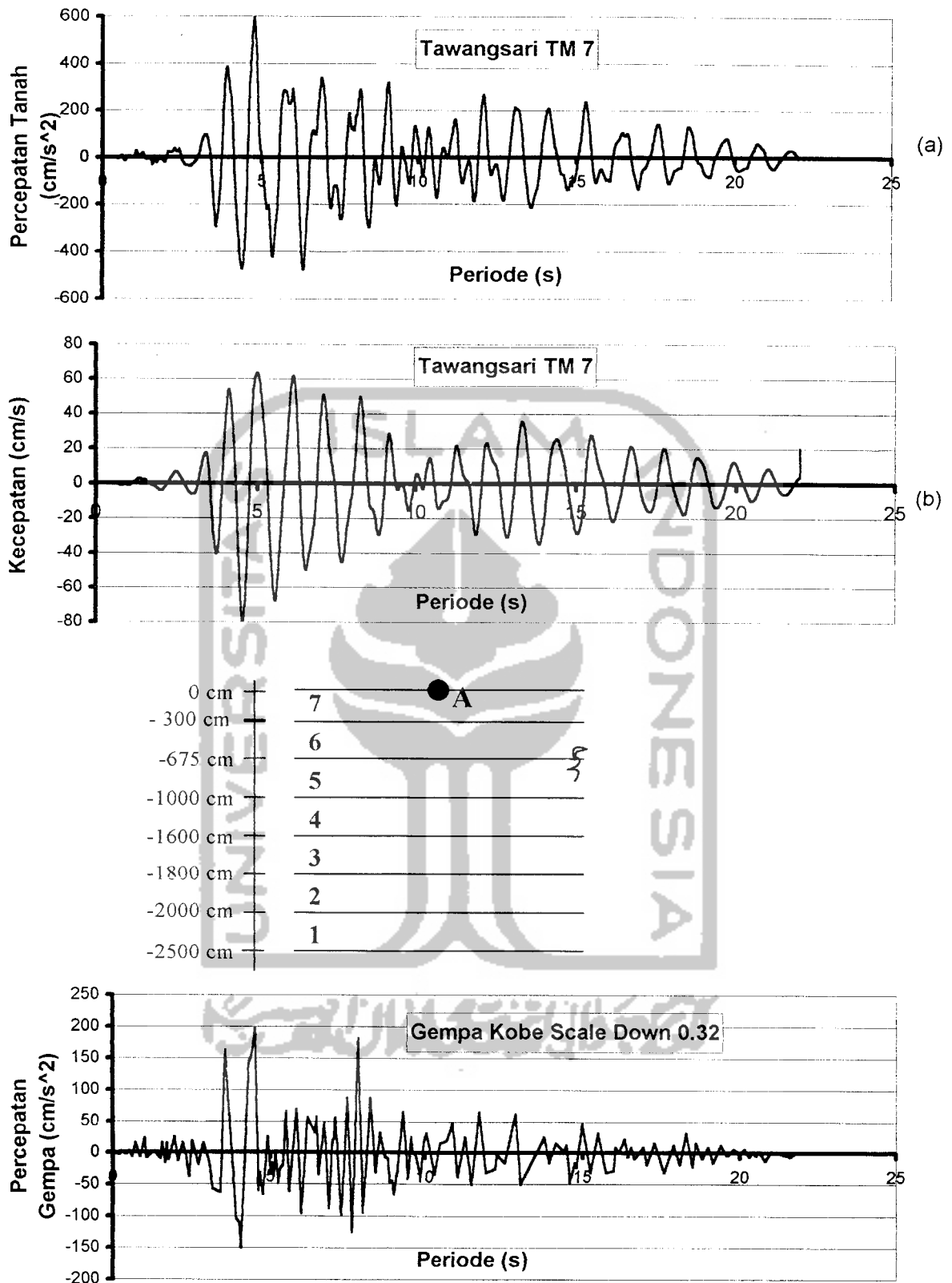
Gambar 5.2 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Koyna di daerah Tawangsari, Sukoharjo tanpa massa bangunan.



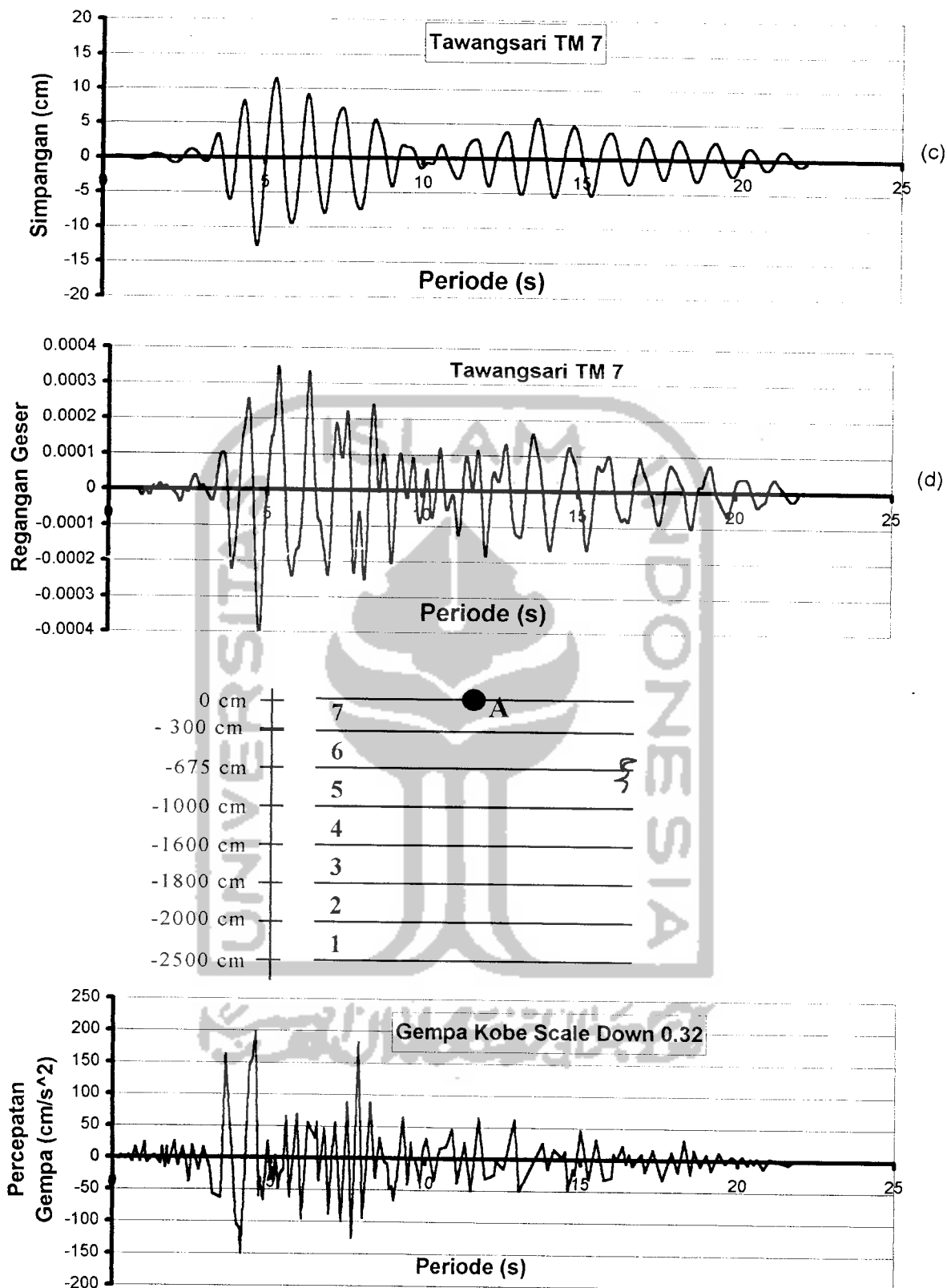
Gambar 5.3 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Koyana di daerah Tawang Sari, Sukoharjo dipengaruhi massa bangunan.



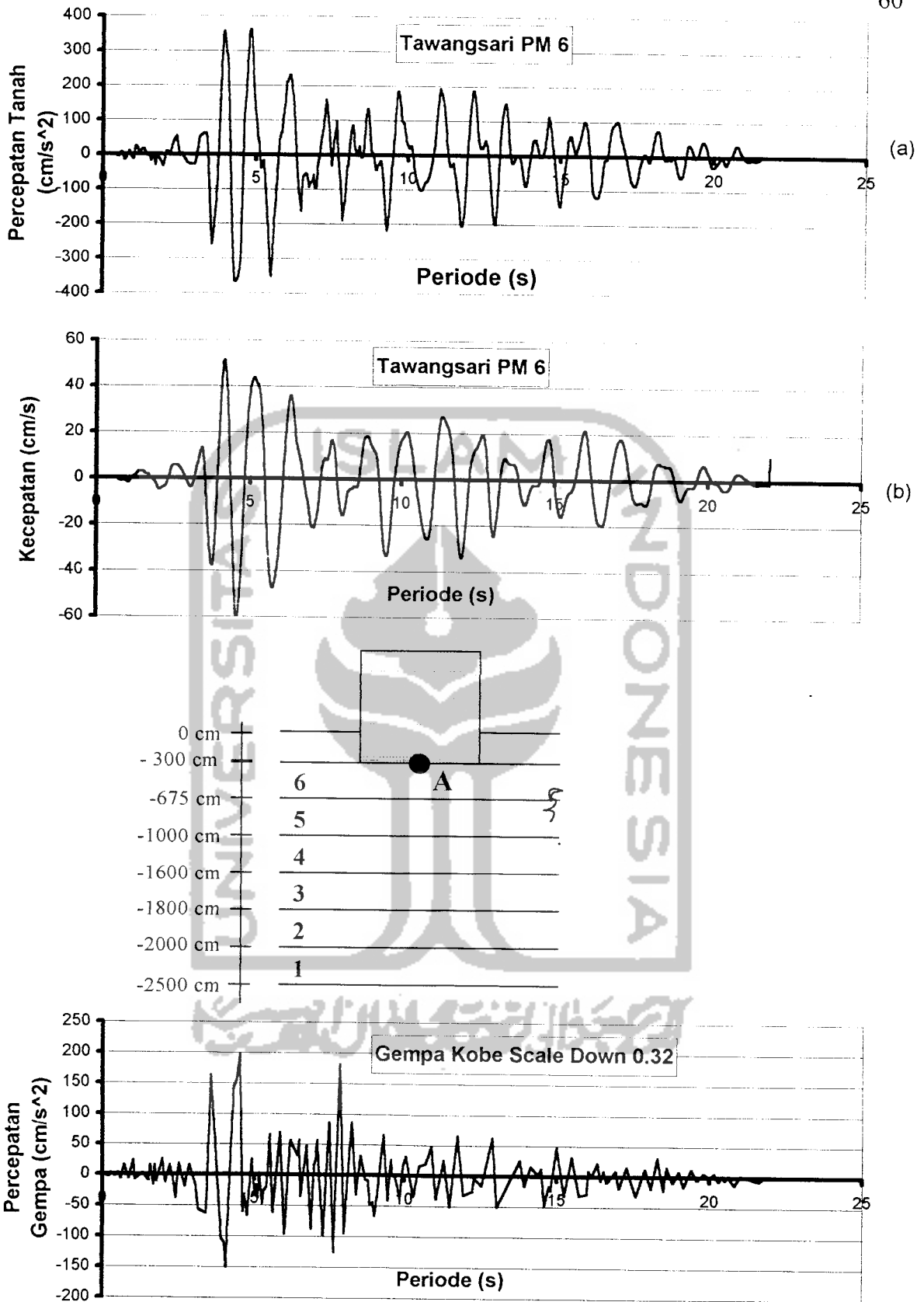
Gambar 5.4 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Koyana di daerah Tawangsari, Sukoharjo dipengaruhi massa bangunan.



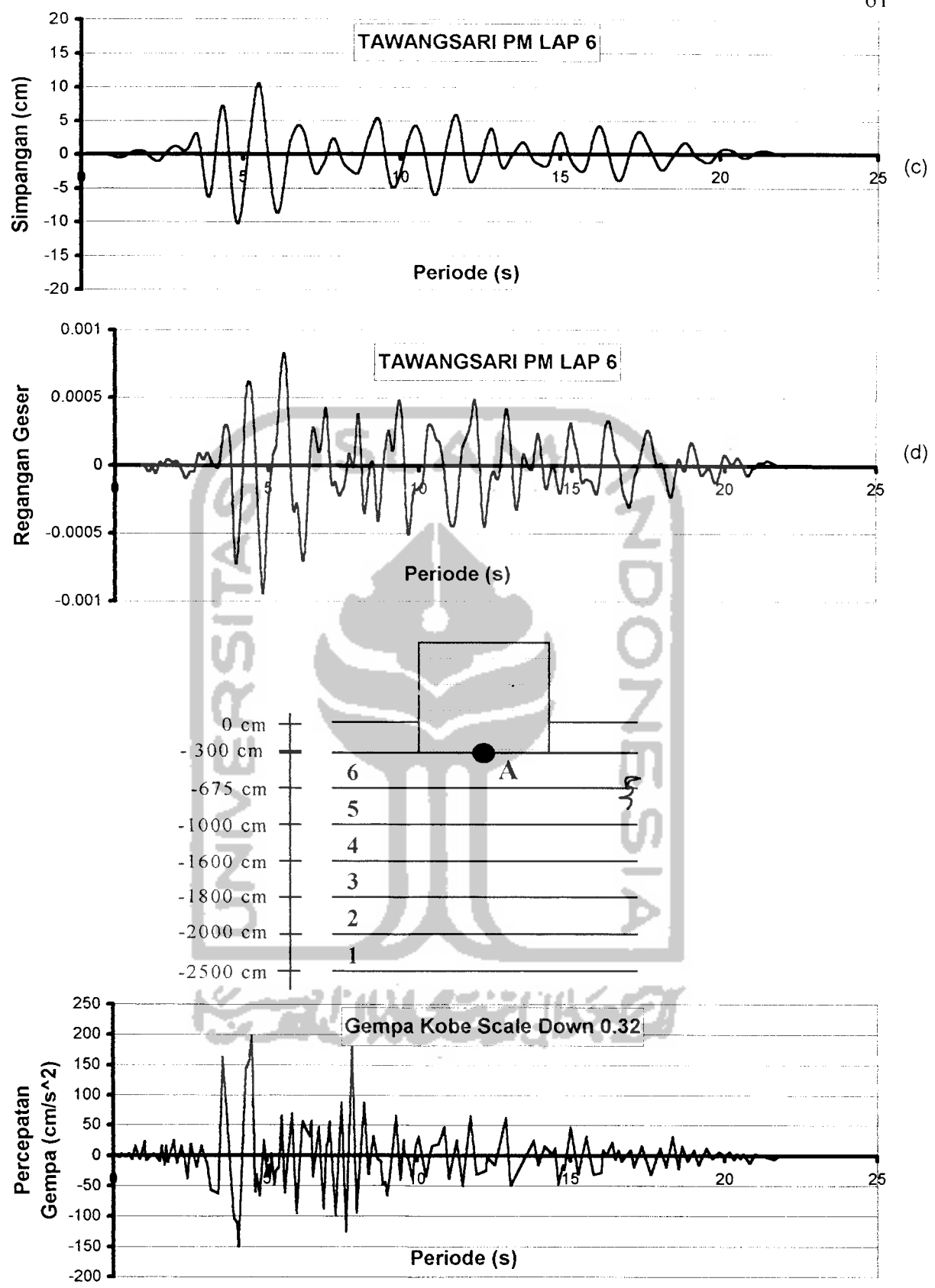
Gambar 5.5 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Kobe didaerah Tawang Sari, Sukoharjo tanpa massa bangunan.



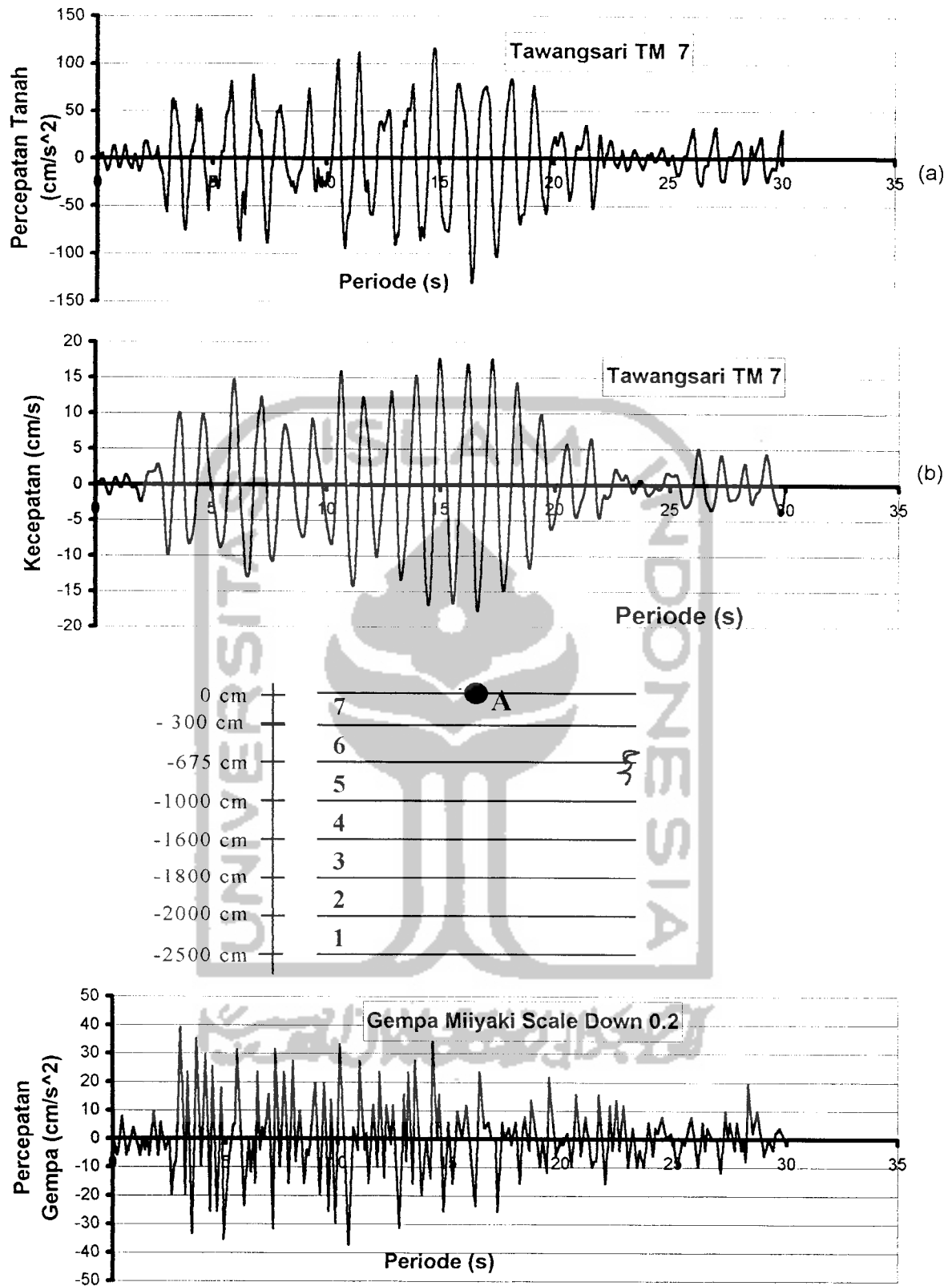
Gambar 5.6 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Kobe di daerah Tawangsari, Sukoharjo tanpa massa bangunan.



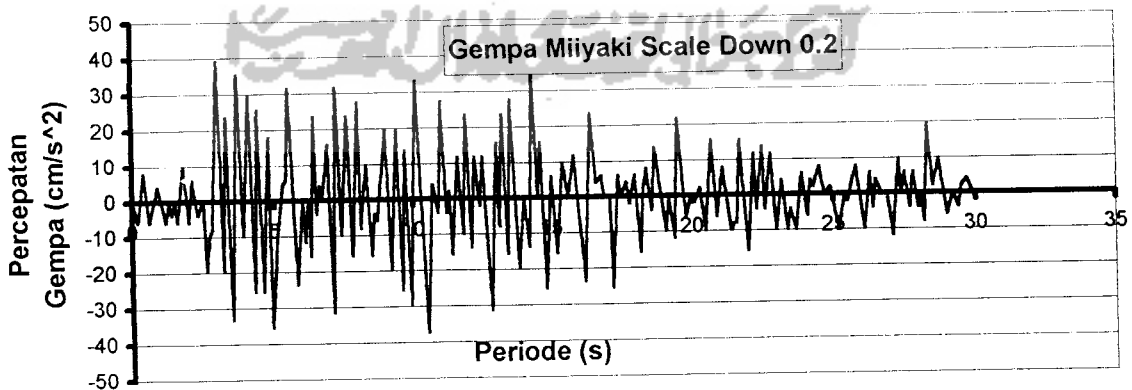
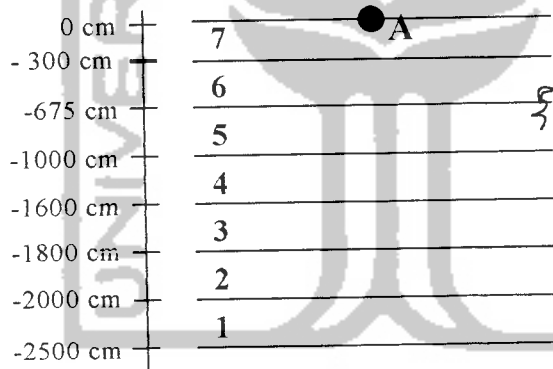
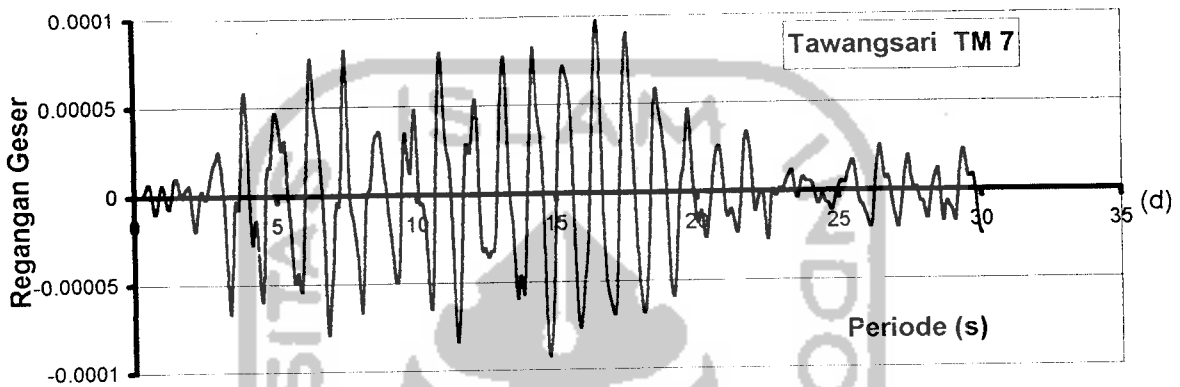
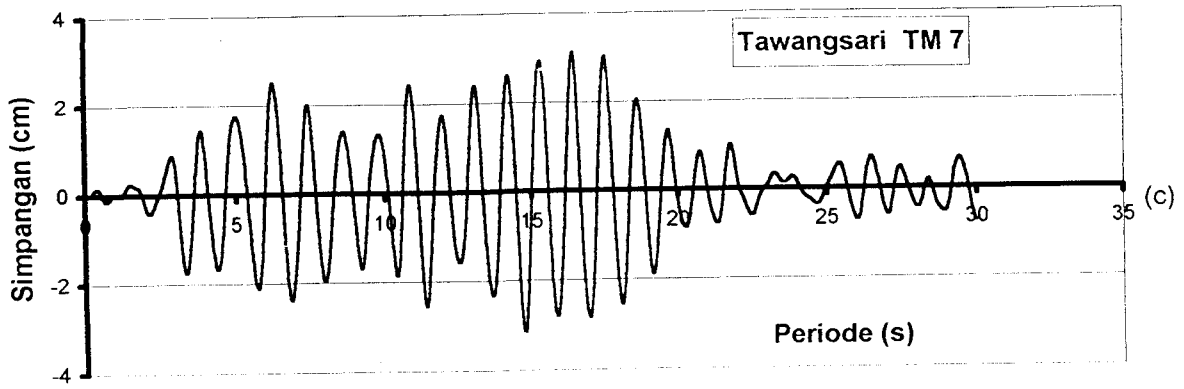
Gambar 5.7 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Kobe didaerah Tawang Sari, Sukoharjo dipengaruhi massa bangunan.



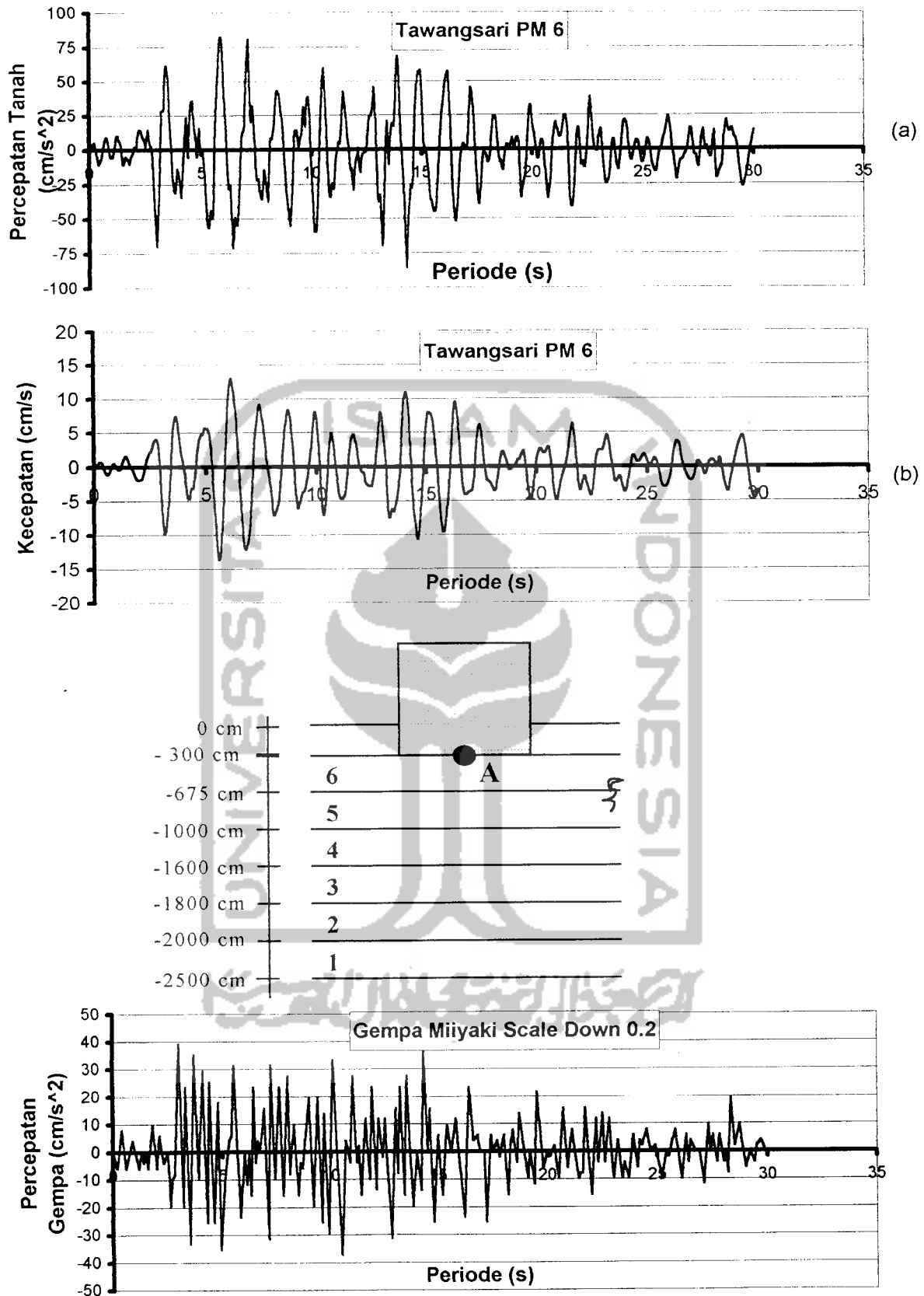
Gambar 5.8 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Kobe di daerah TawangSari, Sukoharjo dipengaruhi massa bangunan.



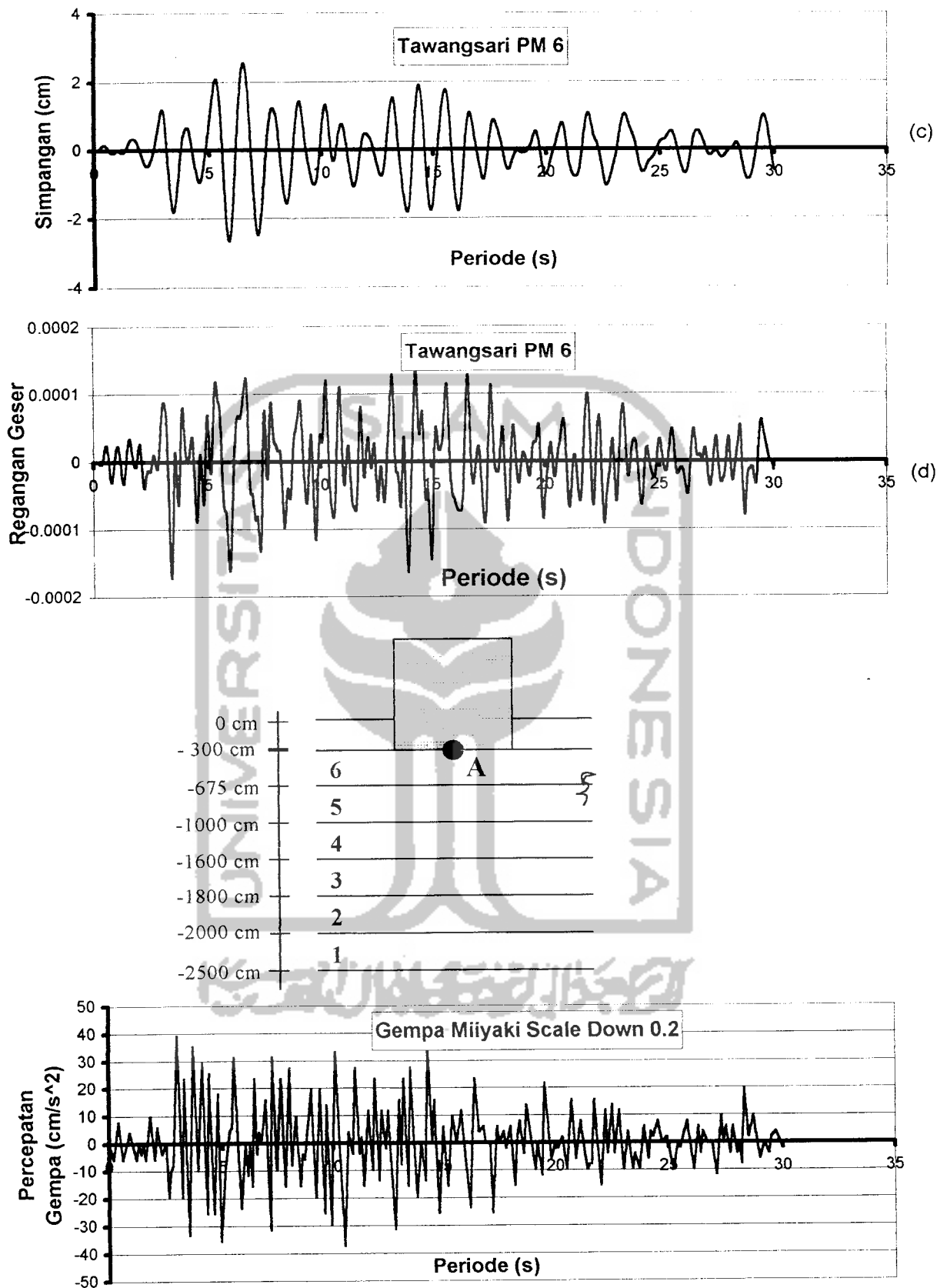
Gambar 5.9 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Miyaki didaerah Tawangsari, Sukoharjo tanpa massa bangunan.



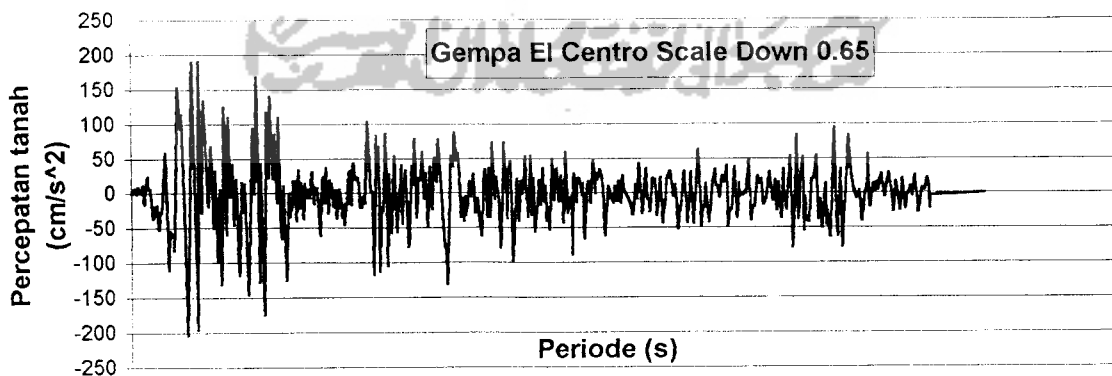
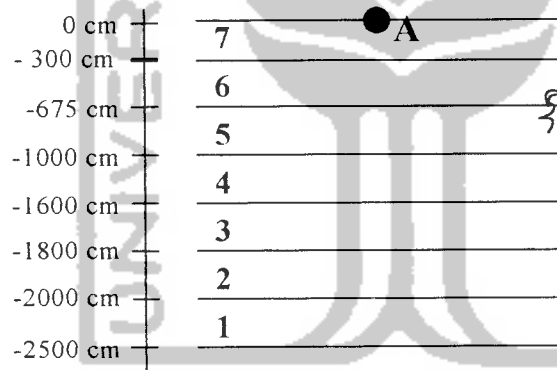
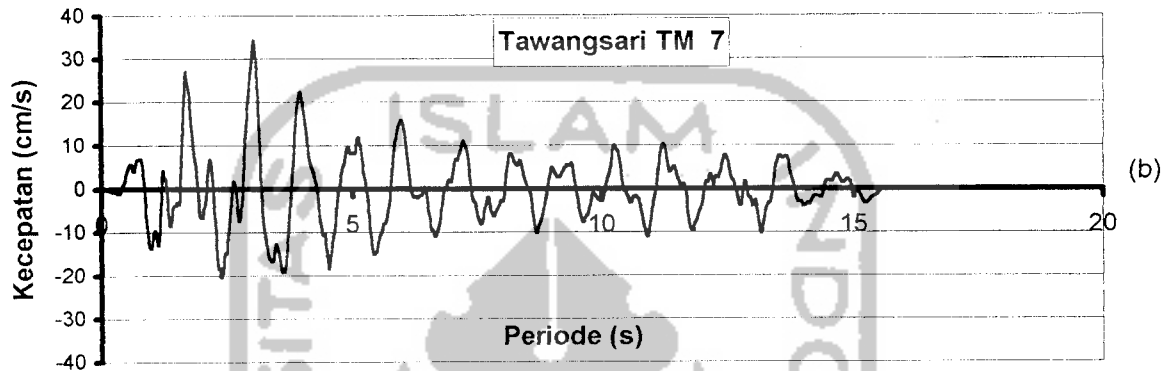
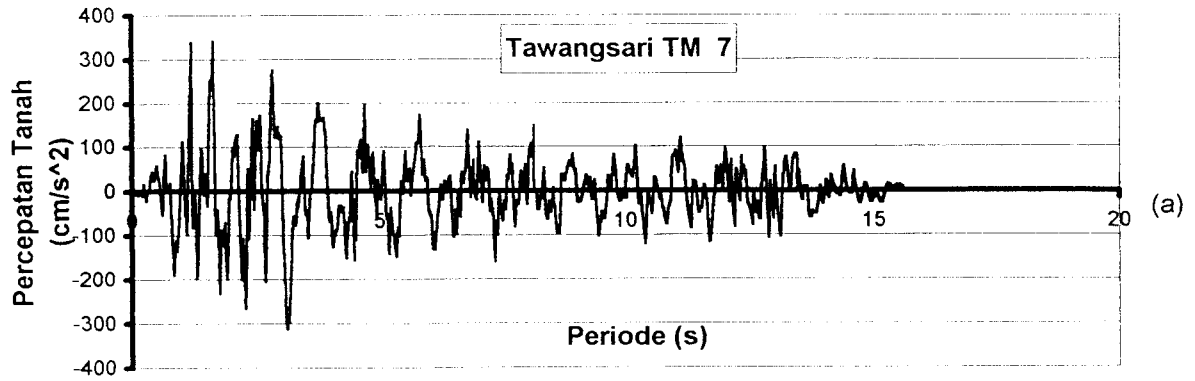
Gambar 5.10 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Miyaki di daerah Tawang Sari, Sukoharjo tanpa massa bangunan.



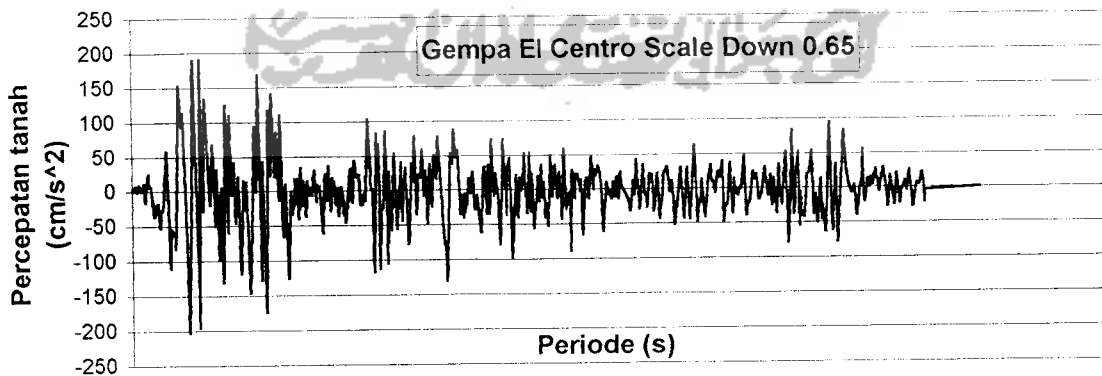
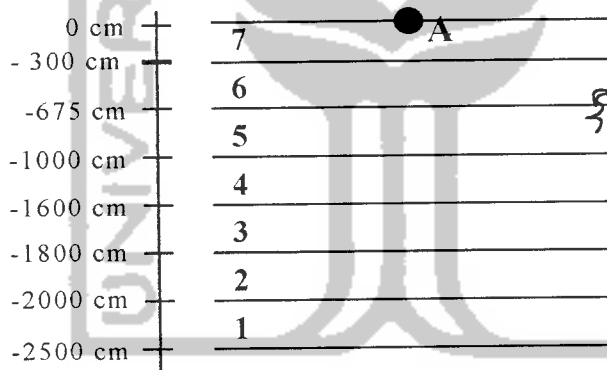
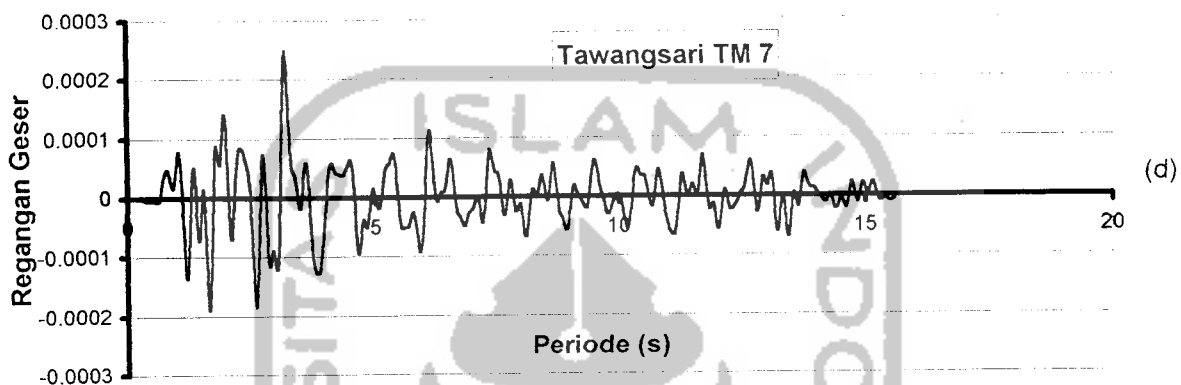
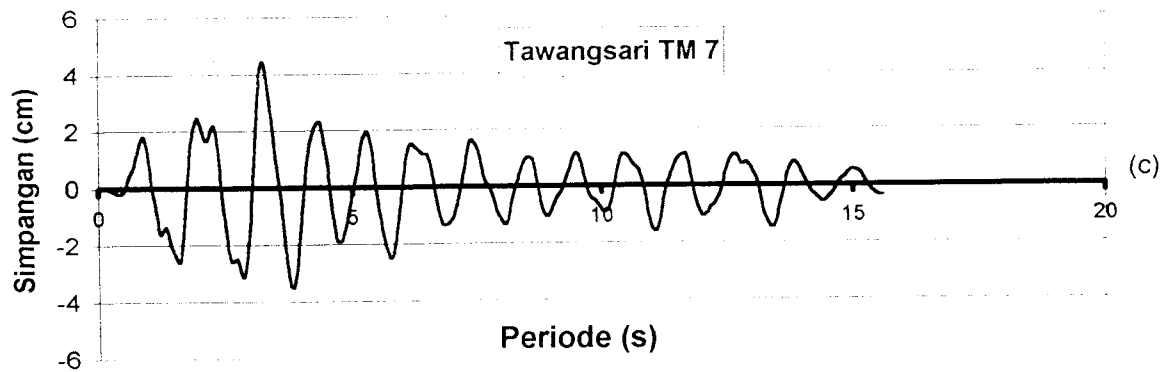
Gambar 5.11 Gambar (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Miyaki di daerah Tawang Sari, Sukoharjo dipengaruhi massa bangunan.



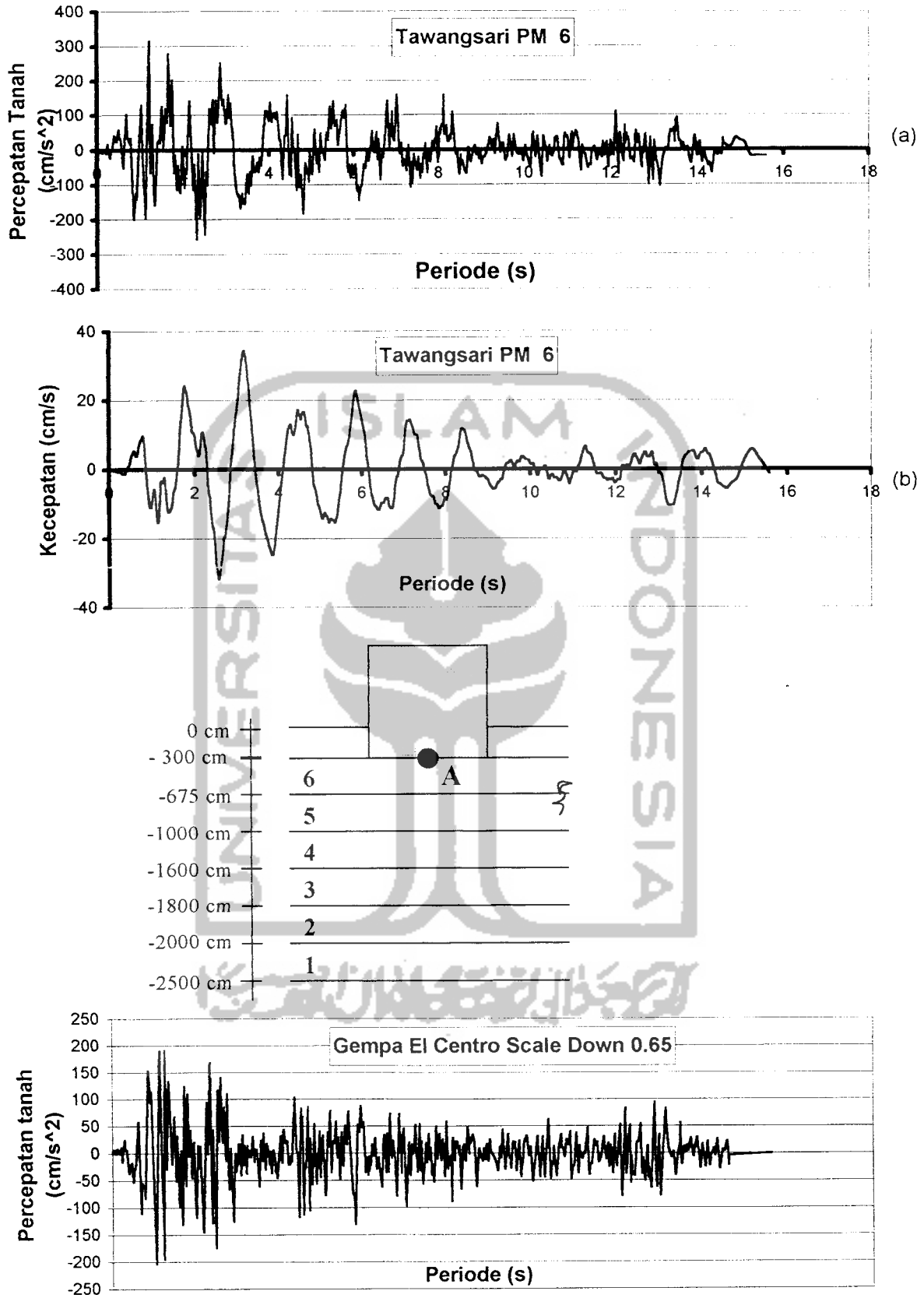
Gambar 5.12 Gambar (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Miyaki di daerah Tawang Sari, Sukoharjo dipengaruhi massa bangunan.



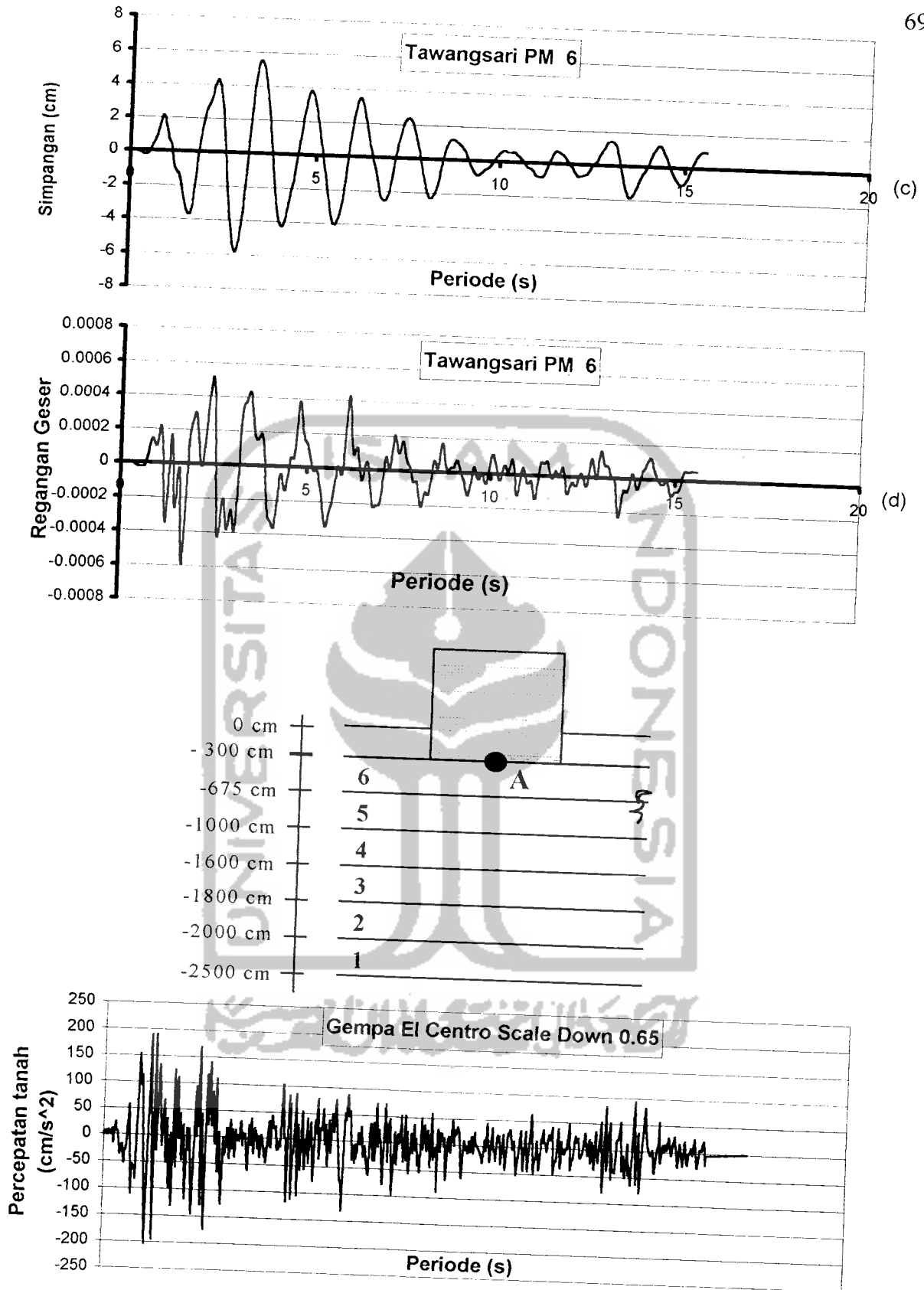
Gambar 5.13 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa El Centro di daerah Tawang Sari, Sukoharjo tanpa massa bangunan.



Gambar 5.14 Grafik (c) Simpangan dan (d) regangan Geser akibat Gempa El Centro di daerah Tawang Sari, Sukoharjo tanpa massa bangunan.



Gambar 5.15 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa El Centro di daerah Tawang Sari, Sukoharjo dipengaruhi massa bangunan.



Gambar 5.16 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa El Centro di daerah Tawangsari, Sukoharjo dipengaruhi massa bangunan.

Tabel 5.2 Perbandingan kecepatan yang terjadi akibat gempa daerah Tawang Sari

Gempa	Percepatan gempa pada <i>Base Rock</i>	Pada kondisi <i>free field</i>	Pada kondisi terdapat massa bangunan diatas Lapisan tanah
1. Koyna	362,206 cm/s ²	39,088 cm/s	37,45 cm/s
2. Kobe	197,568 cm/s ²	79,35 cm/s	61,45 cm/s
3. Miiyaki	39,2 cm/s ²	17,74 cm/s	13,68 cm/s
4. ElCentro	203,283 cm/s ²	34,3 cm/s	34,11 cm/s

Tabel 5.3. Perbandingan simpangan tiap-tiap gempa daerah Tawang Sari

Gempa	Percepatan gempa pada <i>Base Rock</i>	Pada kondisi <i>free field</i>	Pada kondisi terdapat massa bangunan diatas Lapisan tanah
1. Koyna	362,206 cm/s ²	5,6 cm	5,36 cm
2. Kobe	197,568 cm/s ²	12,7 cm	10,62 cm
3. Miiyaki	39,2 cm/s ²	17,74 cm	13,68 cm
4. ElCentro	203,283 cm/s ²	34,3 cm	34,11 cm

Tabel 5.4. Perbandingan regangan geser pada permukaan tanah tiap-tiap gempa daerah Tawang Sari

Gempa	Percepatan gempa pada <i>Base Rock</i>	Pada kondisi <i>free field</i>	Pada kondisi terdapat massa bangunan diatas Lapisan tanah
1. Koyna	362,206 cm/s ²	2,9.10 ⁻⁴ cm	1,0.10 ⁻³ cm
2. Kobe	197,568 cm/s ²	4,1.10 ⁻⁴ cm	9,4.10 ⁻⁴ cm
3. Miiyaki	39,2 cm/s ²	9,3.10 ⁻⁵ cm	1,7.10 ⁻⁴ cm
4. ElCentro	203,283 cm/s ²	2,5.10 ⁻⁴ cm	5,9.10 ⁻⁴ cm

Dari tabel di atas dapat disimpulkan urutan besarnya percepatan tanah yang terjadi akibat gempa pada lokasi Dalangan Tawang Sari, Sukoharjo untuk kondisi *free field* adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe
2. Akibat Gempa Koyna
3. Akibat Gempa ElCentro
4. Akibat Gempa Miyaki

Untuk kondisi terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Koyna
2. Akibat Gempa Kobe
3. Akibat Gempa ElCentro
4. Akibat Gempa Miyaki

Dari tabel di atas dapat disimpulkan urutan besarnya kecepatan tanah yang terjadi akibat gempa pada lokasi Dalangan Tawang Sari, Sukoharjo untuk kondisi *free field* adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe
2. Akibat Gempa Koyna
3. Akibat Gempa ElCentro
4. Akibat Gempa Miyaki

Untuk kondisi terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe
2. Akibat Gempa Koyna
3. Akibat Gempa ElCentro
4. Akibat Gempa Miiyaki

Dari tabel di atas dapat disimpulkan urutan besarnya simpangan tanah yang terjadi akibat gempa pada lokasi Dalangan Tawang Sari , Sukoharjo untuk kondisi *free field* adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe
2. Akibat Gempa ElCentro
3. Akibat Gempa Koyna
4. Akibat Gempa Miiyaki

Untuk kondisi terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe
2. Akibat Gempa Koyna
3. Akibat Gempa Kobe
4. Akibat Gempa Miiyaki

A/V ratio masing – masing gempa yang terjadi di permukaan tanah untuk kondisi *free field* :

1. Gempa Koyna : 1,387 Hz

2. Gempa Kobe : 0.766 Hz
3. Gempa Miiyaki : 0.753 Hz
4. Gempa El Centro : 1.0138 Hz

A/V ratio masing-masing gempa yang terjadi di permukaan tanah untuk kondisi terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah :

1. Gempa Koyna : 1.0155 Hz
2. Gempa Kobe : 0.6085 Hz
3. Gempa Miiyaki : 0.6394 Hz
4. Gempa El Centro : 0.9418 Hz

Dapat dilihat dari hasil A/V ratio bahwa bila terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah akan terjadi penurunan nilai A/V ratio yang berarti terjadi penurunan kandungan frekuensi gempa. Yang berarti bahwa massa bangunan akan menyerap kandungan frekuensi gempa. A/V ratio gempa yang terjadi di permukaan tanah menunjukkan bahwa kandungan frekuensi gempa termasuk frekuensi rendah dan frekuensi menengah. Karena A/V ratio < 0.8 merupakan jenis frekuensi rendah, sedangkan A/V ratio yang berkisar antara $0.8 - 1.2$ merupakan jenis frekuensi menengah.

5.2 Perubahan Kandungan Frekuensi Percepatan Tanah , Kecepatan Tanah dan Simpangan Tanah Yang Terjadi Akibat Gempa

Dari gambar 5.1 – 5.16 dapat dilihat terjadinya perubahan kandungan frekuensi gempa. Hal itu disebabkan karena percepatan tanah merupakan turunan ke dua dari simpangan tanah, sedangkan kecepatan merupakan turunan pertama dari

simpangan gempa. Dengan kata lain kecepatan tanah dapat diperoleh dari menjumlahkan luasan grafik percepatan tanah, sedangkan simpangan tanah dapat diperoleh dengan menjumlahkan luasan grafik kecepatan tanah. Oleh karena itu kandungan frekuensi percepatan tanah lebih tinggi dari kandungan frekuensi kecepatan tanah dan kandungan frekuensi simpangan tanah, dan kandungan frekuensi kecepatan tanah lebih tinggi dari kandungan frekuensi simpangan tanah.

5.3 Amplifikasi Respon Seismik Pada Permukaan Lapisan Tanah

Tabel 5.5 Besarnya amplifikasi untuk daerah Tawang Sari

Gempa	Kondisi	Percepatan	Kecepatan	Simpangan
Koyna	Tanpa Massa	531,21 cm/s ² (+)46.659 %	39,088 cm/s	5,6 cm
	Pakai Massa	372,717 cm/s ² (+)2.902 %	37,45 cm/s	5,36 cm
Kobe	Tanpa Massa	595,94 cm/s ² (+)201.638 %	79,35 cm/s	12,7 cm
	Pakai Massa	366,467 cm/s ² (+)85.489 %	61,45 cm/s	10,62 cm
Miiyaki	Tanpa Massa	130,887 cm/s ² (+)233 %	17,74 cm/s	3,14 cm
	Pakai Massa	85,724 cm/s ² (+)118.684 %	13,68 cm/s	2,67cm
ElCentro	Tanpa Massa	340,77 cm/s ² (+)67.63 %	34,3 cm/s	5,8 cm
	Pakai Massa	314,83 cm/s ² (+)54.87 %	34,11 cm/s	4,5 cm

Dilihat dari jenis tanahnya Lapisan tanah pada lokasi Dalangan Tawang Sari , Sukoharjo merupakan jenis lapisan tanah silt yang sangat berlempung yang mempunyai nilai N SPT berkisar antara 3/30 – 29/30. Selain itu lapisan tanahnya mempunyai nilai PI yang berkisar antara 26 % - 56 %. Dilihat dari nilai indeks plastisitasnya tanah di daerah Dalangan Tawang Sari ini mempunyai plastisitas yang tinggi.

Seperti yang telah diketahui bahwa sifat – sifat fisik tanah merupakan faktor yang akan berpengaruh pada amplifikasi percepatan gempa. Tanah kohesif lunak dengan plastisitas tinggi akan berkecenderungan berperilaku elastik sehingga semakin besar input energi/gaya yang bekerja pada struktur tanah tersebut maka semakin besar respon seismik (kecepatan dan percepatan) tanah yang akan terjadi. Besarnya respon tanah tersebut juga disebabkan kecilnya redaman material yang ada karena tanah dengan plastisitas tinggi nilai ratio redamannya relatif kecil.

Regangan geser tanah yang ditimbulkan oleh gempa mempunyai pengaruh terhadap modulus geser gempa. Semakin kecil regangan geser tanah semakin besar modulus geser tanah . Sedangkan modulus geser tanah akan berpengaruh pada kekakuan tanahnya, semakin besar nilai modulus geser tanah semakin besar kekakuan lapisan tanah tersebut. Kekakuan tanah akan berpengaruh pada respon seismik tanah tersebut, yang kemudian akibat kekakuan lapisan tanah yang berbeda akan membedakan perilaku pada respon seismik lapisan tanah.

Karena regangan geser yang diakibatkan gempa Koyana lebih kecil daripada regangan geser yang diakibatkan gempa Miiyaki maupun gempa Kobe maka

modulus geser dan kekakuan pada lapisan tanah akan lebih besar pada gempa Koyna. Yang kemudian respon seismik yang terjadi akibat gempa Koyna baik itu percepatan, kecepatan, maupun simpangan akan lebih kecil respon seismik yang diakibatkan gempa Miiyaki dan gempa Kobe.

Selain itu respon seismik yang terjadi pada kondisi terdapat massa bangunan di atasnya mengalami deamplifikasi jika dibandingkan pada kondisi free field, terjadinya deamplifikasi respon seismik pada kondisi terdapat massa bangunan di atas permukaan tanah disebabkan semakin kakunya tanah tersebut. Besarnya deamplifikasi yang terjadi dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5.6 Besarnya Perubahan Respon Seismik Tanah untuk daerah Tawang Sari

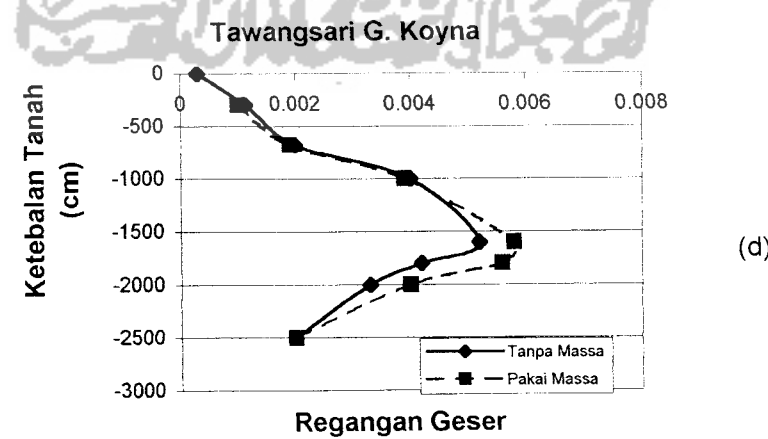
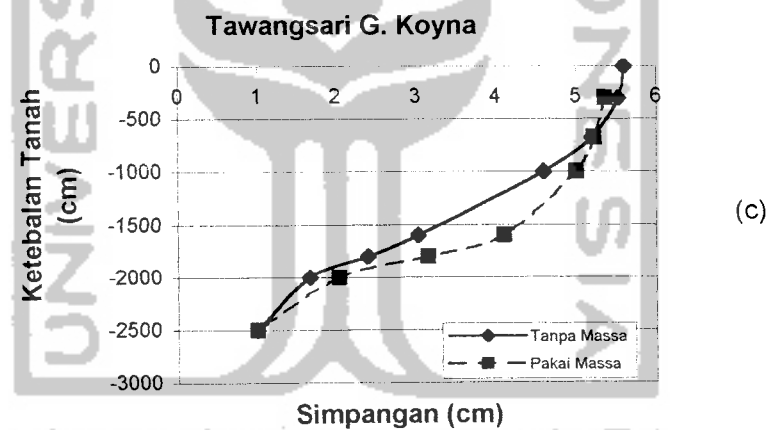
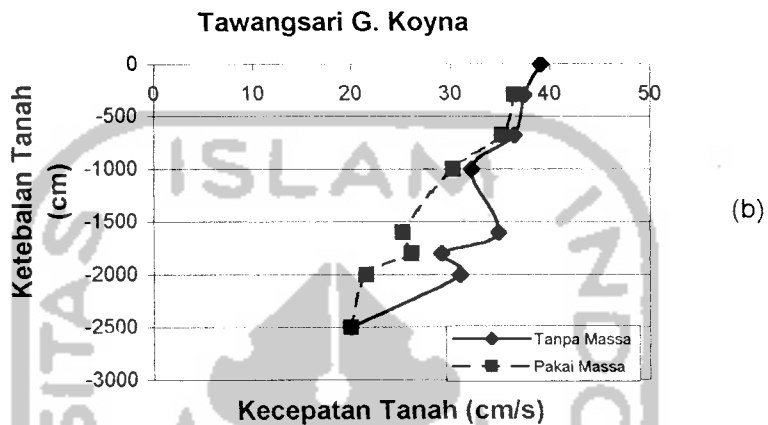
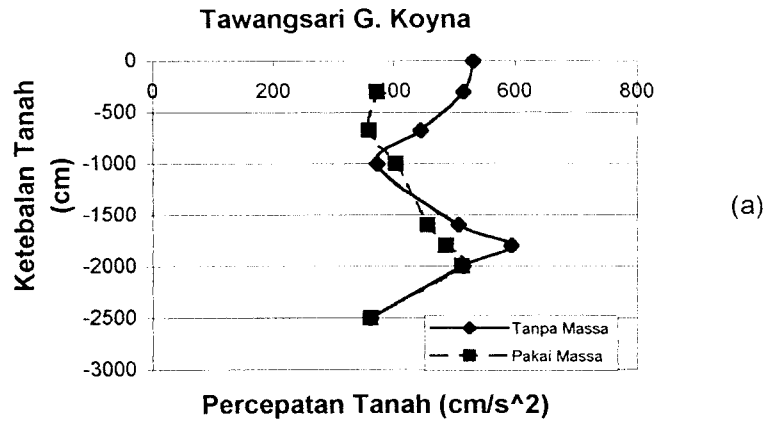
Gempa	Kondisi	Percepatan	Kecepatan	Simpangan
Koyna	Tanpa Massa	531,21 cm/s ²	39,088 cm/s	5,6 cm
	Pakai Massa	372,717 cm/s ² (-29,836 %)	37,45 cm/s (-4,1905 %)	5,36 cm (-4,286 %)
Kobe	Tanpa Massa	595,94 cm/s ²	79,35 cm/s	12,7 cm
	Pakai Massa	366,467 cm/s ² (-22,575 %)	61,45 cm/s (-22,558 %)	10,62 cm (-16,378 %)
Miiyaki	Tanpa Massa	130,887 cm/s ²	17,74 cm/s	3,14 cm
	Pakai Massa	85,724 cm/s ² (-34,505 %)	13,68 cm/s (-22,886 %)	2,67 cm (-14,968 %)
ElCentro	Tanpa Massa	340,77 cm/s ²	34,3 cm/s	5,8 cm
	Pakai Massa	314,83 cm/s ² (-7,612 %)	34,11 cm/s (-0,55 %)	4,5 cm (-22,414 %)

Tanah yang terdapat massa bangunan di atasnya semakin kaku karena adanya penambahan nilai $\Delta \sigma_v$ yang disebabkan adanya berat bangunan diatas tanah yang akan berpengaruh pada penambahan nilai modulus geser tanah (G) karena Modulus geser adalah fungsi dari σ_0 (*effective confining pressure*) yang kemudian karena bertambahnya nilai modulus geser pada akhirnya akan semakin meningkatkan kekakuan dari lapisan tanah tersebut.

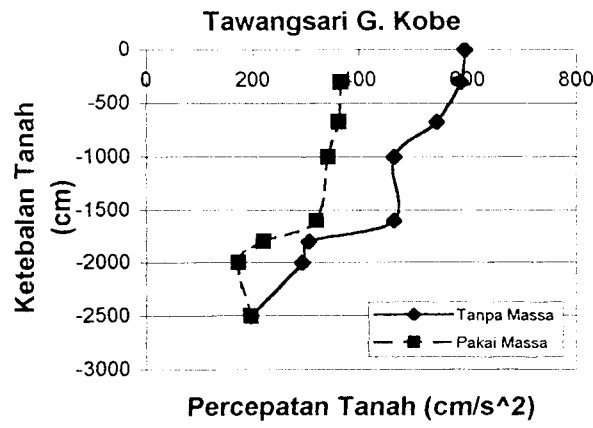
5.4 Respon Seismik Maksimum Yang Terjadi Pada Tiap Lapisan Tanah.

Untuk mengetahui respon seismik maksimum yang terjadi pada tiap lapisan tanah dapat dilihat pada gambar 5.17 – 5.24.

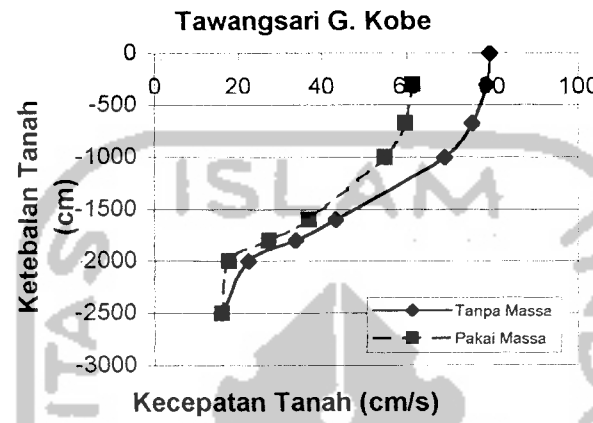
Selain itu dari gambar 5.17 d – 5.24 d dan tabel 5.4 dapat diketahui bahwa regangan geser yang terjadi di permukaan tanah ternyata sudah mendekati asumsi regangan geser pada awal perhitungan, meskipun secara keseluruhan regangan geser yang terjadi pada seluruh lapisan tanah mengalami perbedaan dari penelitian Tokida. Pada penelitian ini regangan geser di lapisan tanah di dasar lebih besar dari regangan geser yang terjadi di permukaan.



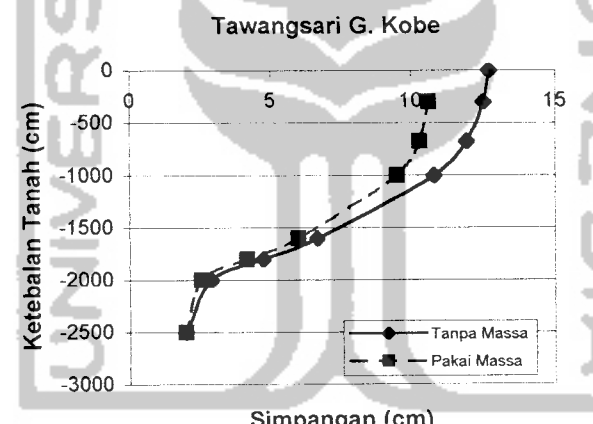
Gambar 5.17 Grafik Respon Seismik Tanah terhadap Ketebalan Tanah akibat Gempa Koyna daerah Tawang Sari Sukoharjo.



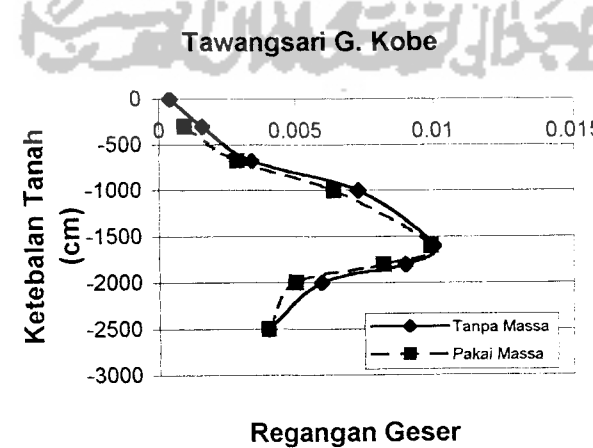
(a)



(b)

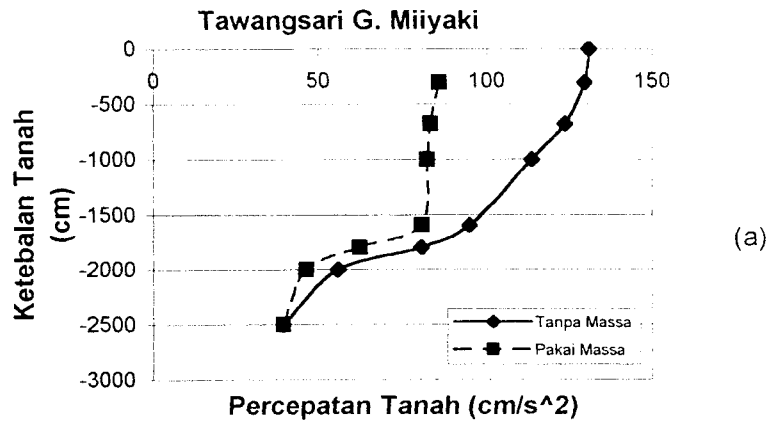


(c)

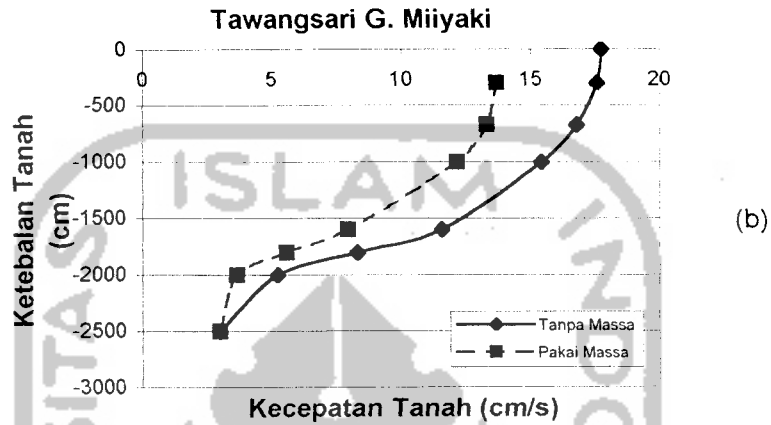


(d)

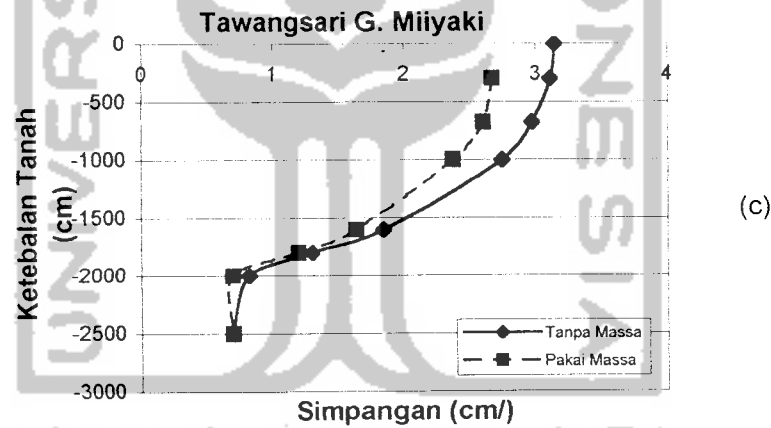
Gambar 5.18 Grafik Respon Seismik Tanah terhadap Ketebalan Tanah. akibat gempa Kobe di daerah Tawangsari, Sukoharjo.



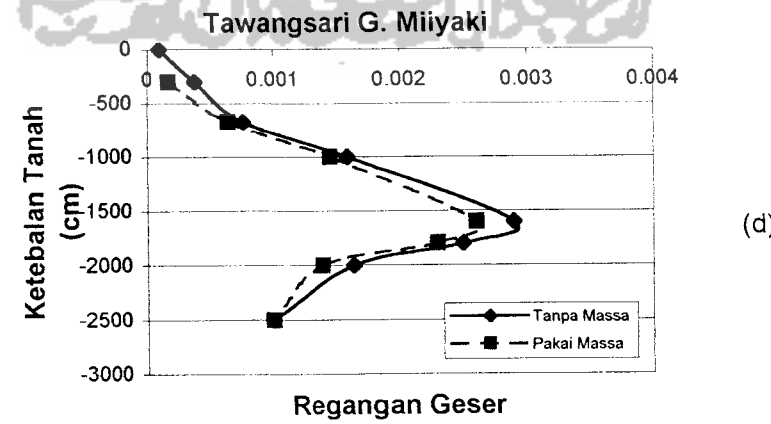
(a)



(b)

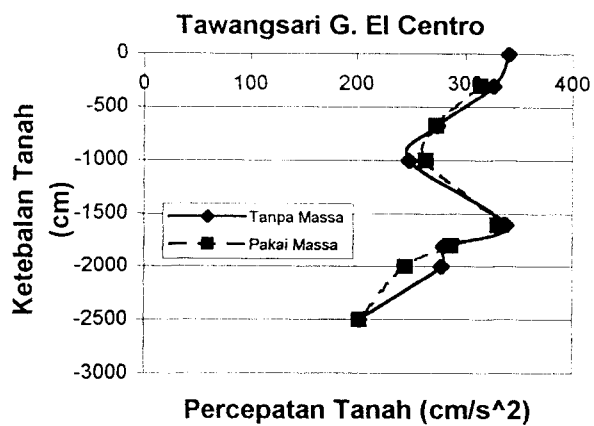


(c)

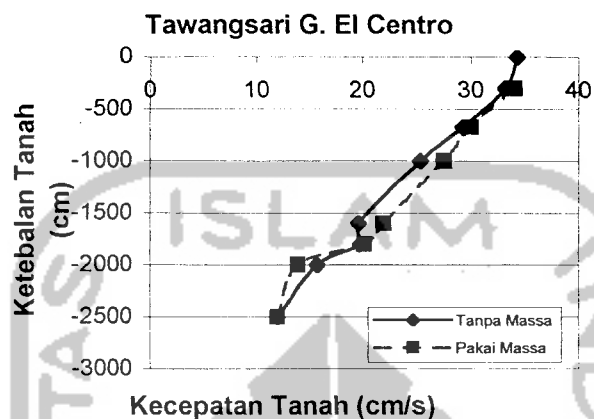


(d)

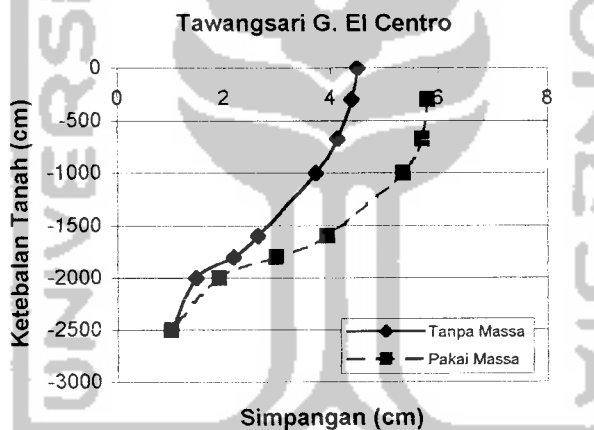
Gambar 5.19 Grafik respon Seismik Tanah terhadap ketebalan tanah akibat gempa Miiyaki di daerah Tawangsari Sukoharjo



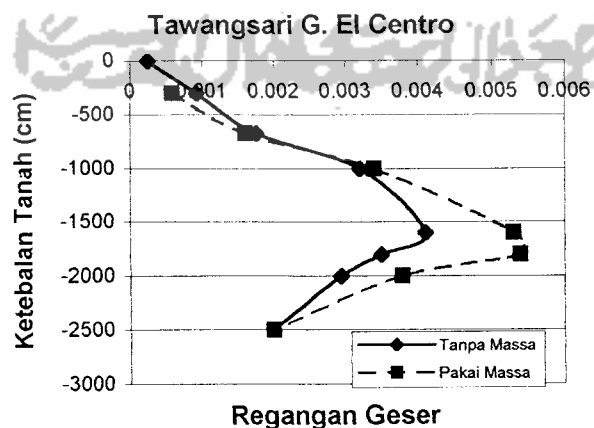
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 5.20 Grafik Respon Seismik Tanah terhadap ketebalan tanah akibat gempa El Centro di daerah Tawang Sari Sukoharjo.

5.5 Hasil Perhitungan Respon Seismik untuk Tanah Pada Daerah Dalangan Tawang Sari II Sukoharjo

Untuk tanah pada lokasi di daerah Dalangan Tawang Sari, Sukoharjo baik tanpa massa bangunan di atasnya (kondisi *free field*) maupun yang terdapat massa bangunan di atasnya, respon seismik dapat dilihat pada gambar 5.21 - gambar 5.36.

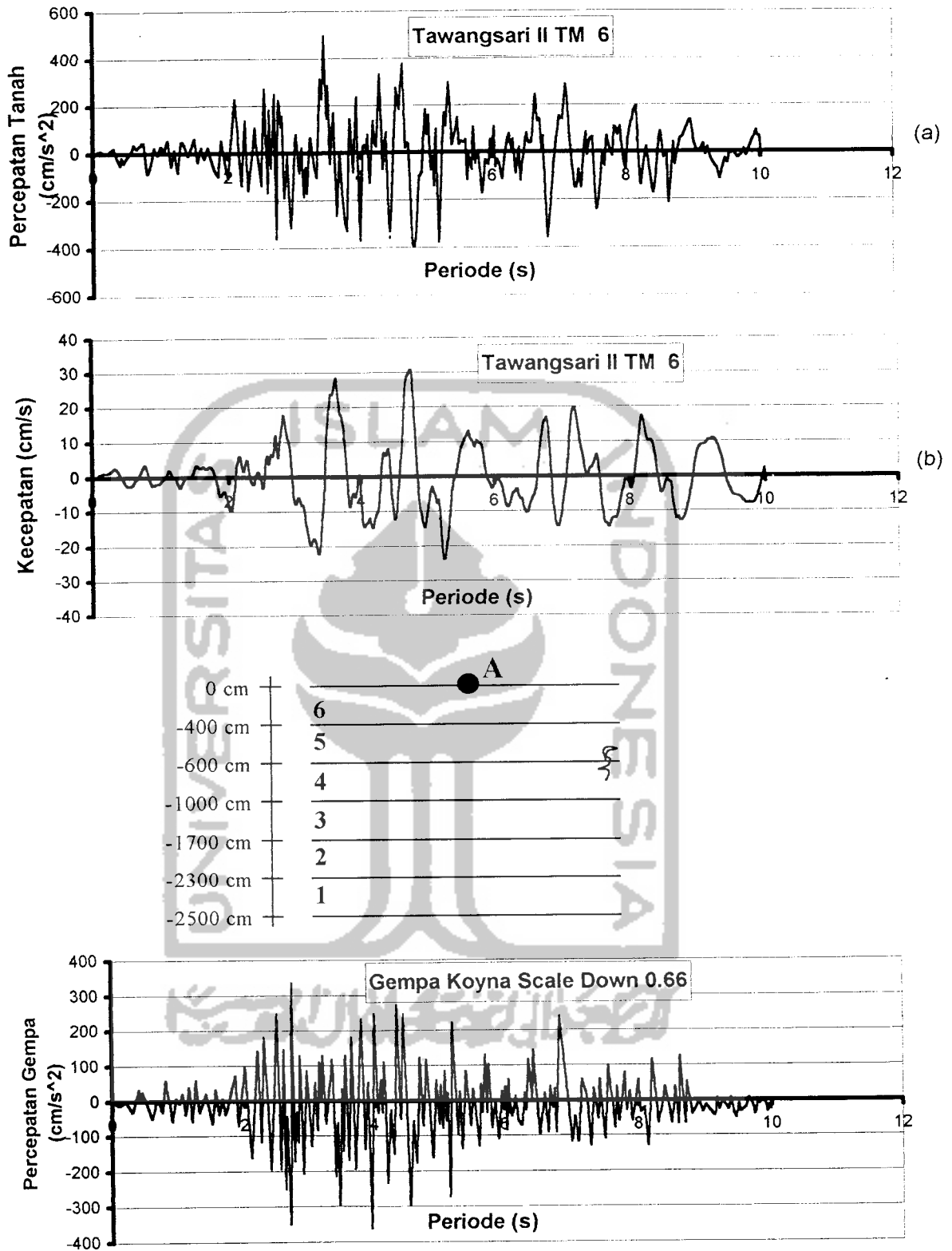
Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada tabel 5.7 – 5.10

Tabel 5.7 Perbandingan percepatan yang terjadi akibat gempa daerah Tawang Sari II

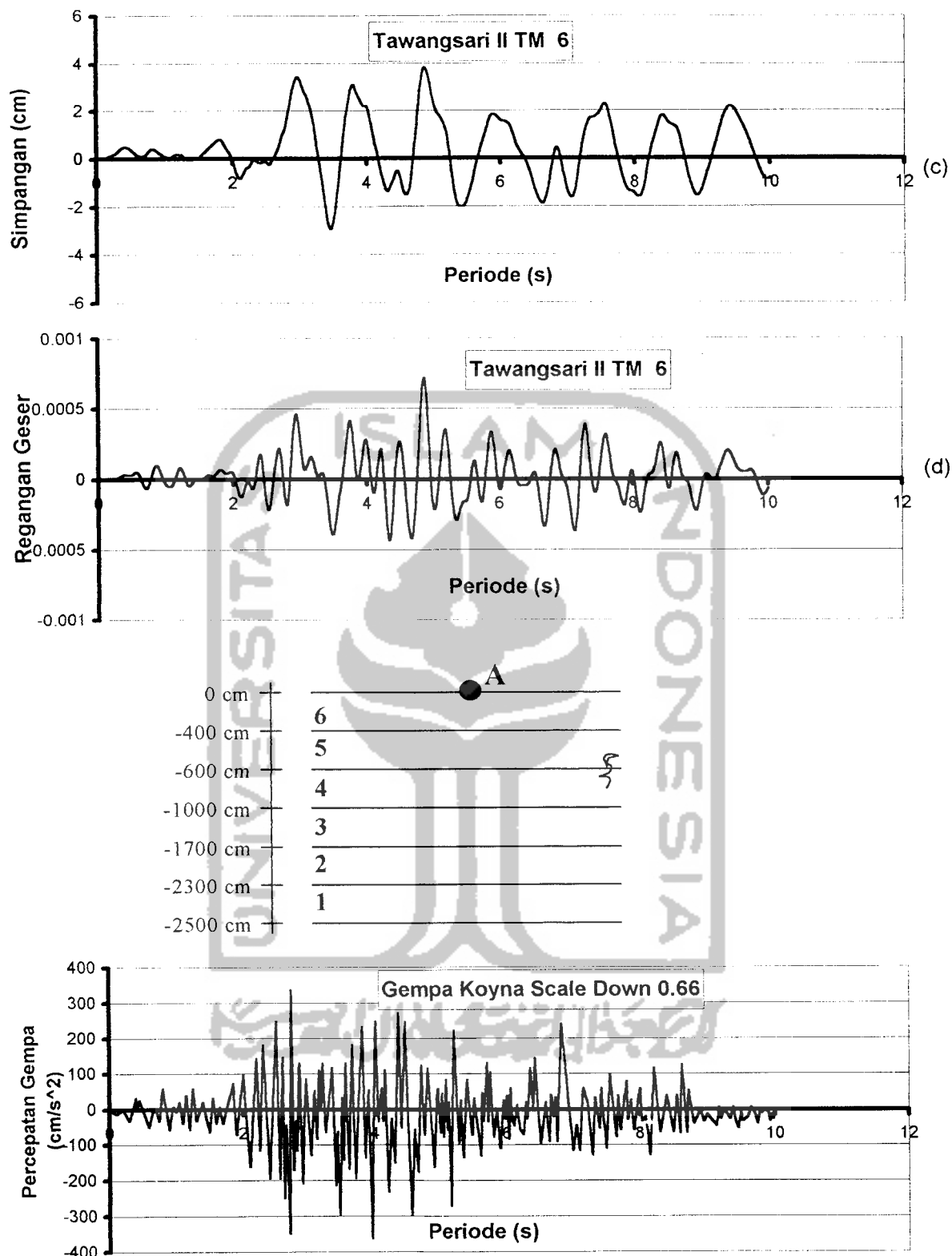
Gempa	Percepatan gempa pada <i>Base Rock</i>	Percepatan gempa pada kondisi <i>free field</i>	Percepatan gempa pada kondisi terdapat massa bangunan di atas Lapisan tanah
1. Koyna	362,206 cm/s ²	496,91 cm/s ²	394,24 cm/s ²
2. Kobe	197,258 cm/s ²	504,775 cm/s ²	343,15 cm/s ²
3. Miiyaki	39,2 cm/s ²	104,36 cm/s ²	80,0 cm/s ²
4. ElCentro	203,283 cm/s ²	323,6 cm/s ²	298,69 cm/s ²

Tabel 5.8 Perbandingan kecepatan yang terjadi akibat gempa daerah Tawang Sari II

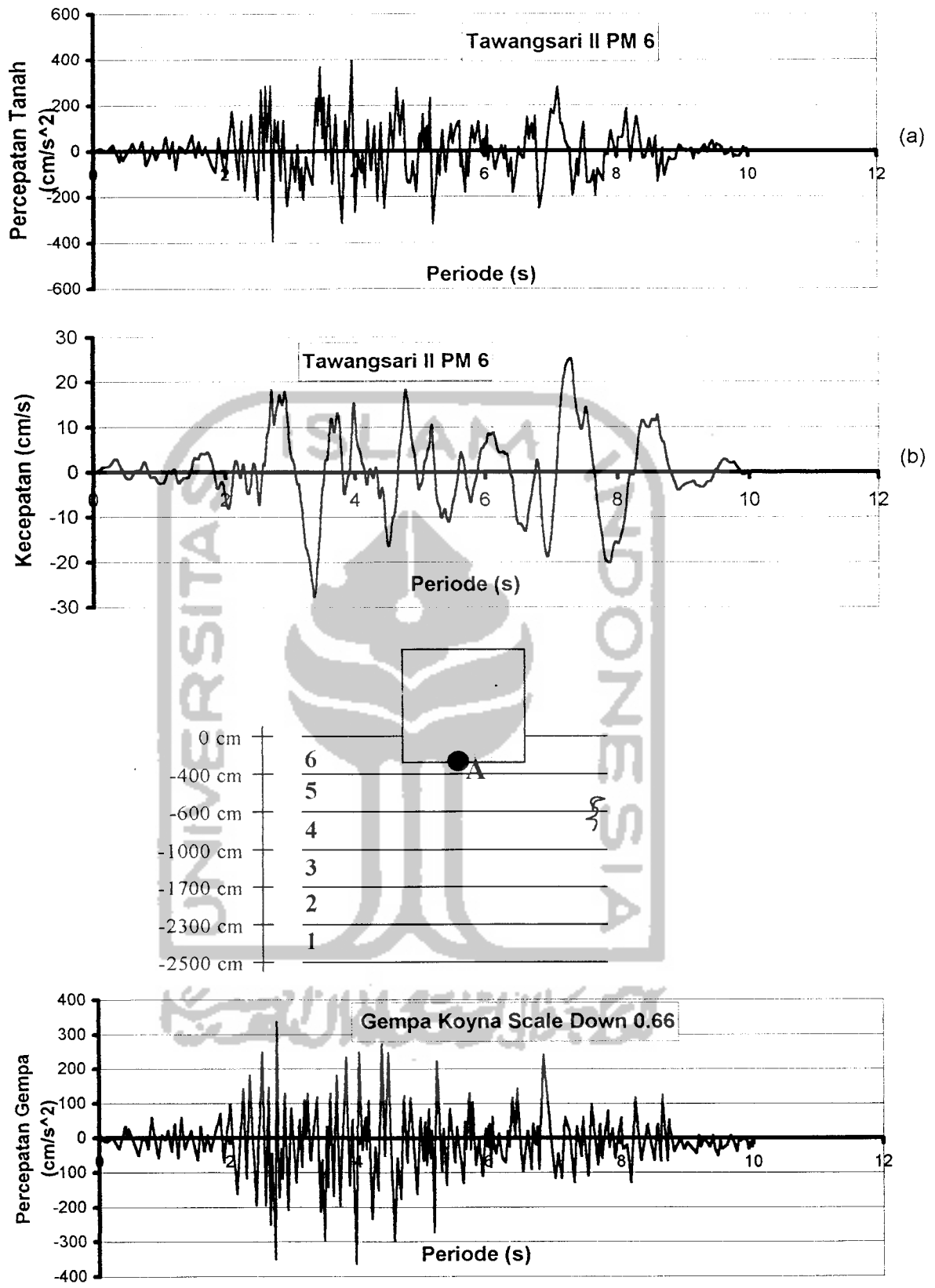
Gempa	Percepatan gempa pada <i>Base Rock</i>	Pada kondisi <i>free field</i>	Pada kondisi terdapat massa bangunan di atas Lapisan tanah
1. Koyna	362,206 cm/s ²	30,75 cm/s	27,7 cm/s
2. Kobe	197,258 cm/s ²	71,26 cm/s	55,1 cm/s
3. Miiyaki	39,2 cm/s ²	12,65 cm/s	10,7 cm/s
4. ElCentro	203,283 cm/s ²	23,9 cm/s	22,54 cm/s



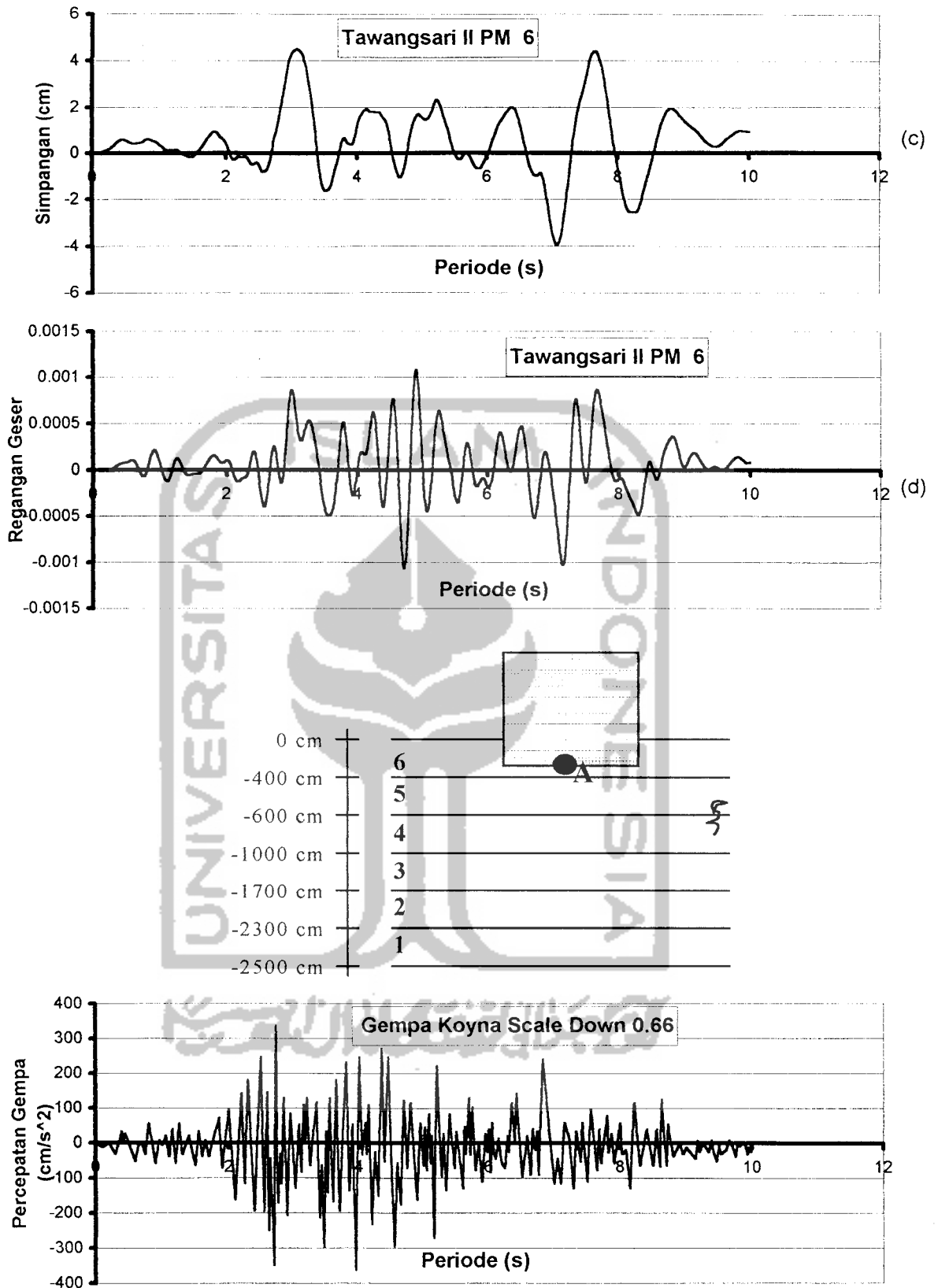
Gambar 5.21 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Koyana di daerah Tawang Sari II, Sukoharjo tanpa massa bangunan.



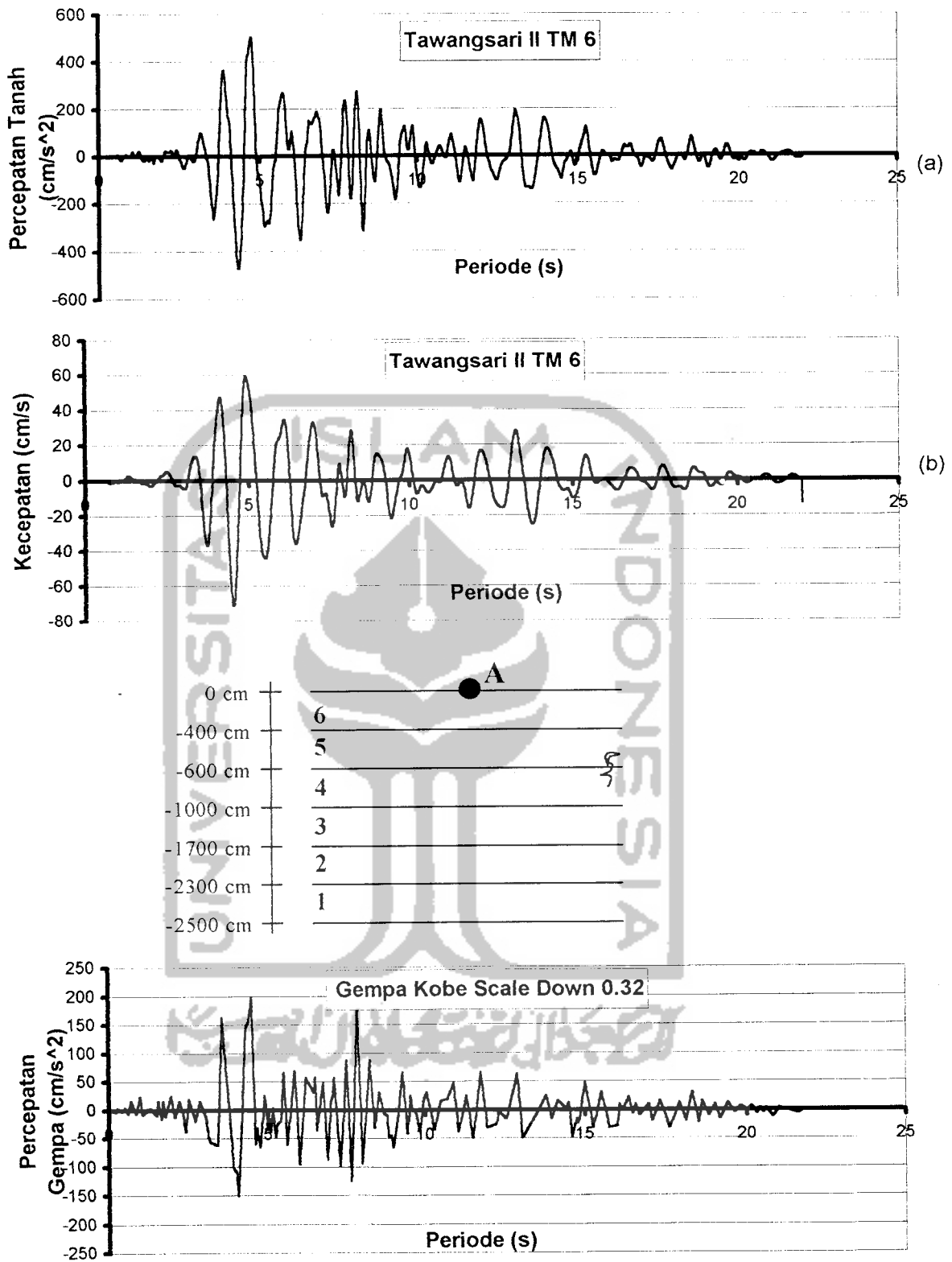
Gambar 5.22 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Koyna di daerah Tawang Sari II, Sukoharjo tanpa massa bangunan.



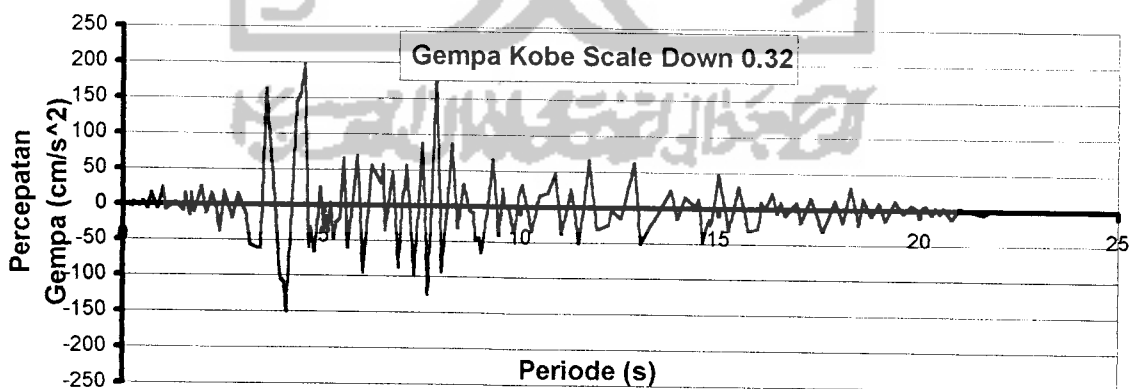
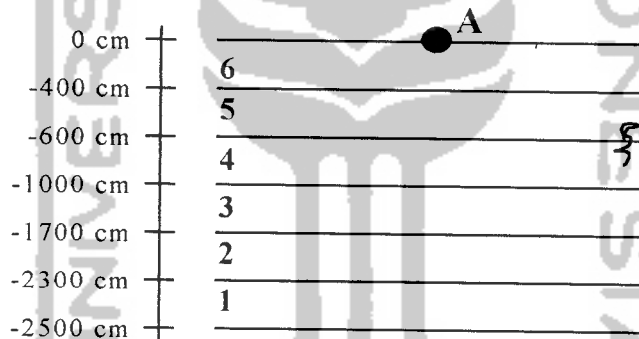
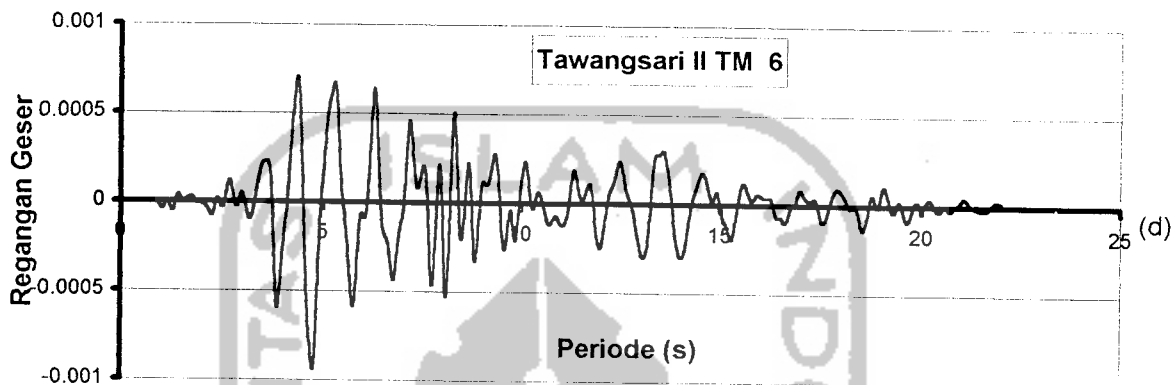
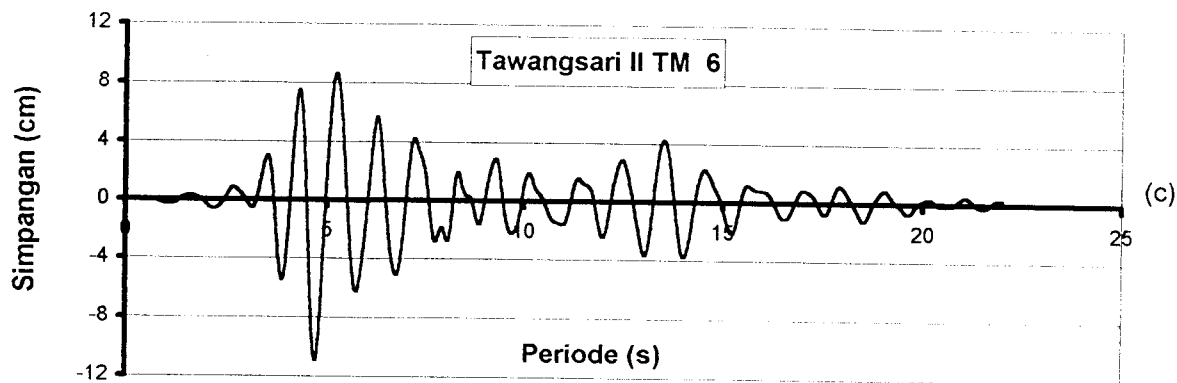
Gambar 5.23 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Koyna di daerah Tawangsari II, Sukoharjo dipengaruhi massa bangunan.



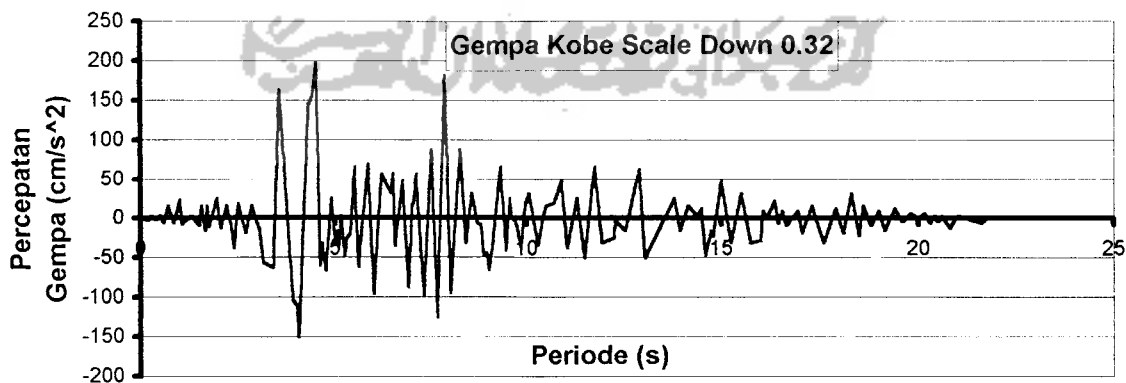
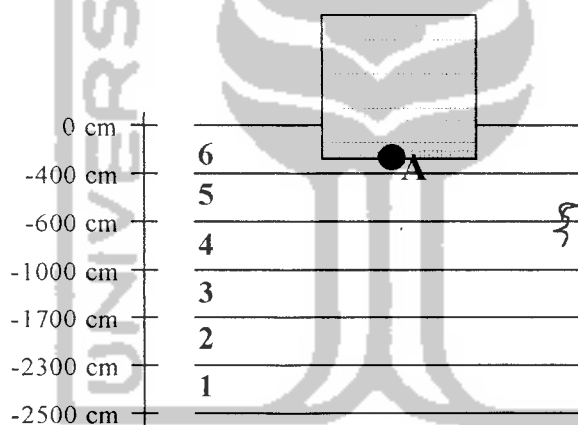
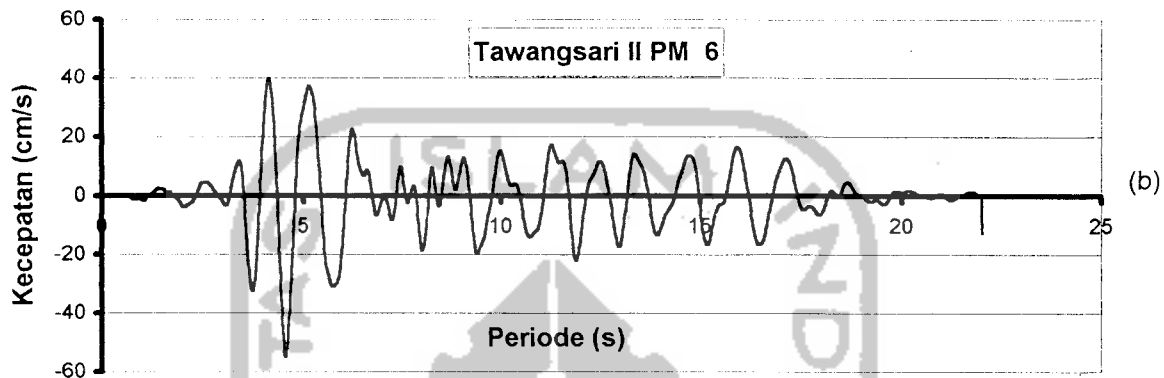
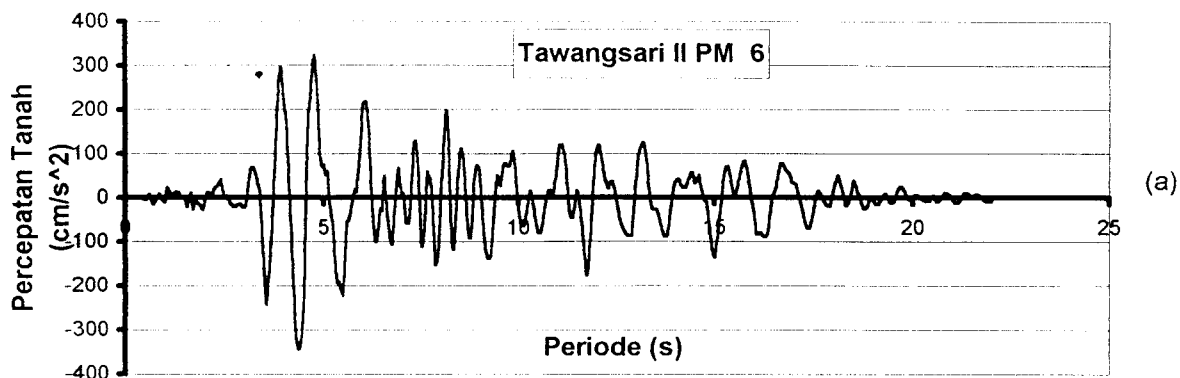
Gambar 5.24 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Koyna di daerah Tawangsari II, Sukoharjo dipengaruhi massa bangunan.



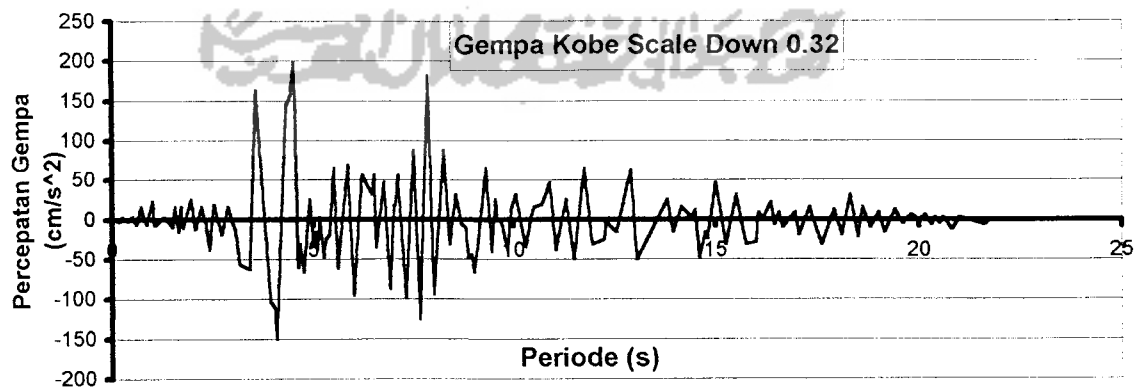
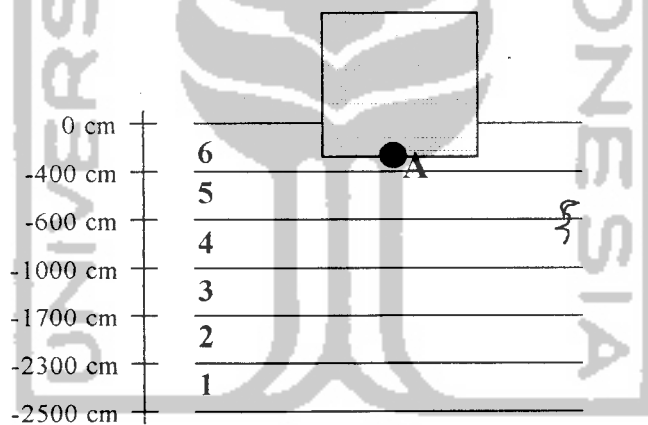
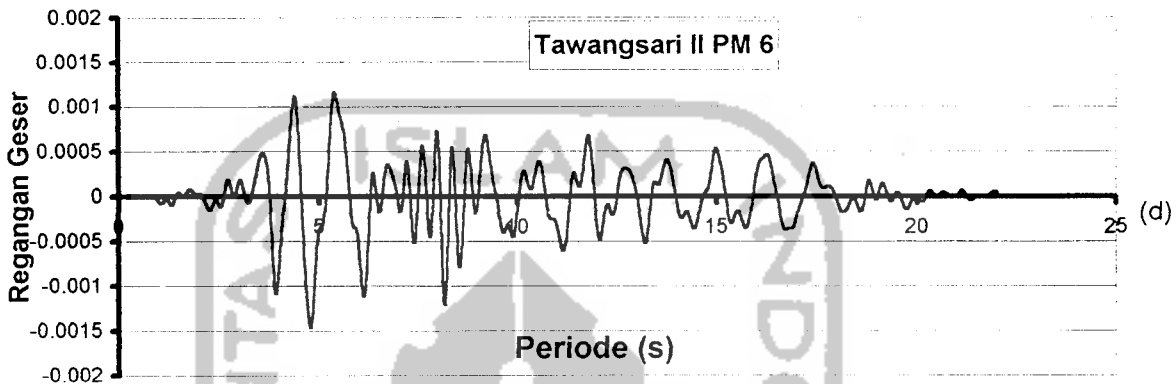
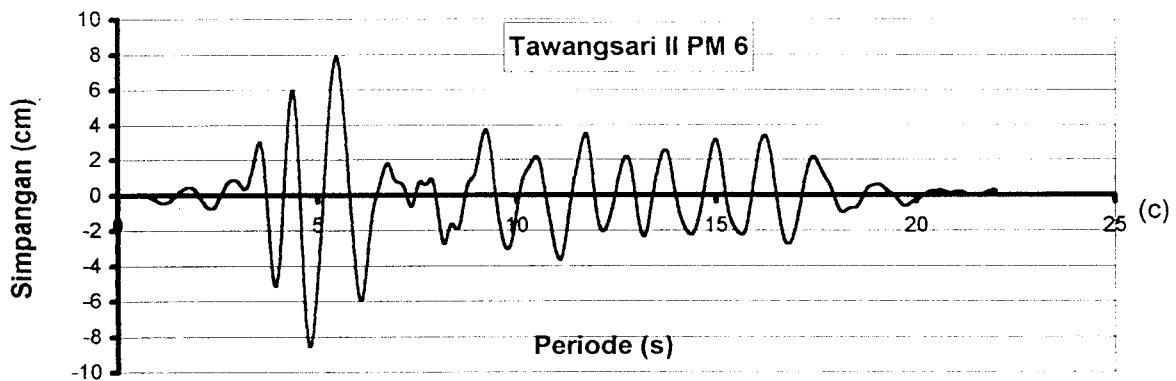
Gambar 5.25 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Kobe di daerah Tawangsari II, Sukoharjo tanpa massa bangunan.



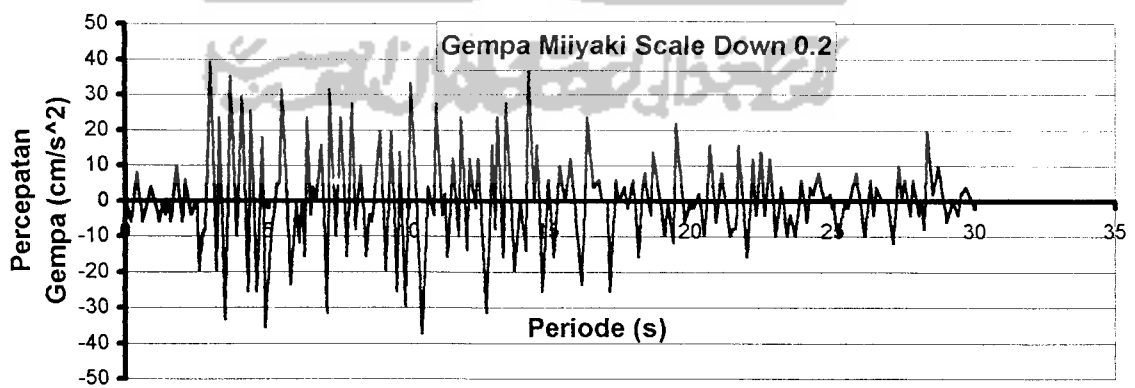
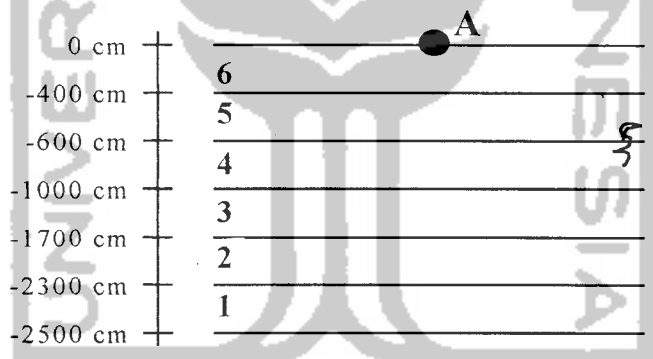
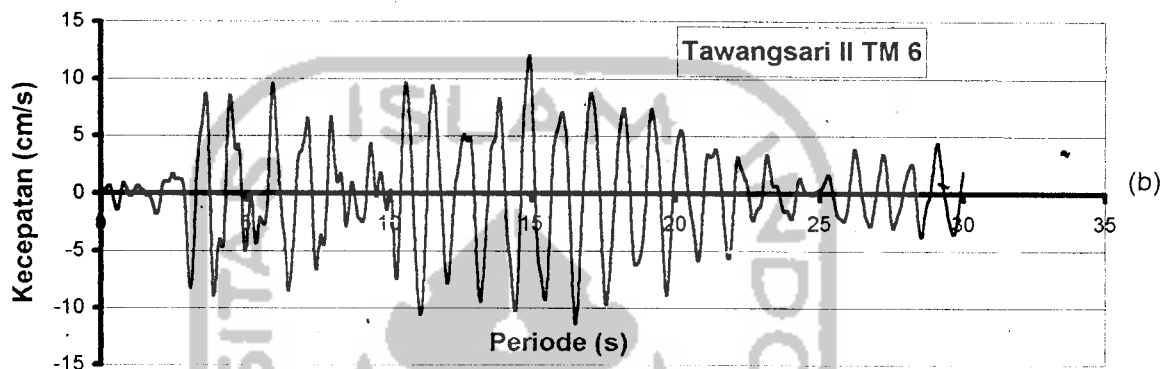
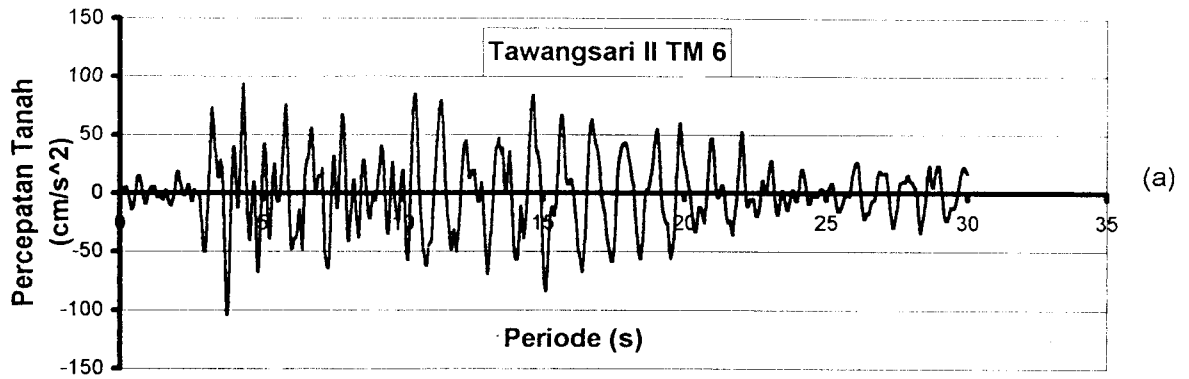
Gambar 5.26 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Kobe di daerah Tawang Sari II, Sukoharjo tanpa massa bangunan.



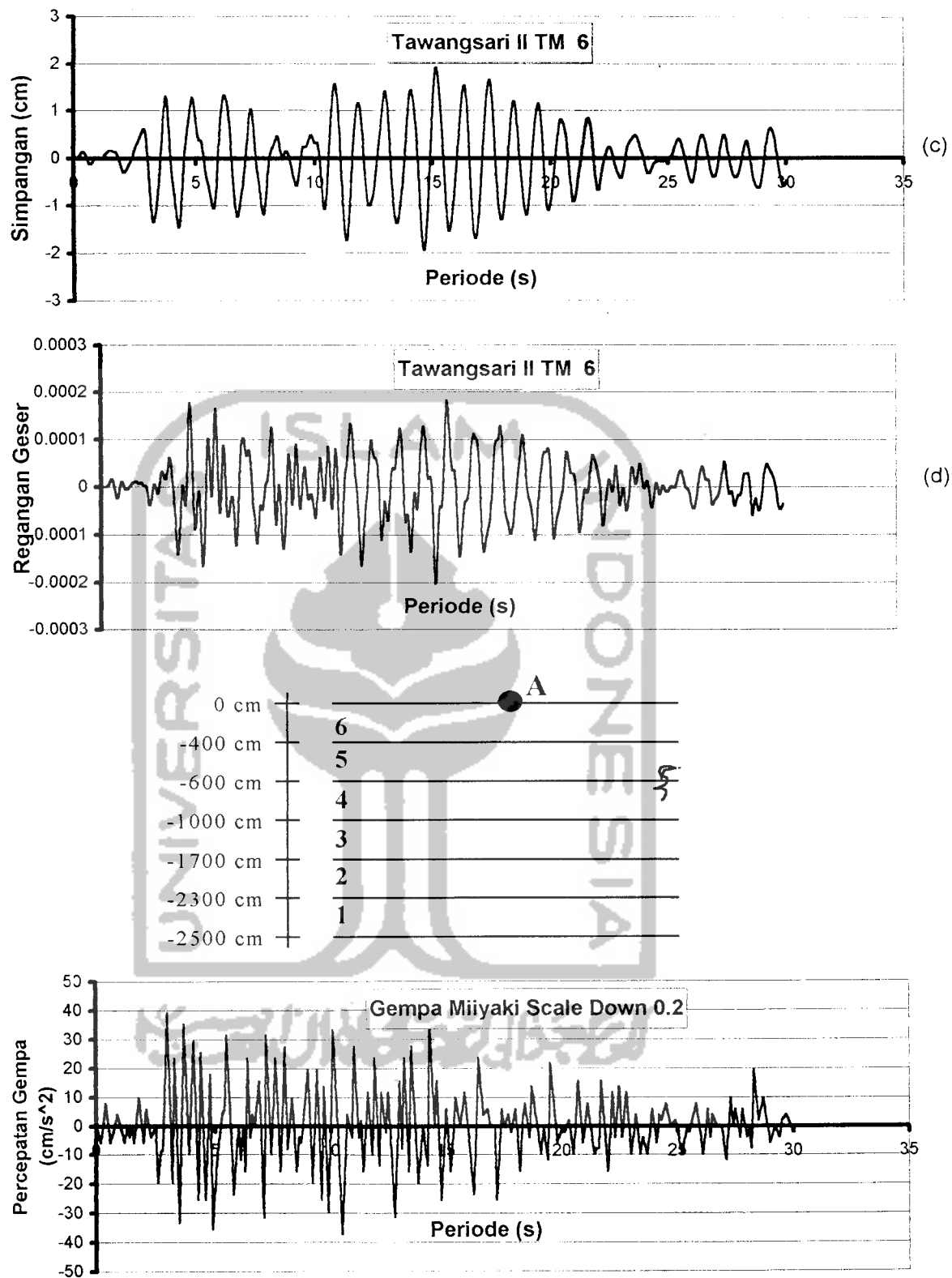
Gambar 5.27 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Kobe di daerah Tawang Sari II, Sukoharjo dipengaruhi massa bangunan.



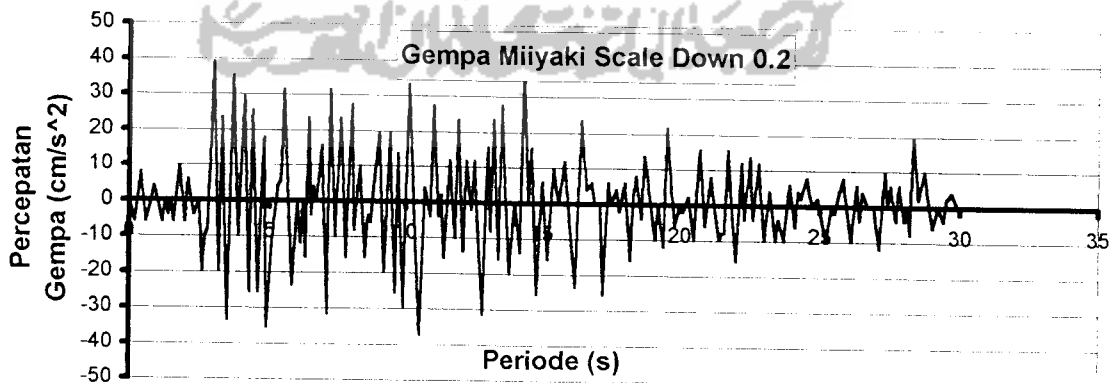
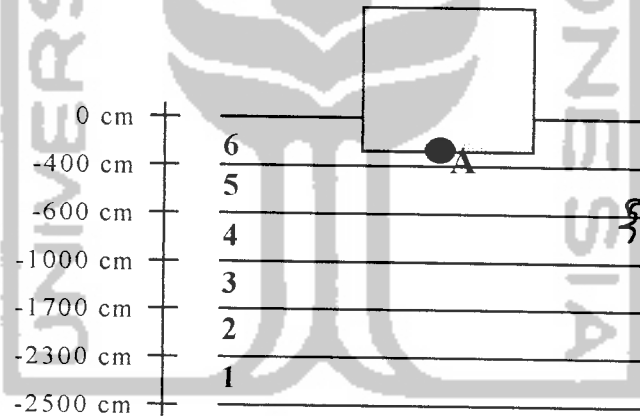
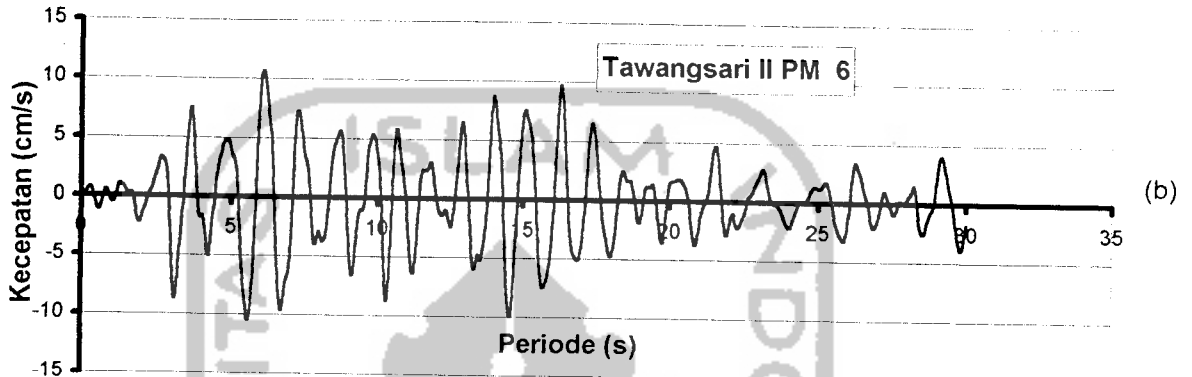
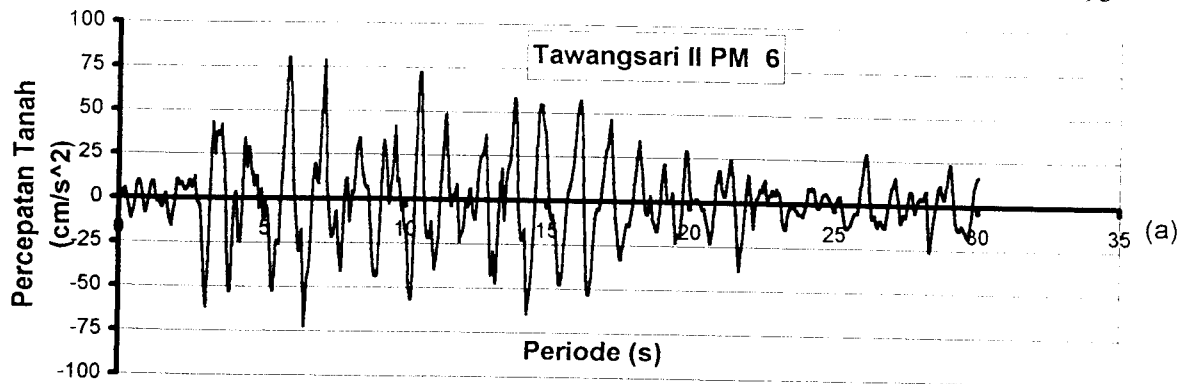
Gambar 5.28 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Kobe di daerah Tawangsari II, Sukoharjo dipengaruhi massa bangunan.



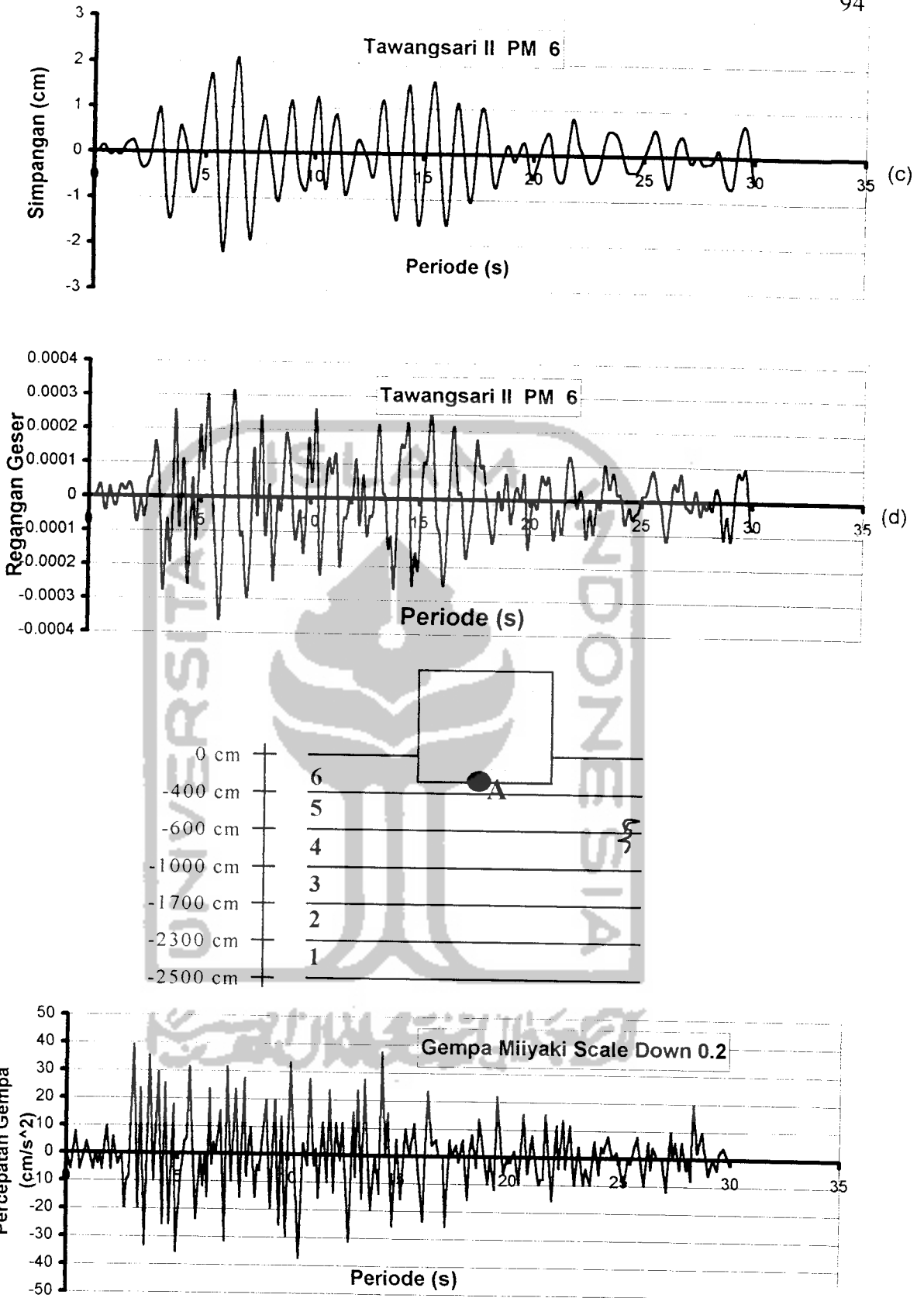
Gambar 5.29 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Miyaki di daerah Tawang Sari II, Sukoharjo tanpa massa bangunan.



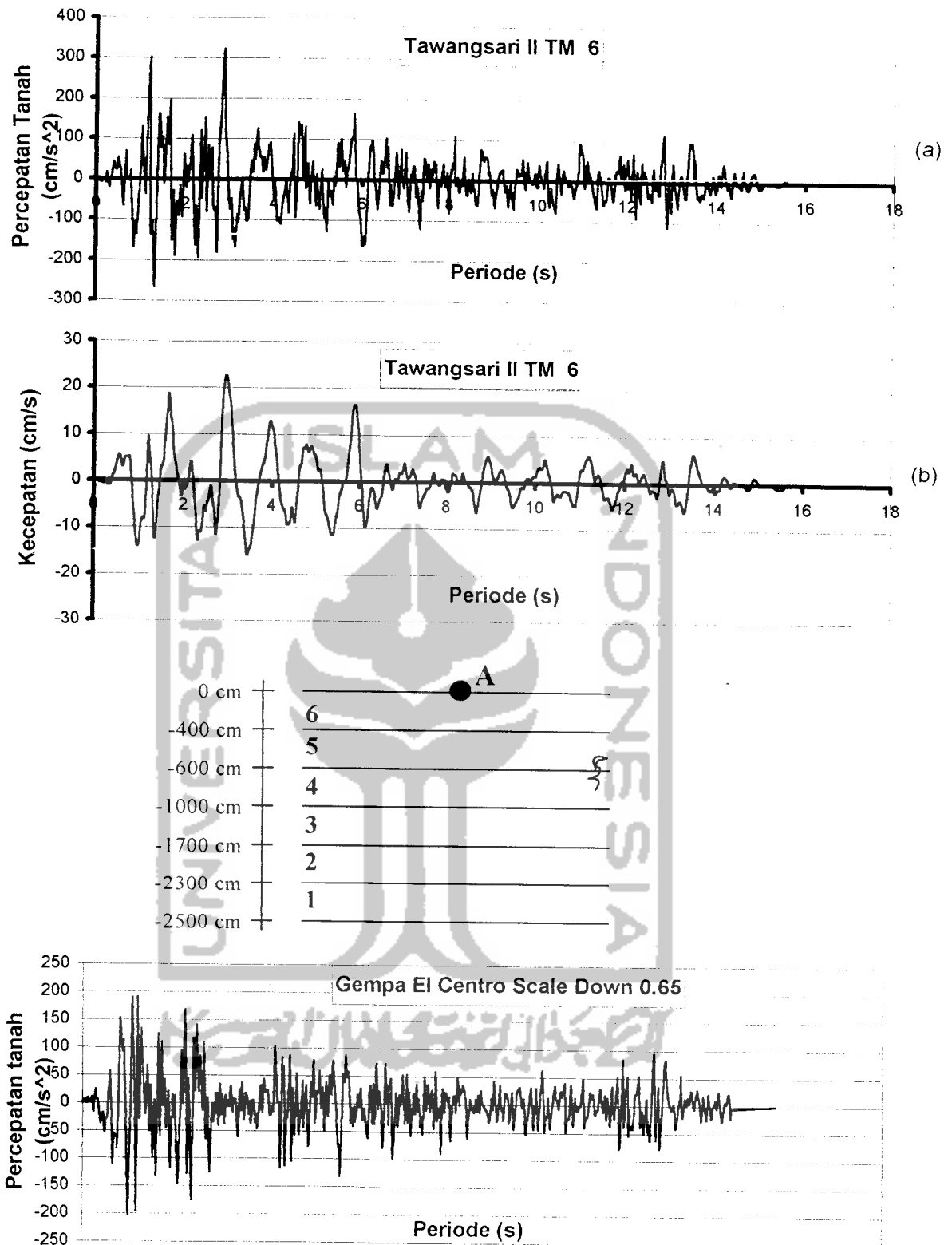
Gambar 5.30 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Miyaki di daerah Tawang Sari II, Sukoharjo tanpa massa bangunan.



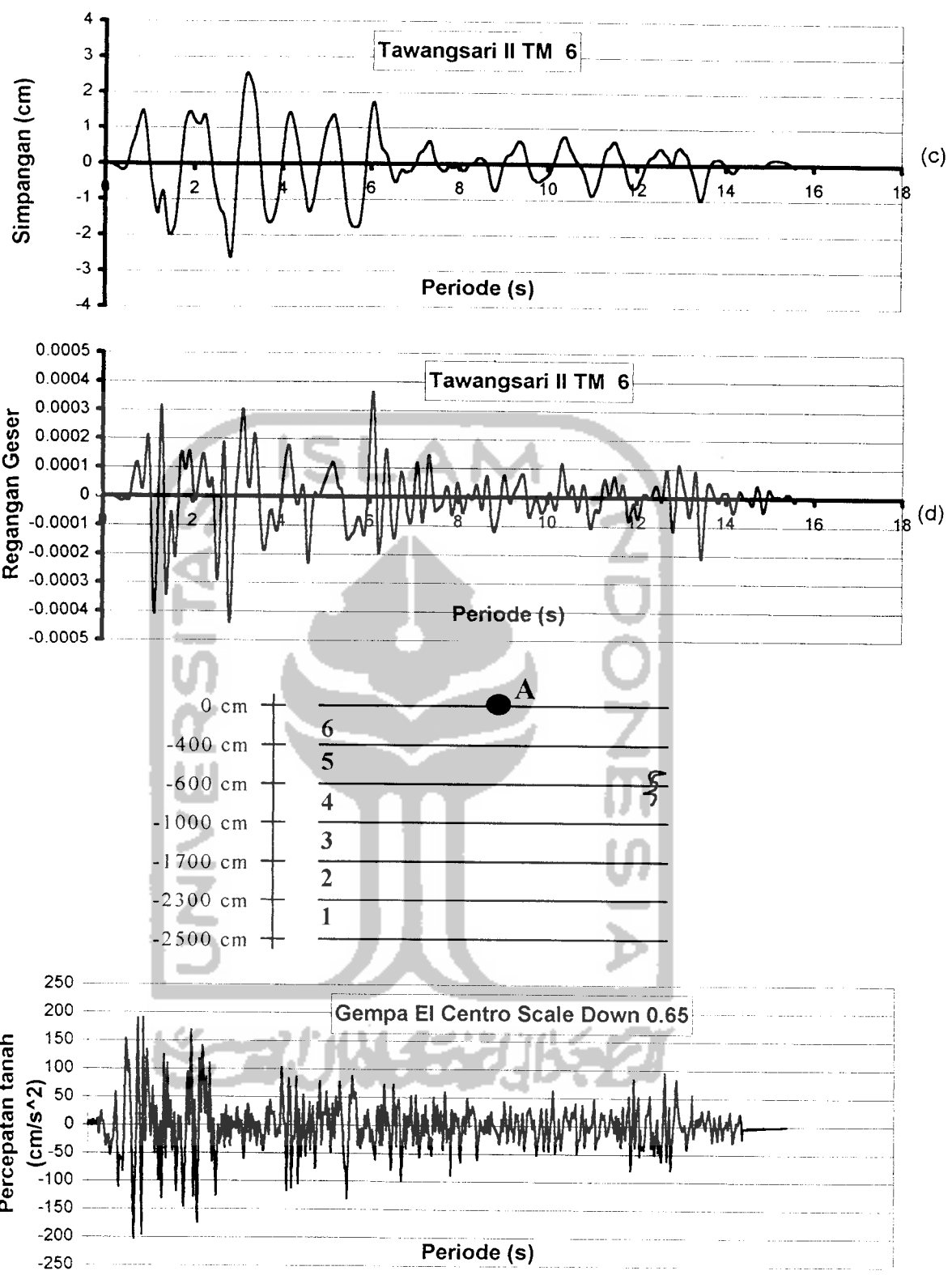
Gambar 5.31 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Miyaki di daerah Tawang Sari II, Sukoharjo dipengaruhi massa bangunan.



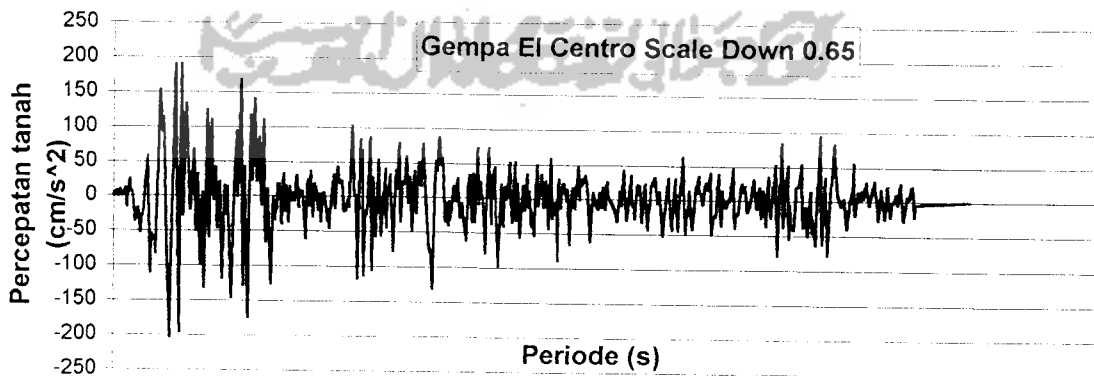
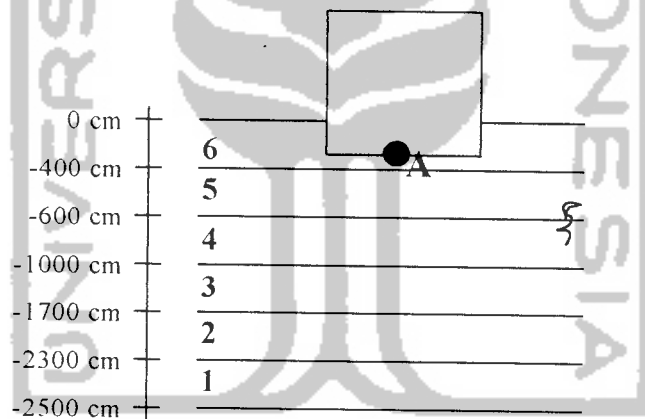
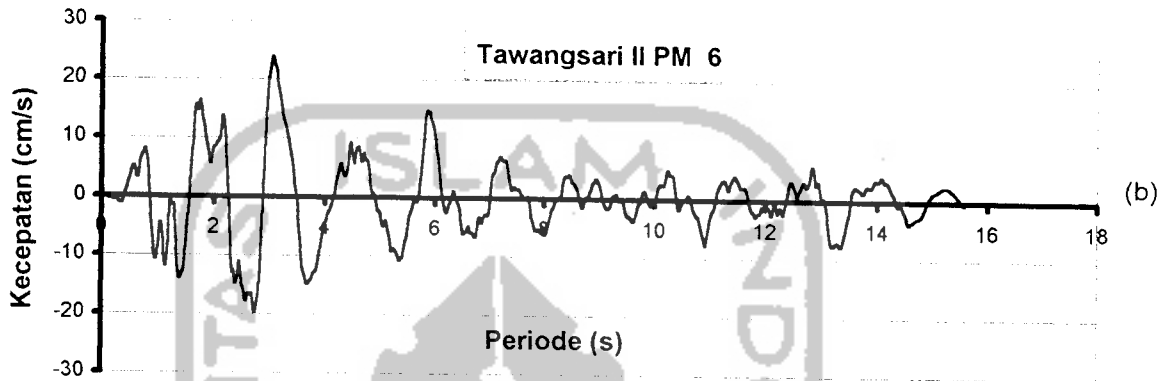
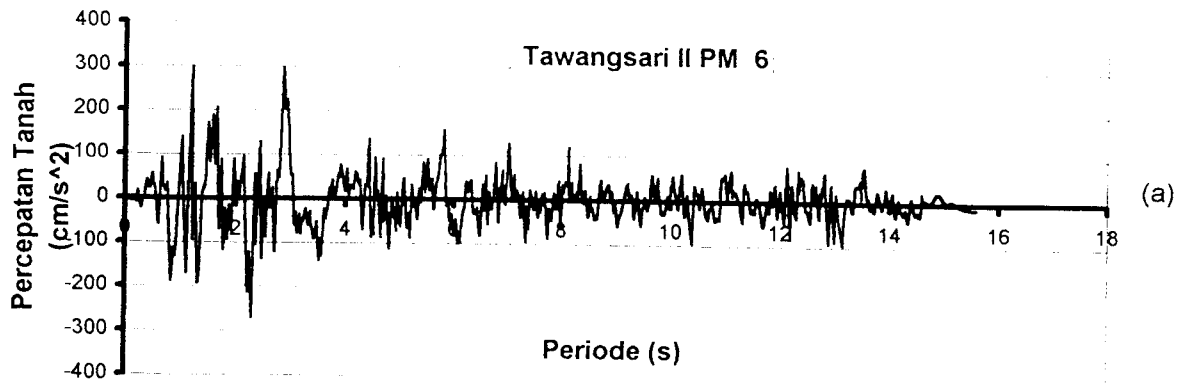
Gambar 5.32 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Miyaki di daerah Tawangsari II, Sukoharjo dipengaruhi massa bangunan.



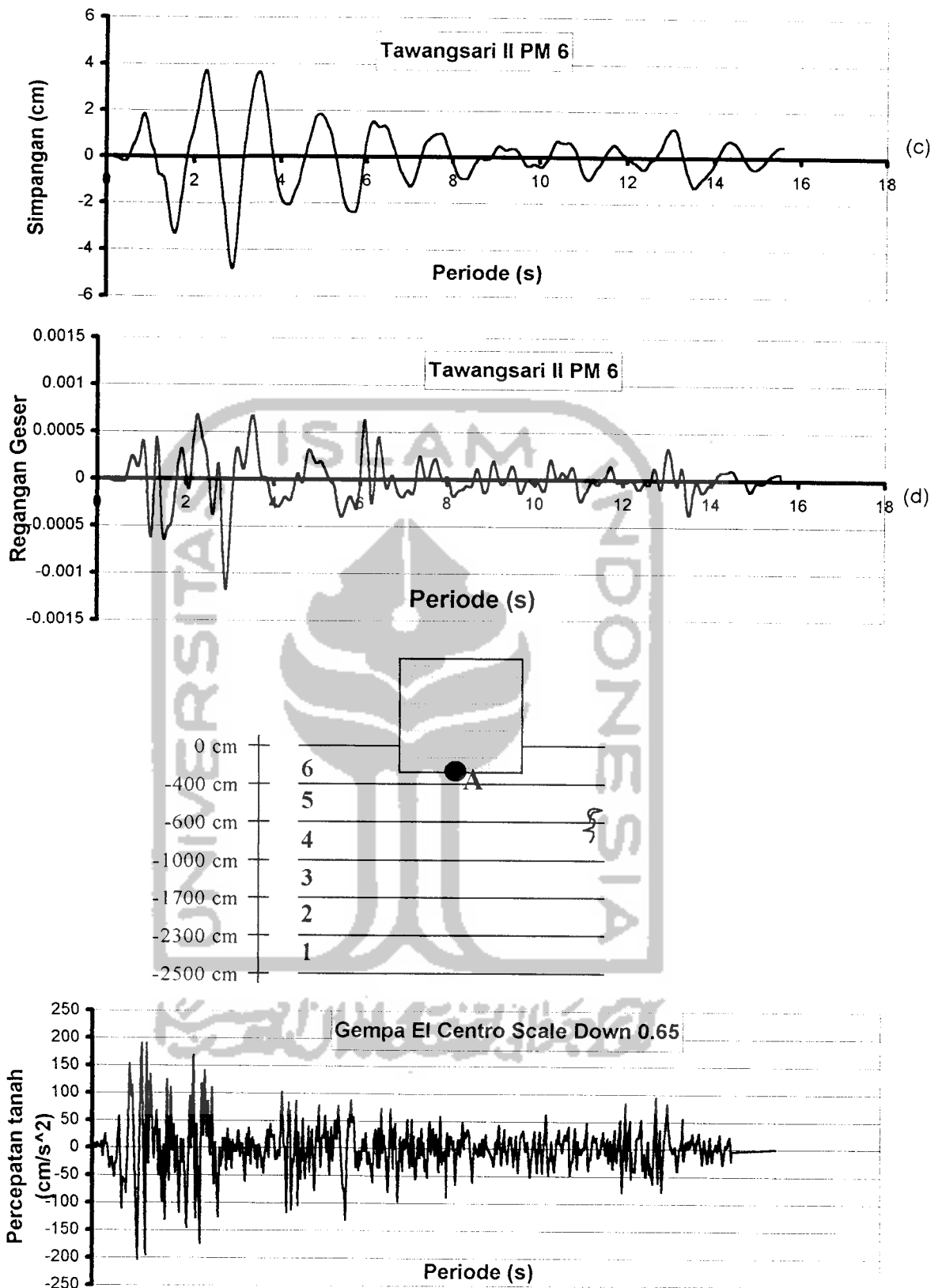
Gambar 5.33 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa El Centro di daerah Tawangsari II, Sukoharjo tanpa massa bangunan.



Gambar 5.34 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa El Centro di daerah Tawangsari II, Sukoharjo tanpa massa bangunan.



Gambar 5.35 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa El Centro di daerah Tawang Sari II, Sukoharjo dipengaruhi massa bangunan.



Gambar 5.36 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan akibat Gempa El Centro di daerah Tawang Sari II, Sukoharjo dipengaruhi massa bangunan.

Tabel 5.9 Perbandingan simpangan tiap-tiap gempa daerah Tawang Sari II

Gempa	Percepatan gempa pada <i>Base Rock</i>	Pada kondisi <i>free field</i>	Pada kondisi terdapat massa bangunan diatas Lapisan tanah
1. Koyna	362,206 cm/s ²	4,5 cm	3,8 cm
2. Kobe	197,258 cm/s ²	10,9 cm	8,6 cm
3. Miiyaki	39,2 cm/s ²	2,2 cm	1,94 cm
4. ElCentro	203,283 cm/s ²	4,78 cm	2,62 cm

Tabel 5.10 Perbandingan regangan geser pada permukaan tanah tiap-tiap gempa daerah Tawang Sari II

Gempa	Percepatan gempa pada <i>Base Rock</i>	Pada kondisi <i>free field</i>	Pada kondisi terdapat massa bangunan diatas Lapisan tanah
Koyna	362,206 cm/s ²	$7,17 \cdot 10^{-4}$	$1,07 \cdot 10^{-3}$
Kobe	197,258 cm/s ²	$9,4 \cdot 10^{-4}$	$1,46 \cdot 10^{-3}$
Miiyaki	39,2 cm/s ²	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$
ElCentro	203,283 cm/s ²	$4,4 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$

Dari tabel di atas dapat disimpulkan urutan besarnya percepatan tanah yang terjadi akibat gempa pada lokasi Dalangan Tawang Sari II, Sukoharjo untuk kondisi free field adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe
2. Akibat Gempa Koyna
3. Akibat Gempa ElCentro
4. Akibat Gempa Miyaki

Untuk kondisi terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Koyna
2. Akibat Gempa Kobe
3. Akibat Gempa ElCentro
4. Akibat Gempa Miyaki

Urutan besarnya kecepatan tanah yang terjadi akibat gempa pada lokasi Dalangan Tawang Sari II, Sukoharjo untuk kondisi free field adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe
2. Akibat Gempa Koyna
3. Akibat Gempa ElCentro
4. Akibat Gempa Miyaki

Untuk kondisi terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe

3. Akibat Gempa Koyna
3. Akibat Gempa ElCentro
4. Akibat Gempa Miiyaki

Urutan besarnya simpangan tanah yang terjadi akibat gempa pada lokasi Dalangan Tawang Sari, Sukoharjo untuk kondisi free field adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe
2. Akibat Gempa ElCentro
3. Akibat Gempa Koyna
4. Akibat Gempa Miiyaki

Untuk kondisi terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe
2. Akibat Gempa Koyna
3. Akibat Gempa ElCentro
4. Akibat Gempa Miiyaki

A/V ratio masing – masing gempa yang terjadi di permukaan tanah untuk kondisi free field :

- | | |
|--------------------|-------------|
| 1. Gempa Koyna | : 1,6489 Hz |
| 2. Gempa Kobe | : 0.7228 Hz |
| 3. Gempa Miiyaki | : 0.8837 Hz |
| 4. Gempa El Centro | : 1.3816 Hz |

A/V ratio masing – masing gempa yang terjadi di permukaan tanah untuk kondisi terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah :

1. Gempa Koyna : 1.4523 Hz
2. Gempa Kobe : 0.6355 Hz
3. Gempa Miiyaki : 0.7629 Hz
4. Gempa El Centro : 1.352 Hz

Dapat dilihat dari hasil A/V ratio bahwa bila terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah akan terjadi penurunan nilai A/V ratio yang berarti terjadi penurunan kandungan frekuensi gempa. Hal itu berarti bahwa massa bangunan akan menyaring kandungan frekuensi gempa. A/V ratio gempa yang terjadi di permukaan tanah menunjukkan bahwa kandungan frekuensi gempa termasuk frekuensi rendah sampai frekuensi tinggi. Karena A/V ratio < 0.8 merupakan jenis frekuensi rendah, sedangkan A/V ratio yang berkisar antara $0.8 - 1.2$ merupakan jenis frekuensi menengah dan A/V ratio > 1.2 merupakan frekuensi tinggi.

5.6 Perubahan Kandungan Frekuensi Percepatan Tanah , Kecepatan Tanah dan Simpangan Tanah Yang Terjadi Akibat Gempa

Dari gambar 5.21 – 5.36 dapat dilihat terjadinya perubahan kandungan frekuensi gempa. Hal itu disebabkan karena percepatan tanah merupakan turunan ke dua dari simpangan tanah, sedangkan kecepatan merupakan turunan pertama dari simpangan gempa. Dengan kata lain kecepatan tanah dapat diperoleh dari menjumlahkan luasan grafik percepatan tanah, sedangkan simpangan tanah dapat diperoleh dengan menjumlahkan luasan grafik kecepatan tanah. Oleh karena itu

kandungan frekuensi percepatan tanah lebih tinggi dari kandungan frekuensi kecepatan tanah dan kandungan frekuensi simpangan tanah, dan kandungan frekuensi kecepatan tanah lebih tinggi dari kandungan frekuensi simpangan tanah.

5.7 Amplifikasi Respon Seismik Pada Permukaan Lapisan Tanah

Tabel 5.11 Besarnya amplifikasi respon seismik daerah Tawang Sari II

Gempa	Kondisi	Percepatan	Kecepatan	Simpangan
Koyna	Tanpa Massa	496,91 cm/s ² (+)37,189 %	30,75 cm/s	4,5 cm
	Pakai Massa	394,24 cm/s ² (+)8,84 %	27,7 cm/s	3,8 cm
Kobe	Tanpa Massa	504,775 cm/s ² (+)155,494 %	71,26 cm/s	10,9 cm
	Pakai Massa	343,15 cm/s ² (+)73,687 %	55,1 cm/s	8,6 cm
Miiyaki	Tanpa Massa	104,36 cm/s ² (+)166,224 %	12,05 cm/s	2,2 cm
	Pakai Massa	80,0 cm/s ² (+)104,08 %	10,7 cm/s	1,94 cm
ElCentro	Tanpa Massa	323,6 cm/s ² (+)59,187 %	23,9 cm/s	4,78 cm
	Pakai Massa	298,69 cm/s ² (+)46,93 %	22,54 cm/s	2,62 cm

Dilihat dari jenis tanahnya Lapisan tanah pada lokasi Dalangan Tawang Sari II, Sukoharjo merupakan jenis lapisan tanah campuran antara lapisan tanah pasir dan

lapisan tanah clay yang mempunyai nilai N SPT berkisar antara 6/30 – 35/30. Selain itu lapisan tanahnya mempunyai nilai PI yang berkisar antara 18 % - 59 %. Dilihat dari tabel 1 bab II dapat diketahui bahwa Tanah di daerah Dalangan Tawangsari II mempunyai plastisitas yang tinggi. Meskipun ada beberapa lapisan tanah merupakan lapisan tanah pasir seperti yang terlihat pada gambar 4.3 bab IV.

Seperti yang telah diketahui bahwa sifat-sifat fisik tanah merupakan faktor yang akan berpengaruh pada amplifikasi percepatan gempa. Tanah kohesif lunak dengan plastisitas tinggi akan berkecenderungan berperilaku elastik sehingga semakin besar input energi/gaya yang bekerja pada struktur tanah tersebut maka semakin besar respon seismik (kecepatan dan percepatan) tanah yang akan terjadi. Besarnya respon tanah tersebut juga disebabkan kecilnya redaman material yang ada karena tanah dengan plastisitas tinggi nilai ratio redamannya relatif kecil.

Karena tanah pada lokasi daerah Dalangan Tawangsari II juga terdapat lapisan pasirnya, dapat dijelaskan di sini bahwa amplifikasi yang terjadi pada lapisan pasir terjadi karena tanah pasir cepat terdegradasi kekuatannya. Regangan geser tanah yang ditimbulkan oleh gempa mempunyai pengaruh terhadap modulus geser gempa. Semakin kecil regangan geser tanah semakin besar modulus geser tanah .

Sedangkan modulus geser tanah akan berpengaruh pada kekakuan tanahnya, semakin besar nilai modulus geser tanah semakin besar kekakuan lapisan tanah tersebut. Kekakuan tanah akan berpengaruh pada respon seismik tanah tersebut, yang kemudian akibat kekakuan lapisan tanah yang berbeda akan membedakan perilaku pada respon seismik lapisan tanah.

Karena regangan geser yang diakibatkan gempa Koyna lebih kecil daripada regangan geser yang diakibatkan gempa Miiyaki maupun gempa Kobe maka modulus geser dan kekakuan pada lapisan tanah akan lebih besar pada gempa Koyna. Yang kemudian respon seismik yang terjadi akibat gempa Koyna baik itu percepatan, kecepatan, maupun simpangan akan lebih kecil daripada respon seismik yang diakibatkan gempa Miiyaki dan gempa Kobe.

Selain itu kondisi tanah Dalangan Tawangsari II mempunyai nilai N SPT paling besar jika dibandingkan tanah yang berlokasi di Dalangan Tawangsari & Jl. Pemuda Semarang. Nilai N SPT menunjukkan kekuatan tanah tersebut. Semakin besar nilai N SPT semakin kaku dan keras tanah tersebut.

Kecepatan yang terjadi akibat gempa Kobe lebih besar dari kecepatan yang terjadi akibat gempa Miiyaki, hal itu disebabkan nilai A/V ratio gempa Kobe lebih rendah dari nilai A/V ratio gempa Miiyaki. Semakin besar nilai A/V ratio semakin tinggi frekuensi gempa yang terjadi. Karena frekuensi gempa semakin tinggi maka kecepatan yang terjadi semakin kecil.

Selain itu percepatan gempa yang terjadi pada kondisi terdapat massa bangunan di atasnya mengalami deamplifikasi jika dibandingkan pada kondisi *free field*, terjadinya deamplifikasi percepatan tanah pada kondisi terdapat massa bangunan di atas permukaan tanah disebabkan semakin kaku tanah tersebut. Besarnya deamplifikasi yang terjadi dapat dilihat pada tabel 5.12.

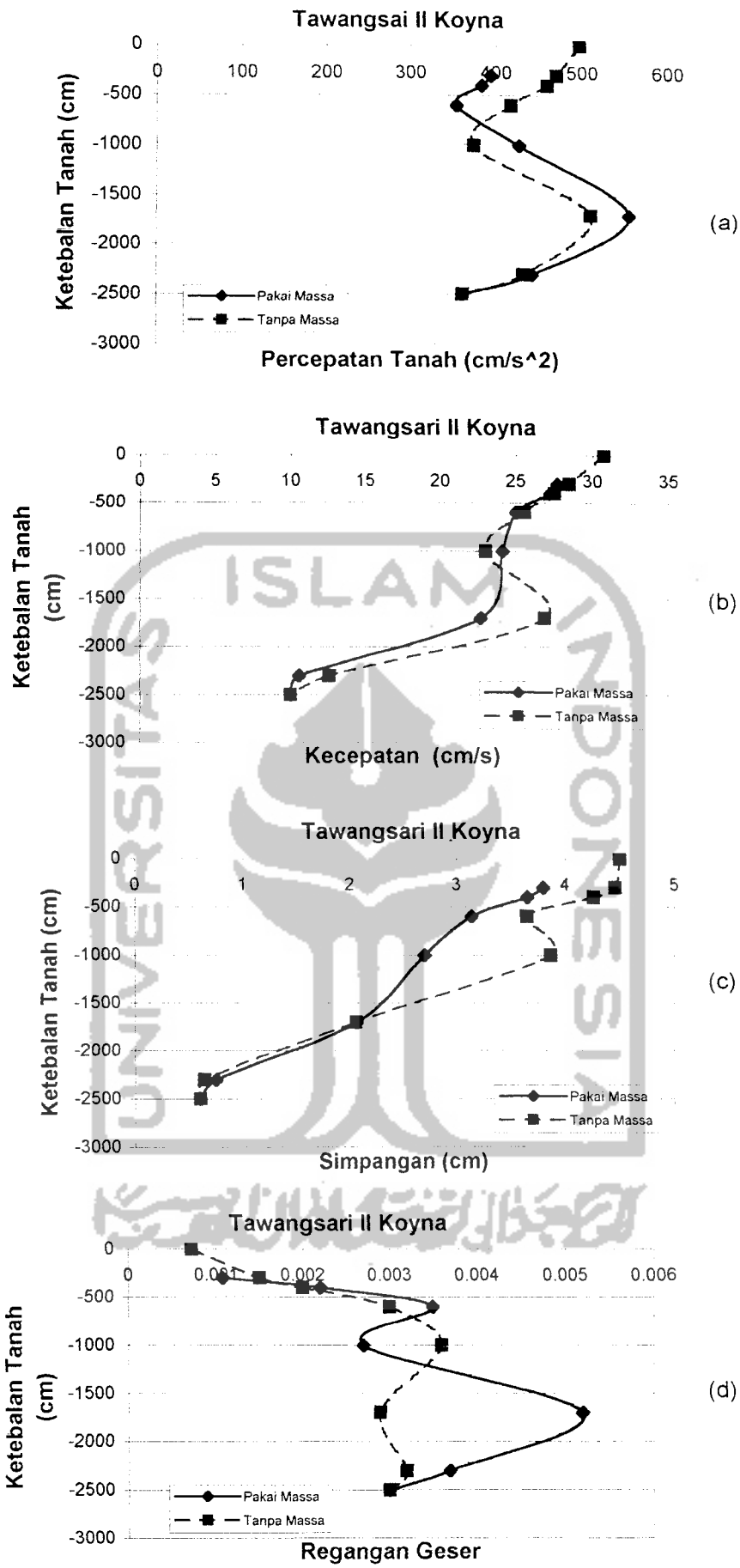
Tabel 5.12 Besarnya Perubahan Respon Seismik Tanah untuk daerah Tawang Sari

Gempa	Kondisi	Percepatan	Kecepatan	Simpangan
Koyna	Tanpa Massa	496,91 cm/s ²	30,75 cm/s	4,5 cm
	Pakai Massa	394,24 cm/s ² (-)20,66 %	27,7 cm/s (-)9,9 %	3,8 cm (-)15,55 %
Kobe	Tanpa Massa	504,775 cm/s ²	71,26 cm/s	10,9 cm
	Pakai Massa	343,15 cm/s ² (-)32,0192 %	55,1 cm/s (-)22,678 %	8,6 cm (-)21,1 %
Miiyaki	Tanpa Massa	104,36 cm/s ²	12,05 cm/s	2,2 cm
	Pakai Massa	80,0 cm/s ² (-)23,342 %	10,7 cm/s (-)11,203 %	1,94 cm (-)11,82 %
ElCentro	Tanpa Massa	323,6 cm/s ²	23,9 cm/s	4,78 cm
	Pakai Massa	298,69 cm/s ² (-)7,698 %	22,54 cm/s (-)5,69 %	2,62 cm (-)45,188 %

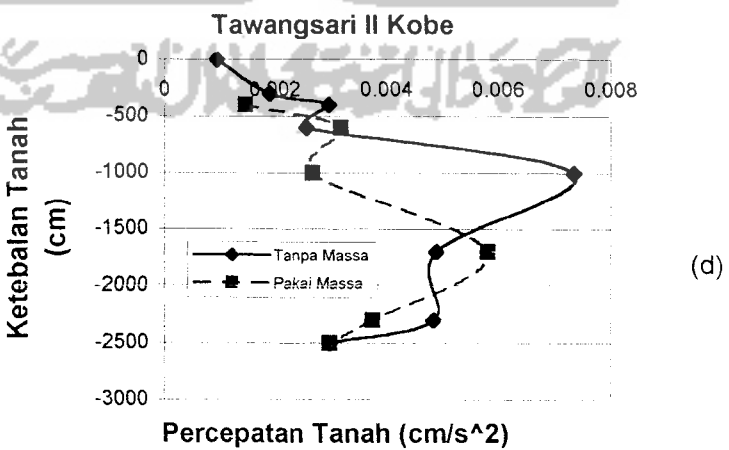
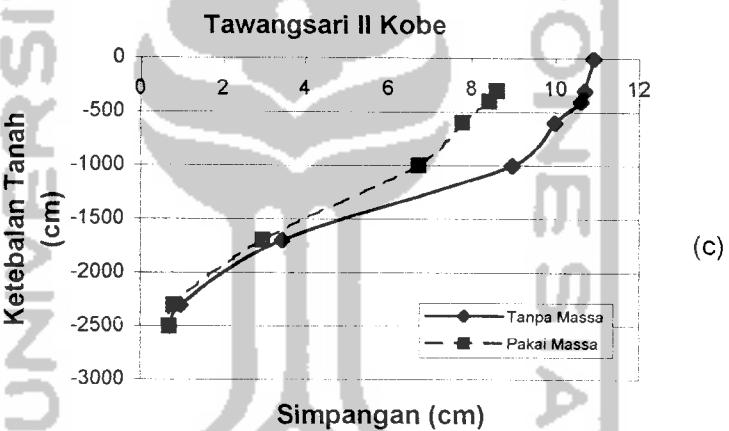
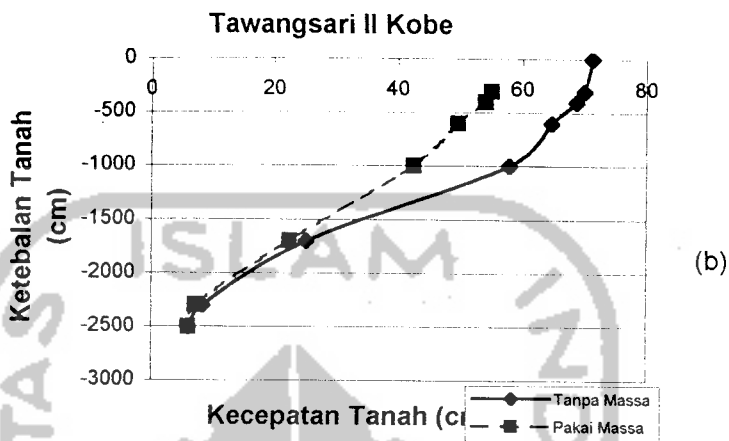
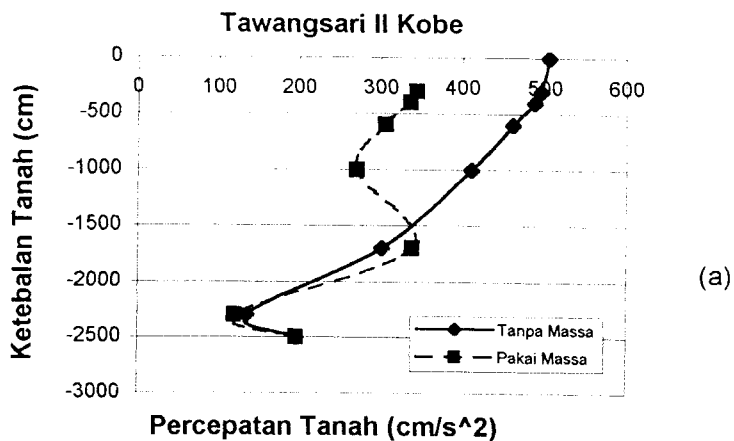
Tanah yang terdapat massa bangunan di atasnya semakin kaku karena adanya penambahan nilai $\Delta \sigma_v$ yang disebabkan adanya berat bangunan diatas tanah yang akan berpengaruh pada penambahan nilai modulus geser tanah (G) karena Modulus geser adalah fungsi dari σ_0 (*effective confining pressure*) yang kemudian karena bertambahnya nilai modulus geser pada akhirnya akan semakin meningkatkan kekakuan dari lapisan tanah tersebut.

5.8 Respon Seismik Maksimum Yang Terjadi Pada Tiap Lapisan Tanah.

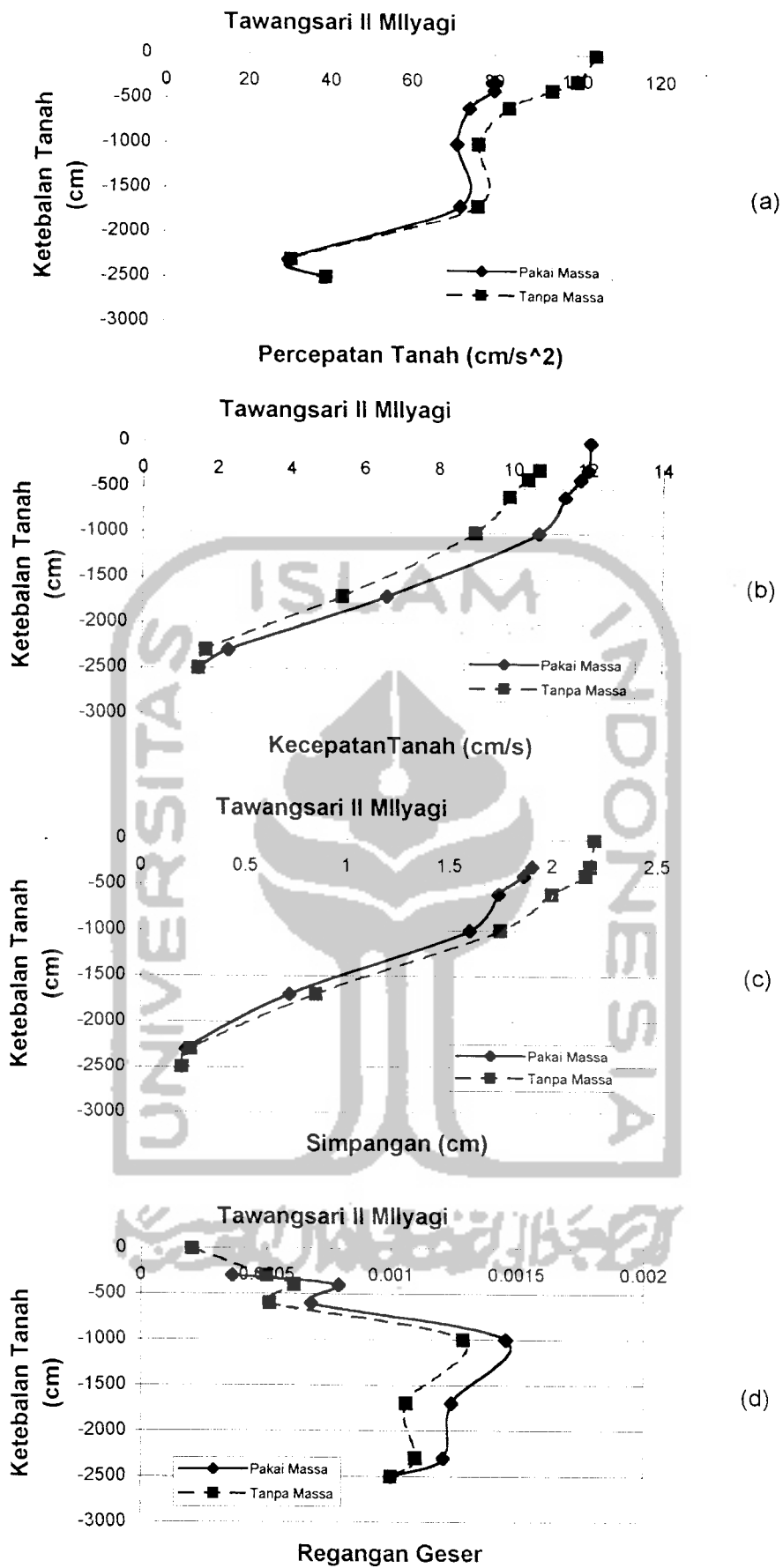
Untuk mengetahui respon seismik maksimum yang terjadi pada tiap lapisan tanah dapat dilihat pada gambar 5.37 – 5.40. Kemudian dari gambar 5.37 d – 5.40 d



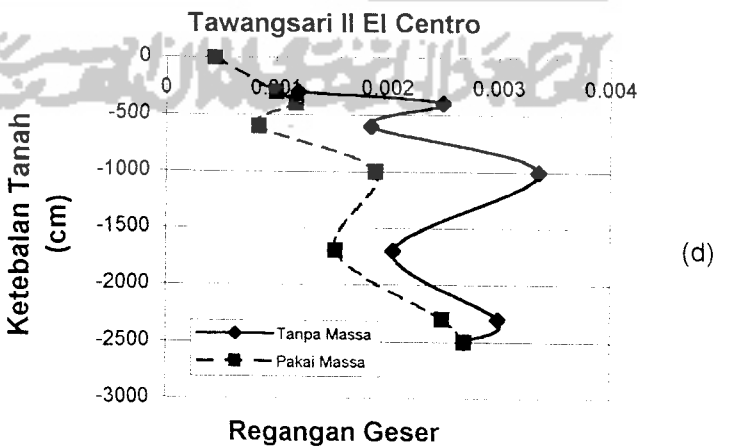
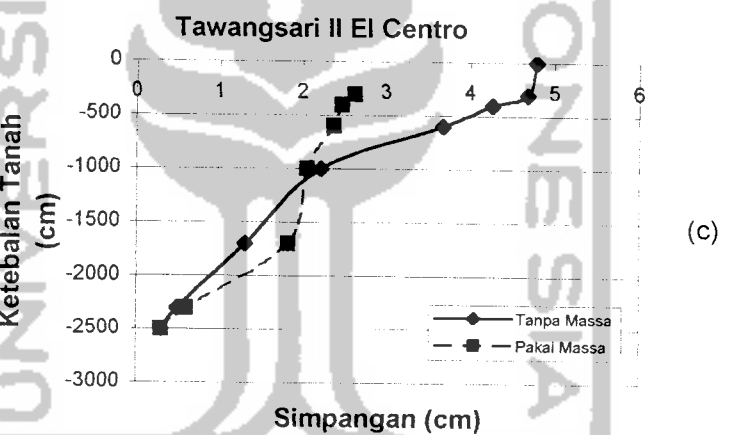
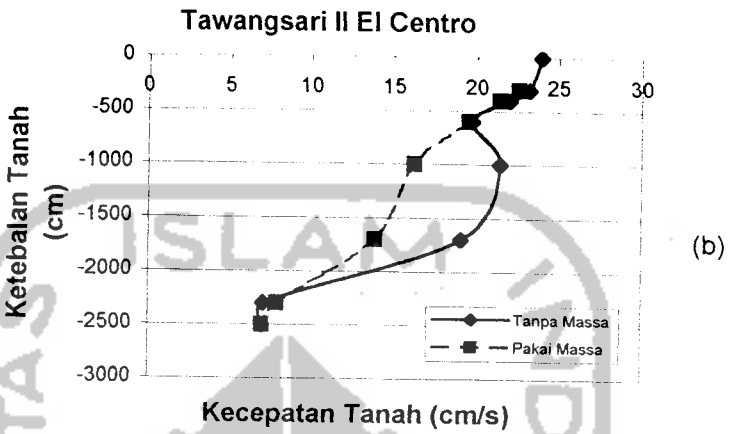
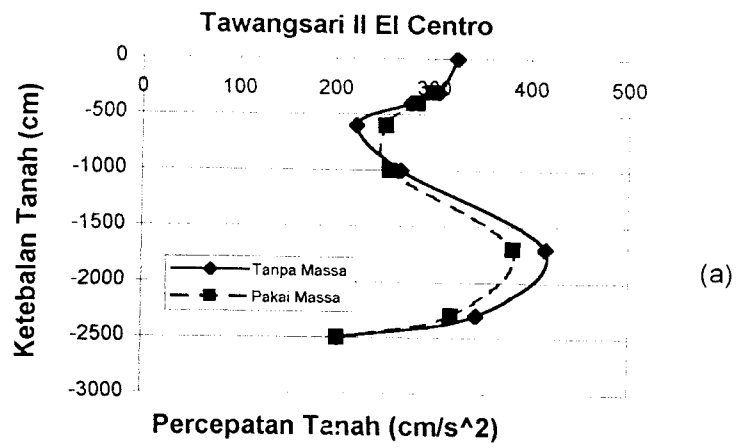
Gambar 5.37 Grafik Respon Seismik Tanah terhadap Ketebalan Tanah akibat Gempa Koyna daerah Tawangsari II



Gambar 5.38 Grafik Respon seismik Tanah terhadap Ketebalan Tanah akibat gempa Kobe daerah Tawangsari II.



Gambar 5.39 Grafik Respon Seismik Tanah terhadap Ketebalan Tanah akibat gempa Miiyaki daerah Tawangsari II



Gambar 5.40 Grafik Respon Seismik tanah terhadap Ketebalan Tanah akibat gempa El centro daerah Tawangsari II

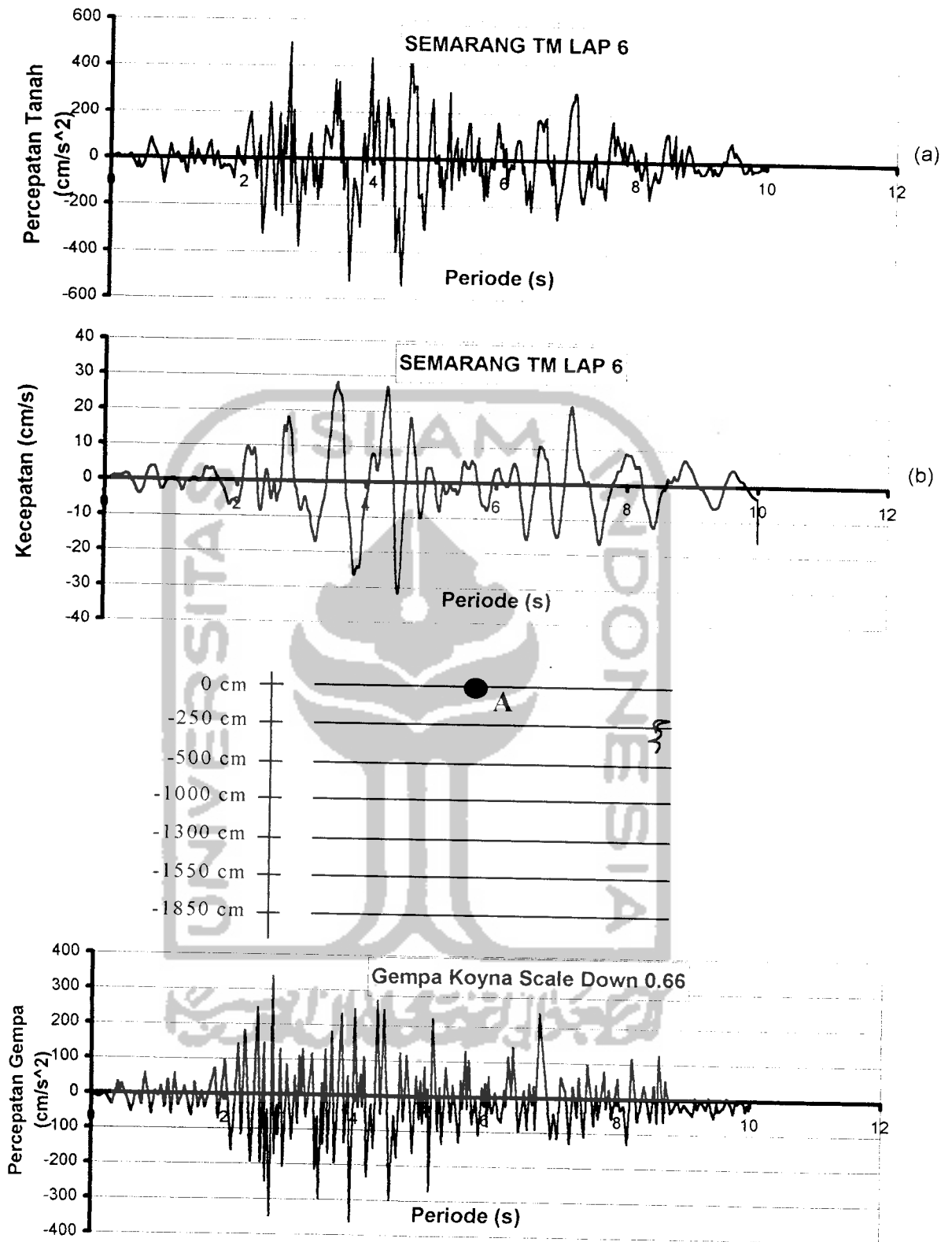
dan dari tabel 5.10 dapat diketahui bahwa regangan geser yang terjadi di permukaan tanah meskipun sudah mendekati asumsi regangan geser yang terjadi pada awal perhitungan tetapi untuk keseluruhan regangan geser yang terjadi di lapisan tanah terdapat penyimpangan dari hasil yang diuraikan oleh Tokida karena regangan geser yang terjadi di lapisan tanah paling dasar regangan geser yang terjadi lebih besar dari regangan geser yang terjadi di permukaan.

5.9 Hasil Perhitungan Respon Seismik untuk Tanah Pada Daerah Jl. Pemuda Semarang

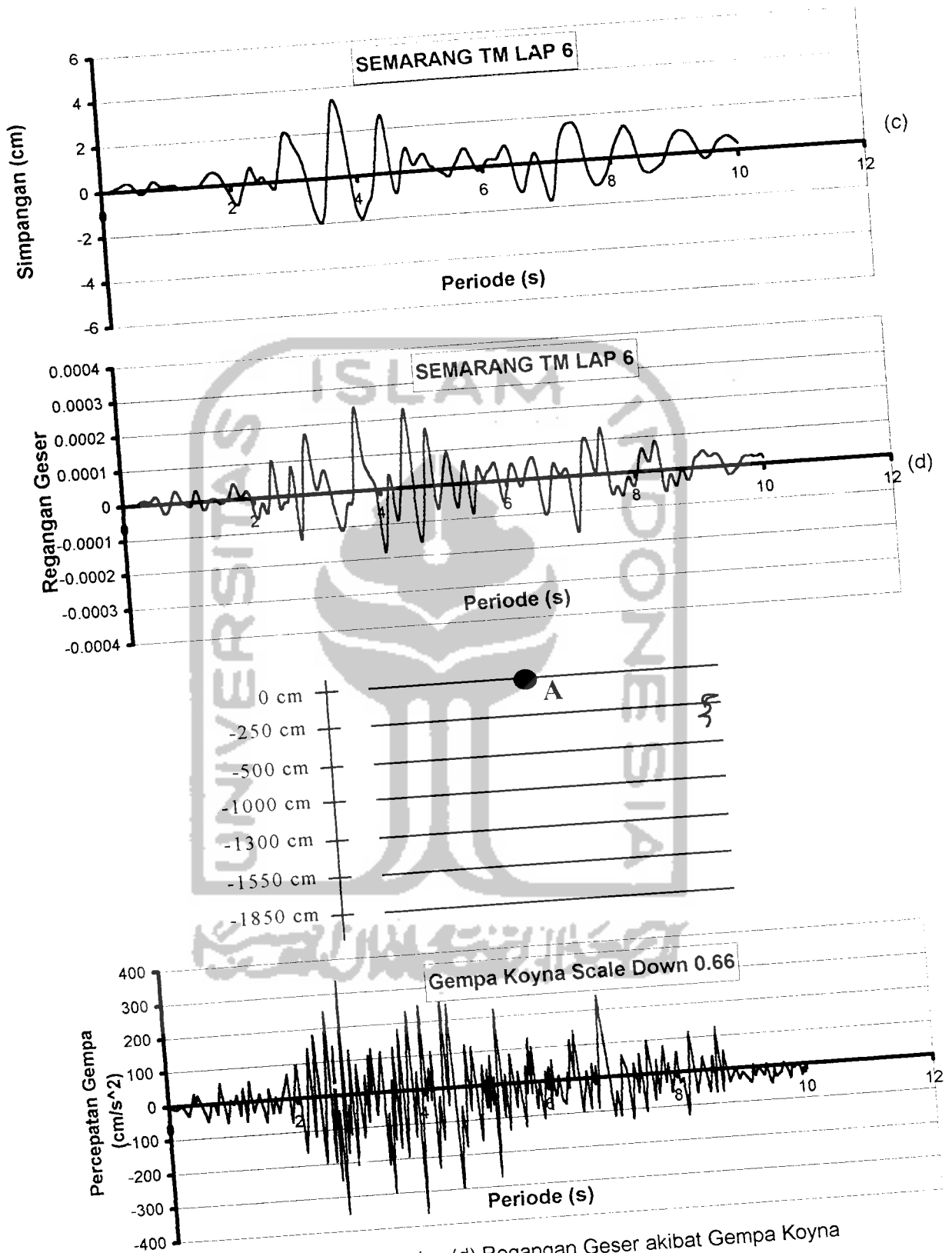
Untuk tanah pada lokasi di daerah Jl. Pemuda, Semarang hasil respon seismik tanah baik tanpa massa bangunan di atasnya (kondisi *free field*) maupun yang terdapat massa bangunan di atasnya dapat dilihat pada gambar 5.41- gambar 5.56

Tabel 5.13 Perbandingan percepatan yang terjadi akibat gempa daerah Semarang

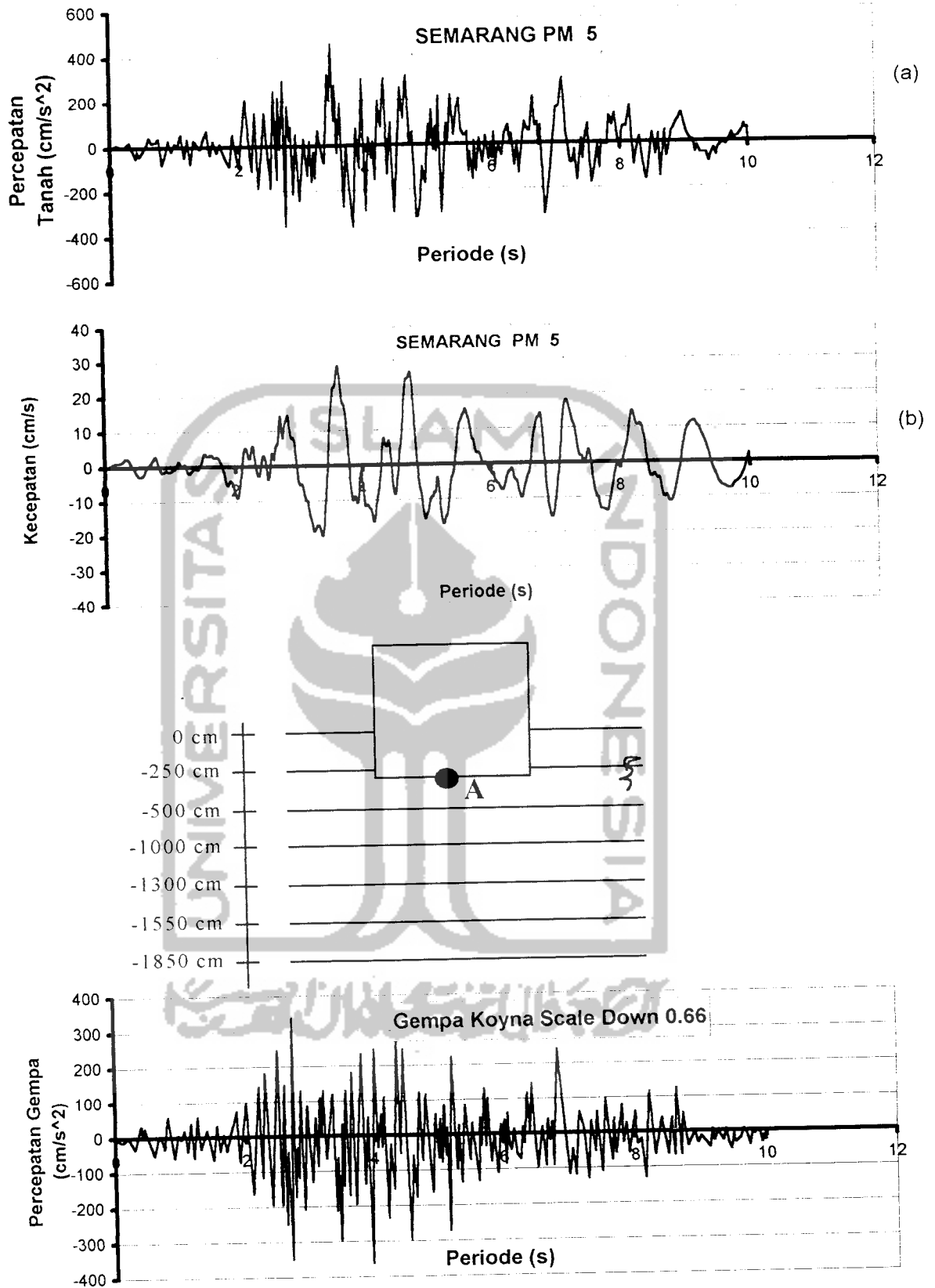
Gempa	Percepatan gempa pada <i>Base Rock</i>	Pada kondisi <i>free field</i>	Pada kondisi terdapat massa bangunan diatas Lapisan tanah
1. Koyna	362,206 cm/s ²	542,7 cm/s ²	451,5 cm/s ²
2. Kobe	197,258 cm/s ²	626,27 cm/s ²	510,88 cm/s ²
3. Miiyaki	39,2 cm/s ²	233,265 cm/s ²	83,94 cm/s ²
4. ElCentro	203,283 cm/s ²	292,075 cm/s ²	265,0 cm/s ²



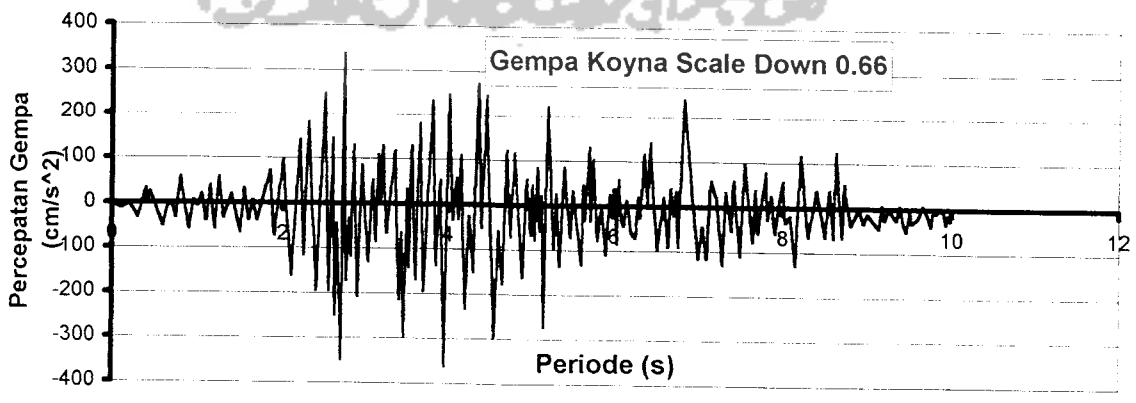
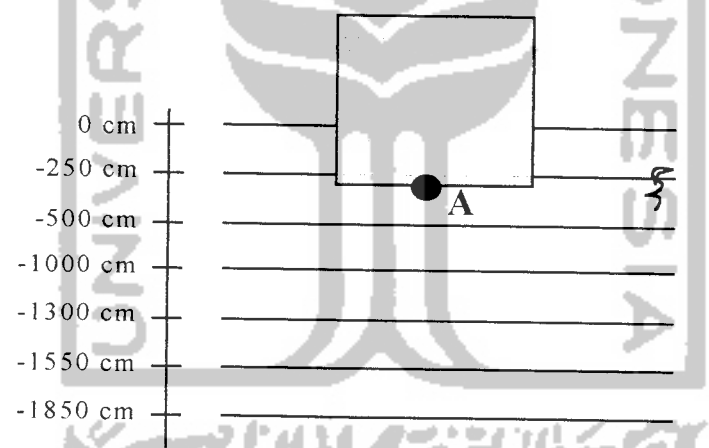
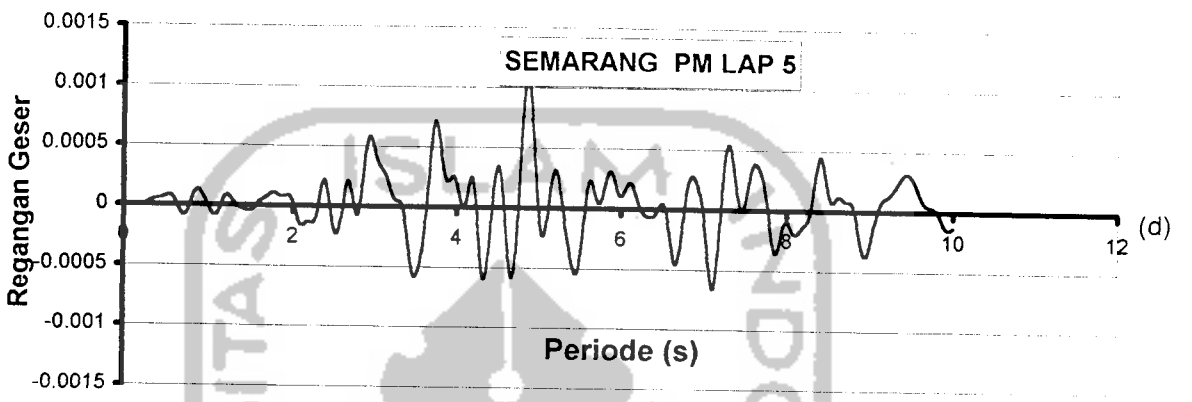
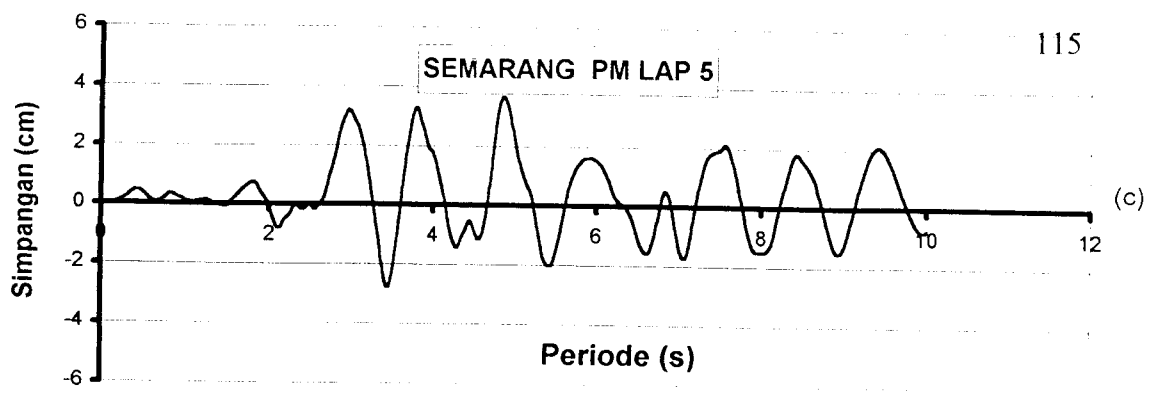
Gambar 5.41 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Koyuna di daerah Jl. Pemuda Semarang dipengaruhi massa bangunan.



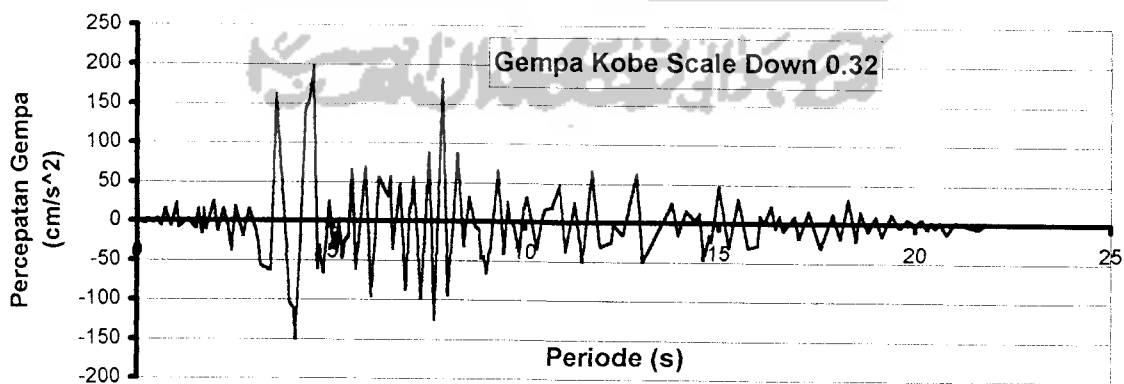
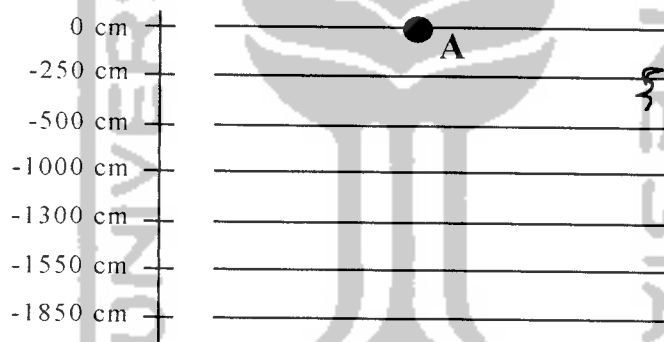
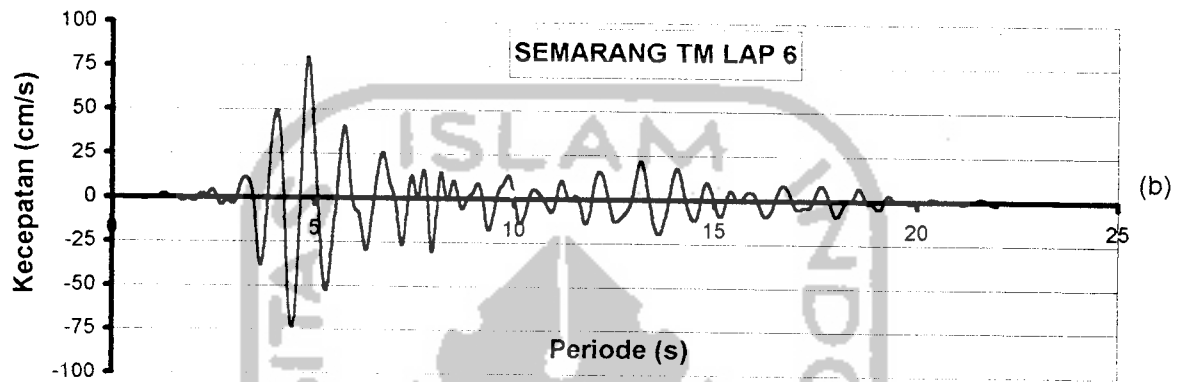
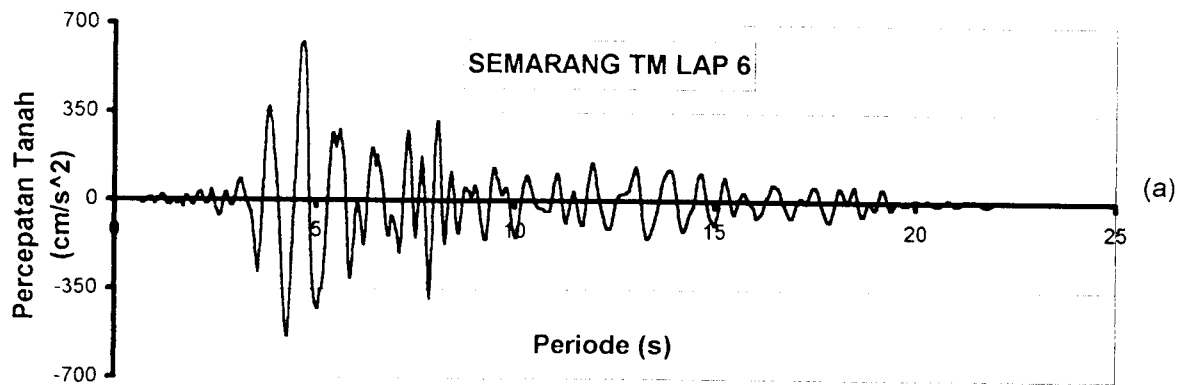
Gambar 5.42 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Koyna di daerah Jl. Pemuda Semarang tanpa massa bangunan.



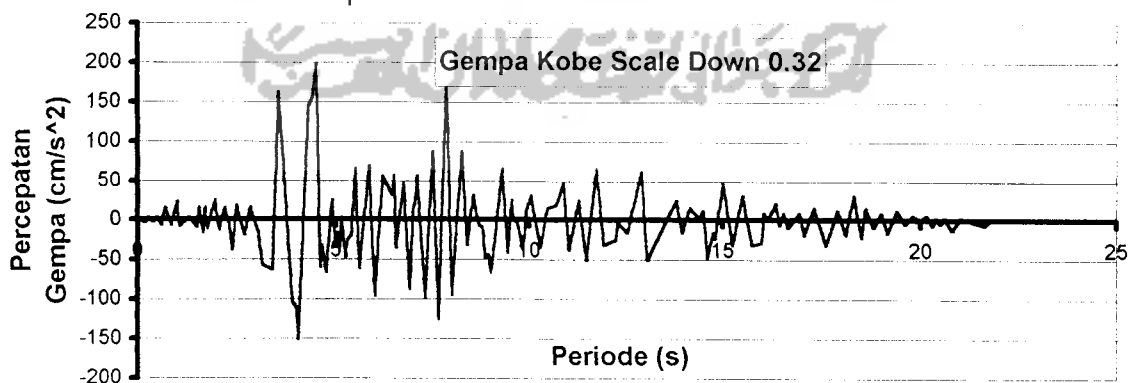
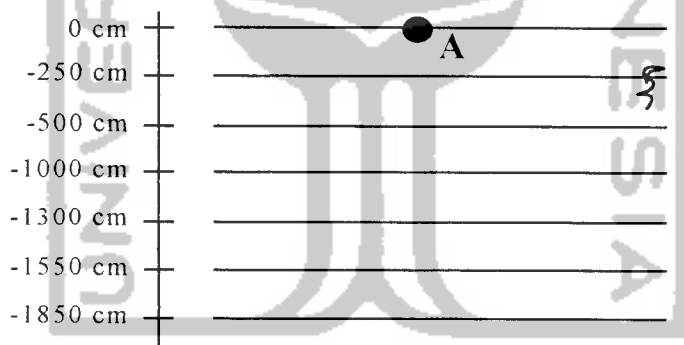
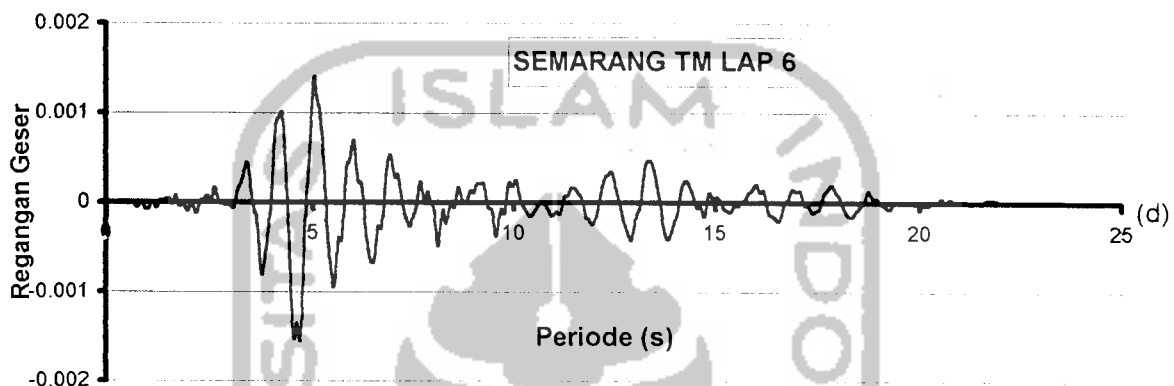
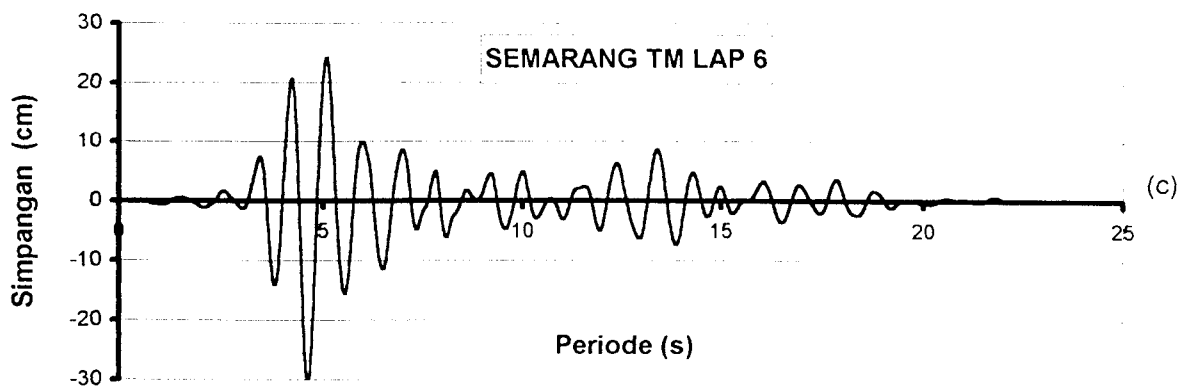
Gambar 5.43 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Koyna di daerah Jl. Pemuda Semarang dipengaruhi massa bangunan.



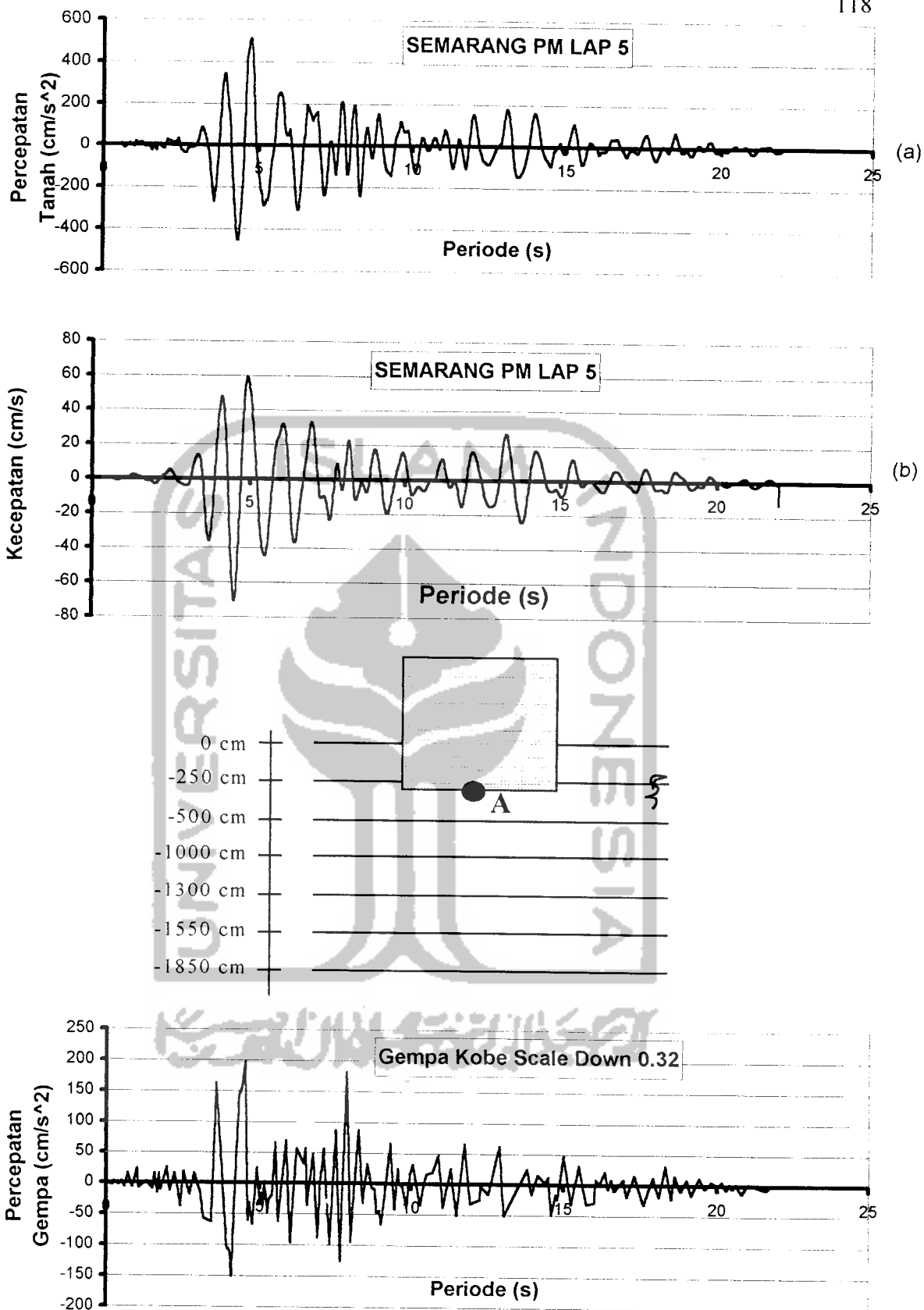
Gambar 5.44 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Koyana di daerah Jl. Pemuda Semarang dipengaruhi massa bangunan.



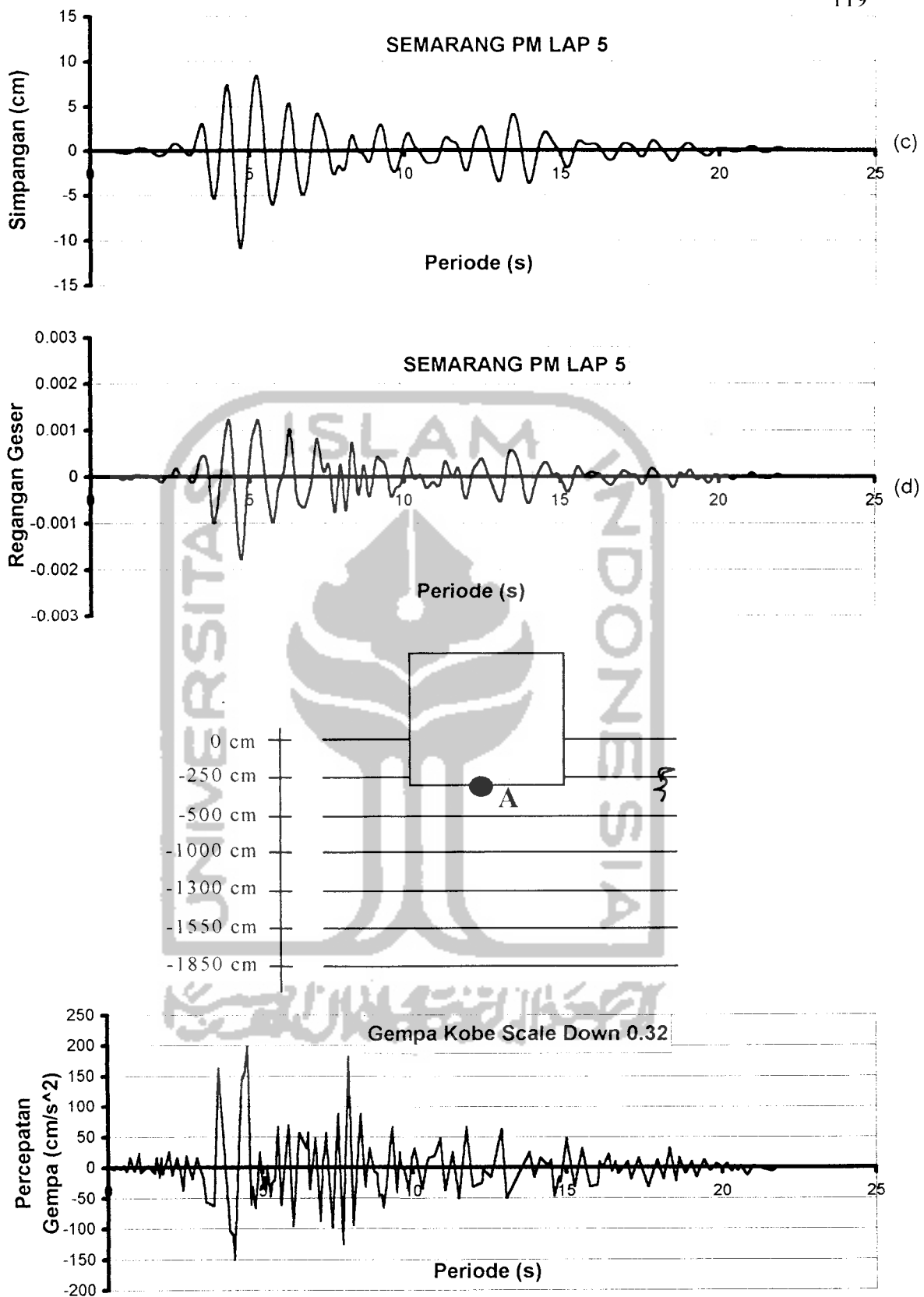
Gambar 5.45 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Kobe di daerah Jl. Pemuda Semarang tanpa massa bangunan



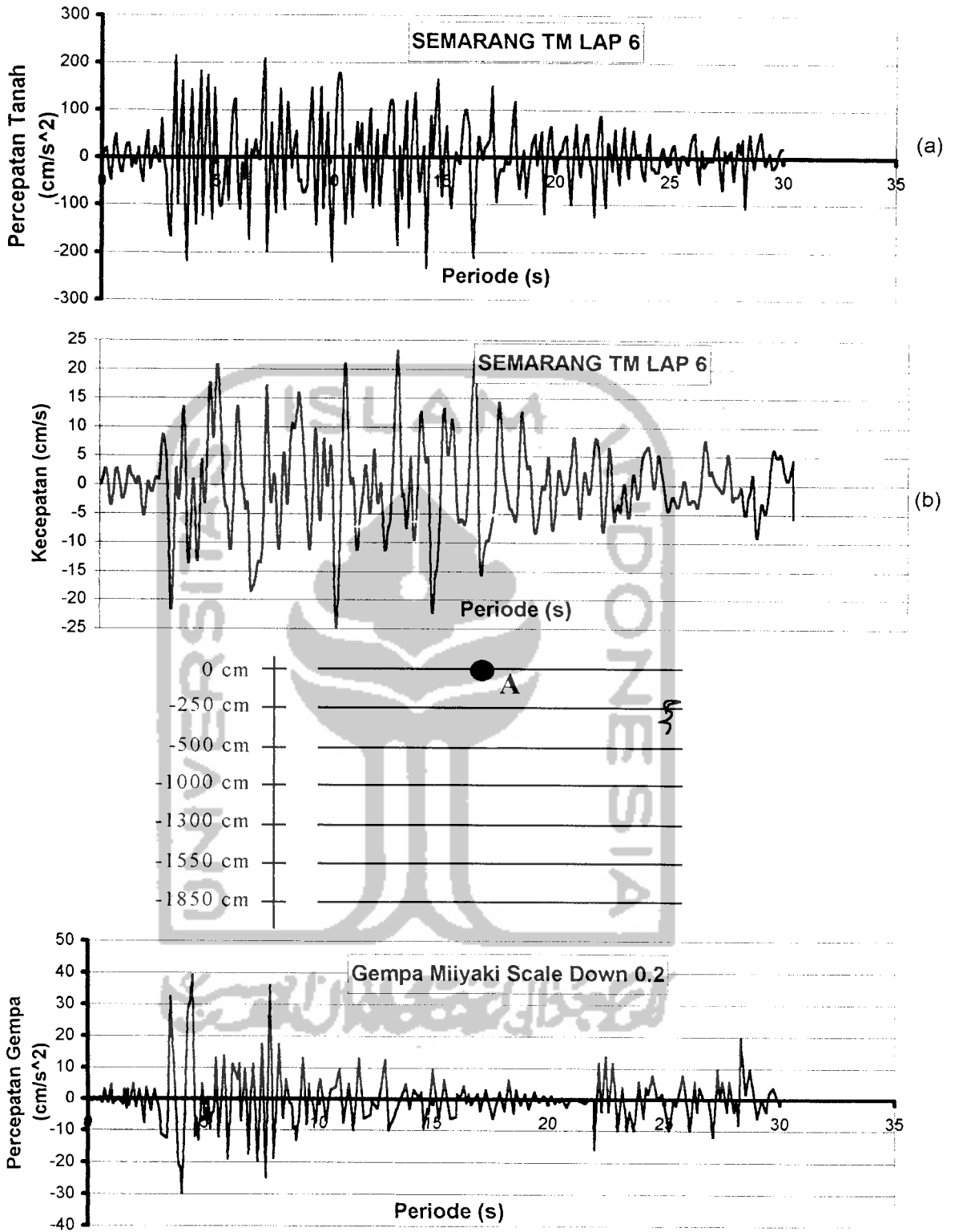
Gambar 5.46 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Kobe di daerah Jl. Pemuda Semarang tanpa massa bangunan



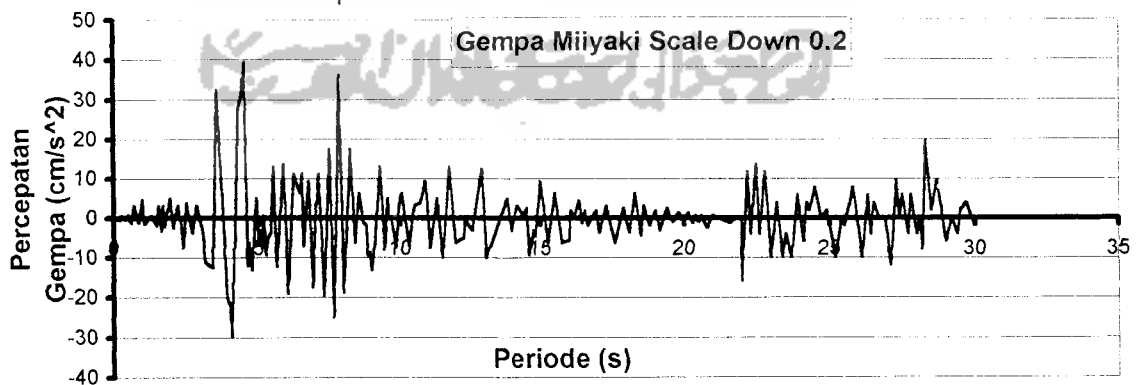
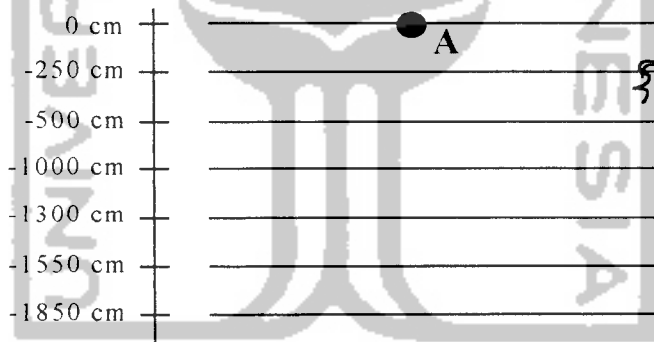
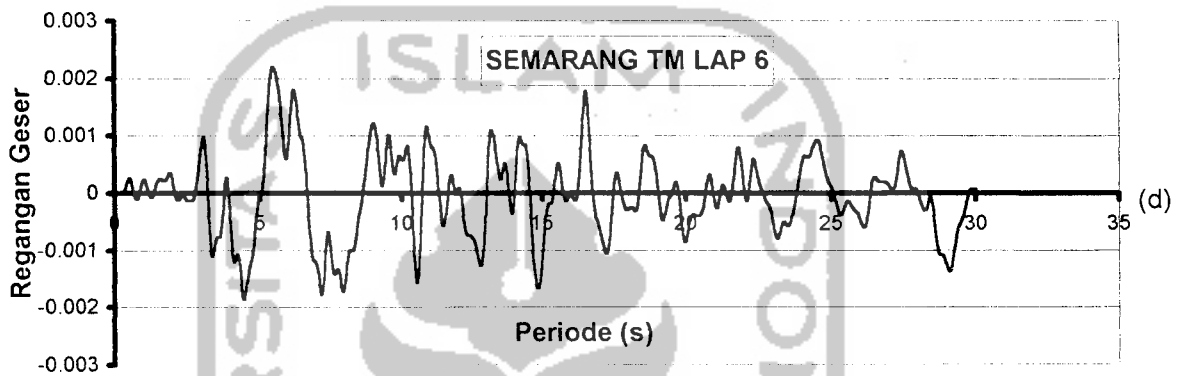
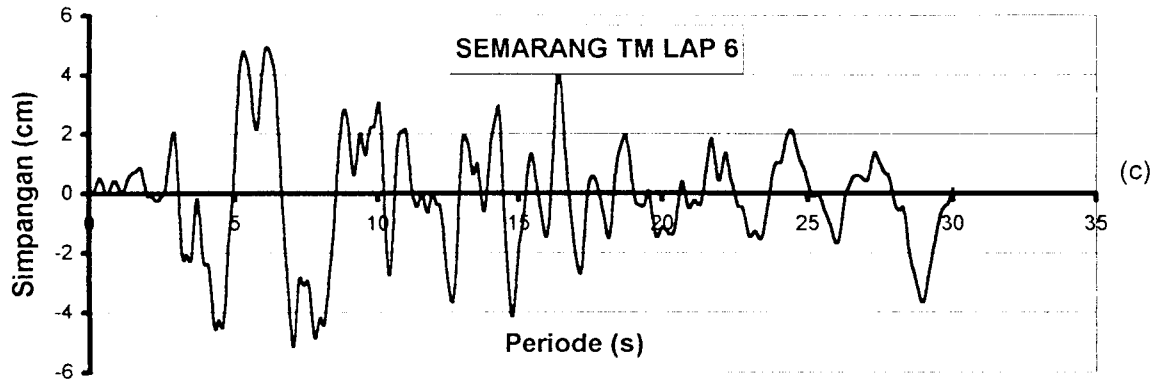
Gambar 5.47 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Kobe di daerah Jl. Pemuda Semarang dipengaruhi massa bangunan



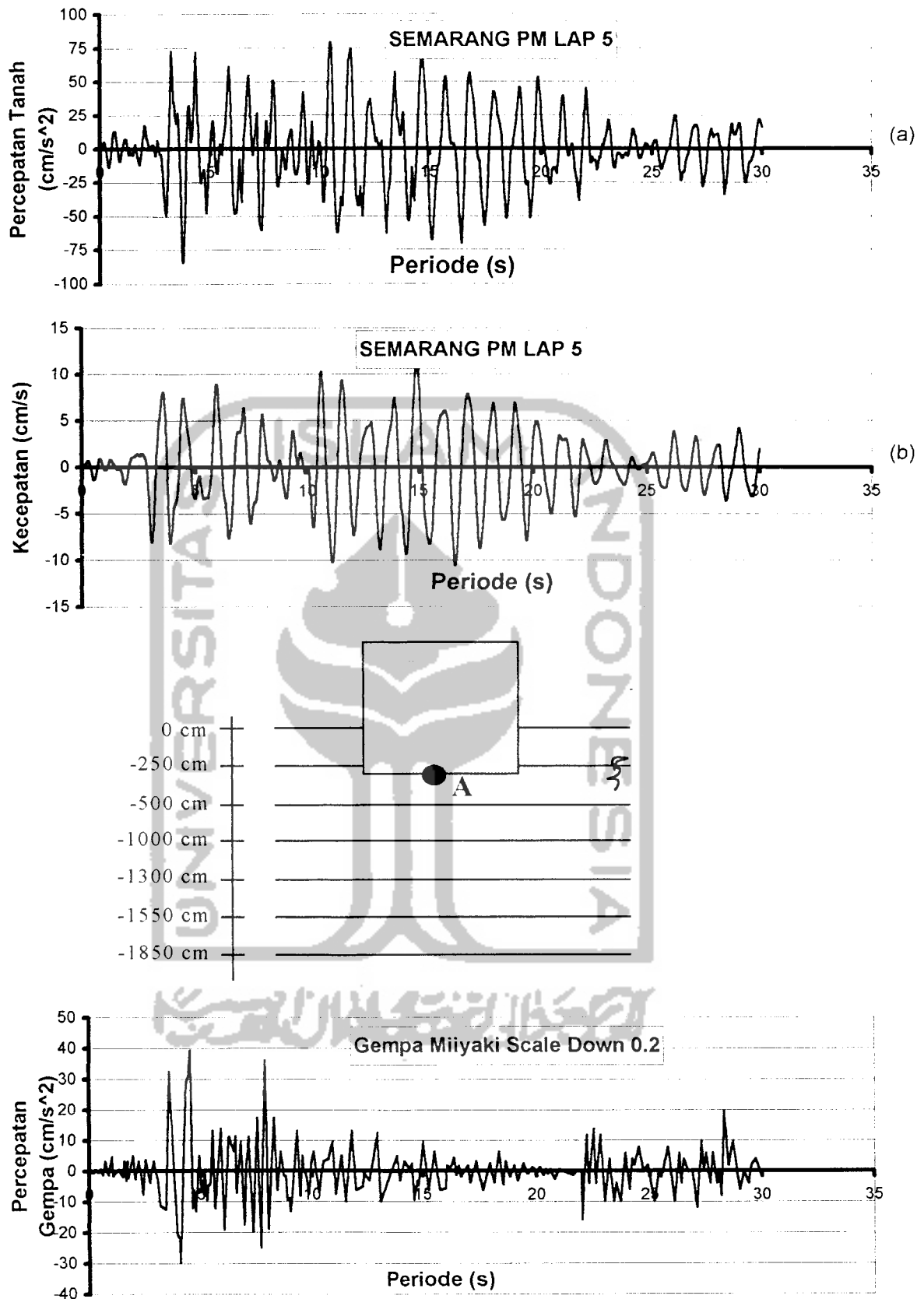
Gambar 5.48 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Kobe di daerah Jl. Pemuda Semarang dipengaruhi massa bangunan



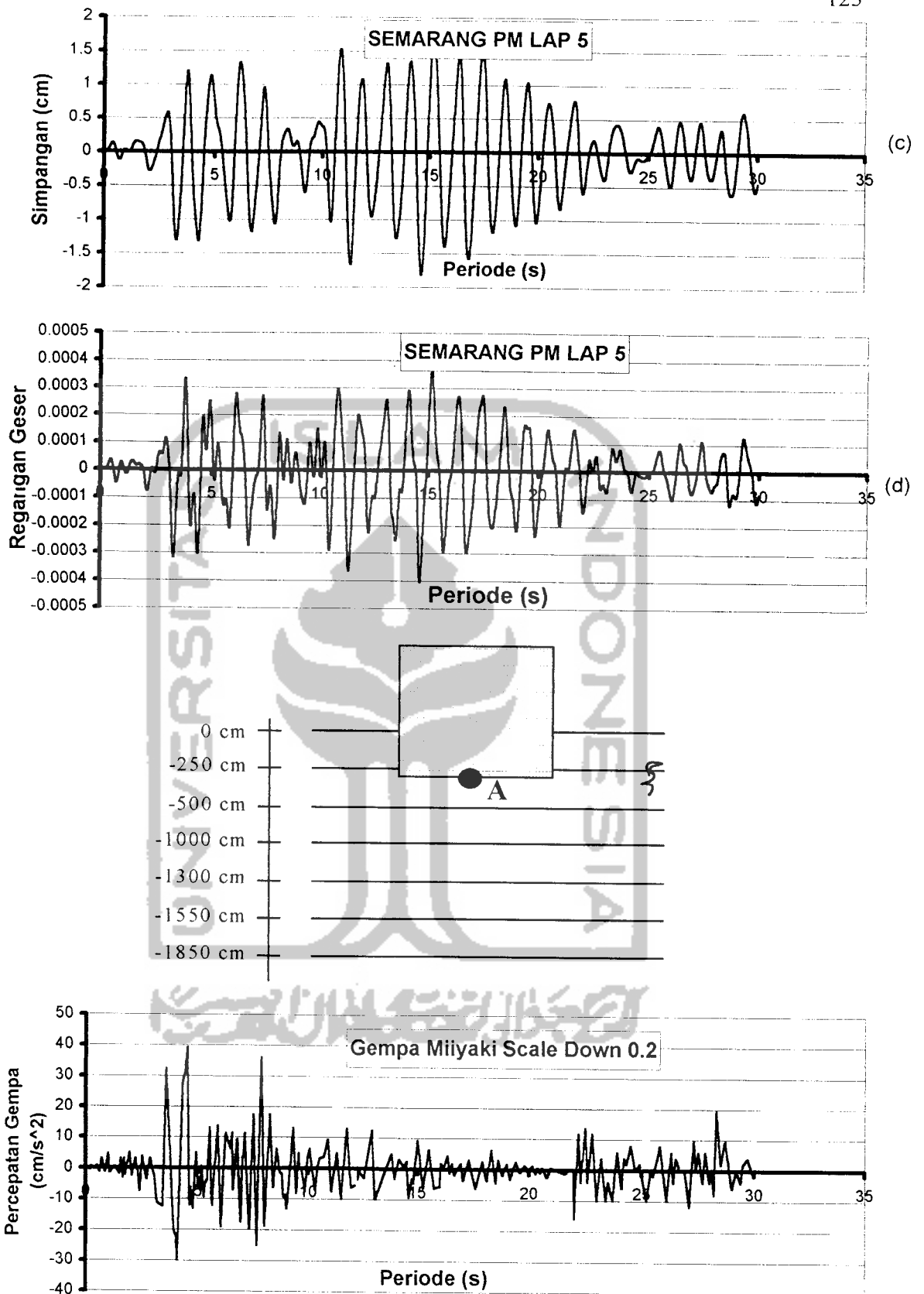
Gambar 5.49 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Miyaki di daerah Jl. Pemuda Semarang tanpa massa bangunan



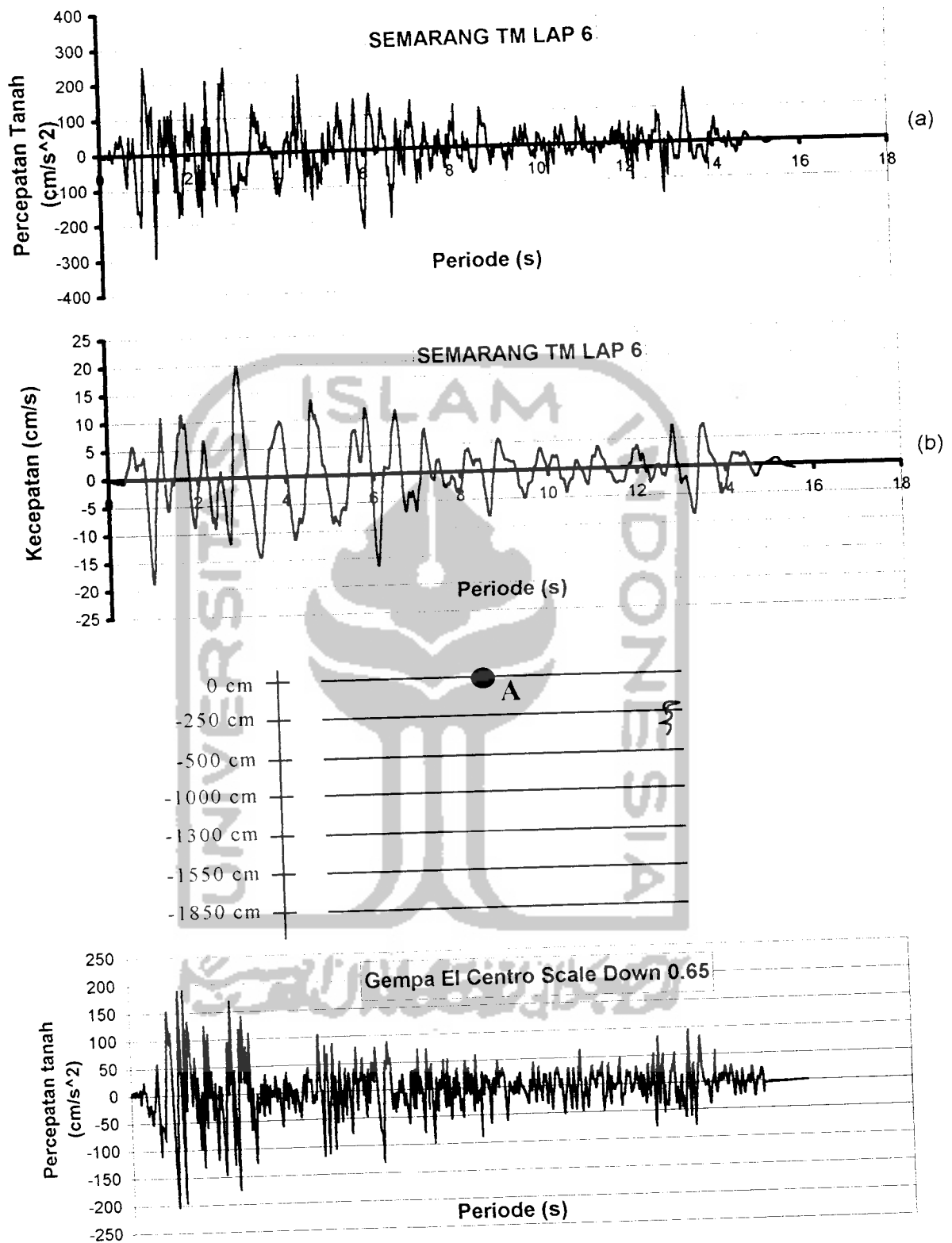
Gambar 5.50 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Miyaki di daerah Jl. Pemuda Semarang tanpa massa bangunan



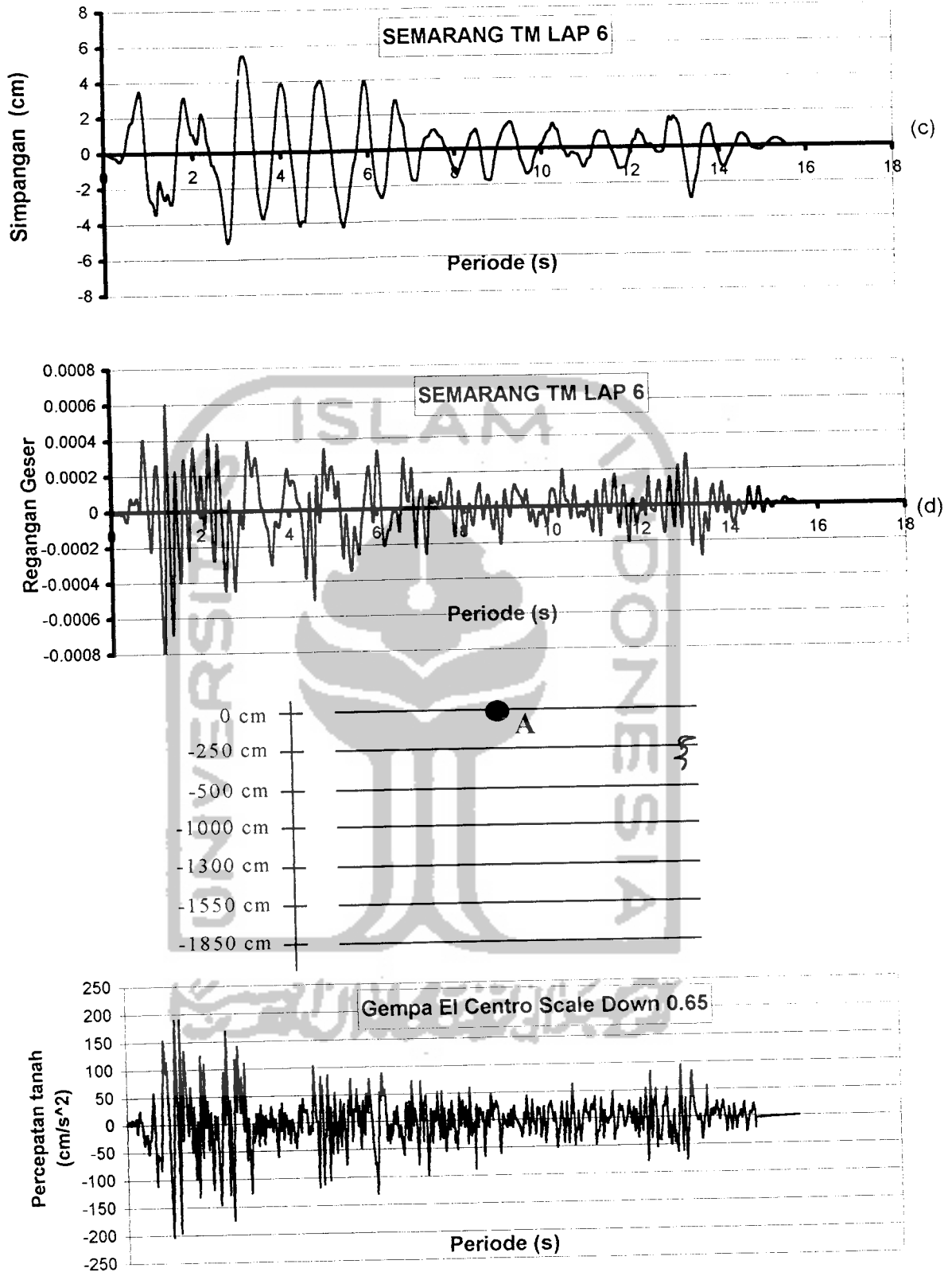
Gambar 5.51 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Miiyaki di daerah Jl. Pemuda Semarang dipengaruhi massa bangunan



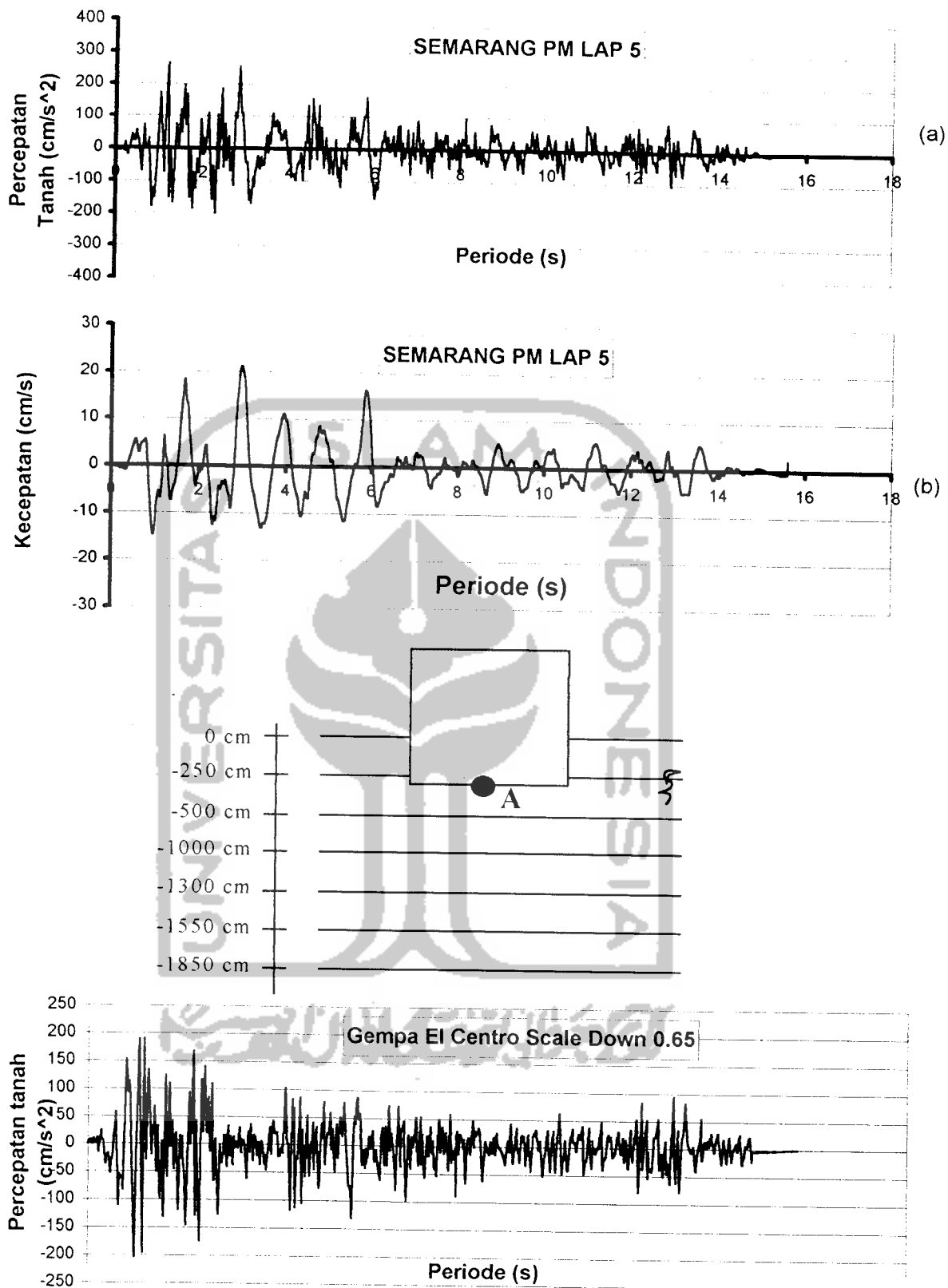
Gambar 5.52 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Miyaki di daerah Jl. Pemuda Semarang dipengaruhi massa bangunan



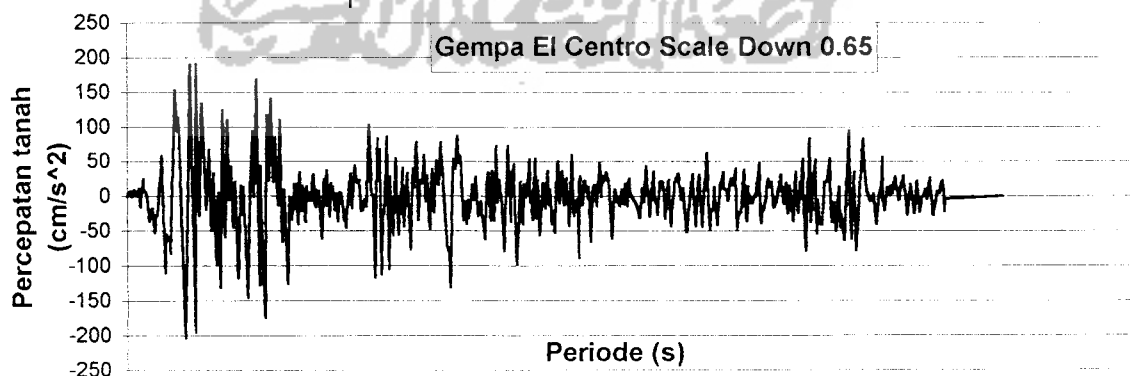
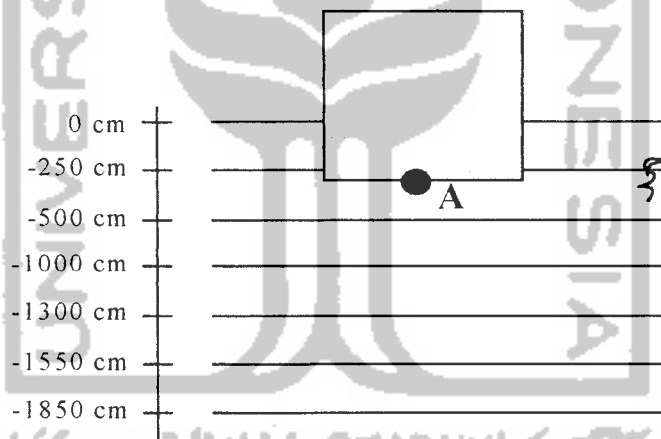
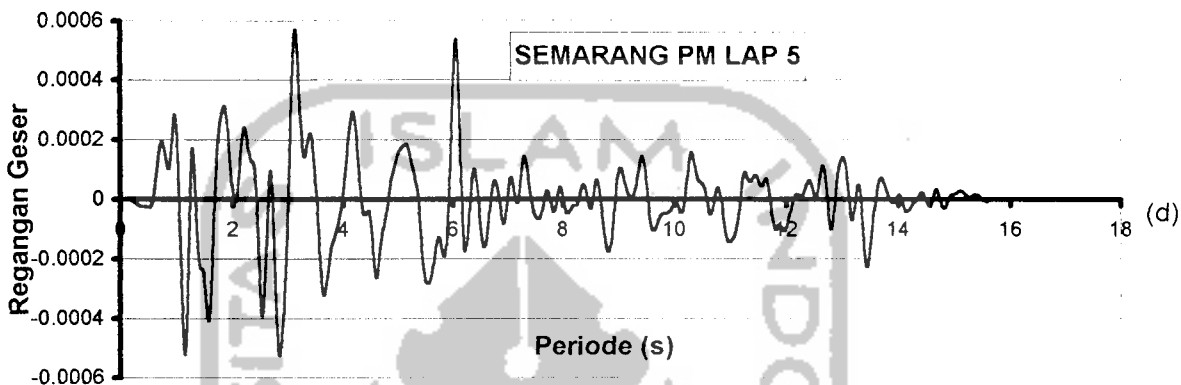
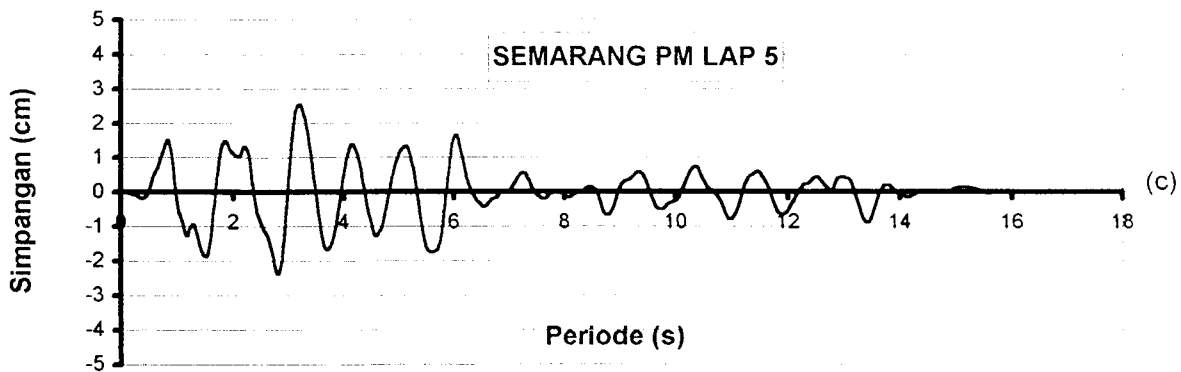
Gambar 5.53 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa El Centro di daerah Jl. Pemuda Semarang tanpa massa bangunan



Gambar 5.54 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa El Centro di daerah Jl. Pemuda Semarang tanpa massa bangunan



Gambar 5.55 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa El Centro di daerah Jl. Pemuda Semarang dengan massa bangunan



Gambar 5.56 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa El Centro di daerah Jl. Pemuda Semarang dipengaruhi massa bangunan

Tabel 5.14 Perbandingan kecepatan yang terjadi akibat gempa daerah Semarang

Gempa	Percepatan gempa pada <i>Base Rock</i>	Pada kondisi <i>free field</i>	Pada kondisi terdapat massa bangunan diatas Lapisan tanah
1. Koyna	362,206 cm/s ²	31,6 cm/s	28,7 cm/s
2. Kobe	197,258 cm/s ²	79,51 cm/s	70,7 cm/s
3. Miiyaki	39,2 cm/s ²	24,79 cm/s	11,394 cm/s
4. ElCentro	203,283 cm/s ²	21,39 cm/s	19,8 cm/s

Tabel 5.15 Perbandingan simpangan tiap-tiap gempa daerah Semarang

Gempa	Percepatan gempa pada <i>Base Rock</i>	Pada kondisi <i>free field</i>	Pada kondisi terdapat massa bangunan diatas Lapisan tanah
1. Koyna	362,206 cm/s ²	3,68 cm	3,5 cm
2. Kobe	197,258 cm/s ²	30,44 cm	10,85 cm
3. Miiyaki	39,2 cm/s ²	5,2 cm	1,82 cm
4. ElCentro	203,283 cm/s ²	5,5 cm	2,6 cm

Tabel 5.16 Perbandingan regangan geser pada permukaan tanah tiap-tiap gempa daerah Semarang

Gempa	Percepatan gempa Pada <i>Base Rock</i>	Pada kondisi <i>free field</i>	Pada kondisi terdapat massa bangunan diatas Lapisan tanah
Koyna	362,206 cm/s ²	$2,43 \cdot 10^{-4}$	$6,57 \cdot 10^{-4}$
Kobe	197,258 cm/s ²	$1,56 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$
Miiyaki	39,2 cm/s ²	$2,198 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$
ElCentro	203,283 cm/s ²	$8,6 \cdot 10^{-4}$	$5,7 \cdot 10^{-4}$

Dari tabel di atas dapat disimpulkan urutan besarnya percepatan tanah yang terjadi akibat gempa pada lokasi Jl. Pemuda Semarang untuk kondisi *free field* adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe
2. Akibat Gempa Koyna
3. Akibat Gempa ElCentro
4. Akibat Gempa Miiyaki

Untuk kondisi terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe
2. Akibat Gempa Koyna
3. Akibat Gempa ElCentro
4. Akibat Gempa Miiyaki

Urutan besarnya kecepatan tanah yang terjadi akibat gempa pada lokasi Jl. Pemuda , Semarang untuk kondisi *free field* adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe
2. Akibat Gempa Koyna
3. Akibat Gempa Miiyaki
4. Akibat Gempa ElCentro

Untuk kondisi terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe

2. Akibat Gempa Koyna
3. Akibat Gempa ElCentro
4. Akibat Gempa Miiyaki

Urutan besarnya simpangan tanah yang terjadi akibat gempa pada lokasi Jl. Pemuda, Semarang untuk kondisi *free field* adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe
2. Akibat Gempa ElCentro
3. Akibat Gempa Miiyaki
4. Akibat Gempa Koyna

Untuk kondisi terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe
2. Akibat Gempa Koyna
3. Akibat Gempa ElCentro
4. Akibat Gempa Miiyaki

A/V ratio masing – masing gempa yang terjadi di permukaan tanah untuk kondisi *free field* :

1. Gempa Koyna : 1,7525 Hz
2. Gempa Kobe : 0.8037 Hz
3. Gempa Miiyaki : 0.9602 Hz
4. Gempa El Centro : 1.3933 Hz

A/V ratio masing – masing gempa yang terjadi di permukaan tanah untuk kondisi terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah :

1. Gempa Koyna : 1.6053 Hz
2. Gempa Kobe : 0.7373 Hz
3. Gempa Miyaki : 0.7517 Hz
4. Gempa El Centro : 1.3657 Hz

Dapat dilihat dari hasil A/V ratio bahwa bila terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah akan terjadi penurunan nilai A/V ratio yang berarti terjadi penurunan kandungan frekuensi gempa. Hal itu berarti bahwa massa bangunan akan menyaring kandungan frekuensi gempa. A/V ratio gempa yang terjadi di permukaan tanah menunjukkan bahwa kandungan frekuensi gempa termasuk frekuensi rendah sampai frekuensi tinggi. Karena A/V ratio < 0.8 merupakan jenis frekuensi rendah, sedangkan A/V ratio yang berkisar antara $0.8 - 1.2$ merupakan jenis frekuensi menengah dan A/V ratio > 1.2 merupakan frekuensi tinggi.

5.10 Perubahan Kandungan Frekuensi Percepatan Tanah , Kecepatan Tanah dan Simpangan Tanah Yang Terjadi Akibat Gempa

Dari gambar 5.41 – 5.56 dapat dilihat terjadinya perubahan kandungan frekuensi gempa. Hal itu disebabkan karena percepatan tanah merupakan turunan kedua dari simpangan tanah, sedangkan kecepatan merupakan turunan pertama dari simpangan gempa. Dengan kata lain kecepatan tanah dapat diperoleh dari menjumlahkan luasan grafik percepatan tanah, sedangkan simpangan tanah dapat diperoleh dengan menjumlahkan luasan grafik kecepatan tanah. Oleh karena itu

kandungan frekuensi percepatan tanah lebih tinggi dari kandungan frekuensi kecepatan tanah dan kandungan frekuensi simpangan tanah, dan kandungan frekuensi kecepatan tanah lebih tinggi dari kandungan frekuensi simpangan tanah.

5.11 Amplifikasi Respon Seismik Pada Permukaan Lapisan Tanah

Tabel 5.17 Besarnya amplifikasi respon seismik daerah Semarang

Gempa	Kondisi	Percepatan	Kecepatan	Simpangan
Koyna	Tanpa Massa	542,7 cm/s ² (+)49,83%	31,6 cm/s	3,68 cm
	Pakai Massa	451,5 cm/s ² (+)24,653 %	28,7 cm/s	3,5 cm
Kobe	Tanpa Massa	626,27 cm/s ² (+)216,0%	79,51 cm/s	30,44 cm
	Pakai Massa	510,88 cm/s ² (+) 158,0 %	70,7 cm/s	10,85 cm
Miiyaki	Tanpa Massa	233,265 cm/s ² (+)495,66 %	24,79 cm/s	5,2 cm
	Pakai Massa	83,94 cm/s ² (+)114,133 %	11,394 cm/s	1,82 cm
ElCentro	Tanpa Massa	292,075 cm/s ² (+)43,67%	21,39 cm/s	5,5 cm
	Pakai Massa	265,0 cm/s ² (+)30,36 %	19,8 cm/s	2,6 cm

Dilihat dari jenis tanahnya Lapisan tanah pada lokasi Jl. Pemuda , Semarang merupakan jenis lapisan tanah lempung kelanauan & pasir kelanauan yang lunak

, lapisan tanah mempunyai nilai N SPT berkisar antara 2/30 – 16/30. Selain itu lapisan tanahnya mempunyai nilai PI yang berkisar antara 22 % - 35 %. Dilihat dari nilai indeks plastisitasnya tanah di Jl. Pemuda Semarang mempunyai plastisitas yang tinggi sesuai dengan tabel 1 bab II. Seperti yang telah diketahui bahwa sifat-sifat fisik tanah merupakan faktor yang akan berpengaruh pada amplifikasi percepatan gempa.

Tanah kohesif lunak dengan plastisitas tinggi akan berkecenderungan berperilaku elastik sehingga semakin besar input energi/gaya yang bekerja pada struktur tanah tersebut maka semakin besar respon seismik (kecepatan dan percepatan) tanah yang akan terjadi. Besarnya respon tanah tersebut juga disebabkan kecilnya redaman material yang ada karena tanah dengan plastisitas tinggi nilai ratio redamannya relatif kecil.

Regangan geser tanah yang ditimbulkan oleh gempa mempunyai pengaruh terhadap modulus geser gempa. Semakin kecil regangan geser tanah semakin besar modulus geser tanah. Sedangkan modulus geser tanah akan berpengaruh pada kekakuan tanahnya, semakin besar nilai modulus geser tanah semakin besar kekakuan lapisan tanah tersebut. Kekakuan tanah akan berpengaruh pada respon seismik tanah tersebut, yang kemudian akibat kekakuan lapisan tanah yang berbeda akan membedakan perilaku pada respon seismik lapisan tanah.

Karena regangan geser yang diakibatkan gempa Koyna lebih kecil daripada regangan geser yang diakibatkan gempa Miyaki maupun gempa Kobe maka modulus geser dan kekakuan pada lapisan tanah akan lebih besar pada gempa Koyna.

Yang kemudian respon seismik yang terjadi akibat gempa Koyna baik itu percepatan, kecepatan, maupun simpangan akan lebih kecil respon seismik yang diakibatkan gempa Miyaki dan gempa Kobe.

Lapisan tanah Jl. Pemuda Semarang mempunyai lapisan tanah yang paling dangkal, jika dibandingkan lapisan tanah yang berlokasi di Dalangan Tawang Sari & Tawang Sari II Sukoharjo, dalam arti lain letak *base motion* lapisan tanah Jl. Pemuda lebih dangkal. Selain itu lapisan tanah Jl. Pemuda Semarang mempunyai lapisan tanah lunak yang nilai N SPT tanah tersebut kecil. Akibat dari itu respon seismik lapisan tanah Jl. Pemuda Semarang lebih besar dari lapisan tanah yang berlokasi di Dalangan Tawang Sari & Tawang Sari II.

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah bahwa nilai frekuensi alam (ω) tanah di Semarang untuk gempa yang sama mempunyai nilai yang lebih besar dibanding tanah di Dalangan Tawang Sari dan Tawang Sari II. Hal itu disebabkan lapisan tanah di Semarang mempunyai ketebalan paling rendah jika di bandingkan dua lokasi tanah yang lain. Lapisan tanah yang semakin dangkal mengakibatkan massa tanah yang semakin kecil. Nilai frekuensi alam (ω) yang semakin besar mengakibatkan nilai periode getaran yang semakin kecil. Hal itu berarti sesuai dengan penelitian Vucetic dan Dobry bahwa lapisan tanah yang mempunyai ketebalan paling minimum akan mengalami percepatan tanah yang paling besar akan tetapi periode getaran yang terjadi paling kecil.

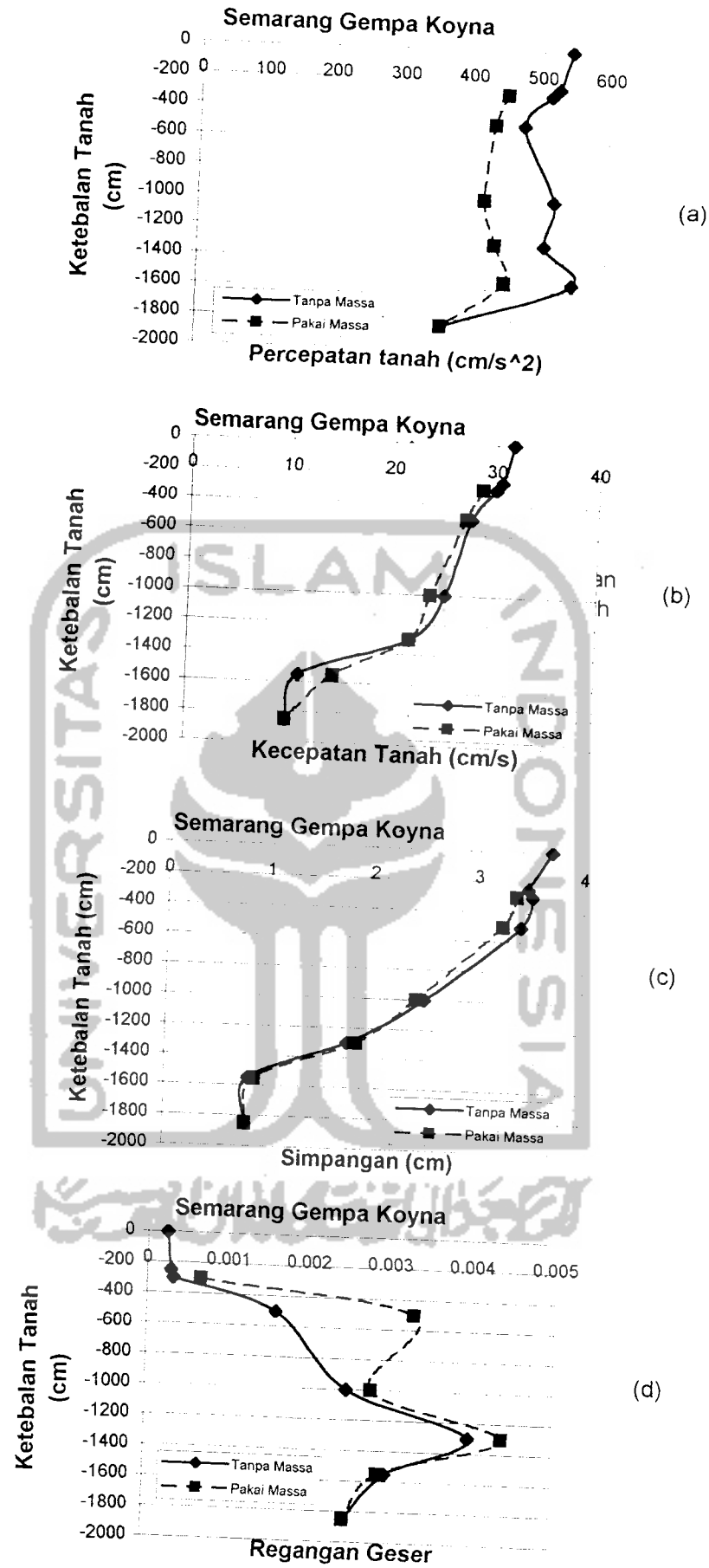
Selain itu respon seismik yang terjadi pada kondisi terdapat massa bangunan di atasnya mengalami deamplifikasi jika dibandingkan pada kondisi *free field*,

terjadinya deamplifikasi respon seismik pada kondisi terdapat massa bangunan di atas permukaan tanah disebabkan semakin kaku tanah tersebut. Besarnya deamplifikasi yang terjadi dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

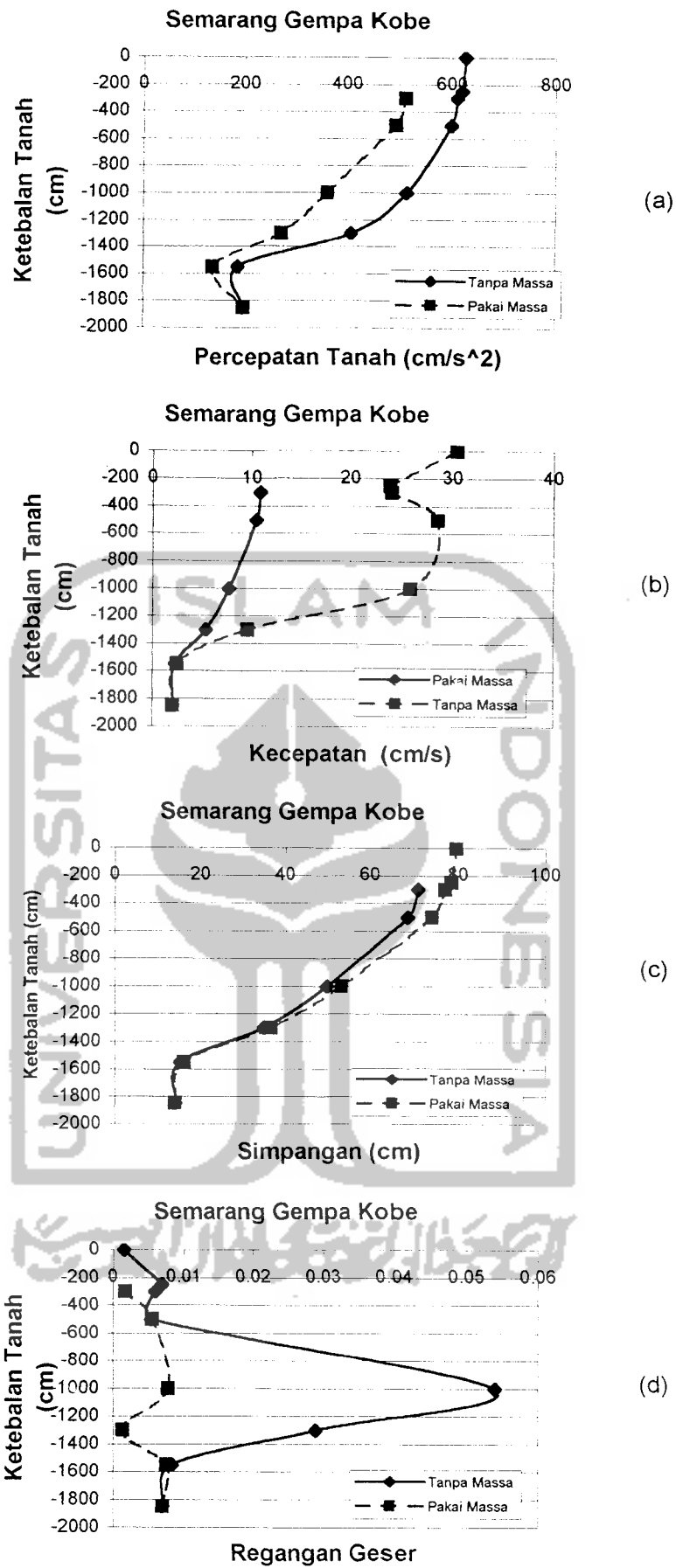
Tabel 5.18 Besarnya Perubahan Respon Seismik Tanah untuk daerah Tawang Sari

Gempa	Kondisi	Percepatan	Kecepatan	Simpangan
Koyna	Tanpa Massa	542,7 cm/s ²	31,6 cm/s	3,68 cm
	Pakai Massa	451,5 cm/s ² (-) 16,805 %	28,7 cm/s (-) 9,177 %	3,5 cm (-) 4,89 %
Kobe	Tanpa Massa	626,27 cm/s ²	79,51 cm/s	30,44 cm
	Pakai Massa	510,88 cm/s ² (-) 18,425 %	70,7 cm/s (-) 11,08 %	10,85 cm (-) 64,356 %
Miiyaki	Tanpa Massa	233,265 cm/s ²	24,79 cm/s	5,2 cm
	Pakai Massa	83,94 cm/s ² (-) 64,015 %	11,394 cm/s (-) 54,038 %	1,82 cm (-) 65,0 %
ElCentro	Tanpa Massa	292,075 cm/s ²	21,39 cm/s	5,5 cm
	Pakai Massa	265,0 cm/s ² (-) 9,27 %	19,8 cm/s (-) 7,433 %	2,6 cm (-) 52,73 %

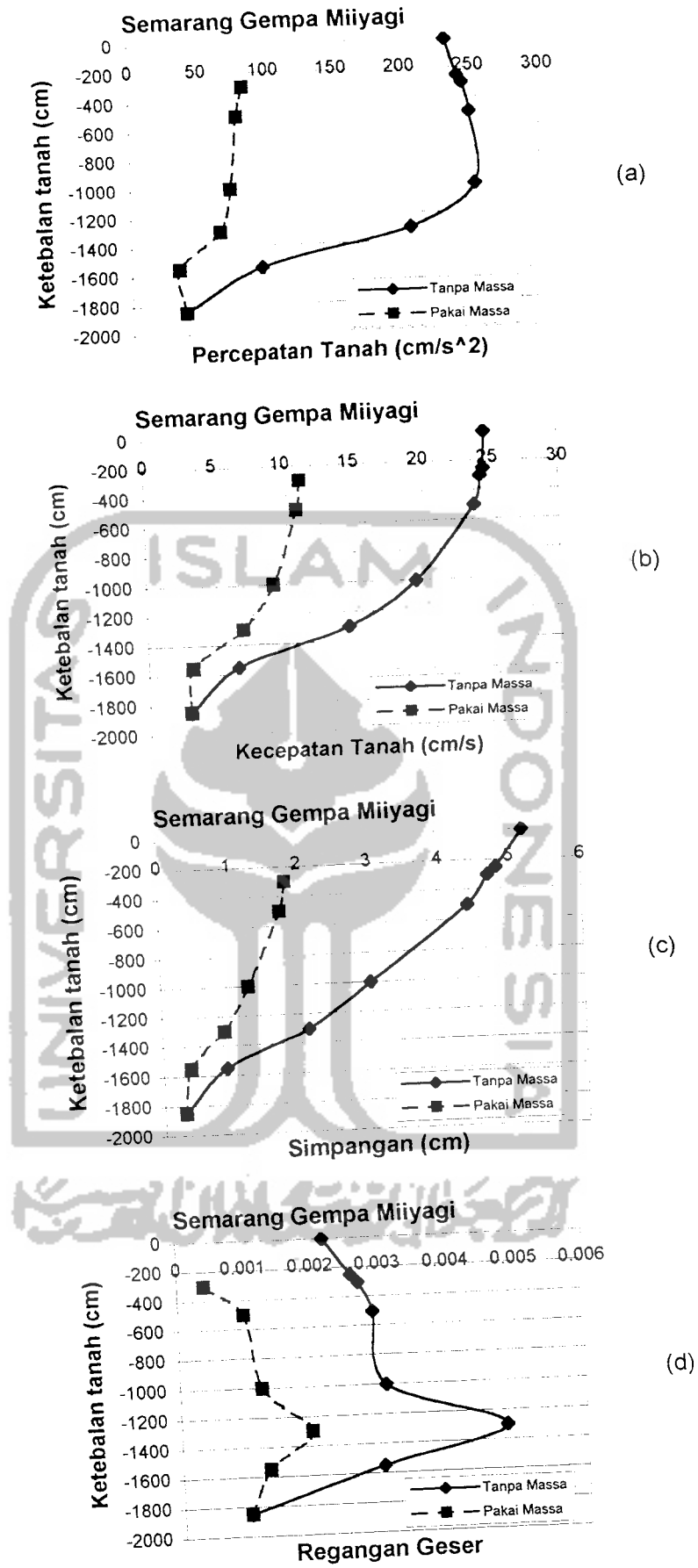
Tanah yang terdapat massa bangunan di atasnya semakin kaku karena adanya penambahan nilai $\Delta \sigma_v$ yang disebabkan adanya berat bangunan diatas tanah yang akan berpengaruh pada penambahan nilai modulus geser tanah (G) karena Modulus geser adalah fungsi dari σ_0 (*effective confining pressure*) yang kemudian karena bertambahnya nilai modulus geser pada akhirnya akan semakin meningkatkan kekakuan dari lapisan tanah tersebut.



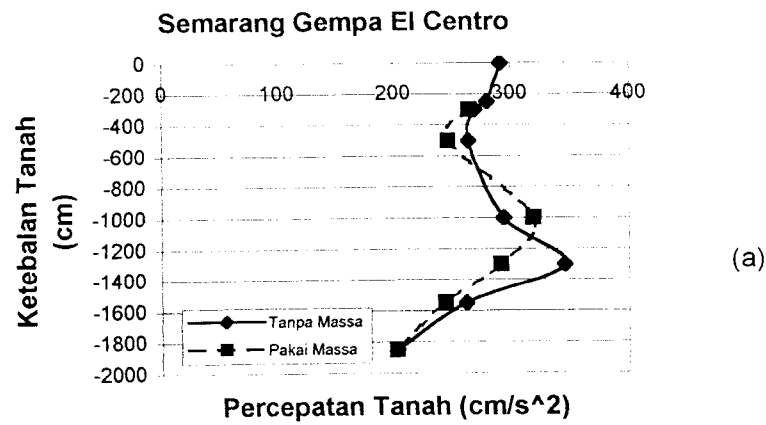
Gambar 5.57 Grafik Respon Seismik Tanah terhadap Ketebalan tanah akibat Gempa koyna daerah Semarang



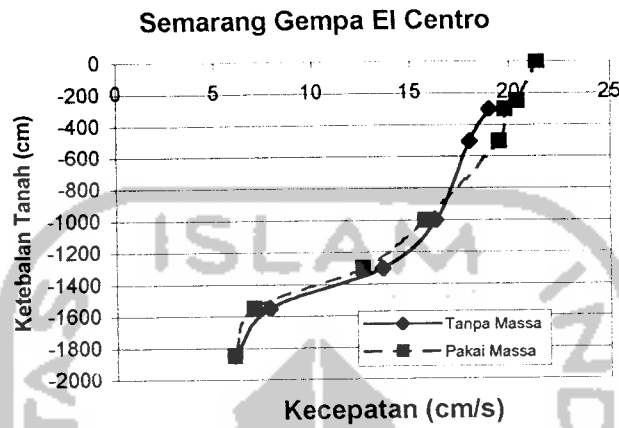
Gambar 5.58 Grafik Respon Seismik Tanah terhadap Ketebalan Tanah akibat gempa Kobe daerah Semarang



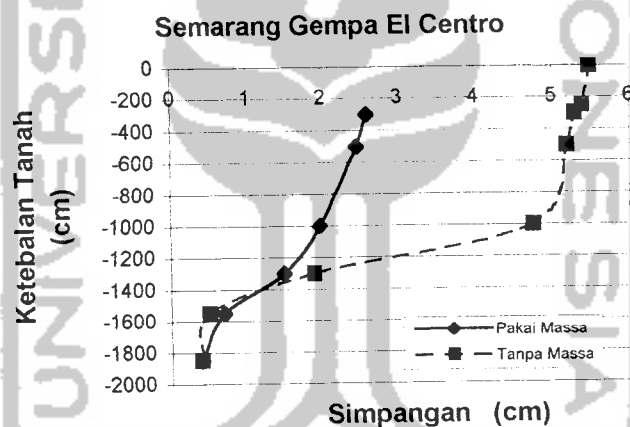
Gambar 5.59 Grafik Respon Seismik Tanah terhadap Ketebalan Tanah akibat gempa Miiyagi daerah Semarang



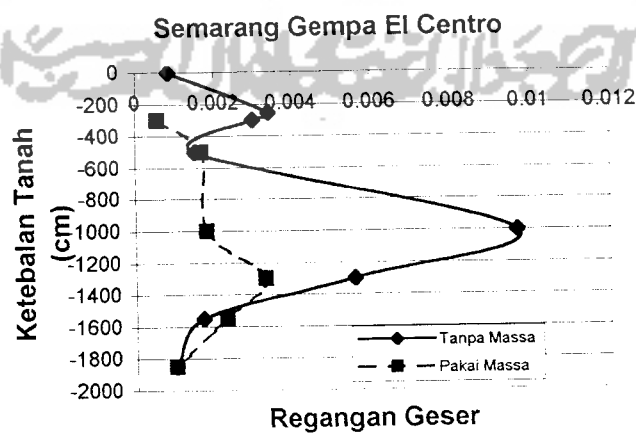
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 5.60 Grafik Respon Seismik Tanah terhadap Ketebalan Tanah akibat gempa El Centro daerah Semarang

5.12 Respon Seismik Maksimum Yang Terjadi Pada Tiap Lapisan Tanah.

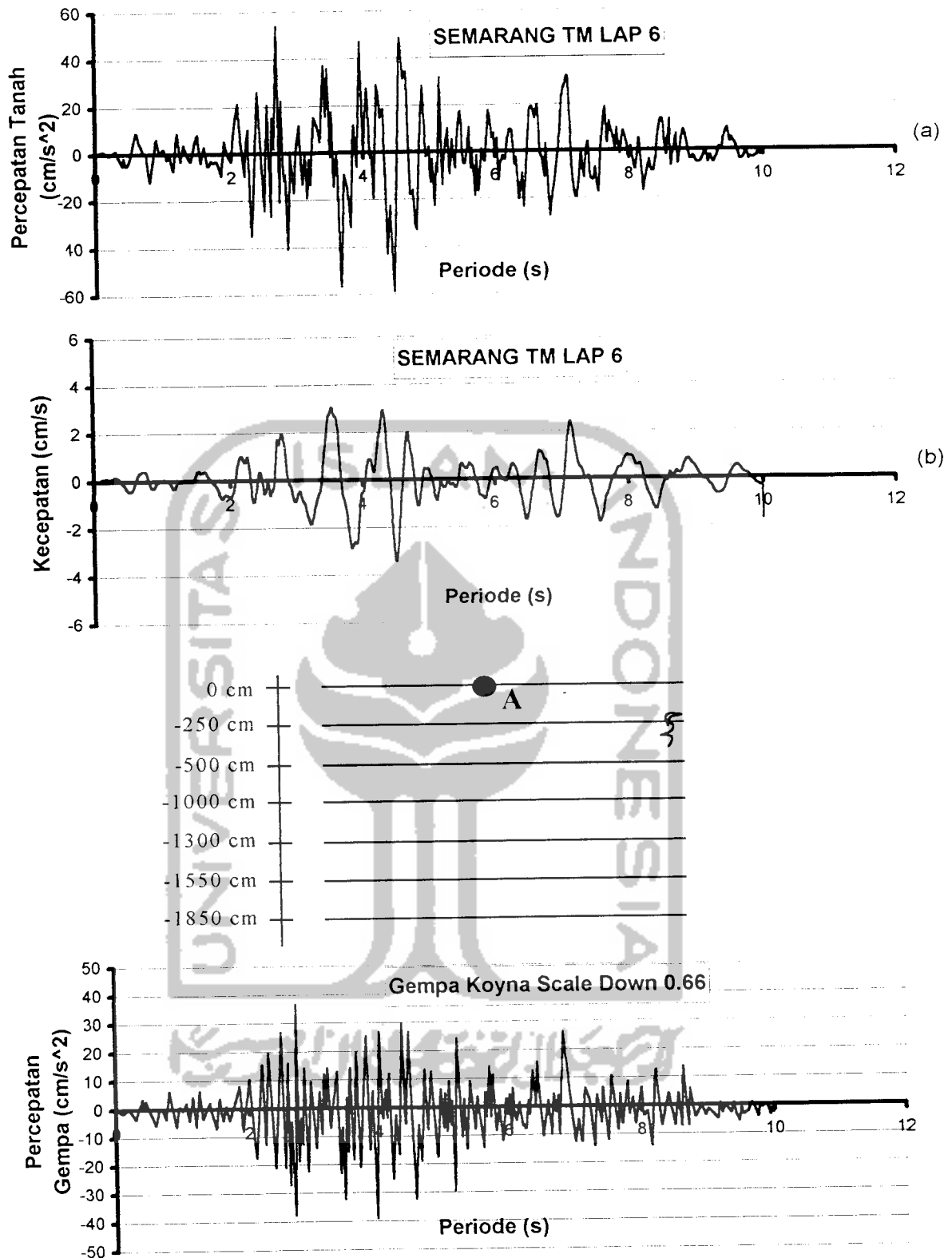
Untuk mengetahui respon seismik maksimum yang terjadi pada tiap lapisan tanah dapat dilihat pada gambar 5.57 – 5.60. Kemudian dari gambar 5.57 d – 5.60 d dan dari tabel 5.16 menunjukkan hasil yang sudah mendekati asumsi regangan geser pada perhitungan awal meskipun secara keseluruhan regangan geser yang terjadi pada seluruh lapisan tanah mengalami perbedaan dari penelitian Tokida. Pada penelitian ini regangan geser di lapisan tanah di dasar lebih besar dari regangan geser yang terjadi di permukaan.

5.13 Hasil Perhitungan Respon Seismik Tanah Pada Daerah Jl. Pemuda Semarang Untuk Gempa Yang Dinormalisasi

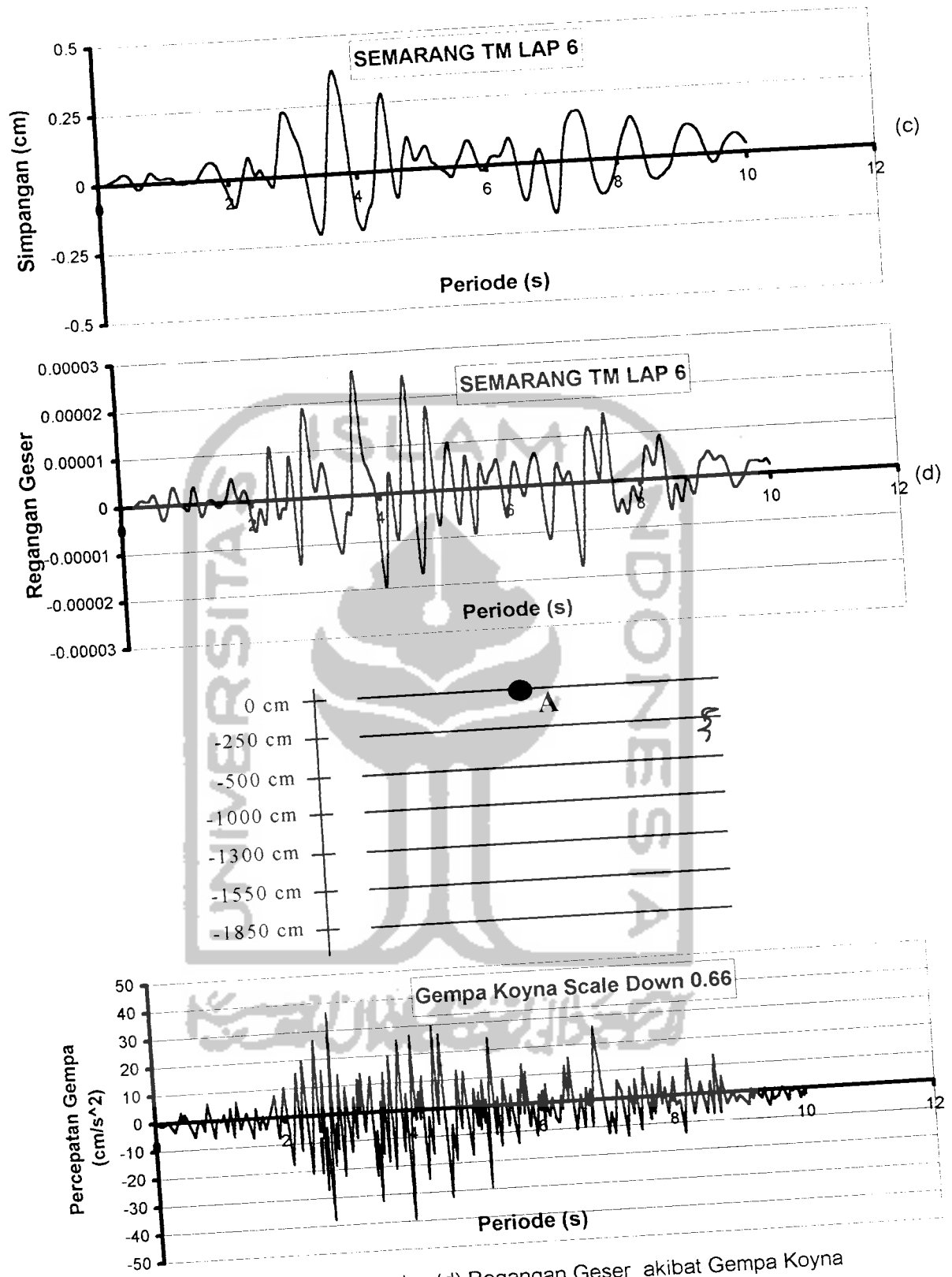
Untuk tanah pada lokasi di daerah Dalangan Tawang Sari, Sukoharjo hasil respon seismik baik tanpa massa bangunan di atasnya (kondisi *free field*) maupun yang terdapat massa bangunan di atasnya disajikan pada gambar 5.61 - gambar 5.76.

Tabel 5.19 Perbandingan percepatan yang terjadi akibat gempa

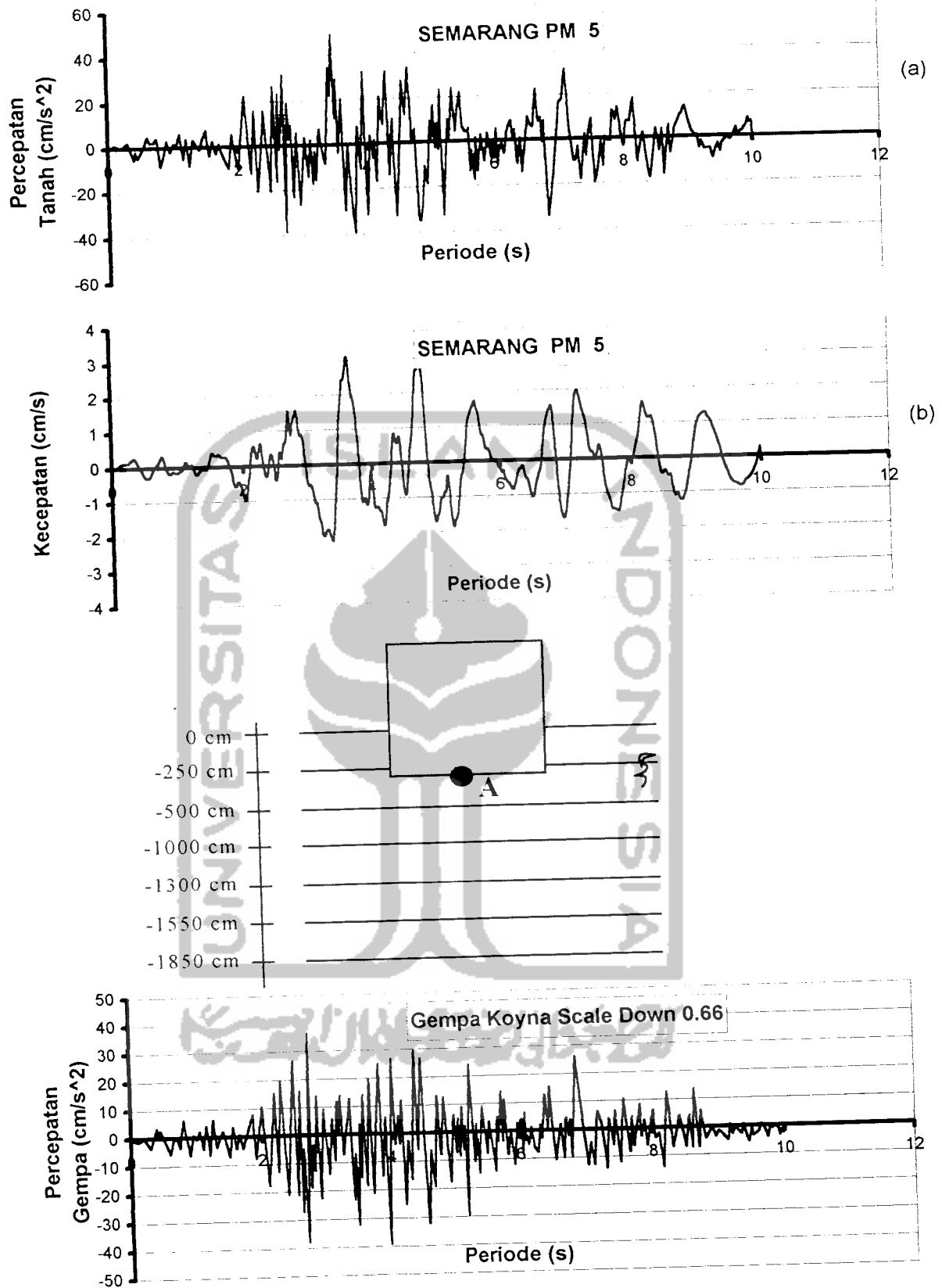
Gempa	Percepatan gempa pada Base Rock (normalisasi thd Miyaki)	Pada kondisi free field	Pada kondisi terdapat massa bangunan diatas Lap. tanah
Koyna	39,2 cm/s ²	58,73 cm/s ²	48,86 cm/s ²
Kobe	39,2 cm/s ²	124,26 cm/s ²	101,365 cm/s ²
Miyaki	39,2 cm/s ²	233,265 cm/s ²	83,94 cm/s ²
EICentro	39,2 cm/s ²	56,32 cm/s ²	51,1cm/s ²



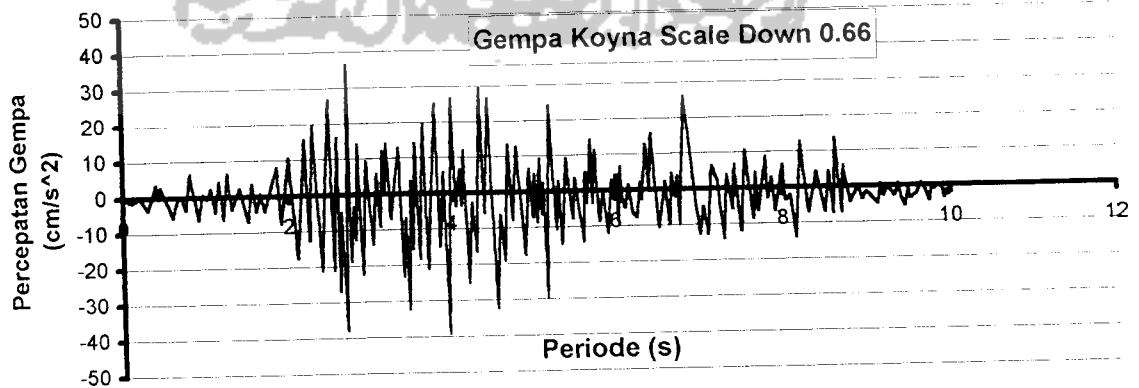
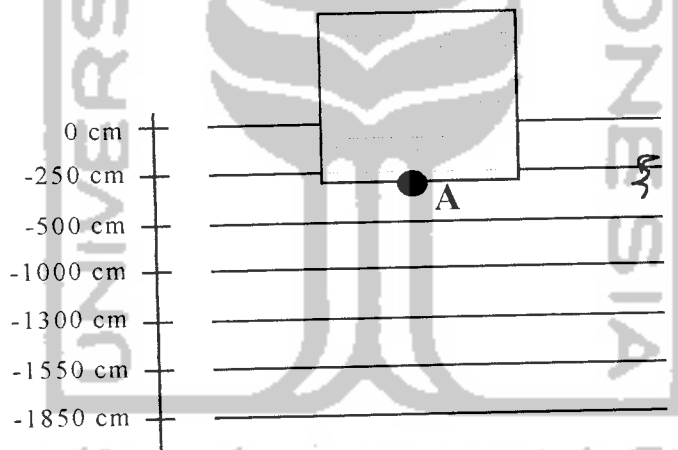
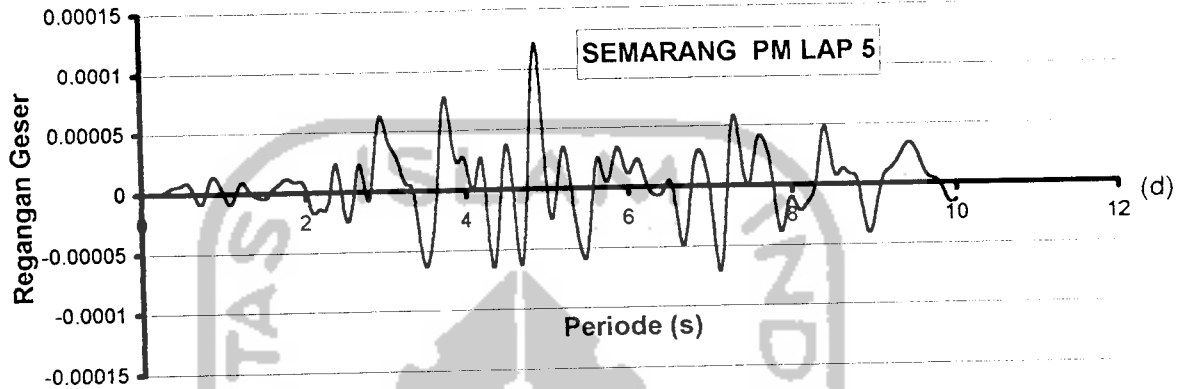
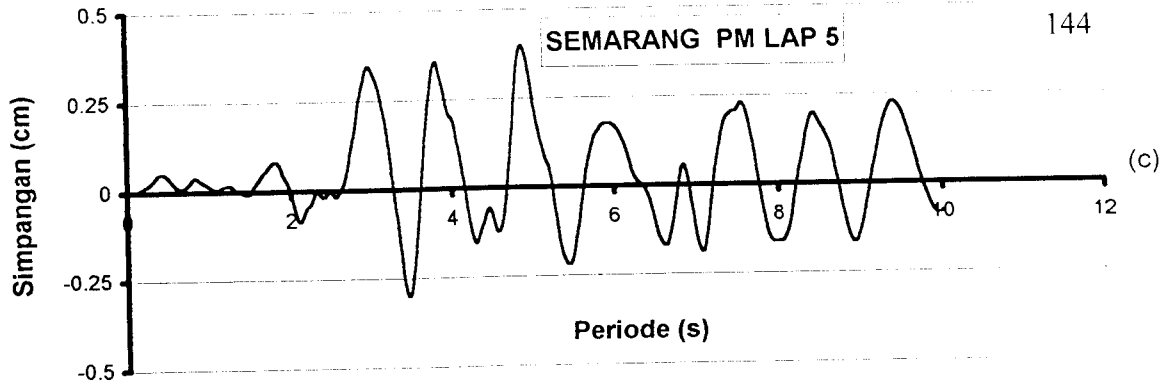
Gambar 5.61 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Koyna yang telah di Normalisasi di daerah Jl. Pemuda Semarang tanpa massa bangunan.



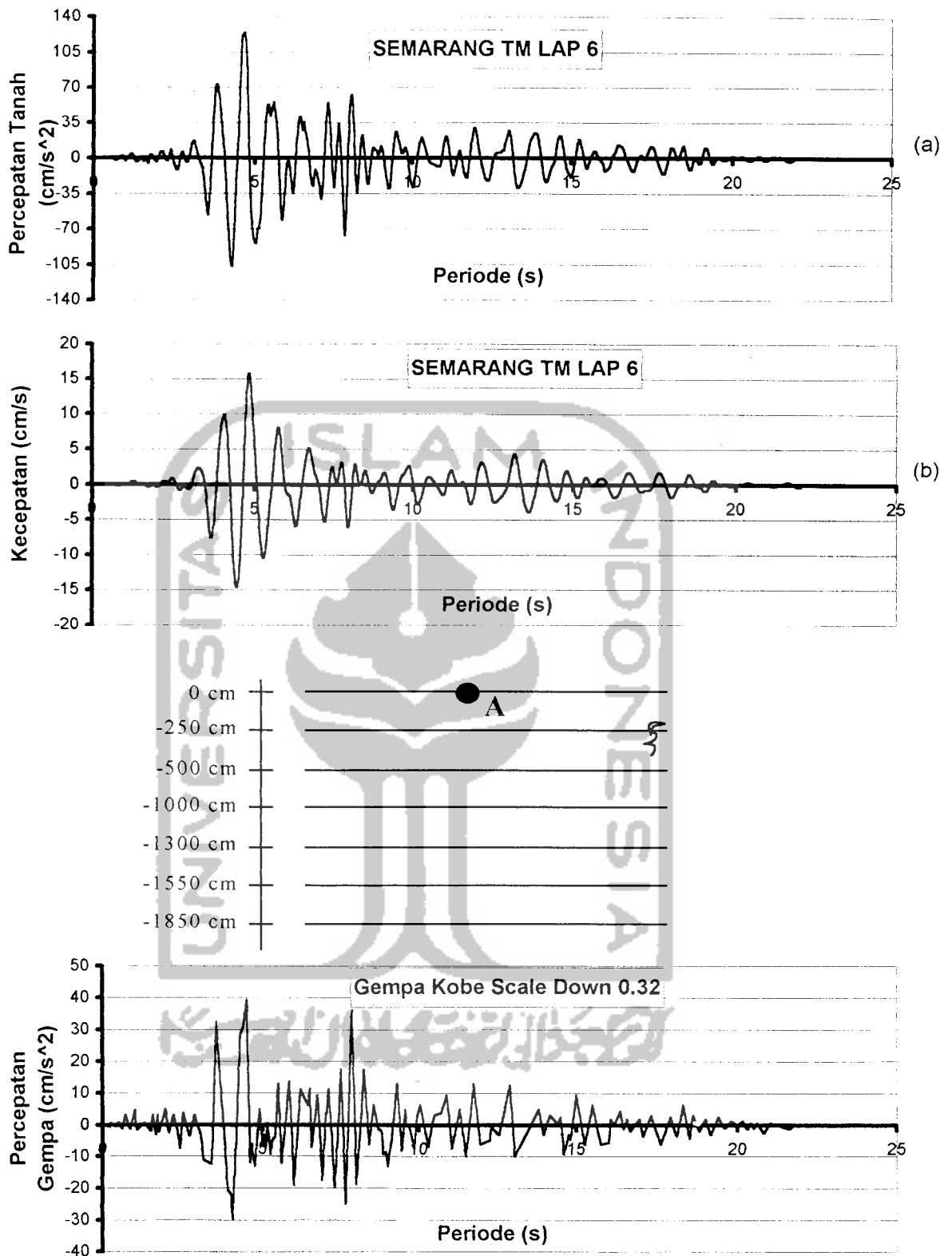
Gambar 5.62 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Koyana yang telah di Normalisasi di daerah Jl. Pemuda Semarang tanpa massa bangunan.



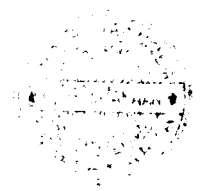
Gambar 5.63 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Koyna yang telah di Normalisasi di daerah Jl. Pemuda Semarang dipengaruhi massa bangunan.

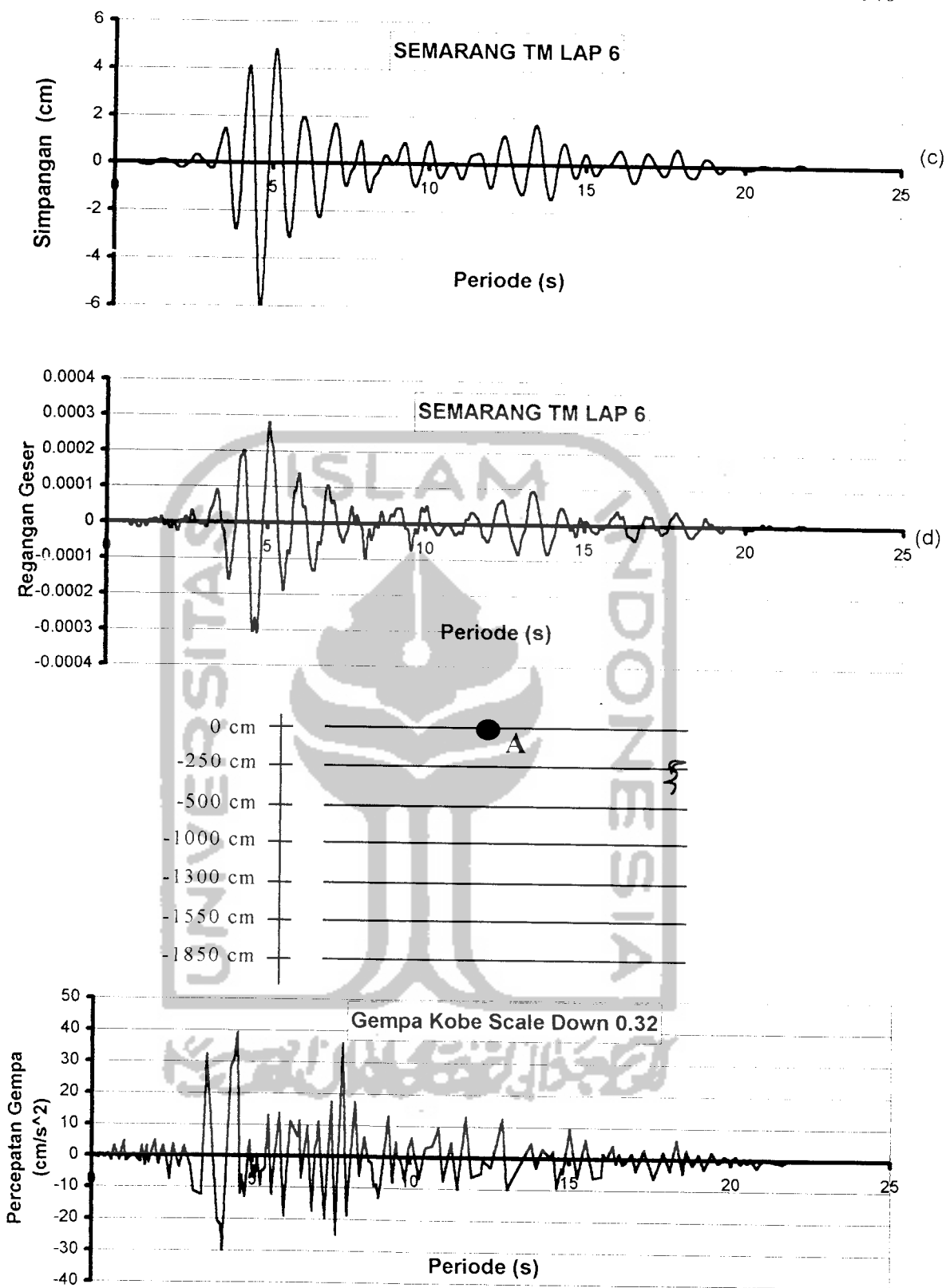


Gambar 5.64 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Koyona yang telah di Normalisasi di daerah Jl. Pemuda Semarang dipengaruhi massa bangunan.

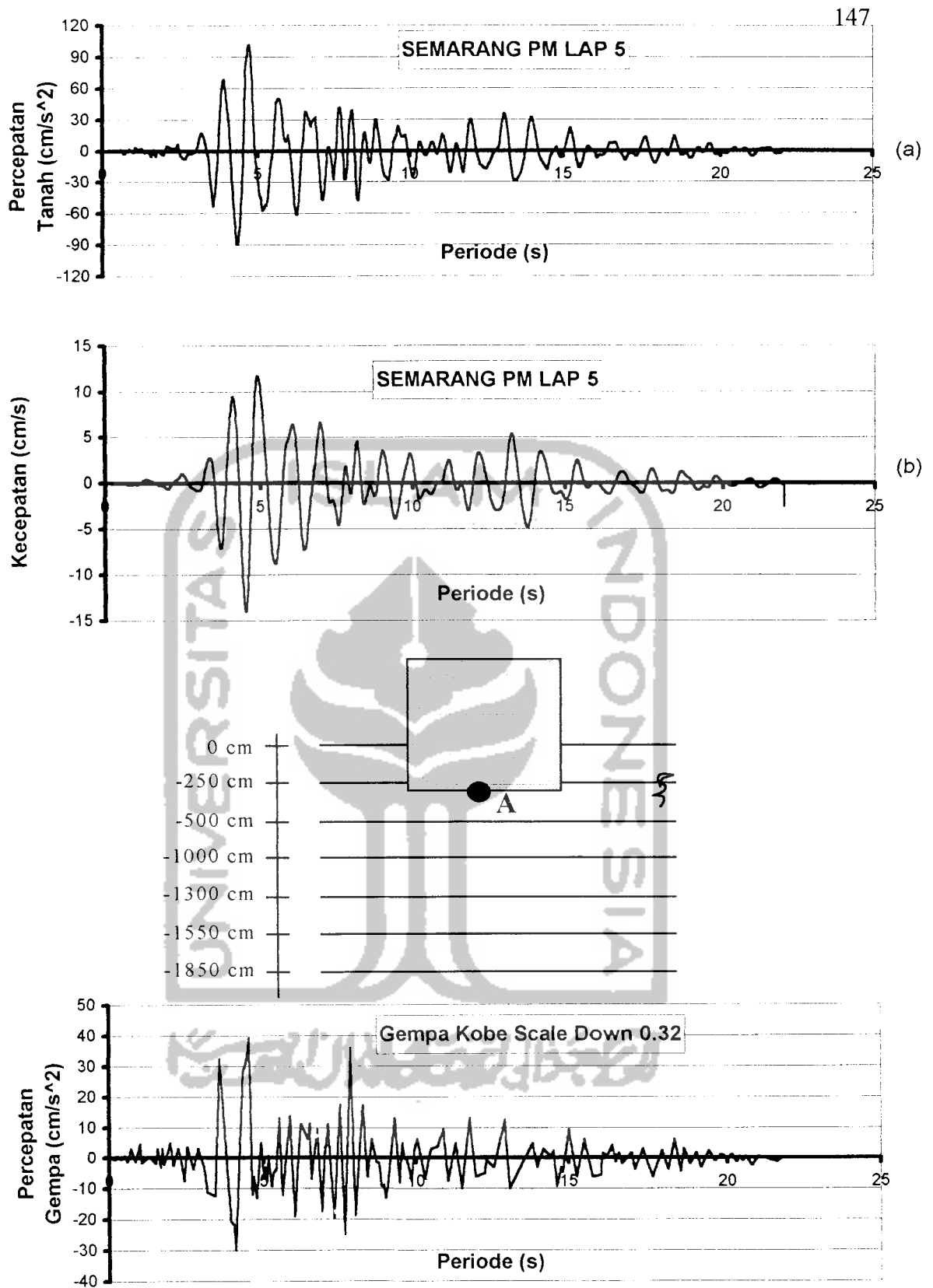


Gambar 5.65 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Kobe yang telah di Normalisasi di daerah Jl. Pemuda Semarang tanpa massa bangunan.

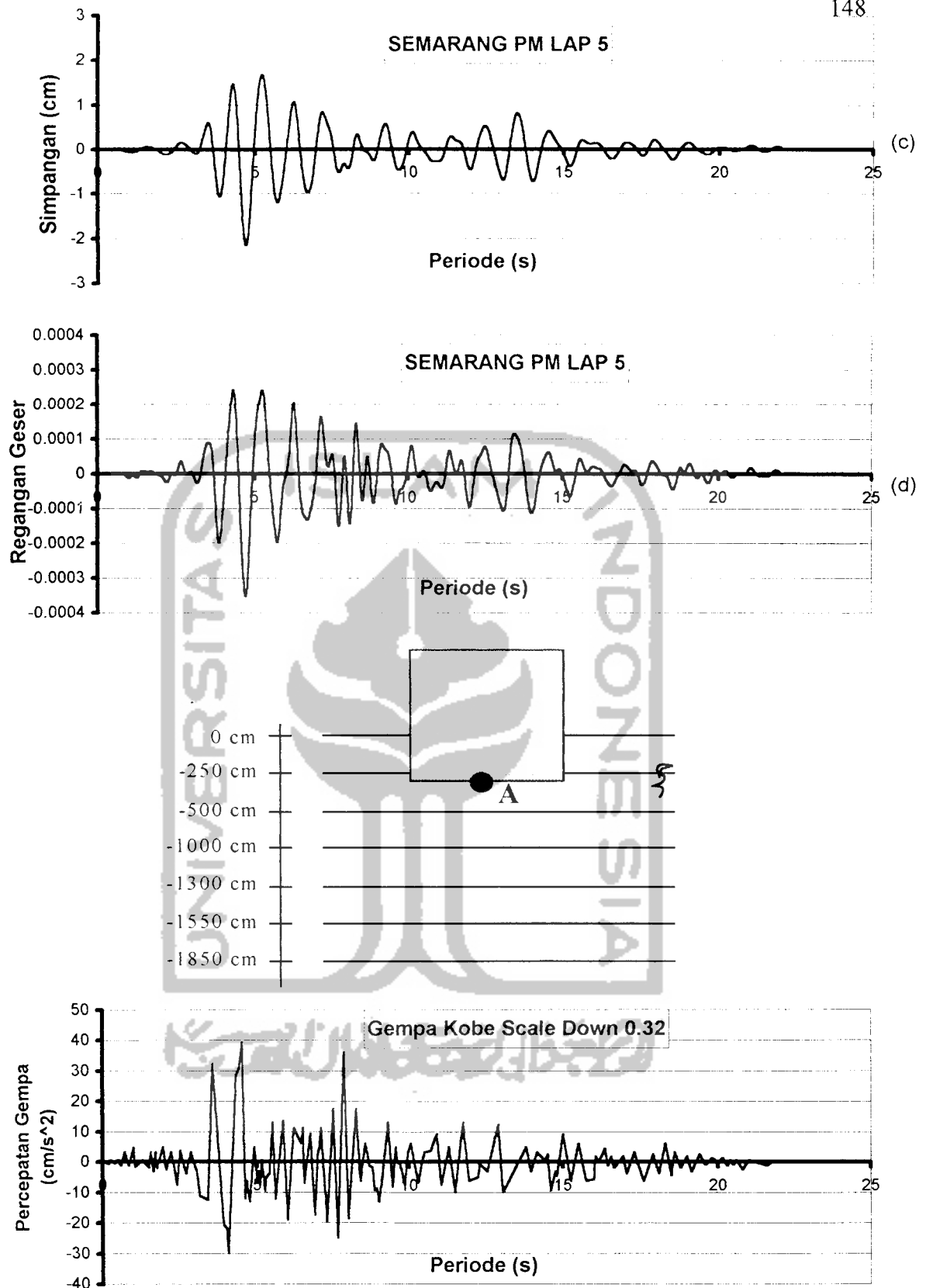




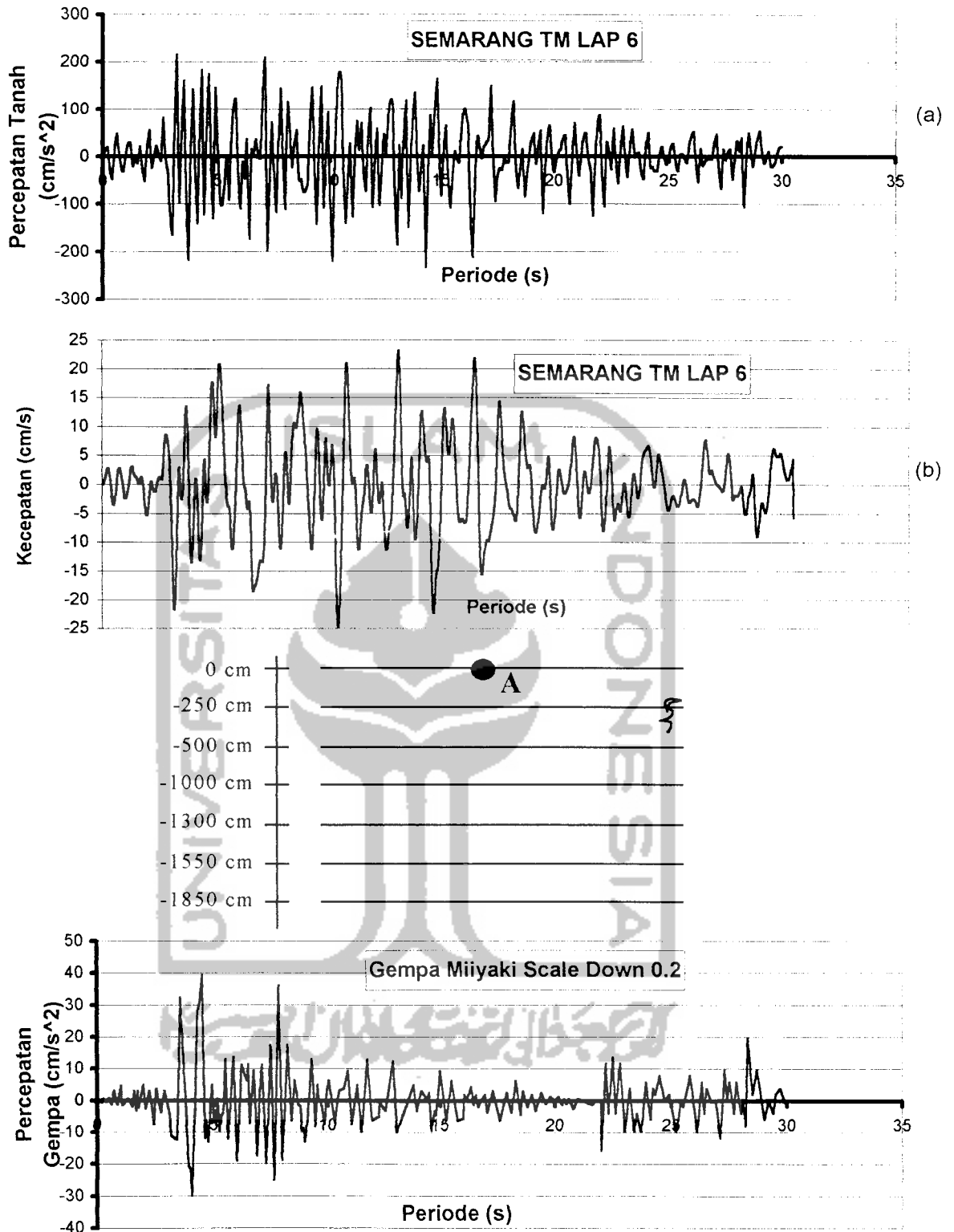
Gambar 5.66 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Kobe yang telah di Normalisasi di daerah Jl. Pemuda Semarang tanpa massa bangunan.



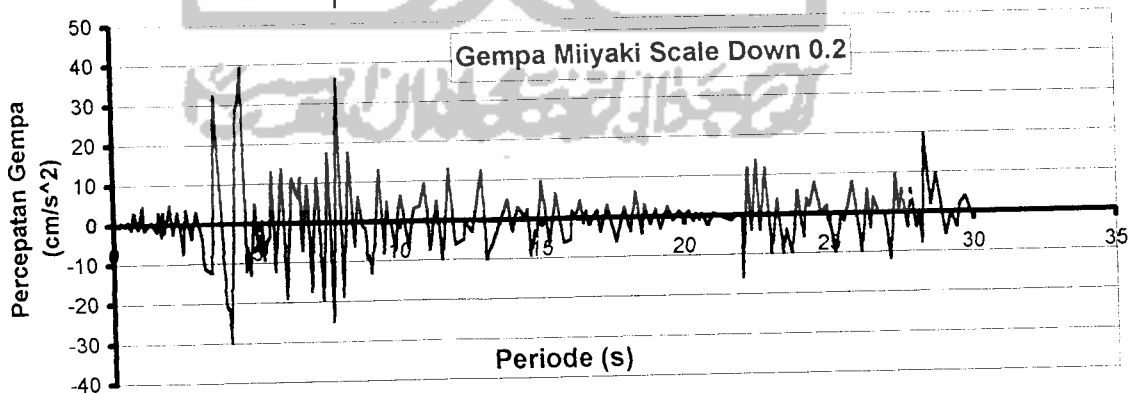
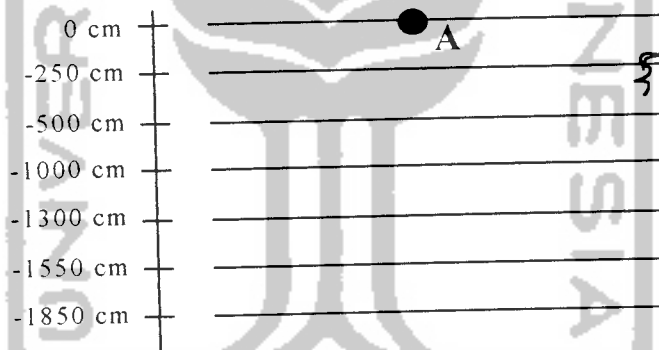
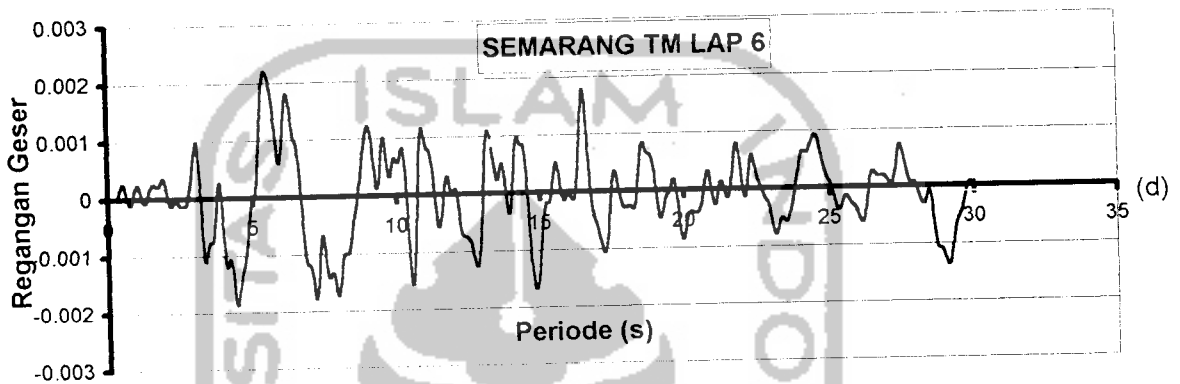
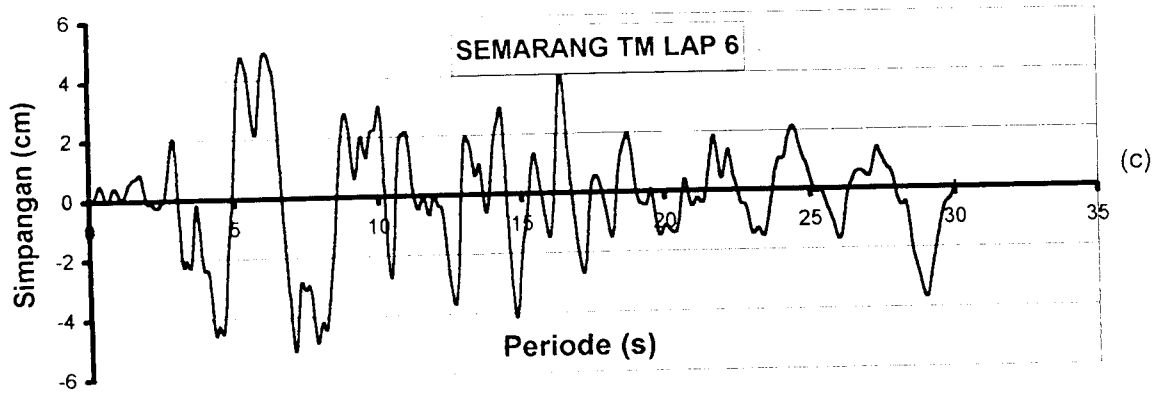
Gambar 5.67 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Kobe yang telah di Normalisasi di daerah Jl. Pemuda Semarang dipengaruhi massa bangunan.



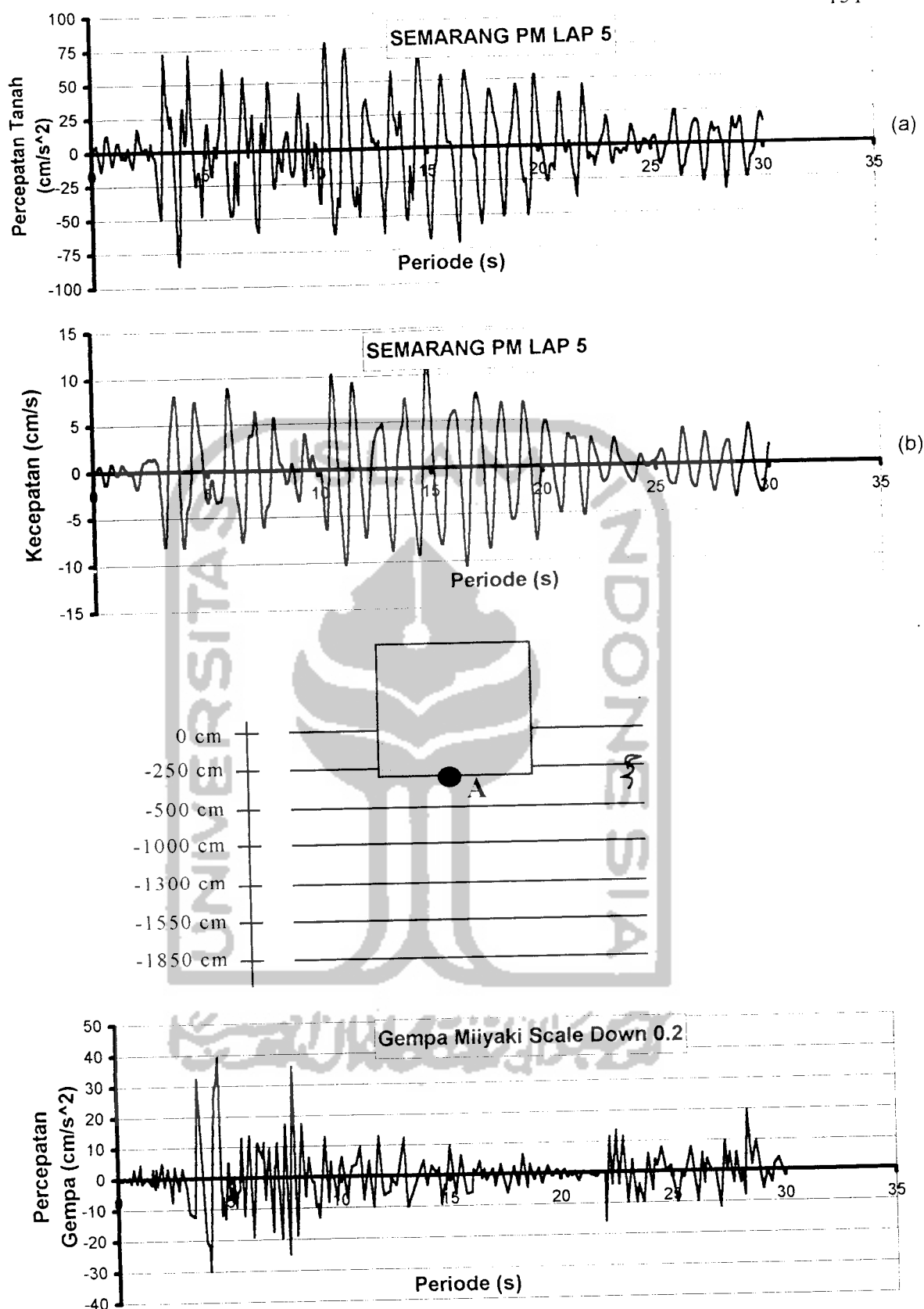
Gambar 5.68 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Kobe yang telah di Normalisasi di daerah Jl. Pemuda Semarang dipengaruhi massa bangunan.



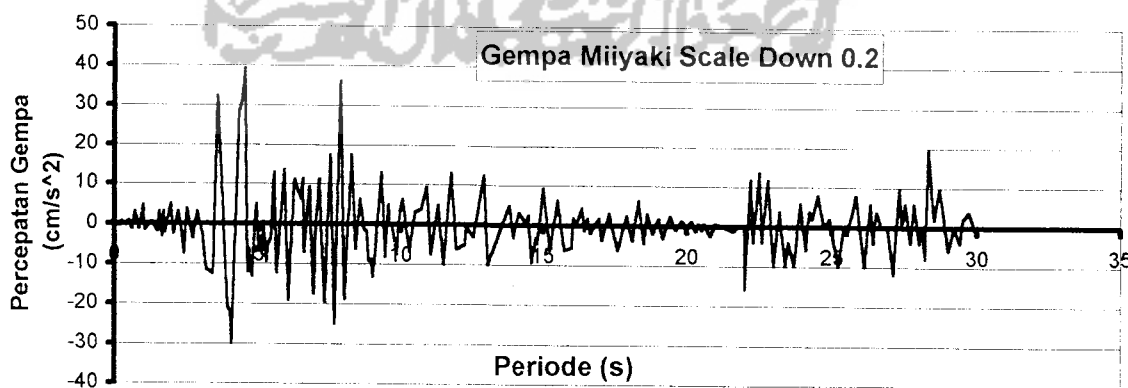
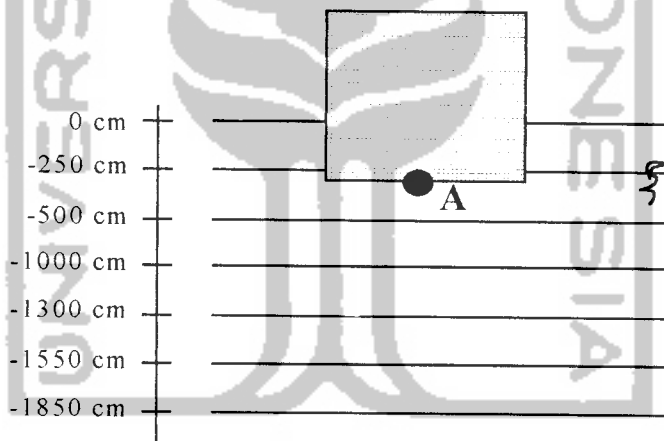
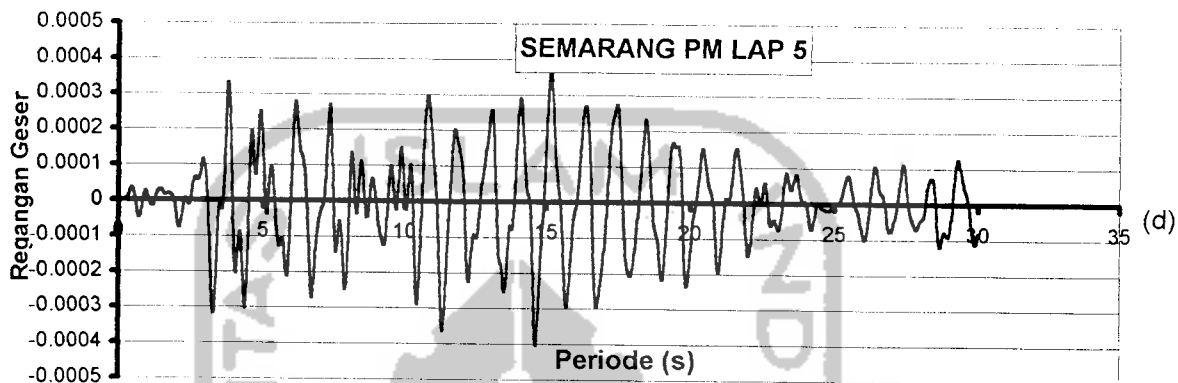
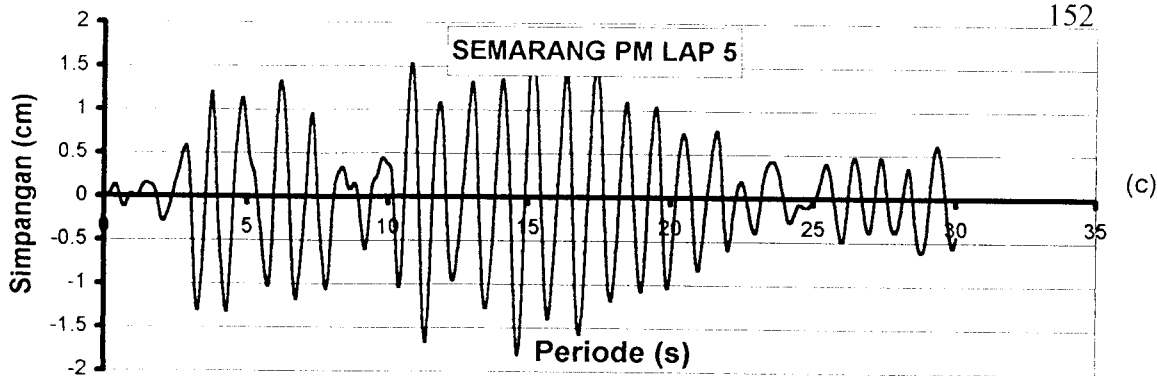
Gambar 5.69 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Miyaki yang telah di Normalisasi di daerah Jl. Pemuda Semarang tanpa massa bangunan.



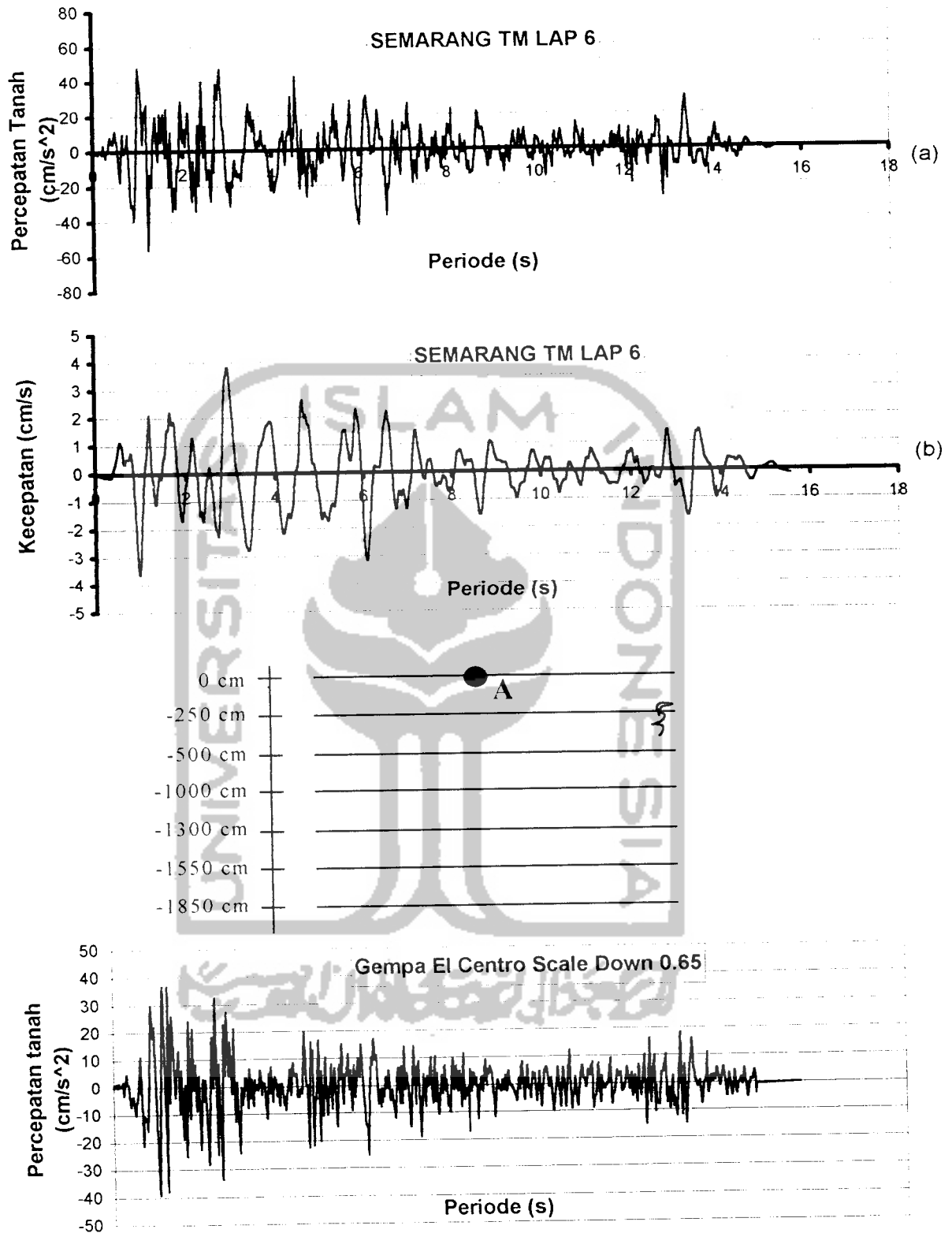
Gambar 5.70 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Miyaki yang telah di Normalisasi di daerah Jl. Pemuda Semarang tanpa massa bangunan.



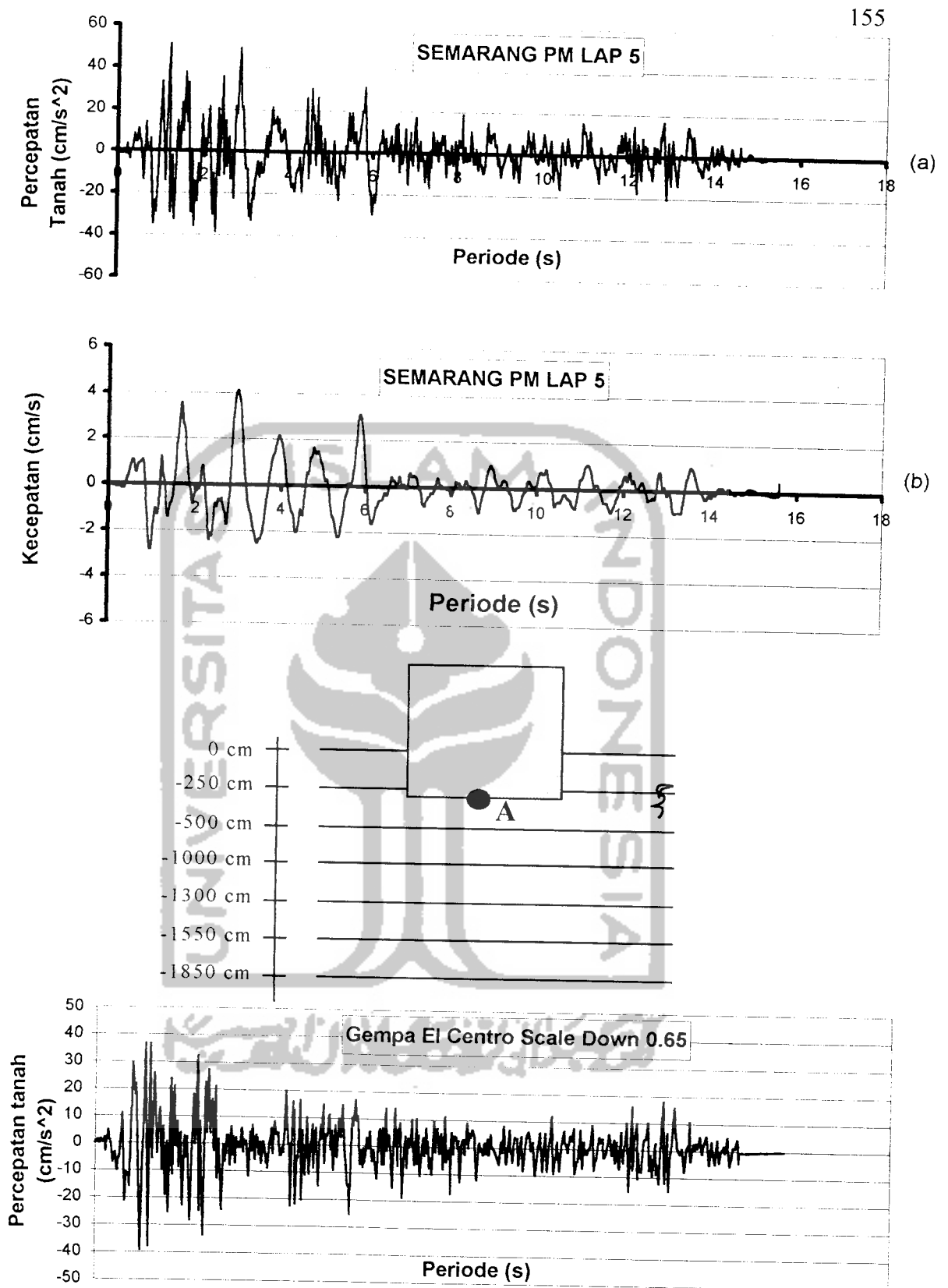
Gambar 5.71 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa Miyaki yang telah di Normalisasi di daerah Jl. Pemuda Semarang dipengaruhi massa bangunan.



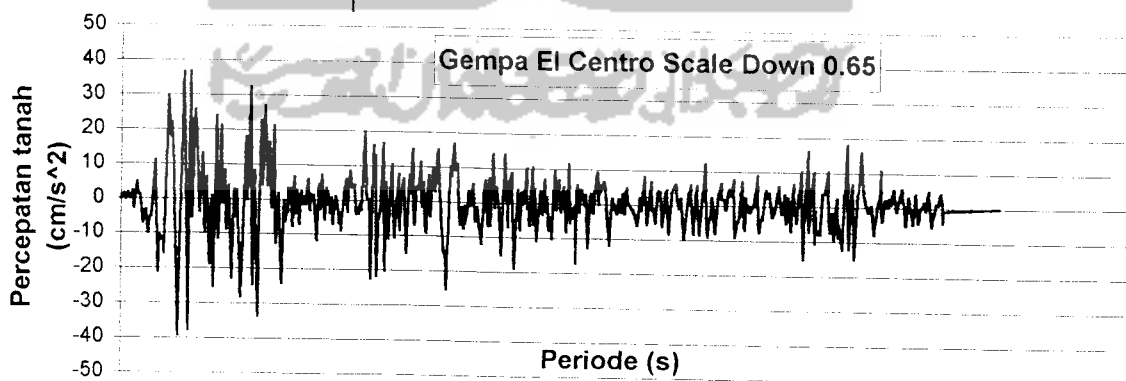
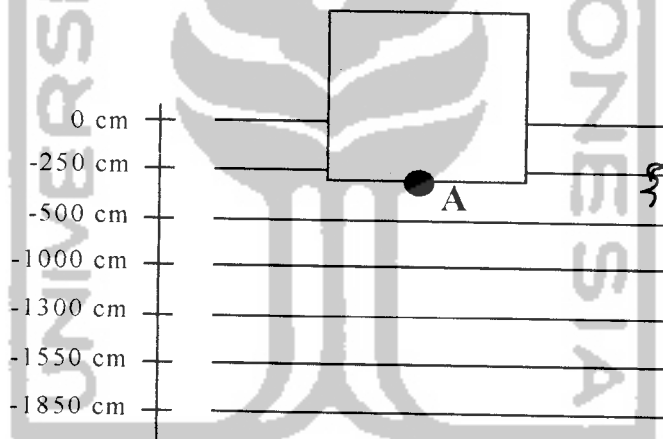
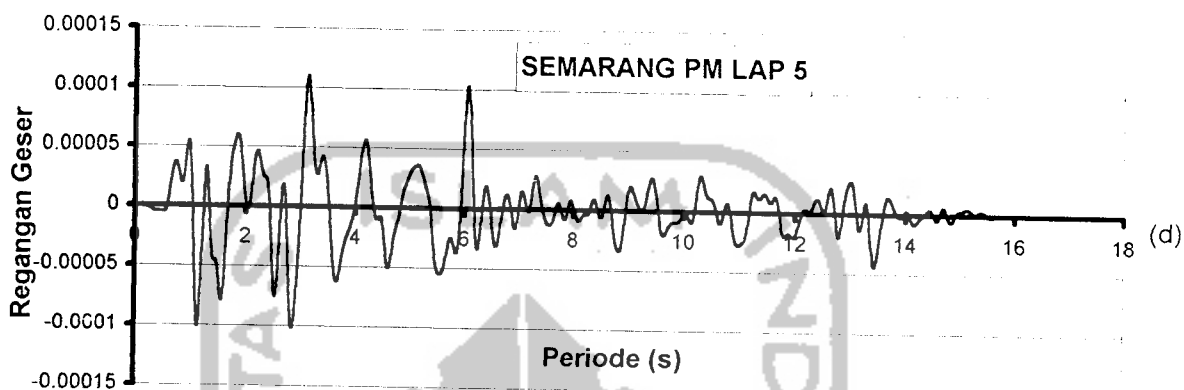
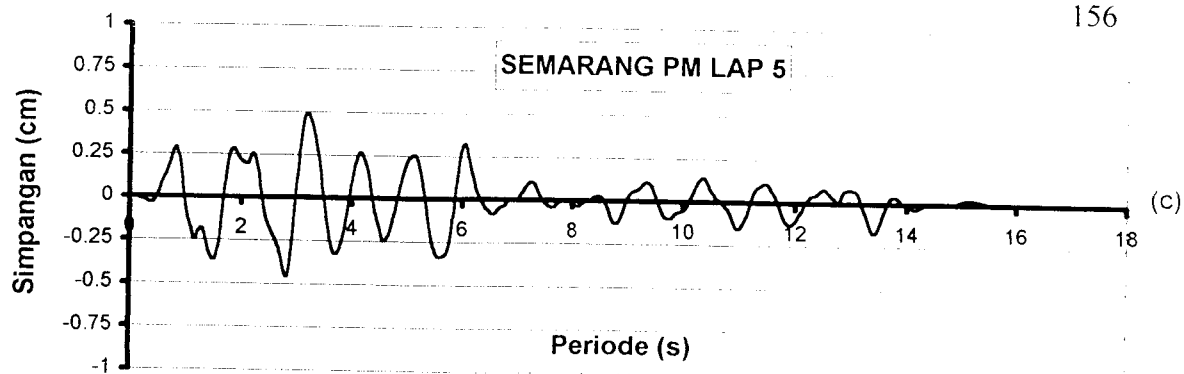
Gambar 5.72 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa Miyaki yang telah di Normalisasi didaerah Jl. Pemuda Semarang dipengaruhi massa bangunan.



Gambar 5.73 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa El Centro yang telah di Normalisasi di daerah Jl. Pemuda Semarang tanpa massa bangunan.



Gambar 5.75 Grafik (a) Percepatan dan (b) Kecepatan akibat Gempa El Centro yang telah di Normalisasi di daerah Jl. Pemuda Semarang dipengaruhi massa bangunan.



Gambar 5.76 Grafik (c) Simpangan dan (d) Regangan Geser akibat Gempa El Centro yang telah di Normalisasi di daerah Jl. Pemuda Semarang dipengaruhi massa bangunan.

Tabel 5.20 Perbandingan kecepatan yang terjadi akibat gempa

Gempa	Percepatan gempa pada Base Rock (normalisasi thd Miiyaki)	Pada kondisi free field	Pada kondisi terdapat massa bangunan diatas Lap. tanah
Koyna	39,2 cm/s ²	3,42 Cm/s	3,1 Cm/s
Kobe	39,2 cm/s ²	15,77 Cm/s	14,03 Cm/s
Miiyaki	39,2 cm/s ²	24,79 Cm/s	11,394 Cm/s
ElCentro	39,2 cm/s ²	4,12 Cm/s	3,8 Cm/s

Tabel 5.21 Perbandingan simpangan tiap-tiap gempa

Gempa	Percepatan gempa pada Base Rock (normalisasi thd Miiyaki)	Pada kondisi free field	Pada kondisi terdapat massa bangunan diatas Lap. tanah
1. Koyna	39,2 cm/s ²	0,398 cm	0,374 cm
2. Kobe	39,2 cm/s ²	6,04 cm	2,15 cm
3. Miiyaki	39,2 cm/s ²	5,2 cm	1,82 cm
4. ElCentro	39,2 cm/s ²	1,06 cm	0,49 cm

Tabel 5.22 Perbandingan regangan geser pada permukaan tanah tiap-tiap gempa

Gempa	Percepatan gempa pada Base Rock	Pada kondisi free field	Pada kondisi terdapat massa bangunan diatas Lap. tanah
Koyna	39,2 cm/s ²	7,1.10 ⁻⁵	2,63.10 ⁻⁵
Kobe	39,2 cm/s ²	3,1.10 ⁻⁴	3,5.10 ⁻⁴
Miiyaki	39,2 cm/s ²	2,198.10 ⁻³	4,0.10 ⁻⁴
ElCentro	39,2 cm/s ²	1,7.10 ⁻⁴	1.10 ⁻⁴

Dari tabel di atas dapat disimpulkan urutan besarnya percepatan tanah yang terjadi akibat gempa pada lokasi Jl.Pemuda,Semarang untuk kondisi free field adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Miyagi
2. Akibat Gempa Kobe
3. Akibat Gempa Koyna
4. Akibat Gempa El Centro

Untuk kondisi terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe
2. Akibat Gempa Miyagi
3. Akibat Gempa El Centro
4. Akibat Gempa Koyna

Dari tabel di atas dapat disimpulkan urutan besarnya kecepatan tanah yang terjadi akibat gempa pada lokasi Jl.Pemuda , Semarang untuk kondisi free field adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Miyagi
2. Akibat Gempa Kobe
3. Akibat Gempa El Centro
4. Akibat Gempa Koyna

Untuk kondisi terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Miiyaki
2. Akibat Gempa Kobe
3. Akibat Gempa El Centro
4. Akibat Gempa Koyna

Dari tabel di atas dapat disimpulkan urutan besarnya simpangan tanah yang terjadi akibat gempa pada lokasi Dalangan Tawang Sari, Sukoharjo untuk kondisi free field adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe
2. Akibat Gempa Miiyaki
3. Akibat Gempa El Centro
4. Akibat Gempa Koyna

Untuk kondisi terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah adalah sebagai berikut :

1. Akibat Gempa Kobe
2. Akibat Gempa Miiyaki
3. Akibat Gempa El Centro
4. Akibat Gempa Koyna

A/V ratio masing -- masing gempa yang terjadi di permukaan tanah untuk kondisi free field :

- | | |
|------------------|-------------|
| 1. Gempa Koyna | : 1,7523 Hz |
| 2. Gempa Kobe | : 0,8040 Hz |
| 3. Gempa Miiyaki | : 0,9602 Hz |

4. Gempa El Centro : 1,3949 Hz

A/V ratio masing – masing gempa yang terjadi di permukaan tanah untuk kondisi terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah :

1. Gempa Koyna : 1,6083 Hz

2. Gempa Kobe : 0,7372 Hz

3. Gempa Miiyaki : 0,7517 Hz

4. Gempa El Centro : 1,3722 Hz

Dapat dilihat dari hasil A/V ratio bahwa bila terdapat massa bangunan di atas lapisan tanah akan terjadi penurunan nilai A/V ratio yang berarti terjadi penurunan kandungan frekuensi gempa. Hal itu berarti bahwa massa bangunan akan menyaring kandungan frekuensi gempa. A/V ratio gempa yang terjadi di permukaan tanah menunjukkan bahwa kandungan frekuensi gempa termasuk frekuensi rendah sampai frekuensi tinggi. Karena A/V ratio < 0.8 merupakan jenis frekuensi rendah, sedangkan A/V ratio yang berkisar antara $0.8 - 1.2$ merupakan jenis frekuensi menengah dan A/V ratio > 1.2 merupakan frekuensi tinggi.

5.14 Perubahan Kandungan Frekuensi Percepatan Tanah , Kecepatan Tanah dan Simpangan Tanah Yang Terjadi Akibat Gempa

Dari gambar 5.61 – 5.76 dapat dilihat terjadinya perubahan kandungan frekuensi gempa. Hal itu disebabkan karena percepatan tanah merupakan turunan ke dua dari simpangan tanah, sedangkan kecepatan merupakan turunan pertama dari simpangan gempa. Dengan kata lain kecepatan tanah dapat diperoleh dari menjumlahkan luasan grafik percepatan tanah, sedangkan simpangan tanah dapat

diperoleh dengan menjumlahkan luasan grafik kecepatan tanah. Oleh karena itu kandungan frekuensi percepatan tanah lebih tinggi dari kandungan frekuensi kecepatan tanah dan kandungan frekuensi simpangan tanah, dan kandungan frekuensi kecepatan tanah lebih tinggi dari kandungan frekuensi simpangan tanah.

5.15 Amplifikasi Respon Seismik Pada Permukaan Lapisan Tanah

Tabel 5.23 Besarnya amplifikasi Tanah daerah Semarang akibat gempa yang di Normalisasi

Gempa	Kondisi	Percepatan	Kecepatan	Simpangan
Koyna	TM	58,73 cm/s ² (+)49,821%	3,42 cm/s	0,398 cm
	PM	48,86 cm/s ² (+)24,643 %	3,1 cm/s	0,374 cm
Kobe	TM	124,26 cm/s ² (+)216,989%	15,77 cm/s	6,04 cm
	PM	101,365 cm/s ² (+)158,584 %	14,03 cm/s	2,15 cm
Miiyaki	TM	233,265 cm/s ² (+)495,064%	24,79 cm/s	5,2 cm
	PM	83,94 cm/s ² (+)114,1326 %	11,394 cm/s	1,82 cm
El Centro	TM	56,32 cm/s ² (+)43,673%	4,12 cm/s	1,06 cm
	PM	51,1 cm/s ² (+)30,357%	3,8 cm/s	0,49 cm

Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh gempa – gempa tersebut terhadap respon seismik tanah yang berlokasi di Jl. Pemuda Semarang, maka gempa – gempa tersebut dinormalisasikan terhadap gempa Miiyaki, artinya percepatan tanah maksimum disamakan dengan gempa Miiyaki. Dari proses normalisasi tersebut dapat diketahui bahwa keempat gempa tersebut di samping mempunyai percepatan tanah maksimum yang berbeda juga mempunyai kandungan frekuensi yang berbeda pula.

Gempa Koyna mempunyai kandungan frekuensi yang tinggi, sementara gempa Miiyaki mempunyai kandungan frekuensi yang paling rendah diantara keempat gempa yang ditinjau, seperti terlihat pada gambar 5.77 – 5.79

Perbedaan kandungan frekuensi tersebut menyebabkan hasil respon seismik tanah yang berbeda pula. Dilihat dari hasil yang tercantum pada tabel 5.19 – 5.22 dapat kita simpulkan bahwa gempa Miiyaki yang mempunyai kandungan frekuensi yang paling rendah menyebabkan respon seismik tanah yang paling tinggi. Sedangkan gempa Koyna yang mempunyai kandungan frekuensi paling tinggi menyebabkan respon seismik tanah yang paling kecil. Hal ini disebabkan oleh kedekatan antara periode getar struktur tanah dengan periode getar gempa. Dalam hal ini periode getar gempa Miiyaki lebih dekat ke periode getar struktur tanah daripada periode getar gempa Koyna.

Tabel 5.24 Besarnya perubahan respon seismik

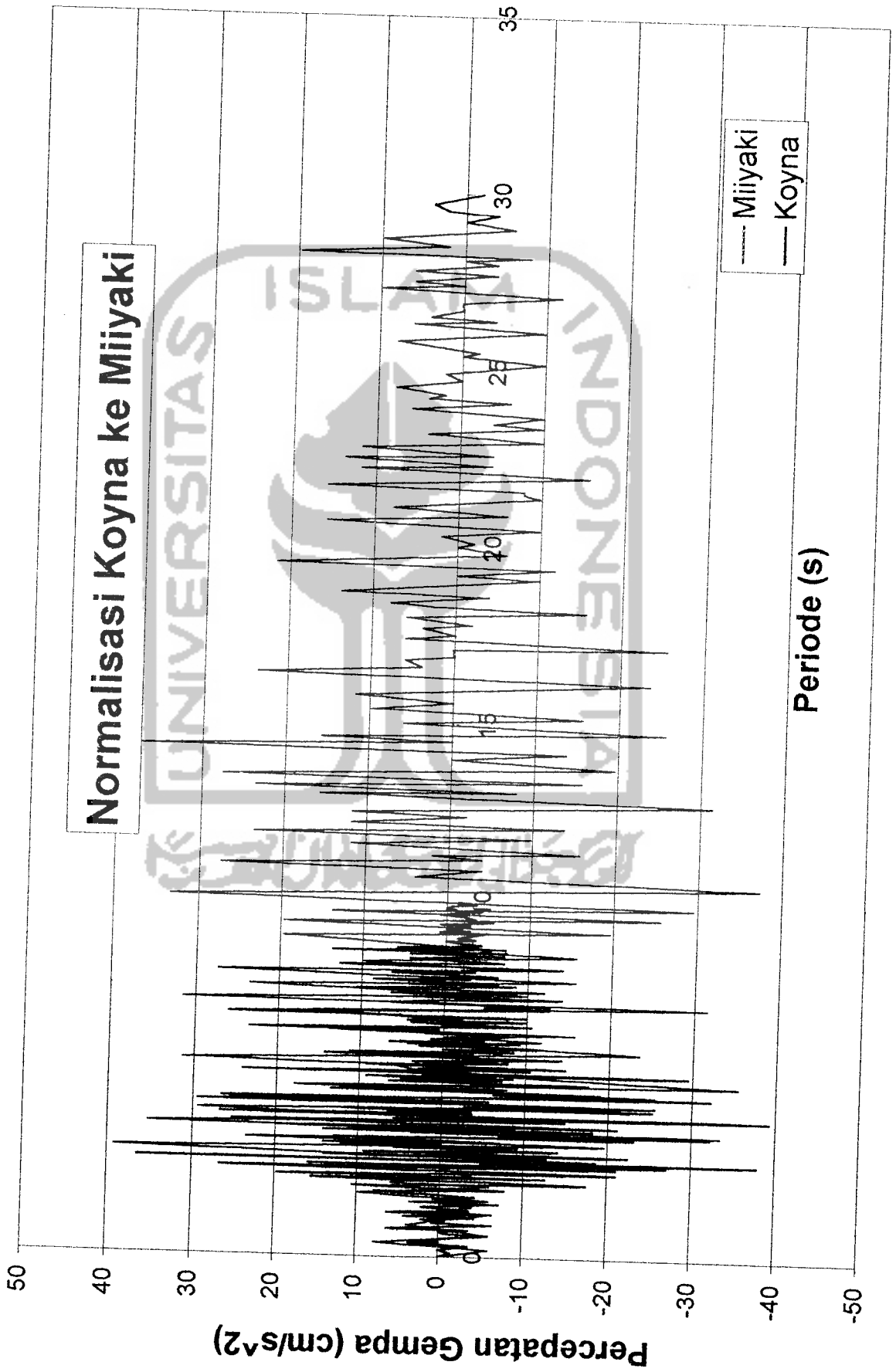
Gempa	Kondisi	Percepatan	Kecepatan	Simpangan
Koyna	TM	58,73 cm s ⁻²	3,42 cm/s	0,398 cm
	PM	48,86 cm s ⁻² (-)16,806 %	3,1 cm/s (-)9,357 %	0,374 cm (-)6,03 %
Kobe	TM	124,26 cm s ⁻²	15,77 cm/s	6,04 cm
	PM	101,365 cm s ⁻² (-)18,425 %	14,03 cm/s (-)11,034 %	2,15 cm (-)64,404 %
Miiyaki	TM	233,265 cm s ⁻²	24,79 cm/s	5,2 cm
	PM	83,94 cm s ⁻² (-)64,015 %	11,394 cm/s (-)54,038 %	1,82 cm (-)65,0 %
El Centro	TM	56,32 cm s ⁻²	4,12 cm/s	1,06 cm
	PM	51,1 cm s ⁻² (-)9,268 %	3,8 cm/s (-)7,767 %	0,49 cm (-)53,773 %

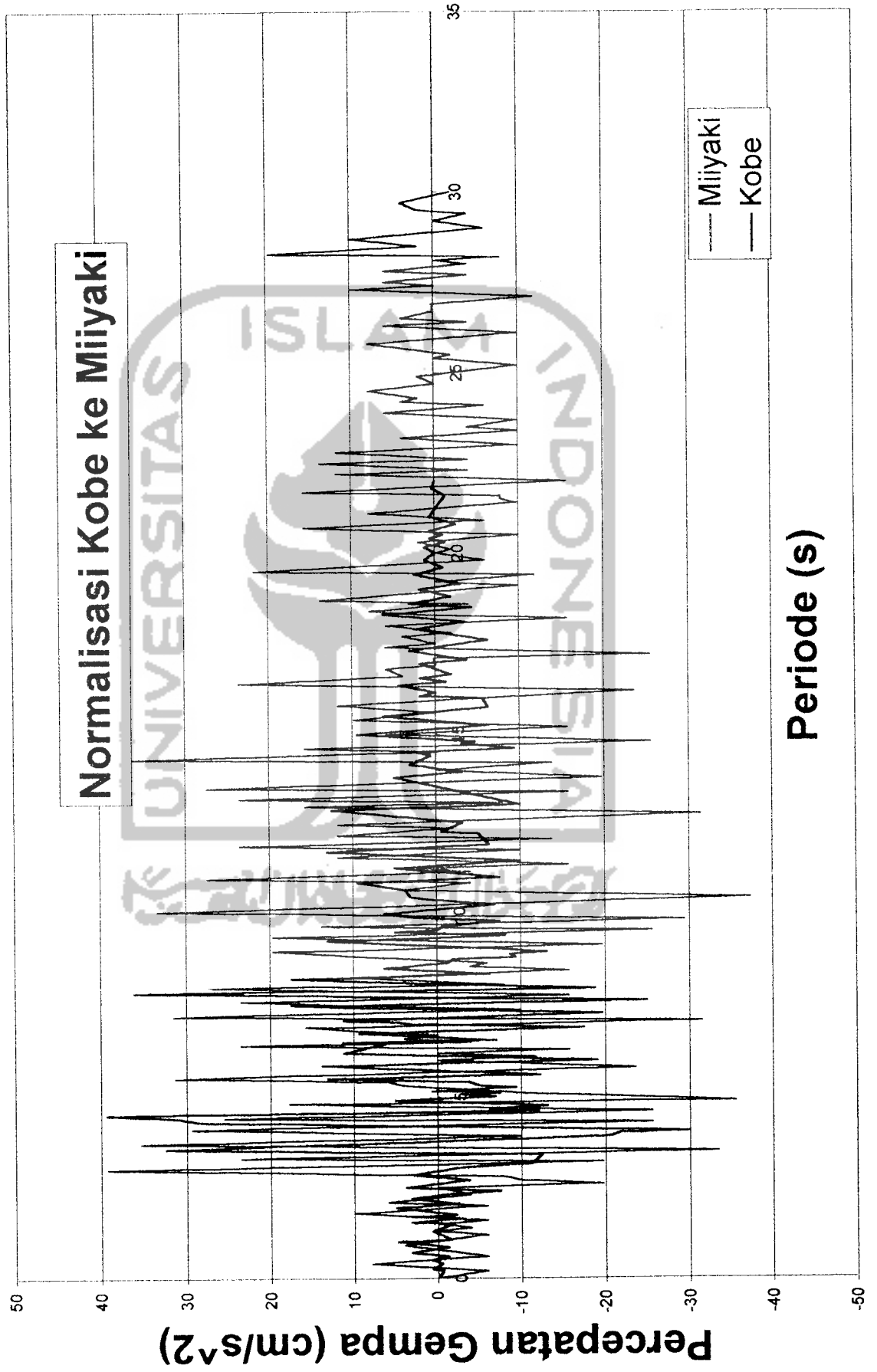
Dapat dilihat dari Tabel 5.20 bahwa Gempa Miiyaki mengalami deamplifikasi yang paling besar dibandingkan keempat gempa yang lain. Dapat dijelaskan bahwa kandungan frekuensi gempa ternyata juga berpengaruh pada deamplifikasi respon seismik tanah pada kondisi terdapat massa bangunan diatas lapisan tanah, selain faktor-faktor seperti penambahan nilai $\Delta \sigma_v$ yang disebabkan adanya berat bangunan diatas tanah yang akan berpengaruh pada penambahan nilai modulus geser tanah (G) yang kemudian meningkatkan kekakuan tanah, seperti yang terlihat pada gambar 5.80 - gambar 5.83.

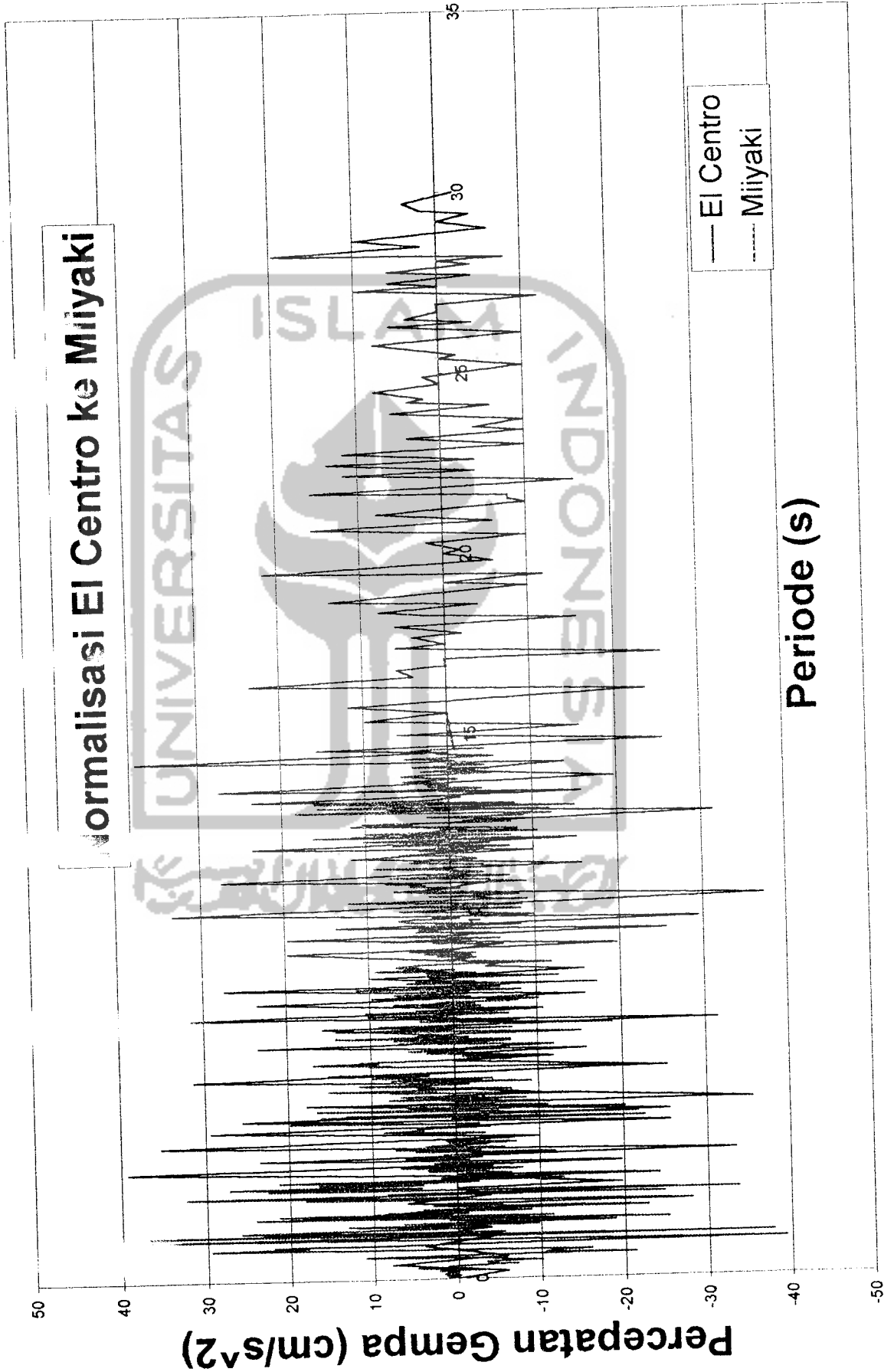
5.16 Respon Seismik Maksimum Yang Terjadi Pada Tiap Lapisan Tanah.

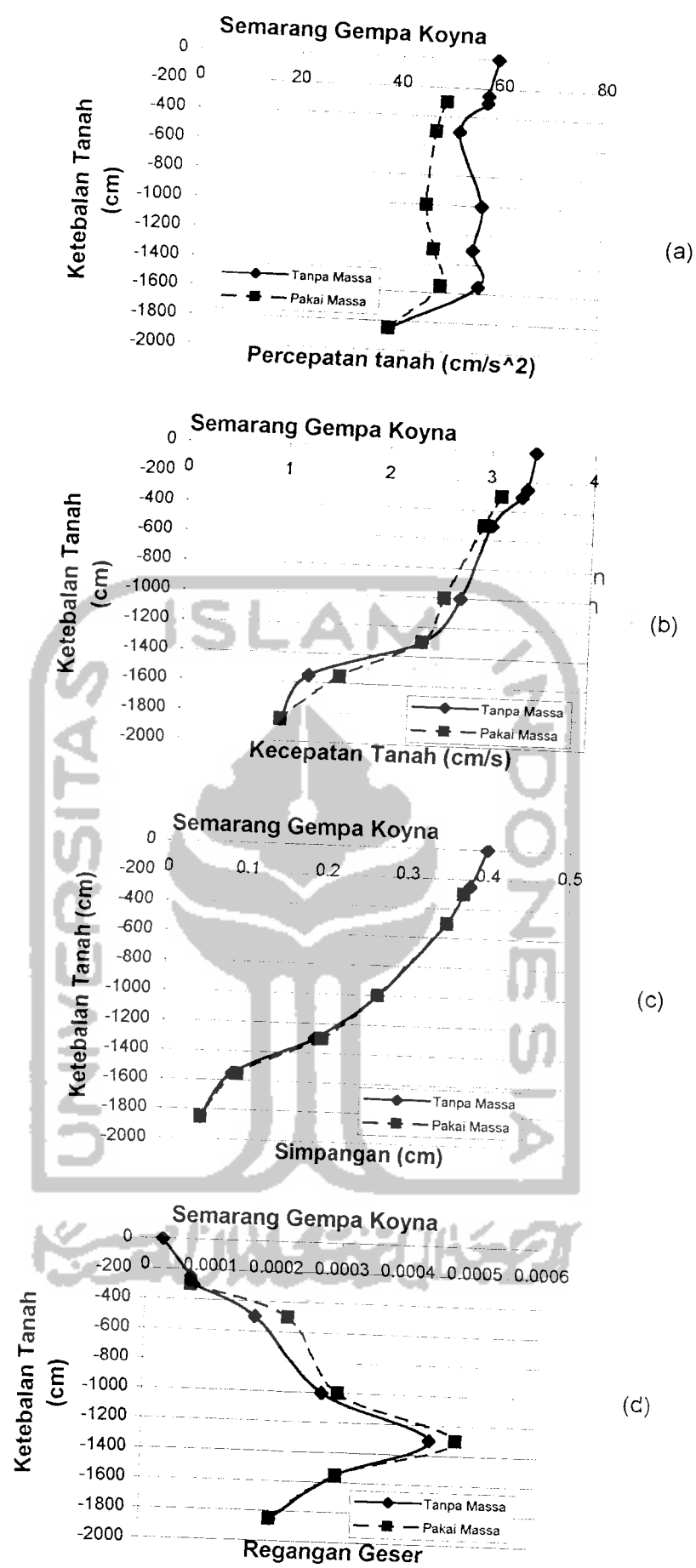
Untuk mengetahui respon seismik maksimum yang terjadi pada tiap lapisan tanah dapat dilihat pada gambar 5.80 – 5.83. Kemudian dari gambar 5.80 d – 5.83 d dan dari tabel 5.22 menunjukkan hasil yang sudah mendekati asumsi regangan geser pada perhitungan awal meskipun secara keseluruhan regangan geser yang terjadi pada seluruh lapisan tanah mengalami perbedaan dari penelitian Tokida. Pada penelitian ini regangan geser di lapisan tanah di dasar lebih besar dari regangan geser yang terjadi di permukaan.



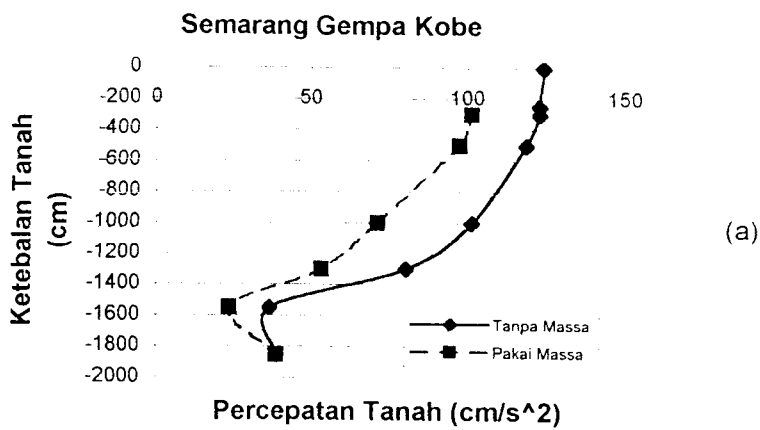




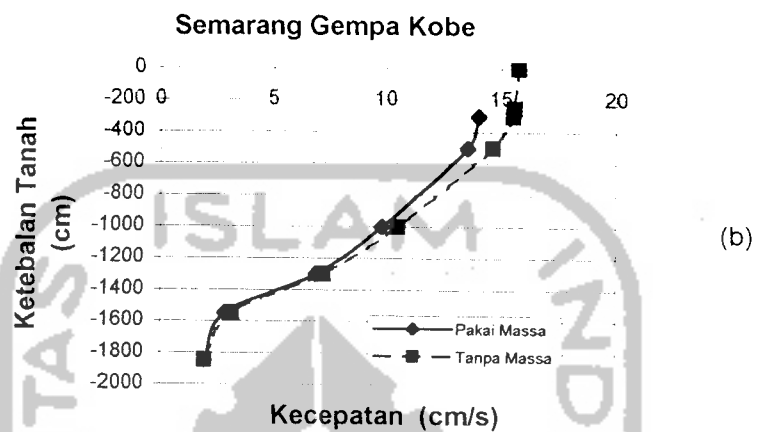




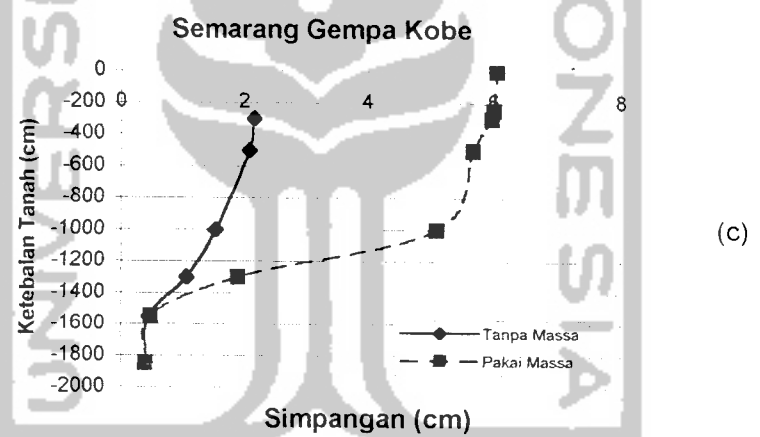
Gambar 5.80 Grafik Respon Seismik Tanah terhadap Ketebalan tanah akibat Gempa koyna yang di Normalisasi daerah Semarang



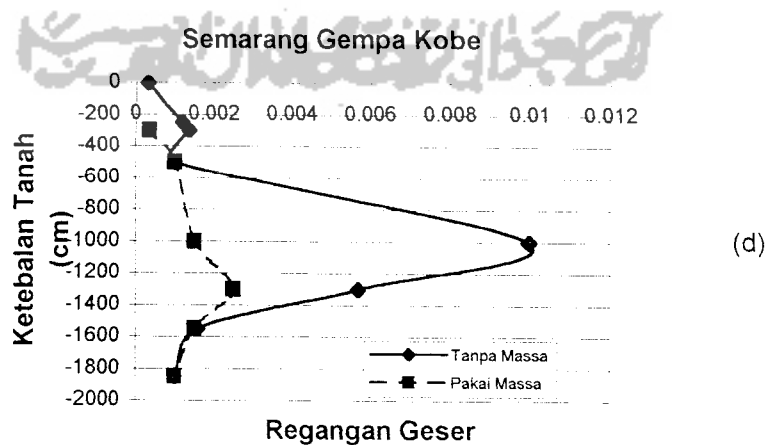
(a)



(b)

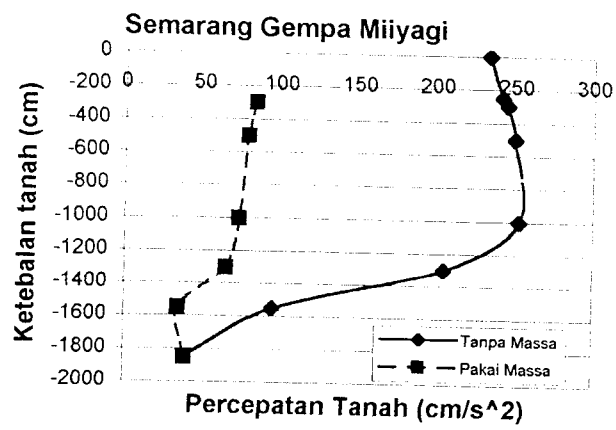


(c)

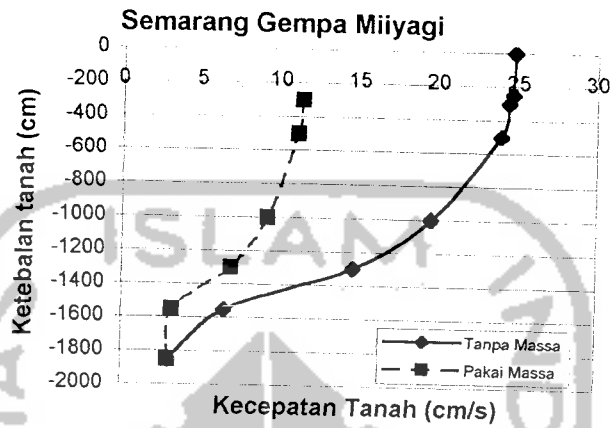


(d)

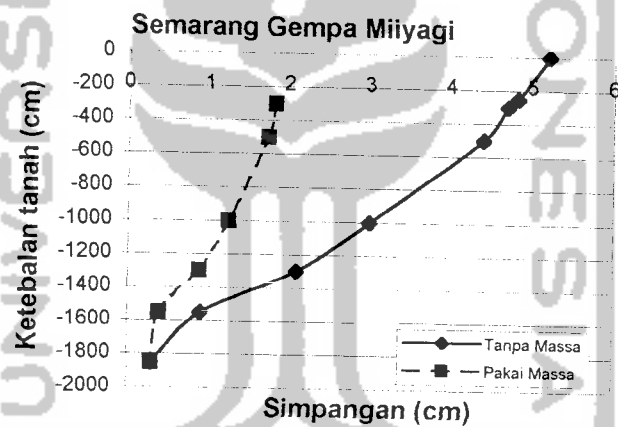
Gambar 5.81 Grafik Respon Seismik Tanah terhadap Ketebalan tanah akibat Gempa Kobe yang di Normalisasi daerah Semarang



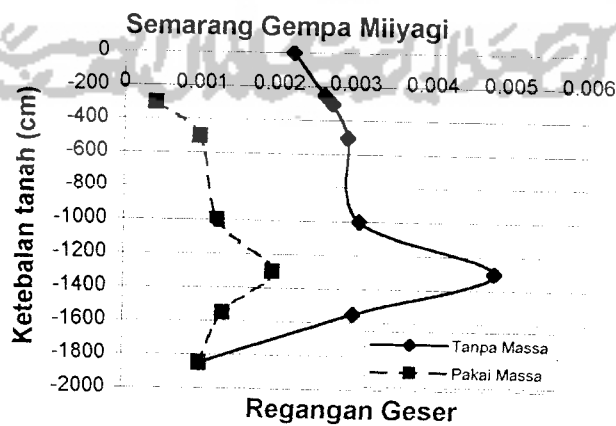
(a)



(b)

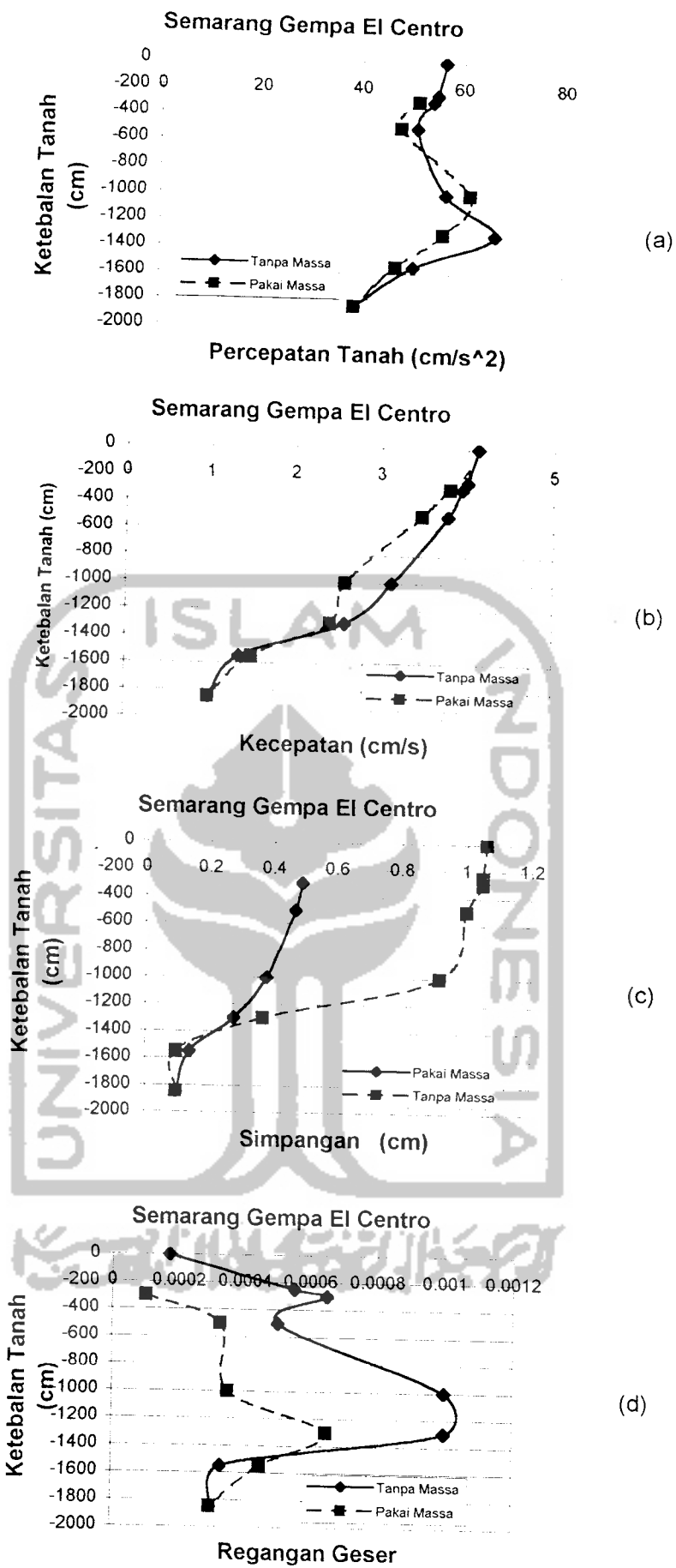


(c)



(d)

Gambar 5.82 Grafik Respon Seismik Tanah terhadap Ketebalan tanah akibat Gempa Miiyagi yang di Normalisasi daerah Semarang



Gambar 5.83 Grafik Respon Seismik Tanah terhadap Ketebalan tanah akibat Gempa El Centro yang di Normalisasi daerah Semarang