

1. Bapak DR. Ir. H. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
2. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dosen Pembimbing dalam penelitian ini.
3. Bapak Ir. H. Suharyatmo, MT, selaku Dosen Penguji.
4. Bapak Ir. H. A Kadir Aboe, MS, selaku Dosen Penguji.
5. Bapak Ir. H. Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
6. Kedua orang tua kami dan saudara – saudara kami yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan, baik moral maupun material dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Teman - teman *Civil Dept* seperjuanganku yang tidak bisa kami sebut satu persatu, terima kasih atas segala dukungan, informasi, dan segala perhatiannya.
8. Seluruh pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga seluruh amal dan kebaikan yang diberikan dapat diterima dan mendapatkan ridho dari Allah SWT, *amiin*.

Penyusun menyadari bahwa penulisan penelitian ini masih jauh dari sempurna, mengingat keterbatasan ilmu, kemampuan dan pengalaman kami dalam penelitian dan penulisan. Oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat kami harapkan guna perbaikan dan pengembangan selanjutnya.

Akhir kata, penyusun berharap semoga penelitian ini bermanfaat dan memberikan tambahan ilmu bagi kita semua. Semoga Allah SWT meridhoi kita semua, *amiin*.

Wassalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Jogjakarta, Mei 2006

Penyusun,

pondasi dimodel sebagai pegas dan *dashpot* (model redaman). Yang menjadi masalah adalah bahwa pemakaian *bracing* akan membuat struktur lebih kaku, sedangkan pada struktur yang kaku, penyaluran gaya horizontal akibat gempa oleh struktur ke pondasi menjadi lebih sempurna. Akibatnya potensi pondasi untuk berotasi menjadi lebih besar. Analisis dan perhitungan struktur, diambil dari struktur yang sudah ada (*open frame* dengan penambahan pengaku tipe X dan tipe V), analisis massa struktur menggunakan system massa dianggap menggumpal pada satu titik (*lumped mass*), kekakuan kolom struktur berdasarkan prinsip *Shear Building*, nilai redaman horizontal tanah (c_h) dan redaman putar tanah (c_r) ditetapkan sebesar $c_h=7264400 \text{ kg}\cdot\text{dt}/\text{m}$, $c_r=17878000 \text{ kg}\cdot\text{dt}/\text{rad}$, dan kekakuan horizontal tanah (k_h)= $2,0420\text{E}+25 \text{ kg}/\text{m}$ dan $2,0420\text{E}+08 \text{ kg}/\text{m}$: kekakuan putar tanah (k_r)= $1,1932\text{E}+25 \text{ kg}/\text{rad}$ dan $1,19325\text{E}+09 \text{ kg}/\text{rad}$, sedangkan kekakuan vertical tanah diabaikan. Besarnya redaman menggunakan analisis redaman proporsional terhadap massa dan kekakuan (*mass and stiffness proportional damping*), percepatan tanah diambil dari data gempa Bucharest, El centro, Koyna pada kondisi *Code Level Limit State* dengan percepatan maksimum $70,4 \text{ cm}/\text{det}^2$. Analisa dan perhitungan struktur menggunakan model bangunan dua dimensi dengan meninjau momen inersia berdasarkan sumbu terkuat, perhitungan struktur menggunakan integrasi secara langsung menurut β -*Newmark* dengan formulasi untuk analisis linear elastic, dan menggunakan program *Microsoft Visual Basic 6.0*

3.6 Getaran Bebas pada Struktur Derajat Kebebasan Banyak

Secara umum gerakan massa suatu struktur dapat disebabkan oleh adanya gangguan beban dari luar, seperti angin, putaran mesin ataupun gempa. Peristiwa gerakan massa akibat adanya simpangan awal y_0 (dapat juga kecepatan awal) seperti itu biasa disebut dengan getaran bebas (*free vibration system*).

Membahas getaran bebas pada struktur derajat kebebasan banyak akan diperoleh beberapa karakter struktur yang penting dan sangat bermanfaat. Karakter-karakter itu adalah frekuensi sudut (ω), periode getar (T), frekuensi (f) dan *normal modes*. Pembahasan getaran bebas ini masih diikuti dengan penyederhanaan permasalahan yaitu menganggap struktur tidak mempunyai redaman (*undamped system*). Dengan anggapan tersebut penyelesaian masalah menjadi lebih sederhana.

3.7 Nilai Karakteristik (*Eigen problem*)

Getaran bebas (*free vibration system*) pada kenyataannya jarang terjadi pada struktur MDOF, tetapi membahas jenis getaran ini akan diperoleh suatu besaran/karakteristik dari struktur yang bersangkutan yang selanjutnya akan sangat berguna untuk pembahasan-pembahasan respon struktur berikutnya. Besaran-besaran tersebut terutama adalah frekuensi sudut ω , periode getar T , frekuensi alam f dan normal modes.

Pada getaran bebas di struktur yang mempunyai derajat kebebasan banyak (MDOF), maka matriks persamaan diferensial gerakannya adalah sebagai berikut :

$$[M]\{\ddot{y}\} + [C]\{\dot{y}\} + [K]\{y\} = \{0\} \quad (3.12)$$

Dengan, F = Gaya horisontal tingkat (kg)

W_i = Berat tiap tingkat (kg)

H_i = Tinggi tingkat (cm)

V = Gaya geser (kg)

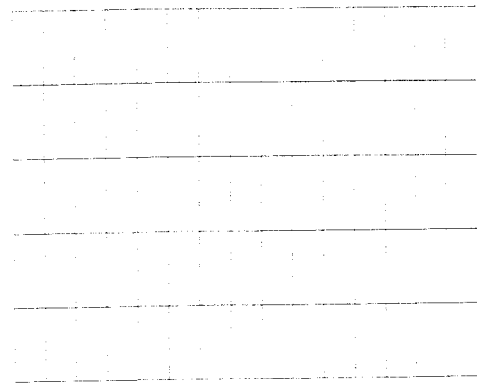
C_i = Koefisien Respon Spektrum

I = Faktor Keutamaan Bangunan

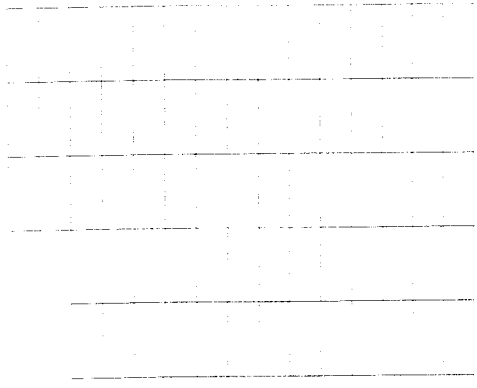
R = Faktor Reduksi

W = Berat total struktur

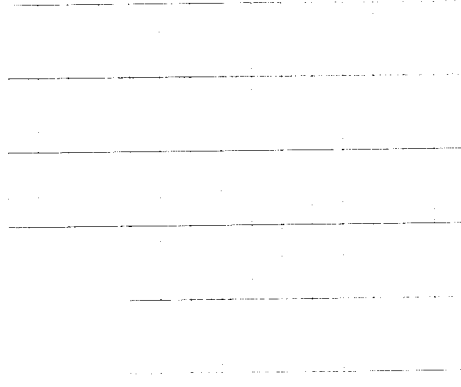
Untuk menguatkan hasil dari perhitungan secara dinamik kami membandingkannya dengan cara statik ekivalen.



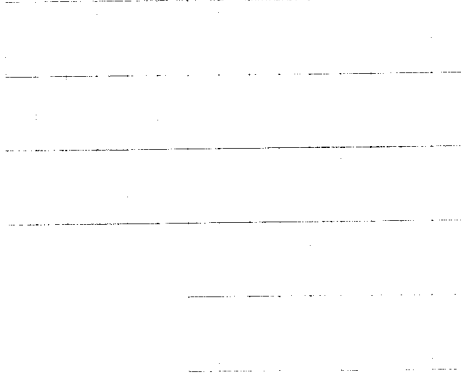
1) Pemodelan Struktur Tipikal Beton Bertulang



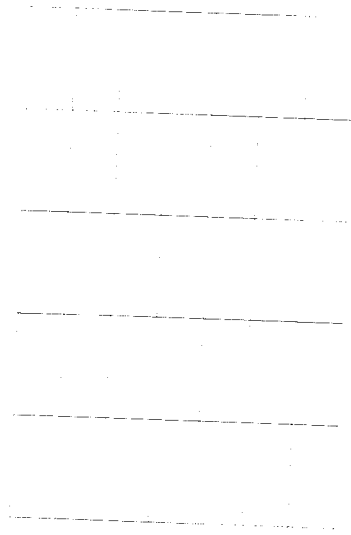
a) Pemodelan Struktur Setback 1 Beton Bertulang



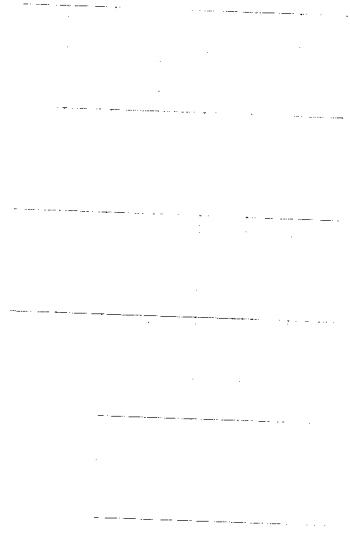
b) Pemodelan Struktur Setback 2 Beton Bertulang



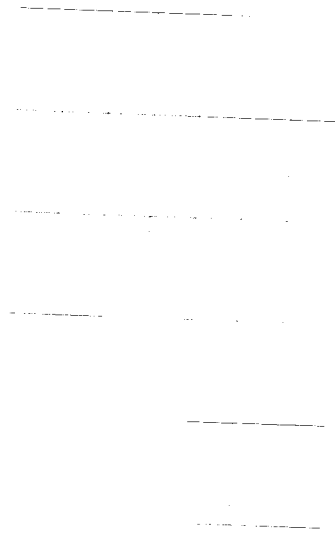
c) Pemodelan Struktur Setback 3 Beton Bertulang



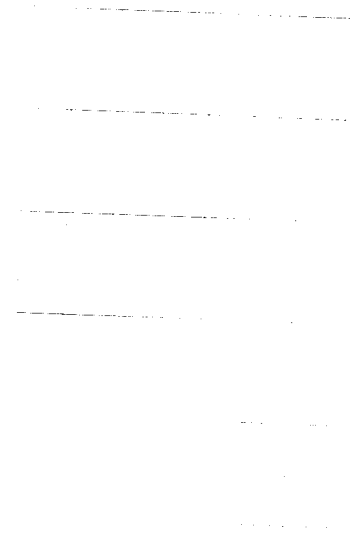
1) Pemodelan Struktur Tipikal Beton Bertulang



a) Pemodelan Struktur Setback 1 Beton Bertulang



b) Pemodelan Struktur Setback 2 Beton Bertulang



c) Pemodelan Struktur Setback 3 Beton Bertulang

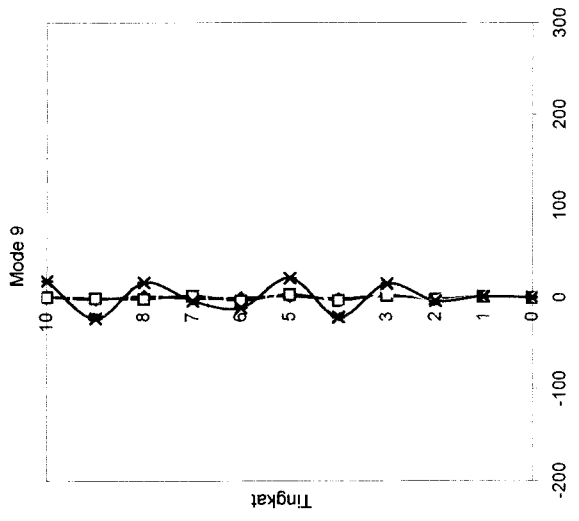
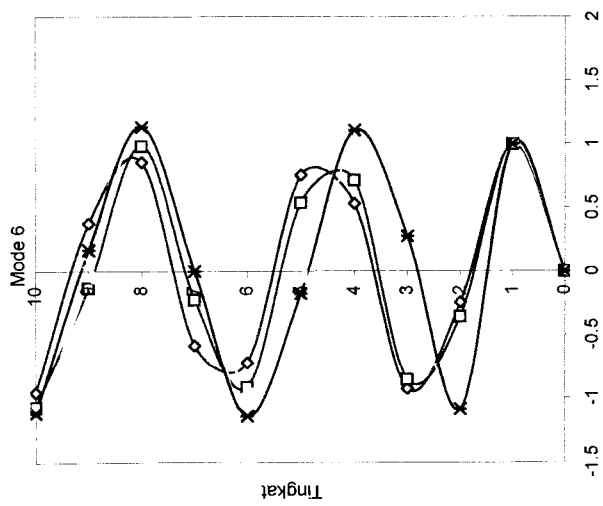
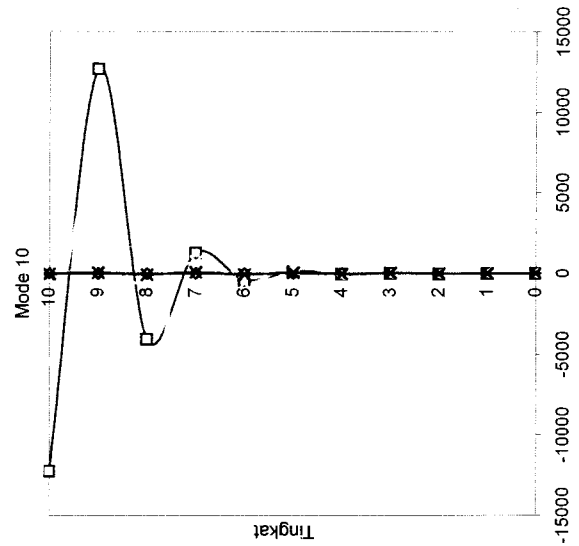
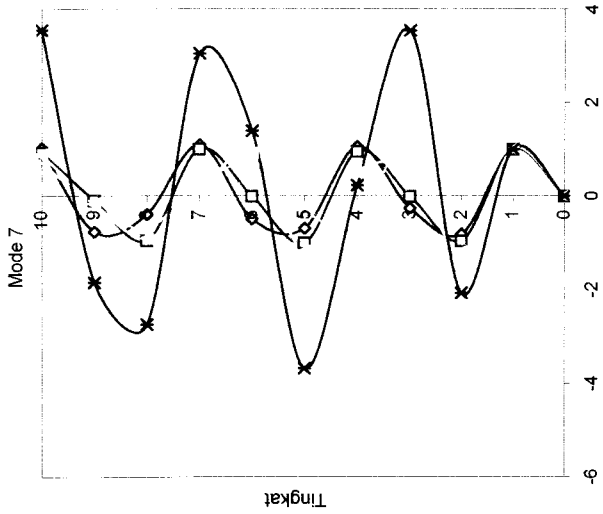
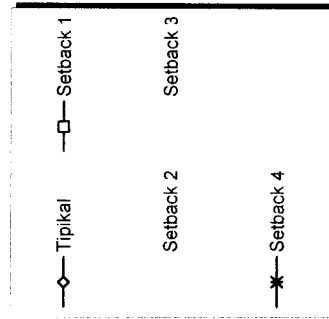
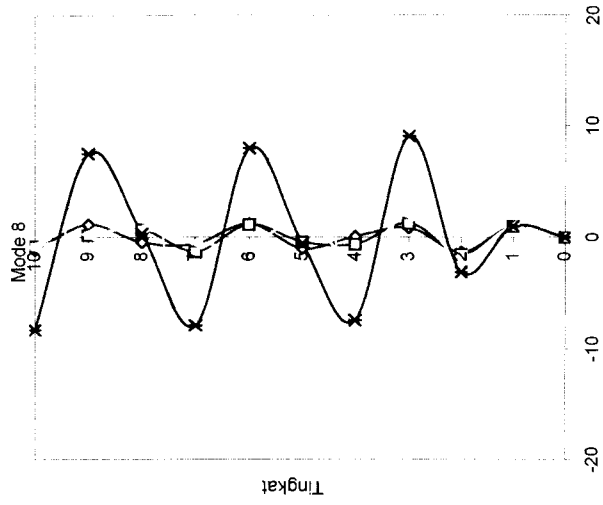
10. Menghitung Z, g sesuai persamaan (3.43) dan (3.49)
11. Menghitung simpangan struktur (v) sesuai persamaan (3.51)
12. Menghitung simpangan antar tingkat (*Interstorey Drift*) sesuai persamaan (3.52)
13. Menghitung gaya horizontal tingkat (F) sesuai persamaan (3.53)
14. Menghitung gaya horizontal tingkat kumulatif / Gaya Geser (V) sesuai persamaan (3.54)
15. Menghitung momen guling (M) sesuai persamaan (3.55)
16. Membandingkan hasil penelitian antara bangunan setback vertikal dengan bangunan tipikal
17. Membandingkan respon secara dinamik dengan statik ekuivalen sesuai persamaan (3.58)

4.3 Perbandingan antara Respon Struktur Setback Vertikal dengan Statik Ekuivalen

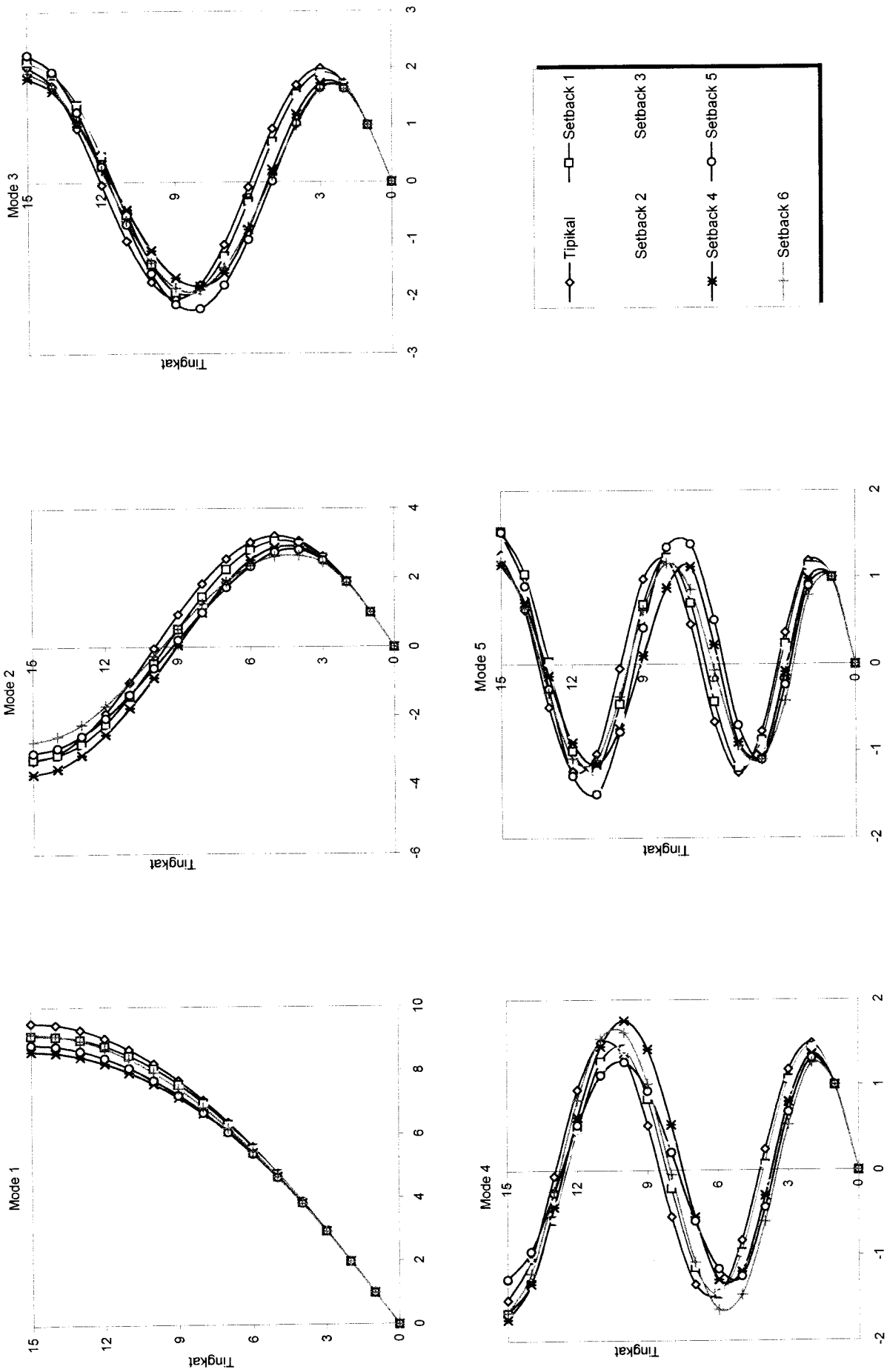
Suatu struktur selain diperhitungkan secara dinamik juga dihitung secara statik. Statik Ekuivalen merupakan analisis yang hanya memperhitungkan mode pertama saja dan diasumsikan bahwa mode tersebut linear. Setelah mendapatkan hasil secara statik maka gaya horisontal tingkat, gaya geser serta momen guling yang dihitung secara dinamik dibandingkan dengan statik ekuivalen.

4.4 Alat yang Dipakai

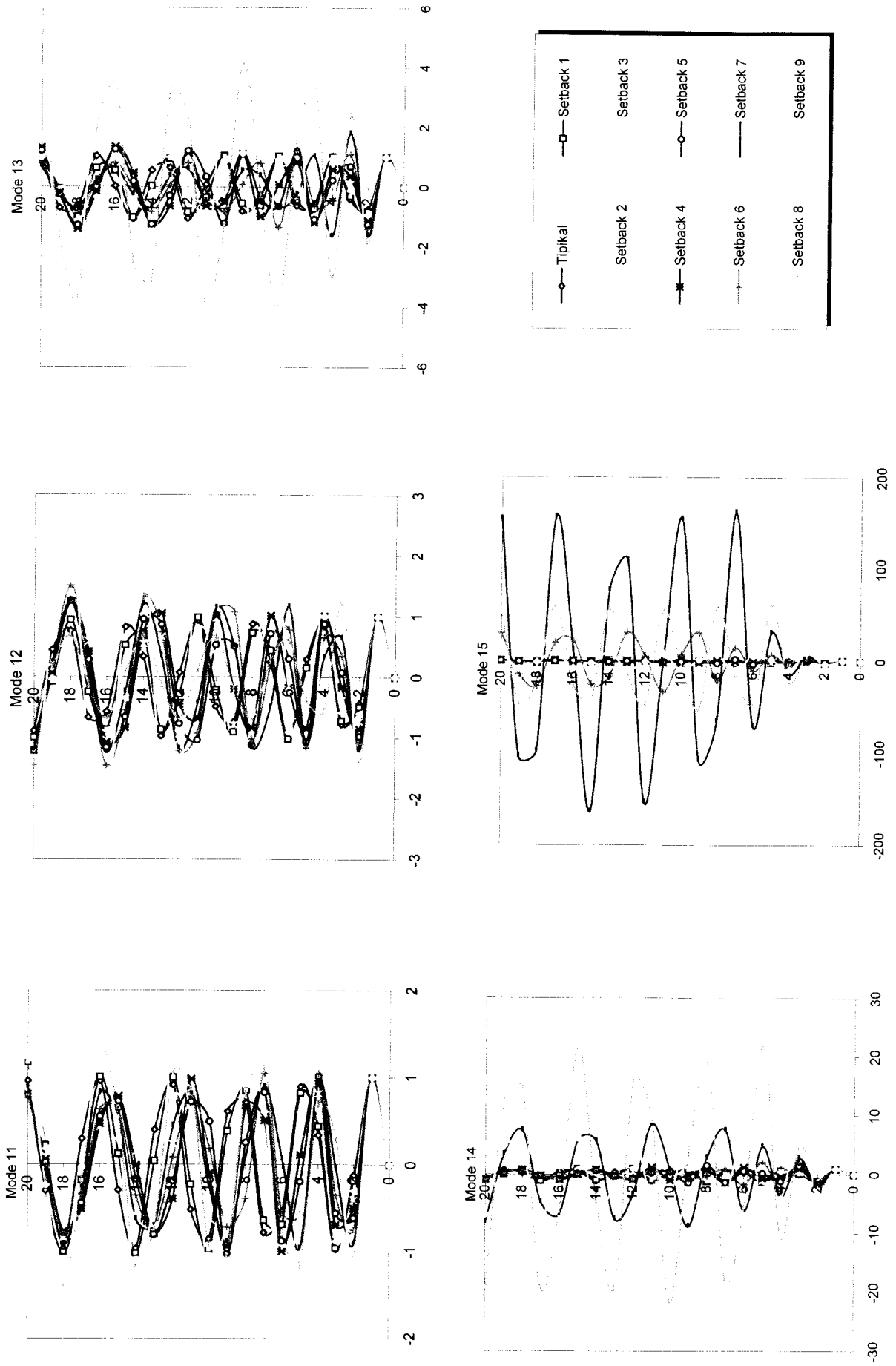
Untuk Mendukung analisis penelitian kami ini maka kami menggunakan program “PROGSIP 2006 RESPON DINAMIK STRUKTUR SETBACK



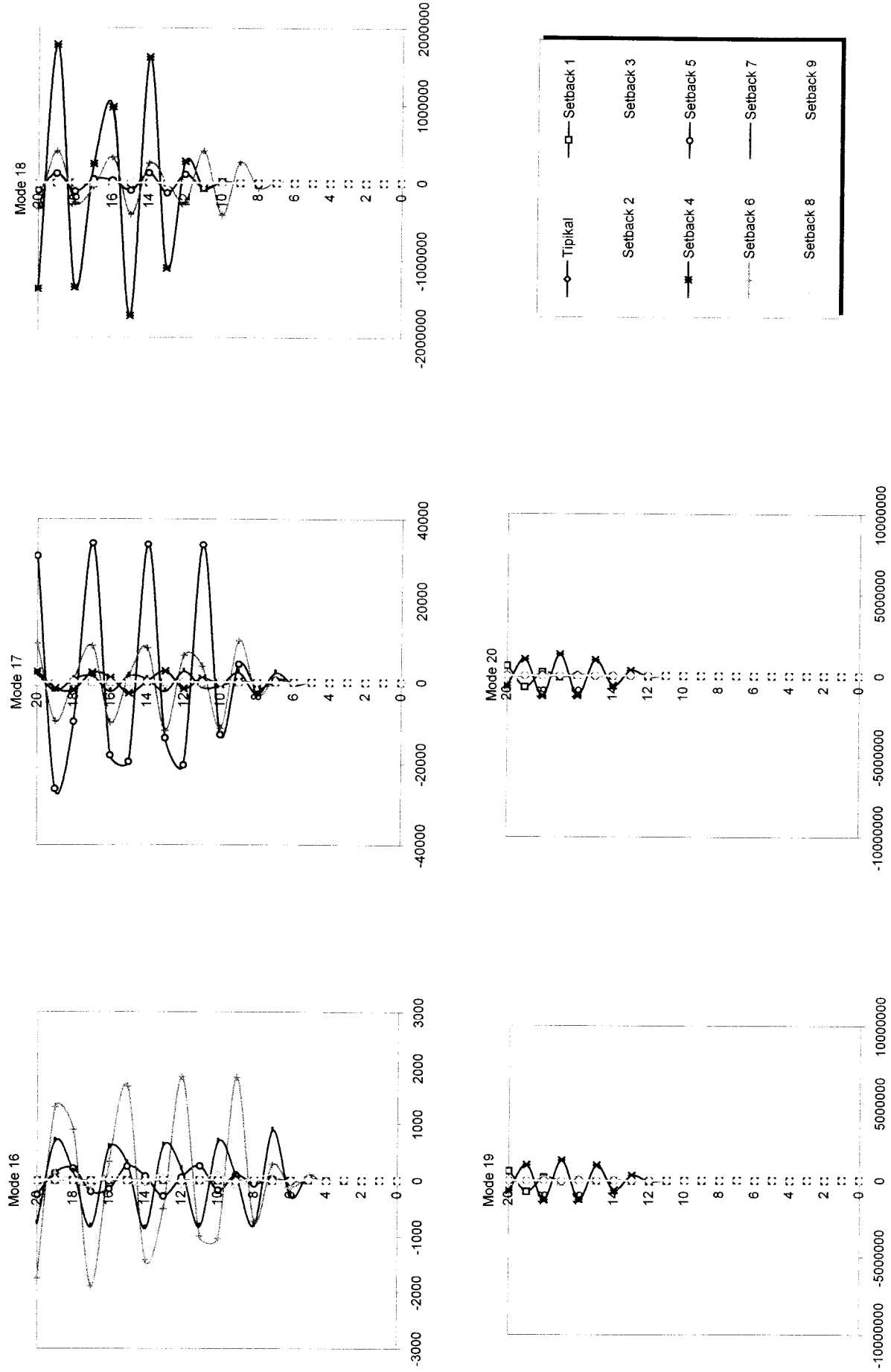
Gambar 5.2 Perbandingan Mode Shape Struktur Tingkat 10



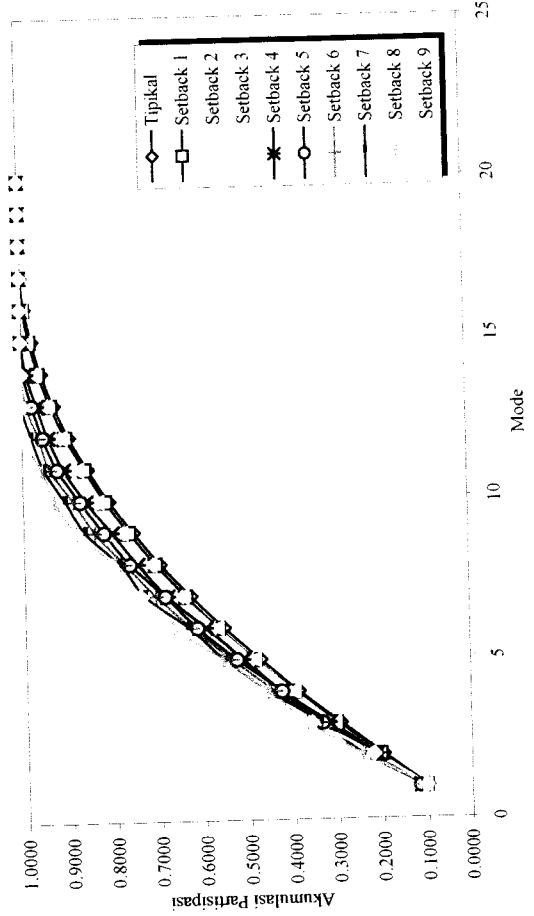
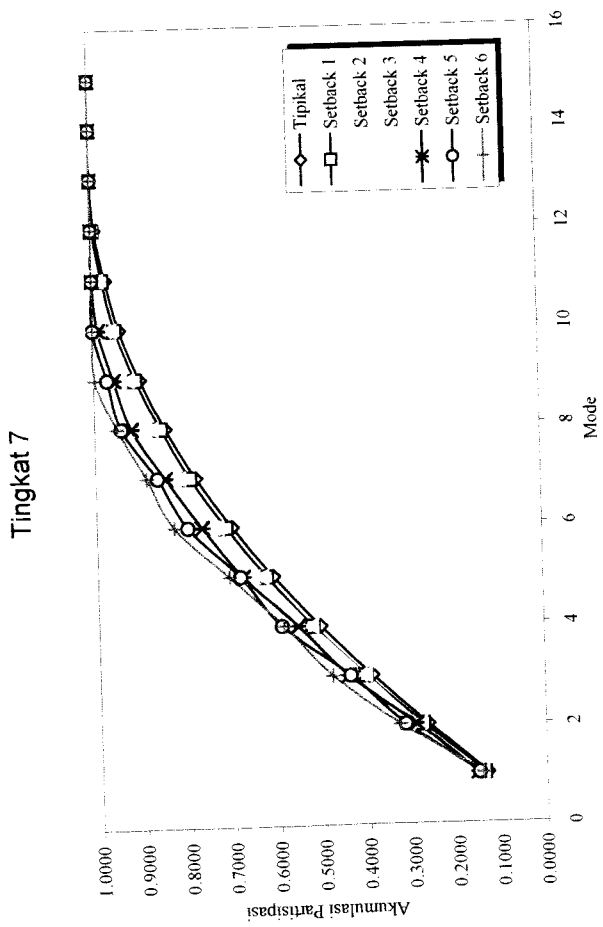
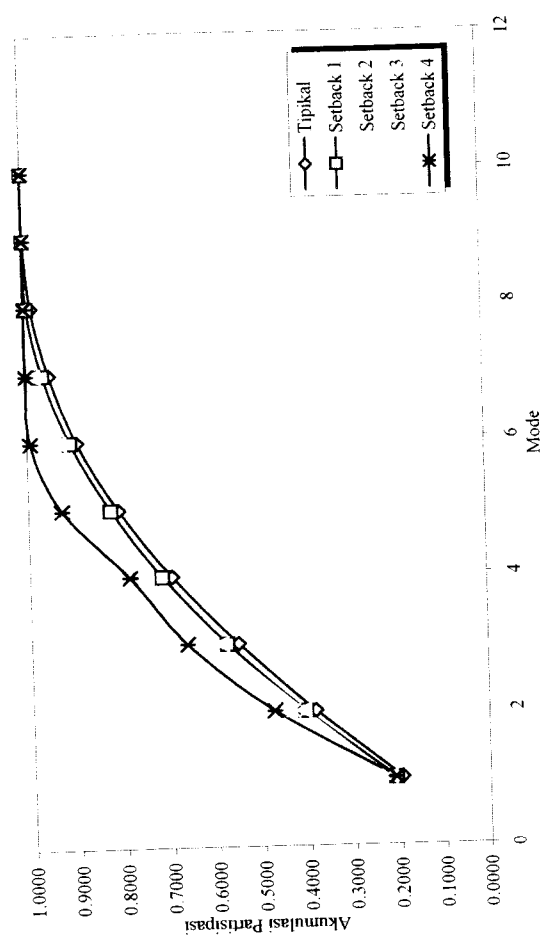
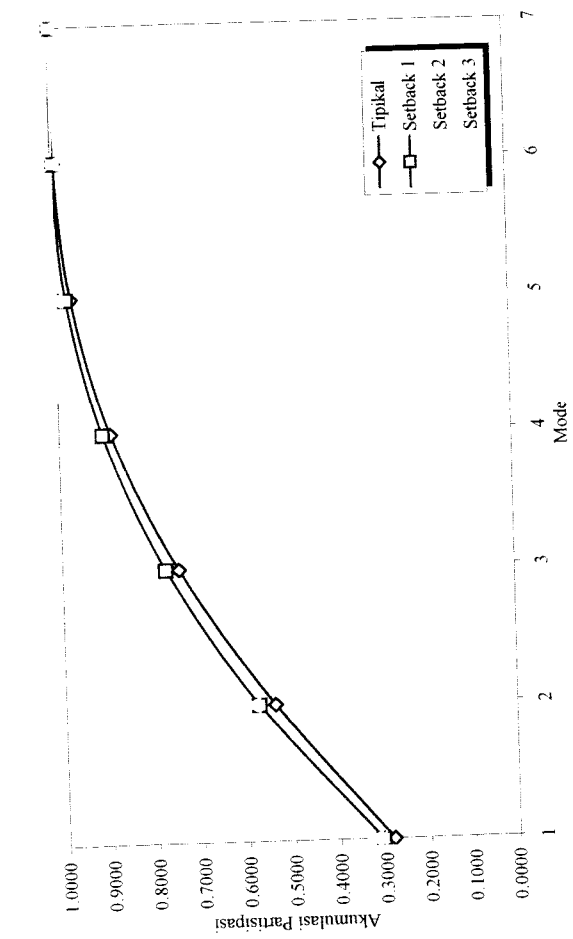
Gambar 5.3 Perbandingan Mode Shape Struktur Tingkat 15



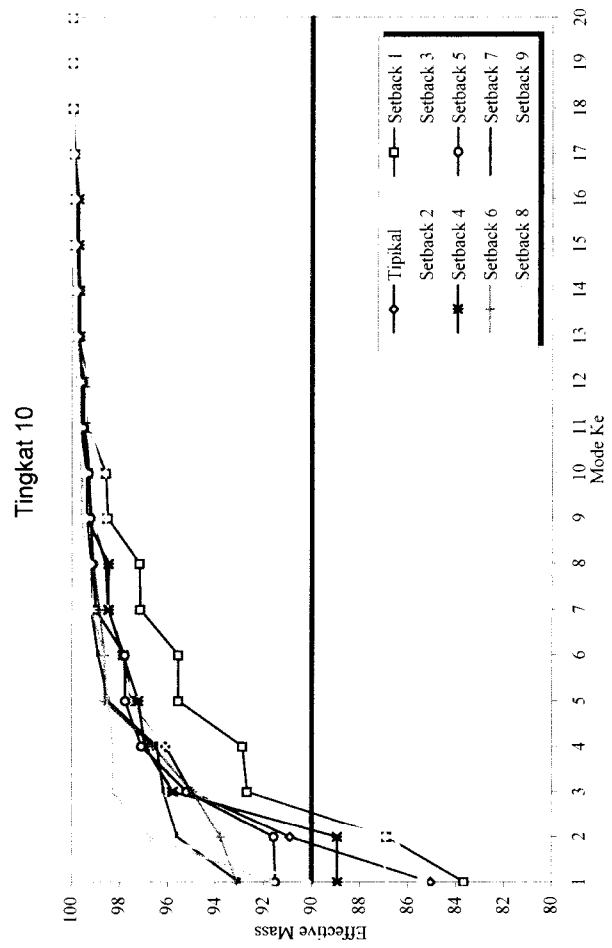
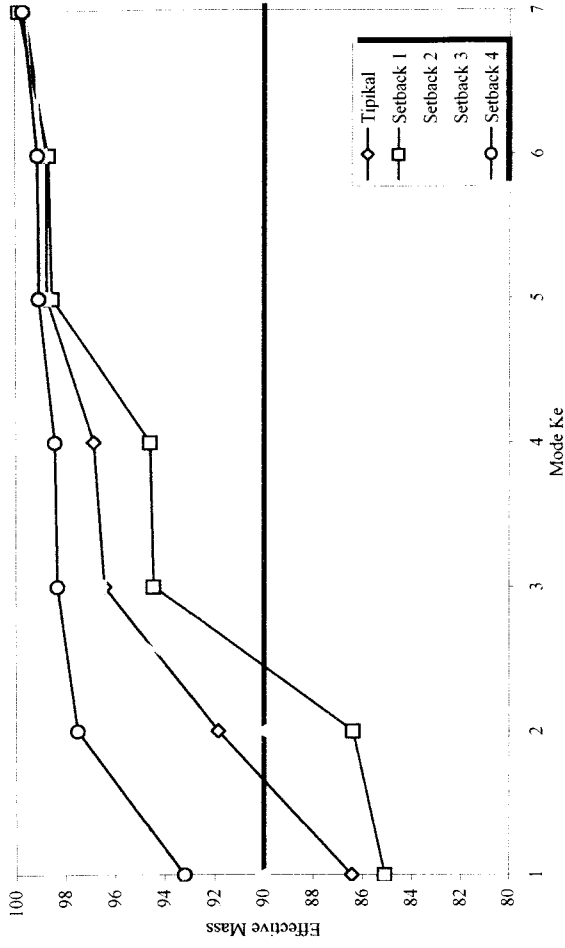
Gambar 5.4 Perbandingan Mode Shape Struktur Tingkat 20



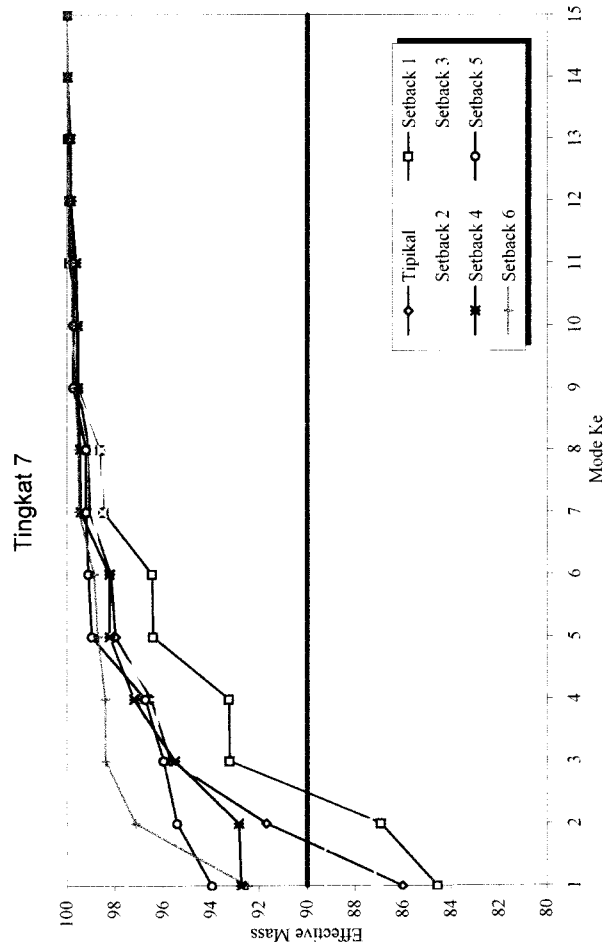
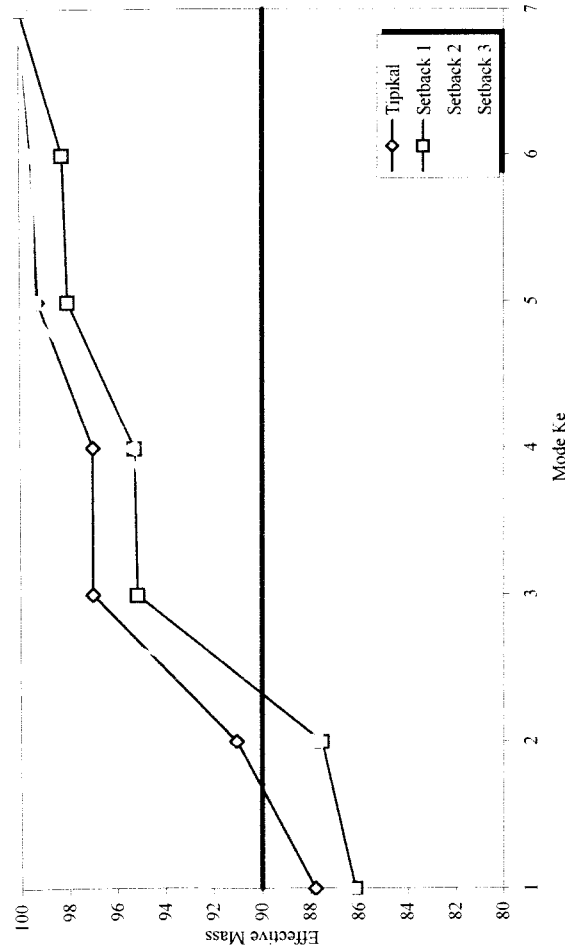
Gambar 5.4 Perbandingan Mode Shape Struktur Tingkat 20



Gambar 5.6 Perbandingan Akumulasi Partisipasi Mode Struktur Bertingkat

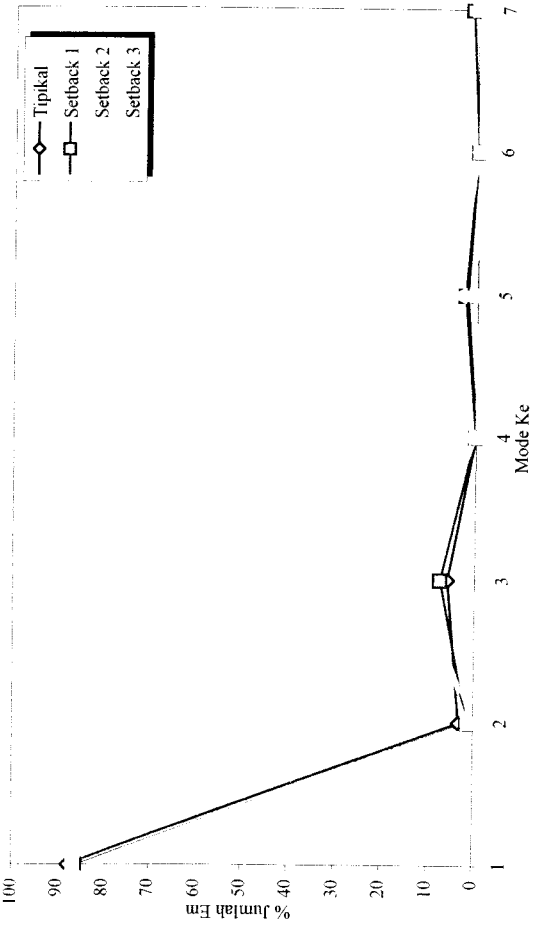


Tingkat 20

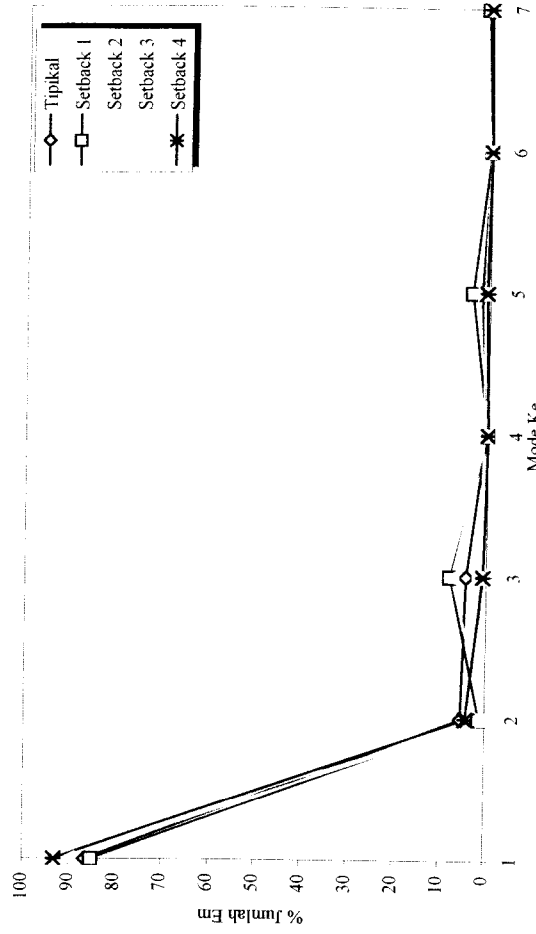


Tingkat 15

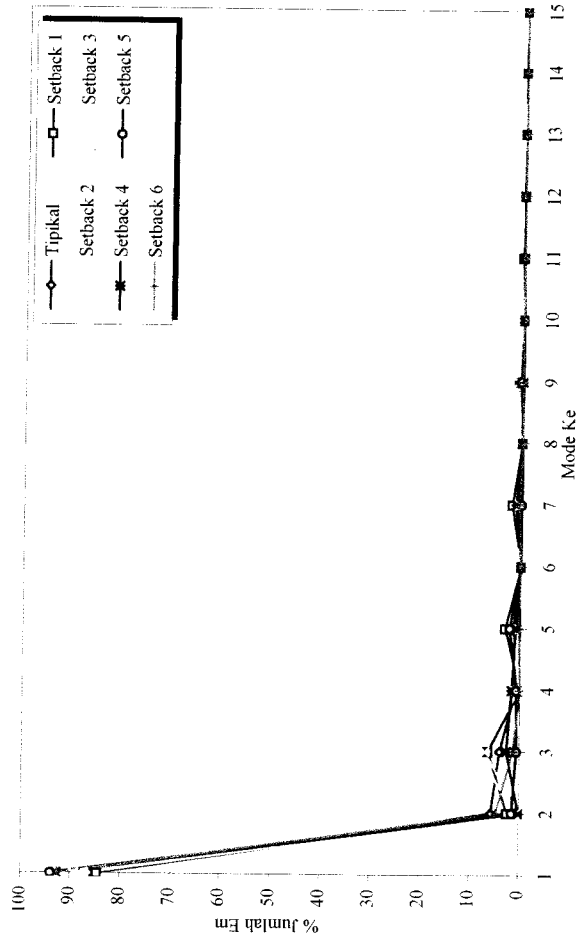
Gambar 5.9 Perbandingan Akumulasi Effective Mass Struktur Bertingkat



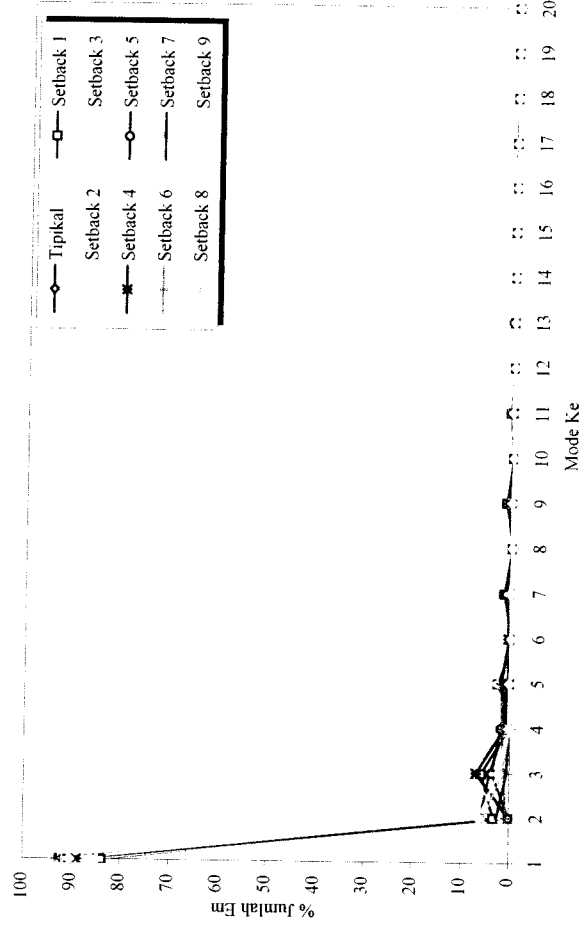
Tingkat 7



Tingkat 10

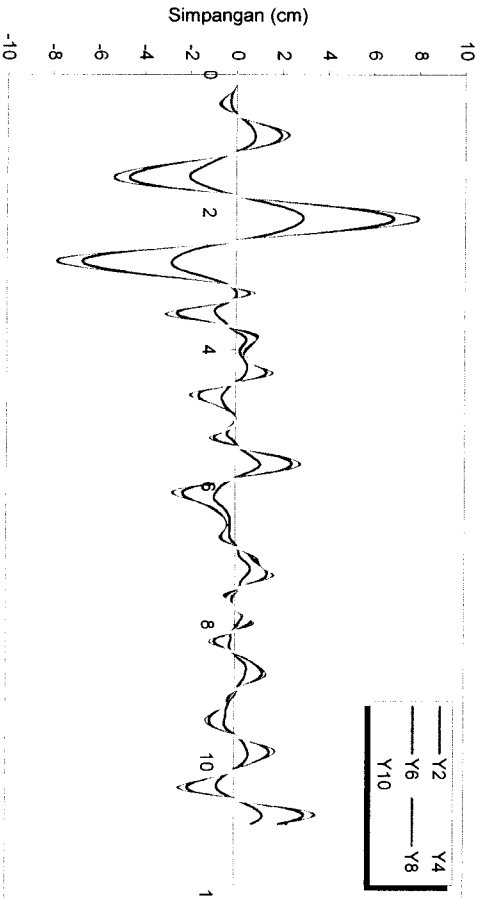
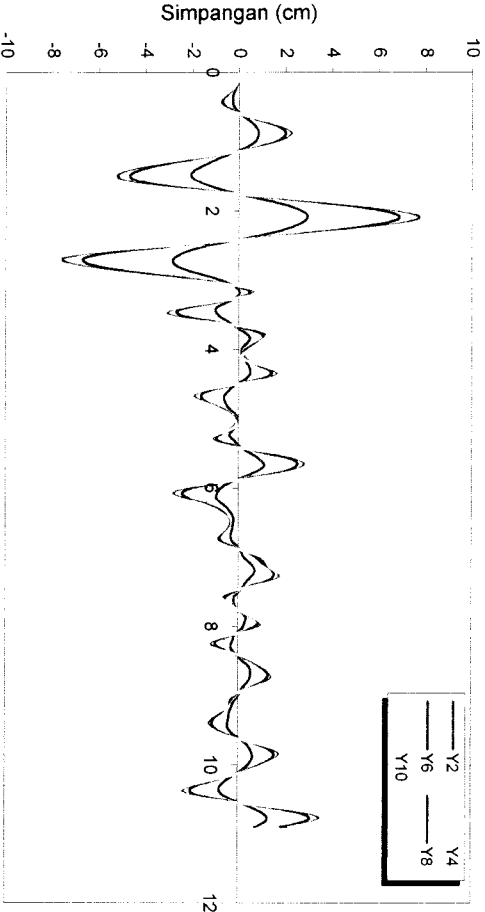
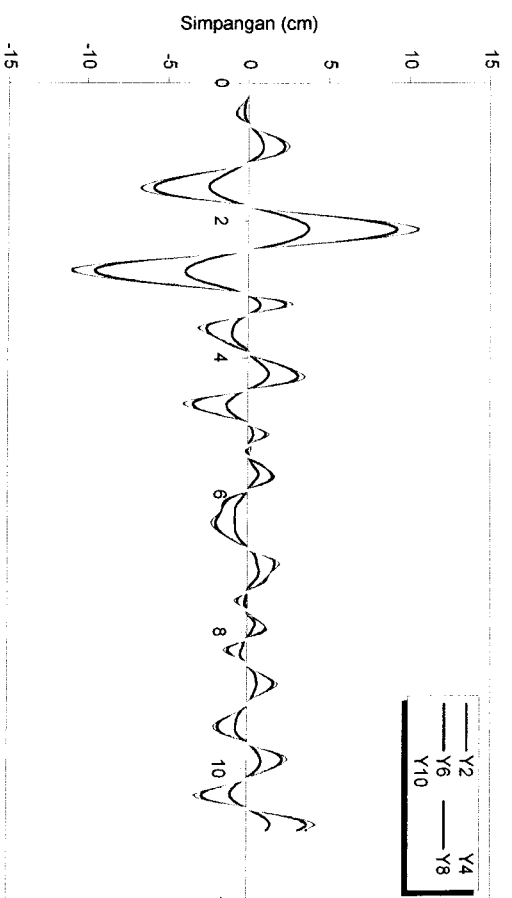
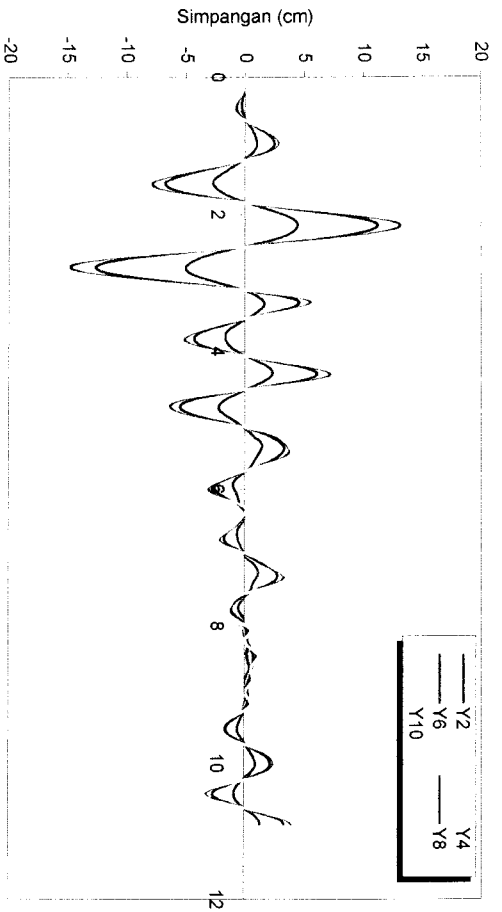


Tingkat 15

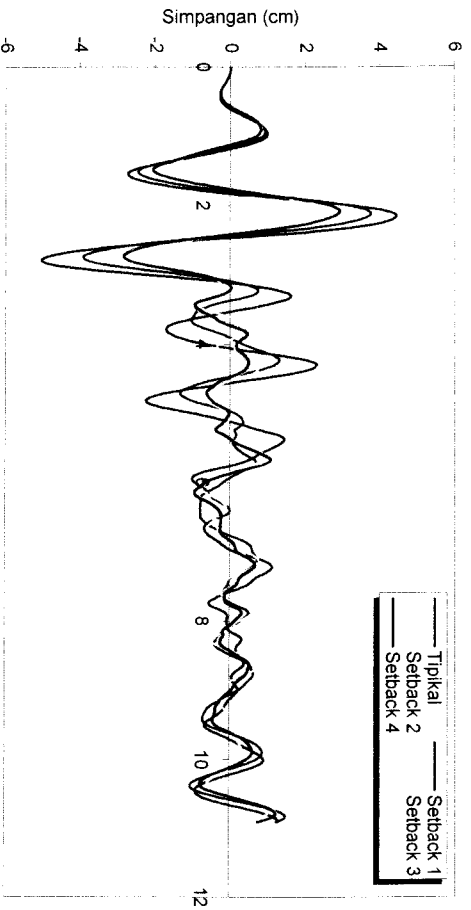


Tingkat 20

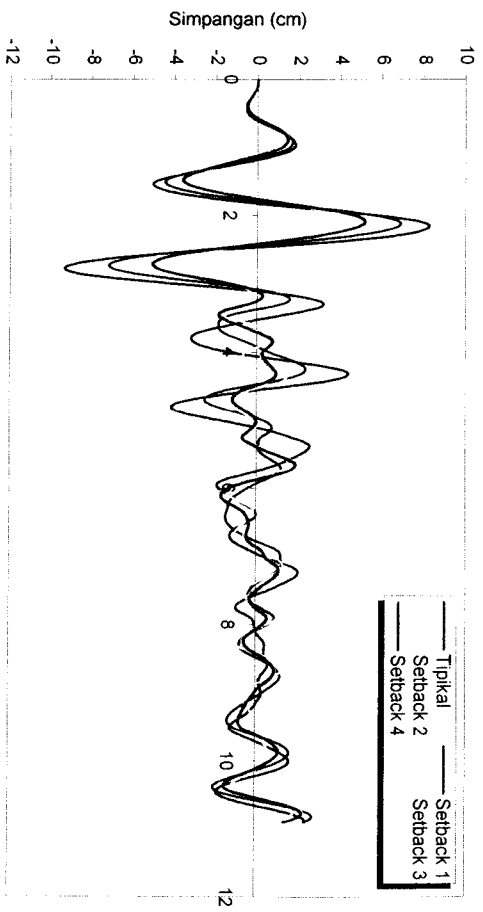
Gambar 5.10 Perbandingan % Jumlah Modal Effective Weight Struktur Bertingkat



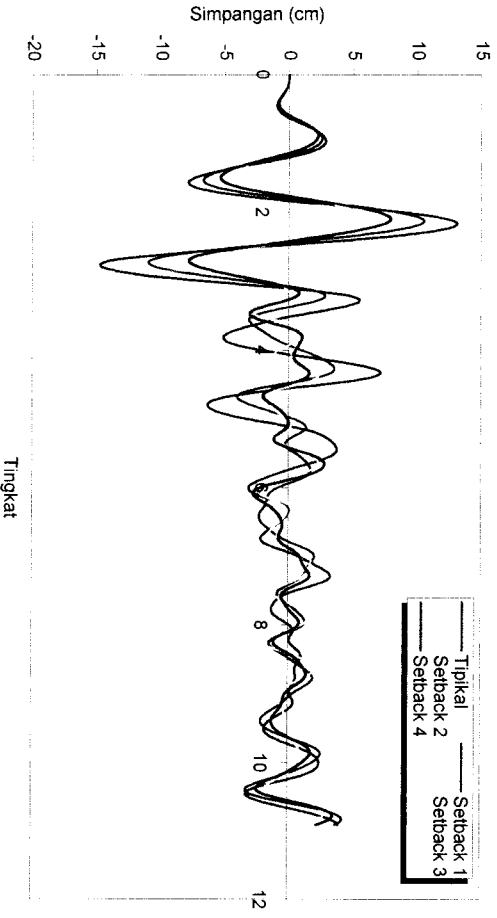
Gambar 5.20 Simpangan Struktur Tingkat 10 Akibat Gempa Bucharest



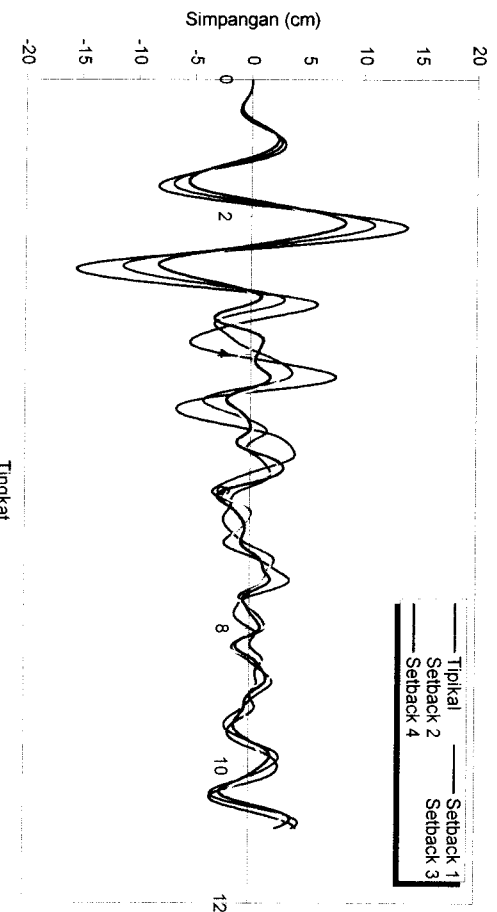
Tingkat 2



Tingkat 4

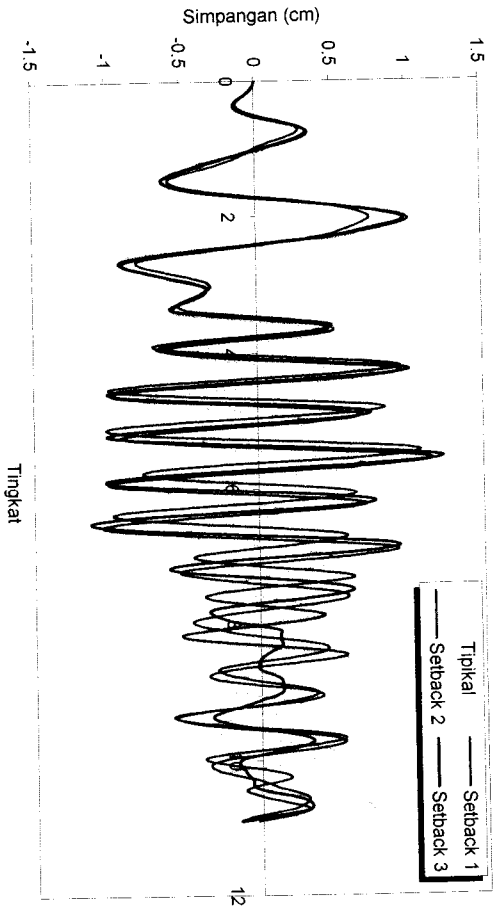


Tingkat 8

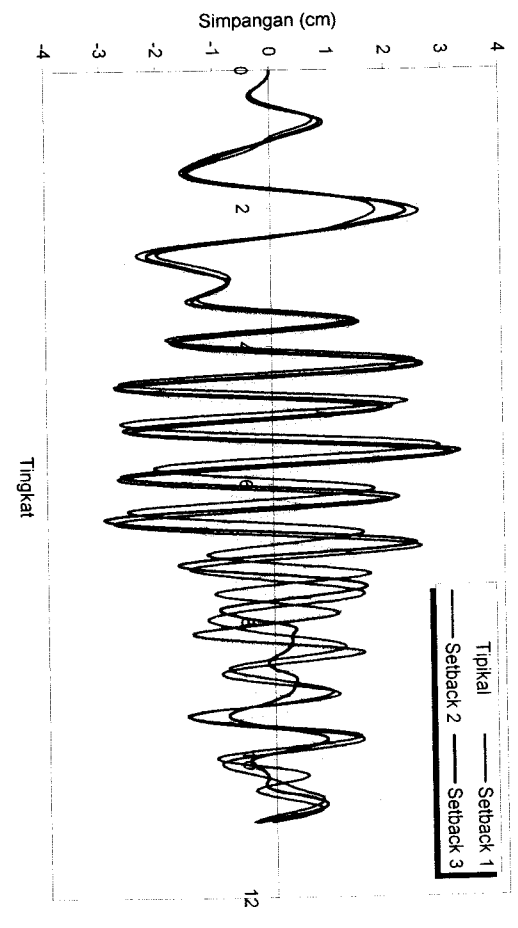


Tingkat 10

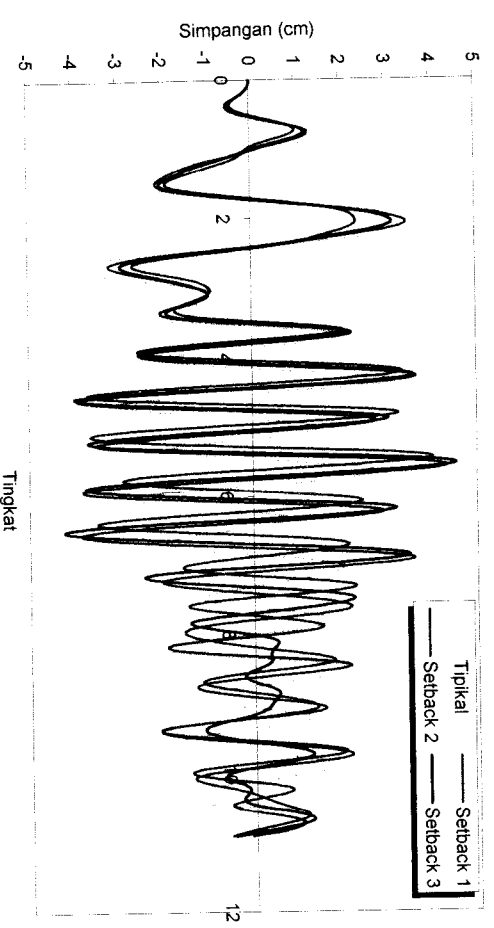
Gambar 5.21 Perbandingan Simpangan Struktur Tingkat 10 Akibat Gempa Bucharest



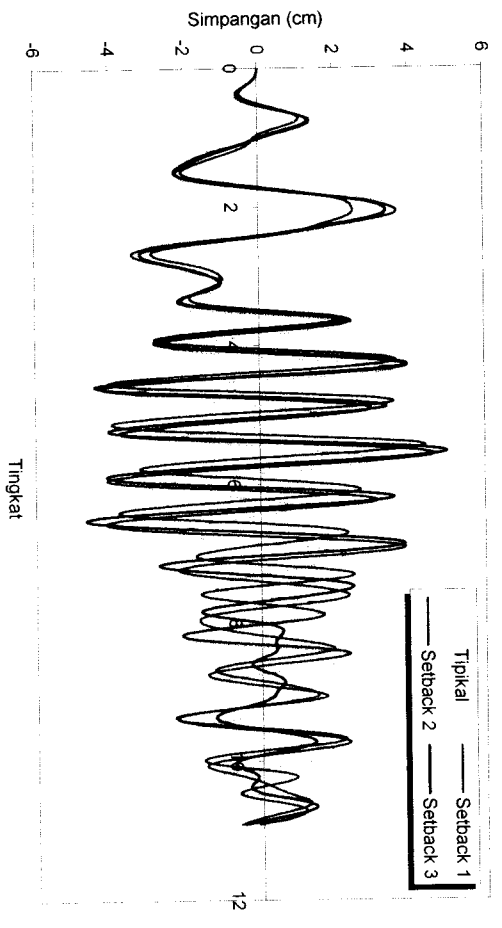
Tingkat 1



Tingkat 3

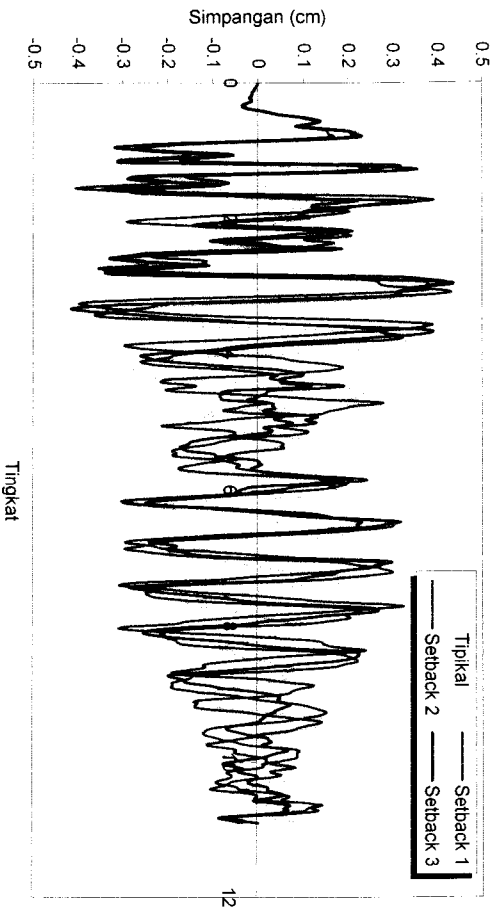


Tingkat 5

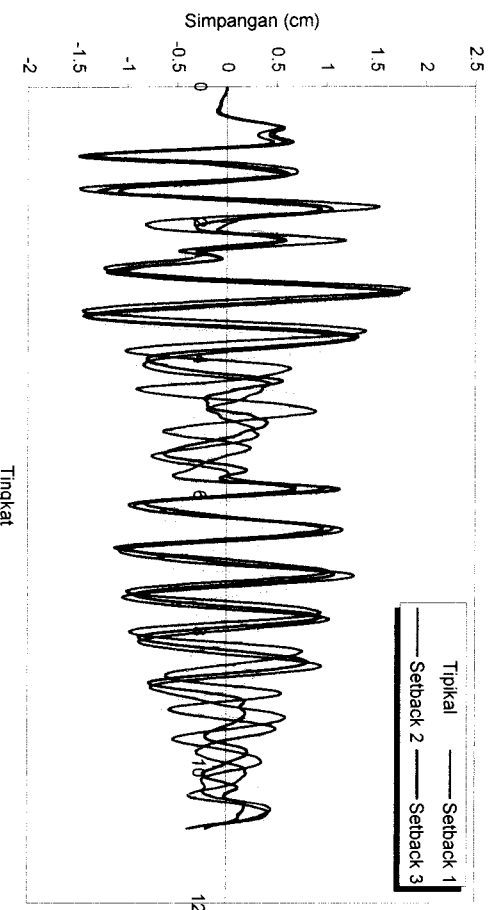


Tingkat 7

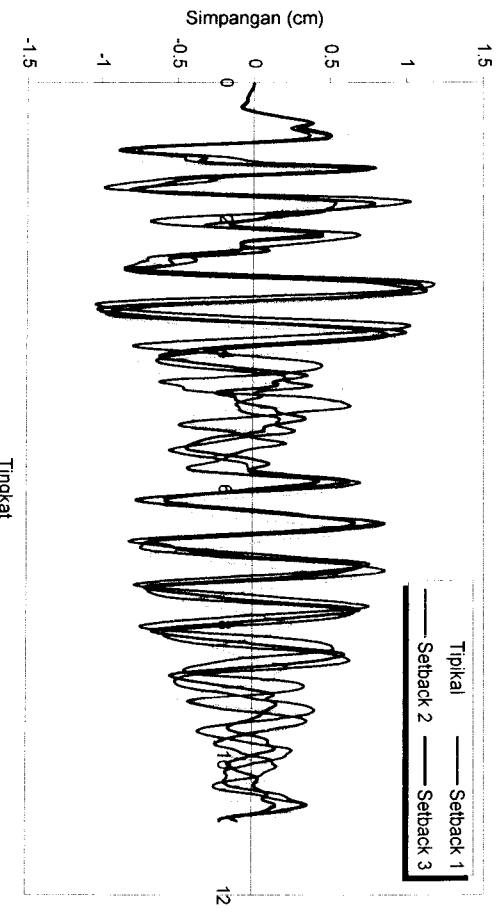
Gambar 5.12 Perbandingan Simpangan Struktur Tingkat 7 Akibat Gempa Bucharest



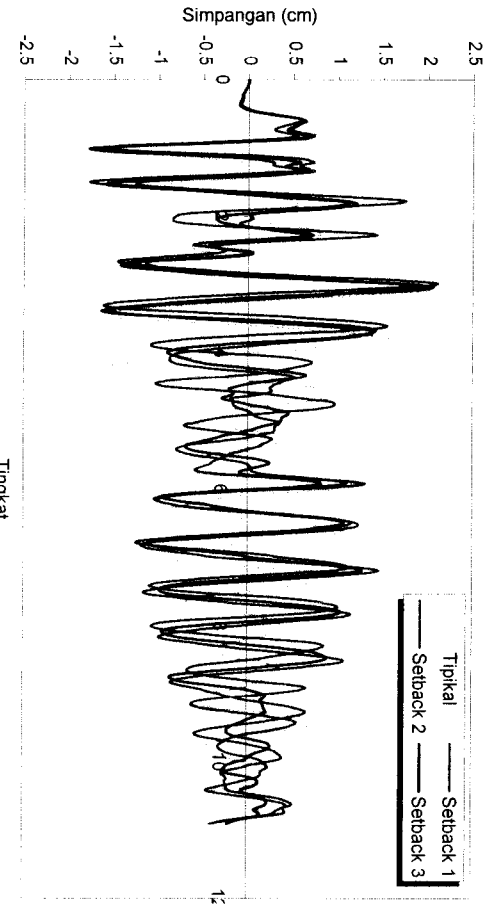
Tingkat 1



Tingkat 5

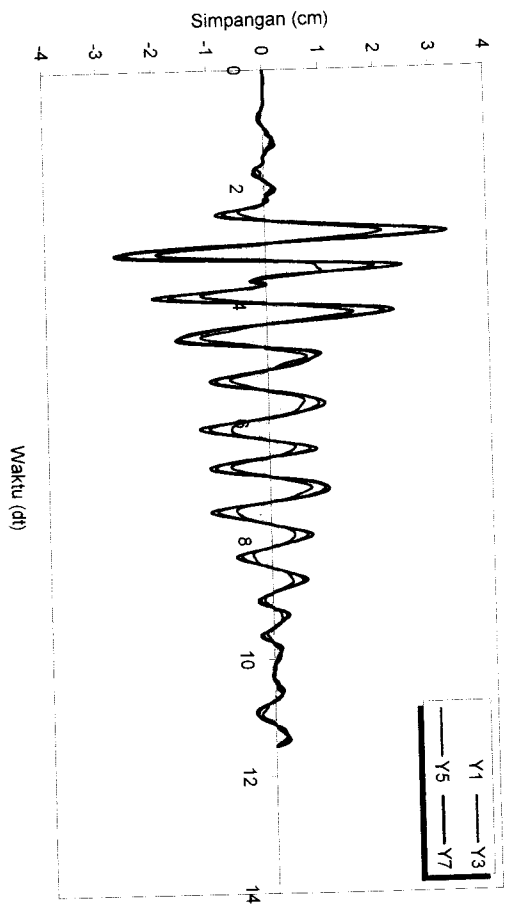


Tingkat 3

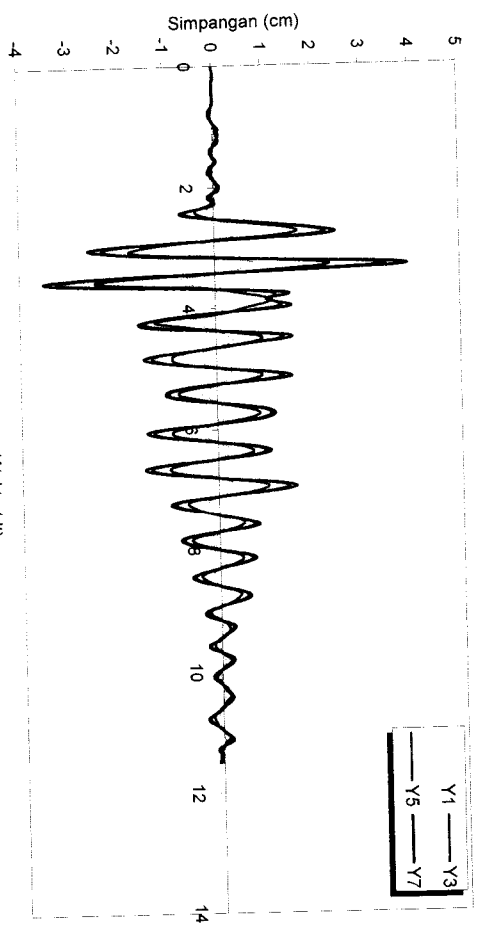


Tingkat 7

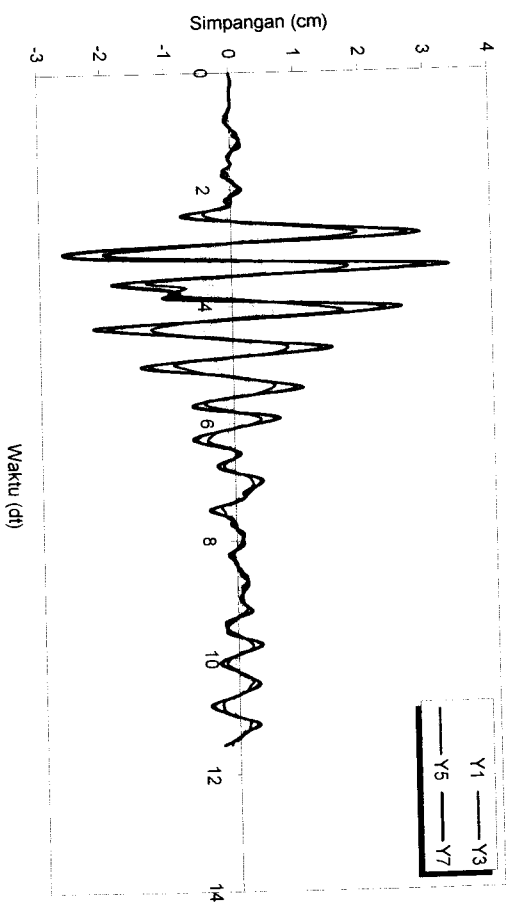
Gambar 5.14 Perbandingan Simpangan Struktur Tingkat 7 Akibat Gempa El Centro



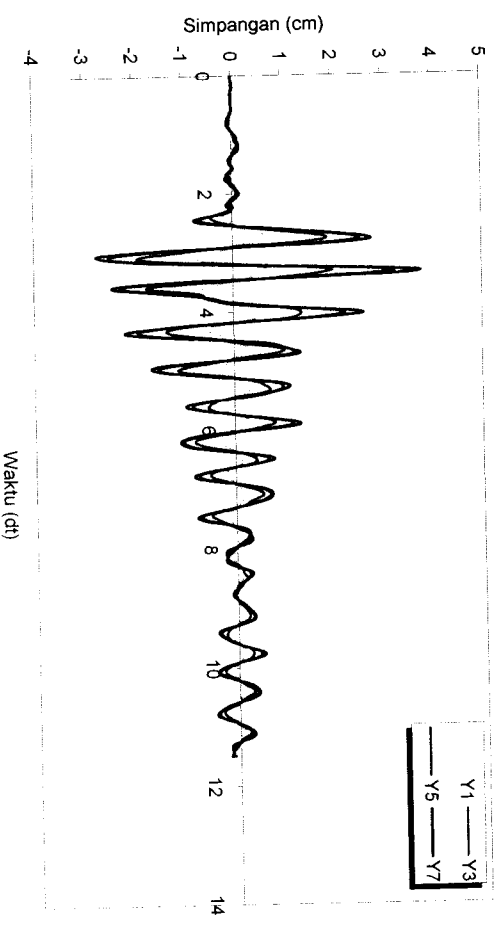
Tipikal



Setback 2

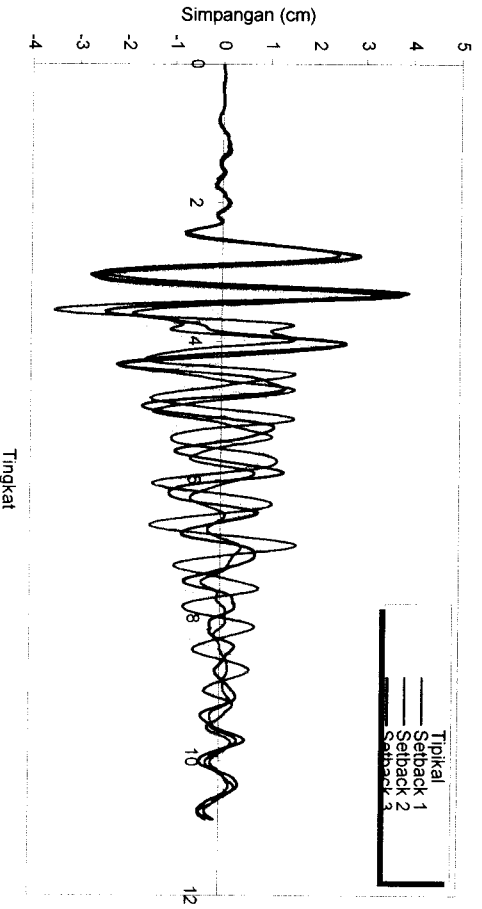
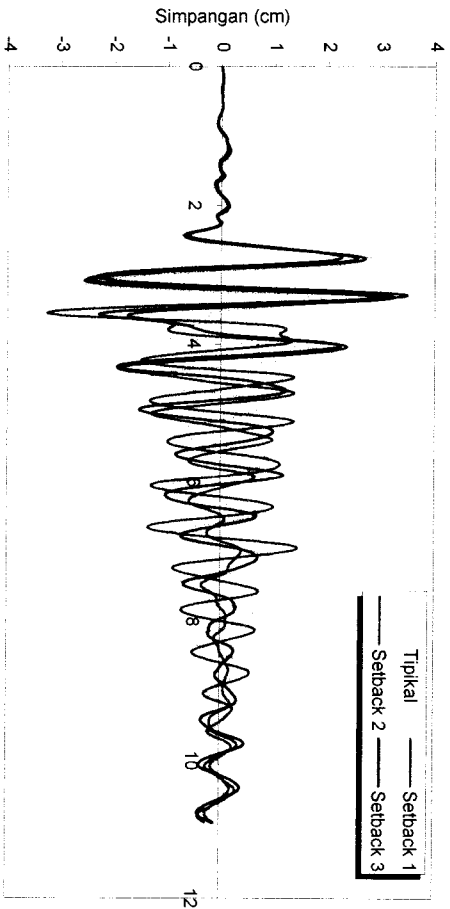
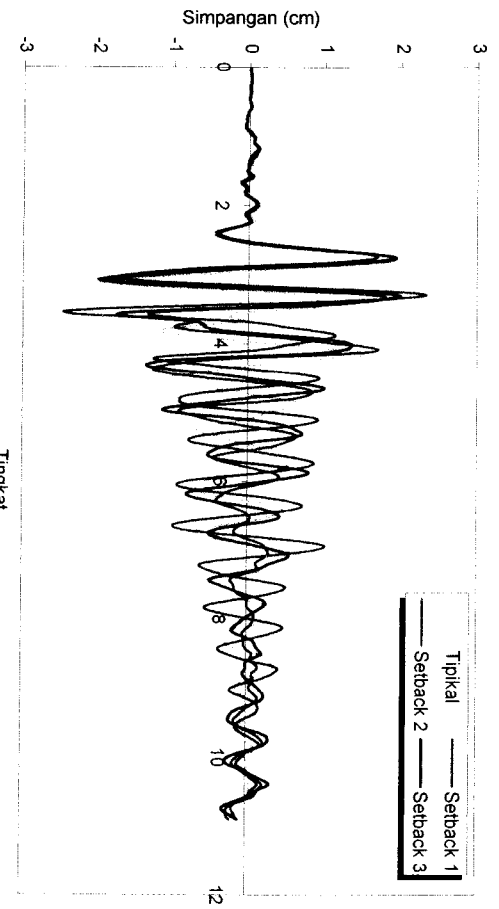
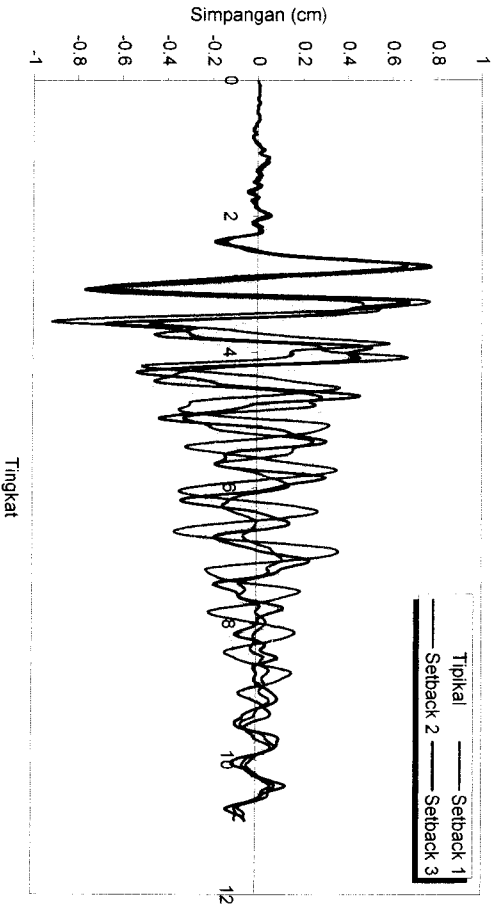


Setback 1

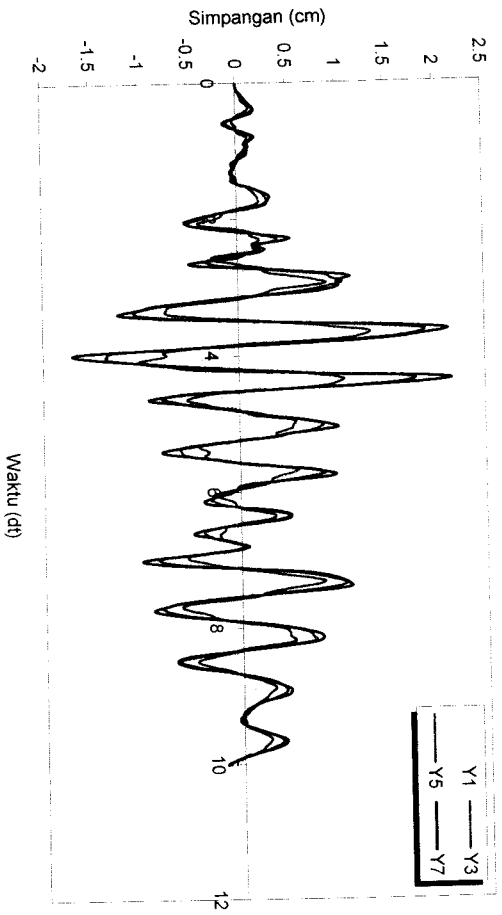


Setback 3

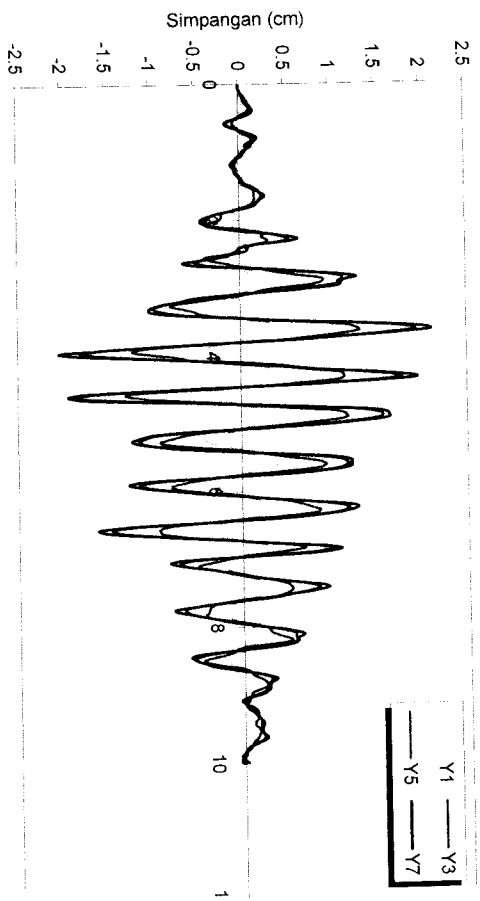
Gambar 5.15 Simpangan Struktur Tingkat 7 Akibat Gempa Gilroy



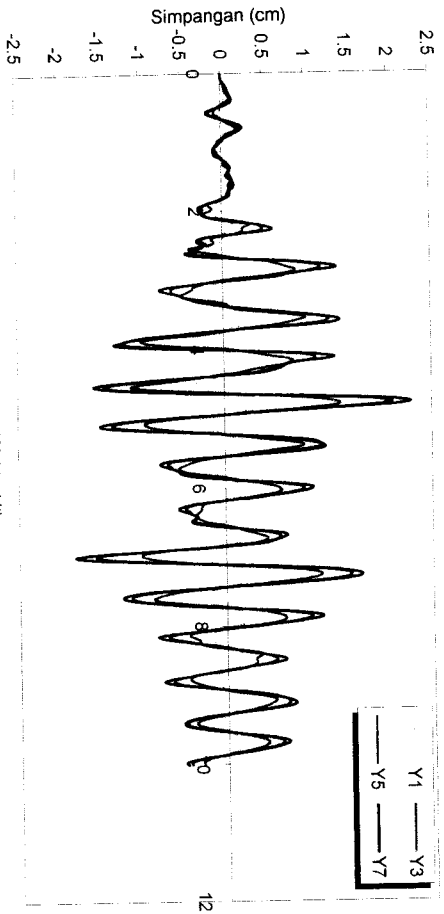
Gambar 5.16 Perbandingan Simpangan Struktur Tingkat 7 Akibat Gempa Gilroy



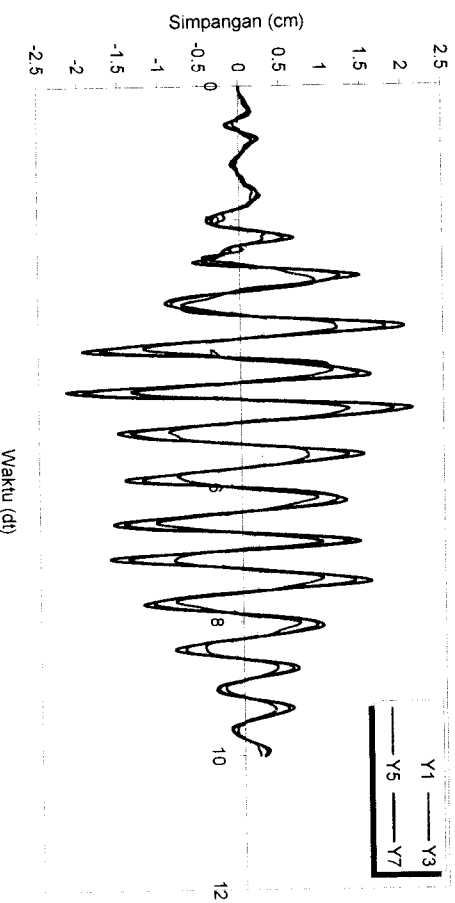
Tipikal



Setback 1

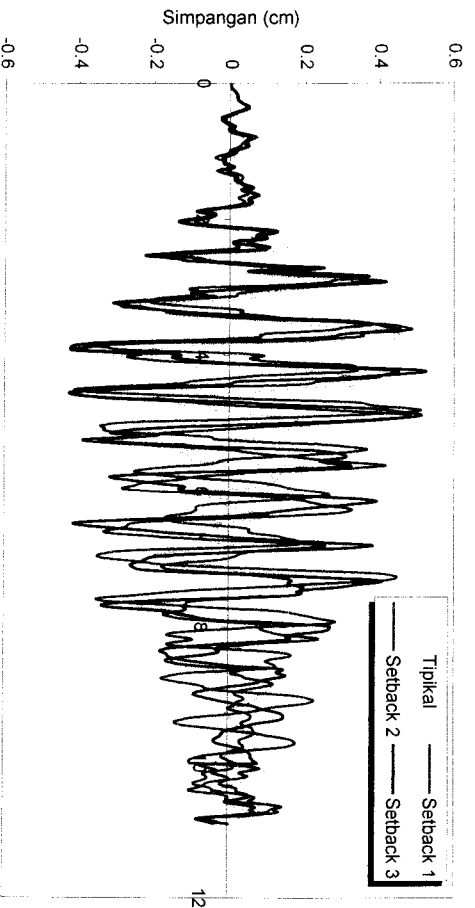


Setback 2

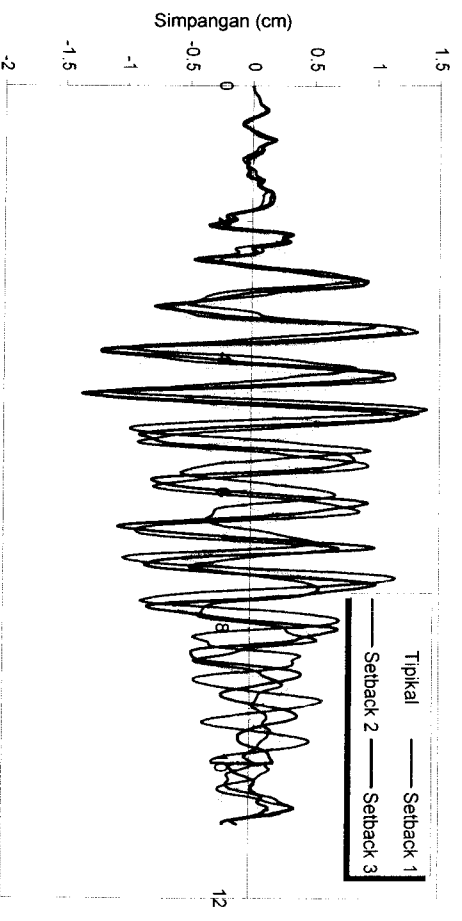


Setback 3

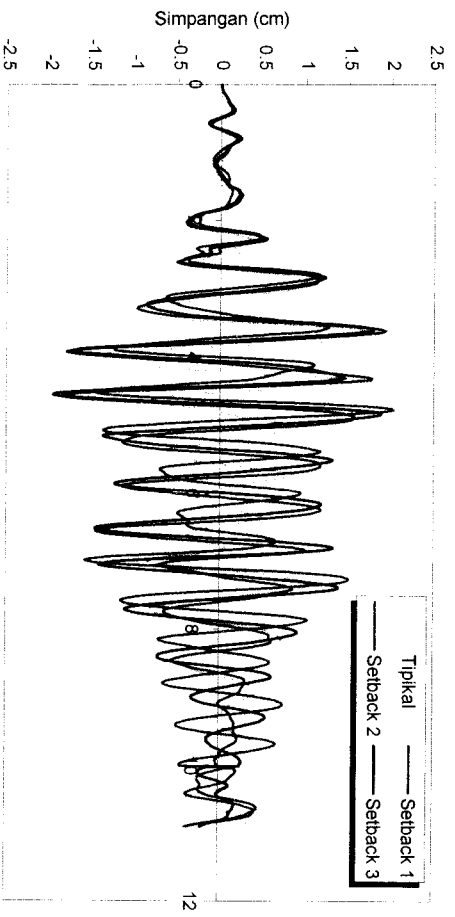
Gambar 5.17 Simpangan Struktur Tingkat 7 Akibat Gempa Koyna



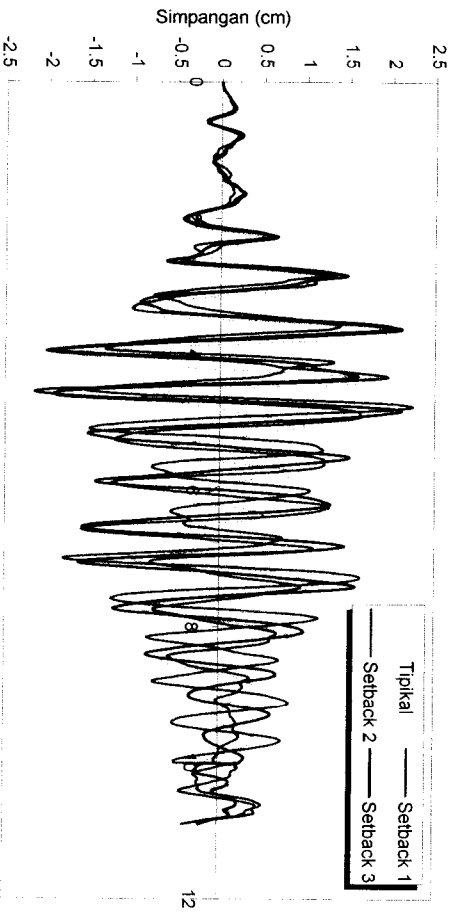
Tingkat 1



Tingkat 3



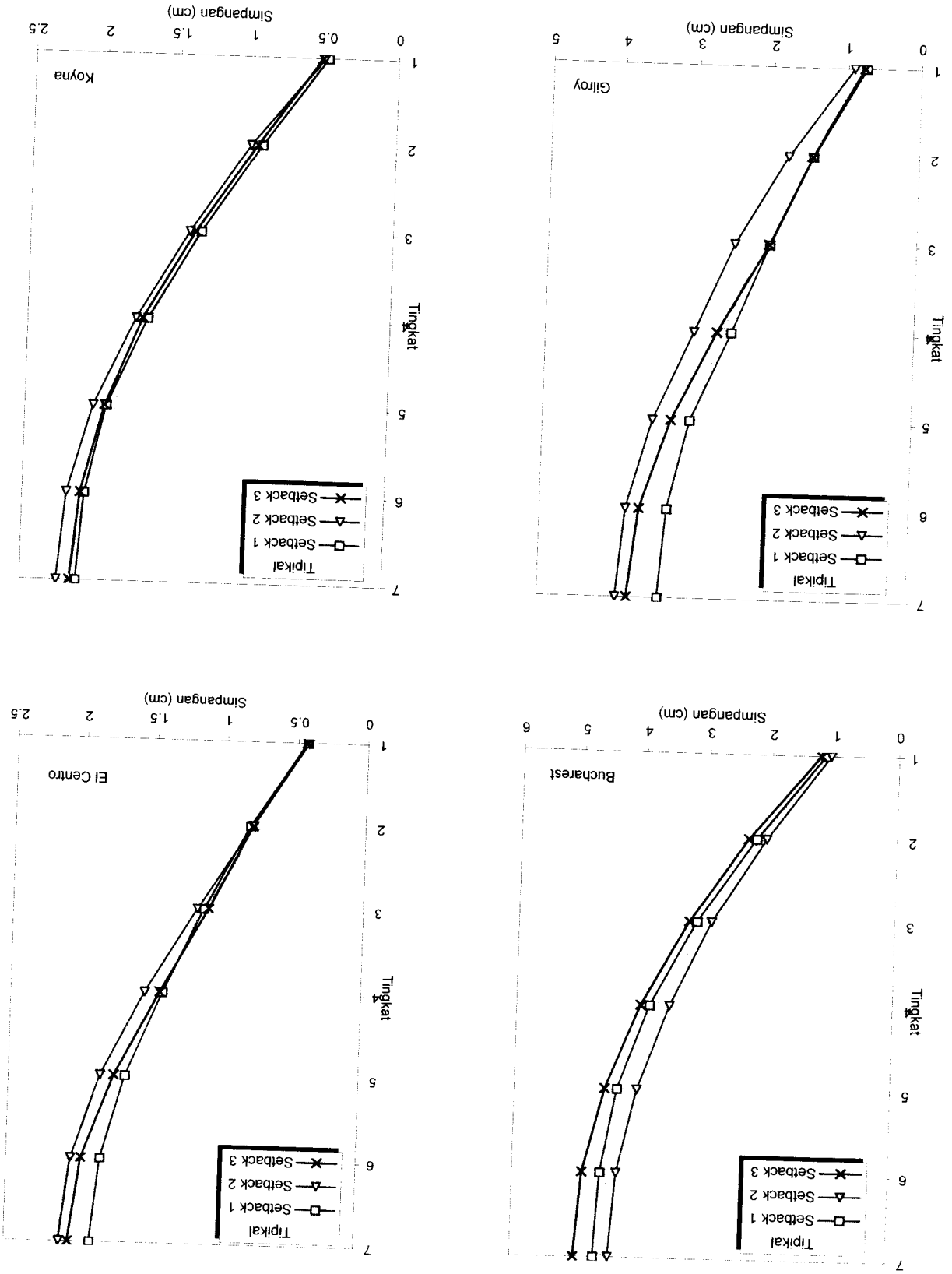
Tingkat 5

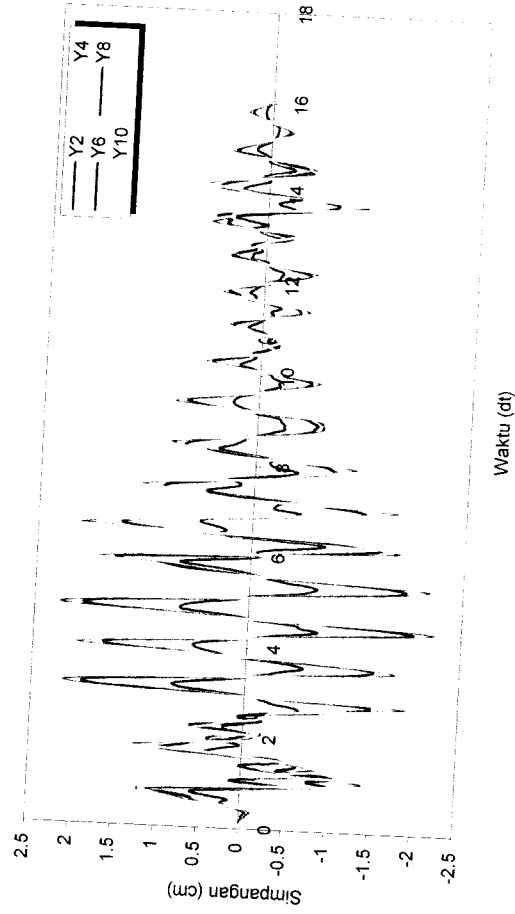
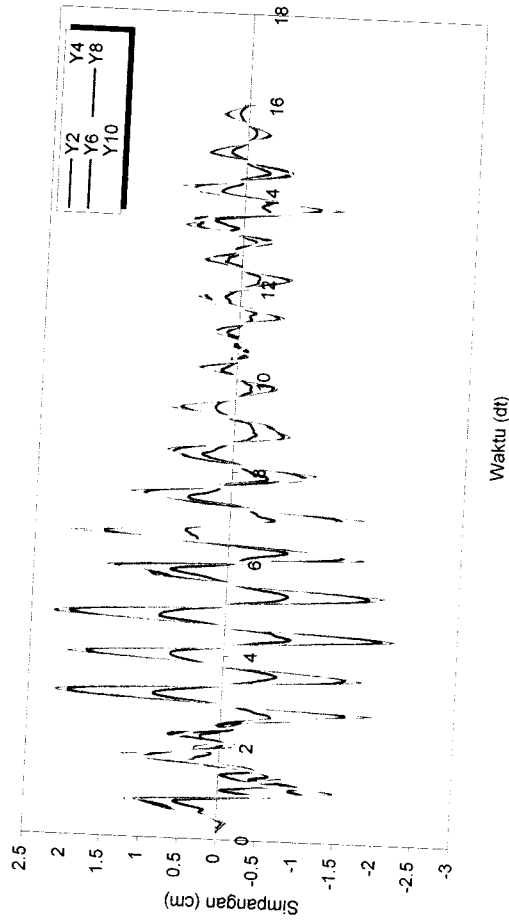
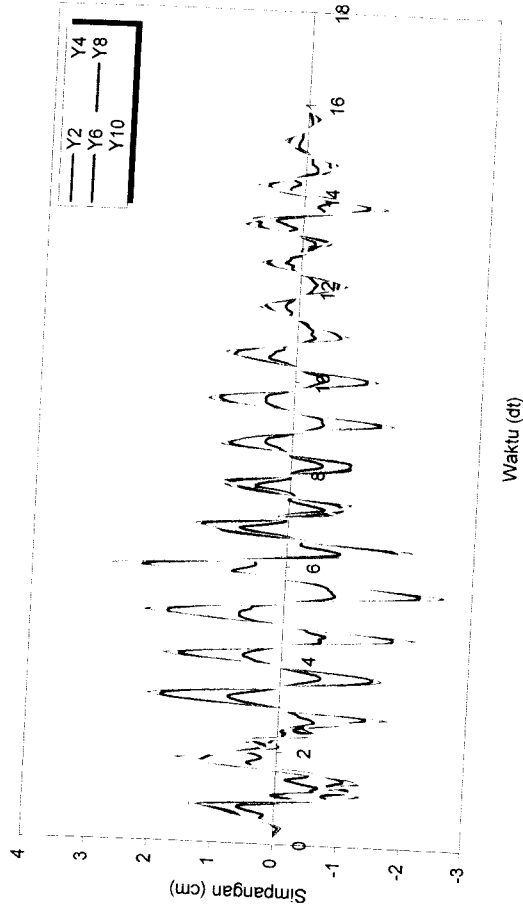
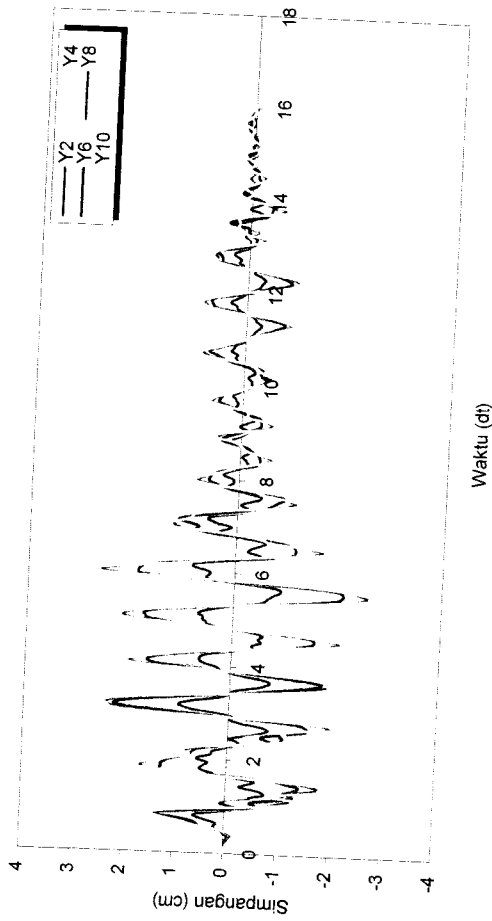


Tingkat 7

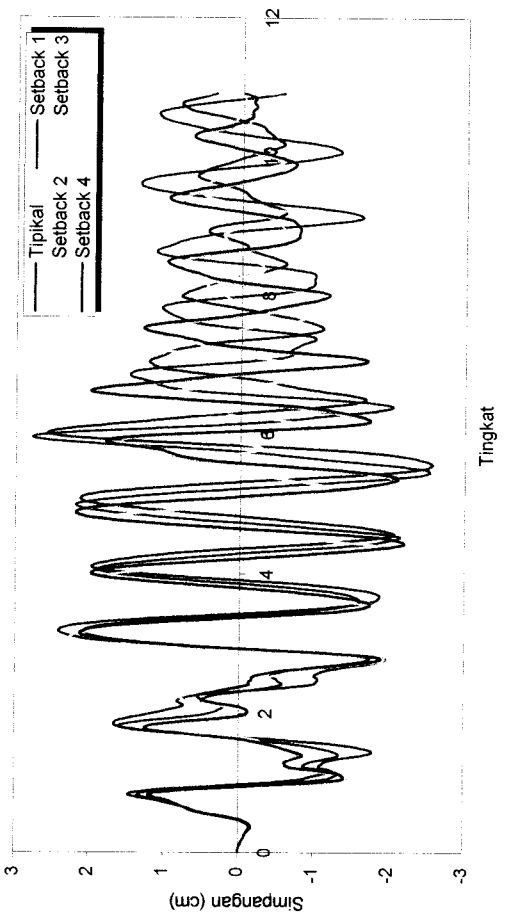
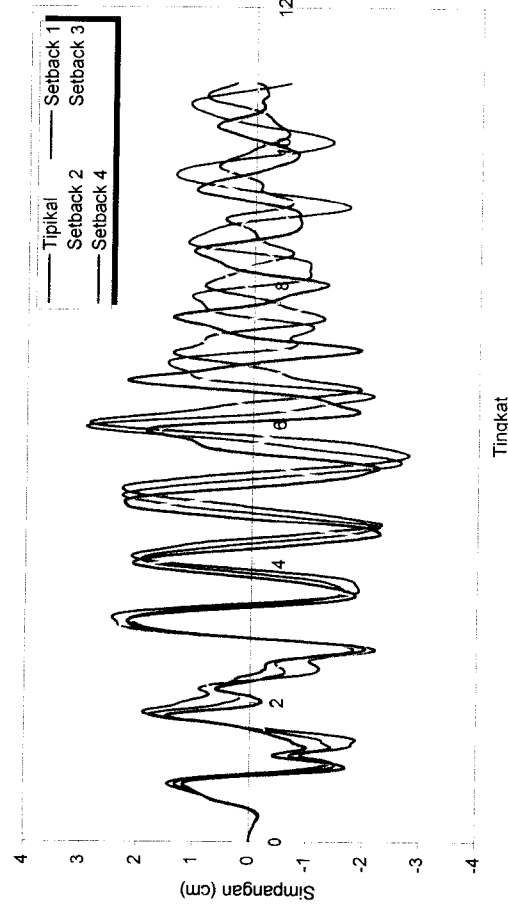
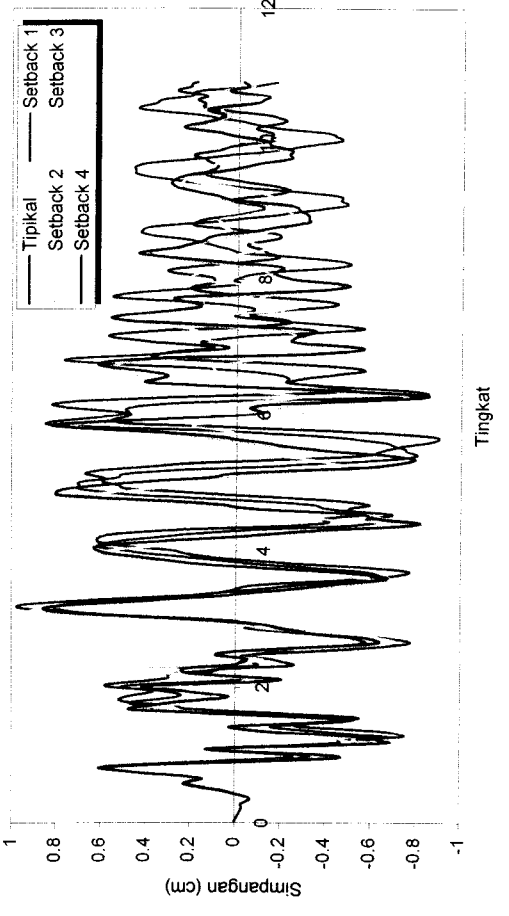
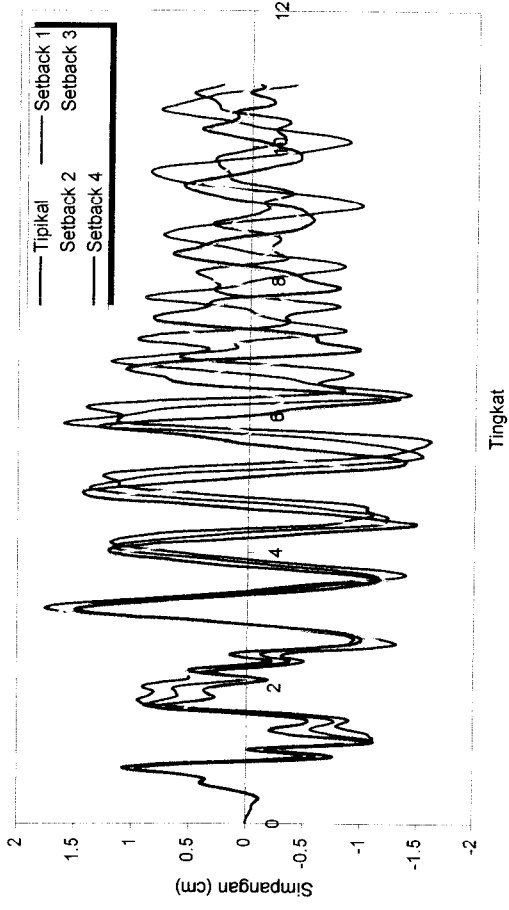
Gambar 5.18 Perbandingan Simpangan Struktur Tingkat 7 Akibat Gempa Koyna

Gambar 5.19 Simpangan Maksimum Struktur Tingkat 7 Akibat 4 Gempa

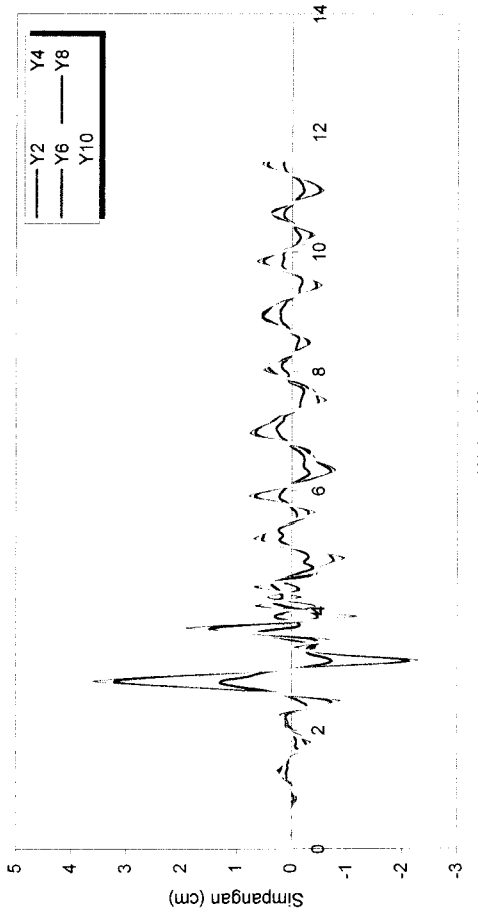
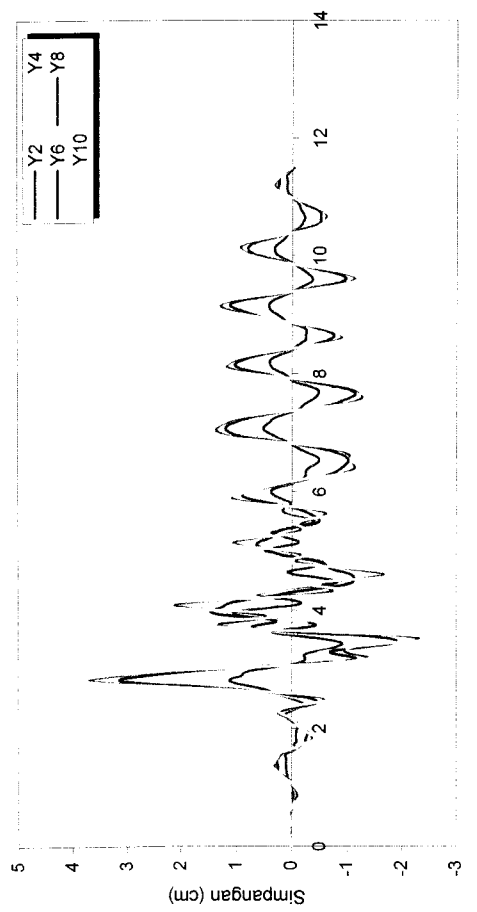
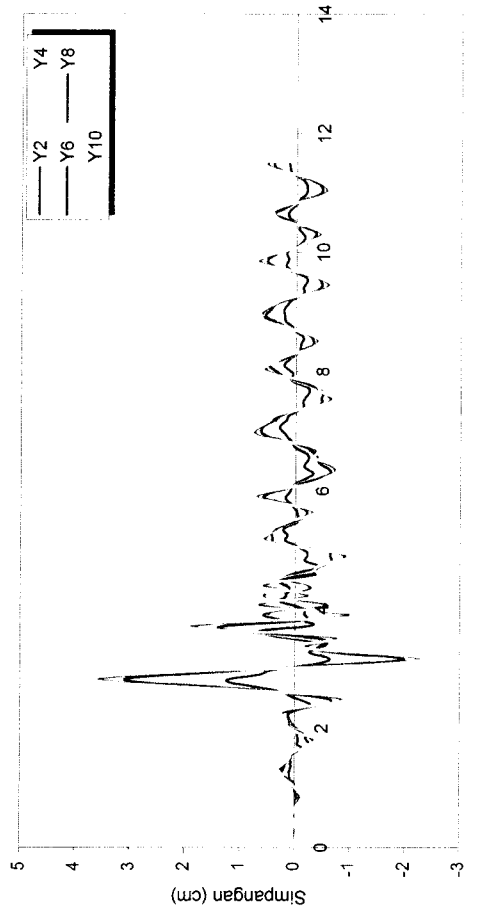
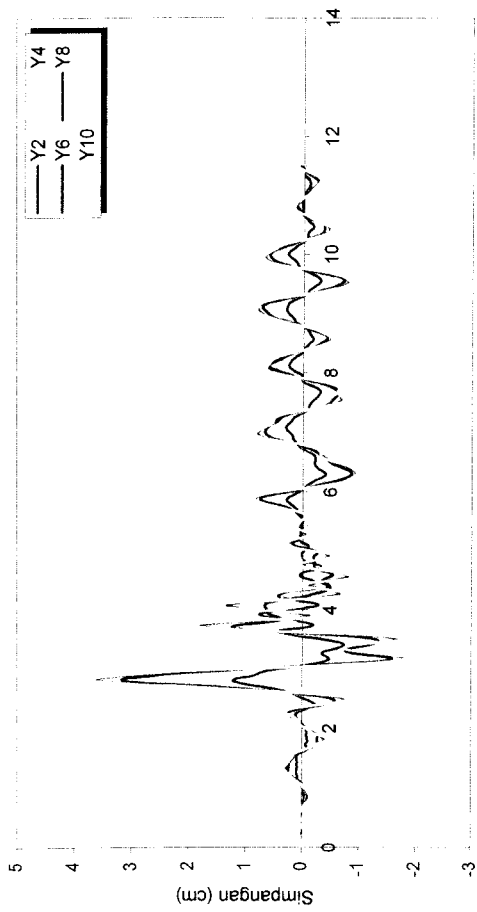




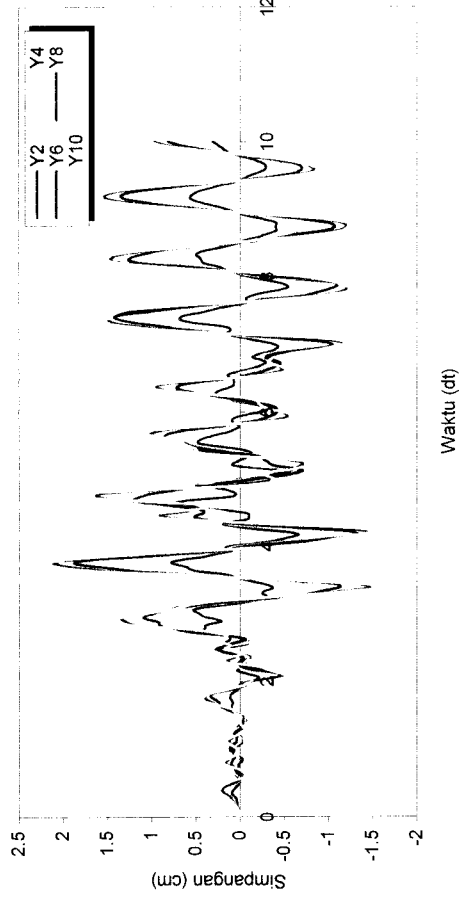
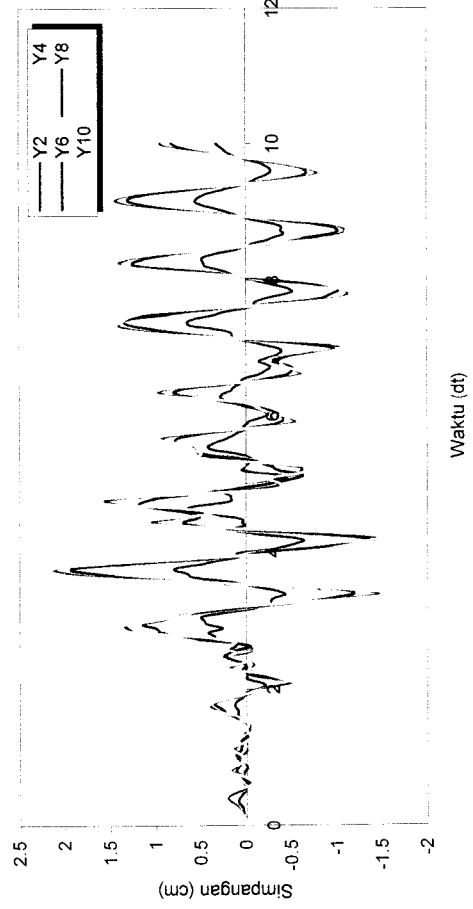
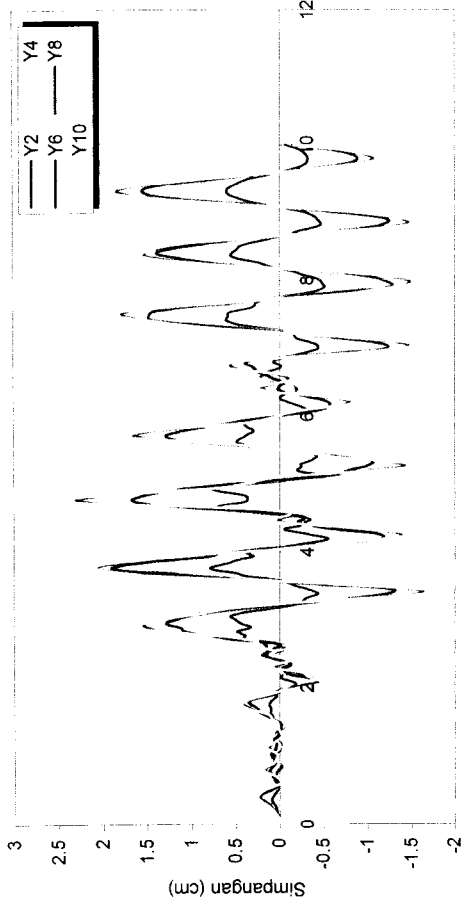
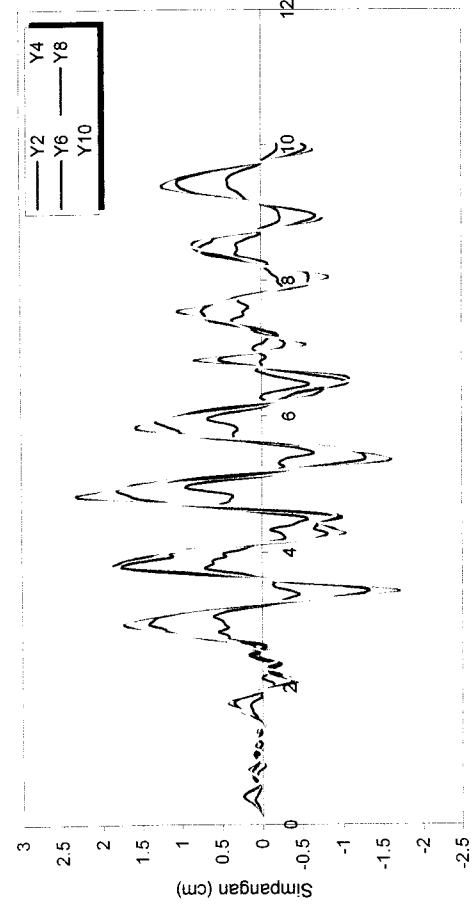
Gambar 5.22 Simpangan Struktur Tingkat 10 Akibat Gempa El Centro



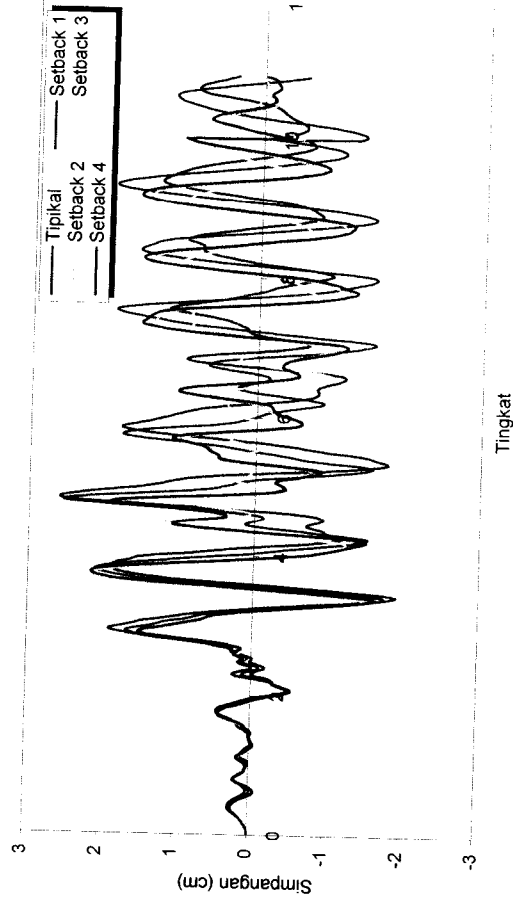
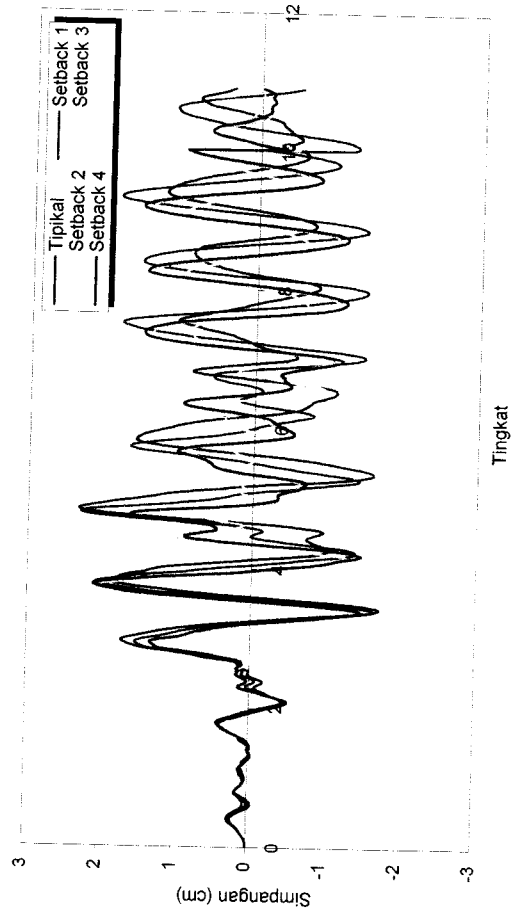
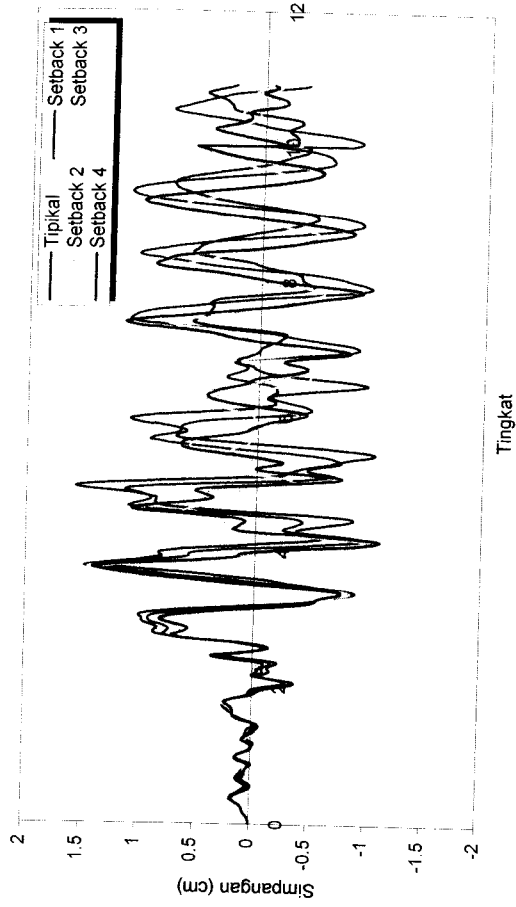
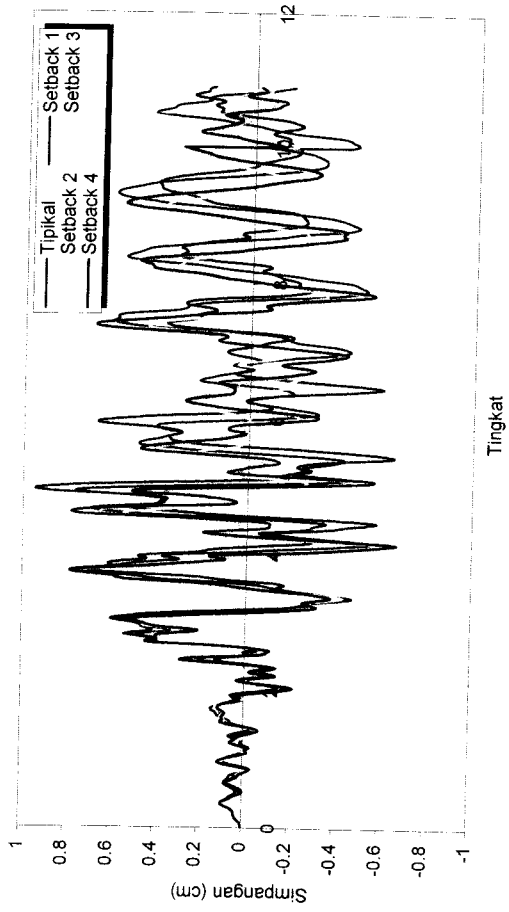
Gambar 5.23 Perbandingan Simpangan Struktur Struktur Tingkat 10 Akibar Gempa El Centro



Gambar 5.24 Simpangan Struktur Tingkat 10 Akibat Gempa Gilroy



Gambar 5.26 Simpangan Struktur Tingkat 10 Akibat Gempa Koyana



Gambar 5.27 Perbandingan Simpangan Struktur Tingkat 10 Akibat Gempa Koyna