

## **BAB VI**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Analisis dan pembahasan dilakukan setelah proses hitungan dan hasil yang dijabarkan pada BAB V selesai. Analisis tersebut meliputi, analisis simpangan relatif dan simpangan antar tingkat untuk tingkat satu sampai dengan tingkat empat, kemudian analisis tersebut dibahas pada bab pembahasan, selanjutnya gaya redam viskos ganda dan rasio redaman total. Simpangan relatif dan simpangan antar tingkat yang diperoleh tersebut, sesuai dengan eksitasi gempa El Centro pada tahun 1940 yang berupa percepatan dan dengan interval waktu 0,01 detik.

#### **6.1 Analisis**

Analisis dalam penelitian ini dilakukan dengan mengambil nilai maksimum dari hasil perhitungan untuk setiap kombinasi, baik simpangan relatif maupun simpangan antar tingkat. Selanjutnya dari nilai maksimum tersebut dihitung persentase perubahan dari tiap-tiap kombinasi dengan variasinya terhadap kombinasi tanpa peredam tambahan seperti terlihat pada Tabel 6.1 dan Tabel 6.2. Dari kedua tabel tersebut dibuat grafik atau Gambar 6.1 dan 6.2 yang merupakan presentase dari simpangan relatif dan antar tingkat maksimum untuk setiap kombinasi.

Persentase tersebut dibuat dengan anggapan bahwa simpangan relatif maupun antar tingkat untuk kombinasi 0 (tanpa redaman) sama dengan 100 %, kemudian

dihitung persentase simpangan untuk kombinasi 1 sampai dengan 42 terhadap kombinasi 0. Misalnya, untuk simpangan relatif kombinasi 0 pada lantai 4 sebesar 3,897 cm dianggap 100%, kemudian simpangan relatif untuk kombinasi 15 (R1A pada tingkat 4 dan R1B pada tingkat 2) sebesar 1,4733 cm, persentasenya =  $(1,4733/3,897) \times 100\% = 37,805\%$  terhadap kombinasi 0. Setelah dihitung persentase untuk tiap-tiap kombinasi, kemudian dicari persentase nilai reduksi simpangan baik simpangan relatif maupun antar tingkat dengan memakai persamaan (3.53) dan (3.54). Pembahasan lebih lanjut untuk simpangan relatif dan antar tingkat untuk tingkat 1 sampai dengan tingkat 4 akan diuraikan sebagai berikut ini.

#### 6.1.1 Simpangan Relatif Maksimum Lantai Satu

Perbandingan persentase simpangan relatif terhadap kombinasi 0 (tanpa peredam tambahan) pada lantai 1, dapat dilihat pada Gambar 6.1.a. Dari gambar tersebut terlihat bahwa persentase pada penempatan ganda *MR-Damper* variasi 1 berkisar antara 44,42% s/d 59,11%, variasi 2 berkisar antara 44,42% s/d 58,38%, sedangkan variasi 3 berkisar antara 46,38% s/d 58,40%. Reduksi simpangan relatif terbesar terjadi pada penempatan *MR-Damper* ganda di tingkat empat untuk variasi 1 dan 2, yaitu kombinasi 4 dan kombinasi 20, masing-masing sebesar 55,58%. Untuk variasi 3, terjadi pada lantai 2 saja, yaitu kombinasi 34 sebesar 53,62%. Reduksi simpangan relatif terkecil untuk variasi 1, 2, dan 3 terjadi di lantai satu, yaitu kombinasi 1, 17, dan 33, masing-masing sebesar 40,89%, 41,62%, dan 41,60%.

Pada penempatan kedua *MR-Damper* di tingkat yang berbeda, persentase simpangan relatif untuk variasi 1, berkisar antara 43,38% s/d 58,38%, variasi 2 berkisar antara 42,13% s/d 56,01%, dan variasi 3 berkisar antara 42,41% s/d 55,31%. Reduksi simpangan relatif terbesar untuk variasi 1, 2, dan 3 terjadi pada penempatan *MR-Damper* di tingkat dua dan empat, yaitu kombinasi 9, 31, dan 41, masing-masing sebesar 56,62%, 57,87, dan 57,59%. Reduksi simpangan relatif terkecil terjadi pada variasi 1 di lantai tiga dan empat, yaitu kombinasi 16 sebesar 41,62%. Untuk variasi 2 dan 3 terjadi di lantai satu dan tiga, yaitu kombinasi 28 dan kombinasi 38, masing-masing sebesar 43,99% dan 44,69%.

Dari hasil reduksi simpangan secara keseluruhan baik penempatan ganda maupun penempatan di tingkat berbeda, terlihat bahwa *Magnetorheological-Damper* dapat mengurangi simpangan relatif, dengan perbandingan persentase simpangan relatif terhadap struktur tanpa peredam tambahan berkisar antara 42,13% s/d 59,11%. Reduksi terbesar terjadi pada kombinasi 31 (R2A di tingkat 4 dan R2B di tingkat 2) sebesar 57,87%. Sedangkan reduksi terkecil terjadi pada kombinasi 1 (*MR-D* ganda variasi 1 di tingkat 1) sebesar 40,89%.

### 6.1.2 Simpangan Relatif Maksimum Lantai Dua

Perbandingan persentase simpangan relatif terhadap kombinasi 0 (tanpa peredam tambahan) pada lantai 2, dapat dilihat pada Gambar 6.1.b. Dari gambar tersebut terlihat bahwa persentase pada penempatan ganda *MR-Damper* variasi 1 berkisar antara 39,55% s/d 60,39%, variasi 2 berkisar antara 39,55% s/d 60,69%, sedangkan variasi 3 berkisar antara 39,55% s/d 60,71%. Reduksi simpangan relatif

terbesar terjadi pada penempatan *MR-Damper* ganda di tingkat dua untuk variasi 1, 2, dan 3 yaitu kombinasi 2, 18, dan 34, masing-masing sebesar 60,45%. Reduksi simpangan relatif terkecil untuk variasi 1, 2, dan 3 terjadi di lantai satu, yaitu kombinasi 1, 17, dan 33, masing-masing sebesar 39,61%, 39,31%, dan 39,29%.

Pada penempatan kedua *MR-Damper* di tingkat yang berbeda, persentase simpangan relatif untuk variasi 1, berkisar antara 39,31% s/d 59,82%, variasi 2 berkisar antara 44% s/d 58,92%, dan variasi 3 berkisar antara 47,37% s/d 57,56%. Reduksi simpangan relatif terbesar untuk variasi 1, 2, dan 3 terjadi pada penempatan *MR-Damper* di tingkat dua dan empat, yaitu kombinasi 15, 31, dan 41, masing-masing sebesar 59,82%, 58,92, dan 57,56%. Reduksi simpangan relatif terkecil terjadi pada variasi 1 di lantai tiga dan empat, yaitu kombinasi 16 sebesar 39,31%. Untuk variasi 2 di lantai satu dan empat, yaitu kombinasi 29 sebesar 44%, sedangkan untuk variasi 3 terjadi di lantai satu dan tiga, yaitu kombinasi 38, sebesar 47,37%.

Dari hasil reduksi simpangan secara keseluruhan baik penempatan ganda maupun penempatan di tingkat berbeda, terlihat bahwa *Magnetorheological-Damper* dapat mengurangi simpangan relatif, dengan perbandingan persentase simpangan relatif terhadap struktur tanpa peredam tambahan berkisar antara 39,55% s/d 60,71%. Reduksi terbesar terjadi pada kombinasi 2 (*MR-Damper* Ganda variasi 1 di tingkat 2), 18 (*MR-Damper* Ganda variasi 2 di tingkat 2), dan kombinasi 34 (*MR-damper* Ganda variasi di tingkat 2), masing-masing sebesar 60,45%. Sedangkan reduksi terkecil terjadi pada kombinasi 33 (*MR-D* Ganda variasi 3 di tingkat 1) sebesar 39,29%.

### 6.1.3 Simpangan Relatif Maksimum Lantai Tiga

Perbandingan persentase simpangan relatif terhadap kombinasi 0 (tanpa peredam tambahan) pada lantai 3, dapat dilihat pada Gambar 6.1.c. Dari gambar tersebut terlihat bahwa persentase pada penempatan ganda *MR-Damper* variasi 1 berkisar antara 39,99% s/d 62,22%, variasi 2 berkisar antara 39,99% s/d 62,13%, sedangkan variasi 3 berkisar antara 39,99% s/d 62,09%. Reduksi simpangan relatif terbesar terjadi pada penempatan *MR-Damper* ganda di tingkat dua untuk variasi 1, 2, dan 3 yaitu kombinasi 2, 18, dan 34, masing-masing sebesar 60,01%. Reduksi simpangan relatif terkecil untuk variasi 1, 2, dan 3 terjadi di lantai satu, yaitu kombinasi 1, 17, masing-masing sebesar 37,78%, dan kombinasi 33, sebesar 37,91%.

Pada penempatan kedua *MR-Damper* di tingkat yang berbeda, persentase simpangan relatif untuk variasi 1, berkisar antara 40,54% s/d 62,13%, variasi 2 berkisar antara 41,33% s/d 56,66%, dan variasi 3 berkisar antara 42,65% s/d 53,58%. Reduksi simpangan relatif terbesar untuk variasi 1 dan 2, terjadi pada penempatan *MR-Damper* di tingkat dua dan tiga, yaitu kombinasi 14 sebesar 59,46% dan kombinasi 30 sebesar 58,67%. Untuk variasi 3 terjadi pada penempatan *MR-Damper* di tingkat dua dan empat, yaitu kombinasi 41 sebesar 57,35%. Reduksi simpangan relatif terkecil terjadi pada variasi 1 di lantai tiga dan empat, yaitu kombinasi 16 sebesar 37,87%. Untuk variasi 2 dan 3 terjadi pada penempatan *MR-Damper* di tingkat satu dan tiga, yaitu kombinasi 28 sebesar 43,34%, dan kombinasi 38 sebesar 46,42%.

Dari hasil reduksi simpangan secara keseluruhan baik penempatan ganda maupun penempatan di tingkat berbeda, terlihat bahwa *Magnetorheological-Damper*

dapat mengurangi simpangan relatif, dengan perbandingan persentase simpangan relatif terhadap struktur tanpa peredam tambahan berkisar antara 39,99% s/d 62,22%. Reduksi terbesar terjadi pada kombinasi 2 (*MR-Damper* Ganda variasi 1 di tingkat 2), 18 (*MR-Damper* Ganda variasi 2 di tingkat 2), dan kombinasi 34 (*MR-damper* Ganda variasi di tingkat 2), masing-masing sebesar 60,01%. Sedangkan reduksi terkecil terjadi pada kombinasi 1 (*MR-D* Ganda variasi 1 di tingkat 1) sebesar 37,78%.

#### 6.1.4 Simpangan Relatif Maksimum Lantai Empat.

Perbandingan persentase simpangan relatif terhadap kombinasi 0 (tanpa peredam tambahan) pada lantai 4, dapat dilihat pada Gambar 6.1.d. Dari gambar tersebut terlihat bahwa persentase pada penempatan ganda *MR-Damper* variasi 1 berkisar antara 38,34% s/d 62,55%, variasi 2 berkisar antara 38,34% s/d 62,56%, sedangkan variasi 3 berkisar antara 38,34% s/d 62,57%. Reduksi simpangan relatif terbesar terjadi pada penempatan *MR-Damper* ganda di tingkat dua untuk variasi 1, 2, dan 3 yaitu kombinasi 2, 18, dan 34, masing-masing sebesar 61,66%. Reduksi simpangan relatif terkecil untuk variasi 1, 2, dan 3 terjadi di lantai satu, yaitu kombinasi 1 sebesar 37,45%, kombinasai 17 sebesar 37,44%, dan kombinasi 33, sebesar 37,43%.

Pada penempatan kedua *MR-Damper* di tingkat yang berbeda, persentase simpangan relatif untuk variasi 1, berkisar antara 37,81% s/d 62,56%, variasi 2 berkisar antara 38,70% s/d 57,26%, dan variasi 3 berkisar antara 40,34% s/d 54,25%. Reduksi simpangan relatif terbesar untuk variasi 1, 2, dan 3 terjadi pada penempatan

*MR-Damper* di tingkat dua dan empat, yaitu kombinasi 15, 31, dan 41 masing-masing sebesar 62,19%, 61,30%, dan 59,66%. Reduksi simpangan relatif terkecil terjadi pada variasi 1 di lantai tiga dan empat, yaitu kombinasi 16 sebesar 37,44%. Untuk variasi 2 dan 3 terjadi pada penempatan *MR-Damper* di tingkat satu dan tiga, yaitu kombinasi 28 sebesar 42,74%, dan kombinasi 38 sebesar 45,75%.

Dari hasil reduksi simpangan secara keseluruhan baik penempatan ganda maupun penempatan di tingkat berbeda, terlihat bahwa *Magnetorheological-Damper* dapat mengurangi simpangan relatif, dengan perbandingan persentase simpangan relatif terhadap struktur tanpa peredam tambahan berkisar antara 37,81% s/d 62,57%. Reduksi terbesar terjadi pada kombinasi 15 (R1A di tingkat 4 dan R1B di tingkat 2) sebesar 62,19%. Sedangkan reduksi terkecil terjadi pada kombinasi 33 (*MR-D* Ganda variasi 3 di tingkat 1) sebesar 37,43%.

#### **6.1.5 Simpangan Antar Tingkat Maksimum untuk Tingkat Satu**

Nilai simpangan antar tingkat untuk tingkat satu sama dengan simpangan relatif pada lantai satu. Hal ini dikarenakan anggapan bahwa pondasi terjepit penuh pada tanah sehingga pondasi tidak mengalami goyangan atau simpangan. Perbandingan persentase simpangan antar tingkat maksimum terhadap kombinasi 0 (tanpa redaman tambahan) pada tingkat 1 dapat dilihat juga pada Gambar 6.1.a.

#### **6.1.6 Simpangan Antar Tingkat Maksimum untuk Tingkat Dua**

Perbandingan persentase simpangan antar tingkat terhadap kombinasi 0 (tanpa peredam tambahan) pada tingkat 2, dapat dilihat pada Gambar 6.2.a. Dari

gambar tersebut terlihat bahwa persentase pada penempatan ganda *MR-Damper* variasi 1 berkisar antara 40,43% s/d 61,20%, variasi 2 berkisar antara 40,43% s/d 61,92%, sedangkan variasi 3 berkisar antara 40,43% s/d 61,89%. Reduksi simpangan antar tingkat terbesar terjadi pada penempatan *MR-Damper* ganda di tingkat dua untuk variasi 1, 2, dan 3 yaitu kombinasi 2, 18, dan 34, masing-masing sebesar 59,57%. Reduksi simpangan antar tingkat terkecil untuk variasi 1, 2, dan 3 terjadi di tingkat satu, yaitu kombinasi 1 sebesar 38,80%, kombinasai 17 sebesar 38,08%, dan kombinasi 33, sebesar 38,11%.

Pada penempatan kedua *MR-Damper* di tingkat yang berbeda, persentase simpangan relatif untuk variasi 1, berkisar antara 40,92% s/d 107,18%, variasi 2 berkisar antara 41,64% s/d 57,09%, dan variasi 3 berkisar antara 42,95% s/d 54,91%. Reduksi simpangan antar tingkat terbesar pada penempatan kedua *MR-Damper* di tingkat yang berbeda untuk variasi 1, 2, dan 3 terjadi pada penempatan *MR-Damper* di tingkat dua dan tiga, yaitu kombinasi 14, 30, dan 40 masing-masing sebesar 59,08%, 58,36%, dan 57,05%. Reduksi simpangan antar tingkat terkecil terjadi pada variasi 1 di lantai tiga dan empat, yaitu kombinasi 16 sebesar 38,08%. Untuk variasi 2 dan 3 terjadi pada penempatan *MR-Damper* di tingkat satu dan empat, yaitu kombinasi 29 sebesar 42,91%, dan kombinasi 38 sebesar 45,09%. Pada kombinasi 6 (R1A di tingkat 1 dan R1B di tingkat 3) persentase simpangan antar tingkat sebesar 107,18%, nilai tersebut menunjukkan ada penambahan simpangan sebesar 7,18%, sehingga dapat disimpulkan bahwa penempatan *MR-Damper* pada kombinasi ini tidak efektif.



Dari hasil reduksi simpangan secara keseluruhan baik penempatan ganda maupun penempatan di tingkat berbeda, terlihat bahwa *Magnetorheological-Damper* dapat mengurangi simpangan antar tingkat, dengan perbandingan persentase simpangan terhadap struktur tanpa peredam tambahan berkisar antara 40,43% s/d 107,18%. Reduksi terbesar terjadi pada kombinasi 2 (*MR-Damper* Ganda variasi 1 di tingkat 2), 18 (*MR-Damper* Ganda variasi 2 di tingkat 2), dan kombinasi 34 (*MR-damper* Ganda variasi di tingkat 2), masing-masing sebesar 59,57%. Sedangkan reduksi terkecil terjadi pada kombinasi 33 (*MR-D* Ganda variasi 3 di tingkat 1) sebesar 38,11%.

#### 6.1.7 Simpangan Antar Tingkat Maksimum untuk Tingkat Tiga

Perbandingan persentase simpangan antar tingkat terhadap kombinasi 0 (tanpa peredam tambahan) pada tingkat 3, dapat dilihat pada Gambar 6.2.b. Dari gambar tersebut terlihat bahwa persentase pada penempatan ganda *MR-Damper* variasi 1 berkisar antara 44,18% s/d 64,61%, variasi 2 berkisar antara 44,18% s/d 64,22%, sedangkan variasi 3 berkisar antara 49,68% s/d 63,71%. Reduksi simpangan antar tingkat terbesar terjadi pada penempatan *MR-Damper* ganda di tingkat dua untuk variasi 1, 2, dan 3 yaitu kombinasi 4, kombinasi 20, masing-masing sebesar 55,82%, dan kombinasi 36, sebesar 50,32%. Reduksi simpangan antar tingkat terkecil untuk variasi 1, 2, dan 3 terjadi di tingkat satu, yaitu kombinasi 1 sebesar 35,39%, kombinasai 17 sebesar 35,78%, dan kombinasi 33, sebesar 36,29%.

Pada penempatan kedua *MR-Damper* di tingkat yang berbeda, persentase simpangan relatif untuk variasi 1, berkisar antara 43,10% s/d 64,22%, variasi 2

berkisar antara 43,15% s/d 60,20%, dan variasi 3 berkisar antara 43,71% s/d 57,97%. Reduksi simpangan antar tingkat terbesar pada penempatan kedua *MR-Damper* di tingkat yang berbeda untuk variasi 1, 2, dan 3 terjadi pada penempatan *MR-Damper* di tingkat dua dan empat, yaitu kombinasi 9, 25, dan 41 masing-masing sebesar 56,90%, 56,85%, dan 56,29%. Reduksi simpangan antar tingkat terkecil terjadi pada variasi 1 di lantai tiga dan empat, yaitu kombinasi 16 sebesar 35,78%. Untuk variasi 2 dan 3 terjadi pada penempatan *MR-Damper* di tingkat satu dan empat, yaitu kombinasi 28 sebesar 39,80%, dan kombinasi 38 sebesar 42,03%.

Dari hasil reduksi simpangan secara keseluruhan baik penempatan ganda maupun penempatan di tingkat berbeda, terlihat bahwa *Magnetorheological-Damper* dapat mengurangi simpangan antar tingkat, dengan perbandingan persentase simpangan terhadap struktur tanpa peredam tambahan berkisar antara 43,10% s/d 64,61%. Reduksi terbesar terjadi pada kombinasi 9 (R1A di tingkat 2 dan R1B di tingkat 4) sebesar 56,90%. Sedangkan reduksi terkecil terjadi pada kombinasi 1 (*MR-D Ganda* variasi 1 di tingkat 1) sebesar 35,39%.

#### 6.1.8 Simpangan Antar Tingkat Maksimum untuk Tingkat Empat.

Perbandingan persentase simpangan antar tingkat terhadap kombinasi 0 (tanpa peredam tambahan) pada tingkat 4, dapat dilihat pada Gambar 6.2.c. Dari gambar tersebut terlihat bahwa persentase pada penempatan ganda *MR-Damper* variasi 1 berkisar antara 33,53% s/d 65,58%, variasi 2 berkisar antara 33,54% s/d 65,58%, sedangkan variasi 3 berkisar antara 38,41% s/d 63,73%. Reduksi simpangan antar tingkat terbesar terjadi pada penempatan *MR-Damper* ganda di tingkat empat

untuk variasi 1, 2, dan 3 yaitu kombinasi 4, 20, dan 36 masing-masing sebesar 66,47%, 66,46%, dan 61,59%. Reduksi simpangan antar tingkat terkecil untuk variasi 1, 2, terjadi di tingkat 3, yaitu kombinasi 3 dan 19 masing-masing sebesar 34,42%. Untuk variasi 3 terjadi di tingkat satu, yaitu kombinasi 33, sebesar 36,27%.

Pada penempatan kedua *MR-Damper* di tingkat yang berbeda, persentase simpangan relatif untuk variasi 1, berkisar antara 27,71% s/d 64,83%, variasi 2 berkisar antara 25,97% s/d 64,14%, dan variasi 3 berkisar antara 27,22% s/d 63,32%. Reduksi simpangan antar tingkat terbesar pada penempatan kedua *MR-Damper* di tingkat yang berbeda untuk variasi 1, 2, dan 3 terjadi pada penempatan *MR-Damper* di tingkat dua dan empat, yaitu kombinasi 15, 31, dan 41 masing-masing sebesar 72,29%, 74,03%, dan 72,78%. Reduksi simpangan antar tingkat terkecil terjadi pada variasi 1, 2, dan 3 di tingkat satu dan tiga, yaitu kombinasi 6, 22, dan 38, masing-masing sebesar 35,17%, 35,86%, dan 36,68%.

Dari hasil reduksi simpangan secara keseluruhan baik penempatan ganda maupun penempatan di tingkat berbeda, terlihat bahwa *Magnetorheological-Damper* dapat mengurangi simpangan antar tingkat, dengan perbandingan persentase simpangan terhadap struktur tanpa peredam tambahan berkisar antara 25,97% s/d 65,58%. Reduksi terbesar terjadi pada kombinasi 31 (R2A di tingkat 4 dan R2B di tingkat 2) sebesar 74,03%. Sedangkan reduksi terkecil terjadi pada kombinasi 1 (*MR-D Ganda* variasi 1 di tingkat 1), dan kombinasi 19 (*MR-D Ganda* variasi 2 di tingkat 3) masing-masing sebesar 34,42%.

## 6.2 Pembahasan

Eksitasi atau guncangan gempa yang mengenai pada suatu struktur akan menyebabkan struktur bergoyang dengan berbagai pola goyangan sesuai dengan jumlah tingkat struktur tersebut, dalam penelitian ini untuk struktur bertingkat empat.

Nilai redaman yang dimiliki struktur relatif kecil, sehingga untuk mengurangi respon gempa dipasang peredam tambahan (Chopra, 1995). Penggunaan peredam pada semua tingkat tidaklah praktis, karena efek yang ditimbulkan hampir sama jika dipasang pada semua tingkat. Oleh sebab itu, digunakan redaman pada tingkat tertentu yang efektif untuk mengurangi respon gempa tersebut.

Penelitian ini mencoba mengkombinasikan penempatan *Magnetorheological Damper* ganda dengan tiga variasi proporsi kapasitasnya pada masing-masing tingkat dari suatu model bangunan geser bertingkat empat. Dari penelitian tersebut akan diperoleh penempatan *MR-Damper* yang efektif untuk mengurangi simpangan struktur yang dikenai eksitasi gempa berupa riwayat waktu (*time history*) dari gempa El Centro, pada tahun 1940.

Setelah analisis dilakukan dapat diketahui bahwa penggunaan *MR-Damper* pada struktur bertingkat empat mampu mengurangi simpangan relatif menjadi sebesar 62,19% dan simpangan antar tingkat menjadi hanya 74,03%. Hal ini membuktikan bahwa alat *MR-Damper* dapat meredam getaran akibat eksitasi gempa.

Berdasarkan Tabel 6.1 dan Tabel 6.2 menunjukkan persentase simpangan relatif maksimum dan simpangan antar tingkat maksimum, terlihat bahwa ada beberapa kombinasi penempatan *MR-Damper* yang mempunyai reduksi simpangan terbesar dan terkecil. Reduksi simpangan relatif maksimum terbesar terletak pada

kombinasi 15, yaitu variasi 1 dengan kapasitas *MR-Damper* 4,5 kip/(in/det) di tingkat empat dan kapasitas 25,5 kip/(in/det) di tingkat dua sebesar 62,19%. Sedangkan reduksi simpangan antar tingkat maksimum terbesar terletak pada kombinasi 31, yaitu variasi 2 dengan kapasitas *MR-Damper* 9 kip/(in/det) di tingkat empat dan kapasitas 21 kip/(in/det) di tingkat dua sebesar 74,03%. Nilai reduksi simpangan relatif dan antar tingkat maksimum untuk tingkat 4 dapat dilihat pada Tabel 6.2.d dan Tabel 6.2.e.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai variasi kapasitas *MR-Damper* juga menentukan penempatan efektif *MR-Damper*, selain nilai reduksi simpangan yang terjadi.

### 6.2.1 Gaya Redam Viskos Ganda

Analisis gaya redam viskos ganda terhadap rasio redaman, persentase simpangan relatif dan antar tingkat untuk semua kombinasi dapat dilihat pada Tabel 6.3. Kemudian dibuat grafik untuk gaya redam viskos ganda pada Gambar 6.3.

Berdasarkan Tabel 6.3 tersebut terlihat bahwa nilai total gaya redam viskos ganda untuk kombinasi 15 sebesar 67748,9282 kg, dan untuk kombinasi 31 sebesar 73927,6168 kg. Akan tetapi ternyata ada kombinasi yang menghasilkan gaya redam total yang lebih kecil, seperti pada penempatan *MR-Damper* ganda untuk variasi 1, 2, dan 3 terlihat pada kombinasi 1, 17, dan 33, yang masing-masing sebesar 37635,4089 kg, 37655,9589kg, dan 33227,3609 kg. Sedangkan bila ditinjau dari penempatan *MR-Damper* di tingkat yang berbeda, terlihat pada kombinasi 11, 27, dan 37, yang masing-masing sebesar 41556,1018 kg, 35560,0227 kg, dan

52072,2581 kg. Kemudian terdapat kombinasi yang nilai total gaya redamnya terbesar terjadi pada kombinasi 26 (R2A di tingkat 3 dan R2B di tingkat 4) sebesar 336292,8201 kg, sehingga tidak efektif penempatan *MR-Damper* untuk kombinasi tersebut.

Bila dikaji lebih dalam maka nilai gaya redam yang kecil tidak diikuti dengan nilai persentase simpangan relatif dan antar tingkat yang kecil pula, misalkan saja pada kombinasi 33 (*MR-D* Ganda Variasi 3 di tingkat 1) nilai gaya redamnya sebesar 33227,3609 kg, nilai persentase simpangan relatif dan antar tingkat cukup besar atau reduksinya kecil terhadap struktur tanpa redaman, yaitu sebesar 37,43% dan 36,68%. Dengan memperhatikan hasil tersebut, menunjukkan bahwa penempatan efektif *MR-Damper* seperti yang dijelaskan pada bab pembahasan, belum bisa dijadikan kesimpulan secara umum, sehingga perlu dilakukan investigasi lebih lanjut.

Berdasarkan persamaan gerak akibat beban gempa berikut ini,

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = -m\ddot{y}_g \quad (6.1)$$

menggambarkan bahwa perubahan karakteristik dinamik suatu struktur, baik itu massa, redaman, kekakuan, maupun perubahan eksitasi gempa akan berpengaruh terhadap besarnya respon yang terjadi pada struktur tersebut (percepatan, kecepatan, dan simpangan).

Apabila variabel massa tetap dan variabel redaman kecil, maka akan didapat simpangan yang besar. Begitu juga sebaliknya apabila variabel redaman besar, maka akan didapat nilai simpangan yang kecil.

### 6.2.2 Rasio Redaman Total

Nilai rasio redaman total dapat dilihat pada Tabel 6.4, kemudian dibuat Gambar 6.4 untuk semua Mode, dan Gambar 6.4.a untuk rasio redaman total pada Mode ke-1. Pembahasan nilai rasio redaman di tinjau pada mode ke-1 dikarenakan pada mode ke-1 pola goyangan yang terjadi menimbulkan simpangan cukup besar dibandingkan dengan mode ke-2, 3 dan 4.

Dari Gambar 6.4.a tersebut terlihat bahwa nilai rasio redaman untuk kombinasi 15 (R1A di tingkat empat dan R1B di tingkat dua) sebesar 0,3032, dan untuk kombinasi 31 (R2A di tingkat empat dan R2B di tingkat dua) sebesar 0,2873. Akan tetapi pada kombinasi 2, 18, dan 34 untuk variasi 1, 2, dan 3 di tingkat 2, nilai rasio redaman total lebih besar, masing-masing sebesar 0,319.

Seperti yang dijelaskan pada pembahasan gaya redam total viskos ganda di atas, ternyata nilai rasio redaman total yang besar, tidak diikuti dengan nilai gaya redam total yang kecil, hal ini terbukti nilai gaya redaman kombinasi 2, 18, dan 34 sebesar 68505,2026 kg.

Berdasarkan persamaan berikut,

$$\ddot{g}_j + 2\xi_j \omega_j \dot{g}_j + \omega_j^2 g_j = -\ddot{y}_g \quad (6.2)$$

menggambarkan bahwa semakin besar rasio redaman total maka semakin kecil simpangan yang terjadi. Apabila dikaitkan dengan hasil nilai rasio redaman total tersebut di atas, ternyata belum bisa terbukti untuk kombinasi 15 dan kombinasi 31. Meskipun demikian nilai rasio redaman total kombinasi tersebut cukup lebih besar dibandingkan dengan kombinasi yang lain.

Tabel 6.1 Simpangan Relatif Maksimum

No.	Kombinasi	Letak dan Variasi Magneto Rheological (MR-D)	Simpangan Relatif Maksimum											
			Lantai 1			Lantai 2			Lantai 3			Lantai 4		
			(cm)	(%)	Reduksi (%)	(cm)	(%)	Reduksi (%)	(cm)	(%)	Reduksi (%)	(cm)	(%)	Reduksi (%)
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Kom.0	Tanpa Peredam Tambahan	0,7074	100,0000	0,0000	1,9417	100,0000	0,0000	2,8588	100,0000	0,0000	<b>3,8970</b>	<b>100,0000</b>	<b>0,0000</b>
2	Kom.1	MR-D Ganda Var. 1 tk. 1	0,4182	59,1145	40,8855	1,1727	60,3940	39,6060	1,7786	62,2150	37,7850	2,4375	62,5487	37,4513
3	Kom.2	MR-D Ganda Var. 1 tk. 2	0,3281	46,3757	53,6243	0,7680	39,5516	60,4484	1,1433	39,9928	60,0072	1,4940	38,3371	61,6629
4	Kom.3	MR-D Ganda Var. 1 tk. 3	0,3770	53,2971	46,7029	0,9403	48,4237	51,5763	1,3546	47,3853	52,6147	1,9611	50,3243	49,6757
5	Kom.4	MR-D Ganda Var. 1 tk. 4	0,3142	44,4191	55,5809	0,9098	46,8537	53,1463	1,3103	45,8350	54,1650	1,7542	45,0148	54,9852
6	Kom.5	R1A tk. 1 dan R1B tk. 2	0,3270	46,2280	53,7720	0,8035	41,3803	58,6197	1,1945	41,7842	58,2158	1,5802	40,5506	59,4494
7	Kom.6	R1A tk. 1 dan R1B tk. 3	0,3814	53,9181	46,0819	0,9580	49,3348	50,6652	1,4024	49,0567	50,9433	1,9995	51,3093	48,6907
8	Kom.7	R1A tk. 1 dan R1B tk. 4	0,3274	46,2847	53,7153	0,9365	48,2275	51,7725	1,3534	47,3408	52,6592	1,8054	46,3293	53,6707
9	Kom.8	R1A tk. 2 dan R1B tk. 3	0,3686	52,1032	47,8968	0,9134	47,0418	52,9582	1,3045	45,6314	54,3686	1,8823	48,3003	51,6997
10	Kom.9	R1A tk. 2 dan R1B tk. 4	0,3068	43,3764	56,6236	0,8828	45,4648	54,5352	1,2790	44,7390	55,2610	1,6976	43,5631	56,4369
11	Kom.10	R1A tk. 3 dan R1B tk. 4	0,3171	44,8234	55,1766	0,9157	47,1565	52,8435	1,3198	46,1676	53,8324	1,7629	45,2370	54,7630
12	Kom.11	R1A tk. 2 dan R1B tk. 1	0,3843	54,3313	45,6687	1,0521	54,1861	45,8139	1,5870	55,5114	44,4886	2,1815	55,9796	44,0204
13	Kom.12	R1A tk. 3 dan R1B tk. 1	0,3992	56,4249	43,5751	1,1259	57,9820	42,0180	1,6938	59,2494	40,7506	2,3295	59,7779	40,2221
14	Kom.13	R1A tk. 4 dan R1B tk. 1	0,4011	56,6967	43,3033	1,1355	58,4783	41,5217	1,6904	59,1285	40,8715	2,2716	58,2911	41,7089
15	Kom.14	R1A tk. 3 dan R1B tk. 2	0,3231	45,6751	54,3249	0,7955	40,9674	59,0326	1,1590	40,5402	59,4598	1,5546	39,8919	60,1081
16	<b>Kom.15</b>	<b>R1A tk. 4 dan R1B tk. 2</b>	<b>0,3082</b>	<b>43,5656</b>	<b>56,4344</b>	<b>0,7802</b>	<b>40,1782</b>	<b>59,8218</b>	<b>1,1735</b>	<b>41,0495</b>	<b>58,9505</b>	<b>1,4733</b>	<b>37,8050</b>	<b>62,1950</b>
17	Kom.16	R1A tk. 4 dan R1B tk. 3	0,4130	58,3821	41,6179	1,1785	60,6934	39,3066	1,7761	62,1290	37,8710	2,4380	62,5618	37,4382
18	Kom.17	MR-D Ganda Var. 2 tk. 1	0,4130	58,3821	41,6179	1,1785	60,6934	39,3066	1,7761	62,1290	37,8710	2,4380	62,5618	37,4382
19	Kom.18	MR-D Ganda Var. 2 tk. 2	0,3281	46,3757	53,6243	0,7680	39,5516	60,4484	1,1433	39,9928	60,0072	1,4940	38,3371	61,6629
20	Kom.19	MR-D Ganda Var. 2 tk. 3	0,3770	53,2971	46,7029	0,9403	48,4237	51,5763	1,3546	47,3853	52,6147	1,9611	50,3243	49,6757
21	Kom.20	MR-D Ganda Var. 2 tk. 4	0,3143	44,4240	55,5760	0,9098	46,8572	53,1428	1,3104	45,8388	54,1612	1,7544	45,0185	54,9815
22	Kom.21	R2A tk. 1 dan R2B tk. 2	0,3312	46,8131	53,1869	0,8416	43,3444	56,6556	1,2522	43,8025	56,1975	1,6761	43,0110	56,9890
23	Kom.22	R2A tk. 1 dan R2B tk. 3	0,3858	54,5319	45,4681	0,9766	50,2975	49,7025	1,4543	50,8728	49,1272	2,0400	52,3483	47,6517
24	Kom.23	R2A tk. 1 dan R2B tk. 4	0,3418	48,3211	51,6789	0,9645	49,6725	50,3275	1,4139	49,4574	50,5426	1,8811	48,2714	51,7286
25	Kom.24	R2A tk. 2 dan R2B tk. 3	0,3609	51,0167	48,9833	0,8877	45,7168	54,2832	1,2659	44,2793	55,7207	1,8086	46,4102	53,5898
26	Kom.25	R2A tk. 2 dan R2B tk. 4	0,3046	43,0542	56,9458	0,8565	44,1104	55,8896	1,2516	43,7812	56,2188	1,6426	42,1517	57,8483
27	Kom.26	R2A tk. 3 dan R2B tk. 4	0,3503	49,5252	50,4748	0,9487	48,8604	51,1396	1,3963	48,8406	51,1594	1,8611	47,7575	52,2425
28	Kom.27	R2A tk. 2 dan R2B tk. 1	0,3681	52,0320	47,9680	0,9638	49,6336	50,3664	1,4382	50,3070	49,6930	1,9792	50,7871	49,2129
29	Kom.28	R2A tk. 3 dan R2B tk. 1	0,3962	56,0083	43,9917	1,0784	55,5371	44,4629	1,6197	56,6578	43,3422	2,2316	57,2639	42,7361
30	Kom.29	R2A tk. 4 dan R2B tk. 1	0,3858	54,5383	45,4617	1,0873	55,9956	44,0044	1,6082	56,2534	43,7466	2,1391	54,8911	45,1089
31	Kom.30	R2A tk. 3 dan R2B tk. 2	0,3371	47,6521	52,3479	0,8214	42,3013	57,6987	1,1816	41,3317	58,6683	1,6193	41,5536	58,4464

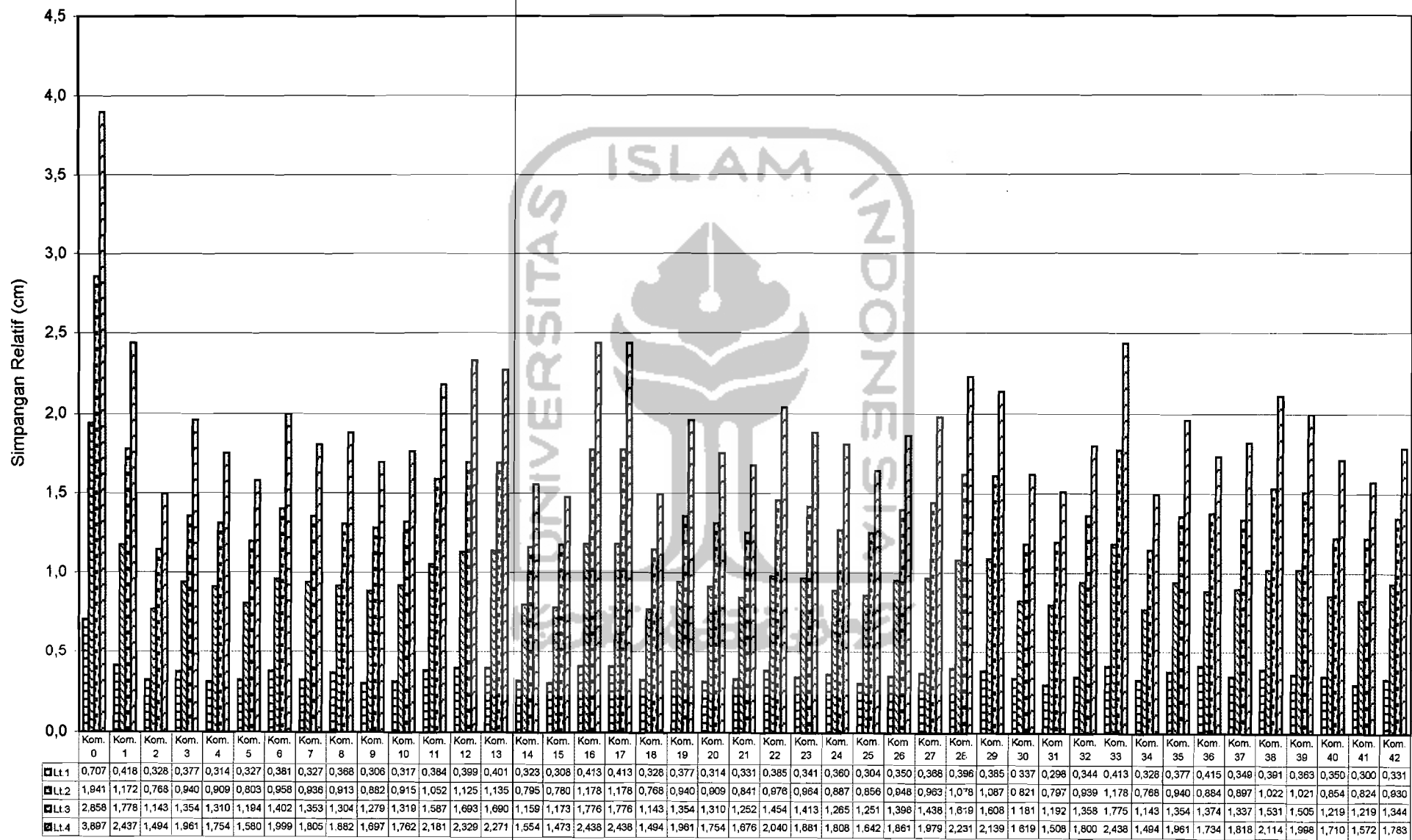


Tabel 6.1 Lanjutan...

32	Kom.31	R2A tk. 4 dan R2B tk. 2	0,2981	42,1337	57,8663	0,7976	41,0780	58,9220	1,1923	41,7066	58,2934	1,5080	38,6959	61,3041
33	Kom.32	R2A tk. 4 dan R2B tk. 3	0,3441	48,6407	51,3593	0,9391	48,3634	51,6366	1,3583	47,5119	52,4881	1,8009	46,2126	53,7874
34	Kom.33	MR-D Ganda Var. 3 tk. 1	0,4131	58,3972	41,6028	1,1788	60,7066	39,2934	1,7751	62,0944	37,9056	2,4384	62,5716	37,4284
35	Kom.34	MR-D Ganda Var. 3 tk. 2	0,3281	46,3757	53,6243	0,7680	39,5516	60,4484	1,1433	39,9928	60,0072	1,4940	38,3371	61,6629
36	Kom.35	MR-D Ganda Var. 3 tk. 3	0,3770	53,2971	46,7029	0,9403	48,4237	51,5763	1,3546	47,3853	52,6147	1,9611	50,3243	49,6757
37	Kom.36	MR-D Ganda Var. 3 tk. 4	0,4152	58,6896	41,3104	0,8845	45,5530	54,4470	1,3743	48,0740	51,9260	1,7345	44,5088	55,4912
38	Kom.37	R3A tk.1 dan R3B tk. 2	0,3495	49,4084	50,5916	0,8973	46,2092	53,7908	1,3378	46,7961	53,2039	1,8185	46,6647	53,3353
39	Kom.38	R3A tk.1 dan R3B tk. 3	0,3913	55,3142	44,6858	1,0220	52,6345	47,3655	1,5317	53,5798	46,4202	2,1142	54,2531	45,7469
40	Kom.39	R3A tk.1 dan R3B tk. 4	0,3630	51,3104	48,6896	1,0211	52,5854	47,4146	1,5056	52,6650	47,3350	1,9988	51,2917	48,7083
41	Kom.40	R3A tk.2 dan R3B tk. 3	0,3503	49,5229	50,4771	0,8545	44,0065	55,9935	1,2199	42,6719	57,3281	1,7109	43,9042	56,0958
42	Kom.41	R3A tk.2 dan R3B tk. 4	0,3000	42,4068	57,5932	0,8240	42,4376	57,5624	1,2194	42,6529	57,3471	1,5722	40,3439	59,6561
43	Kom.42	R3A tk.3 dan R3B tk. 4	0,3319	46,9223	53,0777	0,9304	47,9149	52,0851	1,3443	47,0246	52,9754	1,7836	45,7680	54,2320

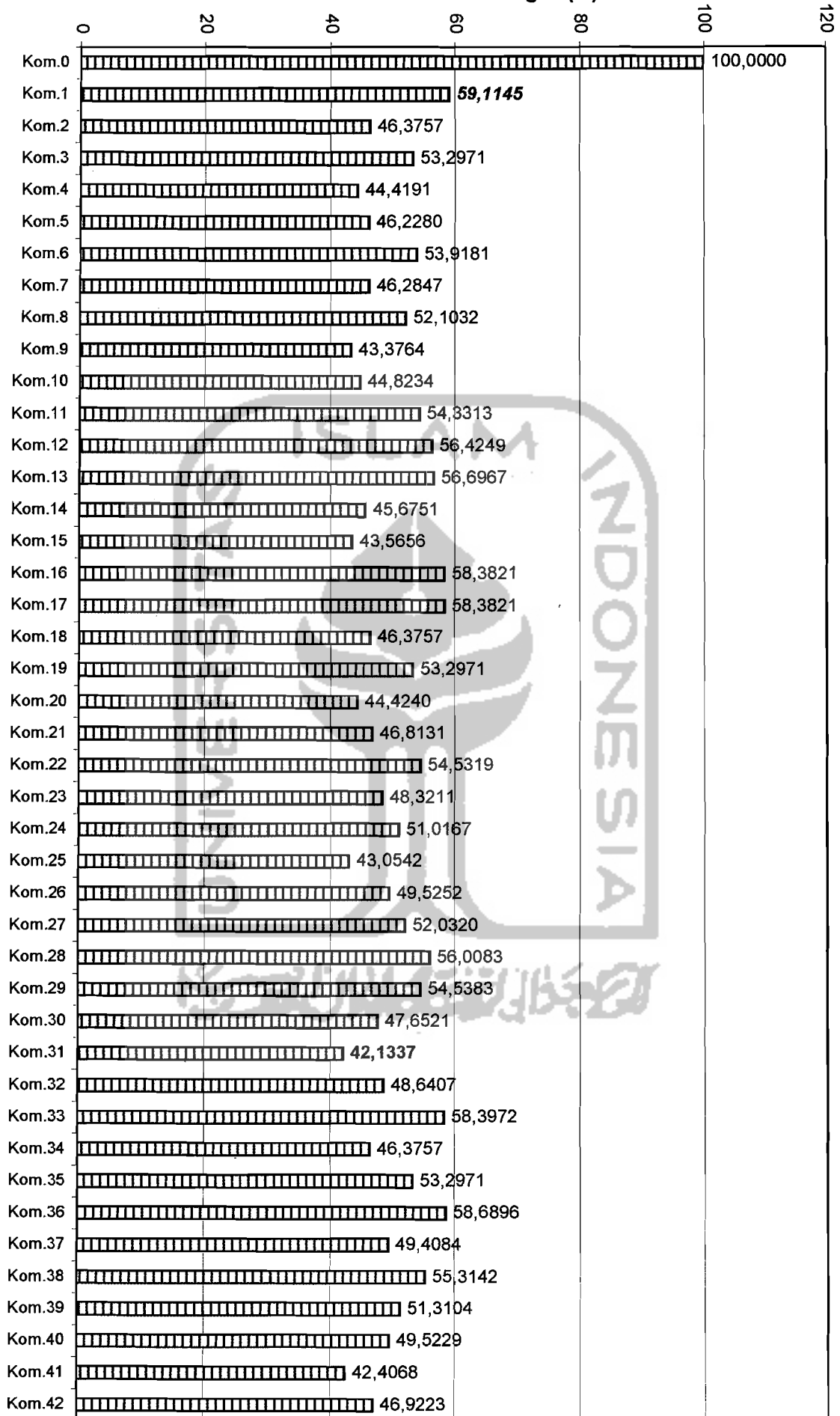
Keterangan :

1. Persentase simpangan relatif pada struktur tanpa redaman yaitu nilai kolom D1, G1, J1, dan M1, dianggap 100% (Kolom E1, H1, K1, dan N1).
2. Persentase simpangan relatif pada struktur dengan redaman yaitu nilai kolom E2, H2, K2, dan N2 dan seterusnya, dihitung dengan rumus seperti berikut ini, misalnya pada sel E2 =  $(D_i/D_1) \cdot 100\%$  (dengan  $i = 2$  sampai dengan 43) = 59,1145%.
3. Persentase nilai reduksi (pengurangan) pada kolom F2, I2, L2, dan O2 dan seterusnya, dihitung dengan persamaan 3.53 (Bab III). Misalnya, pada sel O16 =  $((3,8970 - 1,4733) / 3,8970) \cdot 100\% = 62,1950\%$ .
4. Sel E1 artinya Kolom E dengan baris 1 (pada kolom A).



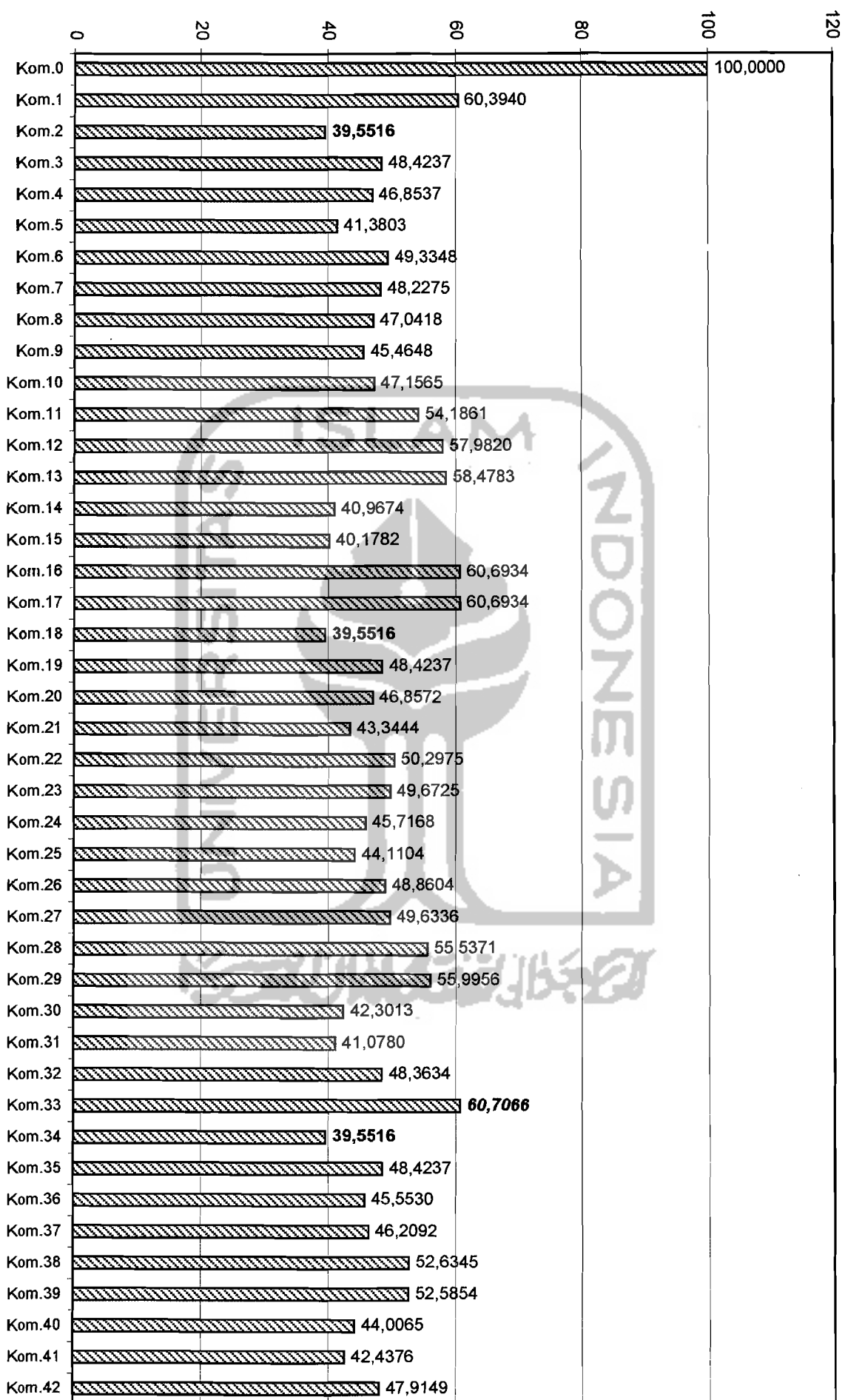
Gambar 6.1 Grafik Simpangan Relatif Maksimum

Persentase Perbandingan (%)

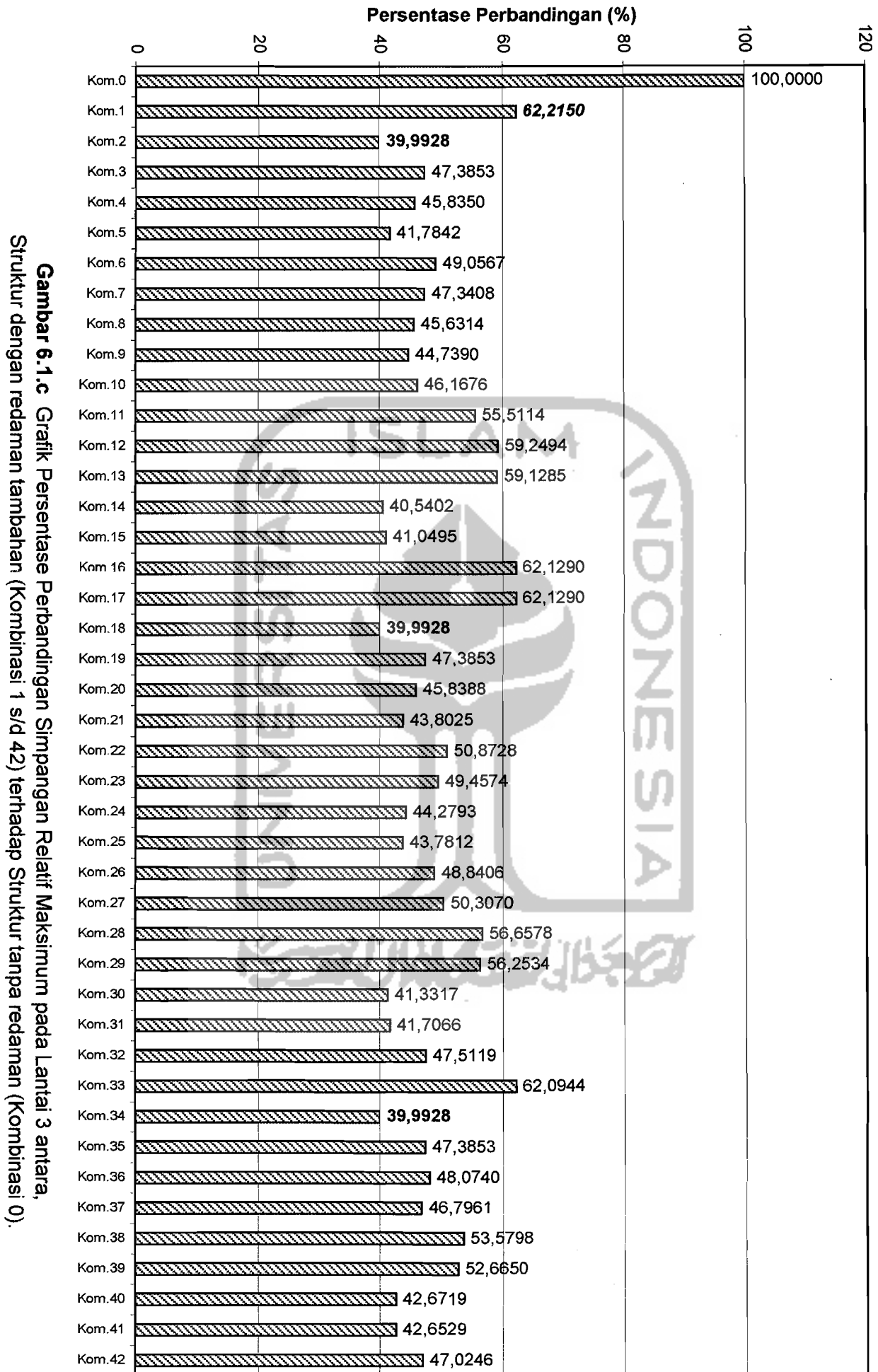


Gambar 6.1.a Grafik Persentase Perbandingan Simpanan Relatif Maksimum pada Lantai 1 antara, Struktur dengan redaman tambahan (Kombinasi 1 s/d 42) terhadap Struktur tanpa redaman (Kombinasi 0).

Persentase Perbandingan (%)

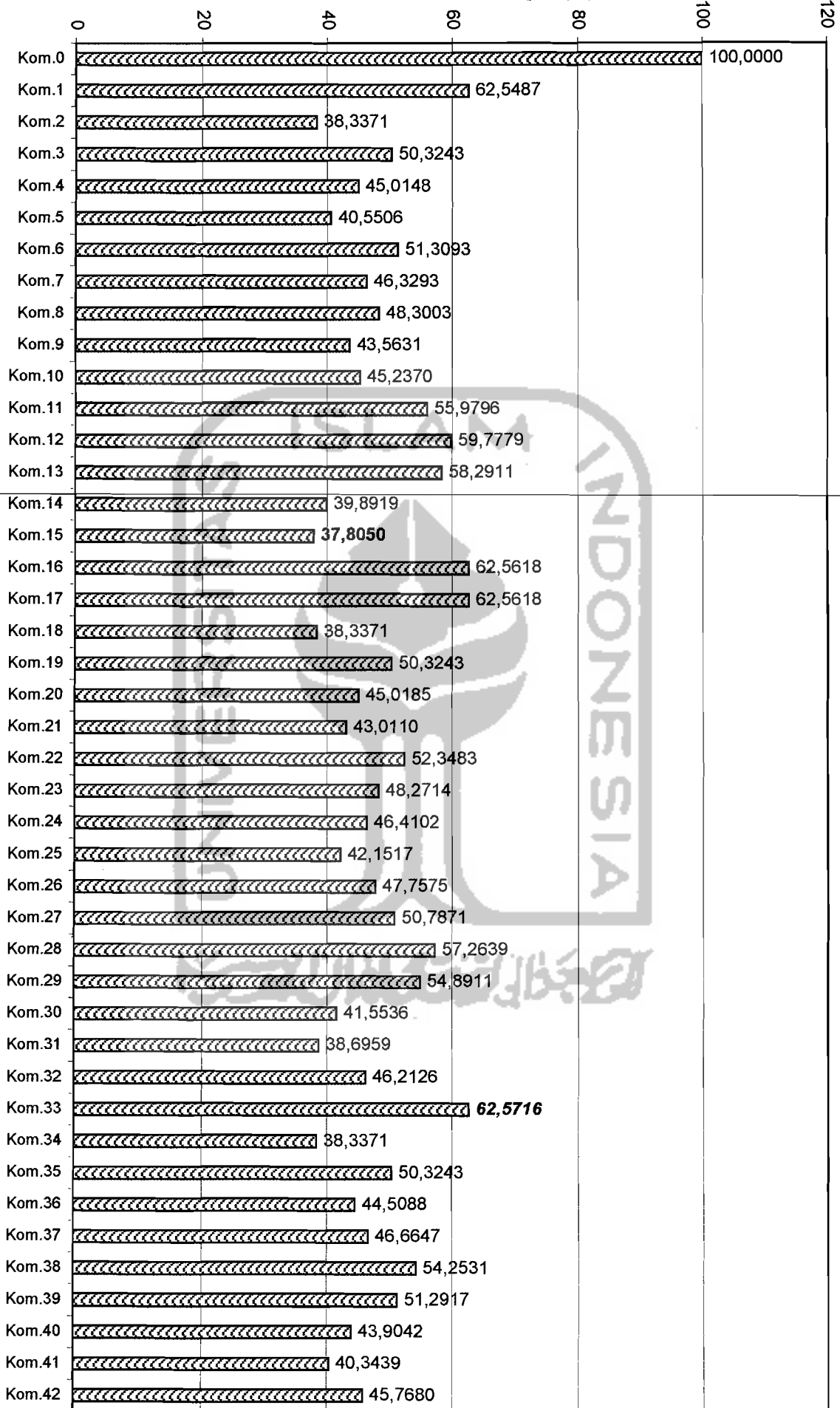


Gambar 6.1.b Grafik Persentase Perbandingan Simpangan Relatif Maksimum pada Lantai 2 antara, Struktur dengan redaman tambahan (Kombinasi 1 s/d 42) terhadap Struktur tanpa redaman (Kombinasi 0).



**Gambar 6.1.c** Grafik Persentase Perbandingan Simpangan Relatif Maksimum pada Lantai 3 antara, Struktur dengan redaman tambahan (Kombinasi 1 s/d 42) terhadap Struktur tanpa redaman (Kombinasi 0).

Percentase Perbandingan (%)



Gambar 6.1.d Grafik Percentase Perbandingan Simpangan Relatif Maksimum pada Lantai 4 antara, Struktur dengan redaman tambahan (Kombinasi 1 s/d 42) terhadap Struktur tanpa redaman (Kombinasi 0).

**Tabel 6.2** Simpangan Antar Tingkat Maksimum

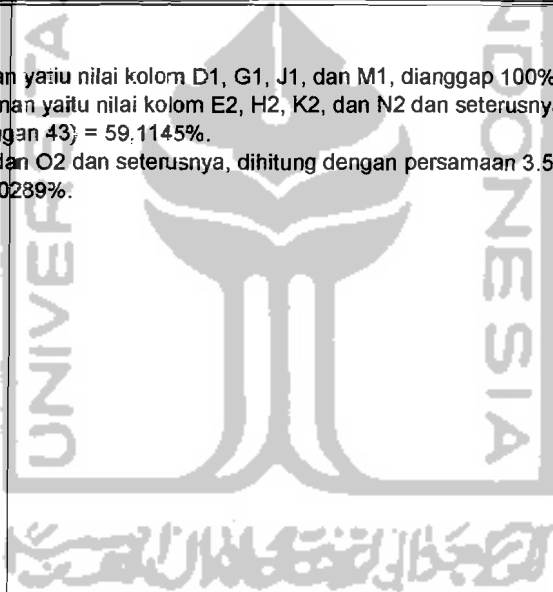
No.	Kombinasi	Letak dan Variasi Magneto Rheological (MR-D)	Simpangan Antar Tingkat Maksimum											
			Tingkat 1			Tingkat 2			Tingkat 3			Tingkat 4		
			(cm)	(%)	Reduksi (%)	(cm)	(%)	Reduksi (%)	(cm)	(%)	Reduksi (%)	(cm)	(%)	Reduksi (%)
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Kom.0	Tanpa Peredam Tambahan	0,7074	100,0000	0,0000	1,2409	100,0000	0,0000	0,9411	100,0000	0,0000	1,3237	100,0000	0,0000
2	Kom.1	MR-D Ganda Var. 1 tk. 1	0,4182	59,1145	40,8855	0,7595	61,2012	38,7988	0,6081	64,6122	35,3878	0,8206	61,9947	38,0053
3	Kom.2	MR-D Ganda Var. 1 tk. 2	0,3281	46,3757	53,6243	0,5017	40,4266	59,5734	0,4843	51,4645	48,5355	0,5932	44,8177	55,1823
4	Kom.3	MR-D Ganda Var. 1 tk. 3	0,3770	53,2971	46,7029	0,5882	47,3979	52,6021	0,5042	53,5735	46,4265	0,8681	65,5824	34,4176
5	Kom.4	MR-D Ganda Var. 1 tk. 4	0,3142	44,4191	55,5809	0,6174	49,7525	50,2475	0,4157	44,1758	55,8242	0,4439	33,5348	66,4652
6	Kom.5	R1A tk. 1 dan R1B tk. 2	0,3270	46,2280	53,7720	0,5232	42,1649	57,8351	0,4981	52,9265	47,0735	0,6155	46,4987	53,5013
7	Kom.6	R1A tk. 1 dan R1B tk. 3	0,3814	53,9181	46,0819	1,3300	107,1802	-7,1802	0,5151	54,7388	45,2612	0,8590	64,8283	35,1717
8	Kom.7	R1A tk. 1 dan R1B tk. 4	0,3274	46,2847	53,7153	0,6357	51,2265	48,7735	0,4341	46,1256	53,8744	0,4521	34,1526	65,8474
9	Kom.8	R1A tk. 2 dan R1B tk. 3	0,3686	52,1032	47,8968	0,5697	45,9123	54,0877	0,4925	52,3346	47,6654	0,8253	62,3477	37,6523
10	Kom.9	R1A tk. 2 dan R1B tk. 4	0,3068	43,3764	56,6236	0,5950	47,9527	52,0473	0,4056	43,0980	56,9020	0,4202	31,7432	68,2568
11	Kom.10	R1A tk. 3 dan R1B tk. 4	0,3171	44,8234	55,1766	0,6175	49,7598	50,2402	0,4175	44,3669	55,6331	0,4430	33,4707	66,5293
12	Kom.11	R1A tk. 2 dan R1B tk. 1	0,3843	54,3313	45,6687	0,6863	55,3041	44,6959	0,5801	61,6453	38,3547	0,7707	58,2226	41,7774
13	Kom.12	R1A tk. 3 dan R1B tk. 1	0,3992	56,4249	43,5751	0,7323	59,0170	40,9830	0,5844	62,1015	37,8985	0,8214	62,0553	37,9447
14	Kom.13	R1A tk. 4 dan R1B tk. 1	0,4011	56,6967	43,3033	0,7371	59,4022	40,5978	0,5563	59,1083	40,8917	0,5862	44,2892	55,7108
15	Kom.14	R1A tk. 3 dan R1B tk. 2	0,3231	45,6751	54,3249	0,5077	40,9155	59,0845	0,4804	51,0500	48,9500	0,6266	47,3355	52,6645
16	Kom.15	R1A tk. 4 dan R1B tk. 2	0,3082	43,5656	56,4344	0,5180	41,7426	58,2574	0,4408	46,8352	53,1648	0,3667	27,7053	72,2947
17	Kom.16	R1A tk. 4 dan R1B tk. 3	0,4130	58,3821	41,6179	0,7684	61,9239	38,0761	0,6043	64,2171	35,7829	0,8150	61,5742	38,4258
18	Kom.17	MR-D Ganda Var. 2 tk. 1	0,4130	58,3821	41,6179	0,7684	61,9239	38,0761	0,6043	64,2171	35,7829	0,8150	61,5742	38,4258
19	Kom.18	MR-D Ganda Var. 2 tk. 2	0,3281	46,3757	53,6243	0,5017	40,4266	59,5734	0,4843	51,4645	48,5355	0,5932	44,8177	55,1823
20	Kom.19	MR-D Ganda Var. 2 tk. 3	0,3770	53,2971	46,7029	0,5882	47,3979	52,6021	0,5042	53,5735	46,4265	0,8681	65,5824	34,4176
21	Kom.20	MR-D Ganda Var. 2 tk. 4	0,3143	44,4240	55,5760	0,6174	49,7563	50,2437	0,4158	44,1810	55,8190	0,4439	33,5375	66,4625
22	Kom.21	R2A tk. 1 dan R2B tk. 2	0,3312	46,8131	53,1869	0,5475	44,1188	55,8812	0,5128	54,4913	45,5087	0,6410	48,4238	51,5762
23	Kom.22	R2A tk. 1 dan R2B tk. 3	0,3858	54,5319	45,4681	0,6280	50,6044	49,3956	0,5273	56,0280	43,9720	0,8491	64,1442	35,8558
24	Kom.23	R2A tk. 1 dan R2B tk. 4	0,3418	48,3211	51,6789	0,6547	52,7629	47,2371	0,4542	48,2611	51,7389	0,4672	35,2991	64,7009
25	Kom.24	R2A tk. 2 dan R2B tk. 3	0,3609	51,0167	48,9833	0,5528	44,5518	55,4482	0,4836	51,3856	48,6144	0,7861	59,3877	40,6123
26	Kom.25	R2A tk. 2 dan R2B tk. 4	0,3046	43,0542	56,9458	0,5730	46,1779	53,8221	0,4061	43,1494	56,8506	0,3949	29,8368	70,1632
27	Kom.26	R2A tk. 3 dan R2B tk. 4	0,3503	49,5252	50,4748	0,6164	49,6735	50,3265	0,4475	47,5527	52,4473	0,4648	35,1182	64,8818
28	Kom.27	R2A tk. 2 dan R2B tk. 1	0,3681	52,0320	47,9680	0,6371	51,3403	48,6597	0,5590	59,4029	40,5971	0,7301	55,1584	44,8416
29	Kom.28	R2A tk. 3 dan R2B tk. 1	0,3962	56,0088	43,9917	0,7002	56,4270	43,5730	0,5665	60,2008	39,7992	0,8283	62,5743	37,4257
30	Kom.29	R2A tk. 4 dan R2B tk. 1	0,3858	54,5388	45,4617	0,7084	57,0903	42,9097	0,5211	55,3725	44,6275	0,5331	40,2778	59,7222
31	Kom.30	R2A tk. 3 dan R2B tk. 2	0,3371	47,6521	52,3479	0,5168	41,6432	58,3568	0,4766	50,6486	49,3514	0,6667	50,3708	49,6292
32	Kom.31	R2A tk. 4 dan R2B tk. 2	0,2981	42,1337	57,8663	0,5288	42,6172	57,3828	0,4234	44,9857	55,0143	0,3438	25,9711	74,0289
33	Kom.32	R2A tk. 4 dan R2B tk. 3	0,3441	48,6407	51,3593	0,6127	49,3765	50,6235	0,4370	46,4364	53,5636	0,4732	35,7487	64,2513

Tabel 6.2 Lanjutan...

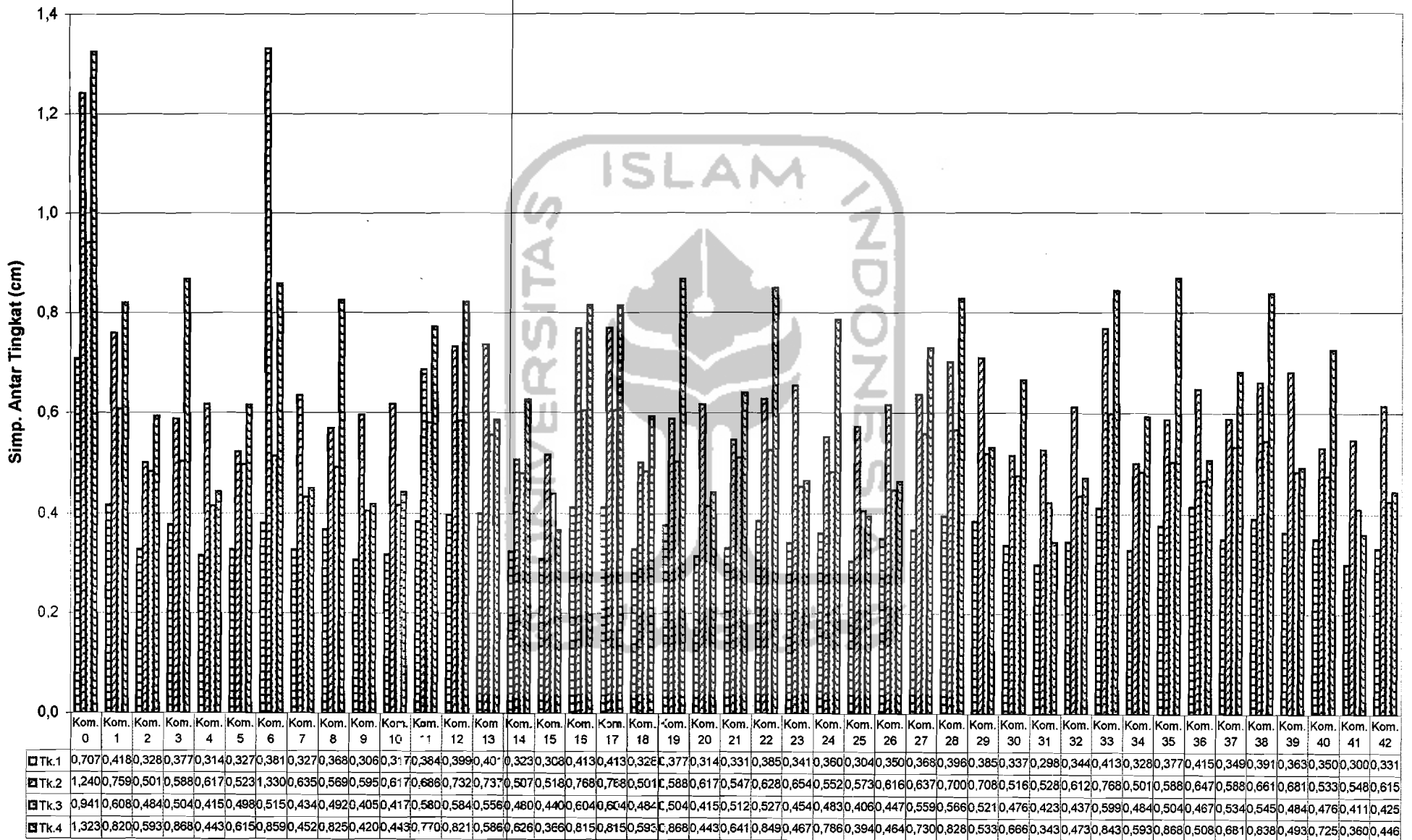
34	Kom.33	MR-D Ganda Var. 3 tk. 1	0,4131	58,3972	41,6028	0,7580	61,8861	38,1139	0,5995	63,7078	36,2922	0,8435	63,7282	36,2718
35	Kom.34	MR-D Ganda Var. 3 tk. 2	0,3281	46,3757	53,6243	0,5017	40,4266	59,5734	0,4843	51,4645	48,5355	0,5932	44,8177	55,1823
36	Kom.35	MR-D Ganda Var. 3 tk. 3	0,3770	53,2971	46,7029	0,5882	47,3979	52,6021	0,5042	53,5735	46,4265	0,8681	65,5824	34,4176
37	Kom.36	MR-D Ganda Var. 3 tk. 4	0,4152	58,6896	41,3104	0,6477	52,1978	47,8022	0,4675	49,6787	50,3213	0,5085	38,4128	61,5872
38	Kom.37	R3A tk.1 dan R3B tk. 2	0,3495	49,4084	50,5916	0,5887	47,4401	52,5599	0,5344	56,7868	43,2132	0,6816	51,4906	48,5094
39	Kom.38	R3A tk.1 dan R3B tk. 3	0,3913	55,3142	44,6858	0,6618	53,3346	46,6654	0,5455	57,9670	42,0330	0,8382	63,3204	36,6796
40	Kom.39	R3A tk.1 dan R3B tk. 4	0,3630	51,3104	48,6896	0,6814	54,9101	45,0899	0,4845	51,4844	48,5156	0,4932	37,2634	62,7366
41	Kom.40	R3A tk.2 dan R3B tk. 3	0,3503	49,5229	50,4771	0,5330	42,9500	57,0500	0,4767	50,6598	49,3402	0,7251	54,7820	45,2180
42	Kom.41	R3A tk.2 dan R3B tk. 4	0,3000	42,4068	57,5932	0,5482	44,1757	55,8243	0,4113	43,7085	56,2915	0,3604	27,2245	72,7755
43	Kom.42	R3A tk.3 dan R3B tk. 4	0,3319	46,9223	53,0777	0,6150	49,5619	50,4381	0,4256	45,2242	54,7758	0,4464	33,7277	66,2723

Keterangan :

1. Persentase simpangan antar tingkat pada struktur tanpa redaman yaitu nilai kolom D1, G1, J1, dan M1, dianggap 100% (Kolom E1, H1, K1, dan N1).
2. Persentase simpangan antar tingkat pada struktur dengan redaman yaitu nilai kolom E2, H2, K2, dan N2 dan seterusnya, dihitung dengan rumus seperti berikut ini, misalnya pada sel E2 =  $(D_i/D_1) \cdot 100\%$  (dengan  $i = 2$  sampai dengan 43) = 59,1145%.
3. Persentase nilai reduksi (pengurangan) pada kolom F2, I2, L2, dan O2 dan seterusnya, dihitung dengan persamaan 3.54 (Bab III). Misalnya, pada sel O32 =  $((1,3237 - 0,3438) / 1,3237) \cdot 100\% = 74,0289\%$ .
4. Sel E1 artinya Kolom E dengan baris 1 (pada kolom A).

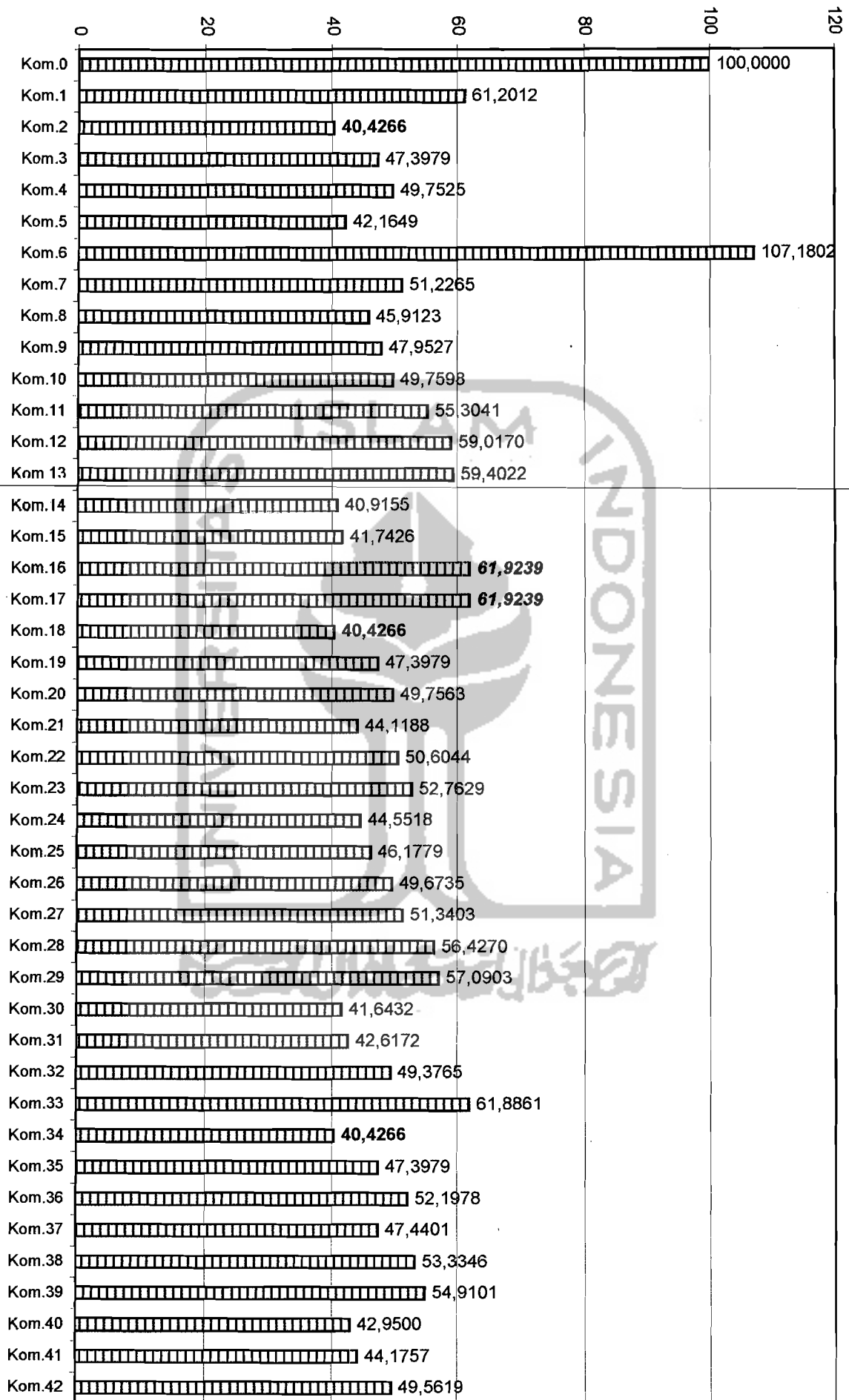






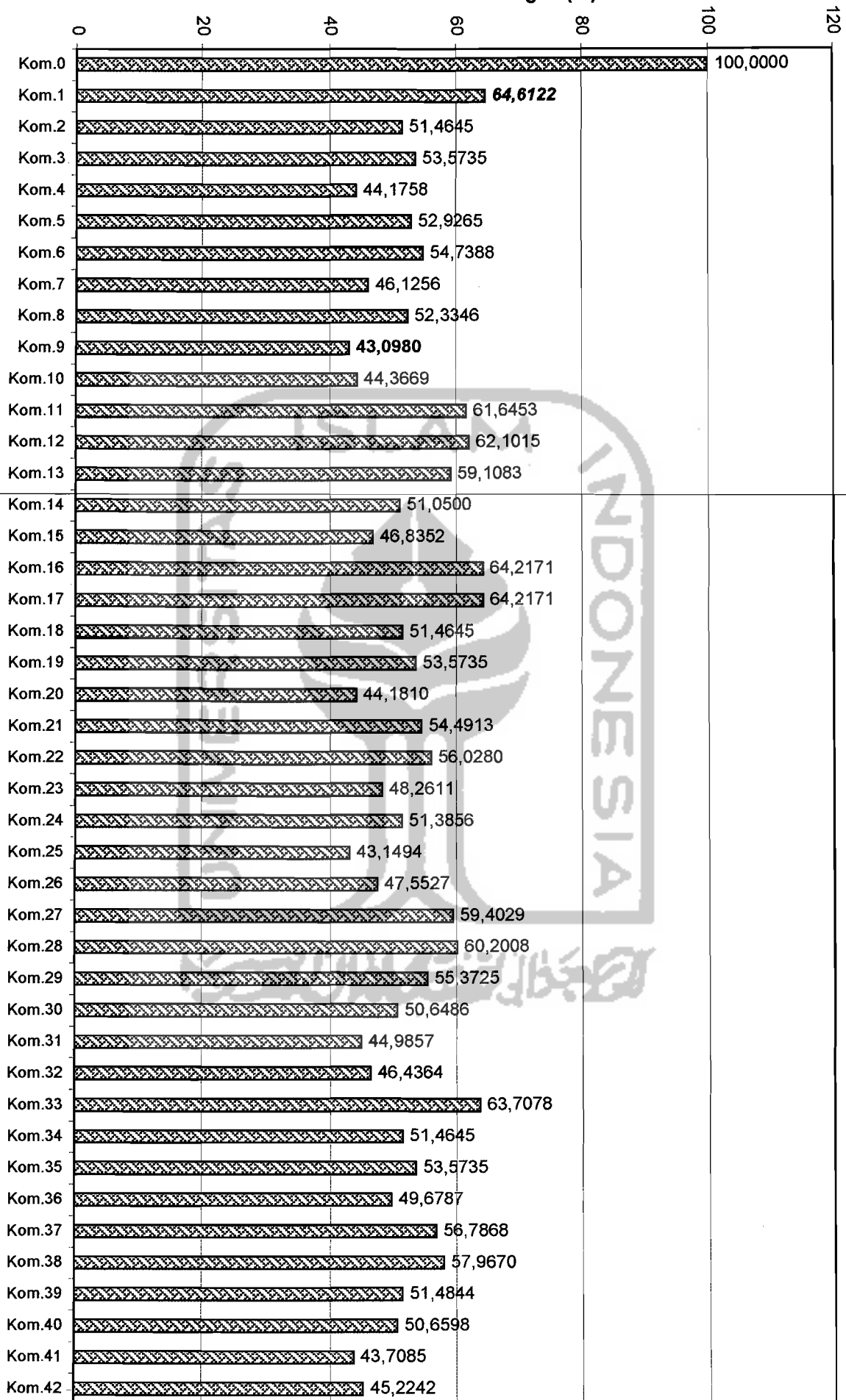
Gambar 6.2 Grafik Simpangan Antar Tingkat Maksimum

Persentase Perbandingan (%)



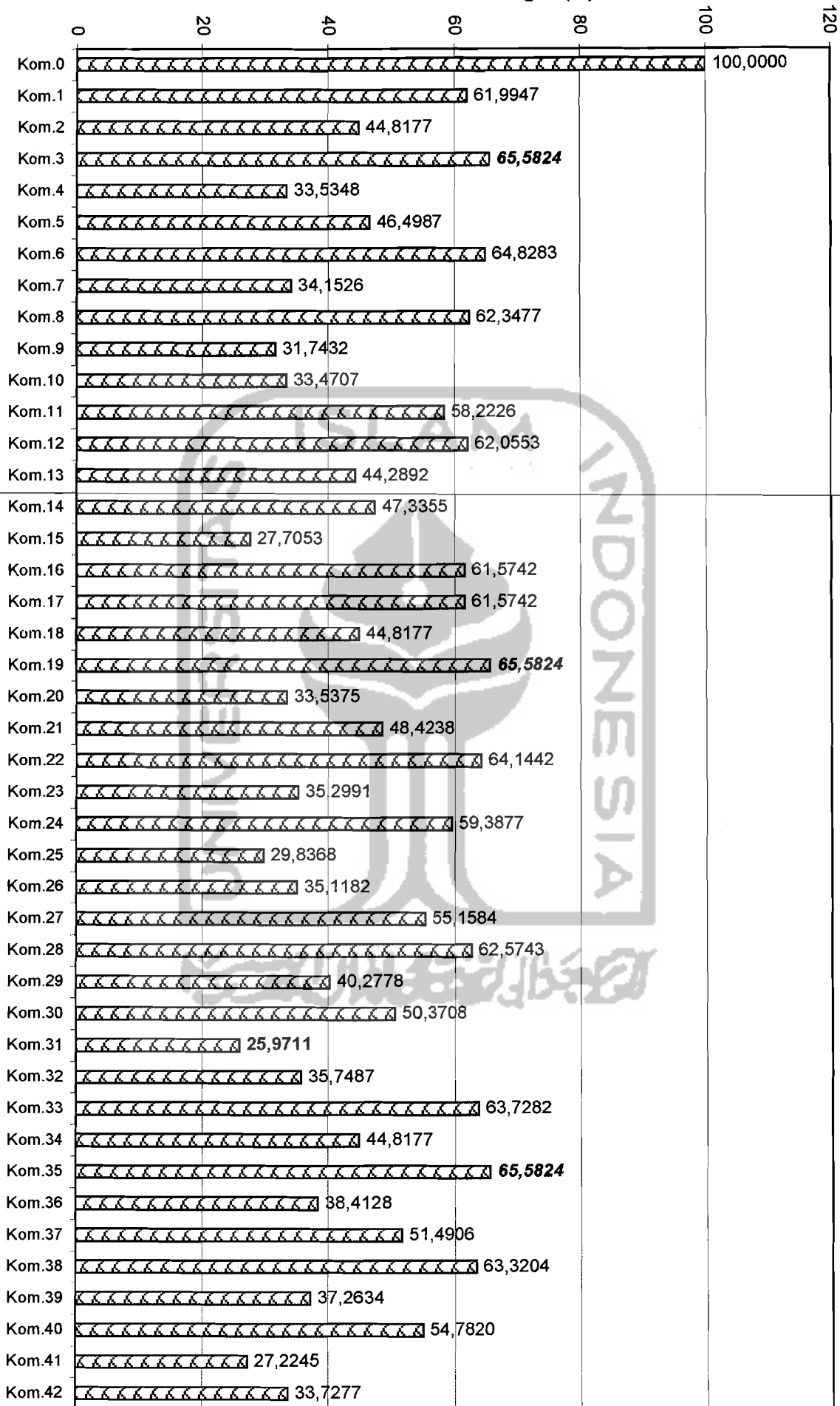
Gambar 6.2.a Grafik Persentase Perbandingan Simpanan Antar Tingkat Maksimum pada Tingkat 2 antara Struktur dengan redaman tambahan (Kombinasi 1 s/d 42) terhadap Struktur tanpa redaman (Kombinasi 0).

Persentase Perbandingan (%)



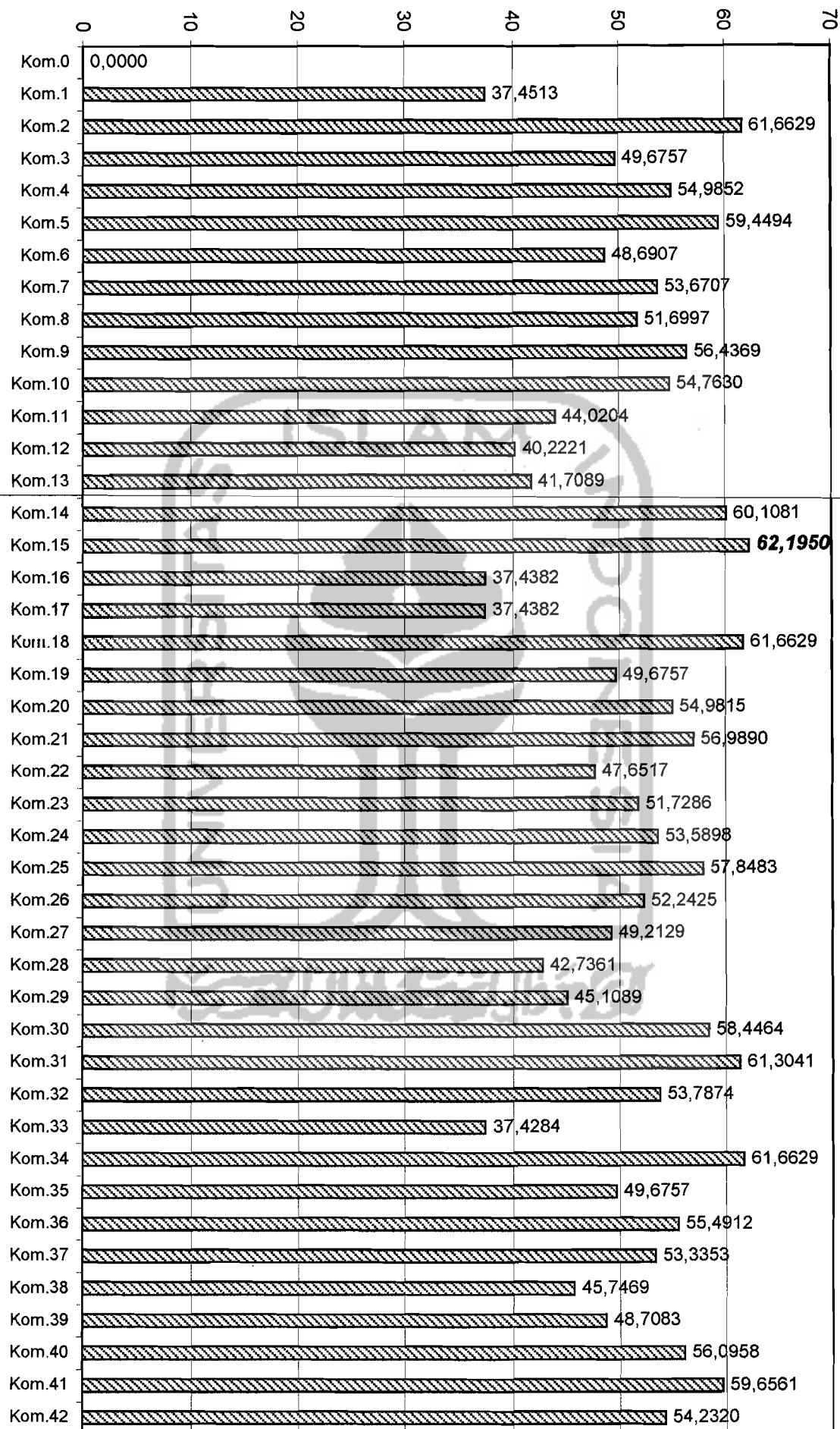
Gambar 6.2.b Grafik Persentase Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Maksimum pada Tingkat 3 antara Struktur dengan redaman tambahan (Kombinasi 1 s/d 42) terhadap Struktur tanpa redaman (Kombinasi 0).

Persentase Perbandingan (%)



Gambar 6.2.c Grafik Persentase Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Maksimum pada Tingkat 4 antara Struktur dengan redaman tambahan (Kombinasi 1 s/d 42) terhadap Struktur tanpa redaman (Kombinasi 0).

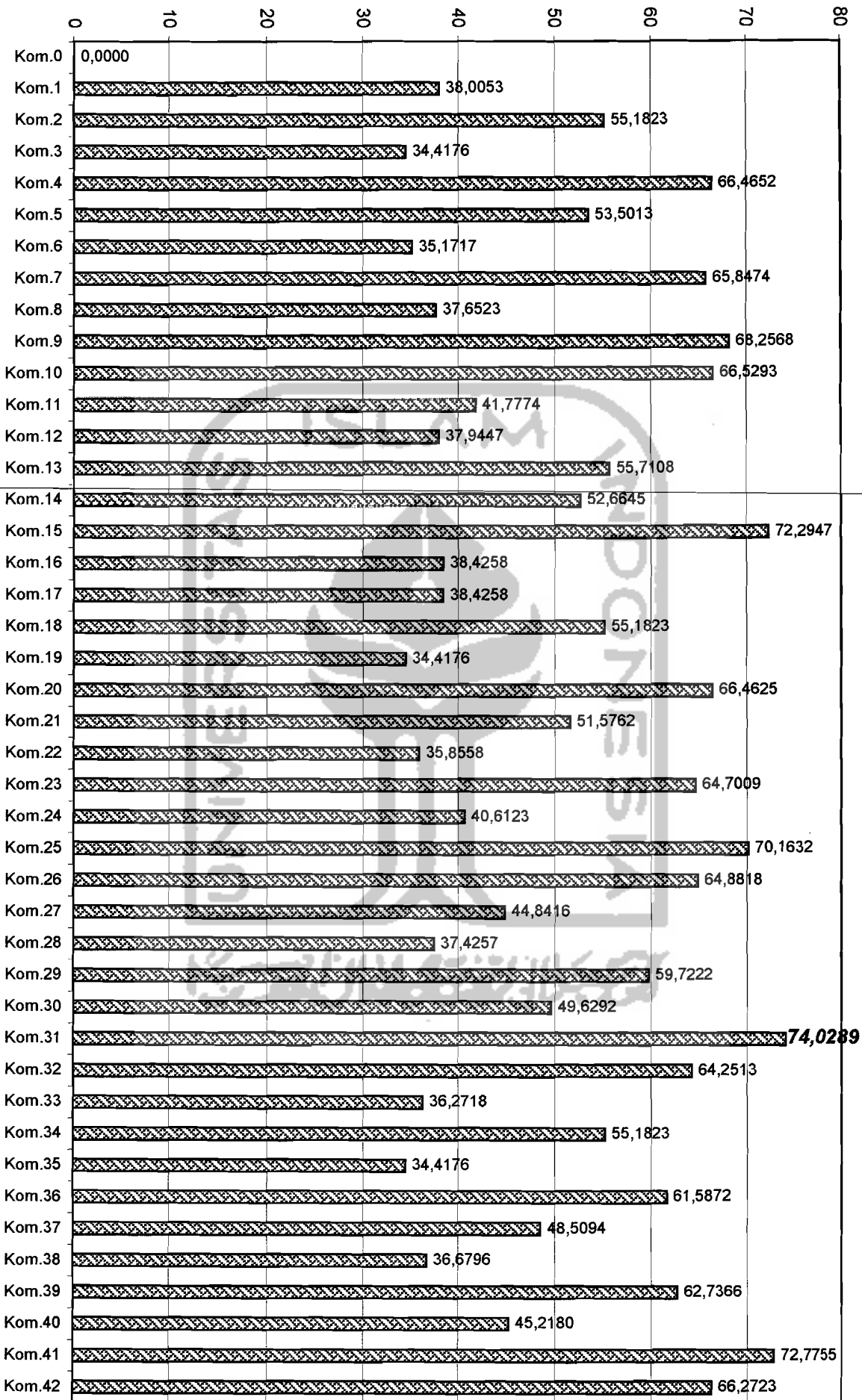
Nilai Reduksi (%)



Gambar 6.2.d Grafik Nilai Reduksi Simpangan Relatif pada Lantai 4 antara, Struktur dengan redaman tambahan (Kombinasi 1 s/d 42) terhadap Struktur tanpa redaman (Kombinasi 0).

Nilai Reduksi (%)

Gambar 6.2.e Grafik Nilai Reduksi Simpanan Antar Tingkat pada Tingkat 4 antara, Struktur dengan redaman tambahan (Kombinasi 1 s/d 42) terhadap Struktur tanpa redaman (Kombinasi 0).



**Tabel 6.3** Analisis Gaya Redam Viskos Ganda terhadap Rasio redaman, Simpangan Relatif dan Antar Tingkat

Kombinasi.	Letak dan Variasi <i>MR-D</i>	Gaya Redam FD (kg)				FD Total (kg)	Rasio Redaman Mode ke-1	Simpangan Lantai 4	
		Tk.1	Tk.2	Tk.3	Tk.4			Relatif (%)	Antar Tingkat (%)
Kom.0	Tanpa Peredam Tambahan	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0200	100,0000	100,0000
<b>Kom.1</b>	<b><i>MR-D</i> Ganda Var. 1 tk. 1</b>	<b>37635,4089</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>37635,4089</b>	<b>0,1103</b>	<b>62,5487</b>	<b>61,9947</b>
Kom.2	<i>MR-D</i> Ganda Var. 1 tk. 2	0,0000	68505,2026	0,0000	0,0000	68505,2026	0,3190	38,3371	44,8177
Kom.3	<i>MR-D</i> Ganda Var. 1 tk. 3	0,0000	0,0000	94508,5876	0,0000	94508,5876	0,1927	50,3243	65,5824
Kom.4	<i>MR-D</i> Ganda Var. 1 tk. 4	0,0000	0,0000	0,0000	121056,0579	121056,0579	0,2133	45,0148	33,5348
Kom.5	R1A tk. 1 dan R1B tk. 2	5560,3935	58424,2642	0,0000	0,0000	63984,6577	0,2877	40,5506	46,4987
Kom.6	R1A tk. 1 dan R1B tk. 3	5094,8463	0,0000	81475,9653	0,0000	86570,8116	0,1803	51,3093	64,8283
Kom.7	R1A tk. 1 dan R1B tk. 4	3825,9117	0,0000	0,0000	104604,2206	108430,1323	0,1979	46,3293	34,1526
Kom.8	R1A tk. 2 dan R1B tk. 3	0,0000	10707,9345	78970,9648	0,0000	89678,8993	0,2116	48,3003	62,3477
Kom.9	R1A tk. 2 dan R1B tk. 4	0,0000	0,0000	0,0000	100713,8199	100713,8199	0,2292	43,5631	31,7432
Kom.10	R1A tk. 3 dan R1B tk. 4	0,0000	0,0000	13774,0211	103108,3922	116882,4133	0,2102	45,2370	33,4707
<b>Kom.11</b>	<b>R1A tk. 2 dan R1B tk. 1</b>	<b>30879,0307</b>	<b>10677,0711</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>41556,1018</b>	<b>0,1416</b>	<b>55,9796</b>	<b>58,2226</b>
Kom.12	R1A tk. 3 dan R1B tk. 1	30189,9188	0,0000	15478,9661	0,0000	45668,8849	0,1227	59,7779	62,0553
Kom.13	R1A tk. 4 dan R1B tk. 1	27752,8163	0,0000	0,0000	20219,1753	47971,9916	0,1258	58,2911	44,2892
Kom.14	R1A tk. 3 dan R1B tk. 2	0,0000	59025,7703	13357,3108	0,0000	72383,0811	0,3001	39,8919	47,3355
<b>Kom.15</b>	<b>R1A tk. 4 dan R1B tk. 2</b>	<b>0,0000</b>	<b>51587,7649</b>	<b>0,0000</b>	<b>16161,1633</b>	<b>67748,9282</b>	<b>0,3032</b>	<b>37,8050</b>	<b>27,7053</b>
Kom.16	R1A tk. 4 dan R1B tk. 3	0,0000	0,0000	90633,0281	21357,5282	111990,5563	0,1958	62,5618	61,5742
<b>Kom.17</b>	<b><i>MR-D</i> Ganda Var. 2 tk. 1</b>	<b>37655,9589</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>37655,9589</b>	<b>0,1103</b>	<b>62,5618</b>	<b>61,5742</b>
Kom.18	<i>MR-D</i> Ganda Var. 2 tk. 2	0,0000	68505,2026	0,0000	0,0000	68505,2026	0,3190	38,3371	44,8177
Kom.19	<i>MR-D</i> Ganda Var. 2 tk. 3	0,0000	0,0000	94508,5876	0,0000	94508,5876	0,1927	50,3243	65,5824
Kom.20	<i>MR-D</i> Ganda Var. 2 tk. 4	0,0000	0,0000	0,0000	121062,1383	121062,1383	0,2133	45,0185	33,5375
Kom.21	R2A tk. 1 dan R2B tk. 2	10781,6265	48204,7746	0,0000	0,0000	58986,4011	0,2564	43,0110	48,4238
Kom.22	R2A tk. 1 dan R2B tk. 3	10129,2289	0,0000	68080,1660	0,0000	78209,3949	0,1680	52,3483	64,1442
Kom.23	R2A tk. 1 dan R2B tk. 4	7688,4726	0,0000	0,0000	87582,6964	95271,1690	0,1824	48,2714	35,2991
Kom.24	R2A tk. 2 dan R2B tk. 3	0,0000	10338,2289	49775,7894	0,0000	60114,0183	0,2306	46,4102	59,3877
Kom.25	R2A tk. 2 dan R2B tk. 4	0,0000	7544,6426	0,0000	81201,2444	88745,8870	0,2450	42,1517	29,8368
<b>Kom.26</b>	<b>R2A tk. 3 dan R2B tk. 4</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>81509,5257</b>	<b>254783,2944</b>	<b>336292,8201</b>	<b>0,2071</b>	<b>47,7575</b>	<b>35,1182</b>
<b>Kom.27</b>	<b>R2A tk. 2 dan R2B tk. 1</b>	<b>24892,0159</b>	<b>10668,0068</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>35560,0227</b>	<b>0,1729</b>	<b>50,7871</b>	<b>55,1584</b>
Kom.28	R2A tk. 3 dan R2B tk. 1	23835,3003	0,0000	30422,8202	0,0000	54258,1205	0,1350	57,2639	62,5743
Kom.29	R2A tk. 4 dan R2B tk. 1	20559,8686	0,0000	0,0000	39371,1799	59931,0485	0,1412	54,8911	40,2778
Kom.30	R2A tk. 3 dan R2B tk. 2	0,0000	49061,4286	26709,1042	0,0000	75770,5328	0,2811	41,5536	50,3708

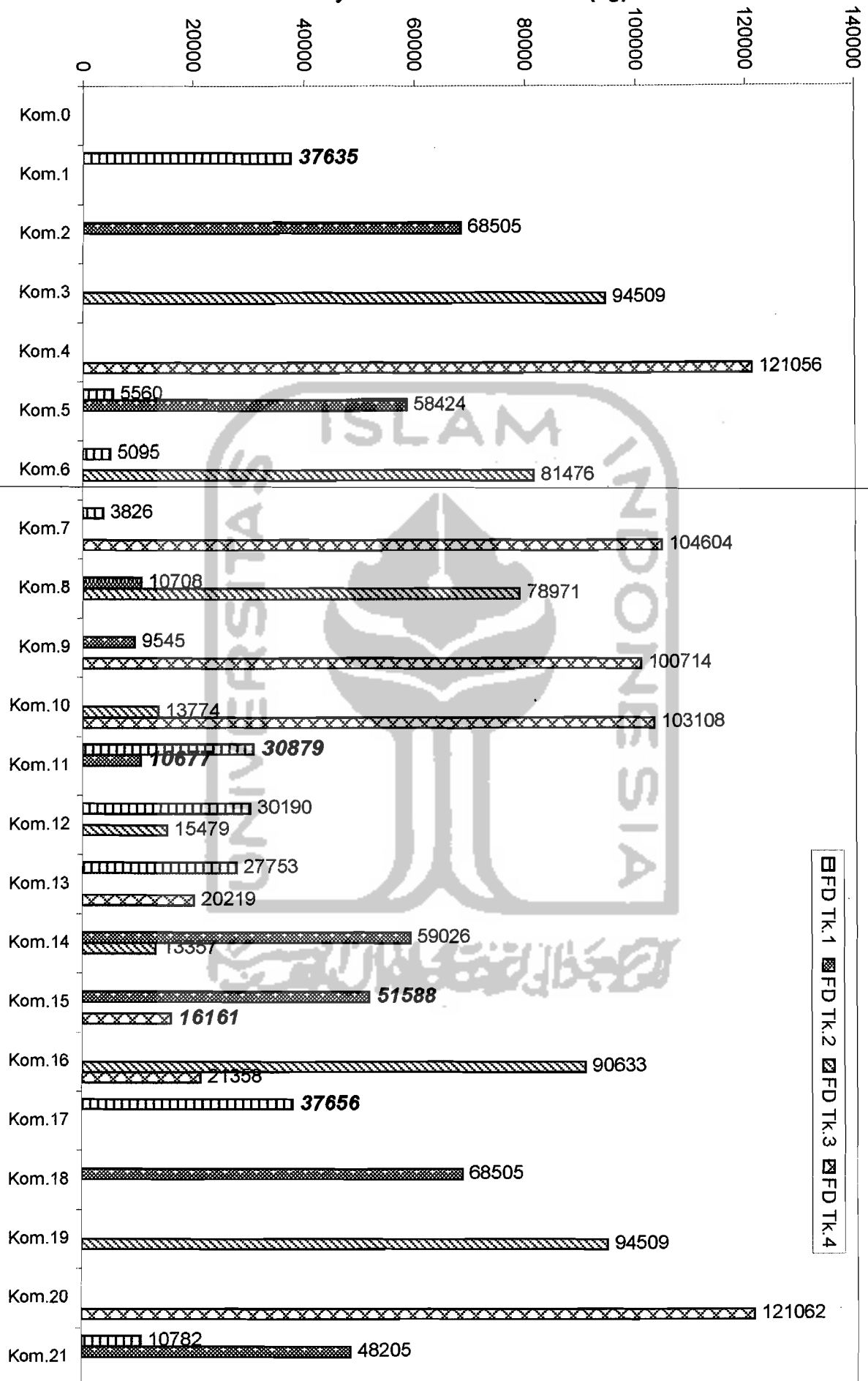
Tabel 6.3 Lanjutan

<b>Kom.31</b>	<b>R2A tk. 4 dan R2B tk. 2</b>	<b>0,0000</b>	<b>41066,0412</b>	<b>0,0000</b>	<b>32861,5756</b>	<b>73927,6168</b>	<b>0,2873</b>	<b>38,6959</b>	<b>25,9711</b>
Kom.32	R2A tk. 4 dan R2B tk. 3	0,0000	0,0000	65748,0430	36861,1110	102609,1540	0,1989	46,2126	35,7487
<b>Kom.33</b>	<b>MR-D Ganda Var. 3 tk. 1</b>	<b>33227,3609</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>33227,3609</b>	<b>0,1103</b>	<b>62,5716</b>	<b>63,7282</b>
Kom.34	MR-D Ganda Var. 3 tk. 2	0,0000	68505,2026	0,0000	0,0000	68505,2026	0,3190	38,3371	44,8177
Kom.35	MR-D Ganda Var. 3 tk. 3	0,0000	0,0000	94508,5876	0,0000	94508,5876	0,1927	50,3243	65,5824
Kom.36	MR-D Ganda Var. 3 tk. 4	0,0000	0,0000	0,0000	118960,6039	118960,6039	0,2133	44,5088	38,4128
<b>Kom.37</b>	<b>R3A tk.1 dan R3B tk. 2</b>	<b>17629,4281</b>	<b>34442,8300</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>52072,2581</b>	<b>0,2147</b>	<b>46,6647</b>	<b>51,4906</b>
Kom.38	R3A tk.1 dan R3B tk. 3	16748,6156	0,0000	49522,0583	0,0000	66370,6739	0,1515	54,2531	63,3204
Kom.39	R3A tk.1 dan R3B tk. 4	13423,6327	0,0000	0,0000	63994,9969	77418,6296	0,1618	51,2917	37,2634
Kom.40	R3A tk.2 dan R3B tk. 3	0,0000	35337,6942	44954,4389	0,0000	80292,1331	0,2558	43,9042	54,7820
Kom.41	R3A tk.2 dan R3B tk. 4	0,0000	30225,6687	0,0000	56349,7099	86575,3786	0,2662	40,3439	27,2245
Kom.42	R3A tk.3 dan R3B tk. 4	0,0000	0,0000	46620,0937	61018,8243	107638,9180	0,2030	45,7680	33,7277





Gaya Redam Viskos Ganda (kg)

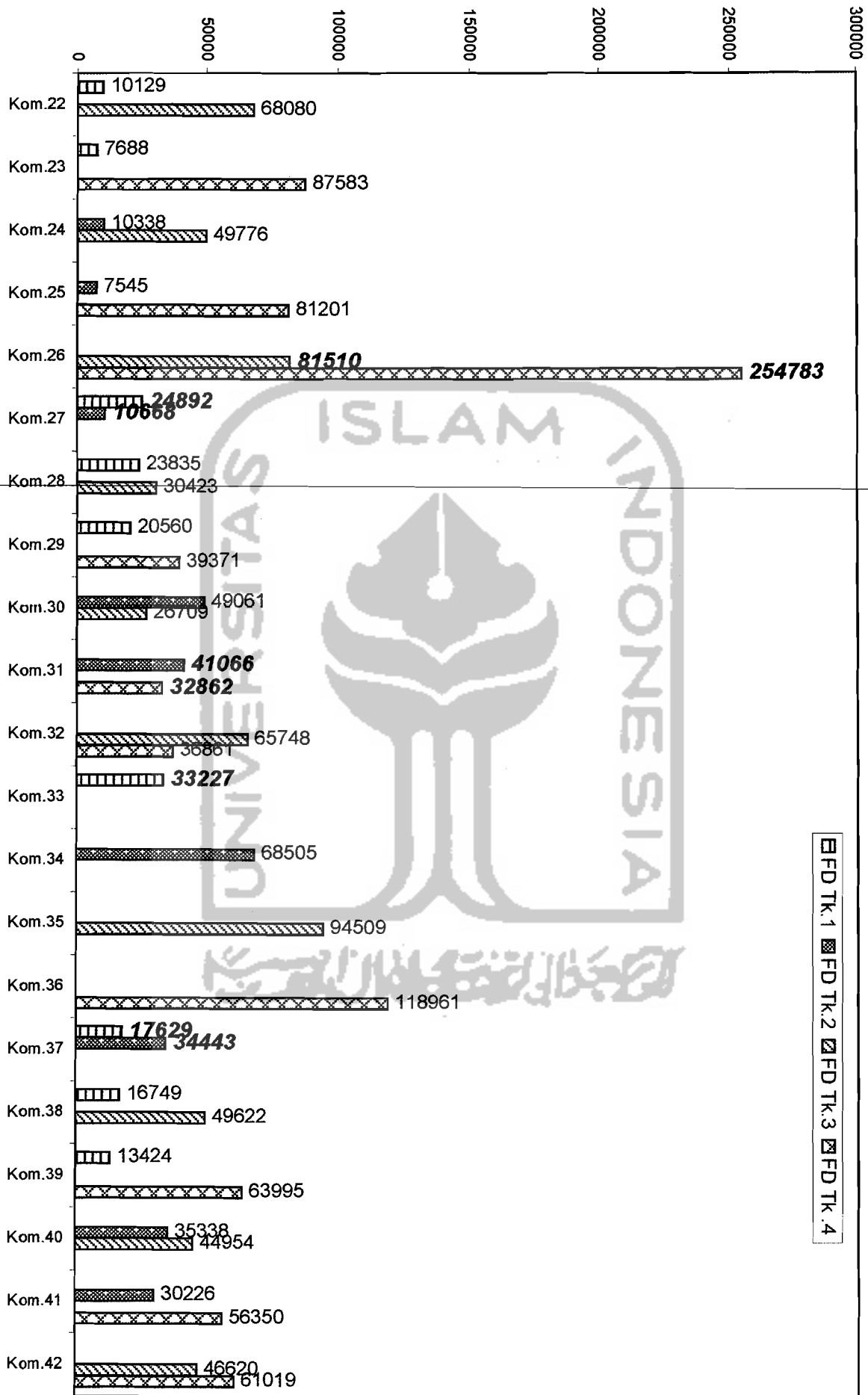


Gambar 6.3 Grafik Gaya Redam Viskos Ganda Untuk Kombinasi 0 sampai dengan Kombinasi 21

FDI TK.1 FDI TK.2 FDI TK.3 FDI TK.4

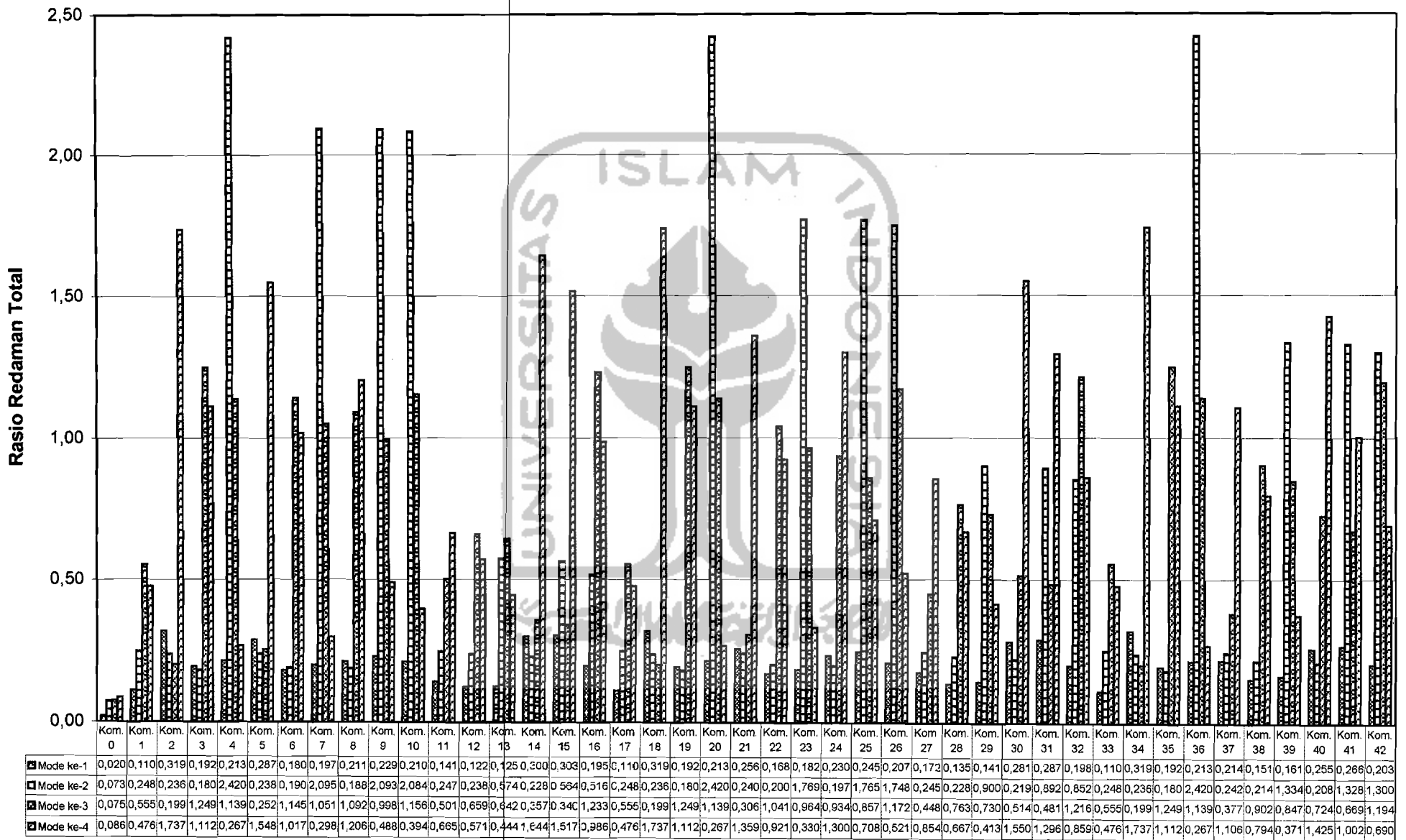
Gaya Redam Viskos Ganda (kg)

Lanjutan Gambar 6.3 Grafik Gaya Redam Viskos Ganda Untuk Kombinasi 22 sampai dengan Kombinasi 42



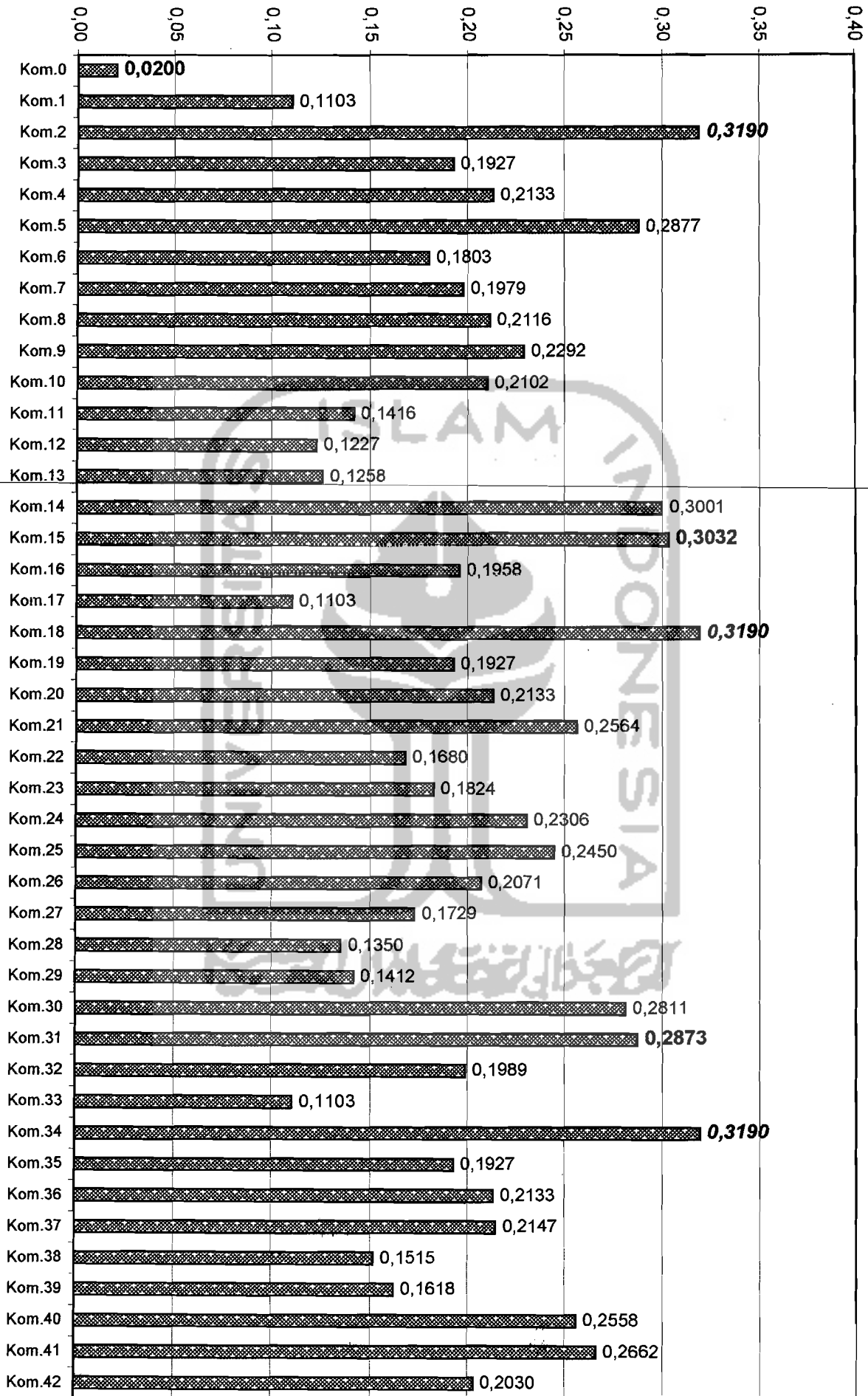
Tabel 6.4 Nilai Rasio Redaman Total

Kombinasi	Letak dan Variasi	$\xi_1$	$\xi_2$	$\xi_3$	$\xi_4$
	<i>Magneto Rheological (MR-D)</i>	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4
0	Tanpa Peredam Tambahan	<b>0,0200</b>	0,0739	0,0753	0,0861
1	<i>MR-D</i> Ganda Var. 1 tk. 1	<b>0,1103</b>	0,2489	0,5550	0,4760
2	<i>MR-D</i> Ganda Var. 1 tk. 2	<b>0,3190</b>	0,2368	0,1996	1,7377
3	<i>MR-D</i> Ganda Var. 1 tk. 3	<b>0,1927</b>	0,1800	1,2499	1,1128
4	<i>MR-D</i> Ganda Var. 1 tk. 4	<b>0,2133</b>	2,4208	1,1394	0,2676
5	R1A tk. 1 dan R1B tk. 2	<b>0,2877</b>	0,2386	0,2529	1,5485
6	R1A tk. 1 dan R1B tk. 3	<b>0,1803</b>	0,1903	1,1456	1,0173
7	R1A tk. 1 dan R1B tk. 4	<b>0,1979</b>	2,0950	1,0517	0,2988
8	R1A tk. 2 dan R1B tk. 3	<b>0,2116</b>	0,1885	1,0923	1,2066
9	R1A tk. 2 dan R1B tk. 4	<b>0,2292</b>	2,0932	0,9984	0,4881
10	R1A tk. 3 dan R1B tk. 4	<b>0,2102</b>	2,0847	1,1560	0,3944
11	R1A tk. 2 dan R1B tk. 1	<b>0,1416</b>	0,2471	0,5017	0,6652
12	R1A tk. 3 dan R1B tk. 1	<b>0,1227</b>	0,2386	0,6592	0,5715
13	R1A tk. 4 dan R1B tk. 1	<b>0,1258</b>	0,5747	0,6426	0,4447
14	R1A tk. 3 dan R1B tk. 2	<b>0,3001</b>	0,2282	0,3571	1,6440
15	R1A tk. 4 dan R1B tk. 2	<b>0,3032</b>	0,5644	0,3406	1,5172
16	R1A tk. 4 dan R1B tk. 3	<b>0,1958</b>	0,5161	1,2333	0,9860
17	<i>MR-D</i> Ganda Var. 2 tk. 1	<b>0,1103</b>	0,2489	0,5550	0,4760
18	<i>MR-D</i> Ganda Var. 2 tk. 2	<b>0,3190</b>	0,2368	0,1996	1,7377
19	<i>MR-D</i> Ganda Var. 2 tk. 3	<b>0,1927</b>	0,1800	1,2499	1,1128
20	<i>MR-D</i> Ganda Var. 2 tk. 4	<b>0,2133</b>	2,4208	1,1394	0,2676
21	R2A tk. 1 dan R2B tk. 2	<b>0,2564</b>	0,2404	0,3062	1,3592
22	R2A tk. 1 dan R2B tk. 3	<b>0,1680</b>	0,2007	1,0414	0,9218
23	R2A tk. 1 dan R2B tk. 4	<b>0,1824</b>	1,7692	0,9641	0,3301
24	R2A tk. 2 dan R2B tk. 3	<b>0,2306</b>	0,1970	0,9348	1,3003
25	R2A tk. 2 dan R2B tk. 4	<b>0,2450</b>	1,7656	0,8575	0,7086
26	R2A tk. 3 dan R2B tk. 4	<b>0,2071</b>	1,7486	1,1725	0,5211
27	R2A tk. 2 dan R2B tk. 1	<b>0,1729</b>	0,2452	0,4484	0,8545
28	R2A tk. 3 dan R2B tk. 1	<b>0,1350</b>	0,2282	0,7634	0,6670
29	R2A tk. 4 dan R2B tk. 1	<b>0,1412</b>	0,9005	0,7303	0,4134
30	R2A tk. 3 dan R2B tk. 2	<b>0,2811</b>	0,2197	0,5147	1,5503
31	R2A tk. 4 dan R2B tk. 2	<b>0,2873</b>	0,8920	0,4815	1,2967
32	R2A tk. 4 dan R2B tk. 3	<b>0,1989</b>	0,8522	1,2167	0,8593
33	<i>MR-D</i> Ganda Var. 3 tk. 1	<b>0,1103</b>	0,2489	0,5550	0,4760
34	<i>MR-D</i> Ganda Var. 3 tk. 2	<b>0,3190</b>	0,2368	0,1996	1,7377
35	<i>MR-D</i> Ganda Var. 3 tk. 3	<b>0,1927</b>	0,1800	1,2499	1,1128
36	<i>MR-D</i> Ganda Var. 3 tk. 4	<b>0,2133</b>	2,4208	1,1394	0,2676
37	R3A tk.1 dan R3B tk. 2	<b>0,2147</b>	0,2428	0,3773	1,1068
38	R3A tk.1 dan R3B tk. 3	<b>0,1515</b>	0,2145	0,9024	0,7944
39	R3A tk.1 dan R3B tk. 4	<b>0,1618</b>	1,3348	0,8472	0,3718
40	R3A tk.2 dan R3B tk. 3	<b>0,2558</b>	0,2084	0,7247	1,4253
41	R3A tk.2 dan R3B tk. 4	<b>0,2662</b>	1,3288	0,6695	1,0026
42	R3A tk.3 dan R3B tk. 4	<b>0,2030</b>	1,3004	1,1946	0,6902



Gambar 6.4 Grafik Nilai Rasio Redaman Total Untuk Mode ke 1, 2, 3, dan 4

### Rasio Redaman Total



Gambar 6.4.a Grafik Nilai Rasio Redaman Total untuk Mode ke-1