

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Analisis *Progressive Collapse***

Keruntuhan progresif didefinisikan sebagai tingkat kerusakan atau kehancuran yang tidak proporsional dengan besarnya suatu kejadian tersebut. Karena definisi ini berfokus pada konsekuensi relatif atau besarnya keruntuhan daripada cara di mana hal itu terjadi, seringkali disebut dalam industri sebagai runtuh tidak proporsional daripada progresif. Situasi dimana penyebaran kerusakan lokal dari kegagalan elemen utama menyebar dari elemen ke elemen lainnya yang mengakibatkan runtuhnya seluruh atau sebagian besar dari struktur bangunan (GSA, 2013). Tiga lokasi penghapusan kolom yang disarankan menurut GSA 2013 sebagai berikut.

- 1) Penghapusan pertama : Kondisi kolom sudut
- 2) Penghapusan kedua : Kondisi kolom tengah sisi pendek
- 3) Penghapusan ketiga : Kondisi kolom tengah sisi panjang

Dari ketiga kondisi tersebut dilakukan perhitungan berdasarkan kriteria *General Services Administrations* (GSA, 2013) dengan analisis statis linier menggunakan kombinasi pembebanan  $2(DL + 0,25LL)$  dimana  $DL$  merupakan beban mati pada struktur bangunan dan  $LL$  merupakan beban hidup pada struktur bangunan.

#### **4.2 Kapasitas Rasio (*Demand Capacity Ratio*)**

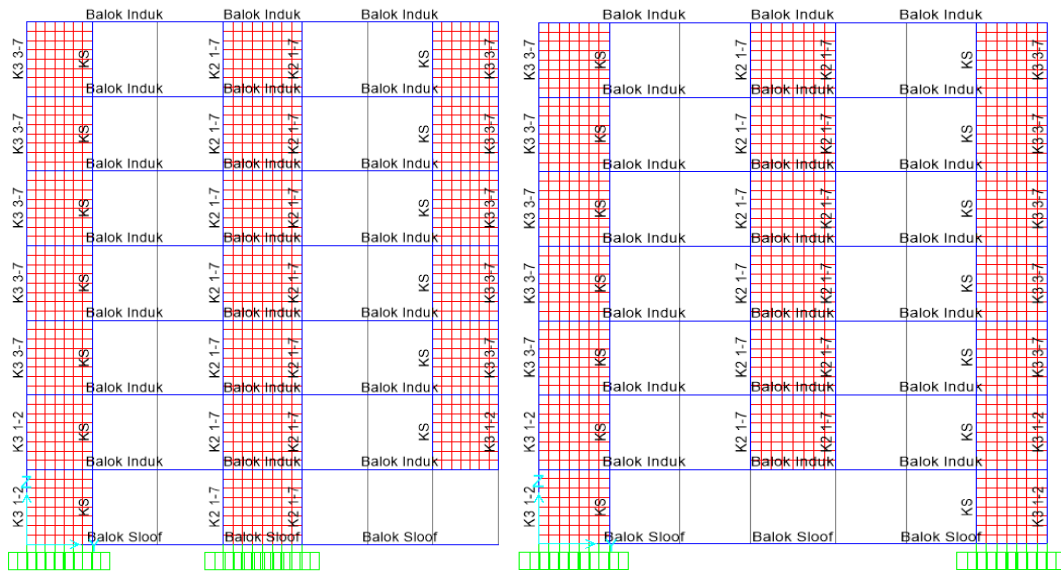
Suatu struktur dikatakan mengalami keruntuhan progresif apabila nilai *Demand Capacity Ratio* (DCR) berdasarkan GSA 2013 sebagai berikut.

- 1)  $DCR > 2,0$  untuk konfigurasi struktur bangunan yang beraturan
- 2)  $DCR > 1,5$  untuk konfigurasi struktur bangunan yang tidak beraturan

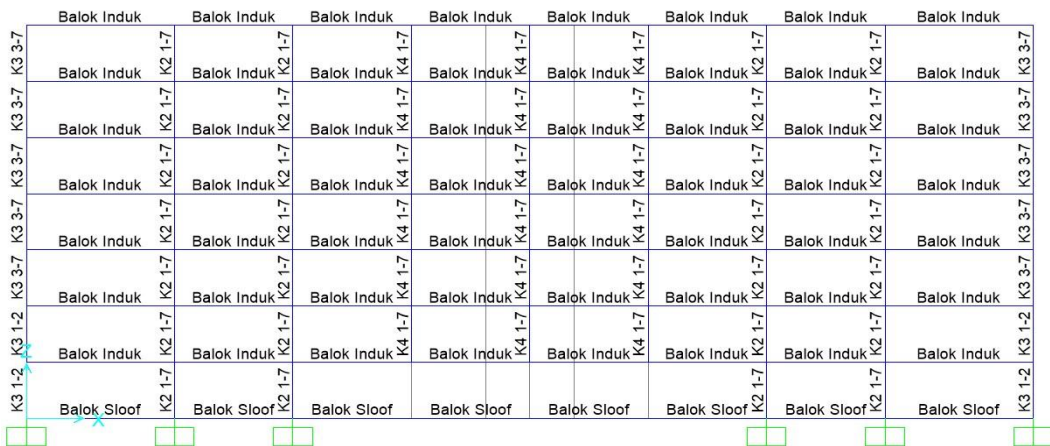
DCR (*Demand Capacity Ratio*) yaitu perbandingan antara momen maksimum suatu elemen pada struktur bangunan terhadap kuat nominal suatu elemen. Dari kriteria penghapusan kolom menurut GSA 2013 di atas penulis mengkonfigurasi bangunan struktur menjadi.

- 1) Struktur bangunan hanya menggunakan dinding geser bagian samping
- 2) Struktur bangunan hanya menggunakan dinding geser bagian tengah
- 3) Struktur bangunan menggunakan dinding geser bagian samping dan tengah

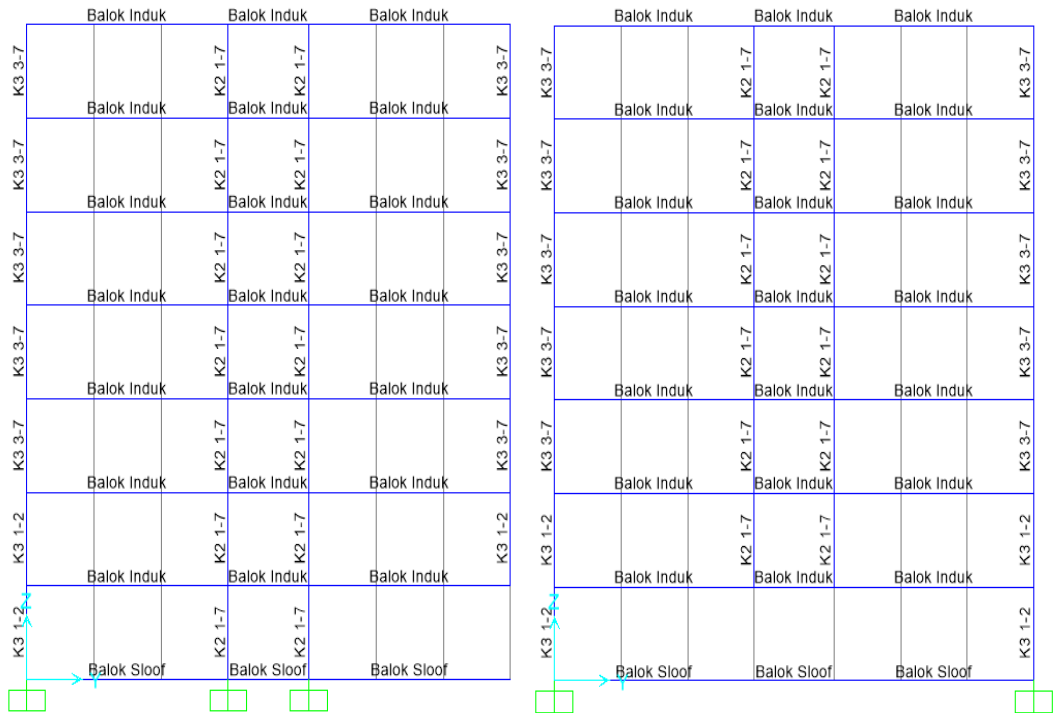
Setiap struktur bangunan dilakukan analisis keruntuhan progresif dengan melakukan penghapusan kolom sesuai acuan GSA 2013 seperti pada Gambar 4.1, Gambar 4.2, dan Gambar 4.3 untuk struktur dengan menggunakan dinding geser bagian samping. Gambar 4.4, Gambar 4.5, dan Gambar 4.6 untuk struktur dengan menggunakan dinding geser bagian tengah. Gambar 4.7, Gambar 4.8, dan Gambar 4.9 untuk struktur dengan menggunakan dinding geser bagian samping dan tengah.



Gambar Error! No text of specified style in document..1 Kasus 1 A      Gambar Error! No text of specified style in document..2 Kasus 2 A

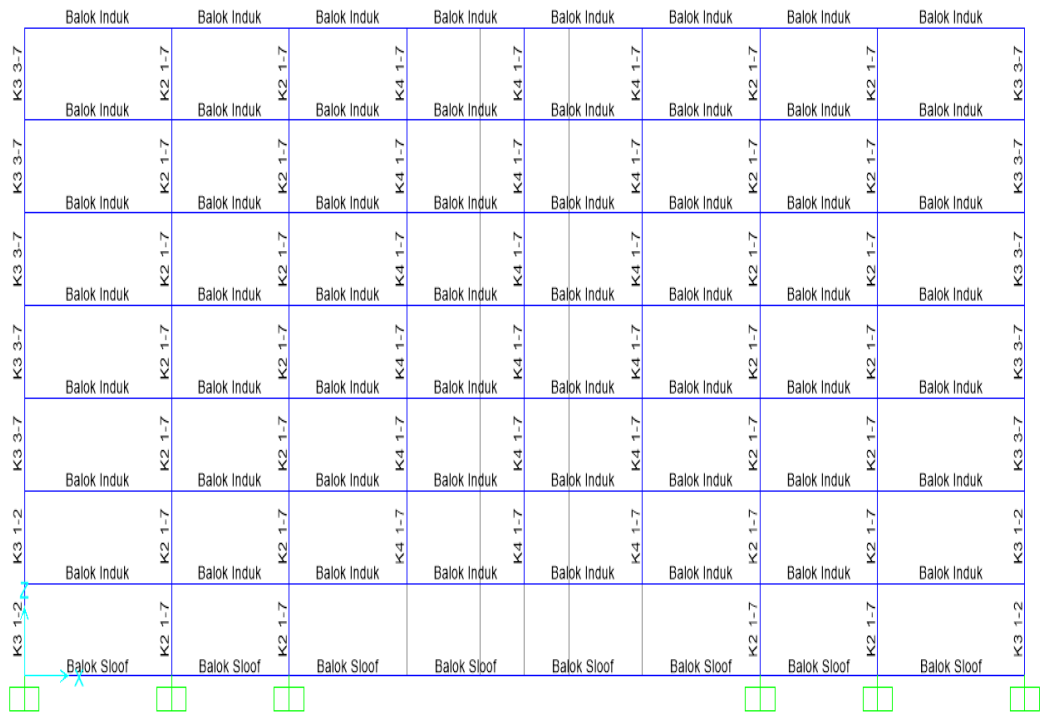


Gambar Error! No text of specified style in document..3 Kasus 3 A

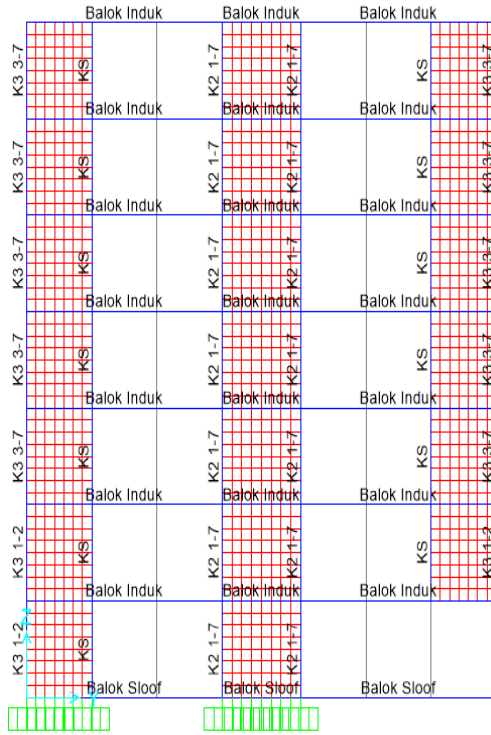


Gambar Error! No text of specified style in document..4 Kasus 1 B

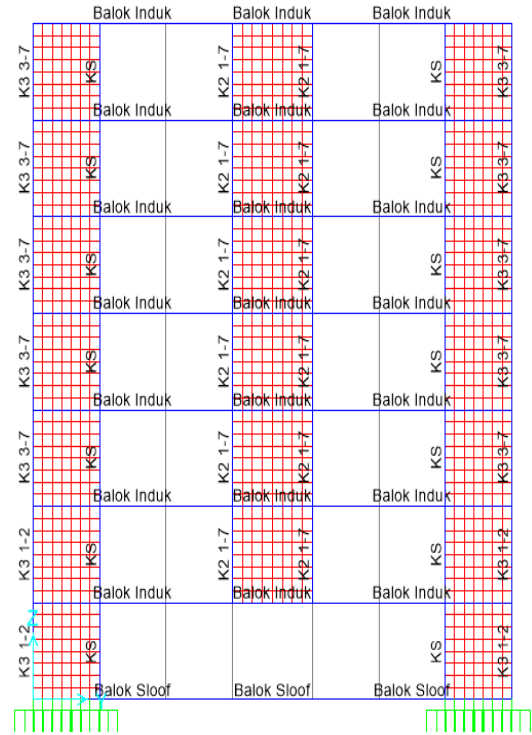
Gambar Error! No text of specified style in document..5 Kasus 2 B



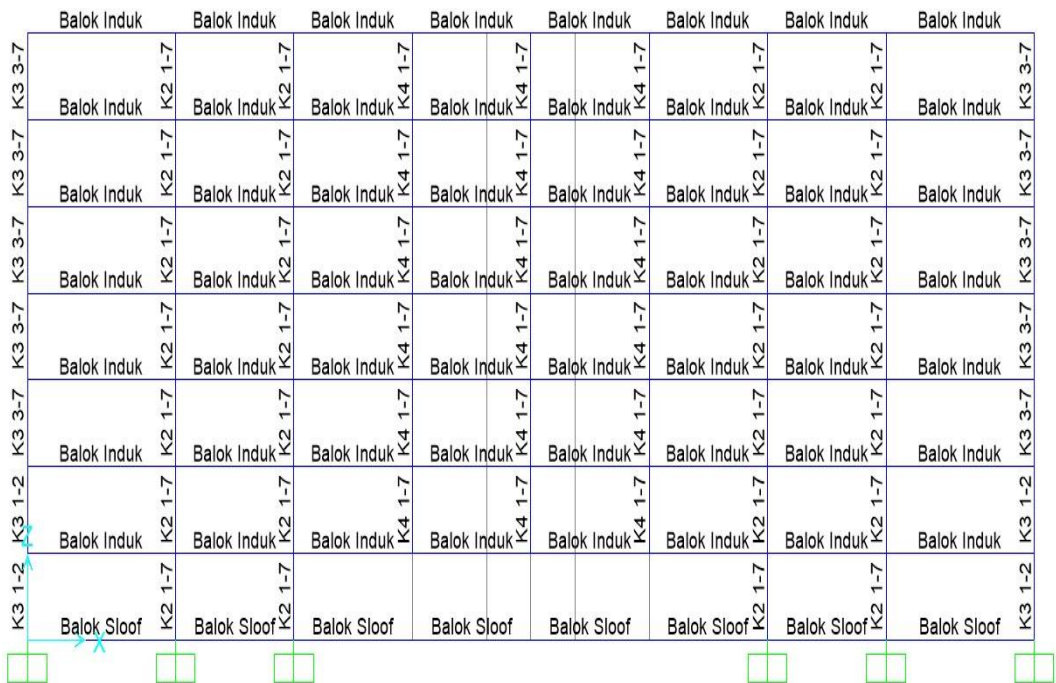
Gambar Error! No text of specified style in document..6 Kasus 3 B



Gambar Error! No text of specified style in document..7 Kasus 1 C



Gambar Error! No text of specified style in document..8 Kasus 2 C



Gambar Error! No text of specified style in document..9 Kasus 3 C

Tabel **Error! No text of specified style in document..1** DCR pada Balok Struktur Bangunan A Kasus 1

Balok	$\phi Mn$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Tidak Utuh (kN-m)	Kriteria	Rasio	DCR ( $M_u / \phi Mn$ )	Keterangan
Balok Sloof	539,1	-1279,007	-2144,631	GSA 2013	1,68	3,978	Progresif
Balok Induk	539,1	-949,717	-2946,609	GSA 2013	3,10	5,466	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-441,194	-490,419	GSA 2013	1,11	1,905	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-216,958	-293,966	GSA 2013	1,35	1,228	Runtuh
Balok Sloof	539,1	-1074,734	-1561,983	SNI Gravitasi	1,45	2,897	Progresif
Balok Induk	539,1	-758,671	-2040,897	SNI Gravitasi	2,69	3,786	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-353,785	-373,563	SNI Gravitasi	1,06	1,451	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-190,565	-252,358	SNI Gravitasi	1,32	1,054	Runtuh
Balok Sloof	539,1	-1036,898	-1617,642	SNI Gempa	1,56	3,001	Progresif
Balok Induk	539,1	-1253,205	-2441,951	SNI Gempa	1,95	4,530	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-394,465	-456,849	SNI Gempa	1,16	1,775	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-186,389	-269,076	SNI Gempa	1,44	1,124	Runtuh

Tabel **Error! No text of specified style in document..2** DCR pada Balok Struktur Bangunan A Kasus 2

Balok	$\phi Mn$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Tidak Utuh (kN-m)	Kriteria	Rasio	DCR ( $M_u / \phi Mn$ )	Keterangan
Balok Sloof	539,1	-1279,007	-1735,7207	GSA 2013	1,36	3,220	Progresif
Balok Induk	539,1	-949,717	-2382,7612	GSA 2013	2,51	4,420	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-441,194	-479,9055	GSA 2013	1,09	1,864	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-216,958	-228,9627	GSA 2013	1,06	0,956	Aman
Balok Sloof	539,1	-1074,734	-1279,8079	SNI Gravitasi	1,19	2,374	Progresif
Balok Induk	539,1	-758,671	-1677,124	SNI Gravitasi	2,21	3,111	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-353,785	-379,0381	SNI Gravitasi	1,07	1,473	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-190,565	-213,8565	SNI Gravitasi	1,12	0,893	Aman
Balok Sloof	539,1	-1036,898	-1317,0944	SNI Gempa	1,27	2,443	Progresif
Balok Induk	539,1	-1253,205	-3030,9158	SNI Gempa	2,42	5,622	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-394,465	-424,3934	SNI Gempa	1,08	1,649	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-186,389	-203,9776	SNI Gempa	1,09	0,852	Aman

Tabel **Error! No text of specified style in document..3** DCR pada Balok Struktur Bangunan A Kasus 3

Balok	$\phi Mn$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Tidak Utuh (kN-m)	Kriteria	Rasio	DCR ( $M_u / \phi Mn$ )	Keterangan
Balok Sloof	539,1	-1279,007	-3970,4116	GSA 2013	3,10	7,365	Progresif
Balok Induk	539,1	-949,717	-3244,6028	GSA 2013	3,42	6,019	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-441,194	-449,7361	GSA 2013	1,02	1,747	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-216,958	-470,3985	GSA 2013	2,17	1,965	Runtuh
Balok Sloof	539,1	-1074,734	-2954,6825	SNI Gravitasi	2,75	5,481	Progresif
Balok Induk	539,1	-758,671	-2314,9879	SNI Gravitasi	3,05	4,294	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-353,785	-360,323	SNI Gravitasi	1,02	1,400	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-190,565	-347,8616	SNI Gravitasi	1,83	1,453	Runtuh
Balok Sloof	539,1	-1036,898	-3026,5037	SNI Gempa	2,92	5,614	Progresif
Balok Induk	539,1	-1253,205	-2782,0082	SNI Gempa	2,22	5,160	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-394,465	-400,8566	SNI Gempa	1,02	1,557	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-186,389	-398,7116	SNI Gempa	2,14	1,665	Runtuh

Berdasarkan Tabel 4.1, Tabel 4.2 dan Tabel 4.3, dengan kombinasi pembebanan untuk GSA 2013 sebesar  $2(DL+0,25LL)$ , SNI Gravitasi sebesar  $1,2DL+1,6LL$ , dan SNI Gempa sebesar  $1,38DL+1,3Qe+1LL$  dapat disimpulkan bahwa elemen struktur bangunan A (Struktur bangunan hanya menggunakan dinding geser bagian samping) beberapa elemen baloknya mengalami keruntuhan dan keruntuhan progresif, hanya elemen balok anak 30 × 60 dalam kategori “Aman” pada pembebanan SNI Gravitasi dan SNI Gempa penghapusan kolom

tengah bagian sisi pendek (kasus 2). Untuk struktur bangunan B (Struktur bangunan hanya menggunakan dinding geser bagian samping) dapat dilihat pada Tabel 4.4, Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**4 DCR pada Balok Struktur Bangunan B Kasus 1

Balok	$\phi Mn$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Tidak Utuh (kN-m)	Kriteria	Rasio	DCR ( $M_u / \phi Mn$ )	Keterangan
Balok Sloof	539,1	-1266,2518	-2171,5187	GSA 2013	1,71	4,028	Progresif
Balok Induk	539,1	-977,4388	-2295,2845	GSA 2013	2,35	4,258	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-286,3242	-498,6326	GSA 2013	1,74	1,937	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-240,6115	-263,1399	GSA 2013	1,09	1,099	Runtuh
Balok Sloof	539,1	-1065,0009	-1582,3302	SNI Gravitasi	1,49	2,935	Progresif
Balok Induk	539,1	-759,3373	-1628,081	SNI Gravitasi	2,14	3,020	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-243,0547	-382,9543	SNI Gravitasi	1,58	1,488	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-202,5454	-221,6545	SNI Gravitasi	1,09	0,926	Aman
Balok Sloof	539,1	-1027,0549	-1638,3067	SNI Gempa	1,60	3,039	Progresif
Balok Induk	539,1	-1357,935	-1975,8187	SNI Gempa	1,46	3,665	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-234,1895	-419,1045	SNI Gempa	1,79	1,628	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-219,2092	-228,1599	SNI Gempa	1,04	0,953	Aman



Tabel **Error! No text of specified style in document..**5 DCR pada Balok Struktur Bangunan B Kasus 2

Balok	$\phi Mn$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Tidak Utuh (kN-m)	Kriteria	Rasio	DCR ( $M_u / \phi Mn$ )	Keterangan
Balok Sloof	539,1	-1266,2518	-2507,708	GSA 2013	1,98	4,652	Progresif
Balok Induk	539,1	-977,4388	-2588,7259	GSA 2013	2,65	4,802	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-286,3242	-516,7033	GSA 2013	1,80	2,007	Progresif
Balok Anak 30 × 60	239,4	-240,6115	-309,6298	GSA 2013	1,29	1,293	Runtuh
Balok Sloof	539,1	-1065,0009	-1850,5124	SNI Gravitasi	1,74	3,433	Progresif
Balok Induk	539,1	-759,3373	-1869,412	SNI Gravitasi	2,46	3,468	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-243,0547	-407,826	SNI Gravitasi	1,68	1,584	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-202,5454	-249,6352	SNI Gravitasi	1,23	1,043	Runtuh
Balok Sloof	539,1	-1027,0549	-1903,6441	SNI Gempa	1,85	3,531	Progresif
Balok Induk	539,1	-1357,935	-2549,4707	SNI Gempa	1,88	4,729	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-234,1895	-411,5017	SNI Gempa	1,76	1,599	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-219,2092	-256,3831	SNI Gempa	1,17	1,071	Runtuh

Tabel **Error! No text of specified style in document..6** DCR pada Balok Struktur Bangunan B Kasus 3

Balok	$\phi Mn$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Tidak Utuh (kN-m)	Kriteria	Rasio	DCR ( $M_u / \phi Mn$ )	Keterangan
Balok Sloof	539,1	-1266,2518	-3785,8555	GSA 2013	2,99	7,023	Progresif
Balok Induk	539,1	-977,4388	-3037,9579	GSA 2013	3,11	5,635	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-286,3242	-287,1929	GSA 2013	1,00	1,116	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-240,6115	-467,4963	GSA 2013	1,94	1,953	Runtuh
Balok Sloof	539,1	-1065,0009	-2807,1227	SNI Gravitasi	2,64	5,207	Progresif
Balok Induk	539,1	-759,3373	-2142,9159	SNI Gravitasi	2,82	3,975	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-243,0547	-240,2937	SNI Gravitasi	0,99	0,934	Aman
Balok Anak 30 × 60	239,4	-202,5454	-344,3697	SNI Gravitasi	1,70	1,438	Runtuh
Balok Sloof	539,1	-1027,0549	-2880,6734	SNI Gempa	2,80	5,343	Progresif
Balok Induk	539,1	-1357,935	-2516,7865	SNI Gempa	1,85	4,668	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-234,1895	-234,754	SNI Gempa	1,00	0,912	Aman
Balok Anak 30 × 60	239,4	-219,2092	-439,1691	SNI Gempa	2,00	1,834	Runtuh

Berdasarkan Tabel 4.4, Tabel 4.5 dan Tabel 4.6, dapat disimpulkan bahwa hanya balok anak 30 × 60 (kasus 1) dan balok 30 × 65 (kasus 3) elemen struktur bangunan B (Struktur bangunan hanya menggunakan dinding geser bagian tengah) dalam kategori “Aman” pada pembebanan SNI Gravitasi dan SNI Gempa penghapusan kolom bagian sudut (kasus 1) dan penghapusan kolom tengah sisi panjang (kasus

3) selain itu semua penampang balok mengalami keruntuhan dan keruntuhan progresif. Untuk struktur bangunan C (Struktur bangunan menggunakan dinding geser bagian tengah dan samping) dapat dilihat pada Tabel 4.7, Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 sebagai berikut.

Tabel **Error! No text of specified style in document..7** DCR pada Balok Struktur Bangunan C Kasus 1

Balok	$\phi Mn$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Tidak Utuh (kN-m)	Kriteria	Rasio	DCR ( $M_u / \phi Mn$ )	Keterangan
Balok Sloof	539,1	-1165,5414	-2171,5049	GSA 2013	1,86	4,028	Progresif
Balok Induk	539,1	-973,6643	-2935,1715	GSA 2013	3,01	5,445	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-444,2846	-465,1035	GSA 2013	1,05	1,807	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-224,488	-257,9199	GSA 2013	1,15	1,077	Runtuh
Balok Sloof	539,1	-979,8131	-1582,3178	SNI Gravitasi	1,61	2,935	Progresif
Balok Induk	539,1	-734,7447	-2032,7145	SNI Gravitasi	2,77	3,771	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-356,8964	-353,0379	SNI Gravitasi	0,99	1,372	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-208,7634	-210,5216	SNI Gravitasi	1,01	0,879	Aman
Balok Sloof	539,1	-945,1236	-1638,2951	SNI Gempa	1,73	3,039	Progresif
Balok Induk	539,1	-1271,3342	-2416,9048	SNI Gempa	1,90	4,483	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-393,5915	-436,3299	SNI Gempa	1,11	1,695	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-221,5988	-231,6946	SNI Gempa	1,05	0,968	Aman

Tabel **Error! No text of specified style in document.**8 DCR pada Balok Struktur Bangunan C Kasus 2

Balok	$\phi Mn$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Tidak Utuh (kN-m)	Kriteria	Rasio	DCR ( $M_u / \phi Mn$ )	Keterangan
Balok Sloof	539,1	-1165,5414	-1747,426	GSA 2013	1,50	3,241	Progresif
Balok Induk	539,1	-973,6643	-2389,4864	GSA 2013	2,45	4,432	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-444,2846	-478,188	GSA 2013	1,08	1,858	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-224,488	-231,7494	GSA 2013	1,03	0,968	Aman
Balok Sloof	539,1	-979,8131	-1288,6262	SNI Gravitasi	1,32	2,390	Progresif
Balok Induk	539,1	-734,7447	-1684,0094	SNI Gravitasi	2,29	3,124	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-356,8964	-379,3814	SNI Gravitasi	1,06	1,474	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-208,7634	-213,9009	SNI Gravitasi	1,02	0,893	Aman
Balok Sloof	539,1	-945,1236	-1326,0712	SNI Gempa	1,40	2,460	Progresif
Balok Induk	539,1	-1271,3342	-3018,4947	SNI Gempa	2,37	5,599	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-393,5915	-416,9609	SNI Gempa	1,06	1,620	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-221,5988	-222,8542	SNI Gempa	1,01	0,931	Aman

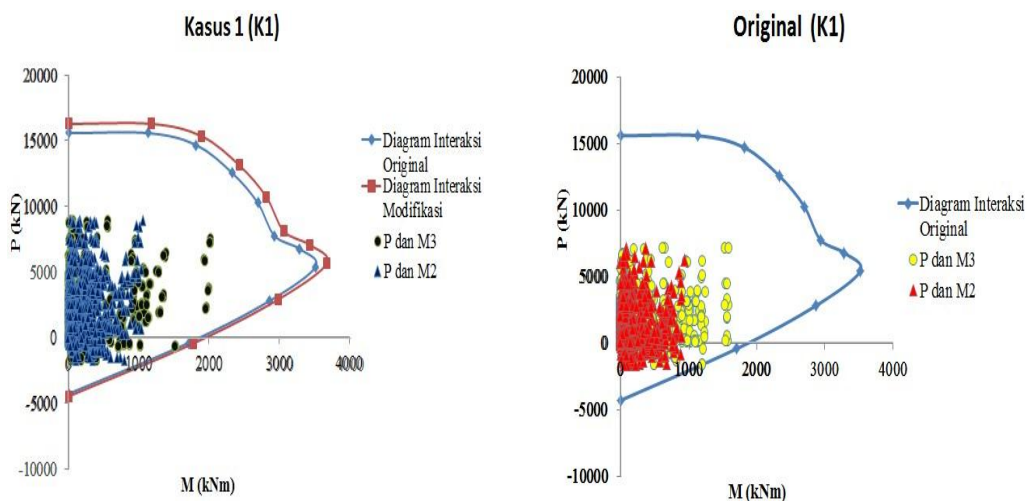
Tabel **Error! No text of specified style in document.**9 DCR pada Balok Struktur Bangunan C Kasus 3

Balok	$\phi Mn$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Utuh (kN-m)	$M_u$ Elemen Tidak Utuh (kN-m)	Kriteria	Rasio	DCR ( $M_u / \phi Mn$ )	Keterangan
Balok Sloof	539,1	-1165,5414	-3785,7514	GSA 2013	3,25	7.022	Progresif
Balok Induk	539,1	-973,6643	-3042,4653	GSA 2013	3,12	5.644	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-444,2846	-449,8209	GSA 2013	1,01	1.748	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-224,488	-463,9479	GSA 2013	2,07	1.938	Runtuh
Balok Sloof	539,1	-979,8131	-2807,0405	SNI Gravitasi	2,86	5.207	Progresif
Balok Induk	539,1	-734,7447	-2146,1117	SNI Gravitasi	2,92	3.981	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-356,8964	-361,3055	SNI Gravitasi	1,01	1.404	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-208,7634	-342,0216	SNI Gravitasi	1,64	1.429	Runtuh
Balok Sloof	539,1	-945,1236	-2880,5917	SNI Gempa	3,05	5.343	Progresif
Balok Induk	539,1	-1271,3342	-2447,635	SNI Gempa	1,93	4.540	Progresif
Balok Anak 30 × 65	257,4	-393,5915	-397,7849	SNI Gempa	1,01	1.545	Runtuh
Balok Anak 30 × 60	239,4	-221,5988	-428,027	SNI Gempa	1,93	1.788	Runtuh

Berdasarkan Tabel 4.7, Tabel 4.8 dan Tabel 4.9, dapat disimpulkan bahwa hanya balok anak 30 × 60 (kasus 1 dan kasus 2) elemen struktur bangunan C pada kategori “Aman” untuk (kasus 1), (kasus 2), dan (kasus 3) selain itu semua penampang balok mengalami keruntuhan dan keruntuhan progresif. Untuk mengetahui nilai DCR pada kolom salah satunya dengan cara menggunakan analisis diagram interaksi seperti pada Gambar 4.10 - Gambar 4.99 Gambar 4.10 sampai dengan Gambar 4.99 didapatkan dengan cara memasukkan nilai

hubungan  $P$  dengan  $M_2$  (disimbolkan segitiga) dan nilai hubungan  $P$  dengan  $M_3$  (disimbolkan lingkaran) sebelum dan sesudah dilakukan penghapusan kolom ke dalam diagram interaksi. Untuk diagram interaksi yang berwarna biru merupakan diagram interaksi sebelum dilakukan analisis keruntuhan progresif sedangkan diagram interaksi yang berwarna merah merupakan diagram interaksi modifikasi sesudah dilakukan analisis keruntuhan progresif yang diperoleh dari *output* SAP2000 versi 21. Kemudian untuk kasus 1, kasus 2, dan kasus 3 data dibandingkan sesuai plot  $P, M_2$ , dan  $M_3$  dengan diagram interaksi sebelum dan sesudah dilakukan penghapusan kolom. *Demand Capacity Ratio* (DCR) kolom merupakan selisih dari diagram interaksi sebelum dan sesudah dilakukan penghapusan kolom.

1). Struktur bangunan hanya menggunakan dinding geser bagian samping

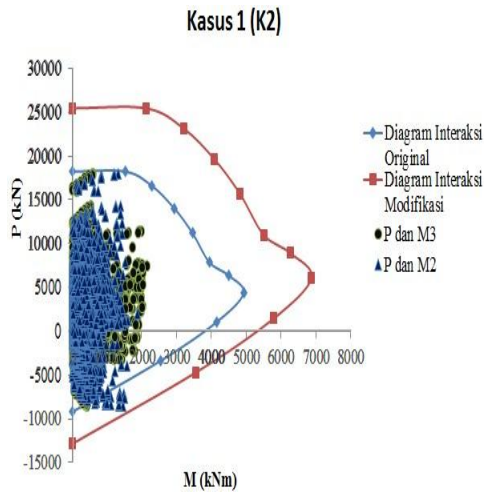


Gambar **Error! No text of specified style in document.** 10 Kolom K1 kasus

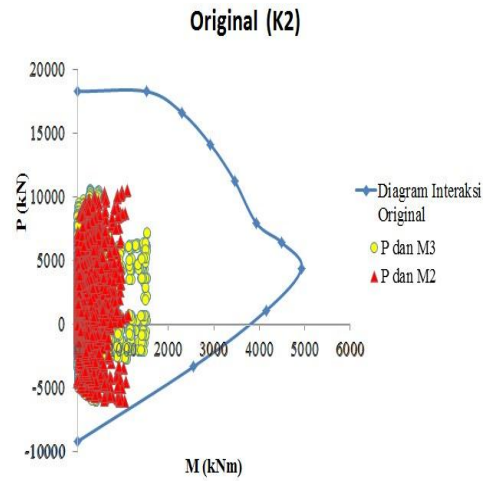
1

Gambar **Error! No text of specified style in document.** 11 Kolom K1

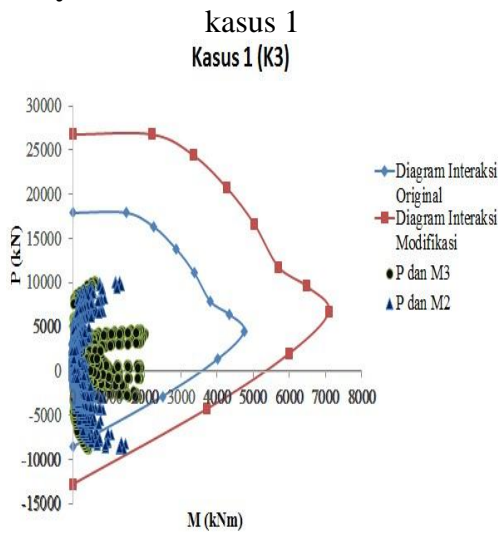
original



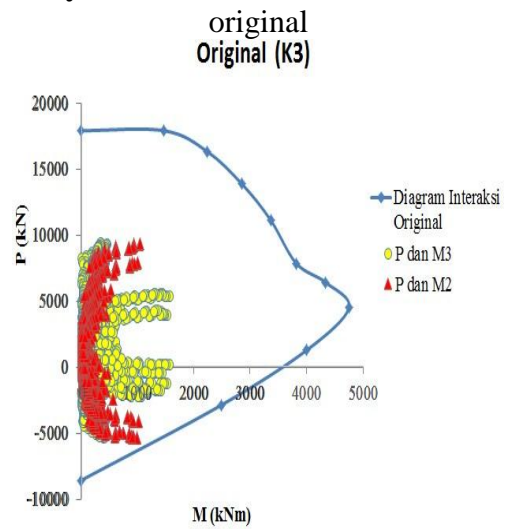
Gambar Error! No text of specified style in document..12 Kolom K2



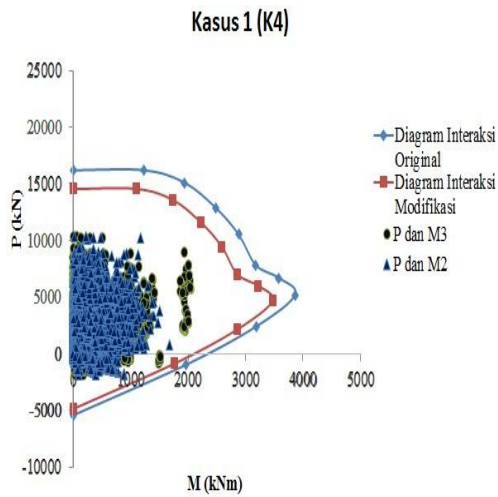
Gambar Error! No text of specified style in document..13 Kolom K2



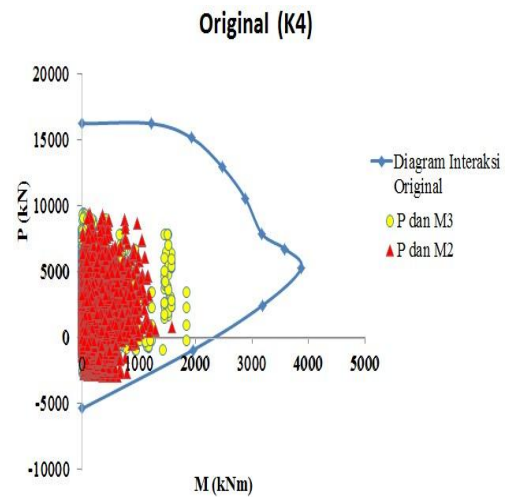
Gambar Error! No text of specified style in document..14 Kolom K3 kasus 1



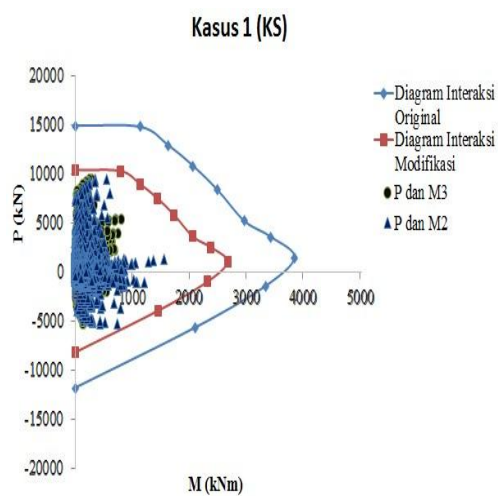
Gambar Error! No text of specified style in document..15 Kolom K3 original



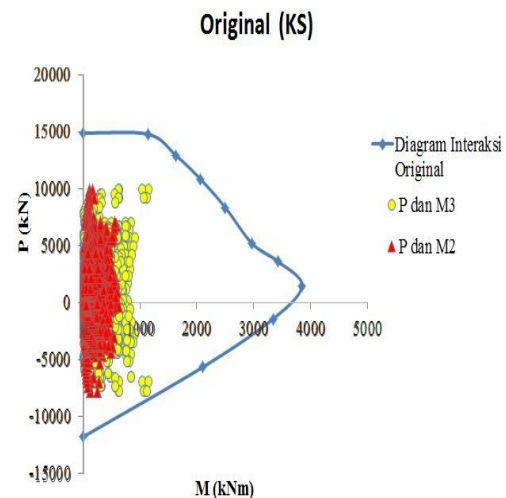
Gambar Error! No text of specified style in document..16 Kolom K4 kasus 1



Gambar Error! No text of specified style in document..17 Kolom K4 original

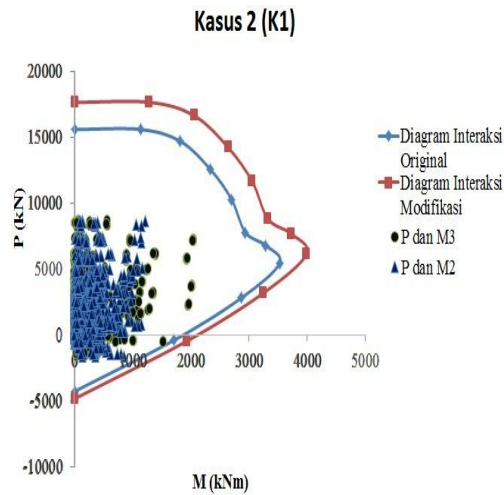


Gambar Error! No text of specified style in document..18 Kolom KS kasus 1

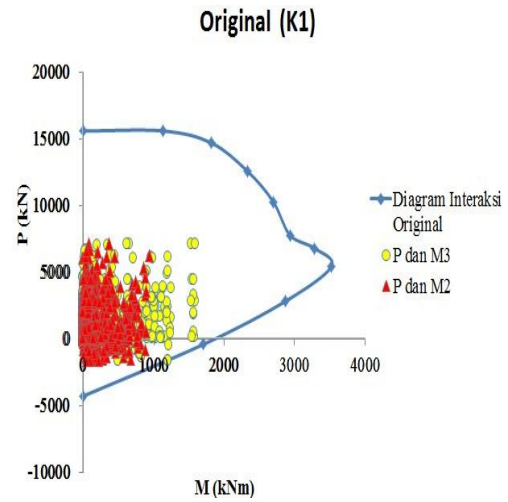


Gambar Error! No text of specified style in document..19 Kolom KS original

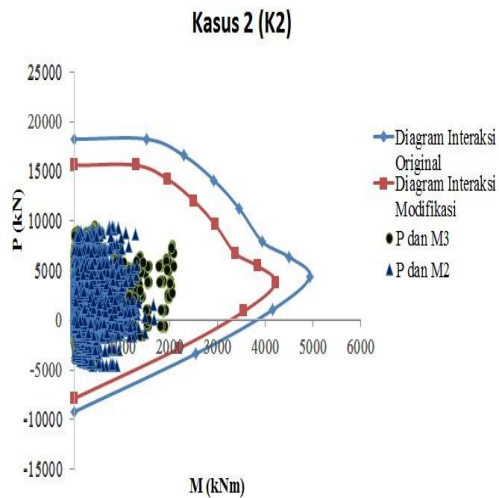




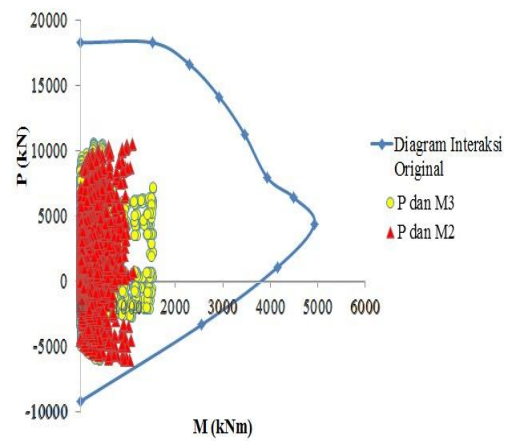
Gambar Error! No text of specified style in document..20 Kolom K1 kasus 2



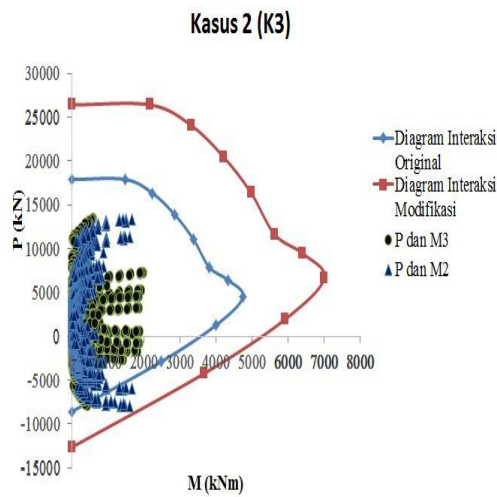
Gambar Error! No text of specified style in document..21 Kolom K1 original Original (K2)



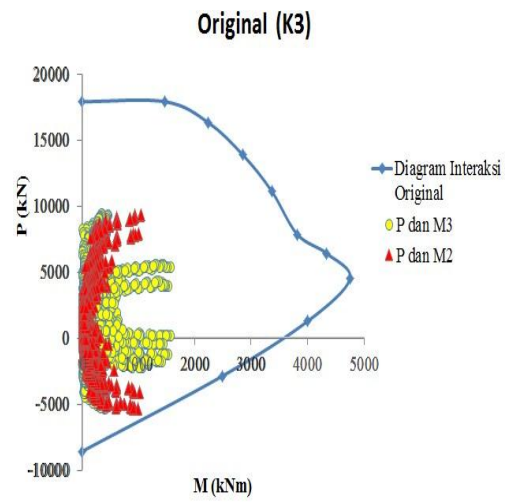
Gambar Error! No text of specified style in document..22 Kolom K2 kasus 2



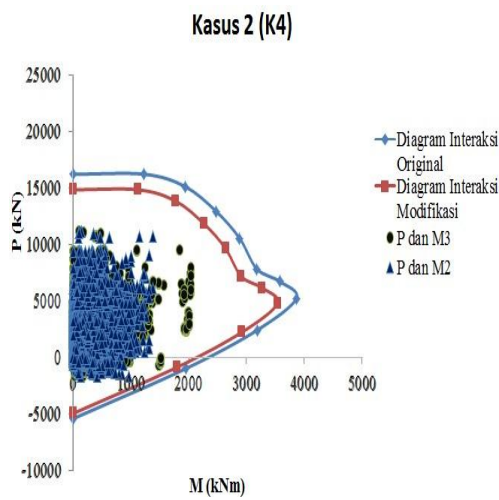
Gambar Error! No text of specified style in document..23 Kolom K2 original



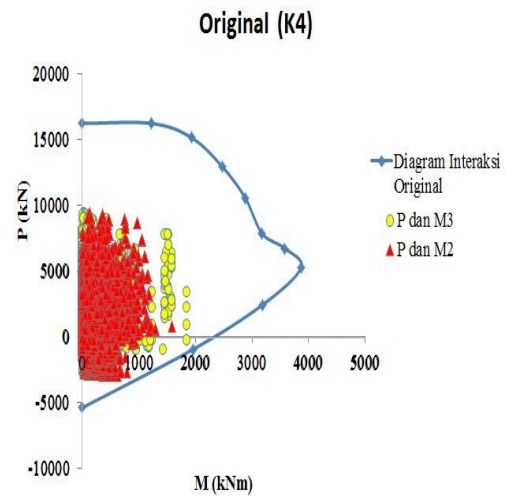
Gambar Error! No text of specified style in document..24 Kolom K3 kasus 2



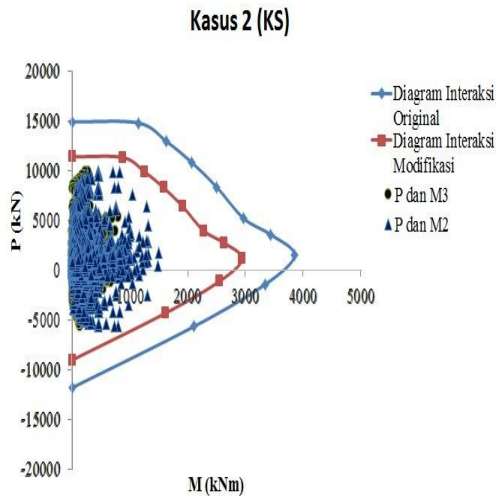
Gambar Error! No text of specified style in document..25 Kolom K3 original



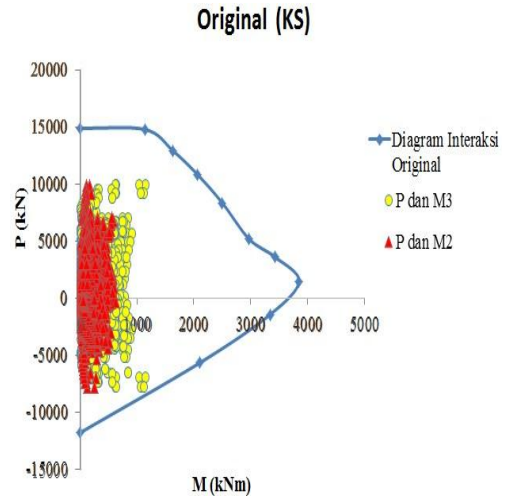
Gambar Error! No text of specified style in document..26 Kolom K4 kasus 2



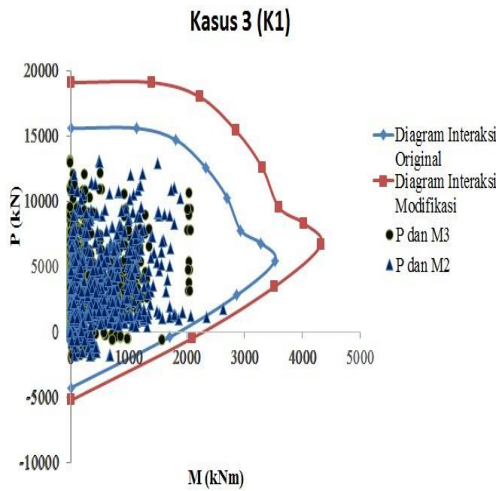
Gambar Error! No text of specified style in document..27 Kolom K4 original



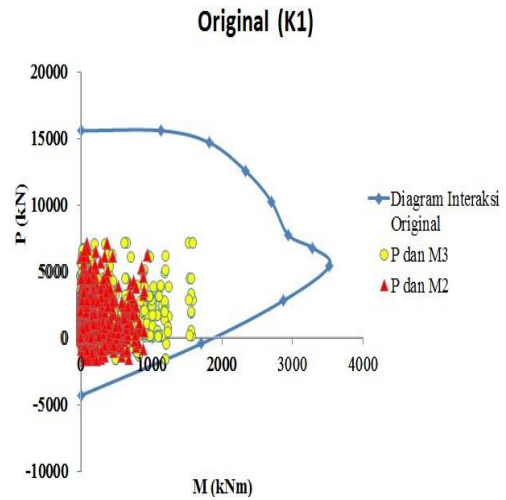
Gambar Error! No text of specified style in document..28 Kolom KS kasus 2



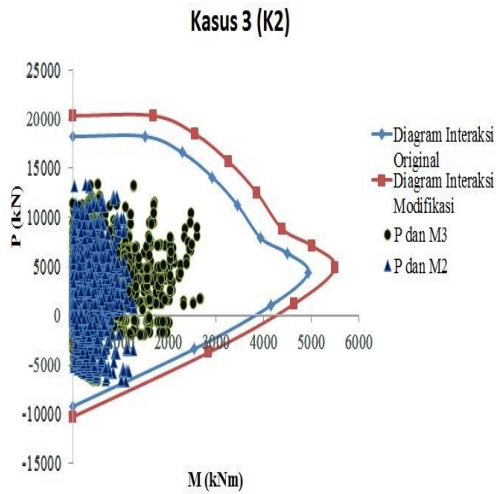
Gambar Error! No text of specified style in document..29 Kolom KS original



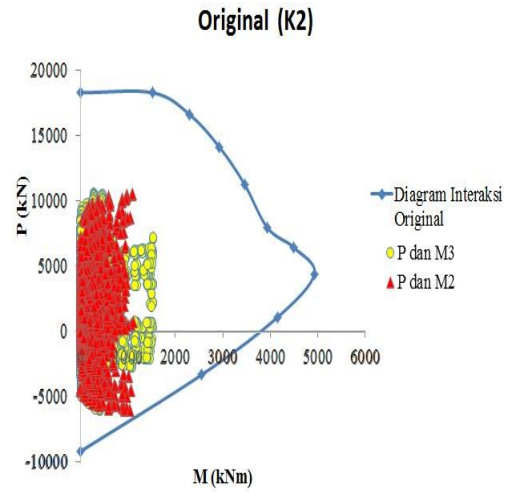
Gambar Error! No text of specified style in document..30 Kolom K1 kasus 3



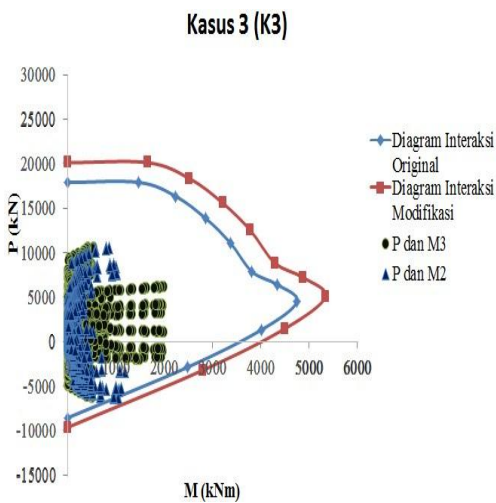
Gambar Error! No text of specified style in document..31 Kolom K1 original



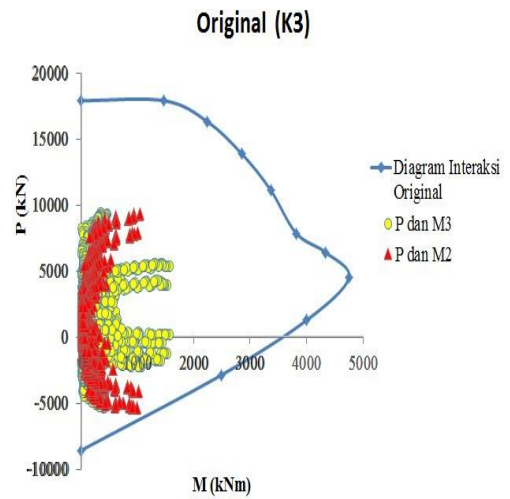
Gambar Error! No text of specified style in document..32 Kolom K2 kasus 3



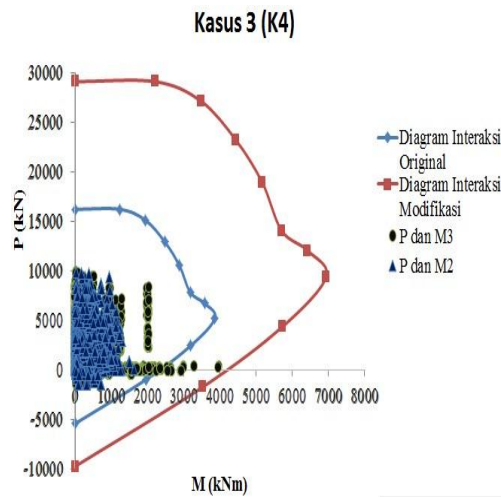
Gambar Error! No text of specified style in document..33 Kolom K2 original



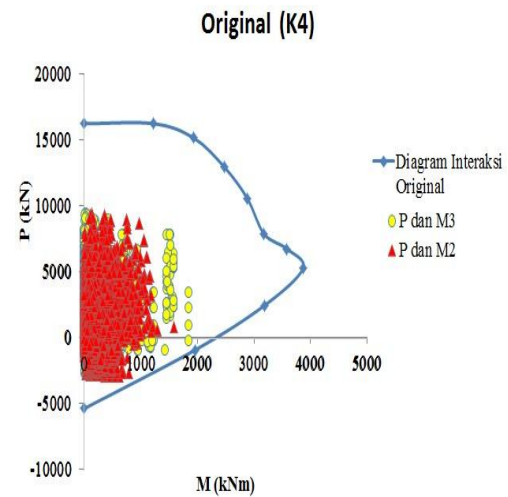
Gambar Error! No text of specified style in document..34 Kolom K3 kasus 3



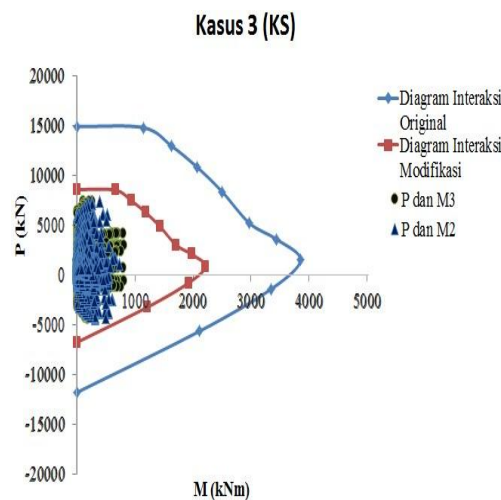
Gambar Error! No text of specified style in document..35 Kolom K3 original



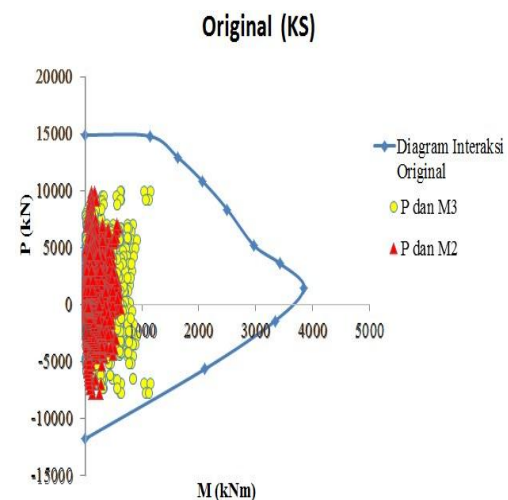
Gambar Error! No text of specified style in document..36 Kolom K4 kasus 3



Gambar Error! No text of specified style in document..37 Kolom K4 original



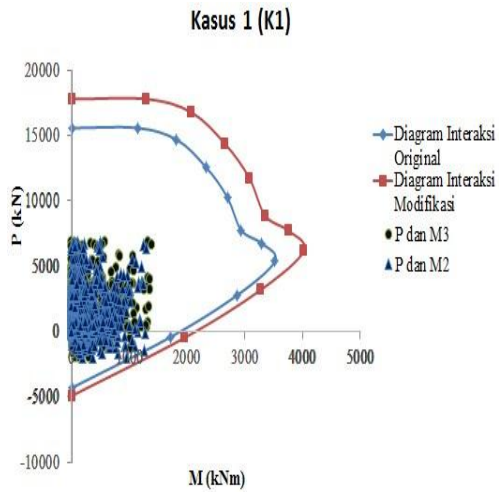
Gambar Error! No text of specified style in document..38 Kolom KS kasus 3



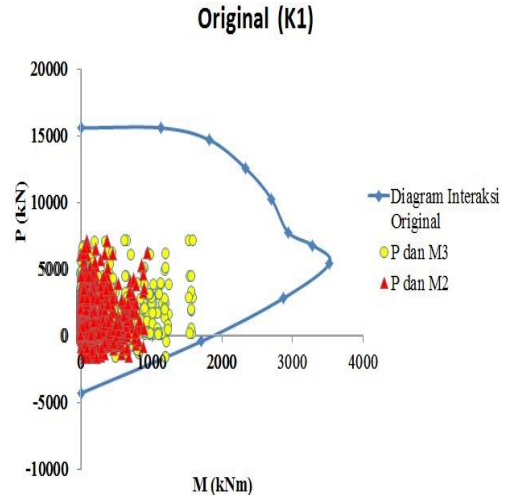
Gambar Error! No text of specified style in document..39 Kolom KS original

2). Struktur bangunan hanya menggunakan dinding geser bagian tengah

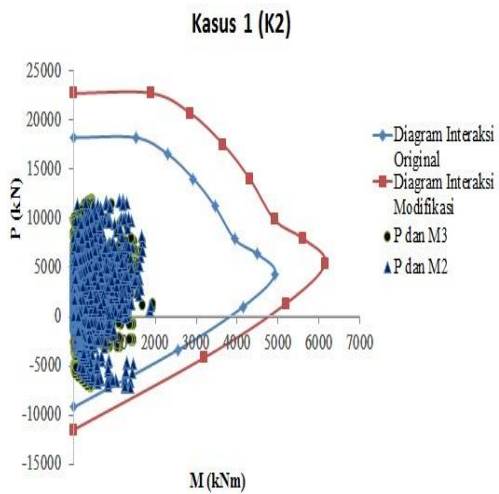




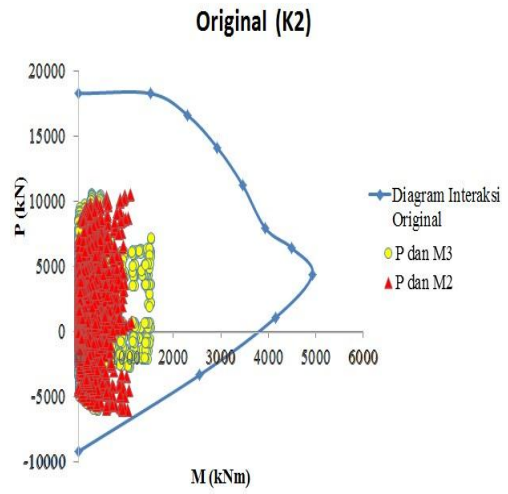
Gambar Error! No text of specified style in document..40 Kolom K1 kasus 1



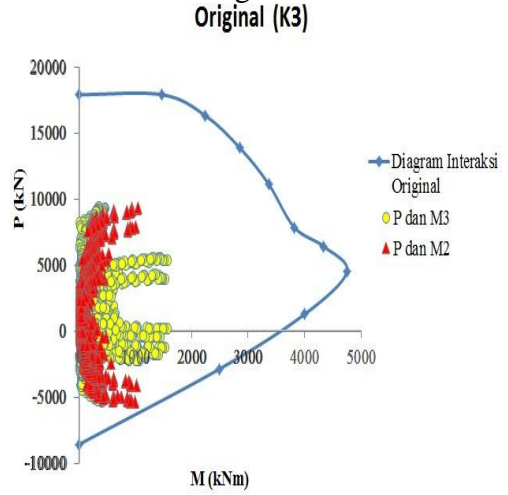
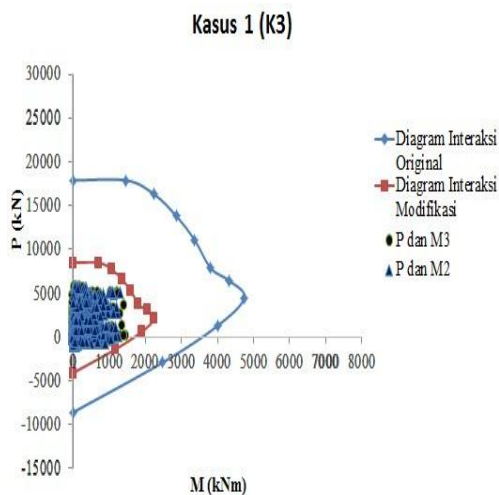
Gambar Error! No text of specified style in document..41 Kolom K1 original



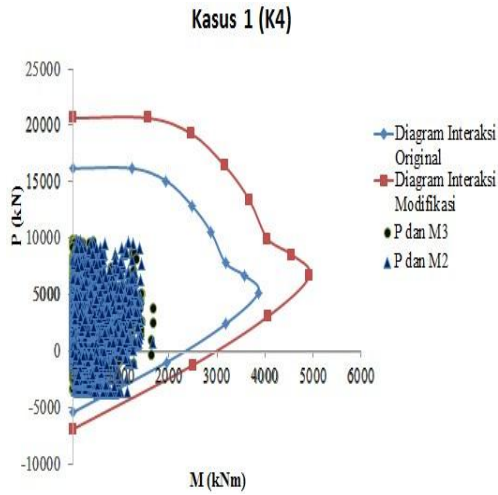
Gambar Error! No text of specified style in document..42 Kolom K2 kasus 1



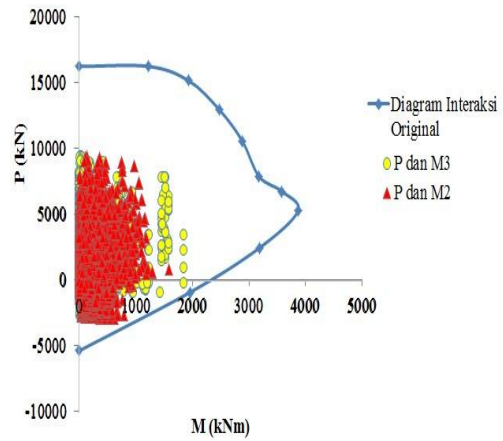
Gambar Error! No text of specified style in document..43 Kolom K2 original



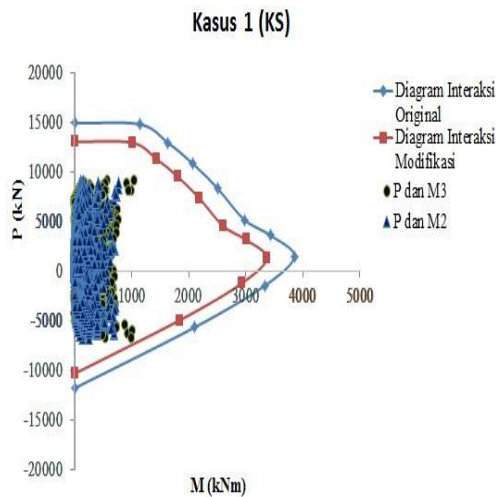
Gambar Error! No text of specified style in document..44 Kolom K3 kasus 1



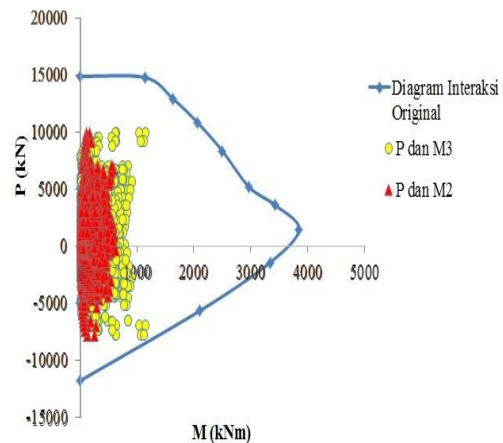
Gambar Error! No text of specified style in document..45 Kolom K3 original



Gambar Error! No text of specified style in document..46 Kolom K4 kasus 1

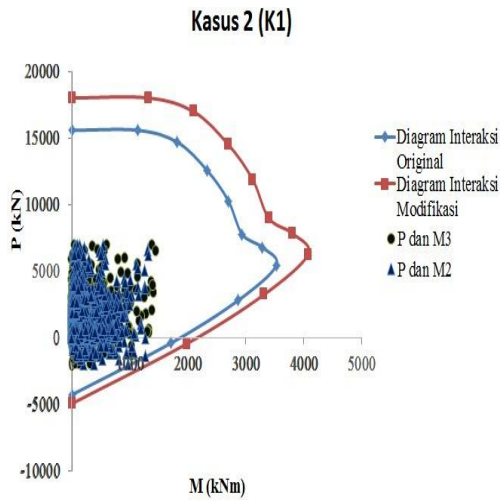


Gambar Error! No text of specified style in document..47 Kolom K4 original

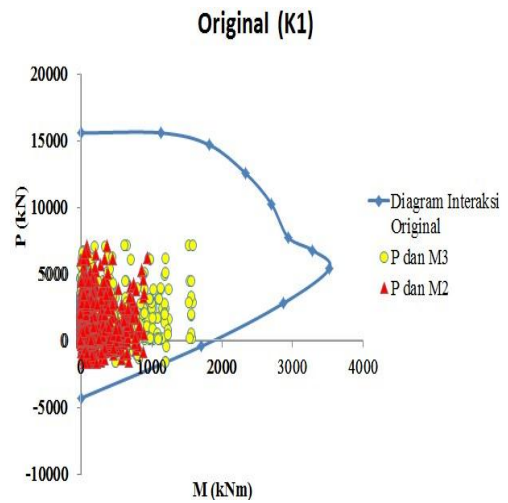


Gambar Error! No text of specified style in document..48 Kolom KS kasus 1

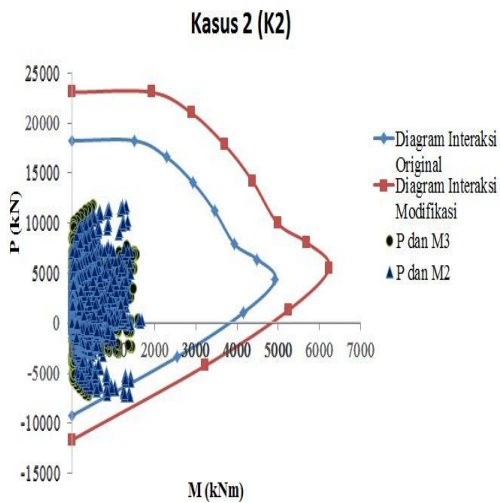
Gambar Error! No text of specified style in document..49 Kolom KS original



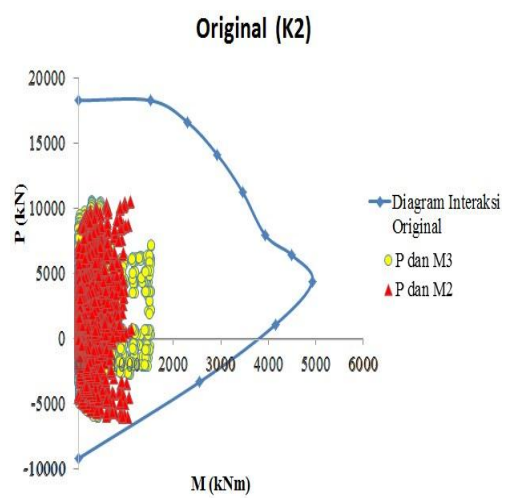
Gambar Error! No text of specified style in document..50 Kolom K1 kasus 2



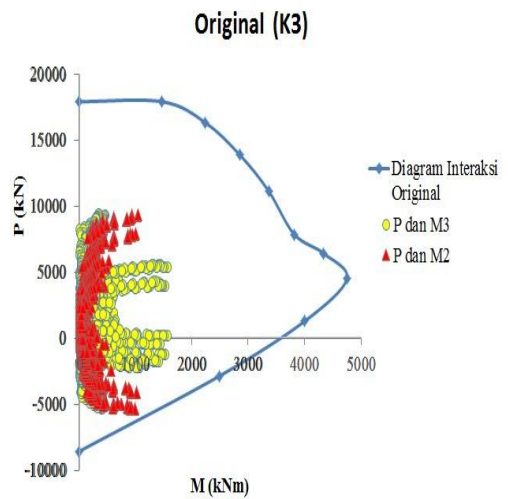
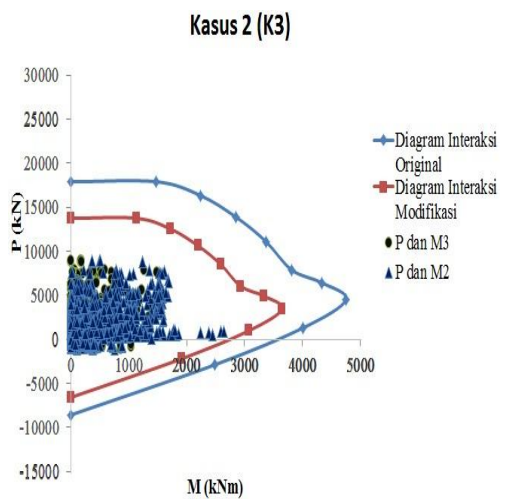
Gambar Error! No text of specified style in document..51 Kolom K1 original



Gambar Error! No text of specified style in document..52 Kolom K2 kasus 2

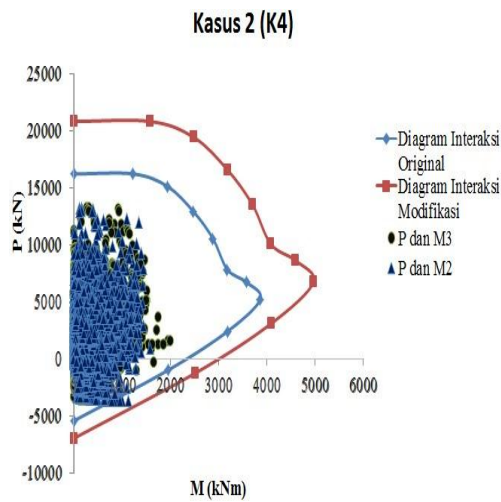


Gambar Error! No text of specified style in document..53 Kolom K2 original

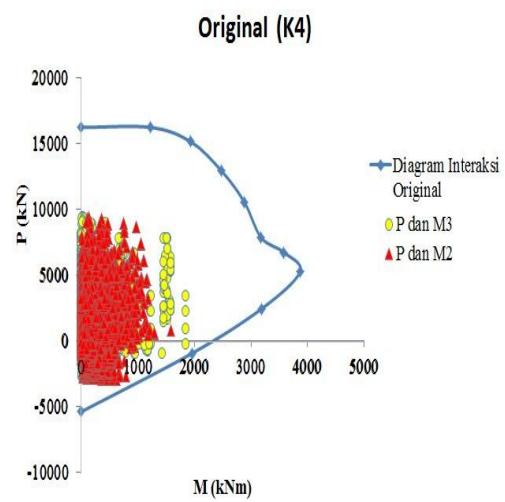




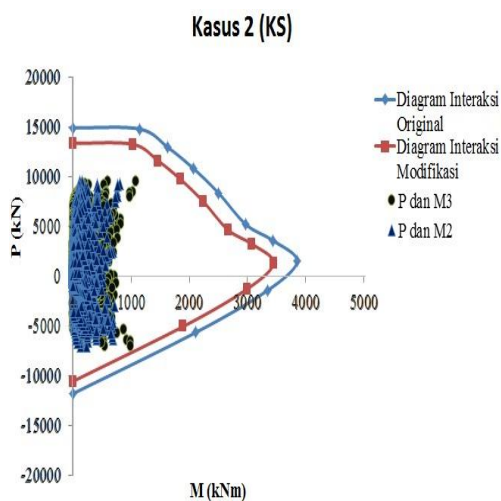
Gambar Error! No text of specified style in document..54 Kolom K3 kasus 2



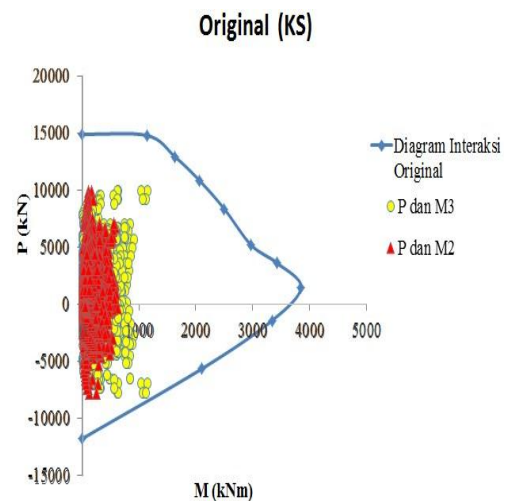
Gambar Error! No text of specified style in document..55 Kolom K3 original



Gambar Error! No text of specified style in document..56 Kolom K4 kasus 2

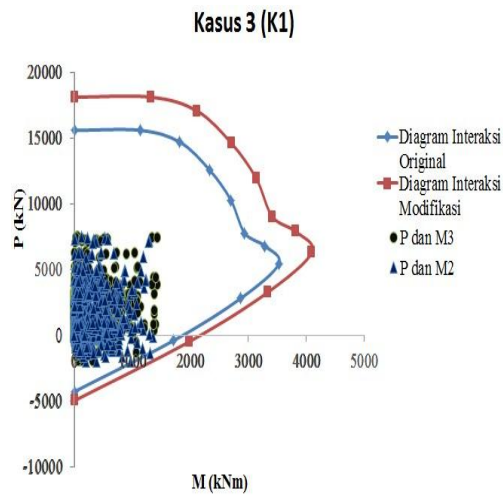


Gambar Error! No text of specified style in document..57 Kolom K4 original

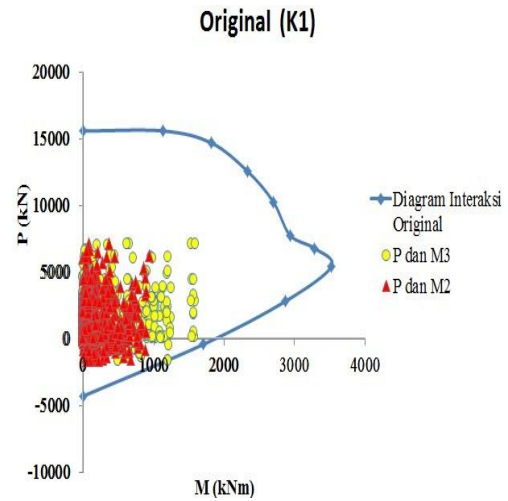


Gambar Error! No text of specified style in document..58 Kolom KS kasus 2

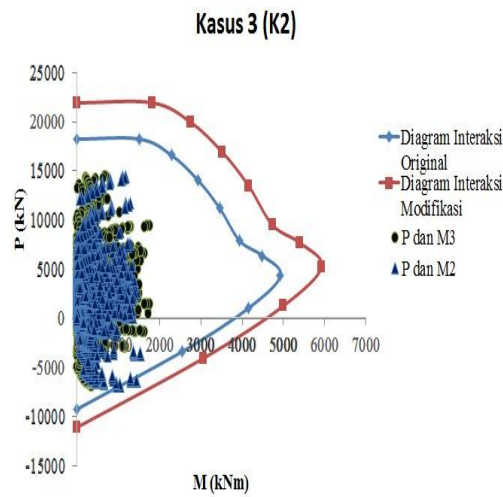
Gambar Error! No text of specified style in document..59 Kolom KS original



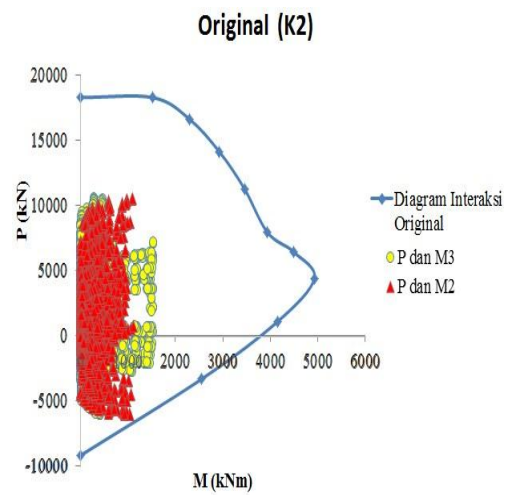
Gambar Error! No text of specified style in document..60 Kolom K1 kasus 3



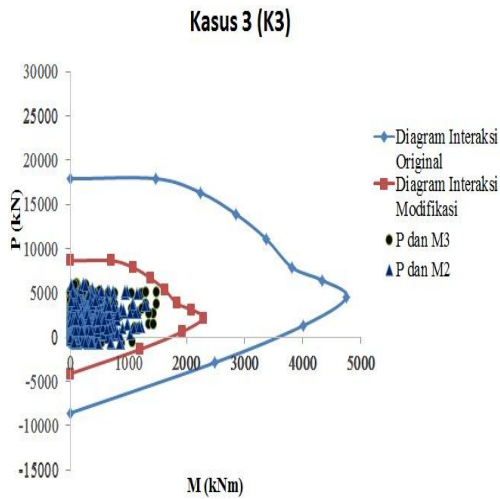
Gambar Error! No text of specified style in document..61 Kolom K1 original



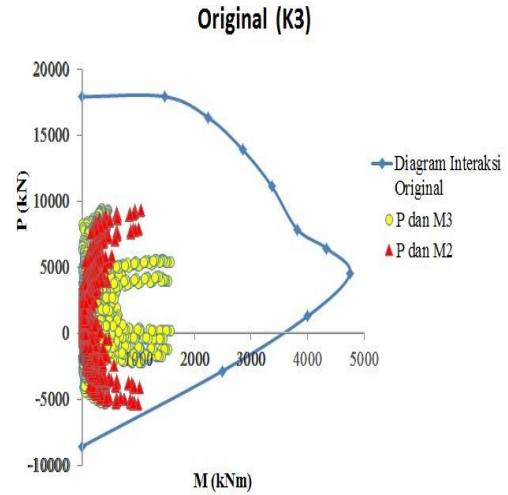
Gambar Error! No text of specified style in document..62 Kolom K2 kasus 3



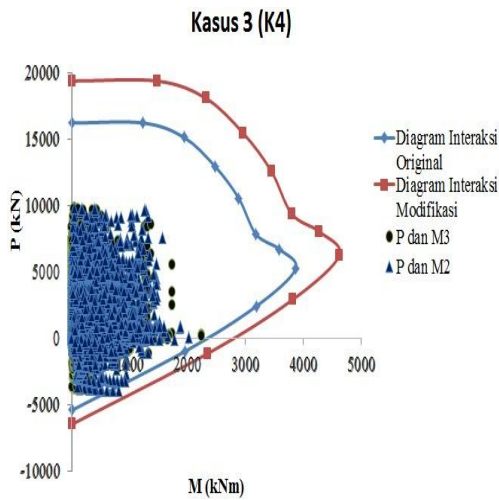
Gambar Error! No text of specified style in document..63 Kolom K2 original



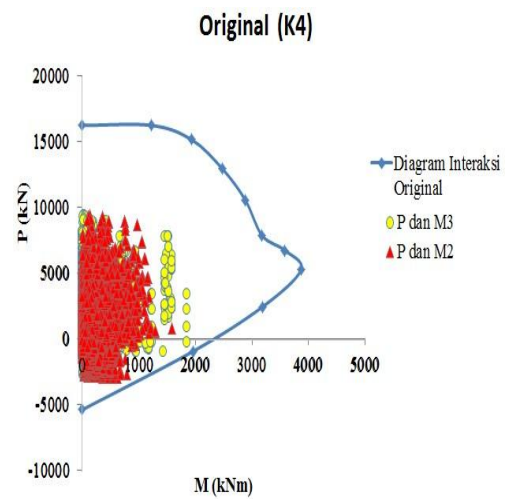
Gambar Error! No text of specified style in document..64 Kolom K3 kasus 3



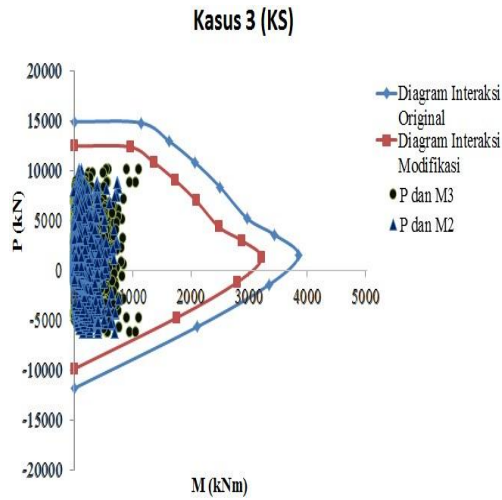
Gambar Error! No text of specified style in document..65 Kolom K3 original



Gambar Error! No text of specified style in document..66 Kolom K4 kasus 3

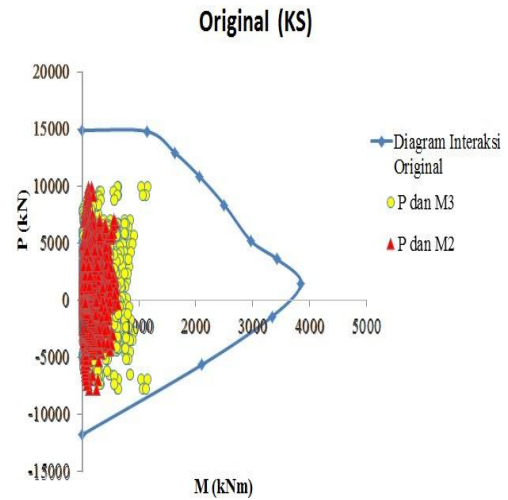


Gambar Error! No text of specified style in document..67 Kolom K4 original



Gambar **Error! No text of specified style in document..68** Kolom KS kasus

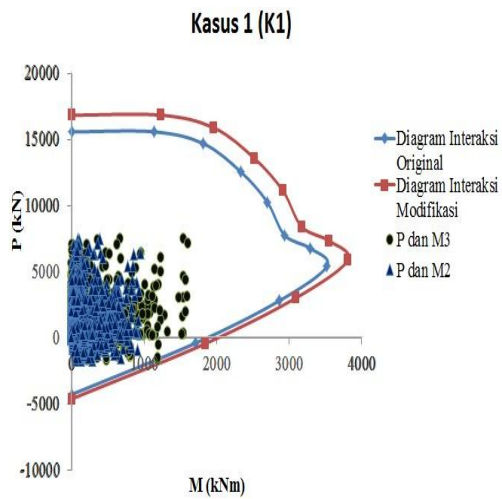
3



Gambar **Error! No text of specified style in document..69** Kolom KS

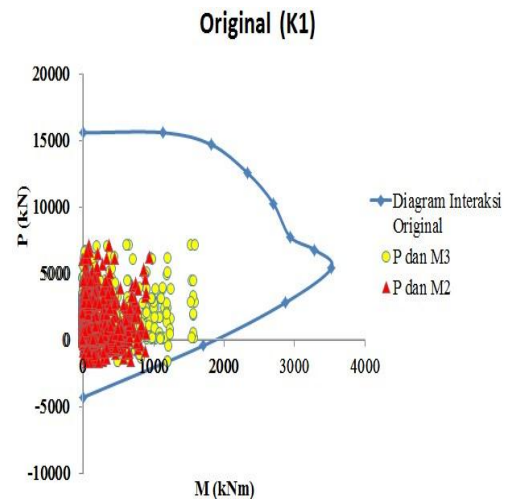
original

3). Struktur bangunan menggunakan dinding geser bagian samping dan tengah



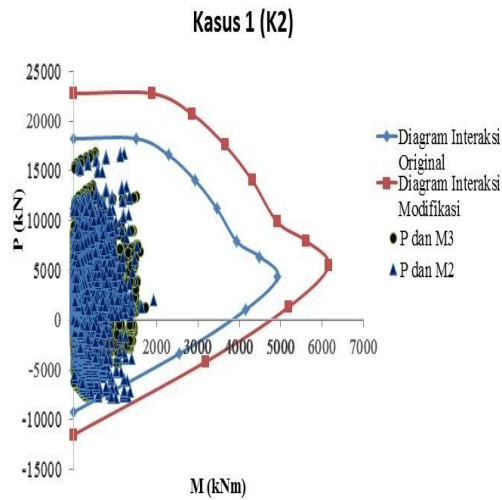
Gambar **Error! No text of specified style in document..70** Kolom K1 kasus

1

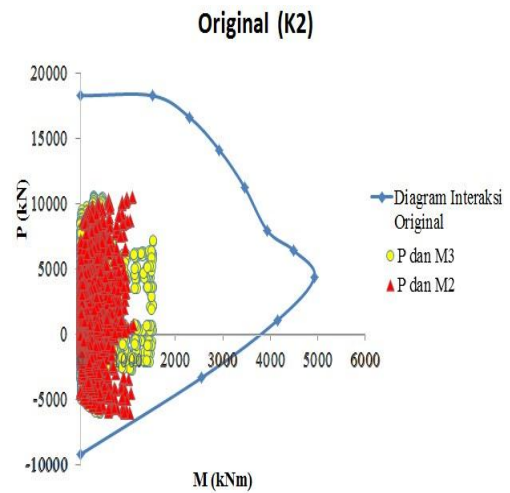


Gambar **Error! No text of specified style in document..71** Kolom K1

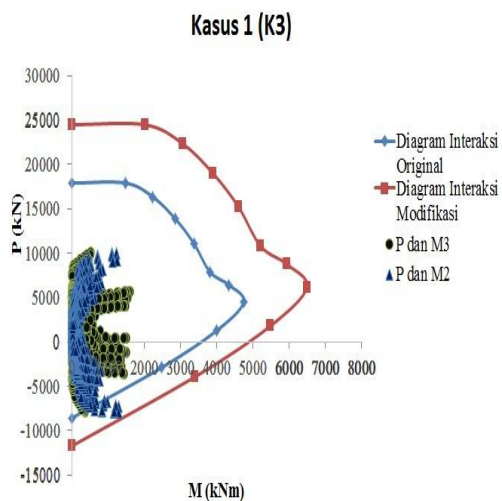
original



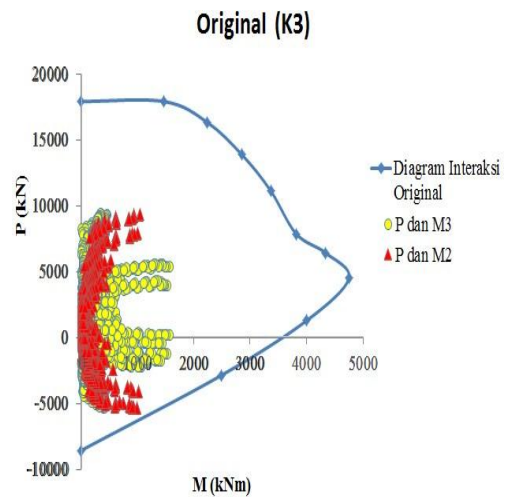
Gambar Error! No text of specified style in document..72 Kolom K2 kasus  
1



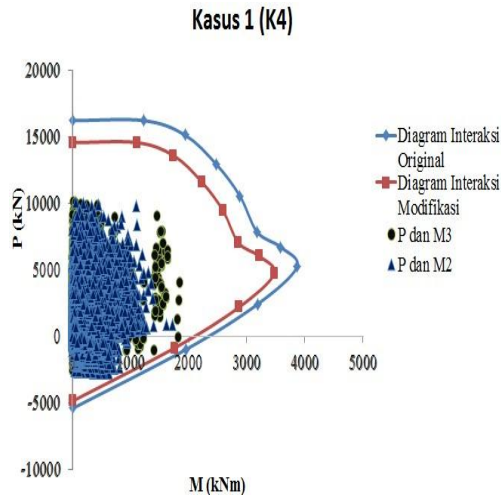
Gambar Error! No text of specified style in document..73 Kolom K2  
original



Gambar Error! No text of specified style in document..74 Kolom K3 kasus  
1

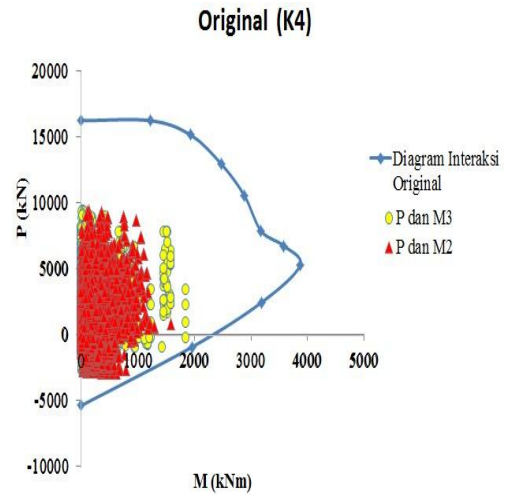


Gambar Error! No text of specified style in document..75 Kolom K3  
original



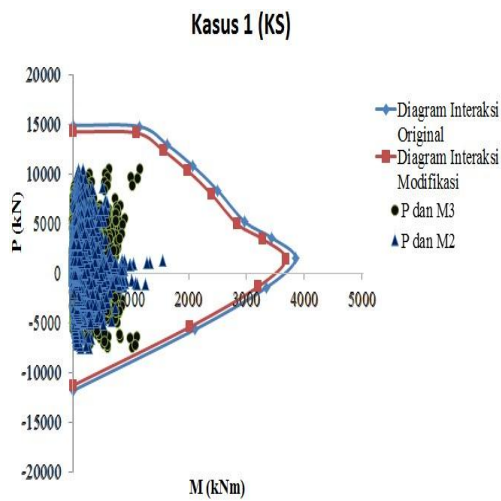
Gambar Error! No text of specified style in document..76 Kolom K4 kasus

1



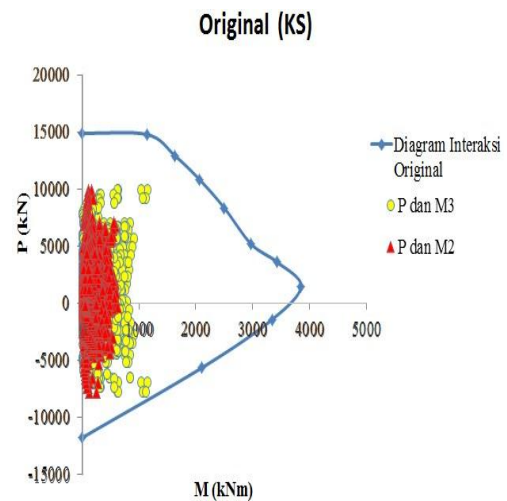
Gambar Error! No text of specified style in document..77 Kolom K4

original



Gambar Error! No text of specified style in document..78 Kolom KS kasus

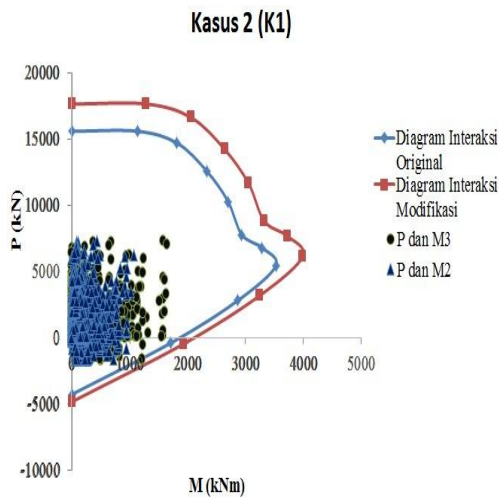
1



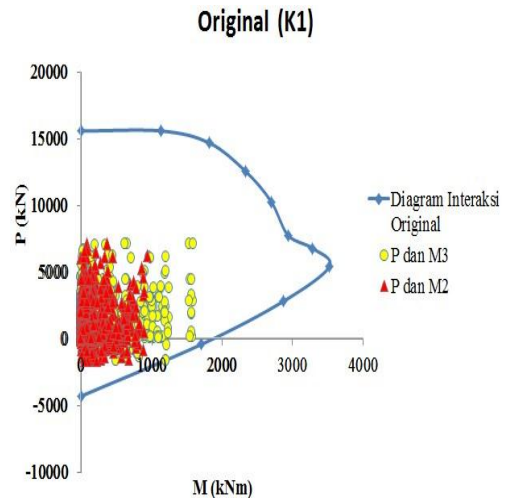
Gambar Error! No text of specified style in document..79 Kolom KS

original

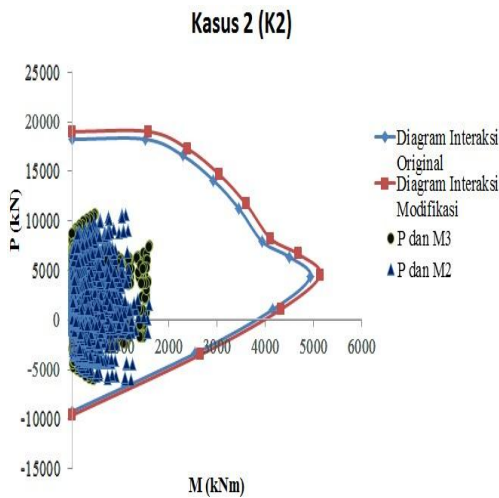




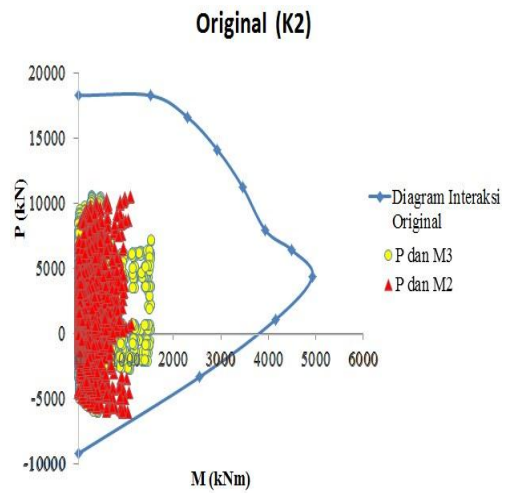
Gambar Error! No text of specified style in document..80 Kolom K1 kasus 2



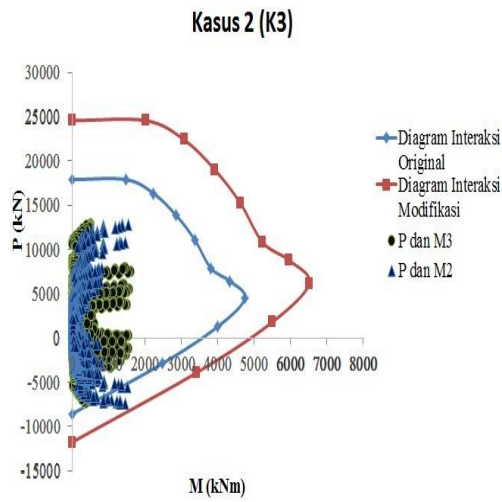
Gambar Error! No text of specified style in document..81 Kolom K1 original



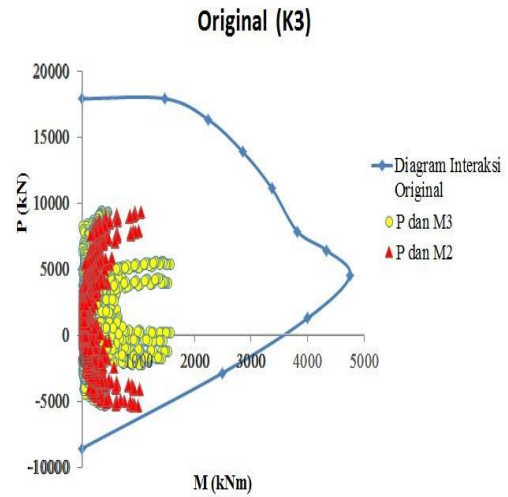
Gambar Error! No text of specified style in document..82 Kolom K2 kasus 2



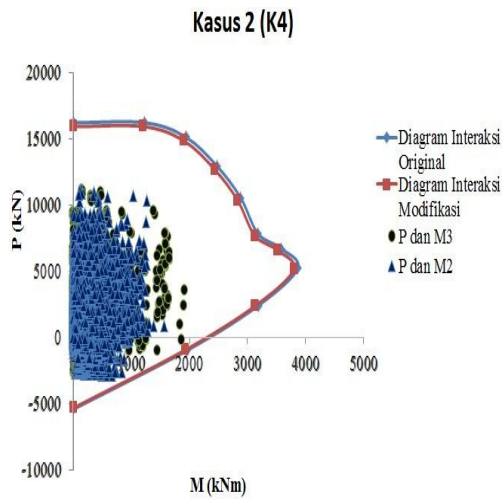
Gambar Error! No text of specified style in document..83 Kolom K2 original



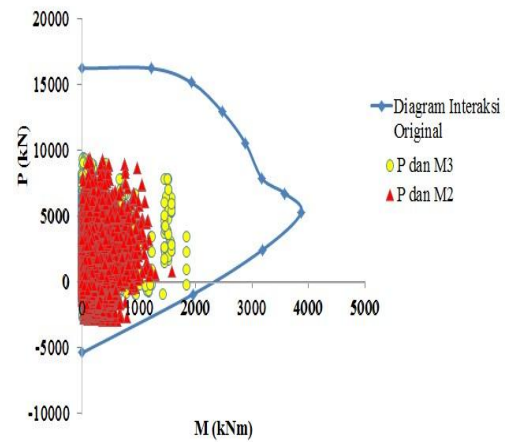
Gambar Error! No text of specified style in document..84 Kolom K3 kasus 2



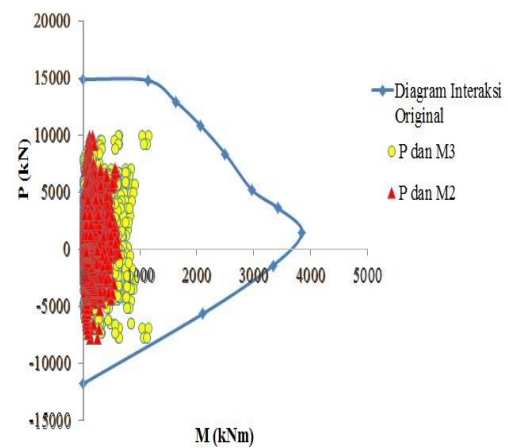
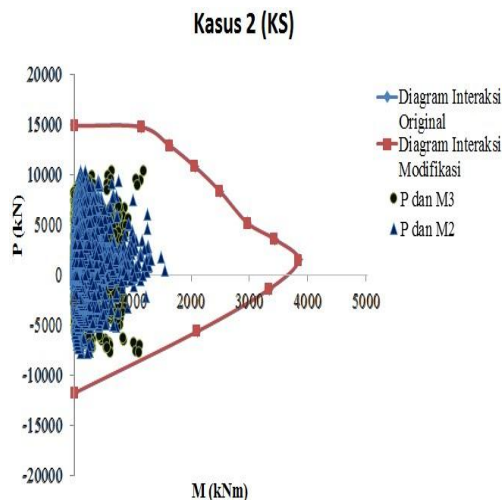
Gambar Error! No text of specified style in document..85 Kolom K3 original Original (K4)



Gambar Error! No text of specified style in document..86 Kolom K4 kasus 2

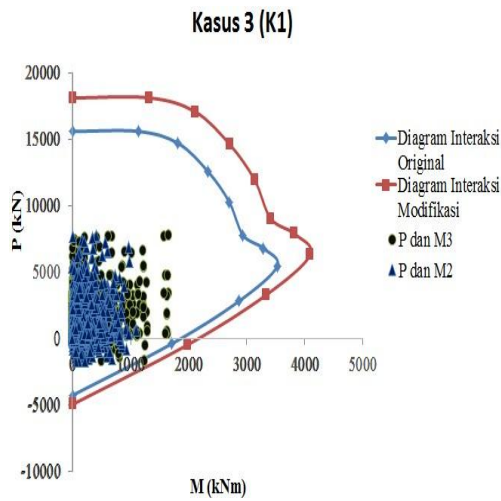


Gambar Error! No text of specified style in document..87 Kolom K4 original Original (KS)

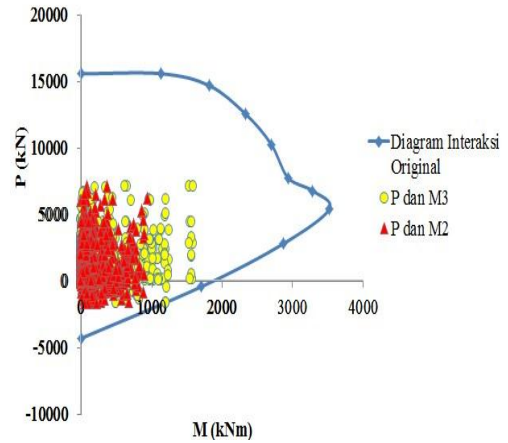




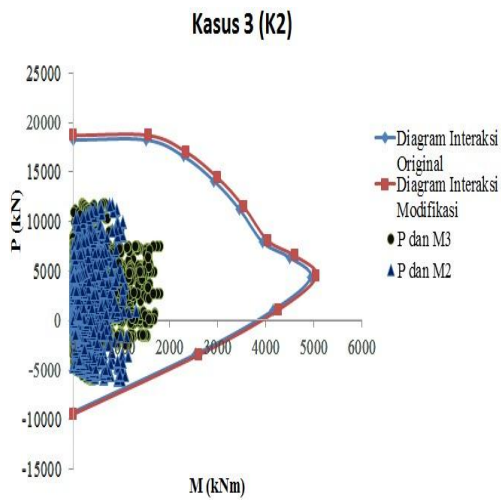
Gambar Error! No text of specified style in document..88 Kolom KS kasus 2



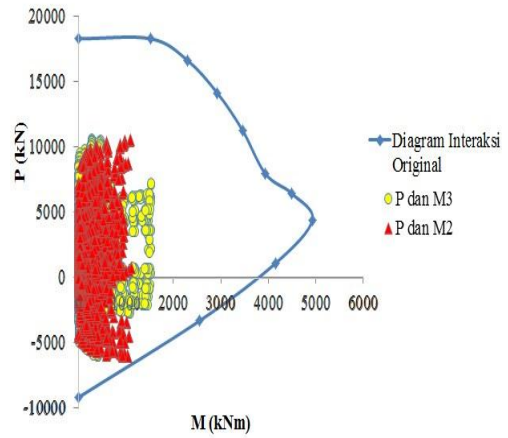
Gambar Error! No text of specified style in document..89 Kolom KS original Original (K1)



Gambar Error! No text of specified style in document..90 Kolom K1 kasus 3



Gambar Error! No text of specified style in document..91 Kolom K1 original Original (K2)

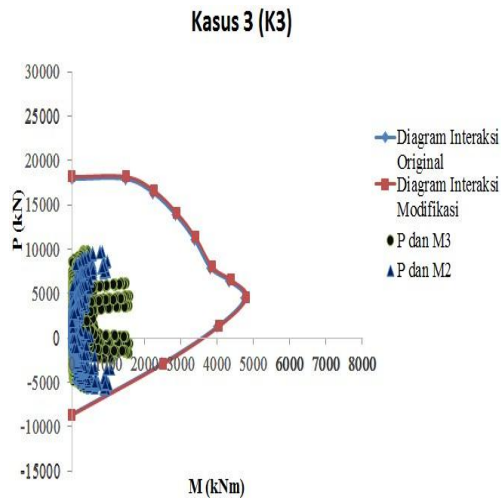


Gambar Error! No text of specified style in document..92 Kolom K2 kasus 3

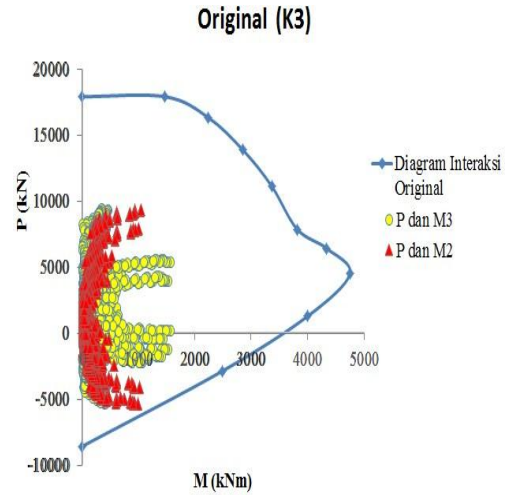


Gambar Error! No text of specified style in document..93 Kolom K2 original

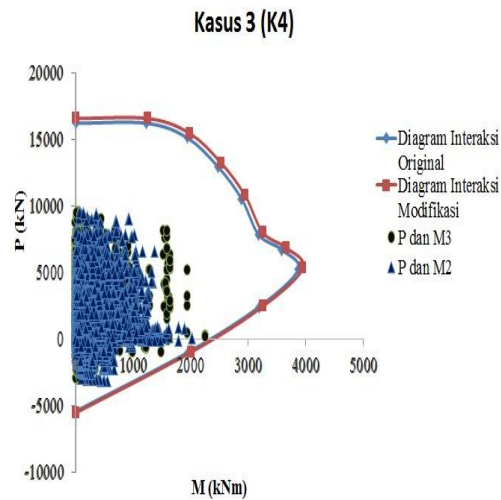




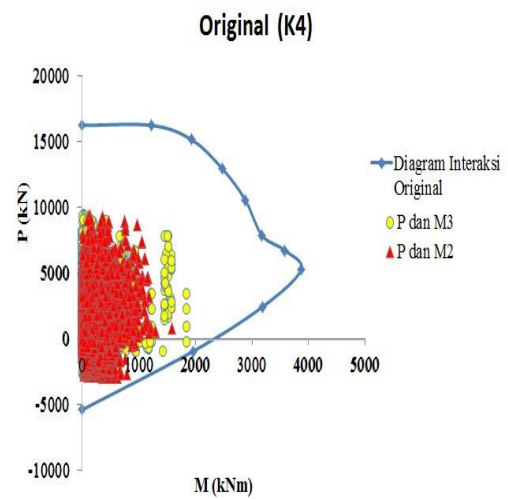
Gambar Error! No text of specified style in document..94 Kolom K3 kasus 3



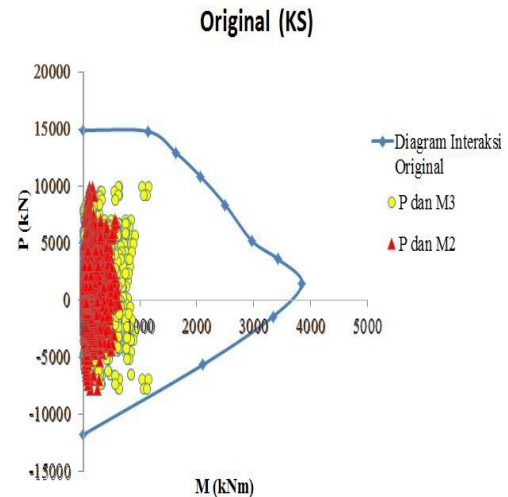
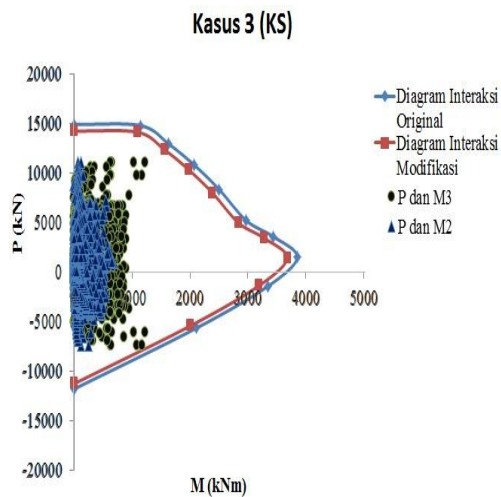
Gambar Error! No text of specified style in document..95 Kolom K3 original



Gambar Error! No text of specified style in document..96 Kolom K4 kasus 3



Gambar Error! No text of specified style in document..97 Kolom K4 original



Gambar **Error! No text of specified style in document.**.98 Kolom KS kasus  
3

Gambar **Error! No text of specified style in document.**.99 Kolom KS  
original

Dari diagram interaksi kolom di atas, untuk memudahkan dalam menganalisis nilai DCR pada kolom stuktur bangunan maka dapat dilihat pada Tabel 4.10, Tabel 4.11, Tabel 4.12 dan pada Gambar 4.100 – Gambar 4.109 sebagai berikut.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**.10 DCR pada Kolom  
Bangunan A

<b>Bangunan Menggunakan Dinding Geser Bagian Samping</b>			
<b>Kolom</b>	<b>DCR (Kasus 1)</b>	<b>DCR (Kasus 2)</b>	<b>DCR (Kasus 3)</b>
K1	1,045	1,132	1,225
K2	1,396	0,855	1,115
K3	1,495	1,475	1,124
K4	0,898	0,915	1,795
KS	0,695	0,765	0,575

Tabel **Error! No text of specified style in document.**.11 DCR pada Kolom  
Bangunan B

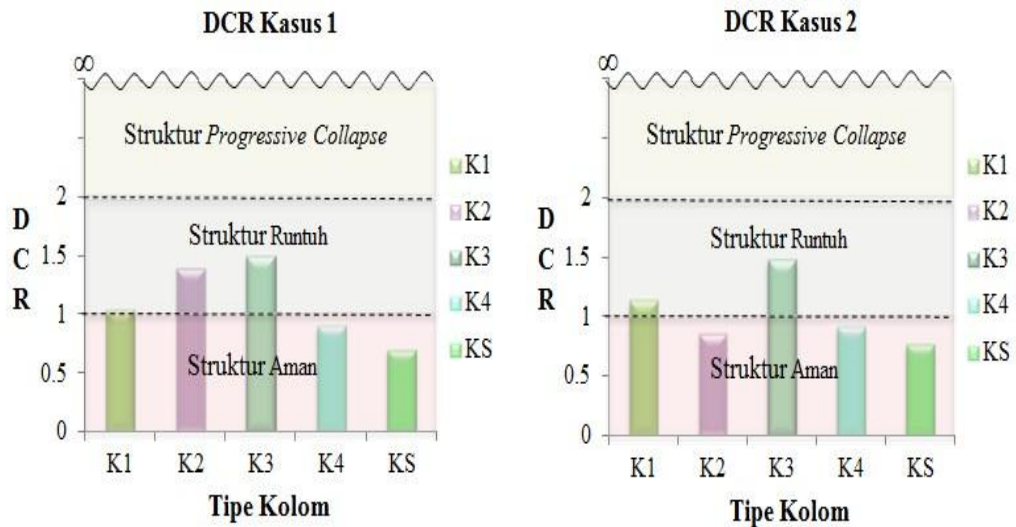
<b>Bangunan Menggunakan Dinding Geser Bagian Tengah</b>			
<b>Kolom</b>	<b>DCR (Kasus 1)</b>	<b>DCR (Kasus 2)</b>	<b>DCR (Kasus 3)</b>
K1	1,142	1,156	1,162
K2	1,248	1,265	1,202
K3	0,475	0,768	0,482
K4	1,275	1,284	1,195
KS	0,875	0,896	0,836

Tabel **Error! No text of specified style in document.**.12 DCR pada Kolom  
Bangunan C

<b>Bangunan Menggunakan Dinding Geser Bagian Tengah dan Samping</b>			
<b>Kolom</b>	<b>DCR (Kasus 1)</b>	<b>DCR (Kasus 2)</b>	<b>DCR (Kasus 3)</b>
K1	1,081	1,132	1,162
K2	1,248	1,042	1,025
K3	1,367	1,372	1,015

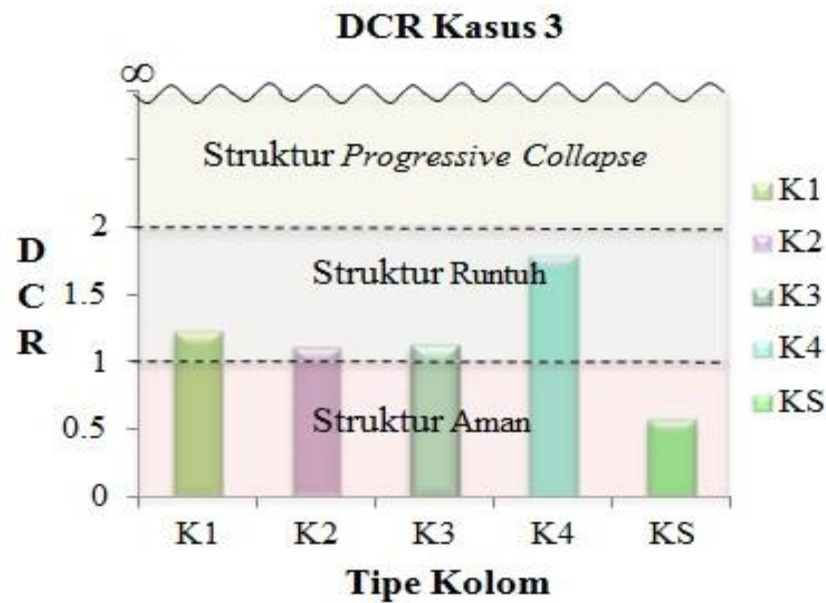
K4	0,898	0,982	1,022
KS	0,956	0,996	0,955

1). Struktur bangunan hanya menggunakan dinding geser bagian samping



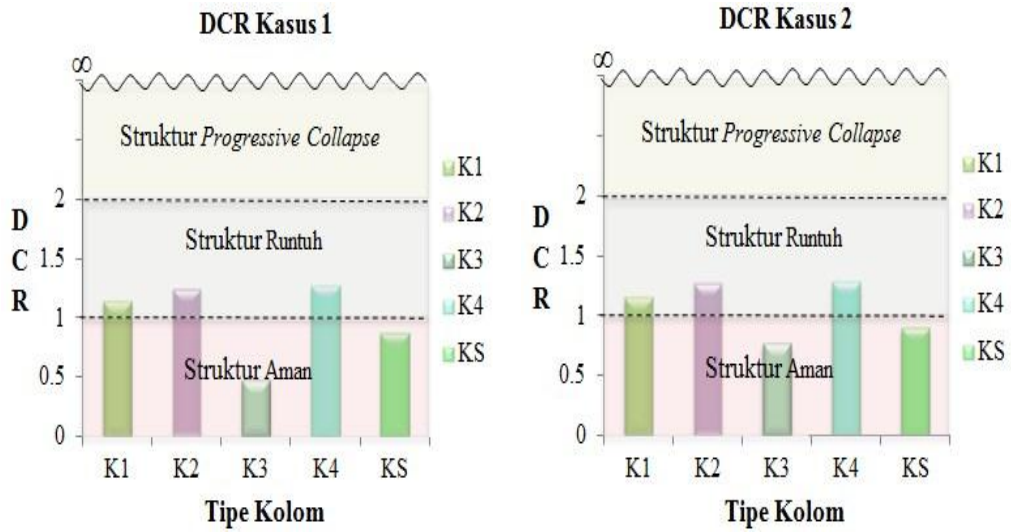
Gambar Error! No text of specified style in document..100 DCR kolom kasus 1

Gambar Error! No text of specified style in document..101 DCR kolom kasus 2



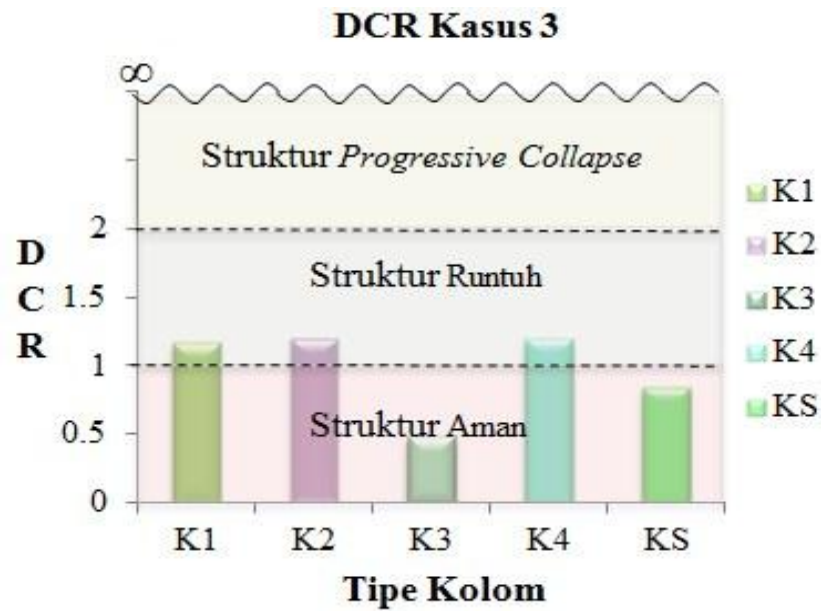
Gambar Error! No text of specified style in document..102 DCR pada kolom kasus 3

2). Struktur bangunan hanya menggunakan dinding geser bagian tengah



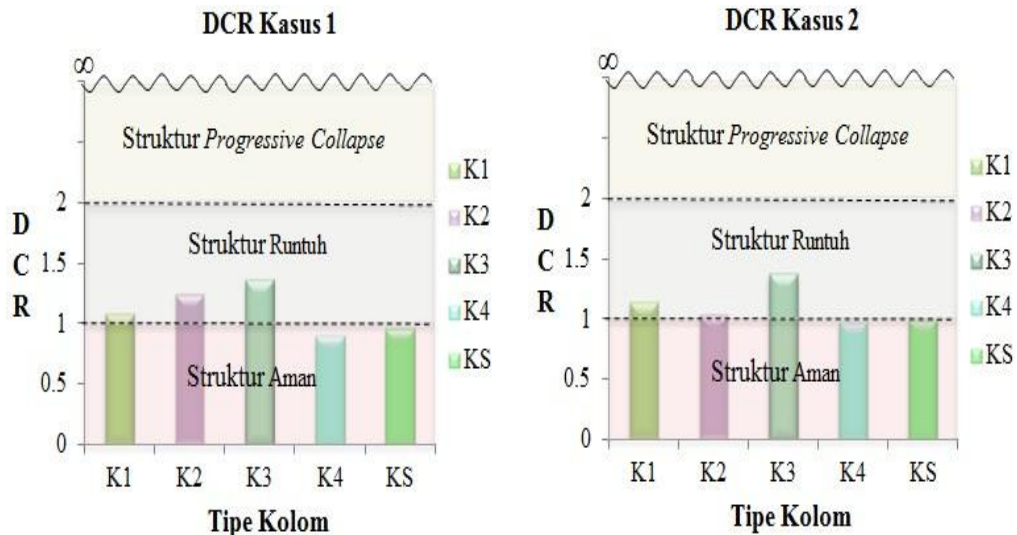
Gambar Error! No text of specified style in document..103 DCR kolom kasus 1

Gambar Error! No text of specified style in document..104 DCR kolom kasus 2



Gambar Error! No text of specified style in document..105 DCR pada kolom kasus 3

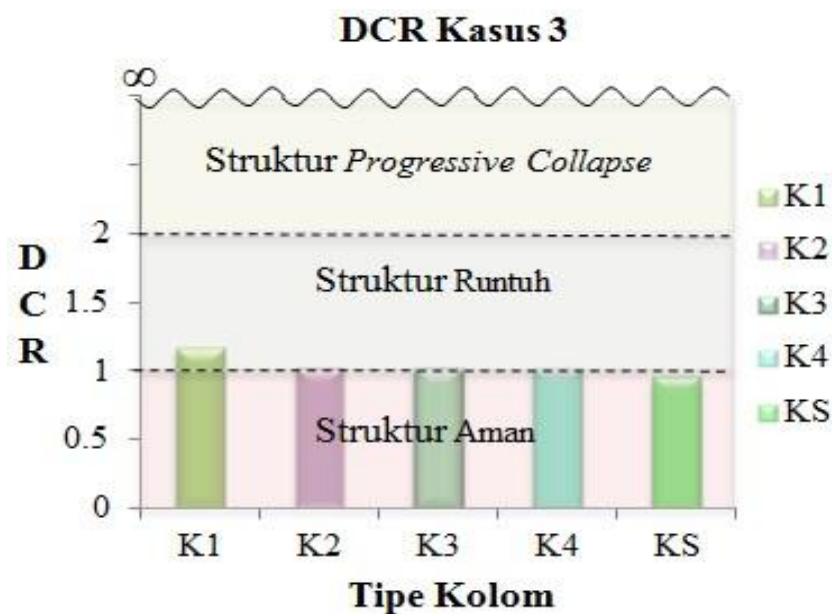
3). Struktur bangunan menggunakan dinding geser bagian samping dan tengah



Gambar Error! No text of specified style in document..106 DCR kolom

kasus 1

Gambar Error! No text of specified style in document..107 DCR kolom kasus 2



Gambar Error! No text of specified style in document..108 DCR pada kolom kasus 3

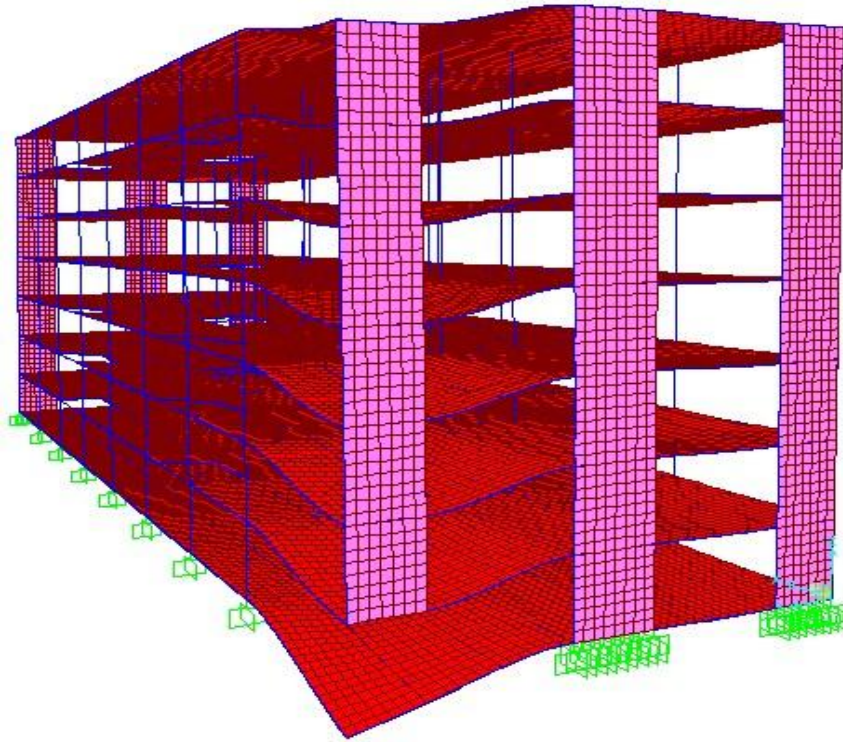
Berdasarkan Tabel dan Gambar diagram interaksi kolom di atas maka dapat disimpulkan bahwa pada struktur bangunan hanya dengan menggunakan dinding geser bagian samping untuk kasus 1, kasus 2, dan kasus 3 pada kolom

KS nilai  $DCR < 1$  “Aman”, kolom K4 pada kasus 1 dan kasus 2 nilai  $DCR < 1$  “Aman”, dan Kolom K2 pada kasus 2 nilai  $DCR < 1$  “Aman”, selain kolom tersebut untuk beberapa kolom lainnya mengalami keruntuhan. Struktur bangunan dengan menggunakan dinding geser bagian tengah untuk kasus 1, kasus 2, dan kasus 3 pada kolom KS dan kolom K3 nilai  $DCR < 1$  “Aman”, untuk kolom K1, kolom K2, dan kolom K4 nilai  $DCR > 1$  “Runtuh”. Struktur bangunan dengan menggunakan dinding geser bagian tengah dan samping untuk kasus 1, kasus 2, dan kasus 3 pada kolom KS  $DCR < 1$  “Aman”, untuk kolom K4 pada kasus 1 dan kasus 2  $DCR < 1$  “Aman”. Kolom K1, kolom K2, dan kolom K3 nilai  $DCR > 1$  “Runtuh”.

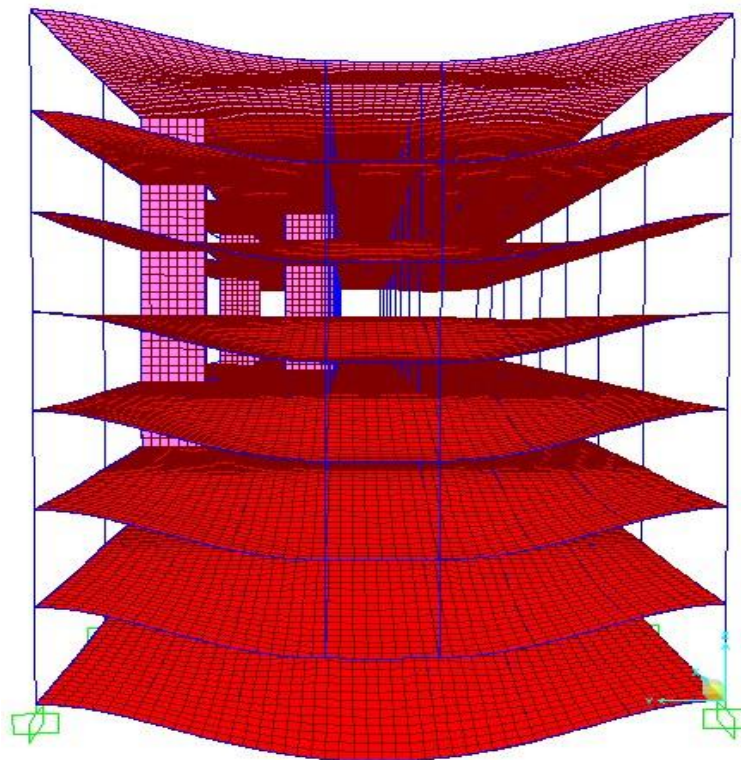
### **4.3 Tipe Keruntuhan Struktur Bangunan**

Setelah melakukan analisis *progressive collapse* dengan program SAP2000 versi 21, didapatkan nilai *Demand Capacity Ratio* (DCR) dengan memanfaatkan fitur *concrete design* pada SAP2000 versi 21 yang mengacu *Concrete Frame Design Preferences for ACI 318-11*, yang mana kode ini mengacu pada SNI 03-2847-2013 “Tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung”. Dari deformasi Gedung Akademik 7 Lantai Yogyakarta seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.109, Gambar 4.110 dan Gambar 4.111, dapat disimpulkan bahwa Gedung Akademik 7 Lantai Yogyakarta masuk dalam kategori tipe keruntuhan domino.



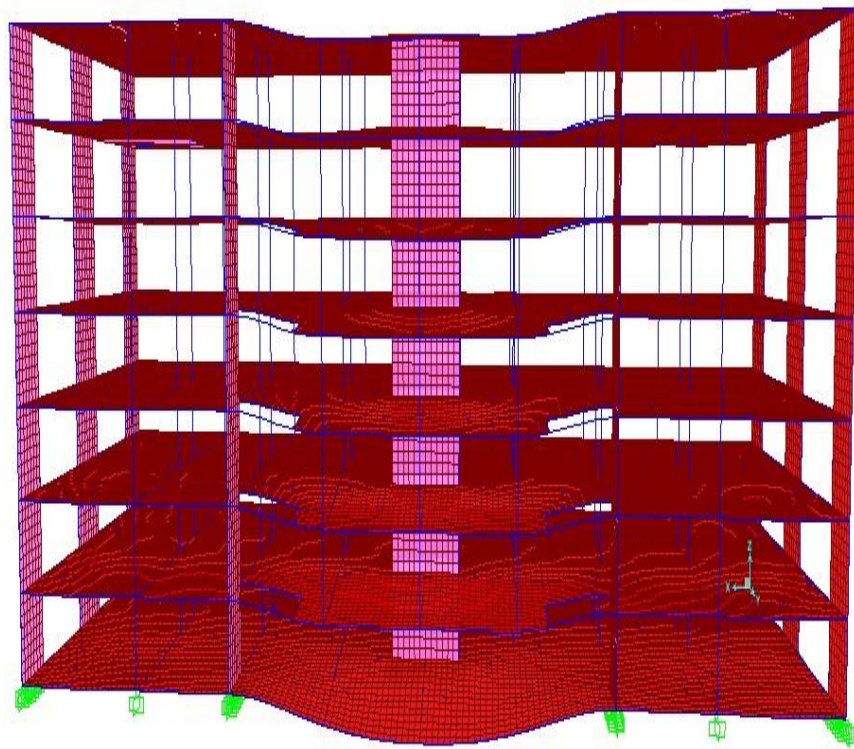


Gambar 4.109 Bangunan A penghapusan bagian kolom sudut



Gambar 4.110 Bangunan B penghapusan kolom bagian tengah sisi pendek





Gambar 4.111 Bangunan C penghapusan kolom bagian tengah sisi panjang