



**PERBANDINGAN EFISIENSI BAHAN KOLOM BULAT DAN PERSEGI
PADA STRUKTUR GEDUNG EMPAT LANTAI**

SKRIPSI

Oleh

**M. Lukman Farisi
NIM 081910301080**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2012**



**PERBANDINGAN EFISIENSI BAHAN KOLOM BULAT DAN PERSEGI
PADA STRUKTUR GEDUNG EMPAT LANTAI**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Sipil
dan mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil
Universitas Jember

Oleh

**M. Lukman Farisi
NIM 081910301080**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2012**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Tuhan Yang Maha Esa,
2. Kedua Orang Tuaku tercinta yang telah banyak memberikan dukungan dan kasih sayangnya sampai dengan saat ini,
3. Sahabat dan teman-teman setiaku,
4. Almamater tercinta Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTO

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.

(Terjemahan Surat Al-Mujadalah Ayat 11)

Bacalah dengan nama Tuhanmu yang menciptakan. Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah. Bacalah, dan Tuhanmulah Yang Maha Pemurah. Yang mengajar dengan Qalam. Dialah yang mengajar manusia segala yang belum diketahui.

(Terjemahan Surat Al-'Alaq Ayat 1-5)

Jadilah seperti karang di lautan yang kuat dihantam ombak dan kerjakanlah hal yang bermanfaat untuk diri sendiri dan orang lain, karena hidup hanyalah sekali. Ingat hanya pada Allah apapun dan di manapun kita berada kepada Dia-lah tempat meminta dan memohon.

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : M. Lukman Farisi

NIM : 081910301080

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “*Perbandingan Efisiensi Bahan Kolom Bulat Dan Persegi Pada Struktur Gedung Empat Lantai*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 01 Februari 2012

Yang menyatakan,

M. Lukman Farisi
NIM 081910301080

SKRIPSI

**PERBANDINGAN EFISIENSI BAHAN KOLOM BULAT DAN PERSEGI
PADA STRUKTUR GEDUNG EMPAT LANTAI**

Oleh

M. Lukman Farisi
NIM 081910301080

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Krisnamurti, M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ketut Aswatama, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Perbandingan Efisiensi Bahan Kolom Bulat Dan Persegi Pada Struktur Gedung Empat Lantai* telah diuji dan disahkan pada :

hari : Rabu

tanggal : 01 Februari 2012

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Erno Widayanto, S.T, M.T.
NIP. 19700419 199803 2 001

Ir. Krisnamurti, M.T.
NIP. 19661228 199903 1 003

Anggota I,

Anggota II,

Ketut Aswatama W, S.T, M.T.
NIP. 19700713 200012 1 001

Ir. Hernu Suyoso, M.T.
NIP. 19551112 198702 1 001

Mengesahkan
Dekan,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Perbandingan Efisiensi Bahan Kolom Bulat Dan Persegi Pada Struktur Gedung Empat Lantai; M. Lukman Farisi, 081910301080; 2012; 115 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember

Pada umumnya suatu perencanaan struktur di Indonesia terutama gedung empat lantai seperti gedung perkantoran, gedung sekolah, gedung hunian seperti rumah susun dan lain sebagainya, menggunakan desain kolom persegi untuk menahan kekuatan balok-balok utamanya. Berbagai macam desain kolom persegi yang digunakan menggunakan dimensi yang berbeda-beda sesuai dengan fungsi bangunan dan beban yang dipikul pada bangunan tersebut. Akan tetapi terdapat beberapa bangunan gedung yang menggunakan desain kolom bulat atau lingkaran. Adanya perbedaan yang mendasar dari desain kolom persegi dan kolom bulat/lingkaran dimana kolom bulat yang berpenampang spiral lebih efektif dibandingkan dengan sengkang persegi dalam hal meningkatkan kekuatan kolom (Jack C McCormac,2003:278)

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana perbandingan struktur bangunan yang menggunakan kolom bulat terhadap kolom persegi pada bangunan empat lantai pada Gedung Kelas Nautika Kampus BP2IP Surabaya terhadap gaya-gaya dalam kolom, jumlah tulangan dan kapasitas aksial dan momen, sehingga diperoleh kolom yang efisien antara kolom bulat dan kolom persegi.

Dilakukan perhitungan gedung menggunakan kolom persegi berdasarkan perencanaan awal dan perhitungan gedung menggunakan kolom bulat dengan ketentuan dimensi kolom bulat dengan luas penampang (A_g) kolom bulat = luas penampang (A_g) kolom persegi serta menggunakan dimensi kolom bulat dengan luas penampang (A_g) kolom bulat < luas penampang (A_g) kolom persegi, kemudian

dilakukan perbandingan kolom persegi dan kolom bulat terhadap gaya-gaya dalam kolom, jumlah tulangan dan kapasitas aksial dan momen.

Berdasarkan perbandingan gaya dalam, kolom bulat mempunyai gaya dalam yang lebih besar dibandingkan kolom persegi, dimana didapatkan gaya dalam maksimal Aksial (P) = 172652 kg, Geser 2-2 (V_2) = 1743 kg, Geser 3-3 (V_3) = 11817 kg, Momen 2-2 (M_2) = 18291 kg.m, dan Momen 3-3 (M_3) = 3989 kg.m dengan persentase lebih besar $\pm 2\%$. Dari jumlah bahan terutama tulangan yang dihasilkan, kolom bulat mempunyai jumlah tulangan yang lebih banyak dibandingkan kolom persegi, dengan persentase tulangan keseluruhan sebesar $\pm 9\%$. Dari hasil analisa diatas dapat dikatakan bahwa kolom persegi merupakan kolom yang lebih efisien dibandingkan kolom bulat karena mempunyai bahan terutama jumlah tulangan yang dihasilkan lebih sedikit berdasarkan perbandingan luas penampang (A_g) yang sama.

SUMMARY

Comparison of Column Efficiency Materials Round And Rectangular At Four Floor Building Structures; M. Lukman Farisi, 081910301080; 2012; 115 pages; Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

In general, a planning structure in Indonesia, especially the building of four floors as office buildings, school buildings, residential buildings such as flats, etc., using a square column design to withstand the power of the main beams. A variety of designs that use a square column using different dimensions in accordance with the function of buildings and expenses incurred in the building. But there are some buildings that use a round or circular column designs. The existence of fundamental differences of square columns and column design round / circle where the Berpenampang round spiral column is more effective than the square cross bar in terms of increasing the strength of the column. (Jack C. McCormac, 2003:278)

The study was conducted to determine how the comparison of structures that use round columns on square columns at the four-story building on nautical Campus Classroom Building BP2IP Surabaya against the forces in the column, the amount of reinforcement and axial and moment capacity, in order to obtain an efficient column between columns round and square columns. Performed the calculation of buildings using a square column based on the initial planning and calculation of buildings using a round column with the provisions of round columns with dimensions of cross-sectional area $(A_g) = \text{round column cross-sectional area } (A_g) \text{ square column dimensions and using a round column with a cross-sectional area } (A_g) \text{ round column} < \text{sectional area } (A_g) \text{ square columns, rectangular columns and then made comparisons and round columns of the forces in the column, the amount of reinforcement and axial and moment capacity.}$

Based on the comparisons in style, round column has the larger style than the square column, which obtained the maximum Axial force (P) = 172 652 kg, Slide 2-2 (V2) = 1 743 kg, Slide 3-3 (V3) = 11 817 kg, Moment 2-2 (M2) = 18 291 kg.m, and Moments of 3-3 (M3) = 3989 kg.m with a greater percentage of $\pm 2\%$. From the amount of reinforcement produced, rounded columns have a number of bones more than a square column, with a percentage of the overall reinforcement of $\pm 9\%$. Based on a comparison of capacity, rounded columns have a greater capacity than the square column. From the above analysis it can be said that the square column is the most efficient column than a round column, because of cross-sectional area (A_g) are the same and also the same capacity, square column has a smaller amount of reinforcement.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Perbandingan Efisiensi Bahan Kolom Bulat Dan Persegi Pada Struktur Gedung Empat Lantai*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini, penyusun menyadari semuanya tidak dapat berjalan lancar tanpa adanya bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penyusun dengan ketulusan hati mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. Krisnamurti, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ketut Aswatama W, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini.
2. Erno Widayanto, S.T, M.T., dan Ir. Hernu Suyoso, M.T., selaku Dosen Penguji yang telah banyak memberikan kritikan dan masukan untuk kesempurnaan skripsi ini.
3. PT. Parigraha Konsultan Surabaya yang telah banyak membantu untuk kelancaran penyusunan skripsi ini.
4. Kedua Orang Tuaku, ayahanda Suyono dan ibunda Rufaida yang telah memberikan banyak do'a, kasih sayang, motivasi, dukungan dan materi yang telah beliau berikan.
5. Saudara kandungku, M. Sofian Sauri dan M. Firdaus Al Ayubi yang telah memberikan do'a dan dukungannya.
6. Komunitas S1 Sipil Transfer angkatan 2008 (Wahyu “Rombeng”, Angga “ndut”, “Gus” Fariz, Ferdhik “ceper”). Tetap semangat dan selalu sukses buat kalian semua.

7. Kosan Playboy “Mansion” Jl. Kalimantan Gg Kelinci. Terima kasih atas malam-malamnya, yang selalu menemani penulis.

Kritik, saran dan masukan yang membangun dibuka seluas-luasnya oleh penulis dibuka seluas-luasnya oleh penulis demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi seluruh mahasiswa teknik sipil pada khususnya dan bagi semua pembaca pada umumnya.

Jember, Februari 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxii
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Umum	4
2.2 Jenis-jenis Kolom	5
2.3 Syarat-syarat Kolom	6
2.3.1 Kolom Dengan Sengkang	6
2.3.2 Kolom Dengan Lilitan Spiral.....	7
2.4 Analisa Pembebanan	9

	2.5 Perencanaan Kolom	10
	2.5.1 Kolom Penampang Persegi.....	11
	2.5.2 Kolom Penampang Bulat/Lingkaran.....	14
	2.5.3 Penulangan Kolom.....	16
	2.5.4 Perhitungan Tulangan Lateral Kolom.....	17
	2.6 Diagram Interaksi Kolom	17
BAB 3.	METODOLOGI	19
	3.1 Pengumpulan Data	19
	3.2 Perhitungan Gedung Dengan Kolom Persegi	19
	3.2.1 Data Pembebanan Gedung Dengan Kolom Persegi.....	19
	3.2.2 Analisa Statika Dengan SAP2000	19
	3.2.3 Perhitungan Penulangan Kolom Persegi.....	20
	3.2.4 Cek Kapasitas Kolom Persegi.....	20
	3.3 Perhitungan Gedung Dengan Kolom Bulat Dimana	
	Dimensi Kolom Bulat dengan Luas Penampang (Ag)	
	Kolom Bulat = Luas Penampang (Ag) Kolom Persegi	20
	3.3.1 Data Pembebanan Gedung Dengan Kolom Bulat.....	21
	3.3.2 Analisa Statika Dengan SAP2000	21
	3.3.3 Perhitungan Penulangan Kolom Bulat.....	21
	3.3.4 Cek Kapasitas Kolom Bulat.....	21
	3.4 Perhitungan Gedung Dengan Kolom Bulat Dimana	
	Dimensi Kolom Bulat dengan Luas Penampang (Ag)	
	Kolom Bulat < Luas Penampang (Ag) Kolom Persegi	22
	3.4.1 Data Pembebanan Gedung Dengan Kolom Bulat.....	22
	3.4.2 Analisa Statika Dengan SAP2000	22
	3.4.3 Perhitungan Penulangan Kolom Bulat.....	22
	3.4.4 Cek Kapasitas Kolom Bulat.....	22
	3.5 Perbandingan Kolom Bulat dan Kolom Persegi	23

	3.6 Kesimpulan	23
BAB 4.	PEMBAHASAN	25
	4.1 Data Perencanaan	25
	4.2 Perhitungan Pembebanan	26
	4.2.1 Beban Mati	26
	4.2.2 Beban Hidup.....	27
	4.2.3 Kombinasi Pembebanan.....	27
	4.3 Perhitungan Gedung Dengan Kolom Persegi	27
	4.3.1 Perhitungan analisa statika dengan SAP2000	27
	4.3.2 Perhitungan Penulangan Kolom Persegi	28
	4.3.3 Perhitungan Kapasitas Kolom Persegi	32
	4.4 Perhitungan Gedung Menggunakan Kolom Bulat Dengan Luas Penampang (Ag) Kolom Bulat = Luas Penampang (Ag) Kolom Persegi	48
	4.4.1 Penentuan Dimensi.....	48
	4.4.2 Perhitungan Analisa Statika Dengan SAP2000	49
	4.4.3 Perhitungan Penulangan Kolom Bulat	50
	4.4.4 Perhitungan Kapasitas Kolom Bulat	54
	4.5 Perhitungan Menggunakan Kolom Bulat Dengan Luas Penampang (Ag) Kolom Bulat < Luas Penampang (Ag) Kolom Persegi	61
	4.5.1 Penentuan Dimensi.....	61
	4.5.2 Perhitungan Analisa Statika Dengan SAP2000	62
	4.5.3 Perhitungan Penulangan Kolom Bulat	63
	4.5.4 Perhitungan Kapasitas Kolom Bulat	67
	4.6 Perbandingan Kolom Persegi Dan Kolom Bulat	79
	4.6.1 Perbandingan Gaya Dalam Kolom.....	79
	4.6.2 Perbandingan Jumlah Tulangan Kolom	100
	4.6.3 Perbandingan Kapasitas Kolom	105

BAB 5. KESIMPULAN dan SARAN	114
5.1 Kesimpulan.....	114
5.2 Saran	114
DAFTAR PUSTAKA	115
LAMPIRAN-LAMPIRAN	116
A. PERHITUNGAN KOLOM PERSEGI.....	117
B. PERHITUNGAN KOLOM BULAT 1.....	125
C. PERHITUNGAN KOLOM BULAT 2	133
D. PERHITUNGAN SAP2000	141
F. GAMBAR DENAH.....	159

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Jenis-jenis kolom	6
3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir	24
4.1 Diagram interaksi kolom K1 (35x50) lantai 1	33
4.2 Diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) lantai 1	34
4.3 Diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) lantai 1	35
4.4 Diagram interaksi kolom K1 (35x50) lantai 2	36
4.5 Diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) lantai 2	37
4.6 Diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) lantai 2	38
4.7 Diagram interaksi kolom K1 (35x50) lantai 3	39
4.8 Diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) lantai 3	40
4.9 Diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) lantai 3	41
4.10 Diagram interaksi kolom K1 (35x50) lantai 4	42
4.11 Diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) lantai 4	43
4.12 Diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) lantai 4	44
4.13 Diagram interaksi kolom K1 (35x50) lantai atap	45
4.14 Diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) lantai atap	46
4.15 Diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) lantai atap	47
4.16 Diagram interaksi kolom KB1 (D50) lantai 1, 2, 3, 4	55
4.17 Diagram interaksi kolom KB2 tengah (D40) lantai 1, 2, 3, 4	56
4.18 Diagram interaksi kolom KB3 tepi (D40) lantai 1, 2, 3, 4	57
4.19 Diagram interaksi kolom KB1 (D50) lantai atap	58
4.20 Diagram interaksi kolom KB2 tengah (D40) lantai atap	59
4.21 Diagram interaksi kolom KB3 tepi (D40) lantai atap	60
4.22 Diagram interaksi kolom KB1' (D45) lantai 1	68
4.23 Diagram interaksi kolom KB2' tengah (D35) lantai 1	69
4.24 Diagram interaksi kolom KB3' tepi (D35) lantai 1	70

4.25	Diagram interaksi kolom KB1' (D45) lantai 2 dan 3	71
4.26	Diagram interaksi kolom KB2' tengah (D35) lantai 2 dan 3.....	72
4.27	Diagram interaksi kolom KB3' tepi (D35) lantai 2 dan 3	73
4.28	Diagram interaksi kolom KB1' (D45) lantai 4.....	74
4.29	Diagram interaksi kolom KB2' tengah (D35) lantai 4	75
4.30	Diagram interaksi kolom KB3' tepi (D35) lantai 4.....	76
4.31	Diagram interaksi kolom KB1' (D45) lantai atap	77
4.32	Diagram interaksi kolom KB2' tengah (D35) lantai atap.....	78
4.33	Diagram interaksi kolom KB3' tepi (D35) lantai atap	79
4.34	Diagram batang perbandingan gaya dalam Aksial (P) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 1.....	81
4.35	Diagram batang perbandingan gaya dalam Aksial (P) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 2.....	81
4.36	Diagram batang perbandingan gaya dalam Aksial (P) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 3.....	82
4.37	Diagram batang perbandingan gaya dalam Aksial (P) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 4.....	82
4.38	Diagram batang perbandingan gaya dalam Aksial (P) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai atap	83
4.39	Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 2-2 (V2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 1	84
4.40	Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 2-2 (V2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 2.....	84
4.41	Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 2-2 (V2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 3.....	85
4.42	Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 2-2 (V2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 4.....	85
4.43	Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 2-2 (V2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai atap	86

4.44	Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 3-3 (V3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 1	89
4.45	Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 3-3 (V3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 2	89
4.46	Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 3-3 (V3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 3	90
4.47	Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 3-3 (V3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 4	90
4.48	Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 3-3 (V3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai atap	91
4.49	Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 2-2 (M2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 1	93
4.50	Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 2-2 (M2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 2	93
4.51	Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 2-2 (M2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 3	94
4.52	Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 2-2 (M2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 4	94
4.53	Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 2-2 (M2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai atap	95
4.54	Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 3-3 (M3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 1	96
4.55	Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 3-3 (M3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 2	96
4.56	Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 3-3 (M3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 3	97
4.57	Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 3-3 (M3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 4	97

4.58	Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 3-3 (M_3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai atap.....	98
4.59	Perbandingan jumlah tulangan kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 1	102
4.60	Perbandingan jumlah tulangan kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 2	102
4.61	Perbandingan jumlah tulangan kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 3	103
4.62	Perbandingan jumlah tulangan kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 4	103
4.63	Perbandingan jumlah tulangan kolom persegi dan kolom bulat pada lantai atap.....	104
4.64	Diagram batang perbandingan kapasitas beban aksial nominal (P_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai 1	108
4.65	Diagram batang perbandingan kapasitas beban momen nominal (M_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai 1	108
4.66	Diagram batang perbandingan kapasitas beban aksial nominal (P_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai 2	109
4.67	Diagram batang perbandingan kapasitas beban momen nominal (M_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai 2.....	109
4.68	Diagram batang perbandingan kapasitas beban aksial nominal (P_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai 3	110
4.69	Diagram batang perbandingan kapasitas beban momen nominal (M_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai 3.....	110
4.70	Diagram batang perbandingan kapasitas beban aksial nominal (P_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai 4.....	111
4.71	Diagram batang perbandingan kapasitas beban momen nominal (M_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai 4.....	111

- 4.72 Diagram batang perbandingan kapasitas beban aksial nominal (P_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai atap 112
- 4.73 Diagram batang perbandingan kapasitas beban momen nominal (M_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai atap 112

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kombinasi Beban Berfaktor	9
4.1 Penulangan Kolom Persegi	32
4.2 Dimensi Kolom Bulat 1	49
4.3 Penulangan Kolom Bulat 1	54
4.4 Dimensi Kolom Bulat 2	62
4.5 Penulangan Kolom Bulat 2	66
4.6 Perbandingan terhadap gaya dalam aksial (P)	80
4.7 Perbandingan terhadap gaya dalam geser 2-2 (V2)	83
4.8 Perbandingan terhadap gaya dalam geser 3-3 (V3)	87
4.9 Perbandingan terhadap gaya dalam momen 2-2 (M2)	91
4.10 Perbandingan terhadap gaya dalam momen 3-3 (M3)	95
4.11 Perbandingan gaya dalam maksimal kolom persegi dan kolom bulat	99
4.12 Perbandingan jumlah tulangan kolom persegi dan kolom bulat	100
4.13 Perbandingan jumlah tulangan keseluruhan kolom persegi dan kolom bulat	104
4.14 Perbandingan kapasitas beban aksial nominal (Pn) kolom persegi dan kolom bulat	105
4.15 Perbandingan kapasitas beban momen nominal (Mn) kolom persegi dan kolom bulat	107

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. PERHITUNGAN KOLOM PERSEGI	117
A.1a Perhitungan Stabilitas Indeks	117
A.1b Perhitungan Nilai Faktor Kelangsingan	118
A.1c Perhitungan Pembesaran Momen	120
A.1d Perhitungan Penulangan Kolom	121
A.1e Perhitungan Tulangan Geser Kolom	122
A.2 Gaya Dalam Kolom Persegi	123
A.2a Kolom Persegi K1	123
A.2b Kolom Persegi K2	123
A.2c Kolom Persegi K3	124
B. PERHITUNGAN KOLOM BULAT 1	125
B.1a Perhitungan Stabilitas Indeks	125
B.1b Perhitungan Nilai Faktor Kelangsingan	126
B.1c Perhitungan Pembesaran Momen	128
B.1d Perhitungan Penulangan Kolom	129
B.1e Perhitungan Tulangan Geser Kolom	130
B.2 Gaya Dalam Kolom Bulat 1	131
B.2a Kolom Bulat K1 (D50).....	131
B.2b Kolom Bulat K2 (D40).....	131
B.2c Kolom Bulat K3 (D40).....	132
C. PERHITUNGAN KOLOM BULAT 2	133
C.1a Perhitungan Stabilitas Indeks	133
C.1b Perhitungan Nilai Faktor Kelangsingan	134
C.1c Perhitungan Pembesaran Momen	136

C.1d Perhitungan Penulangan Kolom	137
C.1e Perhitungan Tulangan Geser Kolom	138
C.2 Gaya Dalam Kolom Bulat 2	139
C.2a Kolom Bulat K1 (D40).....	139
C.2b Kolom Bulat K2 (D30).....	139
C.2c Kolom Bulat K3 (D30).....	140
D. PERHITUNGAN SAP2000	141
E. GAMBAR DENAH	159

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada umumnya suatu perencanaan struktur di Indonesia terutama gedung empat lantai seperti gedung perkantoran, gedung sekolah, gedung hunian seperti rumah susun dan lain sebagainya, menggunakan desain kolom persegi untuk menahan kekuatan balok-balok utamanya. Berbagai macam desain kolom persegi yang digunakan menggunakan dimensi yang berbeda-beda sesuai dengan fungsi bangunan dan beban yang dipikul pada bangunan tersebut. Akan tetapi terdapat beberapa bangunan gedung yang menggunakan desain kolom bulat atau lingkaran.

Adanya perbedaan yang mendasar dari desain kolom persegi dan kolom bulat/lingkaran dimana kolom bulat yang berpenampang spiral lebih efektif dibandingkan dengan sengkang persegi dalam hal meningkatkan kekuatan kolom (Jack C McCormac,2003:278). Selain itu kolom bulat berpenampang spiral mempunyai jarak sengkang yang berdekatan dibandingkan kolom persegi yang mempunyai bentuk sengkang tunggal dengan jarak antara yang relatif besar, sehingga adanya spiral ini mempengaruhi baik beban batas maupun keruntuhan dibandingkan dengan kolom yang sama tetapi memakai sengkang (George Winter dan Arthur H Nielson,2003:313).

Dalam penelitian ini penulis ingin mengetahui bagaimana perbandingan desain kolom bulat terhadap kolom persegi pada struktur gedung empat lantai Gedung Kelas Nautika Kampus Balai Pendidikan Dan Pelatihan Ilmu Pelayaran (BP2IP) Surabaya. Gedung Kelas Nautika BP2IP Surabaya merupakan bangunan bertingkat empat, dimana fungsi gedung ini adalah sebagai gedung sekolah yang memiliki struktur bangunan empat lantai yang pada pelaksanaan pekerjaannya gedung ini menggunakan kolom struktur persegi.

Pada penelitian ini penulis merubah desain kolom persegi menjadi kolom bulat/lingkaran, dengan tidak merubah desain lain yang telah ada pada gedung ini seperti desain balok, tebal plat, mutu beton, mutu baja, pondasi, tangga, dan sebagainya. Perubahan yang dilakukan dengan mendasari perencanaan awal dengan tidak merubah desain awal gedung, dimana analisa ini hanya merubah desain kolom persegi menjadi kolom bulat sehingga diperoleh bagaimana perbandingan antara kolom bulat dan kolom persegi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana perbandingan kolom bulat terhadap kolom persegi pada struktur bangunan empat lantai pada Gedung Kelas Nautika Kampus BP2IP Surabaya terhadap gaya-gaya dalam kolom, jumlah tulangan dan kapasitas aksial dan momen.

1.3 Batasan Masalah

1. Dalam membandingkan gedung dengan kolom persegi dan gedung dengan kolom bulat, berdasarkan pada luasan kolom yang relatif sama.
2. Peraturan beton yang digunakan yaitu SNI 03-2847-2002 dan *SK-SNI-T-15-1991-03*.
3. Perhitungan hanya meliputi perhitungan kolom struktur.
4. Tidak dilakukan perhitungan Balok, Plat, Tangga.
5. Analisa Pembebanan, Dimensi penampang balok, kolom persegi dan tebal pelat yang diasumsikan adalah sama dengan perencanaan awal.
6. Perhitungan Analisa struktur menggunakan Program SAP 2000.
7. Tidak dilakukan Perhitungan Estimasi Biaya dan Volume Pekerjaan.
8. Tidak memperhitungkan beban gempa.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui perbandingan struktur antara kolom persegi dan kolom bulat/lingkaran struktur pada bangunan empat lantai pada Gedung Kelas Nautika Kampus BP2IP Surabaya, terhadap gaya-gaya dalam kolom, jumlah tulangan, dan kapasitas aksial dan momen sehingga diperoleh kolom yang efisien antara kolom bulat dan kolom persegi.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat mengetahui perencanaan yang efisien dalam mendesain kolom struktur.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur (Sudarmoko, 1996). SK SNI T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan, kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin. Kolom berfungsi sangat penting, agar bangunan tidak mudah roboh. Beban sebuah bangunan dimulai dari atap. Beban atap akan meneruskan beban yang diterimanya ke kolom. Seluruh beban yang diterima kolom didistribusikan ke permukaan tanah di bawahnya. Kesimpulannya, sebuah bangunan akan aman dari kerusakan bila besar dan jenis pondasinya sesuai dengan perhitungan. Namun, kondisi tanah pun harus benar-benar sudah mampu menerima beban dari pondasi. Kolom menerima beban dan meneruskannya ke pondasi. Struktur dalam kolom dibuat dari besi dan beton. Keduanya merupakan gabungan antara material yang tahan tarikan dan tekanan. Besi adalah material yang tahan tarikan, sedangkan beton adalah material yang tahan tekanan. Gabungan kedua material ini dalam struktur beton memungkinkan kolom atau bagian struktural lain seperti sloof dan balok bisa menahan gaya tekan dan gaya tarik pada bangunan.

2.2 Jenis-jenis Kolom

Dalam buku struktur beton bertulang (*Istimawan dipohusodo, 1994*) ada tiga jenis kolom beton bertulang yaitu :

- a. Kolom ikat (*tie column*)
- b. Kolom spiral (*spiral column*)
- c. Kolom komposit (*composite column*)

Adapun penjelasan dari masing-masing kolom diatas sebagai berikut :

- a. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral

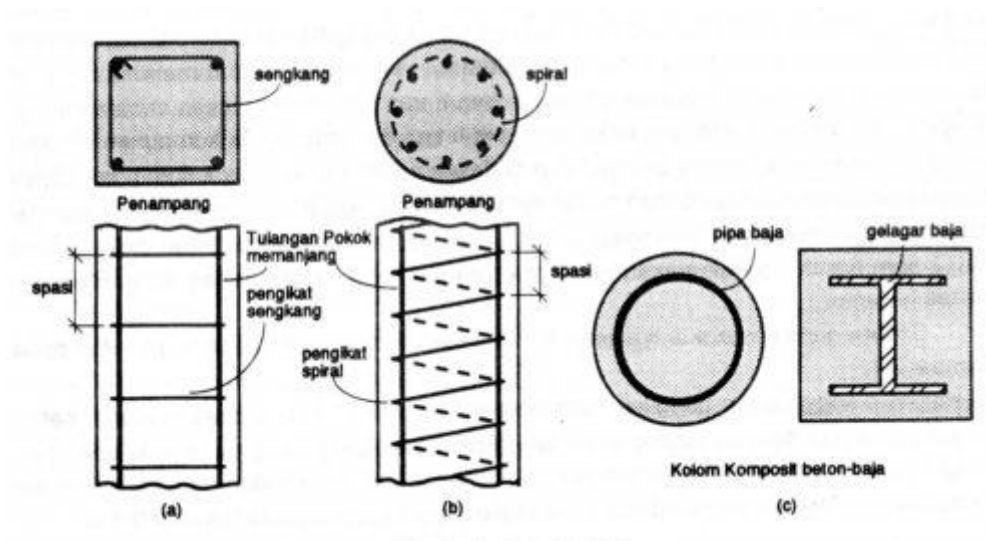
Kolom ini merupakan kolom beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok memanjang, yang pada jarak spasi tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral. Tulangan ini berfungsi untuk memegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh pada tempatnya. Terlihat dalam gambar 1.(a).

- b. Kolom menggunakan pengikat spiral

Bentuknya sama dengan yang pertama hanya saja sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral yang dililitkan keliling membentuk heliks menerus di sepanjang kolom. Fungsi dari tulangan spiral adalah memberi kemampuan kolom untuk menyerap deformasi cukup besar sebelum runtuh, sehingga mampu mencegah terjadinya kehancuran seluruh struktur sebelum proses redistribusi momen dan tegangan terwujud. Seperti pada gambar 1.(b).

- c. Struktur kolom komposit

seperti tampak pada gambar 1.(c). Merupakan komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang.



Gambar 2.1 Jenis-Jenis Kolom

2.3 Syarat-syarat Kolom

2.3.1 Kolom dengan sengkang

- Apabila ukuran melintang minimum kolom tidak ditentukan lain oleh pembatasan tulangan, maka dalam segala hal kolom struktural dengan sengkang tidak boleh mempunyai ukuran melintang kurang dari 15 cm
- Dalam segala hal, luas tulangan memanjang kolom tidak boleh diambil kurang dari 1 % dari luas penampang beton, dengan minimum 1 batang tulangan di masing-masing sudut penampang. Apabila ukuran penampang kolom adalah lebih besar dari pada yang diperlukan untuk memikul beban, maka untuk menentukan luas tulangan minimum diatas, sebagai penampang beton dapat diambil penampang beton yang benar-benar diperlukan dengan minimum seluas setengah dari penampang beton yang ada. Diameter (diameter pengenal) batang tulangan memanjang tidak boleh diambil kurang dari 12 mm.
- Dalam segala hal, luas tulangan memanjang kolom tidak boleh diambil lebih dari 6% dari luas penampang beton yang ada. Apabila tulangan memanjang kolom disambung dengan sambungan lewatan pada stek maka luas tulangan

- memanjang maksimum sedapat mungkin dibatasi sampai 4% dari luas penampang beton yang ada.
- d. Tulangan kolom harus sedapat mungkin harus dipasang simetris terhadap masing-masing sumbu utama penampang. Pada kolom-kolom yang memikul gaya normal dengan eksentrisitas terhadap titik berat penampang kurang dari 1/10 dari ukuran di arah eksentrisitas itu, tulangan memanjangnya harus disebar merata sepanjang keliling teras kolom.
 - e. Tulangan memanjang kolom senantiasa harus diikat oleh sengkang-sengkang dengan jarak minimum sebesar ukuran terkecil penampang, 15 kali diameter (diameter pengenal) batang tulangan memanjang terkecil atau 30 cm. Apabila oleh alasan-alasan praktis sengkang-sengkang tidak dapat dipasang (misalnya pada persilangan-persilangan), maka pengikatan tulangan memanjang harus dilakukan dengan cara-cara lain. Diameter batang sengkang tidak boleh diambil kurang dari $\frac{1}{4}$ diameter (diameter pengenal) batang tulangan memanjang yang terbesar dengan minimum 6 mm pada jenis baja lunak dan 5 mm pada jenis baja keras.
 - f. Apabila tulangan memanjang kolom disambung dengan sambungan lewatan pada stek, maka ujung-ujung batang tidak boleh diberi kait, kecuali apabila ditempat itu tersedia cukup ruang hingga kemungkinan terjadinya sarang-sarang kerikil dianggap tidak ada. (*SNI 03-2847-2002 Pasal 9.10*)

2.3.2 Kolom dengan lilitan spiral

- a. Apabila ukuran melintang minimum kolom tidak ditentukan lain oleh pembatasan tulangan, maka dalam segala hal kolom struktural dengan lilitan spiral tidak boleh mempunyai ukuran penampang kurang dari 17 cm.
- b. Dalam segala hal, luas tulangan memanjang kolom tidak boleh diambil kurang dari 1% dari luas penampang teras beton, dengan minimum 6 buah

- batang tulangan. Diameter (diameter pengenalan) tulangan memanjang tidak boleh diambil kurang dari 10 mm.
- c. Jarak bersih antar tulangan spiral tidak boleh melebihi 75 mm dan juga tidak kurang dari 25 mm.
 - d. Dalam segala hal, luas tulangan memanjang kolom tidak boleh diambil lebih dari 6% dari luas penampang beton yang ada. Apabila tulangan memanjang kolom disambung dengan sambungan lewatan pada stek maka luas tulangan memanjang maksimum sedapat mungkin dibatasi sampai 4% dari luas penampang beton yang ada.
 - e. Penampang teras beton yang dikurung oleh lilitan spiral senantiasa harus berbentuk bulat. Bentuk luar dari penampang, kecuali bulat dapat juga bujur sangkar, segi delapan, segi enam dan lain-lain. Tulangan memanjang harus disebar merata sepanjang keliling teras beton.
 - f. Jika lilitan spiral tidak boleh diambil lebih dari $\frac{1}{5}$ dari diameter teras beton atau 7,5 cm dan tidak boleh diambil kurang dari diameter batang spiral ditambah 2,5 cm. Diameter batang spiral tidak boleh diambil kurang dari $\frac{1}{4}$ diameter (diameter pengenalan) batang tulangan memanjang yang terbesar dengan minimum 6 mm pada jenis baja lunak dan baja sedang dan 5 mm pada jenis baja keras. Sambungan dari batang spiral harus berupa sambungan lewatan dengan jarak minimum sebesar setengah lilitan, kemudian membengkok kedua ujung batang spiral 90° kedalam sepanjang setengah diameter teras beton.
 - g. Apabila tulangan memanjang kolom disambung dengan sambungan lewatan pada stek, maka ujung-ujung batang tidak boleh diberi kait, kecuali apabila ditempat itu tersedia cukup ruang hingga kemungkinan terjadinya sarang-sarang kerikil dianggap tidak ada. (*SNI 03-2847-2002 Pasal 9.10*)

2.4 Analisa Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada struktur ini berdasarkan Peraturan Pembebanan Untuk Gedung (PPUIG) 1983 dan SNI 03-1726-2002. Pembebanan tersebut antara lain :

a. Beban mati/tetap (berat sendiri)

Adalah berat dari semua bagian bangunan yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, alat atau mesin yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dengan bangunan. Beberapa unsur tambahan beban mati yang meliputi bahan bangunan dan komponen gedung antara lain

Berat Beton Bertulang	: 2400 kg/m ³
Berat Spesi	: 21 kg/m ²
Berat Plafond	: 11 kg/m ²
Berat Penggantung	: 7 kg/m ²
Berat Ubin	: 24 kg/m ²
Berat Dinding Pas. Batu Merah	: 250 kg/m ²

b. Beban hidup/sementara

Adalah berat dari penghuni dan atau barang-barang yang dapat berpindah, yang merupakan bagian dari bangunan. Nilai beberapa beban hidup antara lain :

Beban hidup pada lantai sebesar	: 250 kg/m ²
Beban hidup pada lantai atap sebesar	: 100 kg/m ²

c. Kombinasi Pembebanan

Faktor dan kombinasi pembebanan yang diperhitungkan dalam perencanaan ini mengacu pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002 pasal 11.2 yang ditunjukkan pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Kombinasi Beban Berfaktor

No	Item	SNI 03-2847-2002	SK SNI T-15-03-1991
1	Kombinasi 1	U = 1.4D	
2	Kombinasi 2	U = 1.2D + 1.6L + 0.5(R atau A)	U = 1.2D + 1.6L

Sumber : Materi I Tinjauan SNI 03-2847-2002

Dimana : U : Kuat perlu
 D : Beban Mati
 A : Beban atap
 R : Beban air hujan
 L : Beban hidup

2.5 Perencanaan Kolom

Kolom beton bertulang sulit untuk dianalisis dan disesain karena sifat komposit pada materialnya, keadaan rumit tegangan yang diakibatkan beban aksial dan lentur, serta karena beban aksial tekan yang dapat menyebabkan terjadinya tekuk. Ada dua jenis kolom beton bertulang, yaitu yang bertulangan spiral dan biasanya berpenampang lingkaran, dan yang bersengkang dan biasanya berpenampang persegi panjang. Spiral dan sengkang berfungsi memegang tulangan memanjang dan mencegah pemisahan dan tekuk tulangan itu sendiri. Kolom bertulangan spiral mempunyai perilaku yang lebih diinginkan pada keadaan yang dekat gagal, dan dalam memikul beban lateral, dibandingkan dengan yang bersengkang, meskipun yang disebut terakhir ini lebih murah dan mudah dibuat. Perilaku yang berbeda ini diwujudkan dengan penggunaan harga-harga f yang berbeda pada cara desain kekuatan batas. (Daniel L. Schodeck, 1999:285)

Selain itu Kolom merupakan komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil melebihi tiga yang digunakan terutama untuk mendukung beban aksial tekan (SNI 03-2847-2002). Kolom dibedakan menjadi dua, kolom dengan pengaku dan kolom tanpa pengaku. Bila dalam suatu bangunan selain portal terdapat dinding–dinding atau struktur inti yang memiliki gaya yang relatif tinggi dibanding dengan portal, maka struktur demikian dikatakan struktur dengan pengaku. Berdasarkan SNI 2002 pasal 12.11, untuk menentukan jenis kolom maka digunakan persamaan :

$$Q = \frac{\sum Pu \times \Delta o}{Vu \times lc} \quad (4.1)$$

Dalam hal ini :
 Q = Stabilitas Index
 V_u = Gaya geser berfaktor per lantai
 Δo = Simpangan relatif antar tingkat orde pertama pada tingkat yang ditinjau akibat V_u
 l_c = Panjang kolom diukur dari center-center dari joint pada portal

Suatu kolom pada struktur dianggap kolom dengan pengaku apabila nilai stabilitas Index tidak lebih besar dari 0.05. Apabila tidak memenuhi, maka kolom tersebut dianggap sebagai kolom tanpa pengaku.

2.5.1 Kolom Penampang Persegi

a. Kolom dengan pengaku (Tidak bergoyang)

Pada perencanaan kolom, harus memperhitungkan faktor kelangsingan. Berdasarkan SNI 2002 pasal 12.12, faktor kelangsingan boleh diabaikan apabila memenuhi persamaan :

$$\frac{k \times l_u}{r} \leq (34 - 12) \times \frac{m1}{m2} \quad (4.2)$$

$r = 0.3 h$ Untuk kolom bentuk persegi

Dalam hal ini :
 k = Faktor panjang
 Lu = Panjang bersih kolom
 r = Radius girasi

Perhitungan Nilai k

1) Perhitungan Momen Inersia Penampang Balok dan Kolom berdasarkan SNI 2002 pasal 12.11

$$\text{Kolom} = I_g = 0.7 \times \frac{1}{12} \times b \times h^3 \quad (4.3)$$

$$\text{Balok} = I_g = 0.35 \times \frac{1}{12} \times b \times h^3 \quad (4.4)$$

- 2) Perhitungan Modulus Elastisitas Beton berdasarkan SNI 2002 pasal 10.5

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f_c} \quad (4.5)$$

- 3) Perhitungan Rasio Beban Berfaktor

$$\beta d = \frac{1.4Pd}{\sum P_u} \quad (4.6)$$

- 4) Perhitungan Kekakuan Lentur komponen struktur tekan

$$EI = \frac{0.4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \quad (4.7)$$

- 5) Perhitungan Rasio Kekakuan Balok dan Kolom

$$\psi_A = \frac{EI_{kolom} / L}{EI_{balok} / L} \quad (4.8)$$

- 6) Faktor Panjang Kolom

Nilai faktor panjang kolom diperoleh dari diagram Nomogram SNI 03-2847-2002

Apabila nilai yang diperoleh dari persamaan 4.2 tidak terpenuhi, maka faktor kelangsingan perlu diperhitungkan, dalam hal ini gaya momen hasil dari statika perlu dikoreksi (diperbesar). Pembesaran momen berdasarkan SNI 2002 pasal 12.12.3 dihitung menggunakan persamaan :

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \quad (4.9)$$

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0.75 \times P_c}} \geq 1.0 \quad (4.10)$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times l_u)^2} \quad (4.11)$$

$$C_m = 0.6 + 0.4 \frac{m_1}{m_2} \geq 0.4 \quad (4.12)$$

$$M_2 \text{ min} = P_u (0.6 + 0.03h) \quad (4.13)$$

b. Kolom tanpa pengaku (Bergoyang)

Faktor kelangsingan pada struktur kolom tanpa pengaku adalah :

$$\frac{k \times Lu}{r} < 22 \quad (4.14)$$

Pembesaran momen pada kolom tanpa pengaku menggunakan persamaan :

$$M_c = M + \delta_{ns} M \quad (4.15)$$

$$\delta_{ns} = \frac{1}{(1-Q)} \quad (4.16)$$

Untuk kolom tanpa pengaku, maka perlu dilakukan pemeriksaan terhadap kestabilan kolom dengan menggunakan persamaan :

$$Q = ((1 + \beta d) \times Q_1) \leq 0.6 \quad (4.17)$$

Dalam hal ini : M_c = Momen koreksi

M_2 = Momen terbesar hasil statika

δ_{ns} = Faktor pembesaran momen untuk kolom yang ditahan terhadap goyangan ke samping

C_m = Faktor koreksi momen

P_c = Beban kritis

EI = Kekakuan lentur komponen struktur tekan

P_u = Beban aksial terfaktor

Q = Stabilitas Index

βd = Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum

E_c = Modulus Elastisitas Beton

ψ = Rasio Kekakuan Balok dan Kolom

βd = Rasio Beban Berfaktor

2.5.2 Kolom Penampang Bulat/Lingkaran

a. Kolom dengan pengaku (Tidak bergoyang)

Pada perencanaan kolom, harus memperhitungkan faktor kelangsingan. Berdasarkan SNI 2002 pasal 12.12, faktor kelangsingan boleh diabaikan apabila memenuhi persamaan :

$$\frac{k \times lu}{r} \leq (34 - 12) \times \frac{m1}{m2} \quad (4.18)$$

$r = 0.25 D$ Untuk kolom bentuk lingkaran

Dalam hal ini : k = Faktor panjang kolom

Lu = Panjang bersih kolom

r = Radius girasi

Perhitungan Nilai k

- 1) Perhitungan Momen Inersia Penampang Balok dan Kolom berdasarkan SNI 2002 pasal 12.11

$$\text{Kolom} = I_g = 0.7 \times \frac{1}{12} \times b \times h^3 \quad (4.19)$$

$$\text{Balok} = I_g = 0.35 \times \frac{1}{12} \times b \times h^3 \quad (4.20)$$

- 2) Perhitungan Modulus Elastisitas Beton berdasarkan SNI 2002 pasal

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f_c} \quad (4.21)$$

- 3) Perhitungan Rasio Beban Berfaktor

$$\beta_d = \frac{1.4Pd}{\sum Pu} \quad (4.22)$$

- 4) Perhitungan Kekakuan Lentur komponen struktur tekan

$$EI = \frac{0.4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \quad (4.23)$$

5) Perhitungan Rasio Kekakuan Balok dan Kolom

$$\psi_A = \frac{EI_{kolom} / L}{EI_{balok} / L} \quad (4.24)$$

6) Faktor Panjang Kolom

Nilai faktor panjang kolom diperoleh dari diagram Nomogram SNI 03-2847-2002

Apabila nilai yang diperoleh dari persamaan 4.27 tidak terpenuhi, maka faktor kelangsingan perlu diperhitungkan, dalam hal ini gaya momen hasil dari statika perlu dikoreksi (diperbesar). Pembesaran momen berdasarkan SNI 2002 pasal 12.12.3 dihitung menggunakan persamaan :

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \quad (4.25)$$

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0.75 \times P_c}} \geq 1.0 \quad (4.26)$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{k \times l_u} \quad (4.27)$$

$$C_m = 0.6 + 0.4 \frac{m_1}{m_2} \geq 0.4 \quad (4.28)$$

$$M_2 \text{ min} = P_u (0.6 + 0.03h) \quad (4.29)$$

b. Kolom tanpa pengaku (Bergoyang)

Faktor kelangsingan pada struktur kolom tanpa pengaku adalah :

$$\frac{k \times L_u}{r} < 22 \quad (4.30)$$

Pembesaran momen pada kolom tanpa pengaku menggunakan persamaan :

$$M_c = M + \delta_{ns} M \quad (4.31)$$

$$\delta_{ns} = \frac{1}{(1 - Q)} \quad (4.32)$$

Untuk kolom tanpa pengaku, maka perlu dilakukan pemeriksaan terhadap kestabilan kolom dengan menggunakan persamaan :

$$Q = ((1 + \beta d) \times Q1) \leq 0.6. \quad (4.33)$$

Dalam hal ini :

- M_c = Momen koreksi
- M_2 = Momen terbesar hasil statika
- δ_{ns} = Faktor pembesar momen untuk kolom yang ditahan terhadap goyangan ke samping
- C_m = Faktor koreksi momen
- P_c = Beban kritis
- EI = Kekakuan lentur komponen struktur tekan
- P_u = Beban aksial terfaktor
- Q = Stabilitas Index
- βd = Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum
- E_c = Modulus Elastisitas Beton
- ψ = Rasio Kekakuan Balok dan Kolom
- βd = Rasio Beban Berfaktor

2.5.3 Penulangan kolom

Batasan tulangan pada komponen struktur yang mengalami gaya tekan menurut SNI 2002 pasal 12.9.1 adalah

a. Untuk kolom dengan sengkang lateral

$$\rho_{g \min} = 0.01 \quad (4.34)$$

$$\rho_{g \max} = 0.08 \quad (4.35)$$

b. Untuk kolom dengan sengkang spiral

$$\rho_{s \min} = 0.45 \times \left[\frac{A_g}{A_c - 1} \right] \times \left[\frac{f_c}{f_y} \right] \quad (4.36)$$

c. Kebutuhan tulangan ditentukan dengan persamaan berikut

$$A_{st} = \rho \cdot A_{gr} \quad (4.37)$$

$$\rho = r \beta \quad (4.38)$$

Nilai r diperoleh dari diagram interaksi kolom, Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang berdasarkan SKSNI T-15-1991-03. Pada sumbu horisontal ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\frac{Pu}{\phi \times A_{gr} \times 0.85 \times f'_c} \times \frac{et}{h} \quad (4.39)$$

Sumbu vertikal ditentukan dengan persamaan :

$$\frac{Pu}{\phi \times A_{gr} \times 0.85 \times f'_c} \quad (4.40)$$

Dalam hal ini : A_{st} = Luas penampang tulangan

A_{gr} = Luas penampang kolom

β = faktor mutu beton

2.5.4 Perhitungan Tulangan Lateral Kolom

Jarak sengkang pada kolom berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 9.10.5.2 adalah sebagai berikut :

$$s \leq 48 \times \text{Diameter sengkang.} \quad (4.41)$$

$$s \leq 16 \times \text{Diameter tulangan memanjang.} \quad (4.42)$$

$$s \leq \frac{1}{2} \text{ Lebar kolom terkecil} \quad (4.43)$$

Untuk tulangan spiral jarak sengkang tidak boleh melebihi 75 mm dan juga tidak boleh kurang dari 25 mm.

2.6 Diagram Interaksi Kolom

Beban yang bekerja pada kolom, biasanya berupa kombinasi antara beban aksial dan momen lentur. Besar beban aksial dan momen lentur yang mampu ditahan

oleh kolom bergantung pada ukuran/dimensi kolom, dan jumlah serta letak baja tulangan yang ada/terpasang pada kolom tersebut. Hubungan antara beban aksial dan momen lentur digambarkan dalam suatu diagram yang disebut diagram interaksi kolom M - N, yaitu dapat memberikan gambaran tentang kekuatan dari kolom yang bersangkutan.

Diagram interaksi kolom dibuat dengan pertolongan dua buah sumbu (yaitu sumbu vertikal dan sumbu horizontal) yang saling berpotongan dan tegak lurus sesamanya. Sumbu vertikal menggambarkan besar beban aksial P atau gaya normal N , sedangkan sumbu horizontal menggambarkan besar momen lentur M yang dapat ditahan oleh kolom.

Prosedur pembuatan diagram interaksi kolom dilaksanakan dengan memperhitungkan kekuatan kolom berdasarkan 5 kondisi beban pada suatu penampang kolom dan juga untuk mempermudah dapat menggunakan program bantuan komputer yang dinamakan PCACOL. Diagram interaksi kolom ini juga menghasilkan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) yang mampu ditahan oleh kolom.

Kolom dikatakan mampu menahan beban yang bekerja apabila nilai beban aksial perlu sebesar P_u dan beban momen perlu sebesar M_u yang sudah diplotkan pada sumbu diagram, titik potongnya berada di dalam diagram interaksi. Tetapi sebaliknya jika titik potongnya berada diluar diagram interaksi, maka kolom tersebut tidak mampu menahan beban yang bekerja. (Ali Asroni, 2010:17-18)

BAB 3. METODOLOGI

3.1 Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

a. Data Umum Bangunan

- 1) Nama Gedung : Gedung Kelas Nautika BP2IP Surabaya
- 2) Lokasi : Kelurahan Gunung Anyar Surabaya
- 3) Fungsi : Gedung Sekolah
- 4) Jumlah Lantai : 4 Lantai + Atap
- 5) Panjang Bangunan : 71 m
- 6) Lebar Bangunan : 11 m
- 7) Tinggi Bangunan : 21,25 m
- 8) Struktur Utama : Struktur Beton Bertulang

b. Data Perencanaan Gedung

- 1) Data Perhitungan Struktur Gedung Kelas
- 2) Gambar Teknik

3.2 Perhitungan Gedung Dengan Kolom Persegi

3.2.1 Data Pembebanan Gedung Dengan Kolom Persegi

Data pembebanan gedung dengan kolom persegi mengacu pada data awal perencanaan perhitungan struktur gedung Kelas Nautika Kampus BP2IP Surabaya yang perencanaannya menggunakan kolom persegi. Data pembebanannya diambil dari perencanaan perhitungan struktur yang menggunakan program SAP90.

3.2.2 Analisa Statika Dengan SAP2000

Analisa statika pada perencanaan gedung ini menggunakan program komputer dengan SAP90. Dikarenakan pada penelitian ini analisa strukturnya menggunakan

program komputer dengan SAP2000 dan program bantuan untuk SAP90 tersebut sudah tidak digunakan lagi, maka dilakukan analisa perhitungan ulang menggunakan program komputer dengan SAP2000. Pada analisa ini dimensi kolom, balok dan pembebanan sesuai dengan perencanaan yang sudah ada.

3.2.3 Perhitungan Penulangan Kolom Persegi

Hasil analisa struktur yang menggunakan program SAP2000 diperoleh gaya-gaya dalam yang digunakan untuk perhitungan penulangan. Perhitungan penulangan pada penelitian ini hanya pada kolom struktur, dimana diameter tulangan dan diameter sengkang yang digunakan sesuai dengan hasil perencanaan.

3.2.4 Cek Kapasitas Kolom Persegi

Perhitungan kapasitas kolom persegi digunakan untuk mengetahui apakah penulangan kolom yang dihasilkan mampu untuk menahan kombinasi beban aksial dan momen lentur yang ditahan oleh kolom. Hubungan antara beban aksial dan momen lentur tersebut digambarkan dalam suatu diagram yang disebut diagram interaksi kolom $M - N$. Apabila beban aksial nominal (P_n) > beban aksial perlu (P_u) dan beban momen nominal (M_n) > beban momen perlu (M_u), maka kolom tersebut mampu menahan beban yang ditandai pula dengan beban aksial perlu (P_u) dan beban momen perlu (M_u) titik potongnya berada didalam diagram. Apabila tidak masuk diagram, maka perlu di desain lagi penulangan kolomnya. Diagram interaksi ini dibuat menggunakan program komputer PCACOL.

3.3 Perhitungan Gedung Dengan Kolom Bulat Dimana Dimensi Kolom Bulat dengan Luas Penampang (A_g) Kolom Bulat = Luas Penampang (A_g) Kolom Persegi

Untuk membandingkan analisa antara kolom persegi dan kolom bulat maka dibuat dimensi kolom bulat dengan ketentuan luas penampang (A_g) kolom bulat =

Luas penampang (A_g) kolom persegi. Dengan ketentuan dimensi kolom persegi yang sudah ada maka akan didapatkan dimensi kolom bulat dengan membandingkan luasan kedua jenis kolom tersebut.

3.3.1 Data Pembebanan Gedung Dengan Kolom Bulat

Data pembebanan gedung dengan kolom bulat juga mengacu pada data awal perencanaan perhitungan struktur gedung Kelas Nautika Kampus BP2IP Surabaya yang perencanaannya menggunakan kolom persegi. Data pembebanan ini juga diambil dari perencanaan perhitungan struktur yang menggunakan program SAP90.

3.3.2 Analisa Statika Dengan SAP2000

Analisa statika pada perhitungan dengan kolom persegi yang menggunakan program SAP2000 kemudian dianalisa lagi menggunakan kolom bulat sesuai ketentuan dimensi yang sudah ditetapkan.

3.3.3 Perhitungan Penulangan Kolom Bulat

Hasil analisa struktur kolom bulat dengan SAP2000 kemudian dilakukan perhitungan penulangan kolom bulat.

3.3.4 Cek Kapasitas Kolom Bulat

Perhitungan kapasitas kolom bulat digunakan untuk mengetahui apakah penulangan kolom yang dihasilkan mampu untuk menahan kombinasi beban aksial dan momen lentur yang ditahan oleh kolom, dengan ketentuan beban aksial nominal (P_n) > beban aksial perlu (P_u) dan beban momen nominal (M_n) > beban momen perlu (M_u). Langkah perhitungan ini sama dengan perhitungan kapasitas yang dilakukan pada kolom persegi. Apabila hasil perhitungan kapasitas tidak memenuhi maka dilakukan kembali perhitungan penulangan kolom bulat.

3.4 Perhitungan Gedung Dengan Kolom Bulat Dimana Dimensi Kolom Bulat dengan Luas Penampang (Ag) Kolom Bulat < Luas Penampang (Ag) Kolom Persegi

Pada perhitungan ini dimensi kolom bulat ditentukan jika luas penampang kolom bulat < luas penampang persegi. Penentuan dimensi kolom bulat ini dengan membandingkan luasan kedua jenis kolom tersebut, dengan ketentuan luasan penampang bulat kurang dari luasan penampang persegi.

3.4.1 Data Pembebanan Gedung Dengan Kolom Bulat

Data pembebanan gedung dengan kolom bulat ini juga mengacu pada data awal perencanaan perhitungan struktur gedung Kelas Nautika Kampus BP2IP Surabaya.

3.4.2 Analisa Statika Dengan SAP2000

Analisa statika pada perhitungan dengan kolom bulat ini juga menggunakan program SAP2000.

3.4.3 Perhitungan Penulangan Kolom Bulat

Hasil analisa struktur kolom bulat dengan SAP2000 kemudian dilakukan perhitungan penulangan kolom bulat.

3.4.4 Cek Kapasitas Kolom Bulat

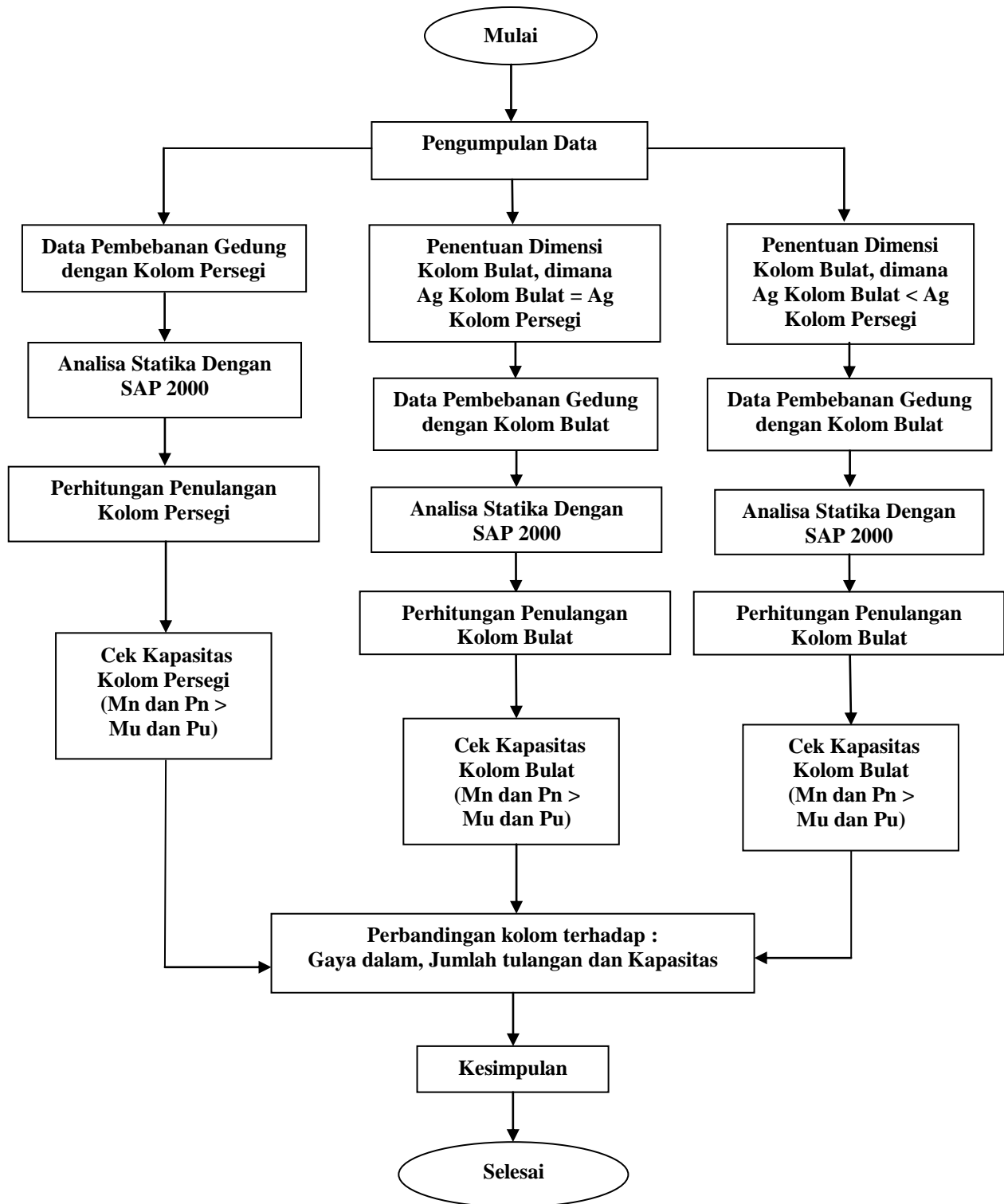
Perhitungan kapasitas kolom bulat ini juga digunakan ketentuan beban aksial nominal (P_n) > beban aksial perlu (P_u) dan beban momen nominal (M_n) > beban momen perlu (M_u). Apabila hasil perhitungan kapasitas tidak memenuhi maka dilakukan kembali perhitungan penulangan kolom bulat.

3.5 Perbandingan Kolom Bulat dan Kolom Persegi

Pembahasan meliputi bagaimana perbandingan masing-masing kolom, baik itu kolom persegi, kolom bulat dengan luas penampang (A_g) kolom bulat = luas penampang (A_g) kolom persegi dan kolom bulat dengan luas penampang (A_g) kolom bulat < luas penampang (A_g) kolom persegi, terhadap gaya dalam kolom, jumlah tulangan kolom dan kapasitas kolom.

3.6 Kesimpulan

Dari ketiga jenis kolom yaitu kolom persegi, kolom bulat dengan luas penampang (A_g) kolom bulat = luas penampang (A_g) kolom persegi dan kolom bulat dengan luas penampang (A_g) kolom bulat < luas penampang (A_g) kolom persegi, disimpulkan bagaimanakah hasil perbandingan antara kolom persegi dan kolom bulat berdasarkan gaya dalam, jumlah tulangan dan kapasitas kolom, sehingga didapat kolom manakah yang lebih efisien.



Gambar 3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

BAB 4. PEMBAHASAN

4.1 Data Perencanaan

Berdasarkan perencanaan awal, data-data perencanaan yang digunakan dalam perhitungan ini adalah :

- a. Mutu beton (f_c') : 22,5 Mpa
- b. Mutu Baja (f_y) : 320 Mpa
- c. Dimensi Balok

Lantai 1 : 20x40, 20x70, 30x70

Lantai 2 : 15x30, 20x40, 30x70

Lantai 3 : 15x30, 20x40, 30x70

Lantai 4 : 15x30, 20x40, 30x70

Atap : 15x30, 20x40, 30x70

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran gambar kerja.

- d. Dimensi Kolom Persegi

Lantai 1 : 35x50, 35x35 tengah, 35x35 tepi

Lantai 2 : 35x50, 35x35 tengah, 35x35 tepi

Lantai 3 : 35x50, 35x35 tengah, 35x35 tepi

Lantai 4 : 35x50, 35x35 tengah, 35x35 tepi

Atap : 35x50, 35x35 tengah, 35x35 tepi

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran gambar kerja.

- e. Penulangan Kolom Persegi

1) Lantai 1

- a) Kolom 35/50 (K1)

Dipakai Tulangan = 14 D 25

Beugel = \emptyset 10 – 150

- b) Kolom 35/35 Tengah (K2)

Dipakai Tulangan = 14 D 25

- Beugel = Ø10 – 150
- c) Kolom 35/35 Tepi Depan (K3)
- Dipakai Tulangan = 8 D 16
- Beugel = Ø10 – 150
- 2) Lantai 2 sampai Lantai Atap
- a) Kolom 35/50 (K1)
- Dipakai Tulangan = 12 D 25
- Beugel = Ø10 – 150
- b) Kolom 35/35 Tengah (K2)
- Dipakai Tulangan = 8 D 25
- Beugel = Ø10 – 150
- c) Kolom 35/35 Tepi (K3)
- Dipakai Tulangan = 8 D 16
- Beugel = Ø10 – 150

Data hasil perhitungan struktur pada perencanaan ini analisisnya menggunakan bantuan program komputer SAP90. Pada penelitian ini analisa strukturnya menggunakan program SAP2000 karena program SAP90 sudah tidak digunakan lagi, dan pada hasil perhitungan perencanaan diatas dijadikan acuan untuk perbandingan perhitungan ulang yang analisisnya menggunakan SAP2000.

4.2 Perhitungan Pembebanan

Perhitungan pembebanan yang diterapkan pada perhitungan ini mengacu pada perhitungan awal pada data perencanaan yaitu:

4.2.1 Beban Mati

Beban mati terdiri dari berat sendiri elemen struktur bangunan yang sifatnya permanen. Beban mati pada perhitungan mengacu pada Perhitungan struktur pada perencanaan yaitu :

- a. Lantai 1 sampai Lantai 4

1) Beban Plafond = 11 kg/m²

2) Beban Penggantung	=	7 kg/m ²
3) Beban Pasir	= 0,05 x 1600 =	80 kg/m ²
4) Beban Spesi	= 2 x 21 =	42 kg/m ²
5) Beban Ubin	= 1 x 24 =	24 kg/m ²
b. Lantai Atap		
a) Beban Plafond	=	11 kg/m ²
b) Beban Penggantung	=	7 kg/m ²
c) Beban Finishing	= 4 x 21 =	84 kg/m ²

4.2.2 Beban Hidup

a. Lantai 1 sampai Lantai 4

Beban Hidup = 250 kg/m² (Ruang Kelas)

Beban Hidup = 400 kg/m² (Ruang Audiovisual pada lantai 4)

b. Lantai Atap

Beban Guna = 100 kg/m²

4.2.3 Kombinasi Pembebanan

$$U = 1,2D + 1,6L$$

4.3 Perhitungan Gedung Dengan Kolom Persegi

4.3.1 Perhitungan analisa statika dengan SAP2000

Pada penelitian ini maka analisa struktur dihitung menggunakan analisa program komputer SAP200, dimana data perhitungannya berdasarkan perhitungan pada data pada perencanaan semula. Analisa struktur menggunakan SAP 2000 akan diperoleh gaya-gaya dalam kolom yang meliputi momen, geser, aksial dan sebagainya sesuai dengan kombinasi pembebanan yang sudah ditentukan. Adapun gaya dalam yang dihasilkan pada lantai 1 pada kolom K1 (35x50) sebagai berikut:

a. Momen arah 1-2

1) Momen positif = 10638,09 kg m

- 2) Momen negatif = 11528,10 kg m
- b. Momen arah 1-3
 - 1) Momen positif = 3778,34 kg m
 - 2) Momen negatif = 3322,13 kg m
- c. Geser = 4867,7 kg
- d. Aksial = 172030,19 kg
- e. Defleksi = 0,000070 mm

Untuk gaya dalam lebih detail dapat dilihat pada lampiran A.2.

4.3.2 Perhitungan Penulangan Kolom Persegi

Perhitungan penulangan kolom persegi untuk kolom K1 (35x50) sebagai berikut :

a. Perhitungan luas tulangan

- 1) Perhitungan stabilitas index menurut persamaan 4.1

$$Q = \frac{1720301,9 \times 0.070}{48677 \times 4300} = 0,0006$$

$Q = 0.0006 < 0.05$, maka portal tersebut merupakan portal jenis tidak bergoyang (Lampiran A.1a)

- 2) Perhitungan faktor kelangsingan

a) Momen inersia penampang balok dan kolom

- (1) Momen inersia kolom menurut persamaan 4.3

$$I_g = 0.7 \times \frac{1}{12} \times 350 \times 500^3 = 2.552 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

- (2) Momen inersia balok menurut persamaan 4.4

$$I_g = 0.35 \times \frac{1}{12} \times 200 \times 400^3 = 3.733 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

b) Modulus elastisitas kolom beton menurut persamaan 4.5

$$E_c = 4700 \times \sqrt{22.5} = 22294,06 \text{ Mpa}$$

c) Perhitungan rasio dari beban berfaktor menurut persamaan 4.6

$$\beta d = \frac{1.4 \times 1720301,9}{1720301,9} = 1,4$$

d) Perhitungan kekakuan lentur komponen struktur tekan menurut persamaan 4.7

(1) Kolom

$$EI = \frac{0.4 \times 22294.06 \times 2.552 \times 10^9}{1+1.4} = 9.48 \times 10^{12} \text{ Mpa mm}$$

(2) Balok

$$EI = \frac{0.4 \times 22294.06 \times 3.733 \times 10^8}{1+1.4} = 1.387 \times 10^{12} \text{ Mpa mm}$$

e) Perhitungan rasio kekakuan balok dan kolom menurut persamaan 4.8

$$\psi A = \frac{(9.48 \times 10^{12} / 4300) + (9.48 \times 10^{12} / 700)}{(1.387 \times 10^{12} / 4300) + (1.387 \times 10^{12} / 4300)} = 24.414$$

$$\psi B = 24.414$$

Nilai k diperoleh dari diagram nomogram SNI-2002 pasal 12.11.6 pada gambar 5 yaitu 0.98

f) Faktor kelangsingan menurut persamaan 4.2

$$r = 0.3 \times 500 = 150$$

$$\frac{0.98 \times 4300}{150} \leq 34 - 12 \left(\frac{106380200}{115280600} \right)$$

28.09 > 23.45 (lampiran A.1b), maka pengaruh kelangsingan harus diperhitungkan.

3) Perhitungan pembesaran momen

a) Faktor koreksi momen menurut persamaan 4.12

(1) Momen arah 1-2

$$C_m = 0.6 + 0.4 \times \frac{106380200}{115280600} \geq 0.4$$

$$C_m = 0.97 \geq 0.4$$

(2) Momen arah 1-3

$$C_m = 0.6 + 0.4 \times \frac{37783400}{33221300} \geq 0.4$$

$$C_m = 0.95 \geq 0.4$$

b) Perhitungan beban kritis menurut persamaan 4.11

$$P_c = \frac{\pi^2 \times 9.48 \times 10^{12}}{(0.98 \times 4300)^2} = 5.27 \times 10^6 \text{ N}$$

c) Perhitungan faktor pembesaran momen menurut persamaan 4.10

(1) Momen arah 1-2

$$\delta_{ns} = \frac{0.97}{1 - \frac{1720301.9}{0.75 \times 5.27 \times 10^6}} = 1.72 > 1$$

maka dipakai nilai $\delta_{ns} = 1.72$

(2) Momen arah 1-3

$$\delta_{ns} = \frac{0.95}{1 - \frac{1720301.9}{0.75 \times 5.27 \times 10^6}} = 1.69 > 1$$

maka dipakai nilai $\delta_{ns} = 1.69$

d) Pembesaran momen menurut persamaan 4.29

(1) Momen minimum

$$\begin{aligned} M_2 &= 1720301.9 \times (0.6 + (0.03 \times 500)) \\ &= 2.68 \times 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(2) Momen koreksi

$$\text{Momen arah 1-2} = 1 \times 1.15 \times 10^8 = 1.15 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen arah 1-3} = 1 \times 3.78 \times 10^7 = 3.78 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

(Lampiran A1.c)

b. Penulangan Kolom Persegi

Dimensi 35x50 (K1)

$$A_g = 175000 \text{ mm}^2$$

a) Batasan Tulangan menurut persamaan 4.34 dan 4.35

$$\rho_{s \min} = 0.01$$

$$\rho_{\max} = 0.08$$

b) Perhitungan kebutuhan tulangan

$$P_u = 1720301,9 \text{ kg}$$

$$M_u = 2.62 \times 10^8$$

a) Pada sumbu vertikal menurut persamaan 4.39

$$= \frac{1720301.9}{0.65 \times 175000 \times 0.85 \times 22.5} = 0.7908$$

b) Pada sumbu horizontal menurut persamaan 4.40

$$e_t = \frac{261681577}{1720301.9} = 152.1$$

$$\frac{e_t}{h} = 0.304$$

$$\left(\frac{1720301.9}{0.65 \times 175000 \times 0.85 \times 22.5} \right) \times (0.304) = 0.2406$$

$$\frac{d'}{h} = \frac{65}{500} = 0.15$$

Dari grafik diagram kolom, dapat diperoleh :

$$r = 0.038$$

$$\rho = 0.038 \times 1 = 0.038$$

$$A_{st} = 0.038 \times 175000 = 6650 \text{ mm}^2$$

Jadi tulangan yang diperlukan 14 D 25 (6868.75 mm²)

Perhitungan penulangan lebih detail dapat dilihat pada lampiran A.1d.

Secara keseluruhan hasil penulangan kolom persegi yaitu pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.1 Penulangan Kolom Persegi

JENIS KOLOM	LANTAI 1	LANTAI 2	LANTAI 3	LANTAI 4	ATAP
K1 (35X50)	14D25	10D25	10D25	10D25	8D25
K2 (35X35) TENGAH	12D25	10D25	8D25	8D25	8D25
K3 (35X35) TEPI	8D16	8D16	8D16	8D16	8D16

Sumber : Data Hasil Penelitian

c. Perhitungan Tulangan Transversal Kolom

Dengan diameter 10 mm, maka jarak sengkang maksimum sebagai berikut

- 1) $S \leq 48 \times 10 = 480$ mm menurut persamaan 4.41
- 2) $S \leq 16 \times 25 = 400$ mm menurut persamaan 4.42
- 3) $S \leq \frac{1}{2} \times 350 = 175$ mm menurut persamaan 4.43

Jarak sengkang diperoleh dari nilai terkecil antara ketiga persamaan tersebut yaitu 175 mm.

Lebih detailnya pada perhitungan ini dapat dilihat pada lampiran A.1e.

4.3.3 Perhitungan Kapasitas Kolom Persegi

Perhitungan kapasitas kolom persegi yaitu dengan membuat diagram interaksi kolom, yang menggambarkan hubungan antara beban aksial dan momen lentur kolom dalam suatu diagram yang disebut diagram interaksi kolom M – N. Hasil penulangan kolom dibuat suatu diagram untuk memberikan gambaran tentang kekuatan dari kolom yang bersangkutan, apakah mampu menahan beban aksial dan momen yang dibebankan pada kolom.

Kolom dikatakan mampu menahan beban yang bekerja apabila nilai beban aksial perlu sebesar P_u dan beban momen perlu sebesar M_u yang sudah diplotkan pada sumbu diagram, titik potongnya berada di dalam diagram interaksi. Tetapi sebaliknya jika titik potongnya berada diluar diagram interaksi, maka kolom tersebut tidak mampu menahan beban yang bekerja dan harus didesain ulang kembali penulangannya. Pada penelitian ini diagram interaksi kolom dibuat menggunakan program PCACOL. Diagram interaksi kolom ini juga menghasilkan beban aksial

nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) yang mampu ditahan oleh kolom. Adapun hasil penggambaran diagram interaksi kolom ditunjukkan sebagai berikut :

a. Kolom lantai 1

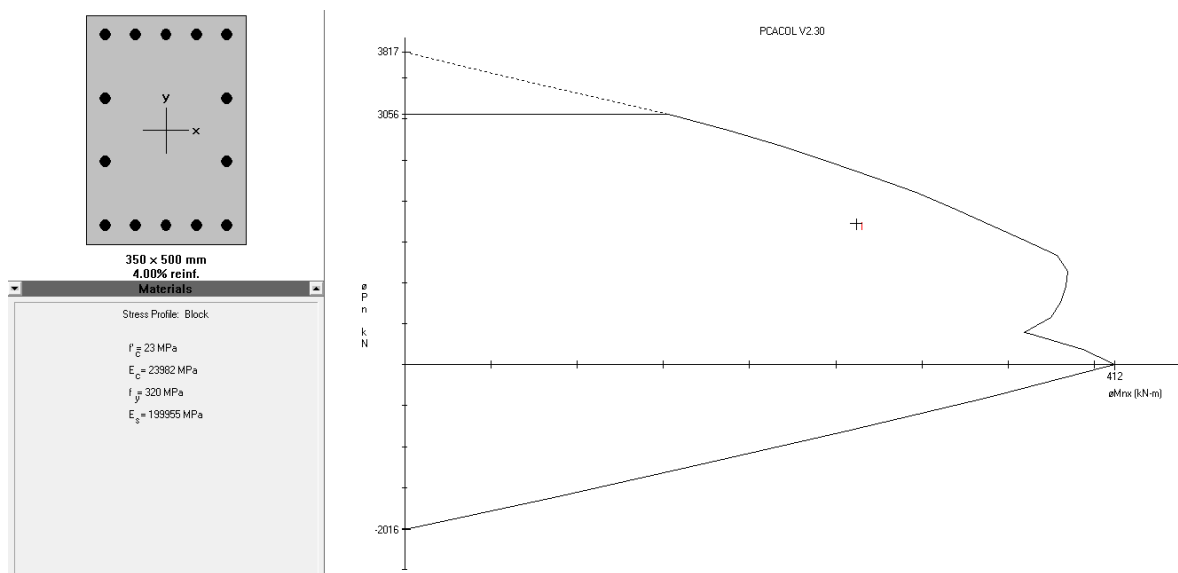
1) Diagram interaksi kolom K1 (35x50) lantai 1

Jumlah tulangan : 14 D 25

Beban aksial perlu (P_u) = 1720.3 kN

Beban momen perlu (M_u) = 261.7 kN.m

} Titik 1



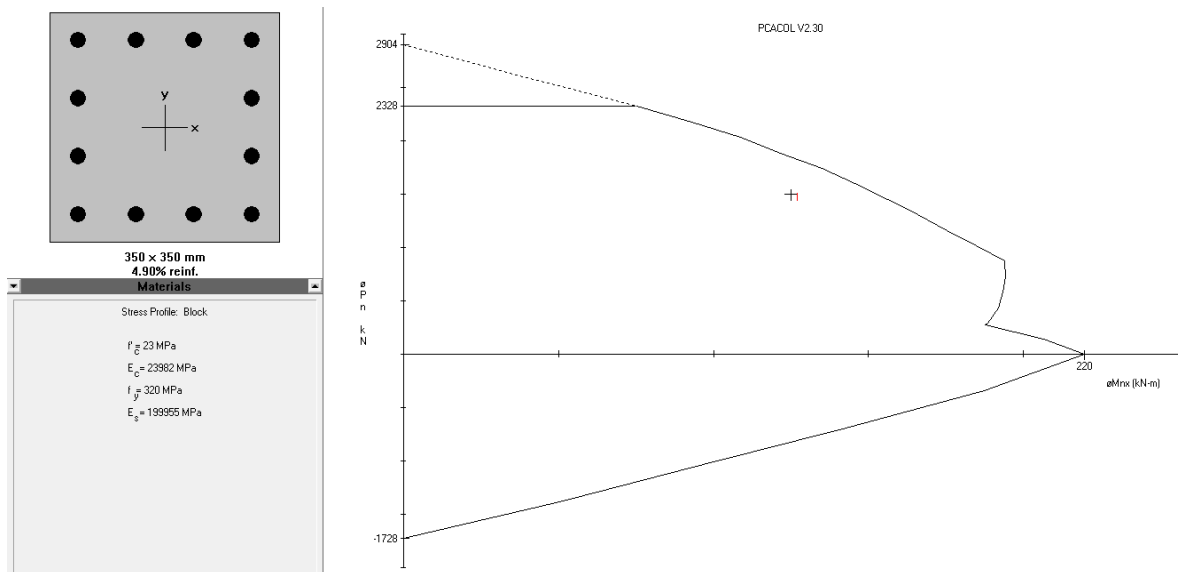
Gambar 4.1 Diagram interaksi kolom K1 (35x50) lantai 1

Dari diagram interaksi kolom K1 (35x50) pada lantai 1, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya, dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 3056 kN dan 412 kN.m.

2) Diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) lantai 1

Jumlah tulangan : 12 D 25

Beban aksial perlu (P_u) = 1497.5 kN
 Beban momen perlu (M_u) = 125.4 kN.m } Titik 1



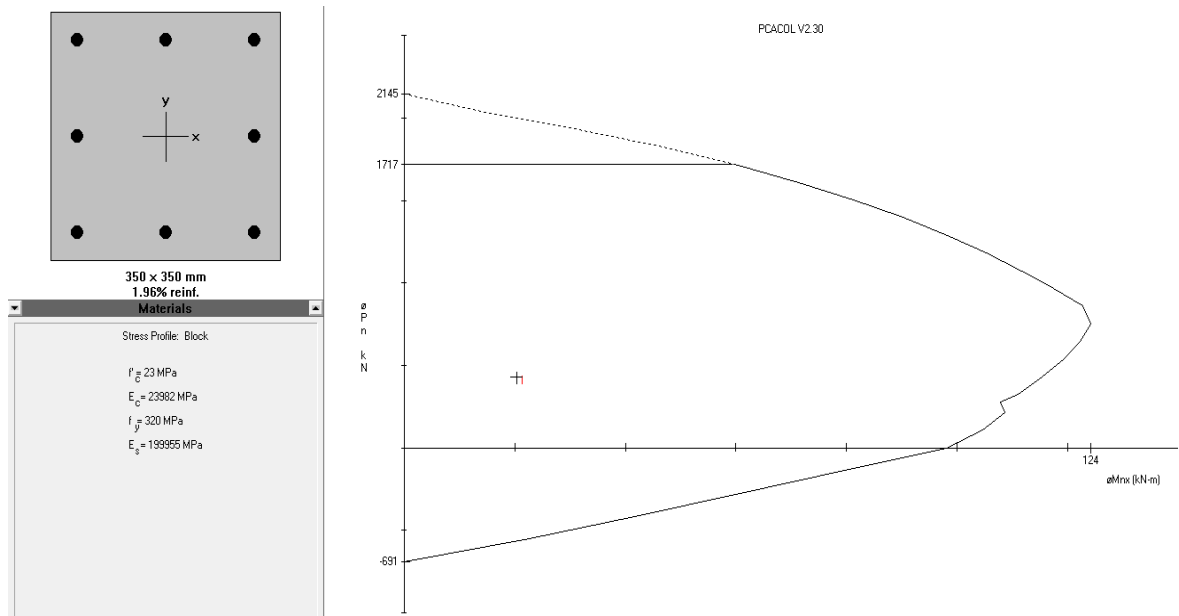
Gambar 4.2 Diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) lantai 1

Dari diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) pada lantai 1, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya, dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 2328 kN dan 220 kN.m.

3) Diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) lantai 1

Jumlah tulangan : 8 D 16

Beban aksial perlu (P_u) = 427.3 kN
 Beban momen perlu (M_u) = 20.3 kN.m } Titik 1



Gambar 4.3 Diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) lantai 1

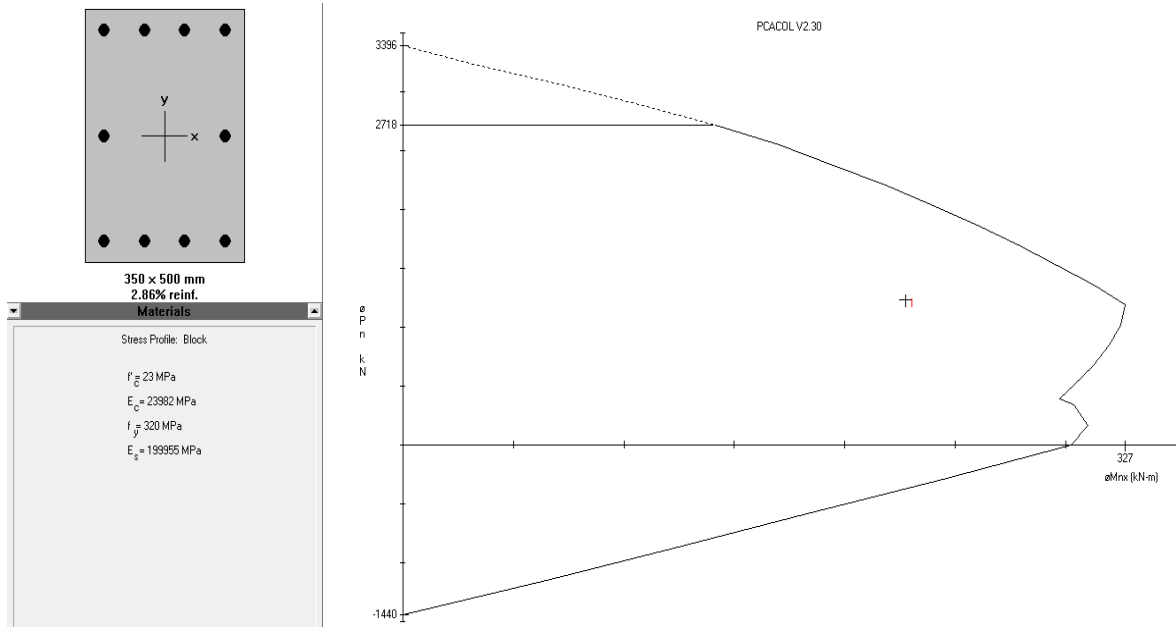
Dari diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) pada lantai 1, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong titik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya, dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1717 kN dan 124 kN.m.

b. Kolom lantai 2

1) Diagram interaksi kolom K1 (35x50) lantai 2

Jumlah tulangan : 10 D 25

Beban aksial perlu (P_u) = 1230.4 kN
 Beban momen perlu (M_u) = 227.6 kN.m } Titik 1



Gambar 4.4 Diagram interaksi kolom K1 (35x50) lantai 2

Dari diagram interaksi kolom K1 (35x50) pada lantai 2, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya, dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 2718 kN dan 327 kN.m.

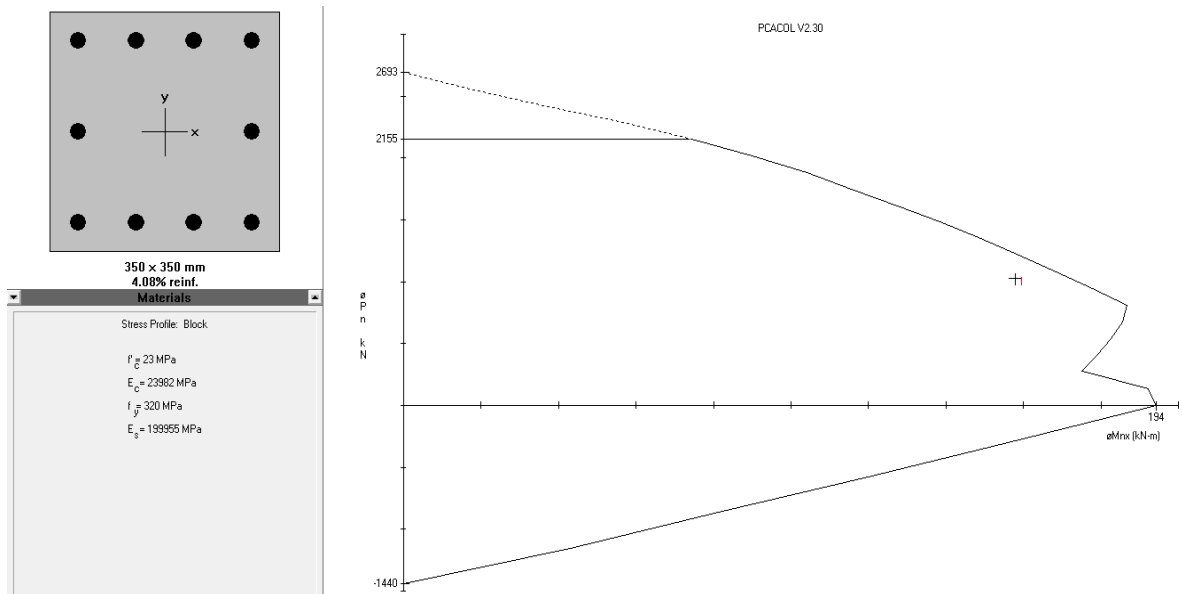
2) Diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) lantai 2

Jumlah tulangan : 10 D 25

Beban aksial perlu (P_u) = 1026.4 kN

Beban momen perlu (M_u) = 158.3 kN.m

} Titik 1



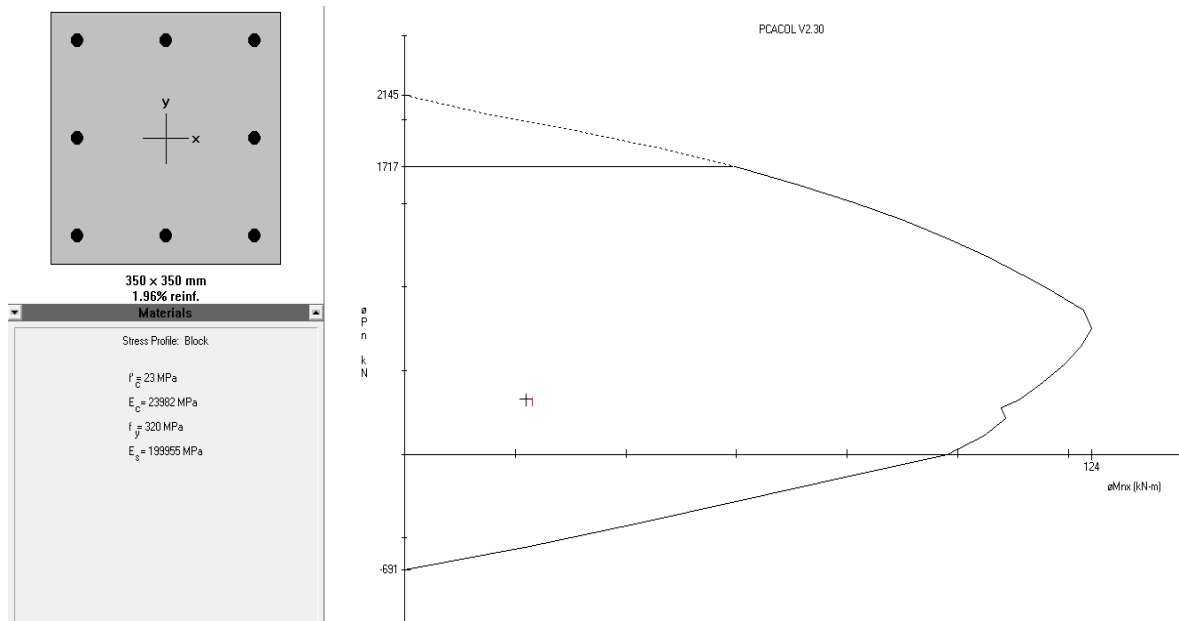
Gambar 4.5 Diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) lantai 2

Dari diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) pada lantai 2, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya, dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 2155 kN dan 194 kN.m.

3) Diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) lantai 2

Jumlah tulangan : 8 D 16

Beban aksial perlu (P_u) = 329.4 kN
 Beban momen perlu (M_u) = 22.96 kN.m } Titik 1



Gambar 4.6 Diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) lantai 2

Dari diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) pada lantai 2, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong titik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya, dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1717 kN dan 124 kN.m.

c. Kolom lantai 3

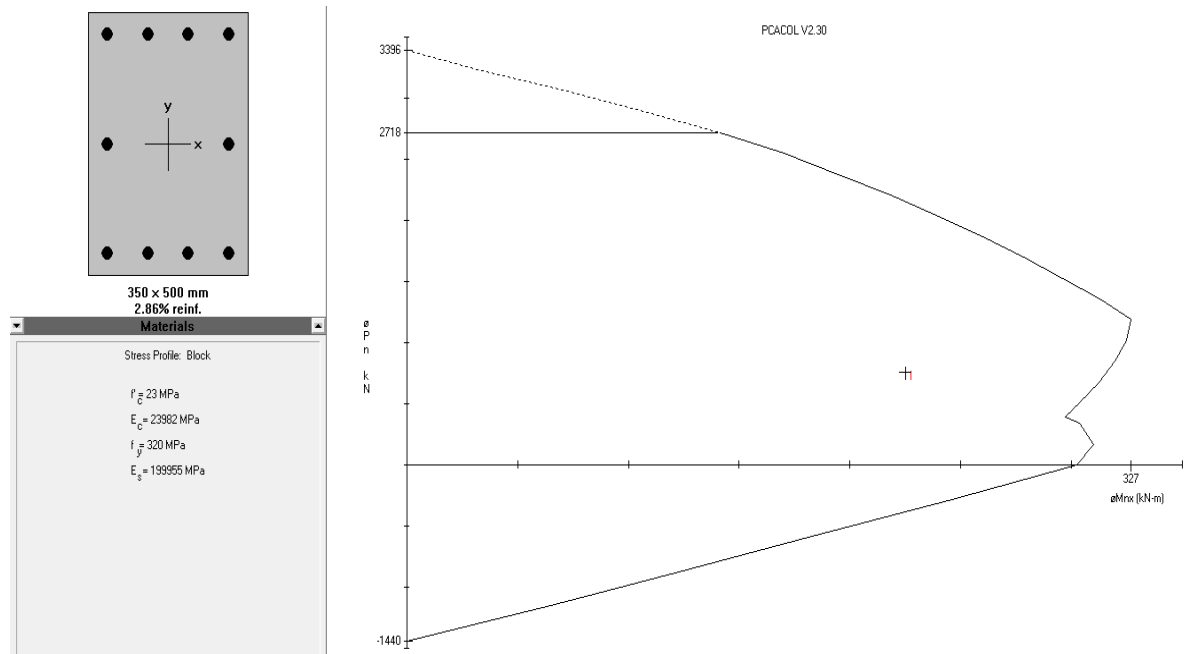
1) Diagram interaksi kolom K1 (35x50) lantai 3

Jumlah tulangan : 10 D 25

Beban aksial perlu (P_u) = 755.2 kN

Beban momen perlu (M_u) = 225.9 kN.m

} Titik 1



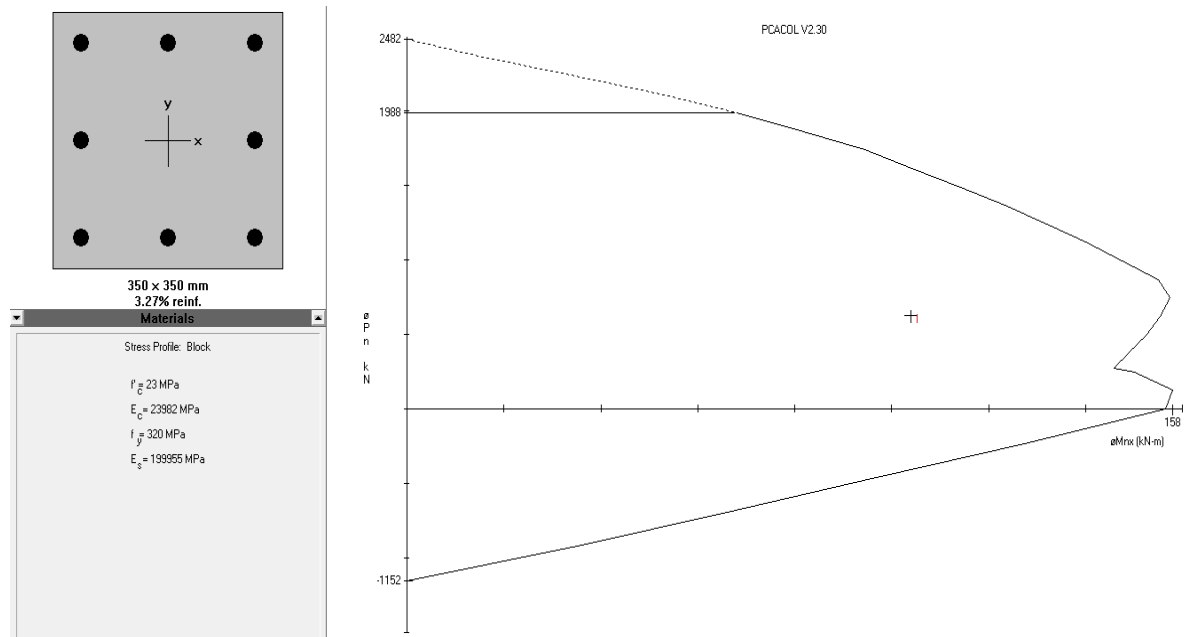
Gambar 4.7 Diagram interaksi kolom K1 (35x50) lantai 3

Dari diagram interaksi kolom K1 (35x50) pada lantai 3, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya, dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 2718 kN dan 327 kN.m.

2) Diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) lantai 3

Jumlah tulangan : 8 D 25

Beban aksial perlu (P_u) = 625.9 kN
 Beban momen perlu (M_u) = 104.3 kN.m } Titik 1



Gambar 4.8 Diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) lantai 3

Dari diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) pada lantai 3, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong titik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya, dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1988 kN dan 158 kN.m.

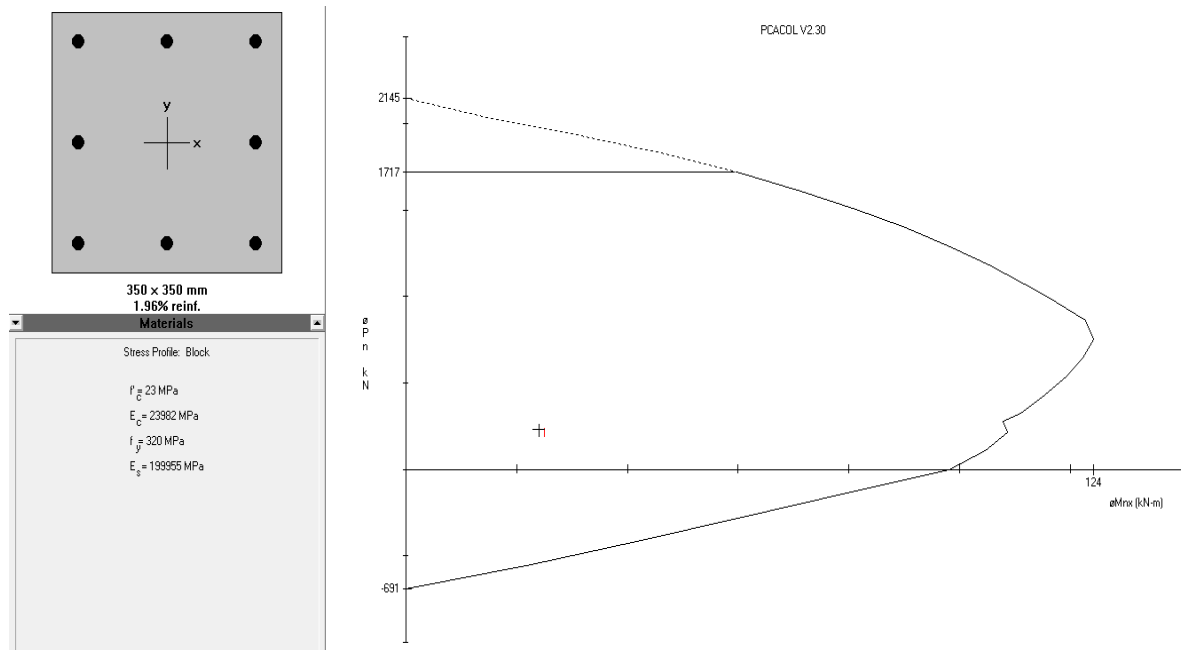
3) Diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) lantai 3

Jumlah tulangan : 8 D 16

Beban aksial perlu (P_u) = 230 kN

Beban momen perlu (M_u) = 24 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.9 Diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) lantai 3

Dari diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) pada lantai 3, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong titik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya, dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1717 kN dan 124 kN.m.

d. Kolom lantai 4

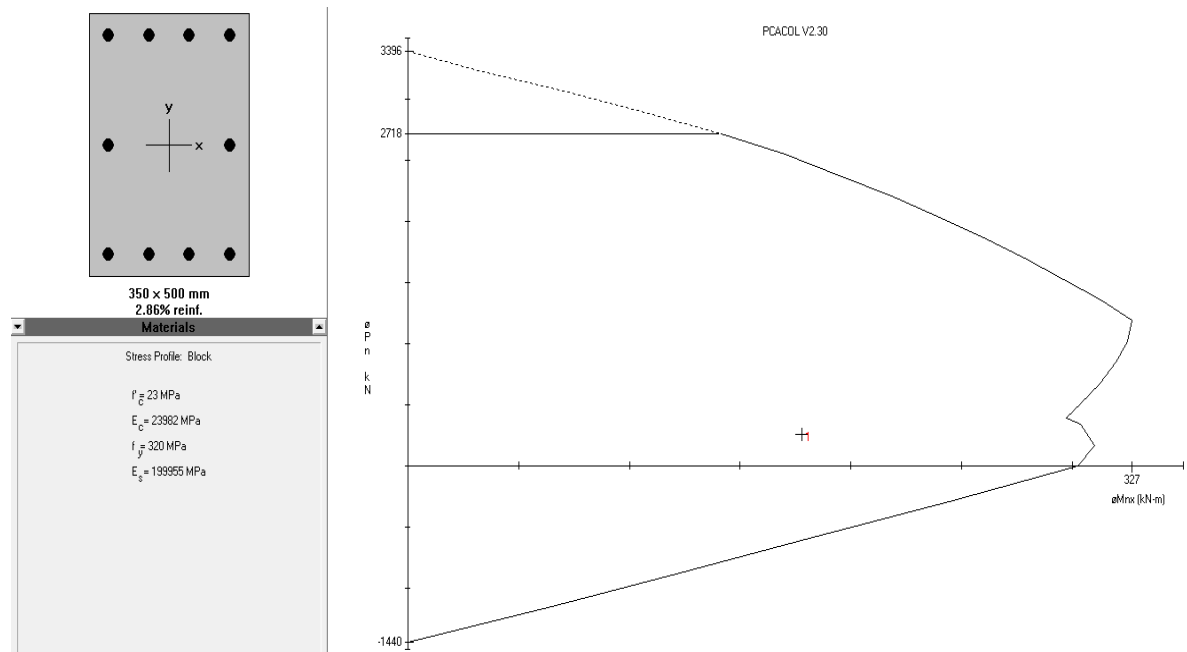
1) Diagram interaksi kolom K1 (35x50) lantai 4

Jumlah tulangan : 10 D 25

Beban aksial perlu (P_u) = 261.8 kN

Beban momen perlu (M_u) = 178.4 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.10 Diagram interaksi kolom K1 (35x50) lantai 4

Dari diagram interaksi kolom K1 (35x50) pada lantai 4, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya, dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 2718 kN dan 327 kN.m.

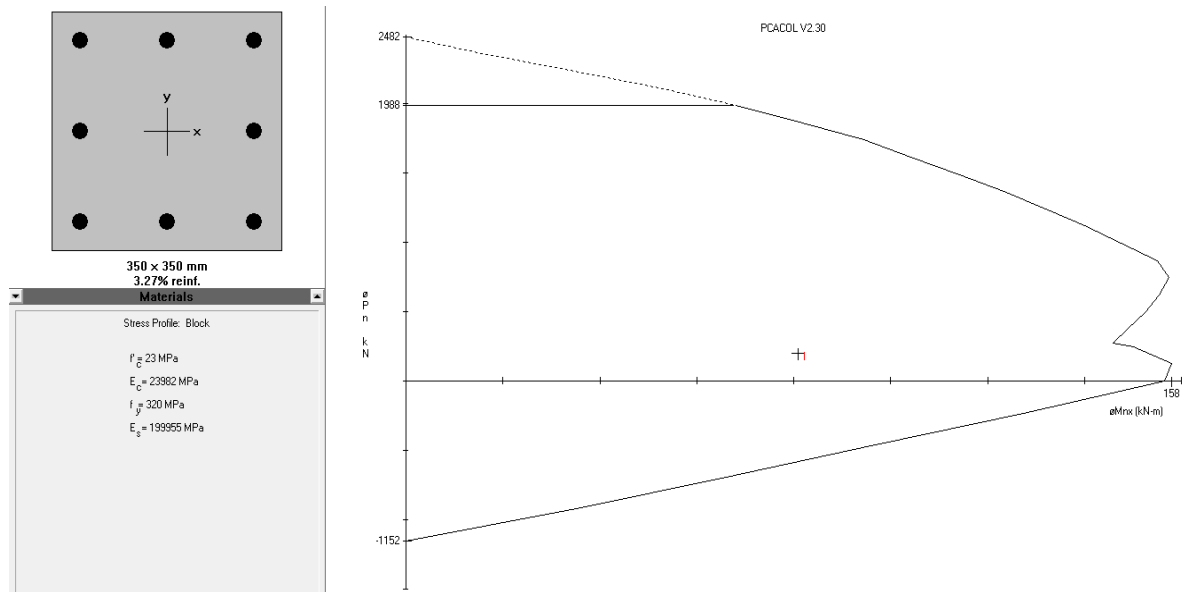
2) Diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) lantai 4

Jumlah tulangan : 8 D 25

Beban aksial perlu (P_u) = 197.6 kN

Beban momen perlu (M_u) = 81.3 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.11 Diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) lantai 4

Dari diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) pada lantai 3, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya, dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1988 kN dan 158 kN.m.

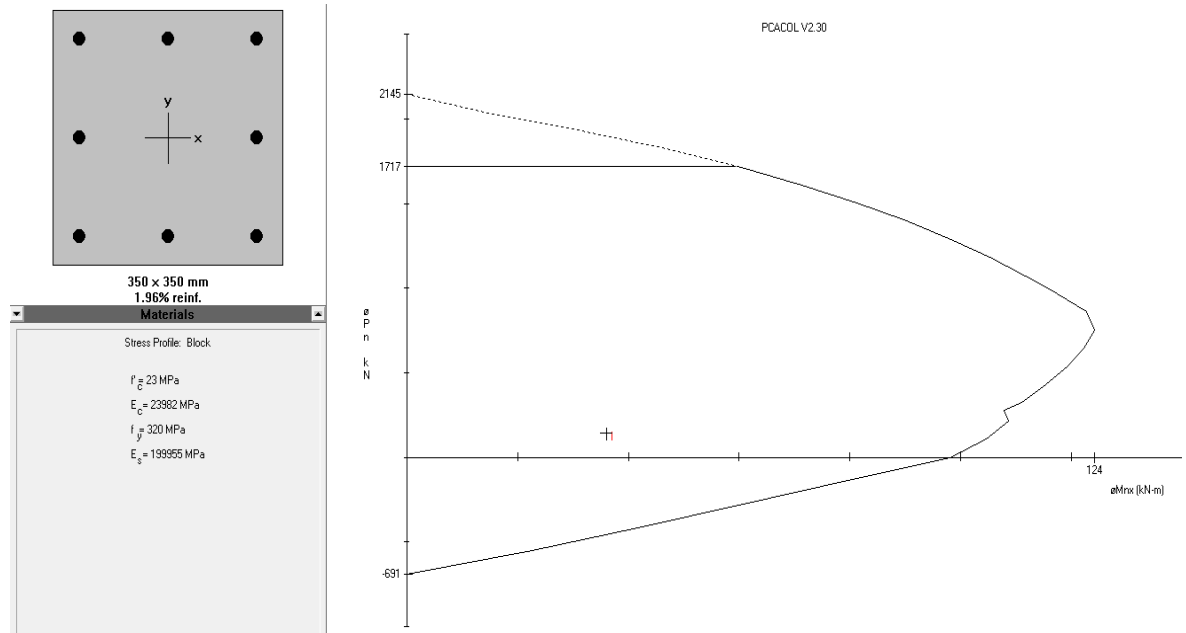
3) Diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) lantai 3

Jumlah tulangan : 8 D 16

Beban aksial perlu (P_u) = 143.2 kN

Beban momen perlu (M_u) = 36 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.12 Diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) lantai 4

Dari diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) pada lantai 4, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya, dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1717 kN dan 124 kN.m.

e. Kolom lantai atap

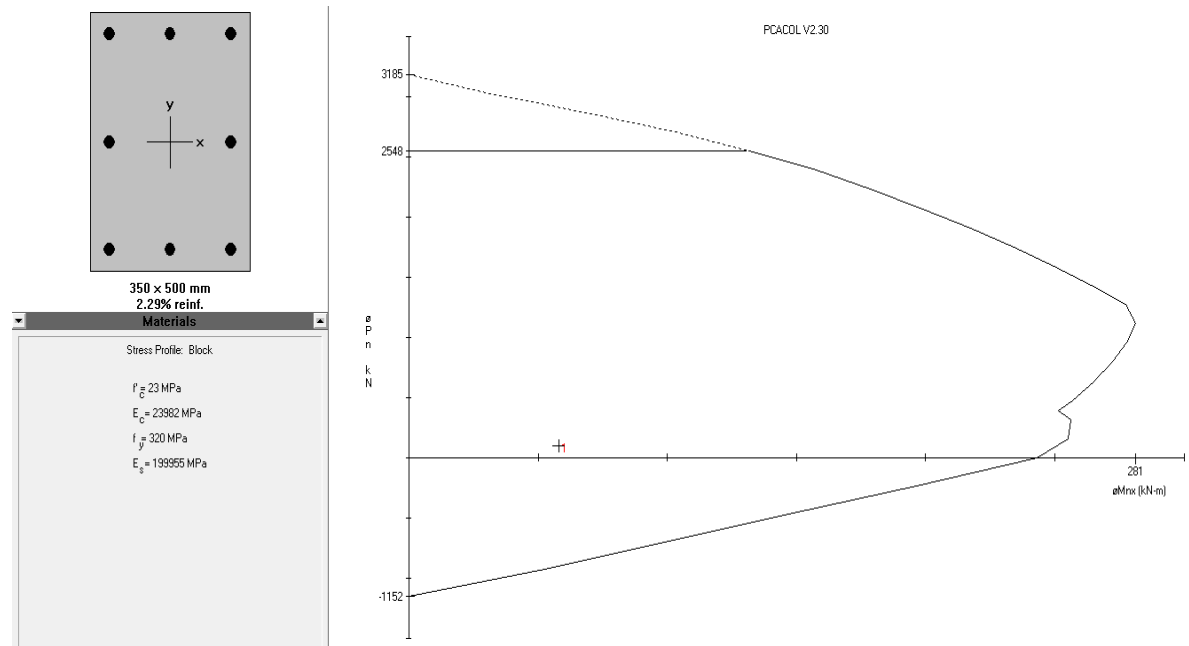
1) Diagram interaksi kolom K1 (35x50) lantai atap

Jumlah tulangan : 8 D 25

Beban aksial perlu (P_u) = 104.2 kN

Beban momen perlu (M_u) = 57.6 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.13 Diagram interaksi kolom K1 (35x50) lantai atap

Dari diagram interaksi kolom K1 (35x50) pada lantai atap, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya, dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 2548 kN dan 281 kN.m.

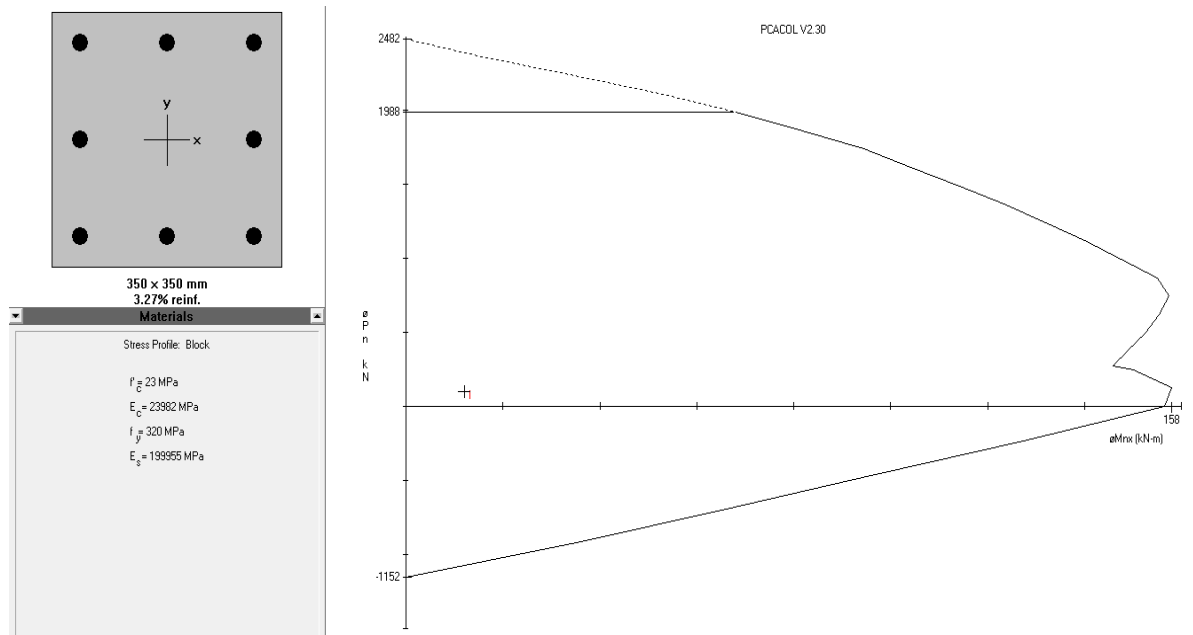
2) Diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) lantai atap

Jumlah tulangan : 8 D 25

Beban aksial perlu (P_u) = 101.4 kN

Beban momen perlu (M_u) = 12.4 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.14 Diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) lantai 4

Dari diagram interaksi kolom K2 tengah (35x35) pada lantai 3, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong titik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya, dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1988 kN dan 158 kN.m.

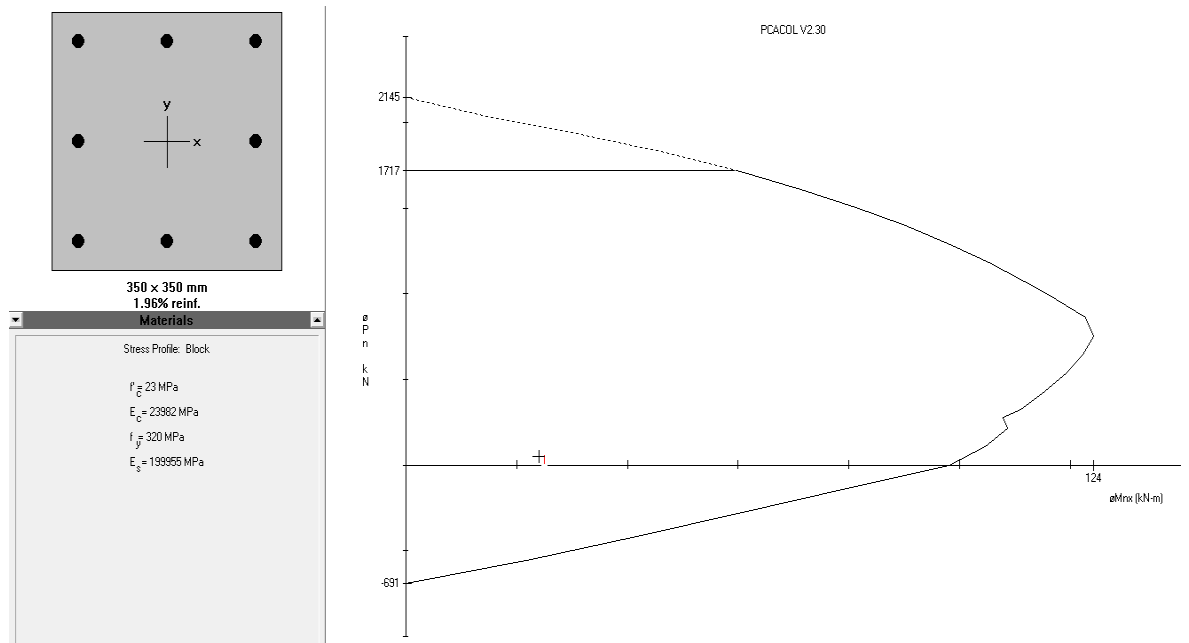
3) Diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) lantai atap

Jumlah tulangan : 8 D 16

Beban aksial perlu (P_u) = 143.2 kN

Beban momen perlu (M_u) = 36 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.15 Diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) lantai atap

Dari diagram interaksi kolom K3 tepi (35x35) pada lantai atap, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong titik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya, dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1717 kN dan 124 kN.m.

Pada diagram interaksi kolom, secara keseluruhan kolom persegi mampu menahan beban yang bekerja padanya, yang ditunjukkan dengan beban aksial perlu (P_u) dan beban momen perlu (M_u) yang bekerja pada kolom titik potongnya berada didalam diagram.

4.4 Perhitungan Gedung Menggunakan Kolom Bulat Dengan Luas Penampang

(Ag) Kolom Bulat = Luas Penampang (Ag) Kolom Persegi

4.4.1 Penentuan Dimensi

Perhitungan struktur menggunakan kolom bulat yaitu dengan menghitung ulang struktur Gedung Kelas Kampus BP2IP Surabaya yang awalnya menggunakan kolom persegi kemudian diganti menggunakan kolom bulat. Perhitungan kolom bulat ini, dimensinya dihitung perbandingan dimensi luas penampang (Ag) antara kolom persegi dan kolom bulat dengan ketentuan Luas penampang (Ag) kolom bulat = luas penampang (Ag) kolom persegi. Adapun dimensi kolom bulat dengan ketentuan ini perhitungannya sebagai berikut :

a. Kolom 35/50 (K1)

$$\text{Luas Persegi} = 35 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} = 1750 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas lingkaran} = \pi r^2$$

$$\text{Luas lingkaran} = \text{Luas persegi}$$

$$\pi r^2 = 1750$$

$$r^2 = \frac{1750}{\pi} \quad \pi = 3,14$$

$$r^2 = 557,325$$

$$r = 23,608 \approx 25 \text{ cm}$$

$$D = 2r = 50$$

Jadi untuk kolom persegi 35/50 dirubah menjadi kolom bulat Ø50. Untuk penamaan kolom bulat ini adalah kolom KB1.

b. Kolom 35/35 tengah (K2)

$$\text{Luas Persegi} = 35 \text{ cm} \times 35 \text{ cm} = 1225 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas lingkaran} = \pi r^2$$

$$\text{Luas lingkaran} = \text{Luas persegi}$$

$$\pi r^2 = 1225$$

$$r^2 = \frac{1225}{\pi} \quad \pi = 3,14$$

$$r^2 = 390,127$$

$$r = 19,752 \approx 20 \text{ cm}$$

$$D = 2r = 40 \text{ cm}$$

Jadi untuk kolom persegi 35/35 dirubah menjadi kolom bulat Ø40. Untuk penamaan kolom bulat ini adalah kolom KB2.

c. Kolom 35/35 tepi (K3)

Kolom persegi 35/35 tepi (K3) perhitungannya sama dengan kolom K2, dimana pada perhitungannya kolom ini dirubah menjadi kolom bulat Ø40. Untuk penamaan kolom bulat ini adalah kolom KB3.

Untuk jenis penamaan keseluruhan kolom dengan ketentuan ini, maka kolom bulat ini dinamakan kolom bulat 1 dan penggunaan dimensi kolom bulat ini ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 4.2 Dimensi Kolom Bulat 1

KOLOM PERSEGI	KOLOM BULAT 1
K1 (35X50)	KB1 (D50)
K2 (35X35) TENGAH	KB2 (D40) TENGAH
K3 (35X35) TEPI	KB3 (D40) TEPI

Sumber : Data Hasil Penelitian

4.4.2 Perhitungan Analisa Statika Dengan SAP2000

Perhitungan Analisa struktur menggunakan kolom bulat ini dihitung menggunakan analisa program komputer SAP2000. Analisa ini tidak merubah dimensi balok dan sesuai dengan perencanaan awal. Hasil analisa menggunakan SAP2000 diperoleh gaya-gaya dalam kolom yang meliputi momen, geser, aksial, beban kombinasi yang sudah ditentukan. Adapun gaya dalam yang dihasilkan kolom bulat 1 pada penampang KB1 (D50) sebagai berikut:

a. Momen arah 1-2

1) Momen positif = 13088,01 kg m

2) Momen negatif = 13891,60 kg m

- b. Momen arah 1-3
- 1) Momen positif = 3613,63 kg m
 - 2) Momen negatif = 3176,14 kg m
- c. Geser = 5864,69 kg
- d. Aksial = 172652,2 kg
- e. Defleksi = 0,000080 m

Untuk gaya dalam lebih detail dapat dilihat pada lampiran B.2.

4.4.3 Perhitungan Penulangan Kolom Bulat

Perhitungan penulangan kolom bulat 1 dengan dimensi KB1 (D50) sebagai berikut :

a. Perhitungan luas tulangan

- 1) Perhitungan stabilitas index menurut persamaan 4.1

$$Q = \frac{1726521,6 \times 0,080}{58646,9 \times 4300} = 0,0005$$

$Q = 0,0005 < 0,05$, maka portal tersebut merupakan portal jenis tidak bergoyang. (Lampiran B.1a)

- 2) Perhitungan faktor kelangsingan

a) Momen inersia penampang balok dan kolom

- (1) Momen inersia kolom menurut persamaan 4.19

$$I_g = 0,7 \times \frac{1}{64} \times 3,14 \times 500^4 = 2,146 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

- (2) Momen inersia balok menurut persamaan 4.20

$$I_g = 0,35 \times \frac{1}{12} \times 200 \times 400^3 = 3,733 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

- b) Modulus elastisitas kolom beton menurut persamaan 4.21

$$E_c = 4700 \times \sqrt{22,5} = 22294,06 \text{ Mpa}$$

c) Perhitungan rasio dari beban berfaktor menurut persamaan 4.22

$$\beta d = \frac{1.4 \times 1726521,6}{1726521,6} = 1,4$$

d) Perhitungan kekakuan lentur komponen struktur tekan menurut persamaan 4.23

1) Kolom

$$EI = \frac{0.4 \times 22294.06 \times 2.146 \times 10^9}{1+1.4} = 7.98 \times 10^{12} \text{ Mpa mm}$$

2) Balok

$$EI = \frac{0.4 \times 22294.06 \times 3.733 \times 10^8}{1+1.4} = 1.39 \times 10^{12} \text{ Mpa mm}$$

e) Perhitungan rasio kekakuan balok dan kolom menurut persamaan 4.24

$$\psi A = \frac{7.98 \times 10^{12} / 4300}{1.387 \times 10^{12} / 4150} = 5.55$$

$$\psi B = \frac{(7.98 \times 10^{12} / 4300) + (7.98 \times 10^{12} / 700)}{(1.387 \times 10^{12} / 4150) + (1.387 \times 10^{12} / 4150)} = 19.8$$

Nilai k diperoleh dari diagram nomogram SNI-2002 pasal 12.11.6 pada gambar 5 yaitu 0.95

f) Faktor kelangsingan menurut persamaan 4.18

$$r = 0.25 \times 500 = 125$$

$$\frac{0.95 \times 4300}{125} \leq 34 - 12 \left(\frac{31761400}{36136300} \right)$$

32.68 > 23.45, maka pengaruh kelangsingan harus diperhitungkan.

(Lampiran B.1b)

3) Perhitungan pembesaran momen

a) Faktor koreksi momen menurut persamaan 4.28

(1) Momen arah 1-2

$$C_m = 0.6 + 0.4 \times \frac{130880100}{138916000} \geq 0.4$$

$$C_m = 0.98 \geq 0.4$$

(2) Momen arah 1-3

$$C_m = 0.6 + 0.4 \times \frac{31761400}{36136300} \geq 0.4$$

$$C_m = 0.95 \geq 0.4$$

b) Perhitungan beban kritis menurut persamaan 4.27

$$P_c = \frac{\pi^2 \times 7.97 \times 10^{12}}{0.71 \times 4300} = 2.58 \times 10^{10} \text{ N}$$

c) Perhitungan faktor pembesaran momen menurut persamaan 4.26

(1) Momen arah 1-2

$$\delta_{ns} = \frac{0.98}{1 - \frac{1726521.6}{0.75 \times 2.58 \times 10^{10}}} = 0.98 < 1$$

maka dipakai nilai $\delta_{ns} = 1$

(2) Momen arah 1-3

$$\delta_{ns} = \frac{0.95}{1 - \frac{1726521.6}{0.75 \times 2.58 \times 10^{10}}} = 0.95 < 1$$

maka dipakai nilai $\delta_{ns} = 1$

d) Pembesaran momen menurut persamaan 4.29

(1) Momen minimum

$$\begin{aligned} M_2 &= 1726521.6 \times (0.6 + (0.03 \times 500)) \\ &= 1.04 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(2) Momen koreksi

$$\text{Momen arah 1-2} = 1 \times 1.39 \times 10^8 = 1.39 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen arah 1-3} = 1 \times 3.61 \times 10^7 = 3.61 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

(Lampiran B.1c)

b. Penulangan Kolom Bulat

Dimensi = Ø50

$$A_g = 196250 \text{ mm}^2$$

1) Batasan Tulangan menurut persamaan 4.36

$$\rho_{s \min} = 0.45 \times \left[\frac{196250}{151976-1} \right] \times \left[\frac{22.5}{320} \right] = 0.01$$

$$\rho_{\max} = 0.08$$

2) Perhitungan kebutuhan tulangan

$$P_u = 1726521,6 \text{ kg}$$

$$M_u = 1.75 \times 10^8$$

a) Pada sumbu vertikal menurut persamaan 4.39

$$= \frac{1726521.6}{0.65 \times 196250 \times 0.85 \times 22.5} = 0.7077$$

b) Pada sumbu horizontal menurut persamaan 4.40

$$e_t = \frac{175052300}{1726521.6} = 101.4$$

$$\frac{e_t}{h} = 0.203$$

$$\left(\frac{1726521.6}{0.65 \times 196250 \times 0.85 \times 22.5} \right) \times (0.203) = 0.1435$$

$$\frac{d'}{h} = \frac{65}{500} = 0.15$$

Dari grafik diagram kolom, dapat diperoleh :

$$r = 0.032$$

$$\rho = 0.032 \times 1 = 0.032$$

$$A_{st} = 0.032 \times 196250 = 6280 \text{ mm}^2$$

Jadi tulangan yang diperlukan 14 D 25 (6868.75 mm²)

Perhitungan kolom bulat 1 lebih detail dapat dilihat pada lampiran B.1d

Secara keseluruhan hasil penulangan kolom bulat ini dari lantai 1 sampai lantai atap disajikan tabel sebagai berikut :

Tabel 4.3 Penulangan kolom bulat 1

JENIS KOLOM	LANTAI 1	LANTAI 2	LANTAI 3	LANTAI 4	ATAP
KB1 (D50)	14D25	14D25	14D25	14D25	8D25
KB2 (D40) TENGAH	8D25	8D25	8D25	8D25	8D25
KB3 (D40) TEPI	8D16	8D16	8D16	8D16	8D16

Sumber : Data Hasil Penelitian

c. Perhitungan Tulangan Tranversal Kolom

Dengan diameter 10 mm, maka jarak sengkang maksimum sebagai berikut

- 1) $S \leq 48 \times 10 = 480$ mm menurut persamaan 4.41
- 2) $S \leq 16 \times 25 = 400$ mm menurut persamaan 4.42
- 3) $S \leq \frac{1}{2} \times 500 = 250$ mm menurut persamaan 4.43

Jarak sengkang diperoleh dari nilai terkecil antara ketiga persamaan tersebut yaitu 250 mm. Akan tetapi SNI 2002 menjelaskan bahwa syarat terhadap kolom bulat menggunakan sengkang spiral maksimum menggunakan jarak 75 mm dan minimum 25 mm, jadi dipakai jarak maksimum yaitu 75 cm. Perhitungan lebih detail dapat dilihat pada lampiran B.1e.

4.4.4 Perhitungan Kapasitas Kolom Bulat

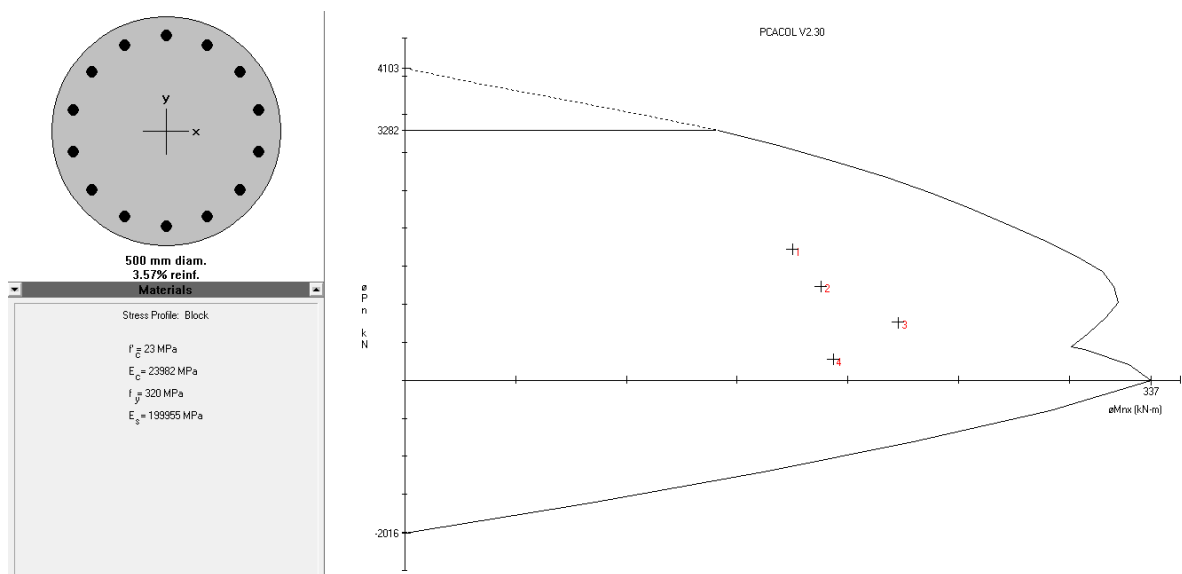
Sama seperti kolom persegi, kapasitas kolom bulat digunakan untuk memberikan gambaran tentang kekuatan dari kolom yang bersangkutan. Perhitungannya juga dengan membuat diagram interaksi kolom M - N, dimana apabila titik potong beban aksial perlu (P_u) dan beban momen perlu (M_u) berada di dalam diagram berarti kolom tersebut telah aman. Apabila tidak, maka kolom bulat harus didesain ulang dengan mendesain kembali penulangannya. Diagram ini dibuat menggunakan program PCACOL, dimana nantinya juga akan menghasilkan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) yang mampu ditahan oleh kolom. Hasil pembuatan diagram interaksi kolom bulat yaitu sebagai berikut:

1) Kolom lantai 1 sampai lantai 4

a) Diagram interaksi kolom KB1 (D50)

Jumlah tulangan : 14 D 25

- | | |
|---|--------------------------|
| (1) Beban aksial perlu (P_u) = 1726.5 kN
Beban momen perlu (M_u) = 175 kN.m | } Titik 1 untuk lantai 1 |
| (2) Beban aksial perlu (P_u) = 1237.7 kN
Beban momen perlu (M_u) = 188 kN.m | } Titik 2 untuk lantai 2 |
| (3) Beban aksial perlu (P_u) = 761.5 kN
Beban momen perlu (M_u) = 222.8 kN.m | } Titik 3 untuk lantai 3 |
| (4) Beban aksial perlu (P_u) = 277.8 kN
Beban momen perlu (M_u) = 193.3 kN.m | } Titik 4 untuk lantai 4 |



Gambar 4.16 Diagram interaksi kolom bulat KB1 (D50) lantai 1, 2, 3 dan 4

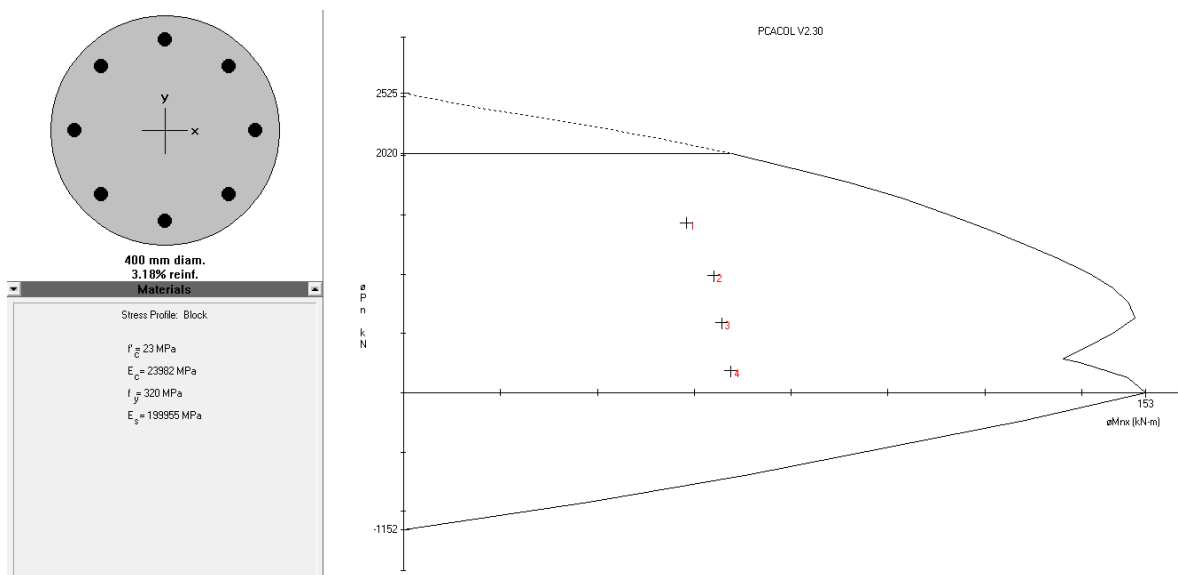
Pada diagram interaksi kolom bulat KB1 (D50) pada lantai 1 sampai lantai 4, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1, 2, 3 dan 4 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja

padanya. Beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 3282 kN dan 337 kN.m.

b) Diagram interaksi kolom KB2 tengah (D40)

Jumlah tulangan : 8 D 25

- | | | |
|---|---|------------------------|
| (1) Beban aksial perlu (P_u) = 1433.3 kN
Beban momen perlu (M_u) = 58.4 kN.m | } | Titik 1 untuk lantai 1 |
| (2) Beban aksial perlu (P_u) = 988 kN
Beban momen perlu (M_u) = 64 kN.m | | |
| (3) Beban aksial perlu (P_u) = 589.7 kN
Beban momen perlu (M_u) = 65.7 kN.m | } | Titik 3 untuk lantai 3 |
| (4) Beban aksial perlu (P_u) = 184 kN
Beban momen perlu (M_u) = 67.6 kN.m | | |



Gambar 4.17 Diagram interaksi kolom bulat KB2 tengah (D40) lantai 1, 2, 3 dan 4

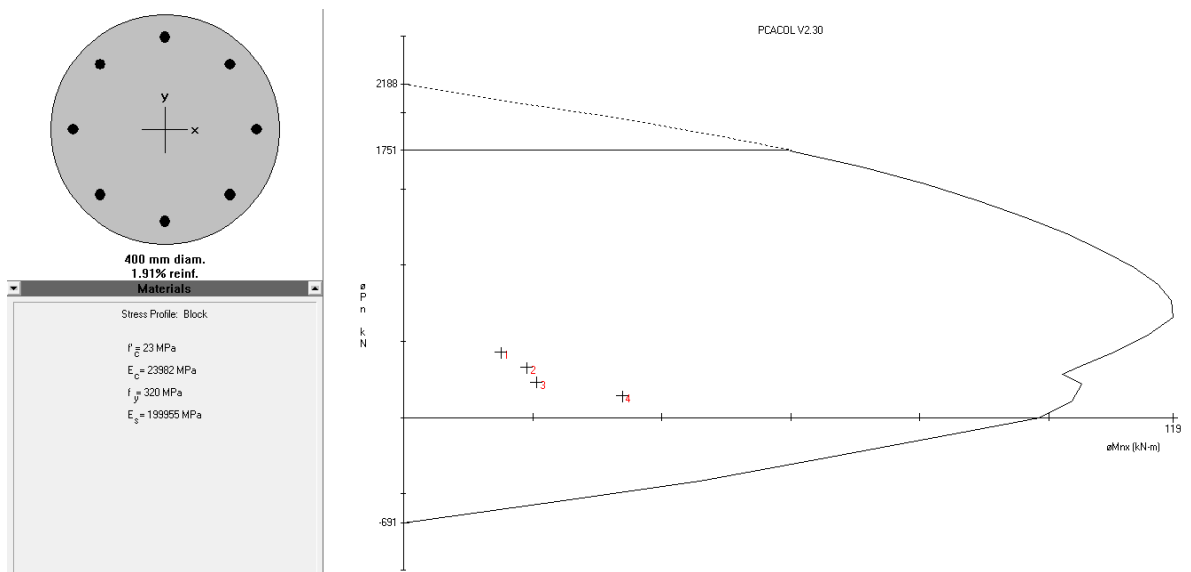
Pada diagram interaksi kolom bulat KB2 tengah (D40) pada lantai 1 sampai lantai 4 dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang

berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 2020 kN dan 153 kN.m.

c) Diagram interaksi kolom KB3 tepi (D40)

Jumlah tulangan : 8 D 16

- | | |
|--|--------------------------|
| (1) Beban aksial perlu (P_u) = 426.8 kN
Beban momen perlu (M_u) = 15.1 kN.m | } Titik 1 untuk lantai 1 |
| (2) Beban aksial perlu (P_u) = 328.3 kN
Beban momen perlu (M_u) = 19.1 kN.m | } Titik 2 untuk lantai 2 |
| (3) Beban aksial perlu (P_u) = 231.1 kN
Beban momen perlu (M_u) = 20.6 kN.m | } Titik 3 untuk lantai 3 |
| (4) Beban aksial perlu (P_u) = 141.9 kN
Beban momen perlu (M_u) = 33.9 kN.m | } Titik 4 untuk lantai 4 |



Gambar 4.18 Diagram interaksi kolom bulat KB3 tepi (D40) lantai 1, 2, 3 dan 4

Pada diagram interaksi kolom bulat KB3 tepi (D40) pada lantai 1 sampai lantai 4, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen

aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1751 kN dan 119 kN.m.

2) Kolom lantai atap

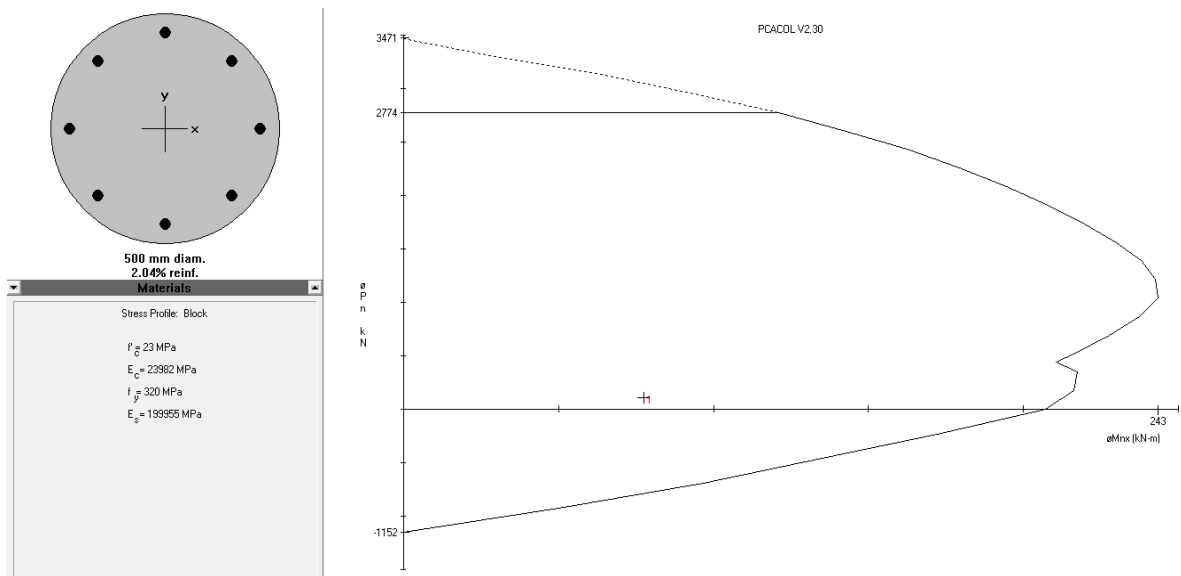
a) Diagram interaksi kolom KB1 (D50)

Jumlah tulangan : 8 D 25

Beban aksial perlu (P_u) = 111.1 kN

Beban momen perlu (M_u) = 77.4 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.19 Diagram interaksi kolom bulat KB1 (D50) lantai atap

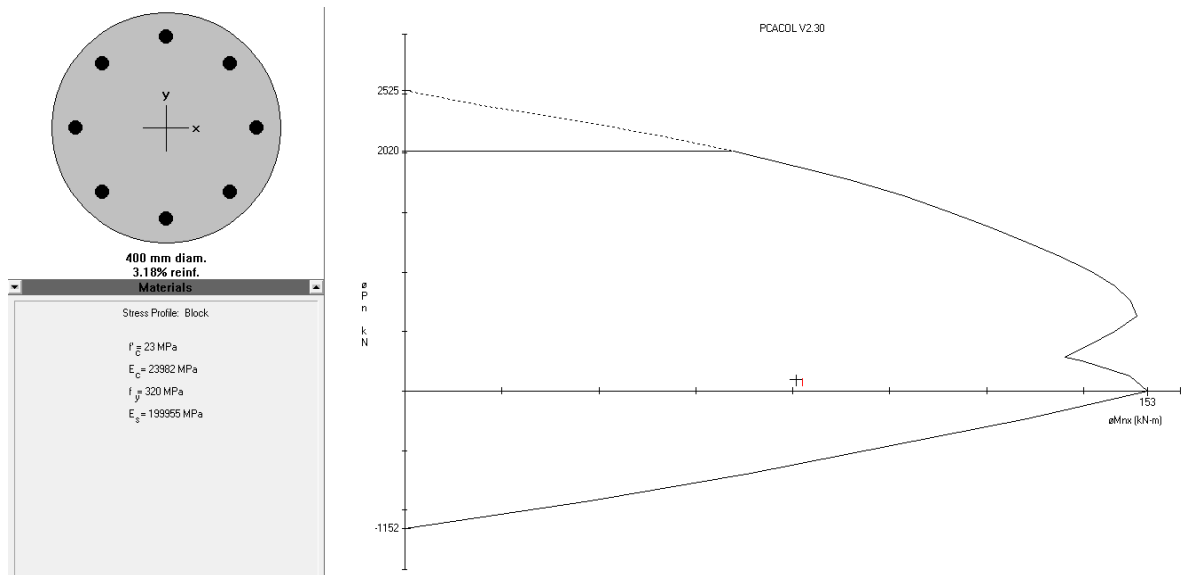
Pada diagram interaksi kolom bulat KB1 (D50) pada lantai atap, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 2774 kN dan 243 kN.m.

b) Diagram interaksi kolom KB2 tengah (D40)

Jumlah tulangan : 8 D 25

Beban aksial perlu (P_u) = 95.2 kNBeban momen perlu (M_u) = 80.8 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.20 Diagram interaksi kolom bulat KB2 tengah (D40) lantai atap

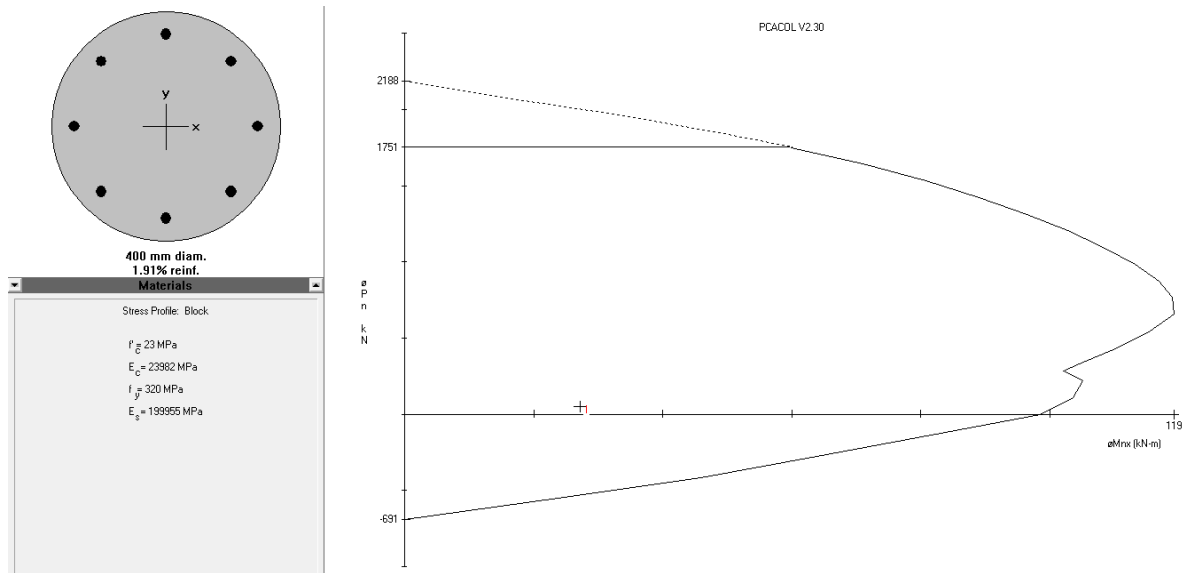
Pada diagram interaksi kolom bulat KB2 tengah (D40) pada lantai atap, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 2020 kN dan 153 kN.m.

c) Diagram interaksi kolom KB3 tepi (D40)

Jumlah tulangan : 8 D 16

Beban aksial perlu (P_u) = 50.1 kNBeban momen perlu (M_u) = 27.2 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.21 Diagram interaksi kolom bulat KB3 tepi (D40) lantai atap

Pada diagram interaksi kolom bulat KB3 tepi (D40) pada lantai atap, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1751 kN dan 119 kN.m.

Secara keseluruhan kolom bulat ini mampu menahan beban yang bekerja padanya, yang ditunjukkan dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) lebih besar dari beban aksial perlu (P_u) dan beban momen perlu (M_u) yang bekerja pada kolom, serta titik potongnya berada didalam diagram.

4.5 Perhitungan Menggunakan Kolom Bulat Dengan Luas Penampang (Ag) Kolom Bulat < Luas Penampang (Ag) Kolom Persegi

4.5.1 Penentuan Dimensi

Dimensi kolom bulat ini dimensinya dibuat jika luas penampang (Ag) kolom bulat dikalikan atau lebih rendah dari luas penampang kolom persegi. Perhitungan dimensi kolom bulat ini ditentukan sebagai berikut :

a. Kolom 35/50 (K1)

$$\text{Luas Persegi} = 35 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} = 1750 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas lingkaran} = \pi r^2$$

$$\text{Luas lingkaran} < \text{Luas persegi}$$

$$\pi r^2 < 1750 \quad \text{dicoba menggunakan } r = 22.5$$

$$3.14 \times 22.5^2 < 1750$$

$$1590 < 1750 \dots (\text{ok})$$

$$D = 2r = 45$$

Jadi untuk kolom persegi 35/50 dirubah menjadi kolom bulat Ø45. Untuk penamaan kolom bulat ini adalah kolom KB1'.

b. Kolom 35/35 tengah (K2)

$$\text{Luas Persegi} = 35 \text{ cm} \times 35 \text{ cm} = 1225 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas lingkaran} = \pi r^2$$

$$\text{Luas lingkaran} < \text{Luas persegi}$$

$$\pi r^2 < 1225 \quad \text{dicoba menggunakan } r = 17.5$$

$$3.14 \times 17.5^2 < 1225$$

$$962 < 1225 \dots (\text{ok})$$

$$D = 2r = 35 \text{ cm}$$

Jadi untuk kolom persegi 35/35 dirubah menjadi kolom bulat Ø35. Untuk penamaan kolom bulat ini adalah kolom KB2'.

c. Kolom 35/35 tepi (K3)

Kolom persegi 35/35 tepi (K3) perhitungannya sama dengan kolom K2, dimana pada perhitungannya kolom ini dirubah menjadi kolom bulat $\emptyset 35$ dan dalam hal ini penamaan kolom bulat ini sama dengan kolom KB3'.

Untuk jenis penamaan kolom dengan ketentuan ini, maka kolom bulat ini dinamakan kolom bulat 2 dan penggunaan dimensi kolom bulat ini secara keseluruhan yaitu pada tabel berikut.

Tabel 4.4 Dimensi Kolom Bulat 2

KOLOM PERSEGI	KOLOM BULAT 2
K1 (35X50)	KB1' (D45)
K2 (35X35) TENGAH	KB2' (D35) TENGAH
K3 (35X35) TEPI	KB3' (D35) TEPI

Sumber : Data Hasil Penelitian

4.5.2 Perhitungan Analisa Statika Dengan SAP2000

Perhitungan Analisa struktur menggunakan kolom bulat ini juga menggunakan analisa program komputer SAP2000. Analisa ini tidak merubah dimensi balok dan sesuai dengan perencanaan awal. Hasil analisa menggunakan SAP2000 diperoleh gaya-gaya dalam kolom yang meliputi momen, geser, aksial, beban kombinasi yang sudah ditentukan. Adapun gaya dalam yang dihasilkan kolom bulat 1 pada penampang KB1' (D45) sebagai berikut:

1) Momen arah 1-2

a) Momen positif = 11303,51 kg m

b) Momen negatif = 12116,80 kg m

2) Momen arah 1-3

a) Momen positif = 3544,93 kg m

b) Momen negatif = 3066,79 kg m

3) Geser = 5108,25 kg

4) Aksial = 171665 kg

5) Defleksi = 0,000104 m

Untuk gaya dalam lebih detail dapat dilihat pada lampiran C.2.

4.5.3 Perhitungan Penulangan Kolom Bulat

Perhitungan penulangan kolom bulat 2 dengan dimensi KB1' (D45) sebagai berikut :

a. Perhitungan luas tulangan

1) Perhitungan stabilitas index menurut persamaan 4.1

$$Q = \frac{1716651.1 \times 0.104}{51082.5 \times 4300} = 0,0008$$

$Q = 0.0008 < 0.05$, maka portal tersebut merupakan portal jenis tidak bergoyang. (Lampiran C.1a)

2) Perhitungan faktor kelangsingan

a) Momen inersia penampang balok dan kolom

(1) Momen inersia kolom menurut persamaan 4.19

$$I_g = 0.7 \times \frac{1}{64} \times 3.14 \times 450^4 = 1.408 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

(2) Momen inersia balok menurut persamaan 4.20

$$I_g = 0.35 \times \frac{1}{12} \times 200 \times 400^3 = 3.733 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

b) Modulus elastisitas kolom beton menurut persamaan 4.21

$$E_c = 4700 \times \sqrt{22.5} = 22294,06 \text{ Mpa}$$

c) Perhitungan rasio dari beban berfaktor menurut persamaan 4.22

$$\beta d = \frac{1.4 \times 1716651.1}{1716651.1} = 1,4$$

d) Perhitungan kekakuan lentur komponen struktur tekan menurut persamaan 4.23

(1) Kolom

$$EI = \frac{0.4 \times 22294.06 \times 1.408 \times 10^9}{1 + 1.4} = 5.32 \times 10^{12} \text{ Mpa mm}^4$$

(2) Balok

$$EI = \frac{0.4 \times 22294.06 \times 3.733 \times 10^8}{1+1.4} = 1.39 \times 10^{12} \text{ Mpa mm}$$

e) Perhitungan rasio kekakuan balok dan kolom menurut persamaan 4.24

$$\psi_A = \frac{5.32 \times 10^{12} / 4300}{1.387 \times 10^{12} / 4275} = 3.75$$

$$\psi_B = \frac{(5.32 \times 10^{12} / 4300) + (5.32 \times 10^{12} / 700)}{(1.387 \times 10^{12} / 4150) + (1.387 \times 10^{12} / 4150)} = 13.46$$

Nilai k diperoleh dari diagram nomogram SNI-2002 pasal 12.11.6 pada gambar 5 yaitu 0.94

f) Faktor kelangsingan menurut persamaan 4.18

$$r = 0.25 \times 500 = 112.5$$

$$\frac{0.94 \times 4300}{112.5} \leq 34 - 12 \left(\frac{30667900}{35449300} \right)$$

35.93 > 21.26, maka pengaruh kelangsingan harus diperhitungkan.

(Lampiran C.1b)

3) Perhitungan pembesaran momen

a) Faktor koreksi momen menurut persamaan 4.28

(1) Momen arah 1-2

$$C_m = 0.6 + 0.4 \times \frac{113035100}{121168000} \geq 0.4$$

$$C_m = 0.97 \geq 0.4$$

(2) Momen arah 1-3

$$C_m = 0.6 + 0.4 \times \frac{30887900}{35449300} \geq 0.4$$

$$C_m = 0.95 \geq 0.4$$

b) Perhitungan beban kritis menurut persamaan 4.27

$$P_c = \frac{\pi^2 \times 5.23 \times 10^{12}}{0.94 \times 4300} = 1.28 \times 10^{10} \text{ N}$$

c) Perhitungan faktor pembesaran momen menurut persamaan 4.26

(1) Momen arah 1-2

$$\delta ns = \frac{0.97}{1 - \frac{1716651.1}{0.75 \times 1.28 \times 10^{10}}} = 0.97 < 1$$

maka dipakai nilai $\delta ns = 1$

(2) Momen arah 1-3

$$\delta ns = \frac{0.95}{1 - \frac{1716651.1}{0.75 \times 1.28 \times 10^{10}}} = 0.95 < 1$$

maka dipakai nilai $\delta ns = 1$

d) Pembesaran momen menurut persamaan 4.29

(1) Momen minimum

$$\begin{aligned} M_2 &= 1716651.1 \times (0.6 + (0.03 \times 450)) \\ &= 1.03 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(2) Momen koreksi

$$\text{Momen arah 1-2} = 1 \times 1.21 \times 10^8 = 1.39 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen arah 1-3} = 1 \times 3.54 \times 10^7 = 3.61 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

(Lampiran C.1c)

b. Penulangan Kolom Bulat

Dimensi = Ø45

$$A_g = 158962.5 \text{ mm}^2$$

1) Batasan Tulangan menurut persamaan 4.36

$$\rho_{s \min} = 0.45 \times \left[\frac{158962.5}{119398.5 - 1} \right] \times \left[\frac{22.5}{320} \right] = 0.01$$

$$\rho_{\max} = 0.08$$

2) Perhitungan kebutuhan tulangan

$$P_u = 1716651.1 \text{ kg}$$

$$M_u = 1.57 \times 10^8$$

a) Pada sumbu vertikal menurut persamaan 4.39

$$= \frac{1716651.1}{0.65 \times 158962.5 \times 0.85 \times 22.5} = 0.8687$$

b) Pada sumbu horizontal menurut persamaan 4.40

$$e_t = \frac{156617300}{1716651.1} = 91.2$$

$$\frac{e_t}{h} = 0.203$$

$$\left(\frac{1726521.6}{0.65 \times 196250 \times 0.85 \times 22.5} \right) \times (0.203) = 0.1761$$

$$\frac{d'}{h} = \frac{65}{500} = 0.15$$

Dari grafik diagram kolom, dapat diperoleh :

$$r = 0.048$$

$$\rho = 0.048 \times 1 = 0.032$$

$$A_{st} = 0.048 \times 158962.5 = 7630.2 \text{ mm}^2$$

Jadi tulangan yang diperlukan 16 D 25 (7850 mm²)

Perhitungan kolom bulat ini lebih detail dapat dilihat pada lampiran C.1d

Hasil penulangan keseluruhan pada kolom bulat 2 dari lantai 1 sampai lantai atap disajikan tabel sebagai berikut :

Tabel 4.5 Penulangan kolom bulat 2

JENIS KOLOM	LANTAI 1	LANTAI 2	LANTAI 3	LANTAI 4	ATAP
KB1' (D45)	16D25	16D25	16D25	14D25	8D25
KB2' (D35) TENGAH	10D25	8D25	8D25	8D25	8D25
KB3' (D35) TEPI	8D16	8D16	8D25	8D16	8D16

Sumber : Data Hasil Penelitian

c. Perhitungan Tulangan Transversal Kolom

Dengan diameter 10 mm, maka jarak sengkang maksimum sebagai berikut

1) $S \leq 48 \times 10 = 480 \text{ mm}$ menurut persamaan 4.41

2) $S \leq 16 \times 25 = 400 \text{ mm}$ menurut persamaan 4.42

3) $S \leq \frac{1}{2} \times 450 = 225 \text{ mm}$ menurut persamaan 4.43

Jarak sengkang diperoleh dari nilai terkecil antara ketiga persamaan tersebut yaitu 225 mm. Akan tetapi SNI 2002 menjelaskan bahwa syarat terhadap kolom bulat menggunakan sengkang spiral maksimum menggunakan jarak 75 mm dan minimum 25 mm, jadi dipakai jarak maksimum yaitu 75 cm. Perhitungan lebih detail dapat dilihat pada lampiran C.1e.

4.5.4 Perhitungan Kapasitas Kolom Bulat

Kapasitas kolom bulat digunakan untuk memberikan gambaran tentang kekuatan dari kolom yang bersangkutan. Perhitungannya juga dengan membuat diagram interaksi kolom M - N, dimana apabila titik potong beban aksial perlu (P_u) dan beban momen perlu (M_u) berada di dalam diagram berarti kolom tersebut telah aman. Apabila tidak, maka kolom bulat harus didesain ulang dengan mendesain kembali penulangannya. Diagram ini dibuat menggunakan program PCACOL, dimana nantinya juga akan menghasilkan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) yang mampu ditahan oleh kolom. Hasil pembuatan diagram interaksi kolom bulat yaitu sebagai berikut:

1) Kolom lantai 1

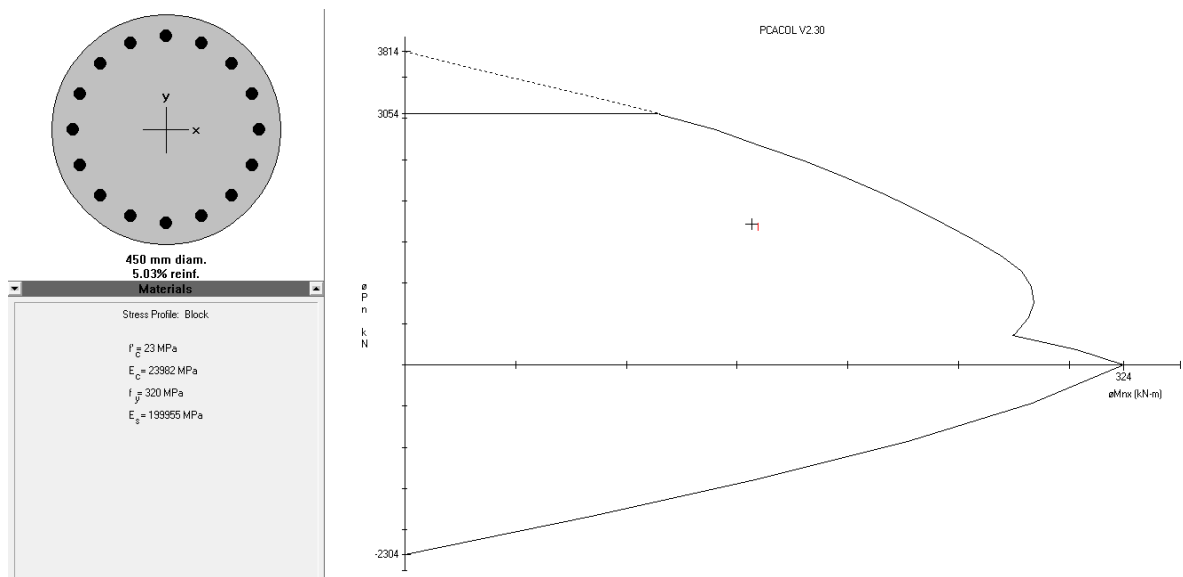
a) Diagram interaksi kolom KB1 (D50)

Jumlah tulangan : 16 D 25

Beban aksial perlu (P_u) = 1716.7 kN

Beban momen perlu (M_u) = 156.6 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.22 Diagram interaksi kolom bulat KB1' (D45) lantai 1

Pada diagram interaksi kolom bulat KB1' (D45) pada lantai 1, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong titik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 3054 kN dan 324 kN.m.

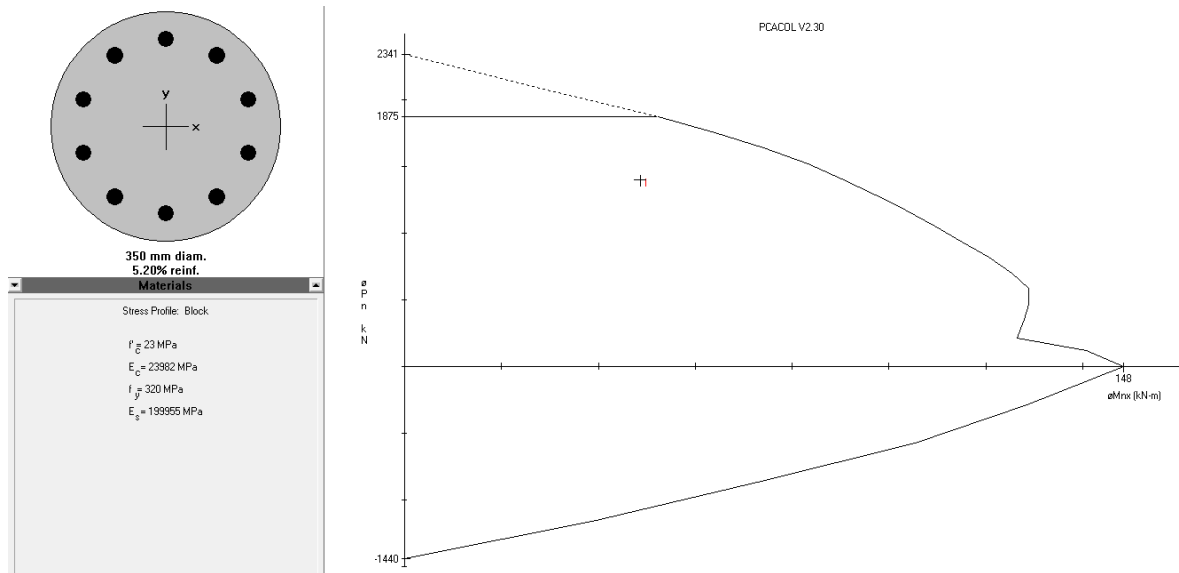
b) Diagram interaksi kolom KB2' tengah (D35)

Jumlah tulangan : 10 D 25

Beban aksial perlu (P_u) = 1397.8 kN

Beban momen perlu (M_u) = 48.7 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.23 Diagram interaksi kolom bulat KB2' tengah (D35) lantai 1

Pada diagram interaksi kolom bulat KB2' tengah (D45) pada lantai 1, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1875 kN dan 148 kN.m.

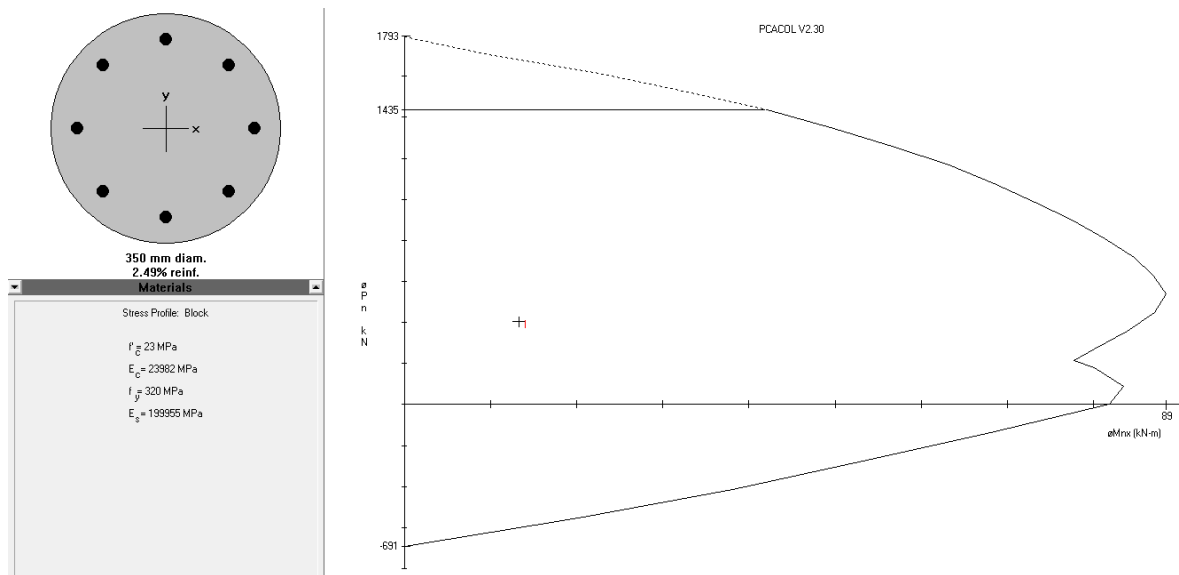
c) Diagram interaksi kolom KB3' tepi (D35)

Jumlah tulangan : 8 D 16

Beban aksial perlu (P_u) = 404.7 kN

Beban momen perlu (M_u) = 13.3 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.24 Diagram interaksi kolom bulat KB3' tepi (D35) lantai 1

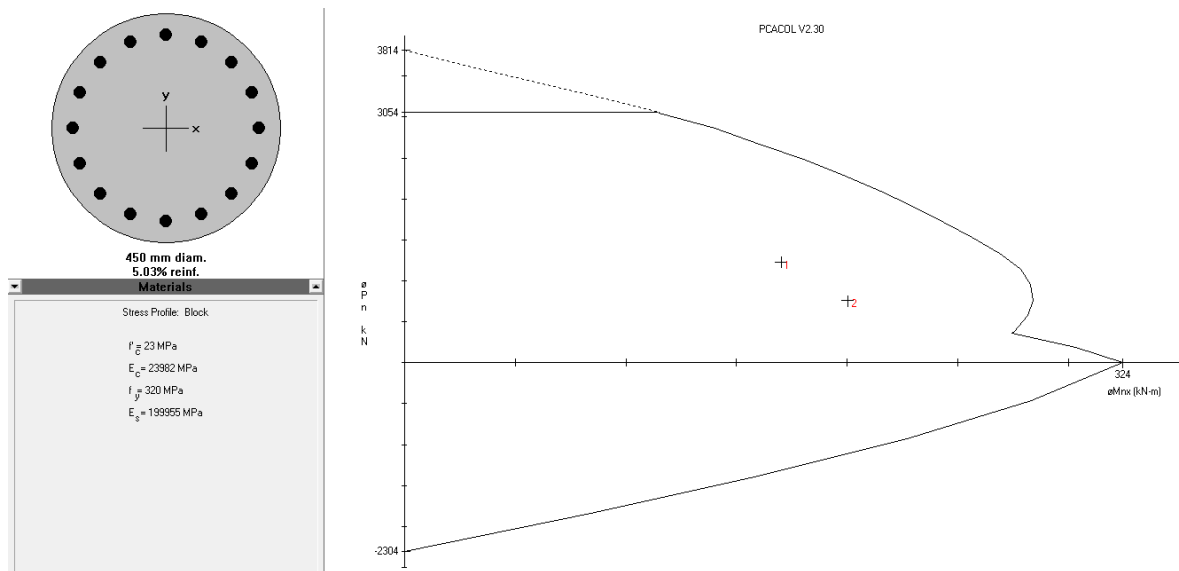
Pada diagram interaksi kolom bulat KB3' (D35) pada lantai 1, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1435 kN dan 89 kN.m.

2) Kolom lantai 2 dan lantai 3

a) Diagram interaksi kolom KB1' (D45)

Jumlah tulangan : 16 D 25

- | | | |
|---|---|------------------------|
| (1) Beban aksial perlu (P_u) = 1229.46 kN | } | Titik 1 untuk lantai 2 |
| Beban momen perlu (M_u) = 170 kN.m | | |
| (2) Beban aksial perlu (P_u) = 755.8 kN | } | Titik 2 untuk lantai 3 |
| Beban momen perlu (M_u) = 200.3 kN.m | | |



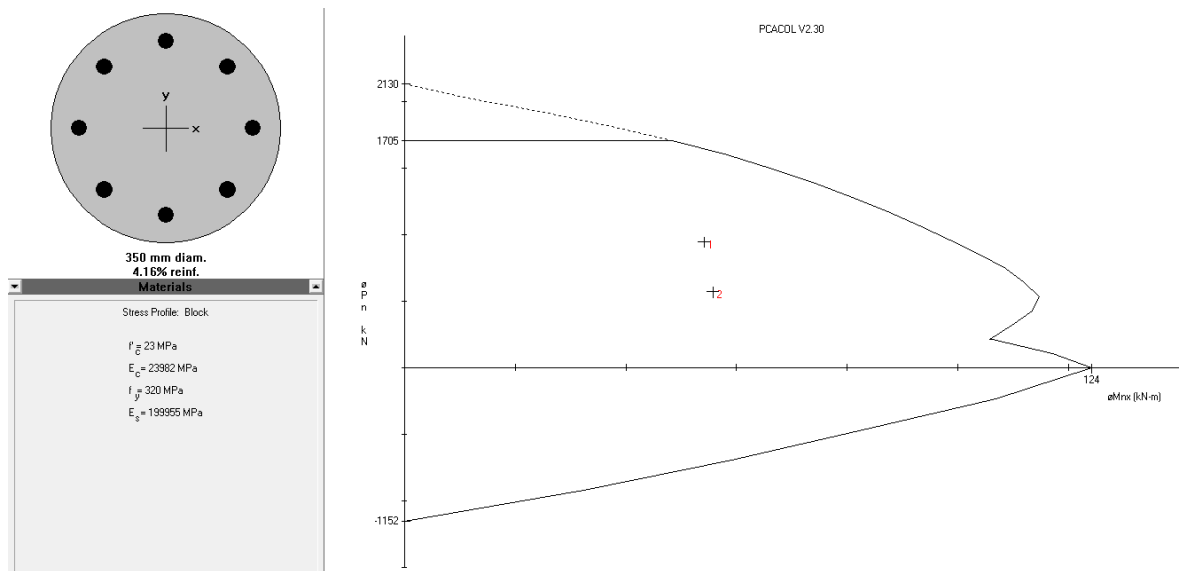
Gambar 4.25 Diagram interaksi kolom bulat KB1' (D45) lantai 2 dan 3

Pada diagram interaksi kolom bulat KB1' (D45) pada lantai 2 dan lantai 3, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 dan 2 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 3054 kN dan 324 kN.m.

b) Diagram interaksi kolom KB2' tengah (D35)

Jumlah tulangan : 8 D 25

- | | | |
|---|---|------------------------|
| (1) Beban aksial perlu (P_u) = 946.9 kN | } | Titik 1 untuk lantai 2 |
| Beban momen perlu (M_u) = 54.2 kN.m | | |
| (2) Beban aksial perlu (P_u) = 570.8 kN | } | Titik 2 untuk lantai 3 |
| Beban momen perlu (M_u) = 55.8 kN.m | | |



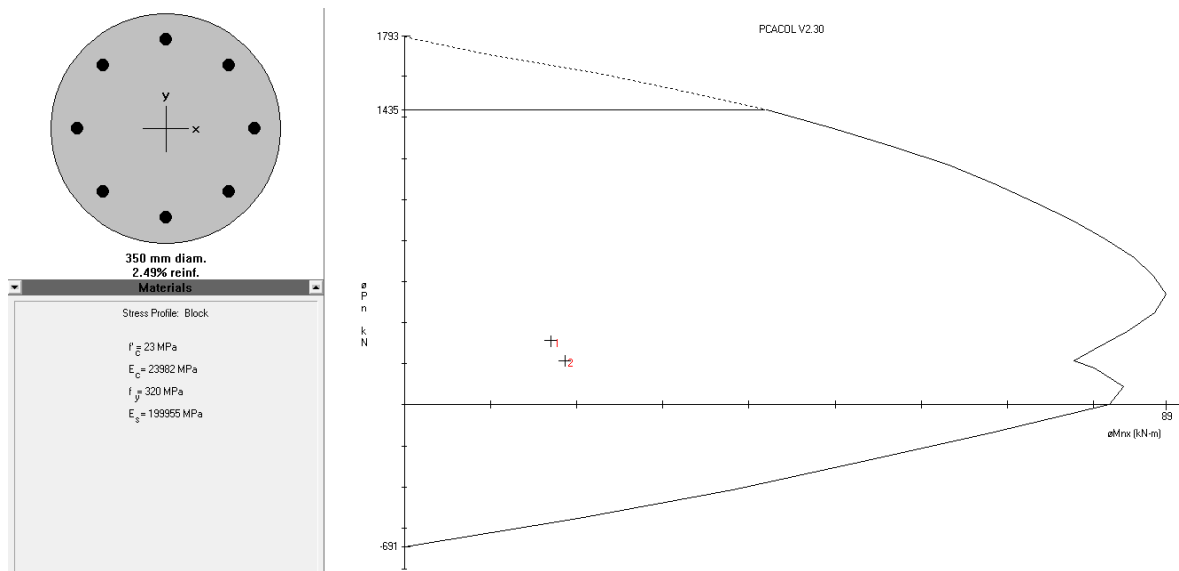
Gambar 4.26 Diagram interaksi kolom bulat KB2' tengah (D35) lantai 2 dan 3

Pada diagram interaksi kolom bulat KB2' tengah (D35) pada lantai 2 dan lantai 3, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 dan 2 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1705 kN dan 124 kN.m.

c) Diagram interaksi kolom KB3' tepi (D35)

Jumlah tulangan : 8 D 16

- | | |
|---|--------------------------|
| (1) Beban aksial perlu (P_u) = 311.5 kN | } Titik 1 untuk lantai 2 |
| Beban momen perlu (M_u) = 17 kN.m | |
| (2) Beban aksial perlu (P_u) = 216.2 kN | } Titik 2 untuk lantai 3 |
| Beban momen perlu (M_u) = 18.6 kN.m | |



Gambar 4.27 Diagram interaksi kolom bulat KB3' tepi (D35) lantai 2 dan 3

Pada diagram interaksi kolom bulat KB3' tepi (D35) pada lantai 2 dan lantai 3, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong titik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1435 kN dan 89 kN.m.

3) Kolom lantai 4

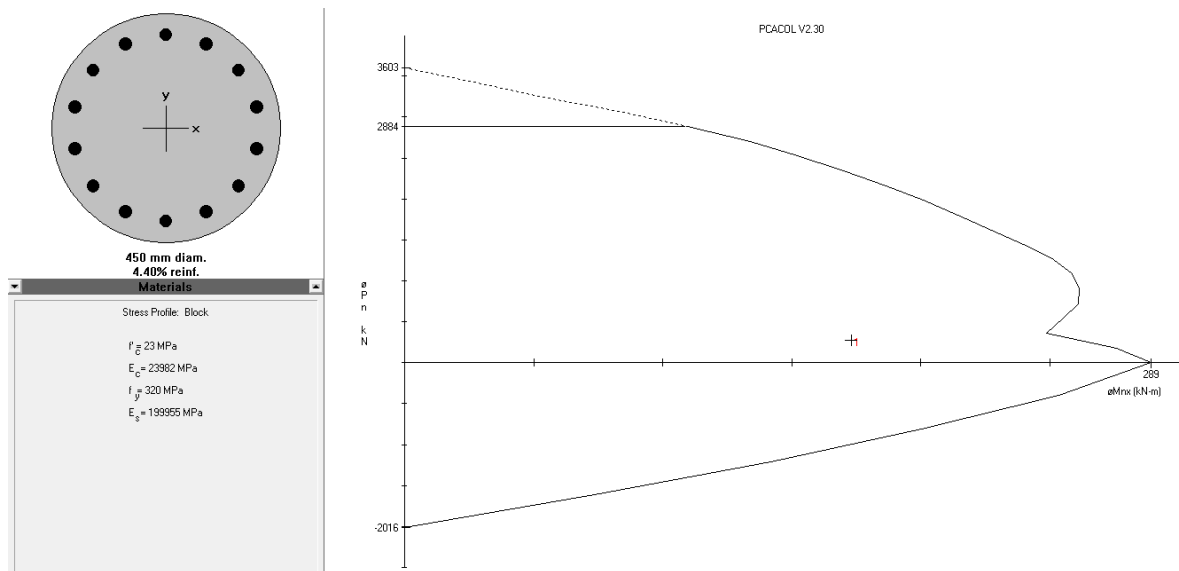
a) Diagram interaksi kolom KB1' (D45)

Jumlah tulangan : 14 D 25

Beban aksial perlu (P_u) = 276.7 kN

Beban momen perlu (M_u) = 173 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.28 Diagram interaksi kolom bulat KB1' (D45) lantai 4

Pada diagram interaksi kolom bulat KB1' (D45) lantai 4, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 2884 kN dan 289 kN.m.

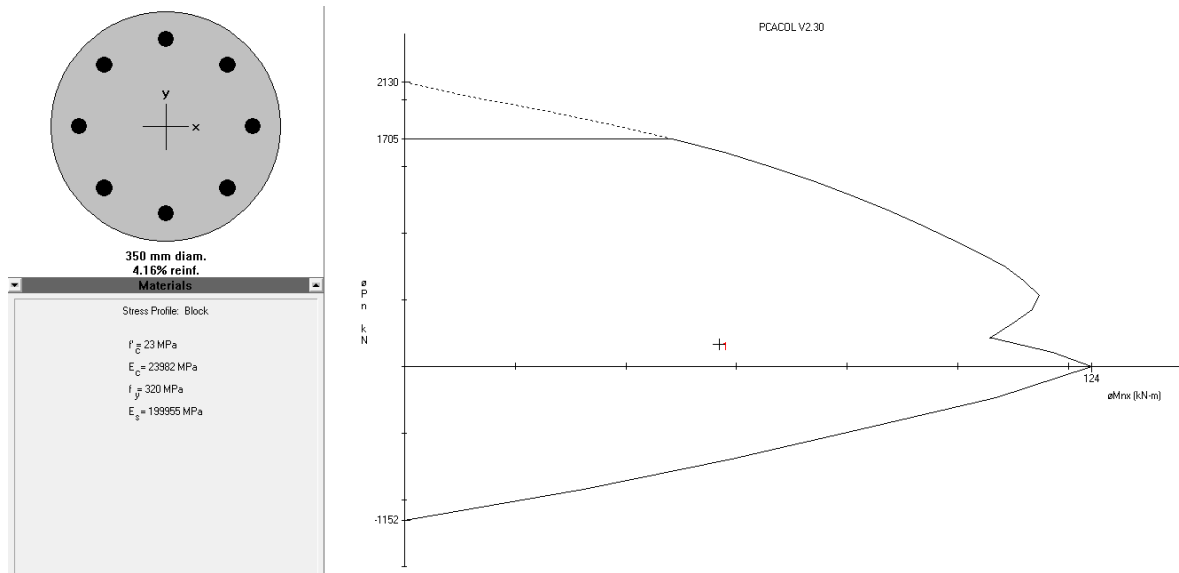
b) Diagram interaksi kolom KB2' tengah (D35)

Jumlah tulangan : 8 D 25

Beban aksial perlu (P_u) = 170 kN

Beban momen perlu (M_u) = 56.9 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.29 Diagram interaksi kolom bulat KB2' tengah (D35) lantai 4

Pada diagram interaksi kolom bulat KB2' tengah (D35) lantai 4, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1705 kN dan 124 kN.m.

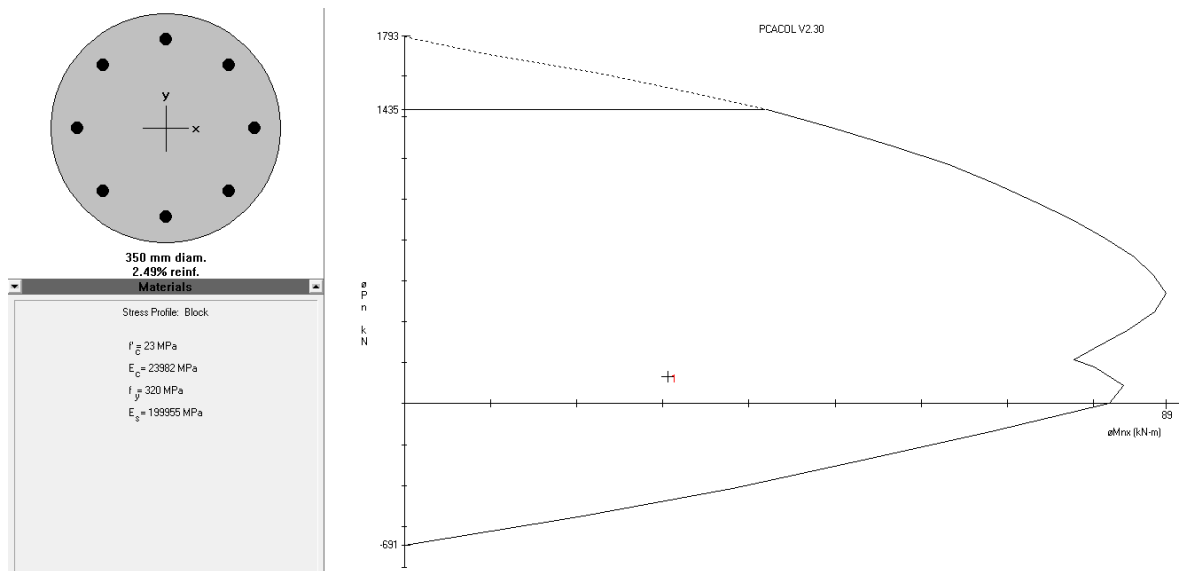
c) Diagram interaksi kolom KB3' tepi (D35)

Jumlah tulangan : 8 D 16

Beban aksial perlu (P_u) = 133.7 kN

Beban momen perlu (M_u) = 30.6 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.30 Diagram interaksi kolom bulat KB3' tepi (D35) lantai 4

Pada diagram interaksi kolom bulat KB3' tepi (D35) lantai 4, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1435 kN dan 89 kN.m.

4) Kolom lantai atap

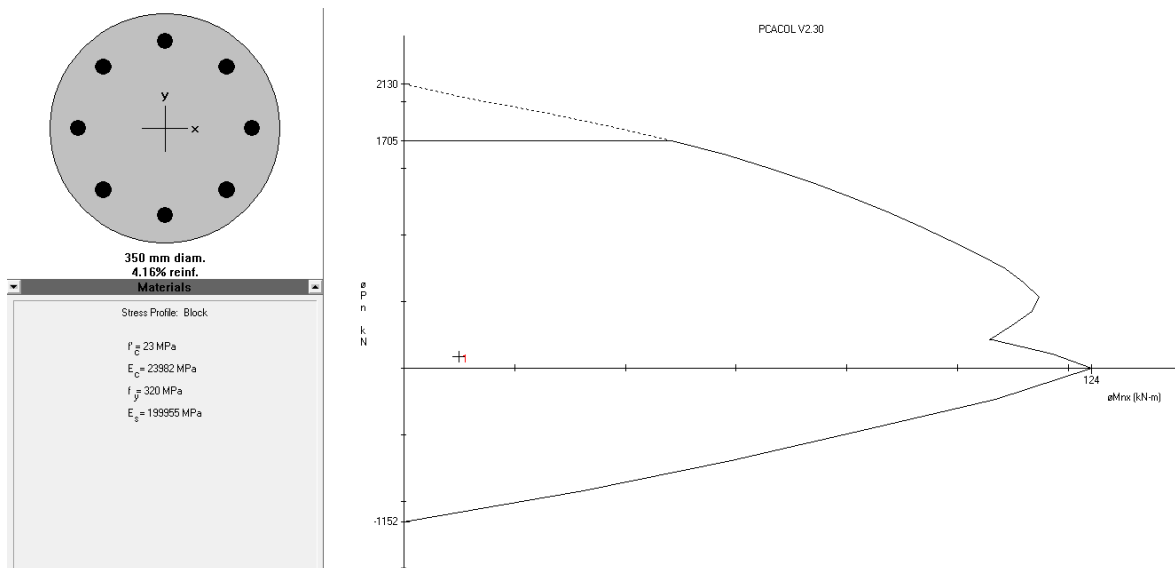
a) Diagram interaksi kolom KB1' (D45)

Jumlah tulangan : 8 D 25

Beban aksial perlu (P_u) = 112.2 kN

Beban momen perlu (M_u) = 73 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.32 Diagram interaksi kolom bulat KB2' tengah (D35) lantai atap

Pada diagram interaksi kolom bulat KB2' tengah (D35) lantai atap, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1705 kN dan 124 kN.m.

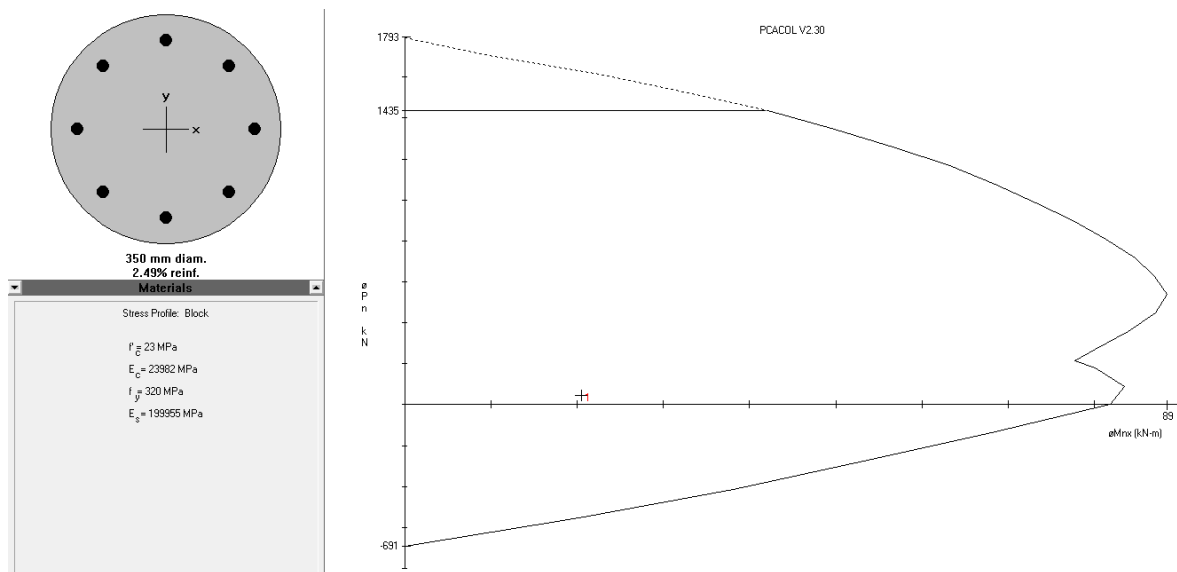
c) Diagram interaksi kolom KB3' tepi (D35)

Jumlah tulangan : 8 D 16

Beban aksial perlu (P_u) = 46.5 kN

Beban momen perlu (M_u) = 20.5 kN.m

} Titik 1



Gambar 4.33 Diagram interaksi kolom bulat KB3' tepi (D35) lantai atap

Pada diagram interaksi kolom bulat KB3' tepi (D35) lantai atap, dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong titik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1435 kN dan 89 kN.m.

Secara keseluruhan kolom bulat ini mampu menahan beban yang bekerja padanya, yang ditunjukkan dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) lebih besar dari beban aksial perlu (P_u) dan beban momen perlu (M_u) yang bekerja pada kolom, serta titik potongnya berada didalam diagram.

4.6 Perbandingan Kolom Persegi Dan Kolom Bulat

4.6.1 Perbandingan Gaya Dalam Kolom

a. Perbandingan Gaya Dalam Aksial (P)

Perbandingan gaya dalam Aksial (P) kolom persegi dan kolom bulat ditunjukkan pada tabel dan diagram batang sebagai berikut.

Tabel 4.6 Perbandingan terhadap gaya dalam Aksial (P)

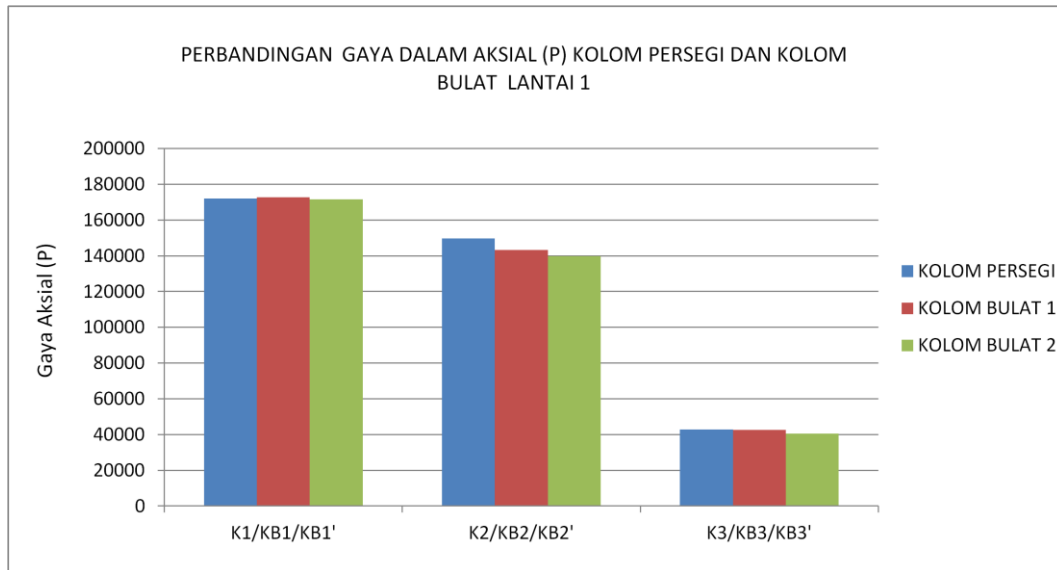
KOLOM	KOLOM PERSEGI	KOLOM BULAT 1	KOLOM BULAT 2	PERSENTASE KOLOM BULAT 1	PERSENTASE KOLOM BULAT 2
	kg	kg	kg	%	%
LANTAI 1					
K1/KB1/KB1'	172030,19	172652,16	171665,11	0,4	-0,2
K2/KB2/KB2'	149749,95	143329,25	139784,59	-4,5	-7,1
K3/KB3/KB3'	42731,23	42683,95	40469,88	-0,1	-5,6
LANTAI 2					
K1/KB1/KB1'	123042,44	123775,37	122946,03	0,6	-0,1
K2/KB2/KB2'	102635,9	97799,45	94689,78	-4,9	-8,4
K3/KB3/KB3'	32936,55	32827,06	31152,74	-0,3	-5,7
LANTAI 3					
K1/KB1/KB1'	75518,6	76147,78	75580,21	0,8	0,1
K2/KB2/KB2'	62589,61	58973,5	57076,33	-6,1	-9,7
K3/KB3/KB3'	22993,23	23110,8	21614,88	0,5	-6,4
LANTAI 4					
K1/KB1/KB1'	26181,65	27780,71	27671,51	5,8	5,4
K2/KB2/KB2'	19760,21	18413,48	16965,98	-7,3	-16,5
K3/KB3/KB3'	14316,63	14191,77	13368,31	-0,9	-7,1
ATAP					
K1/KB1/KB1'	10423,33	11109,55	11219,37	6,2	7,1
K2/KB2/KB2'	10143,58	9520,14	8883,04	-6,5	-14,2
K3/KB3/KB3'	5068,99	5007,73	4653,78	-1,2	-8,9

Sumber : *Data Hasil Penelitian*

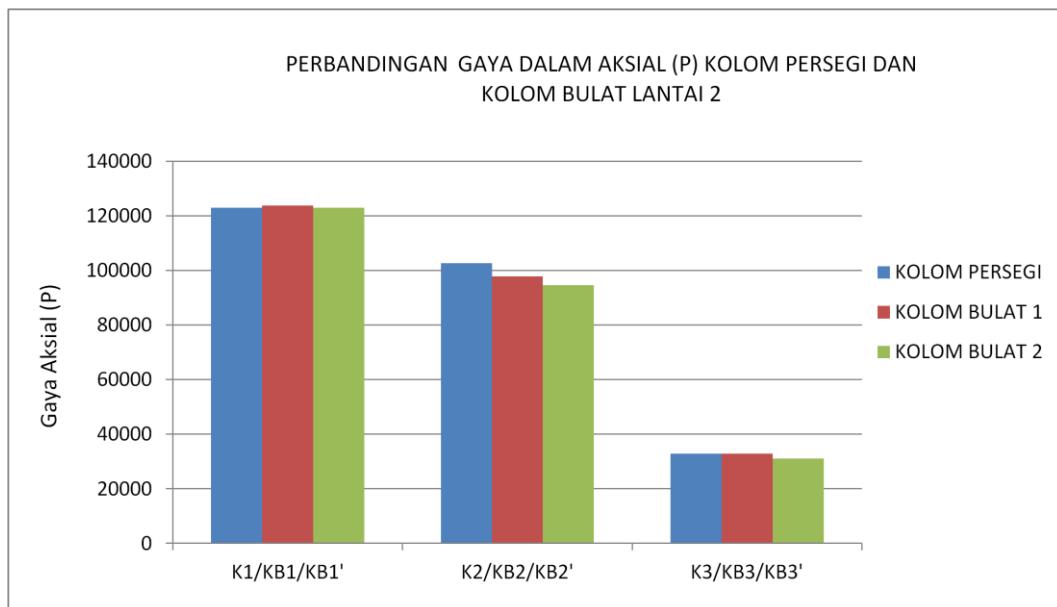
Keterangan :

- Pada tabel persentase, nilai (+) menunjukkan bahwa gaya dalam kolom bulat lebih besar dari kolom persegi, dan nilai (-) menunjukkan bahwa gaya dalam kolom bulat lebih kecil dari kolom persegi
- Kolom bulat 1 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (Ag) kolom bulat = luas penampang (Ag) kolom persegi

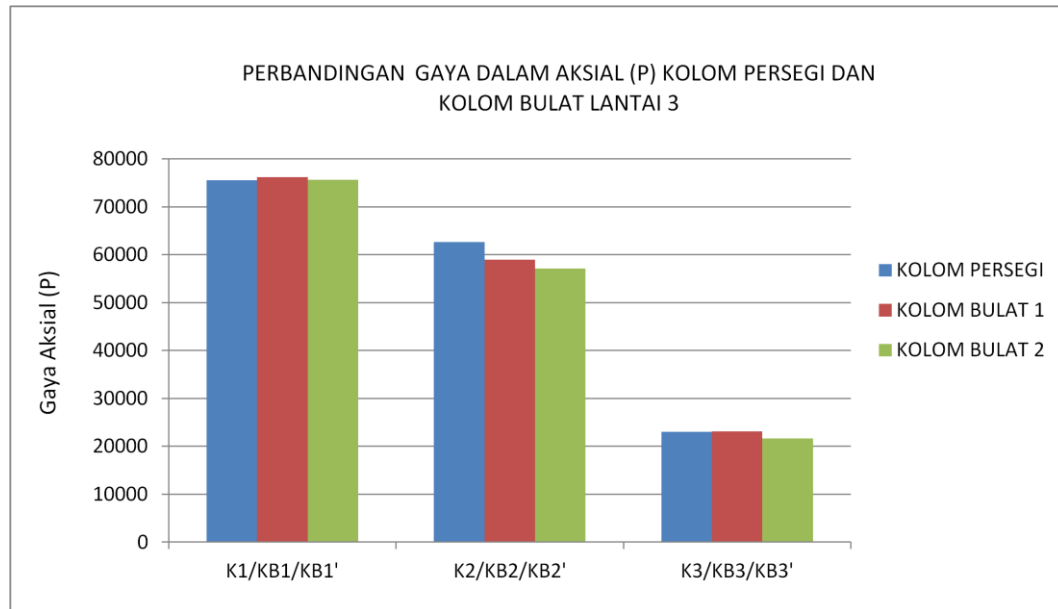
- Kolom bulat 2 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat < luas penampang (A_g) kolom persegi



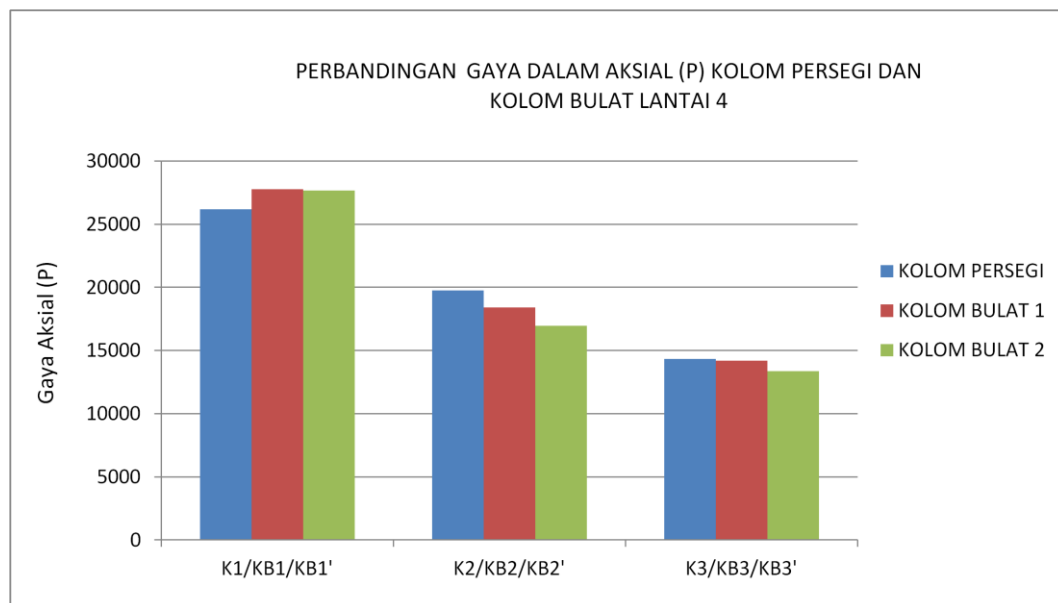
Gambar 4.34 Diagram batang perbandingan gaya dalam Aksial (P) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 1



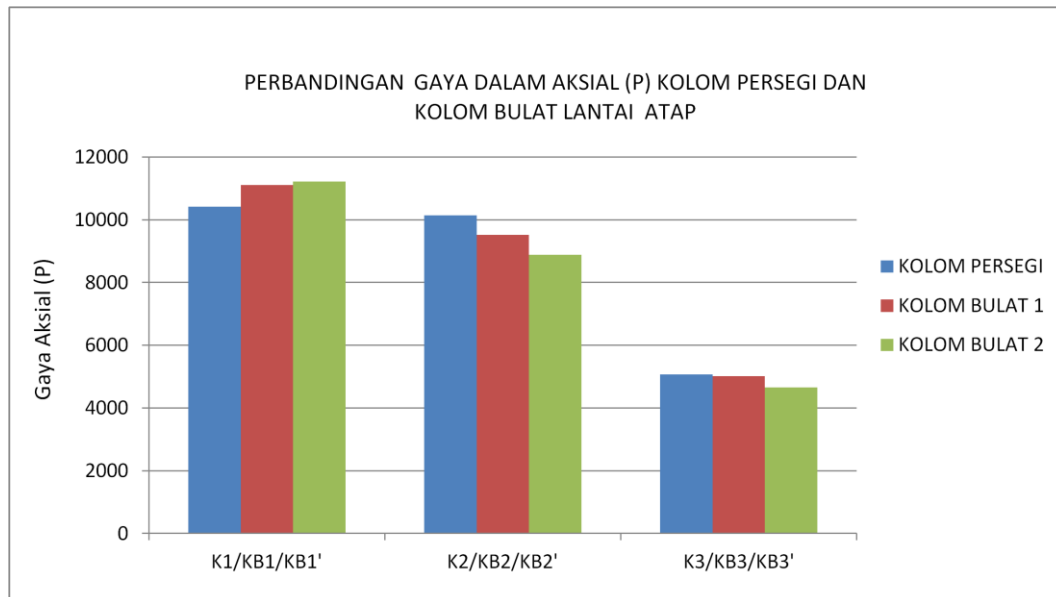
Gambar 4.35 Diagram batang perbandingan gaya dalam Aksial (P) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 2



Gambar 4.36 Diagram batang perbandingan gaya dalam Aksial (P) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 3



Gambar 4.37 Diagram batang perbandingan gaya dalam Aksial (P) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 4



Gambar 4.38 Diagram batang perbandingan gaya dalam Aksial (P) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai atap

Dari hasil analisa menggunakan SAP2000, perbandingan gaya dalam Aksial (P) antara kolom persegi dan kolom bulat menunjukkan bahwa kolom bulat dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat < luas penampang (A_g) kolom persegi atau disebut kolom bulat 2 mempunyai gaya dalam aksial (P) yang paling rendah.

b. Perbandingan Gaya Dalam Geser 2-2 (V_2)

Perbandingan gaya dalam gaya dalam geser 2-2 (V_2) kolom persegi dan kolom bulat ditunjukkan pada tabel dan diagram batang sebagai berikut.

Tabel 4.7 Perbandingan terhadap gaya dalam geser 2-2 (V_2)

KOLOM	KOLOM PERSEGI	KOLOM BULAT 1	KOLOM BULAT 2	PERSENTASE KOLOM BULAT 1	PERSENTASE KOLOM BULAT 2
	kg	kg	kg	%	%
LANTAI 1					
K1/KB1/KB1'	1577,88	1508,84	1469,27	-4,6	-7,4

K2/KB2/KB2'	1544,4	1465,86	1263,53	-5,4	-22,2
K3/KB3/KB3'	358,19	360,32	315,71	0,6	-13,5

LANTAI 2

K1/KB1/KB1'	1759,38	1682,23	1684,17	-4,6	-4,5
K2/KB2/KB2'	1666,28	1569,02	1378,9	-6,2	-20,8
K3/KB3/KB3'	418,27	422,85	379,12	1,1	-10,3

LANTAI 3

K1/KB1/KB1'	1828,83	1742,83	1745,33	-4,9	-4,8
K2/KB2/KB2'	1669,56	1567,93	1383,67	-6,5	-20,7
K3/KB3/KB3'	405,31	410,26	377,8	1,2	-7,3

LANTAI 4

K1/KB1/KB1'	1743,03	1628,87	1644,47	-7,0	-6,0
K2/KB2/KB2'	1657,67	1554,81	1325,75	-6,6	-25,0
K3/KB3/KB3'	579,92	589,15	508,14	1,6	-14,1

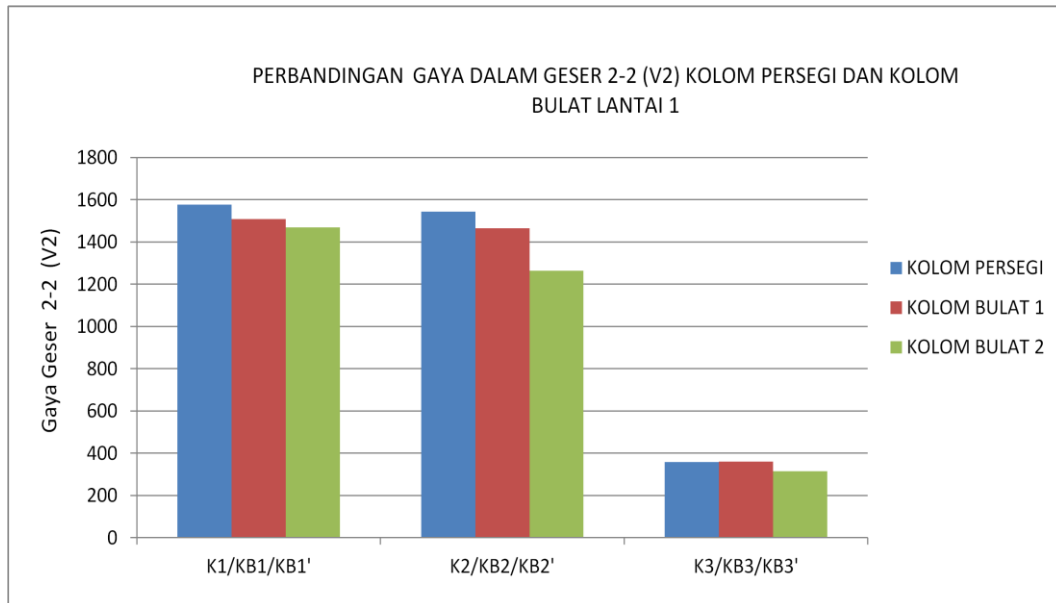
ATAP

K1/KB1/KB1'	678,8	662,66	644,23	-2,4	-5,4
K2/KB2/KB2'	414,98	415,37	382,44	0,1	-8,5
K3/KB3/KB3'	465,4	464,13	412,75	-0,3	-12,8

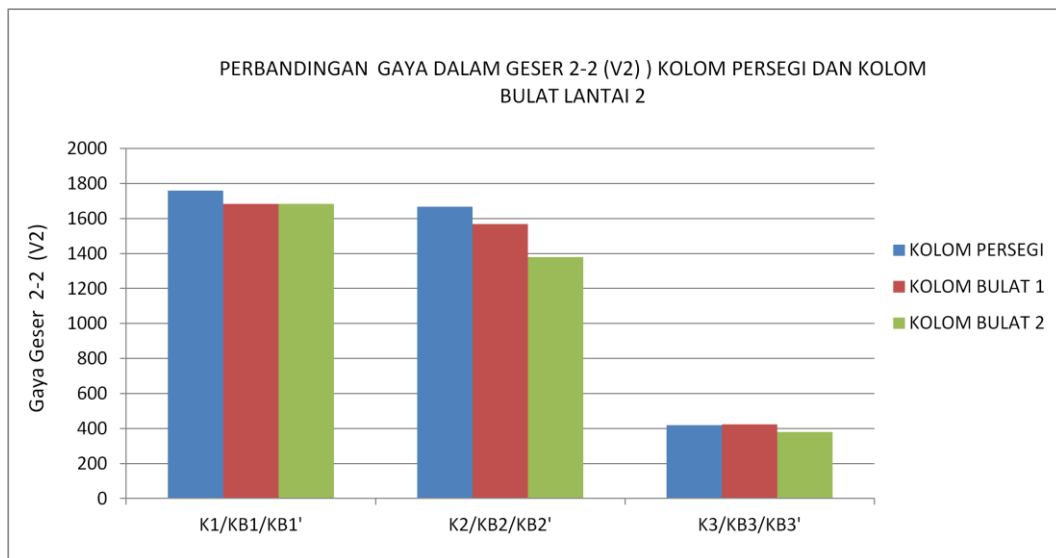
Sumber : Data Hasil Penelitian

Keterangan :

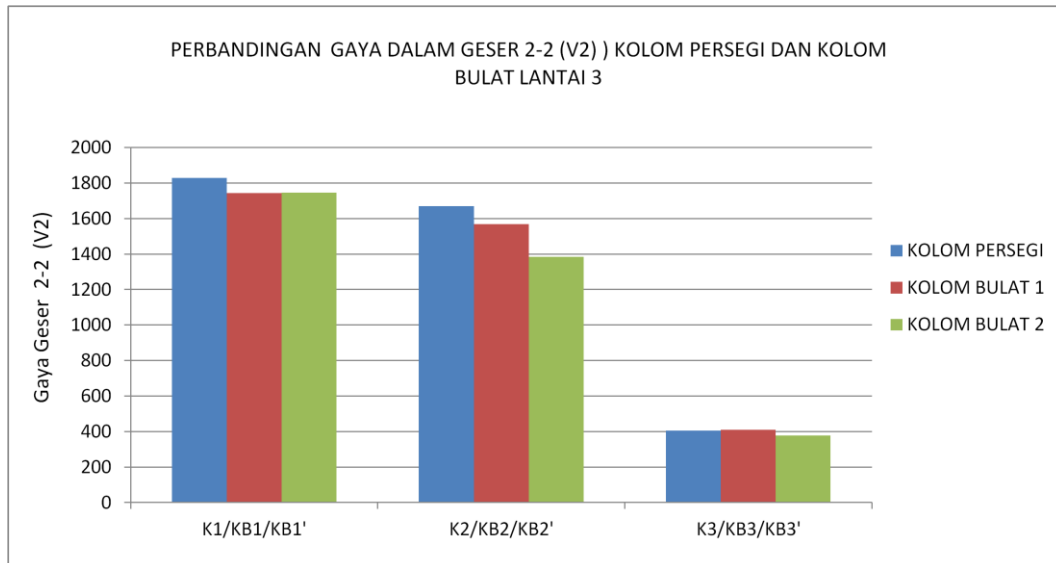
- Pada tabel persentase, nilai (+) menunjukkan bahwa gaya dalam kolom bulat lebih besar dari kolom persegi, dan nilai (-) menunjukkan bahwa gaya dalam kolom bulat lebih kecil dari kolom persegi
- Kolom bulat 1 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (Ag) kolom bulat = luas penampang (Ag) kolom persegi
- Kolom bulat 2 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (Ag) kolom bulat < luas penampang (Ag) kolom persegi



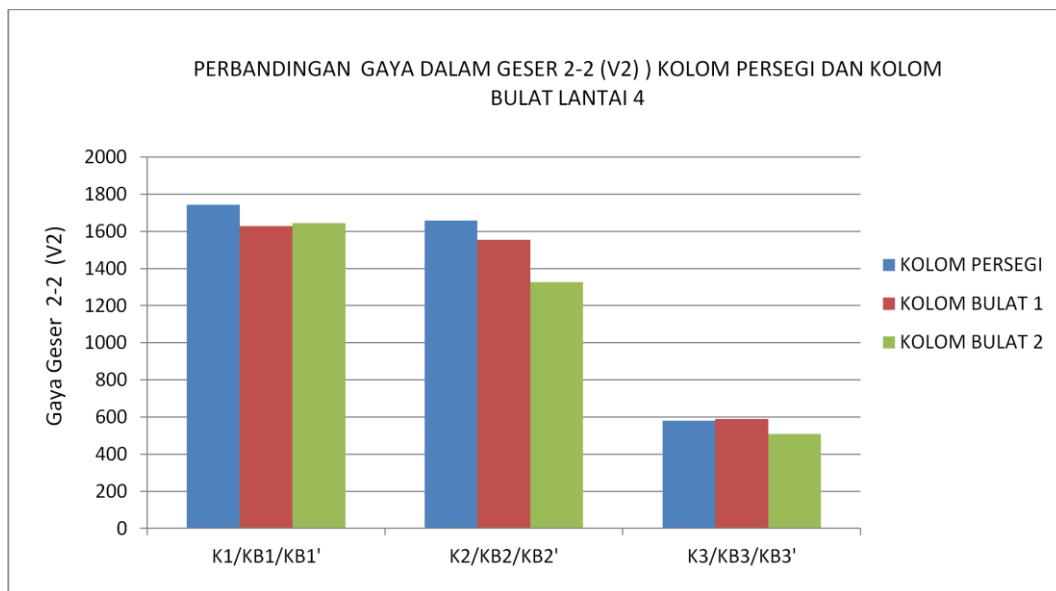
Gambar 4.39 Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 2-2 (V2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 1



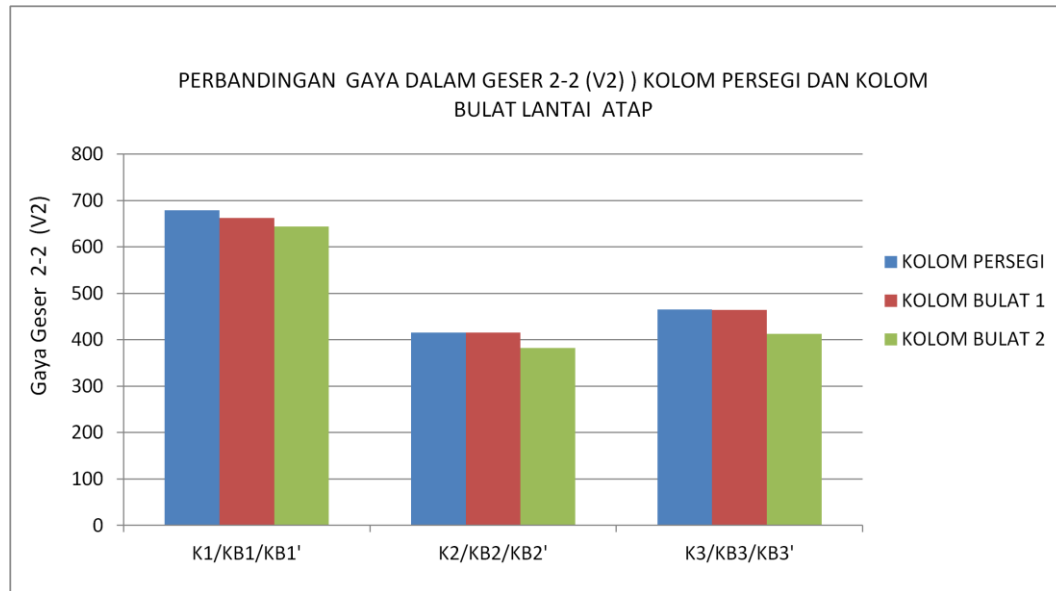
Gambar 4.40 Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 2-2 (V2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 2



Gambar 4.41 Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 2-2 (V2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 3



Gambar 4.42 Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 2-2 (V2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 4



Gambar 4.43 Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 2-2 (V2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai atap

Dari hasil perbandingan gaya dalam Geser 2-2 (V2) kolom persegi dan kolom bulat diketahui bahwa kolom bulat dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat < luas penampang (A_g) kolom persegi secara keseluruhan mempunyai gaya dalam yang paling rendah.

c. Perbandingan Gaya Dalam Geser 3-3 (V3)

Perbandingan gaya dalam gaya dalam geser 3-3 (V3) kolom persegi dan kolom bulat ditunjukkan pada tabel dan diagram batang sebagai berikut.

Tabel 4.8 Perbandingan terhadap gaya dalam geser 3-3 (V3)

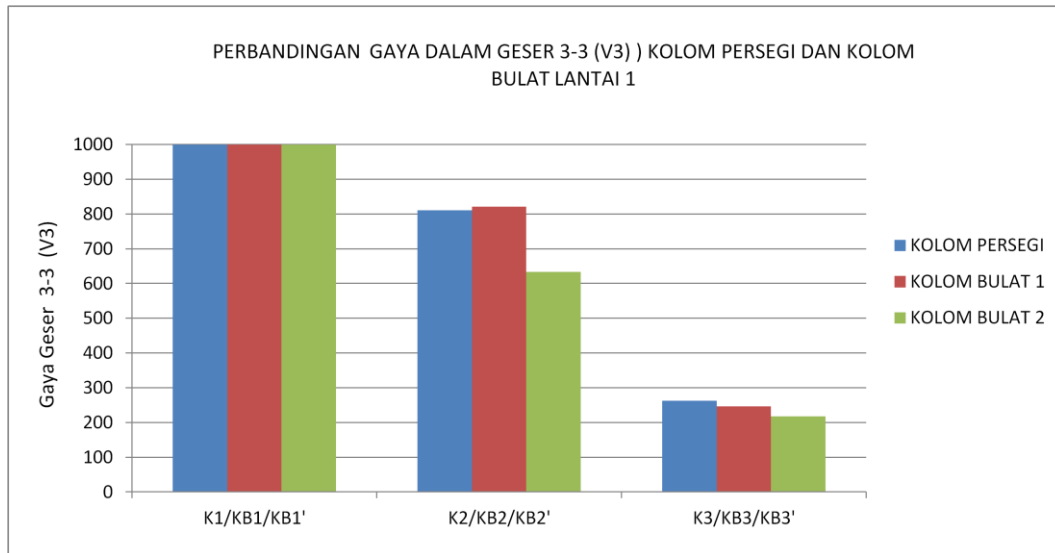
KOLOM	KOLOM PERSEGI	KOLOM BULAT 1	KOLOM BULAT 2	PERSENTASE KOLOM BULAT 1	PERSENTASE KOLOM BULAT 2
	kg	kg	kg	%	%
LANTAI 1					
K1/KB1/KB1'	4867,7	5864,69	5108,25	17,0	4,7
K2/KB2/KB2'	810,26	820,71	633,78	1,3	-27,8
K3/KB3/KB3'	262,82	245,77	217,98	-6,9	-20,6

LANTAI 2					
K1/KB1/KB1'	5535,38	6587,52	5372,17	16,0	-3,0
K2/KB2/KB2'	1216,49	1231,51	998,66	1,2	-21,8
K3/KB3/KB3'	404,03	377,95	349,14	-6,9	-15,7
LANTAI 3					
K1/KB1/KB1'	6389,06	7638,01	6196,06	16,4	-3,1
K2/KB2/KB2'	1290,15	1301,57	1059,56	0,9	-21,8
K3/KB3/KB3'	488,58	461,61	429,16	-5,8	-13,8
LANTAI 4					
K1/KB1/KB1'	11376,63	11817,19	11636,91	3,7	2,2
K2/KB2/KB2'	118,66	95,16	60,69	-24,7	-95,5
K3/KB3/KB3'	240,47	222,71	169,43	-8,0	-41,9
ATAP					
K1/KB1/KB1'	2148,13	2948,95	2845,24	27,2	24,5
K2/KB2/KB2'	160,46	108,65	92,32	-47,7	-73,8
K3/KB3/KB3'	809,32	727,78	693,54	-11,2	-16,7

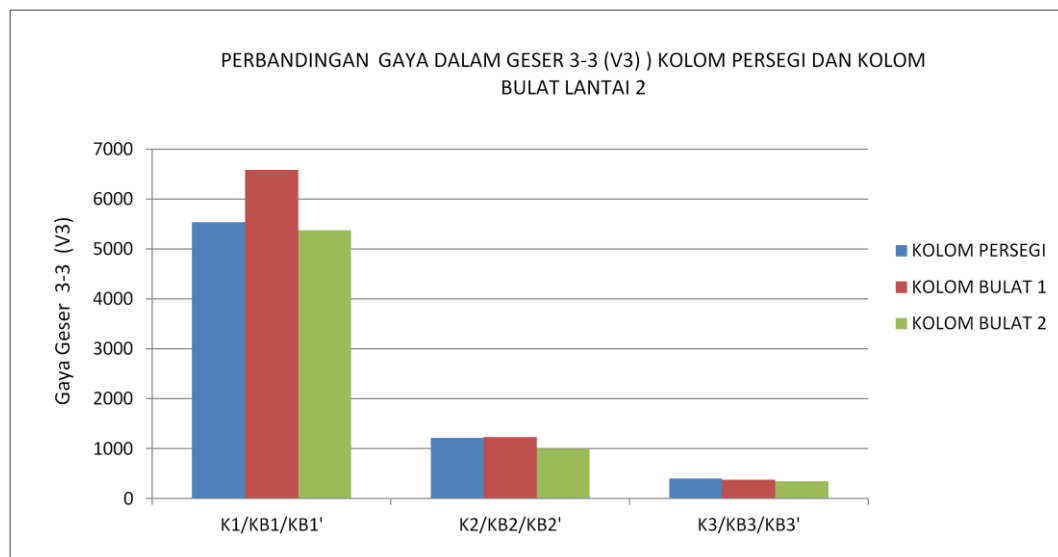
Sumber : Data Hasil Penelitian

Keterangan :

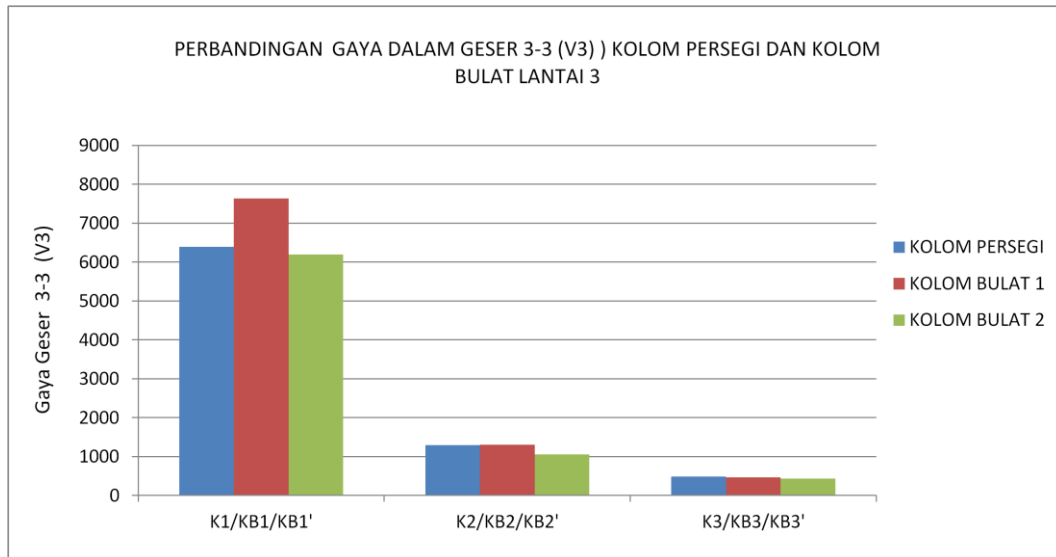
- Pada tabel persentase, nilai (+) menunjukkan bahwa gaya dalam kolom bulat lebih besar dari kolom persegi, dan nilai (-) menunjukkan bahwa gaya dalam kolom bulat lebih kecil dari kolom persegi
- Kolom bulat 1 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (Ag) kolom bulat = luas penampang (Ag) kolom persegi
- Kolom bulat 2 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (Ag) kolom bulat < luas penampang (Ag) kolom persegi



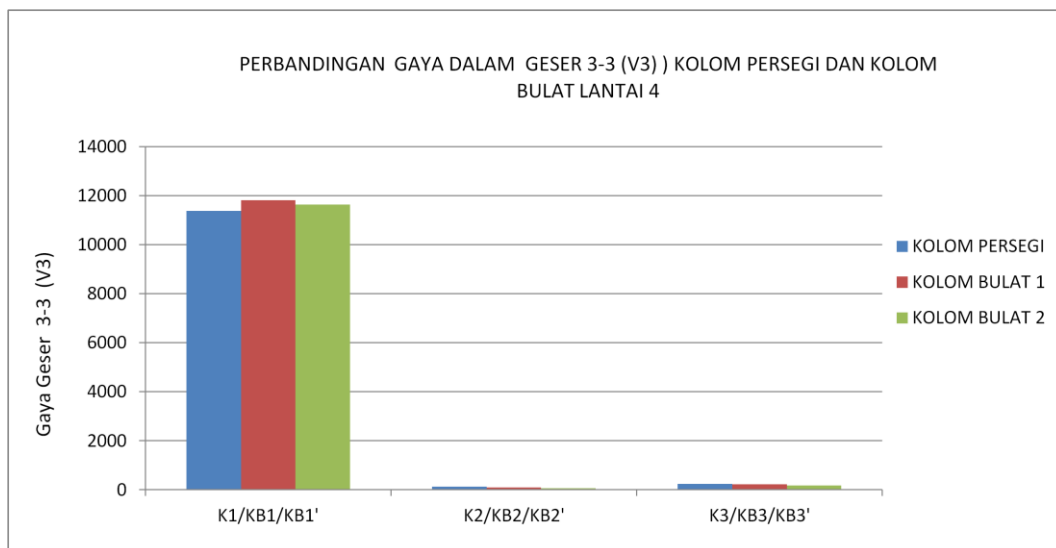
Gambar 4.44 Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 3-3 (V3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 1



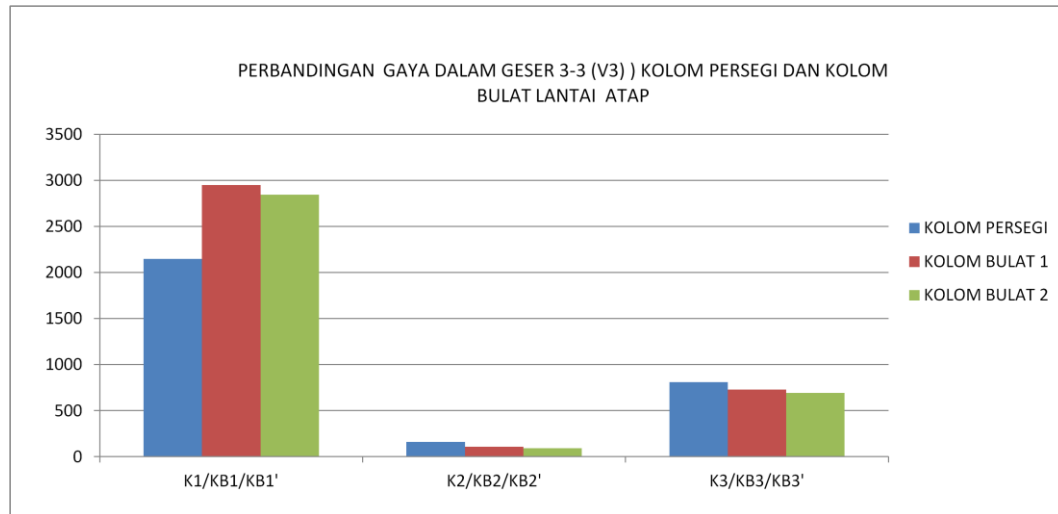
Gambar 4.45 Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 3-3 (V3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 2



Gambar 4.46 Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 3-3 (V3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 3



Gambar 4.47 Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 3-3 (V3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 4



Gambar 4.48 Diagram batang perbandingan gaya dalam Geser 3-3 (V3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai atap

Dari hasil perbandingan dapat diketahui bahwa gaya dalam geser 3-3 (V3) kolom bulat dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat < luas penampang (A_g) kolom persegi mempunyai gaya dalam yang lebih rendah.

d. Perbandingan Gaya Dalam Momen 2-2 (M2)

Perbandingan gaya dalam gaya dalam momen 2-2 (M2) kolom persegi dan kolom bulat ditunjukkan pada tabel dan diagram batang sebagai berikut.

Tabel 4.9 Perbandingan terhadap gaya dalam Momen 2-2 (M2)

KOLOM	KOLOM PERSEGI	KOLOM BULAT 1	KOLOM BULAT 2	PERSENTASE KOLOM BULAT 1	PERSENTASE KOLOM BULAT 2
	kg.m	kg.m	kg	%	%
LANTAI 1					
K1/KB1/KB1'	11528,06	13891,6	12116,8	17,0	4,9
K2/KB2/KB2'	2207,66	2223,29	1731,07	0,7	-27,5
K3/KB3/KB3'	679,96	633,14	416,52	-7,4	-63,2
LANTAI 2					
K1/KB1/KB1'	12504,19	14918,08	13044,08	16,2	4,1
K2/KB2/KB2'	2793,65	2830,08	2213,9	1,3	-26,2

K3/KB3/KB3'	982,58	948,97	730,06	-3,5	-34,6
-------------	--------	--------	--------	------	-------

LANTAI 3

K1/KB1/KB1'	15184,88	18291,23	16041,84	17,0	5,3
K2/KB2/KB2'	2975,12	3003,16	2430,97	0,9	-22,4
K3/KB3/KB3'	1074,24	1082,33	992,01	0,7	-8,3

LANTAI 4

K1/KB1/KB1'	12080,62	14853,17	11366,69	18,7	-6,3
K2/KB2/KB2'	1192,35	1196,7	990,25	0,4	-20,4
K3/KB3/KB3'	1295,97	1290,46	1262,75	-0,4	-2,6

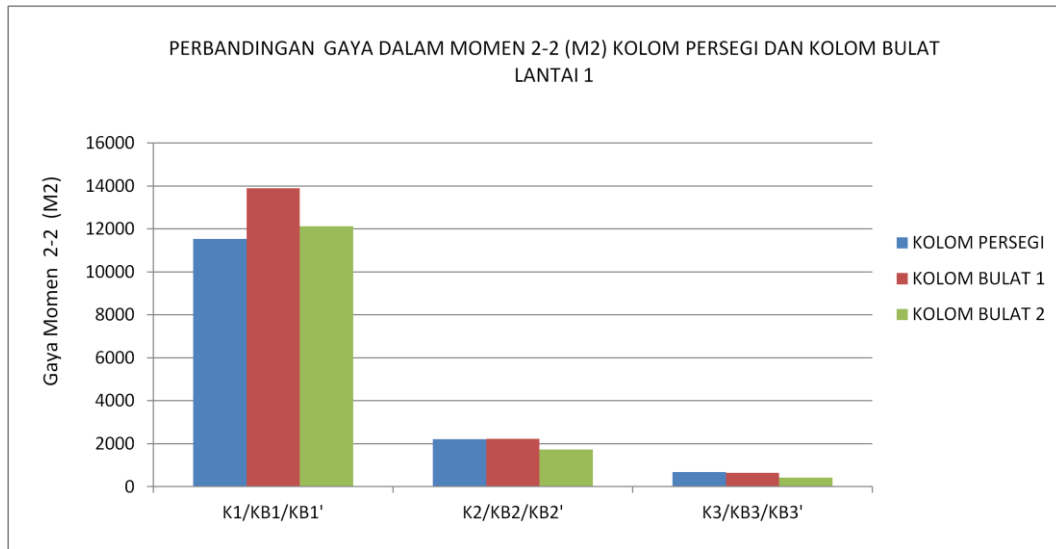
ATAP

K1/KB1/KB1'	4565,54	6038,74	5780,12	24,4	21,0
K2/KB2/KB2'	424,48	321,59	253,17	-32,0	-67,7
K3/KB3/KB3'	1265,17	1147,95	1114,75	-10,2	-13,5

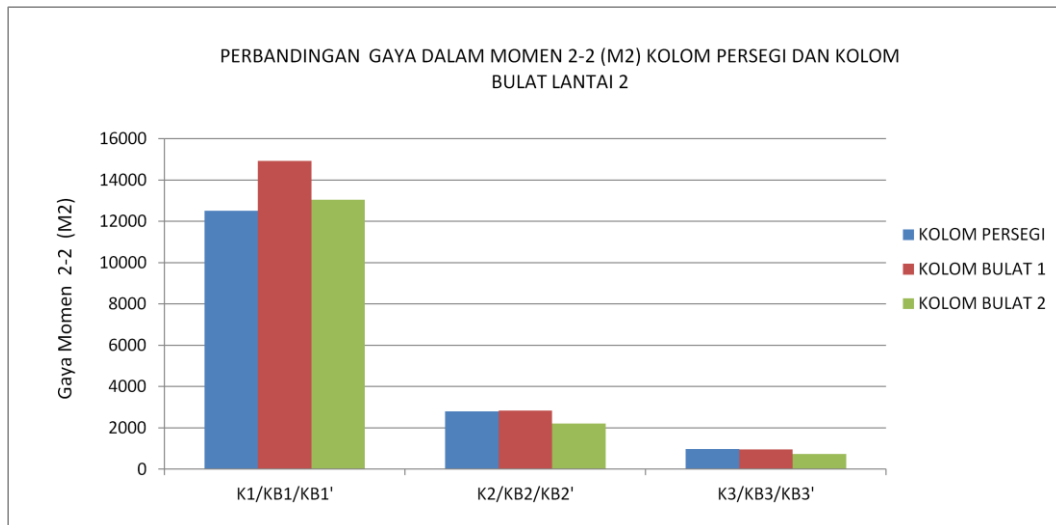
Sumber : Data Hasil Penelitian

Keterangan :

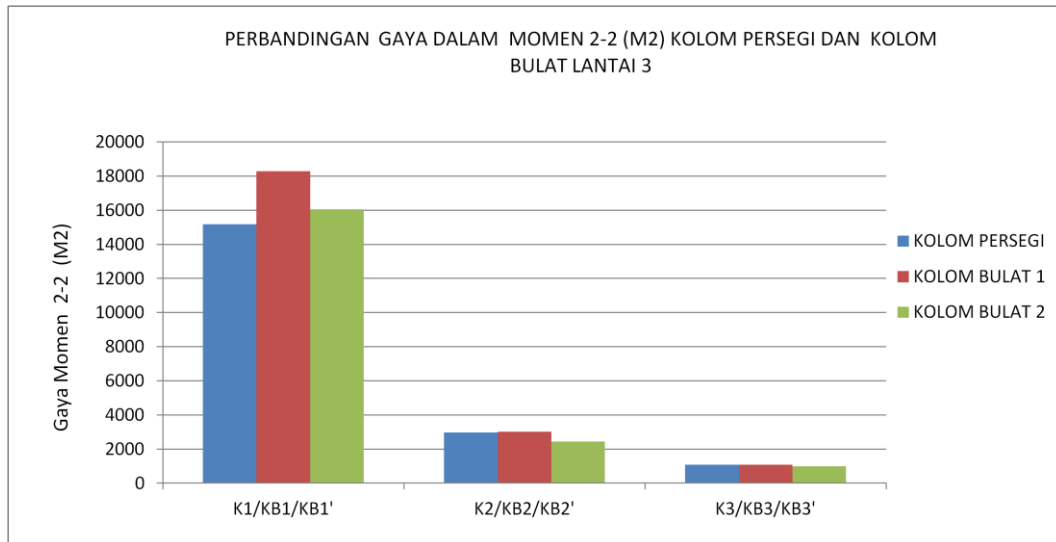
- Pada tabel persentase, nilai (+) menunjukkan bahwa gaya dalam kolom bulat lebih besar dari kolom persegi, dan nilai (-) menunjukkan bahwa gaya dalam kolom bulat lebih kecil dari kolom persegi.
- Kolom bulat 1 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (Ag) kolom bulat = luas penampang (Ag) kolom persegi
- Kolom bulat 2 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (Ag) kolom bulat < luas penampang (Ag) kolom persegi



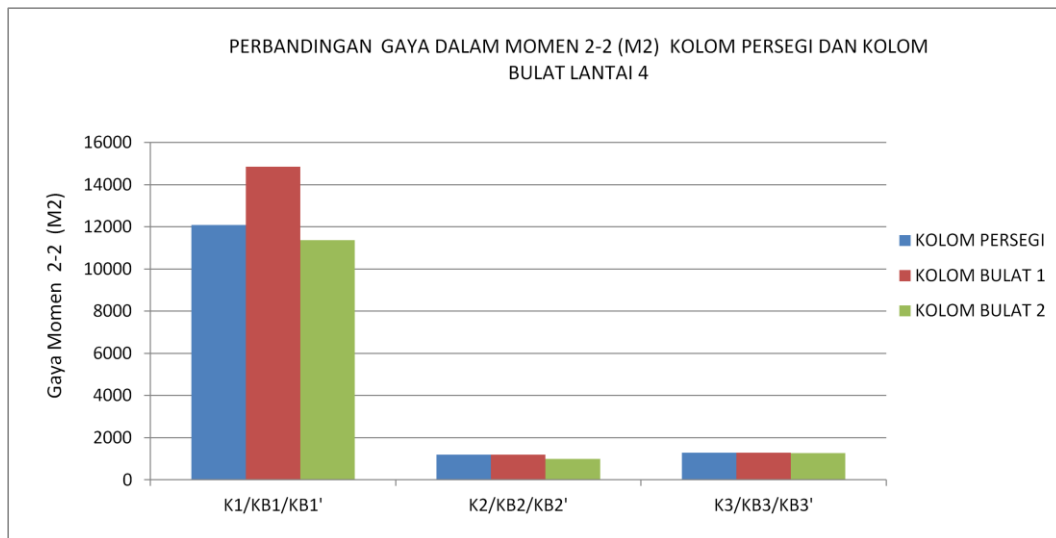
Gambar 4.49 Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 2-2 (M2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 1



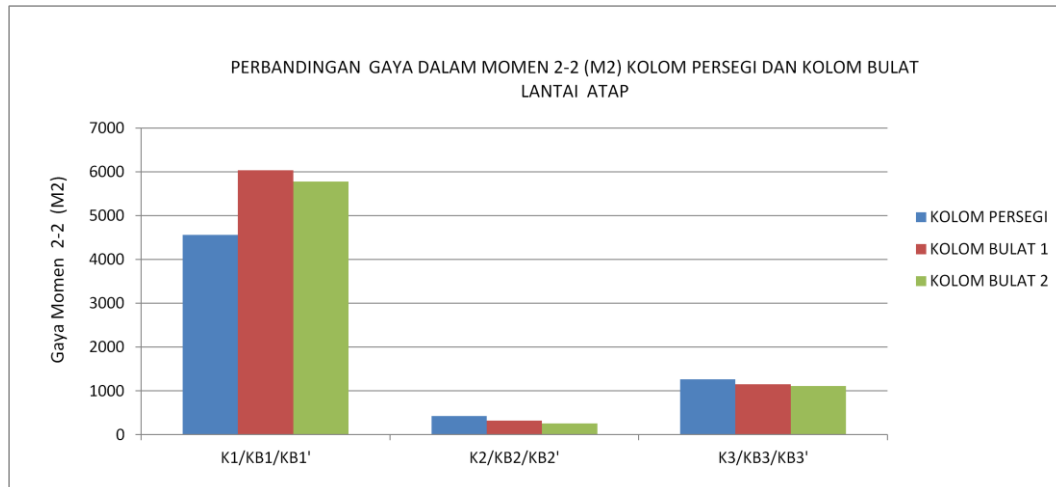
Gambar 4.50 Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 2-2 (M2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 2



Gambar 4.51 Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 2-2 (M2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 3



Gambar 4.52 Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 2-2 (M2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 4



Gambar 4.53 Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 2-2 (M2) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai atap

Dari hasil perbandingan diketahui bahwa gaya dalam terhadap momen 2-2 (M2) kolom bulat dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat < luas penampang (A_g) kolom persegi memiliki gaya dalam momen 2-2 (M2) paling rendah.

e. Perbandingan Gaya Dalam Momen 3-3 (M3)

Perbandingan gaya dalam gaya dalam momen 3-3 (M3) kolom persegi dan kolom bulat ditunjukkan pada tabel dan diagram batang sebagai berikut.

Tabel 4.10 Perbandingan terhadap gaya dalam Momen 3-3 (M3)

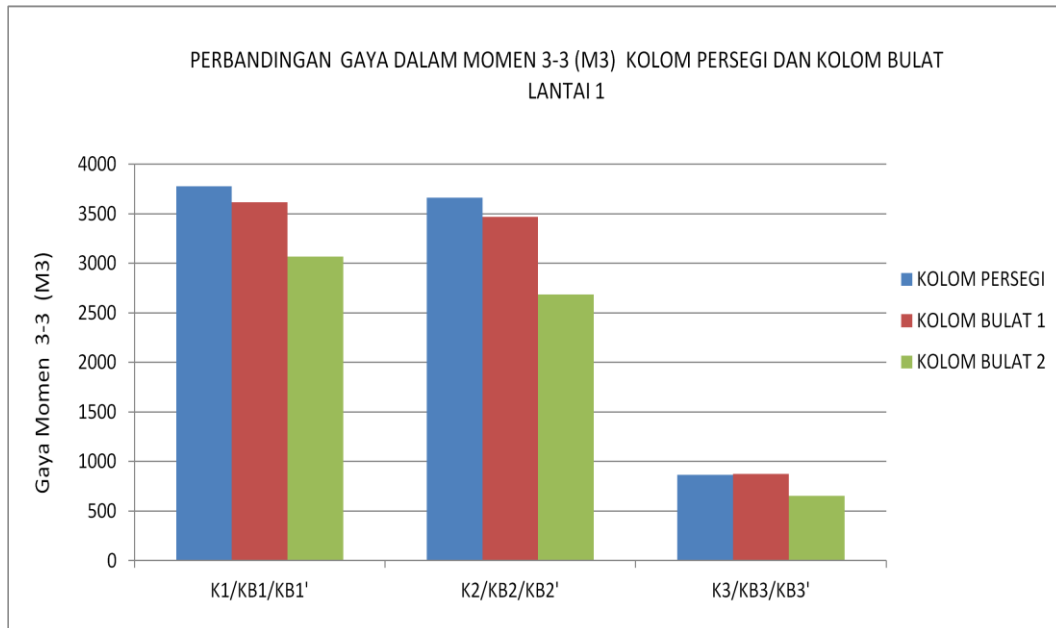
KOLOM	KOLOM PERSEGI	KOLOM BULAT 1	KOLOM BULAT 2	PERSENTASE KOLOM BULAT 1	PERSENTASE KOLOM BULAT 2
	kg.m	kg.m	kg	%	%
LANTAI 1					
K1/KB1/KB1'	3778,34	3613,63	3066,79	-4,6	-23,2
K2/KB2/KB2'	3659,39	3466,06	2686,63	-5,6	-36,2
K3/KB3/KB3'	866,82	874,57	652	0,9	-32,9
LANTAI 2					
K1/KB1/KB1'	3989,08	3805,53	3778,52	-4,8	-5,6
K2/KB2/KB2'	3751,14	3532,81	3109,92	-6,2	-20,6

K3/KB3/KB3'	947,26	957,89	848,35	1,1	-11,7
LANTAI 3					
K1/KB1/KB1'	4190,39	3989,22	3868,71	-5,0	-8,3
K2/KB2/KB2'	3781,13	3548,53	3092,83	-6,6	-22,3
K3/KB3/KB3'	931,07	943	858,44	1,3	-8,5
LANTAI 4					
K1/KB1/KB1'	3952,89	3742,87	3785,36	-5,6	-4,4
K2/KB2/KB2'	4233,32	3930,4	3269,56	-7,7	-29,5
K3/KB3/KB3'	1599,79	1637,05	1380,33	2,3	-15,9
ATAP					
K1/KB1/KB1'	1195,06	1217,81	1419,06	1,9	15,8
K2/KB2/KB2'	814,82	817,25	723,38	0,3	-12,6
K3/KB3/KB3'	1025,21	1025,27	880,33	0,0	-16,5

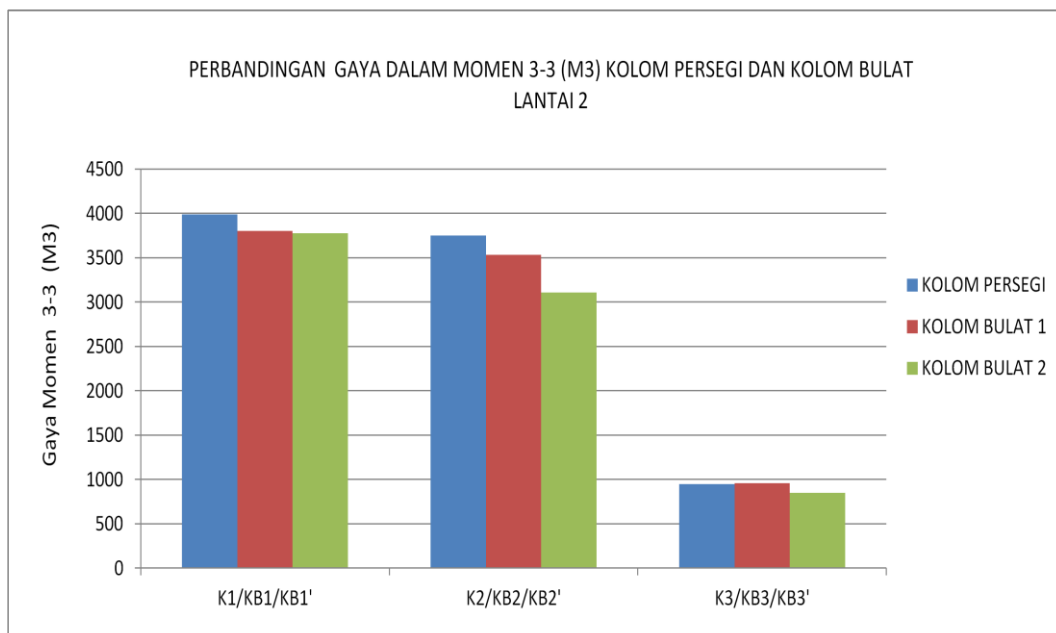
Sumber : Data Hasil Penelitian

Keterangan :

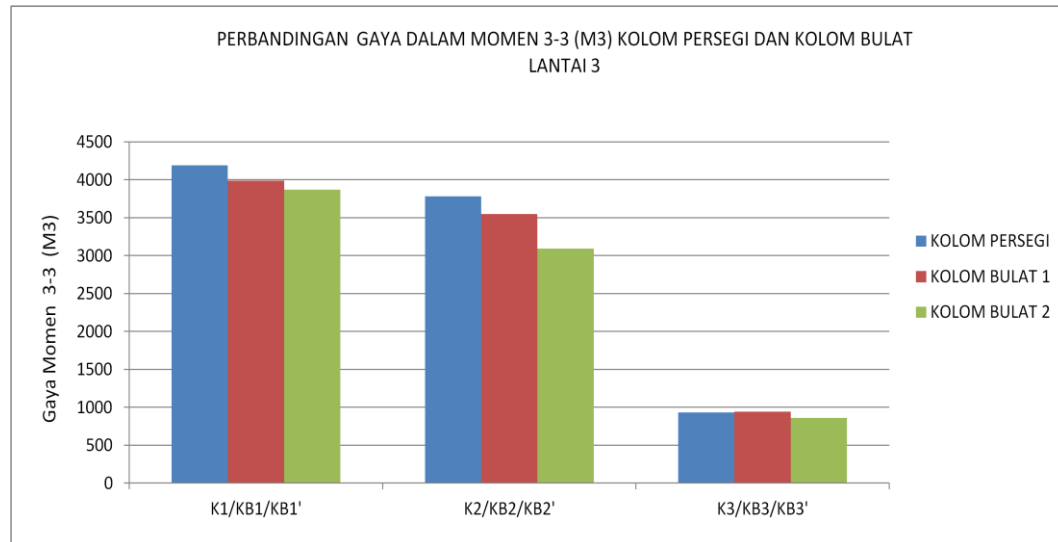
- Pada tabel persentase, nilai (+) menunjukkan bahwa gaya dalam kolom bulat lebih besar dari kolom persegi, dan nilai (-) menunjukkan bahwa gaya dalam kolom bulat lebih kecil dari kolom persegi.
- Kolom bulat 1 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (Ag) kolom bulat = luas penampang (Ag) kolom persegi
- Kolom bulat 2 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (Ag) kolom bulat < luas penampang (Ag) kolom persegi



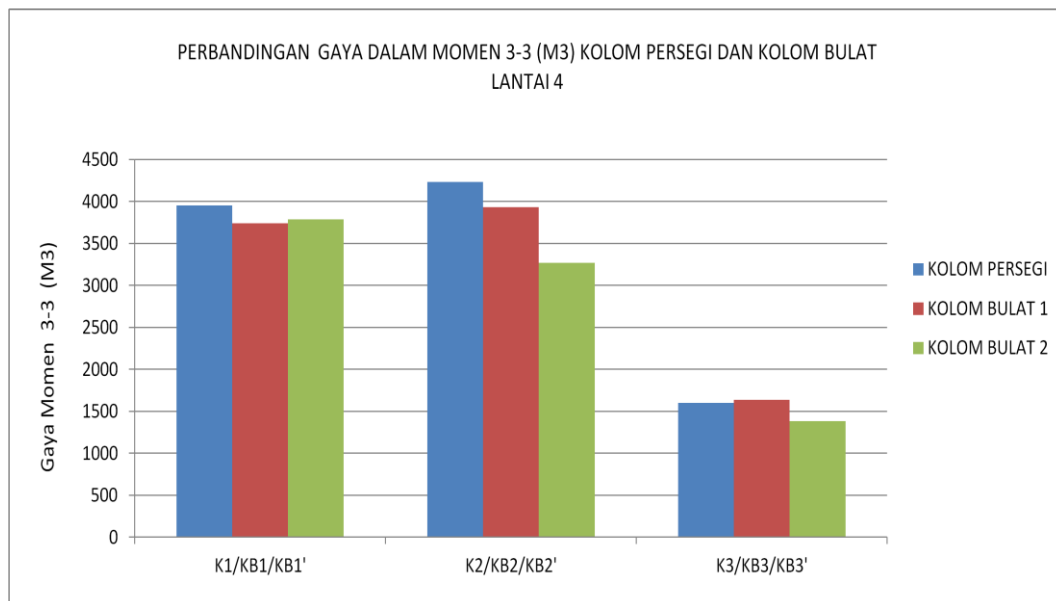
Gambar 4.54 Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 3-3 (M3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 1



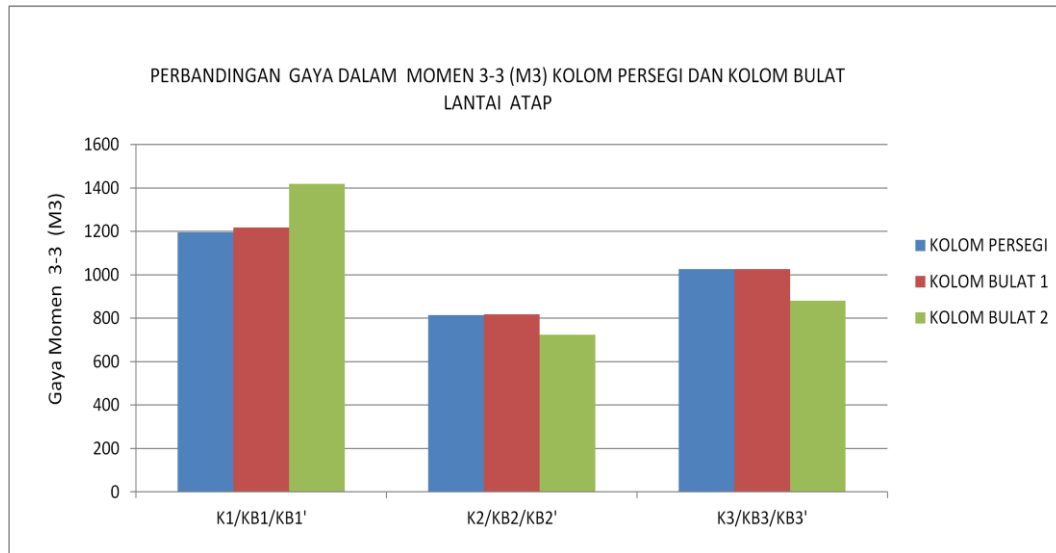
Gambar 4.55 Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 3-3 (M3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 2



Gambar 4.56 Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 3-3 (M3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 3



Gambar 4.57 Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 3-3 (M3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 4



Gambar 4.58 Diagram batang perbandingan gaya dalam Momen 3-3 (M3) kolom persegi dan kolom bulat pada lantai atap

Dari hasil perbandingan menunjukkan bahwa kolom bulat dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat < luas penampang (A_g) kolom persegi memiliki gaya dalam momen 3-3 (M3) yang lebih rendah.

Berdasarkan gaya dalam secara keseluruhan, didapat gaya dalam maksimal kolom bulat dan kolom persegi pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.11 Perbandingan gaya dalam maksimal kolom persegi dan kolom bulat

GAYA DALAM	KOLOM PERSEGI	KOLOM BULAT 1	KOLOM BULAT 2	PERSENTASE (%)	
				KOLOM BULAT 1	KOLOM BULAT 2
P	172030	172652	171665	0,4	-0,2
V2	1829	1743	1745	-4,9	-4,8
V3	11377	11817	11637	3,7	2,2
M2	15185	18291	16042	17,0	5,3
M3	4233	3989	3869	-6,1	-9,4
		RATA-RATA		2,0	-1,4

Sumber : Data Hasil Penelitian

Keterangan :

- Pada tabel persentase, nilai (+) menunjukkan bahwa gaya dalam kolom bulat lebih besar dari kolom persegi, dan nilai (-) menunjukkan bahwa gaya dalam kolom bulat lebih kecil dari kolom persegi.
- Kolom bulat 1 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (Ag) kolom bulat = luas penampang (Ag) kolom persegi
- Kolom bulat 2 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (Ag) kolom bulat < luas penampang (Ag) kolom persegi

Berdasarkan perbandingan gaya dalam maksimal keseluruhan, dapat dilihat bahwa kolom bulat dengan dimensi luas penampang (Ag) kolom bulat = luas penampang (Ag) kolom persegi menghasilkan gaya dalam yang lebih besar sebesar 2% dari kolom persegi, dan kolom bulat dengan dimensi luas penampang (Ag) kolom bulat < luas penampang (Ag) kolom persegi menghasilkan gaya dalam mempunyai gaya dalam lebih kecil sebesar 1.4% dibandingkan kolom persegi. Hal ini menjelaskan bahwa jika kolom bulat didesain dengan dimensi luas penampang (Ag) kolom bulat < luas penampang (Ag) kolom persegi, maka akan menghasilkan gaya dalam yang lebih kecil pula.

4.6.2 Perbandingan Jumlah Tulangan Kolom

Perbandingan jumlah tulangan kolom ditampilkan pada tabel dan diagram batang sebagai berikut.

Tabel 4.12 Perbandingan jumlah tulangan kolom persegi dan kolom bulat

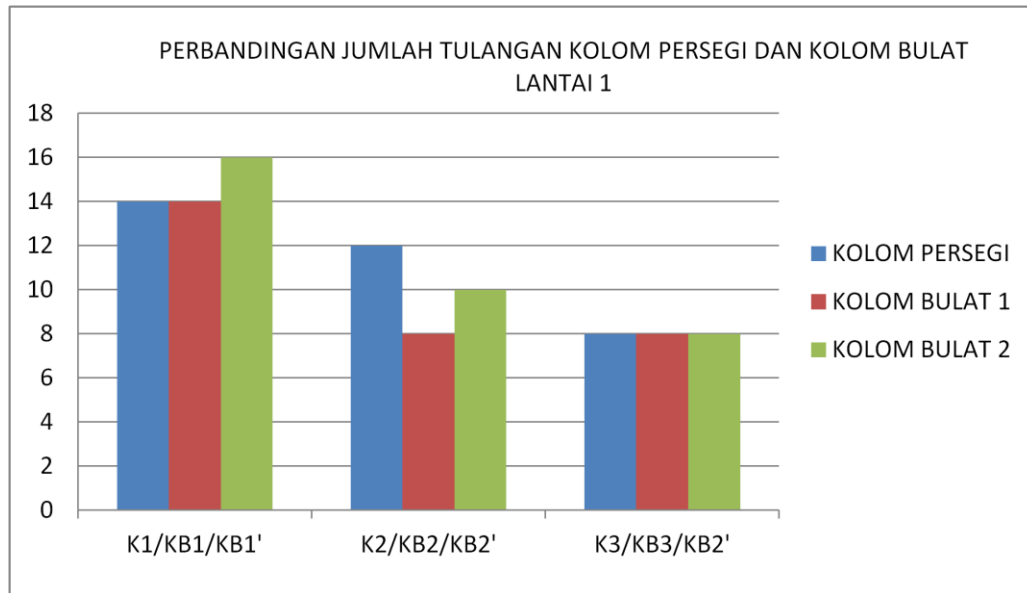
JENIS KOLOM	KOLOM PERSEGI	KOLOM BULAT 1	KOLOM BULAT 2
LANTAI 1			
K1/KB1/KB1'	14D25	14D25	16D25
K2/KB2/KB2'	12D25	8D25	10D25
K3/KB3/KB2'	8D16	8D16	8D16
LANTAI 2			
K1/KB1/KB1'	10D25	14D25	16D25

K2/KB2/KB2'	10D25	8D25	8D25
K3/KB3/KB2'	8D16	8D16	8D16
LANTAI 3			
K1/KB1/KB1'	10D25	14D25	16D25
K2/KB2/KB2'	8D25	8D25	8D25
K3/KB3/KB2'	8D16	8D16	8D16
LANTAI 4			
K1/KB1/KB1'	10D25	14D25	14D25
K2/KB2/KB2'	8D25	8D25	8D25
K3/KB3/KB2'	8D16	8D16	8D16
ATAP			
K1/KB1/KB1'	8D25	8D25	8D25
K2/KB2/KB2'	8D25	8D25	8D25
K3/KB3/KB2'	8D16	8D16	8D16

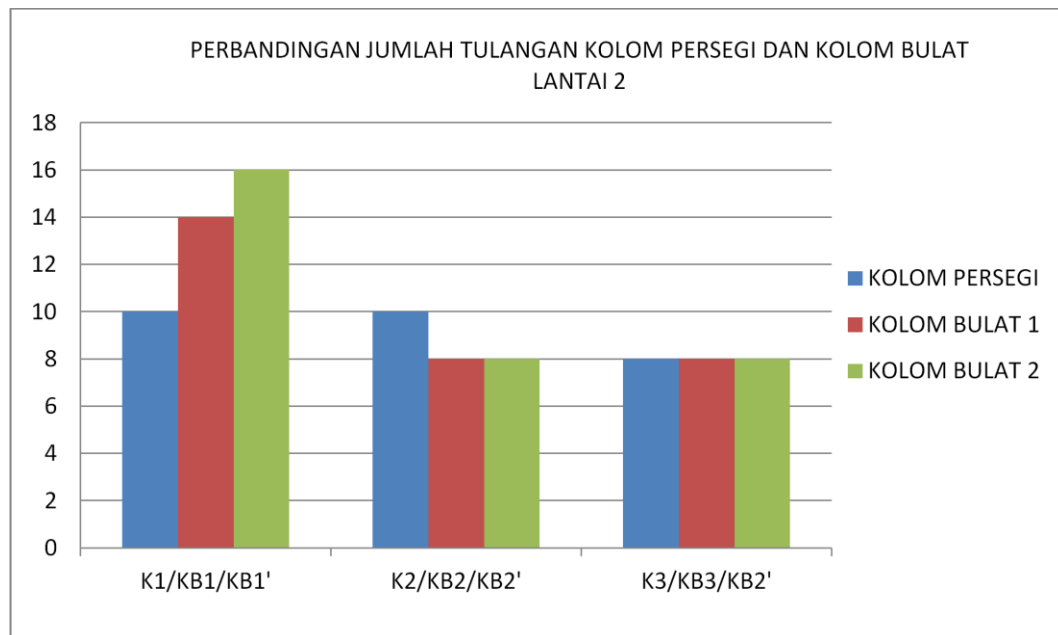
Sumber : Data Hasil Penelitian

Keterangan :

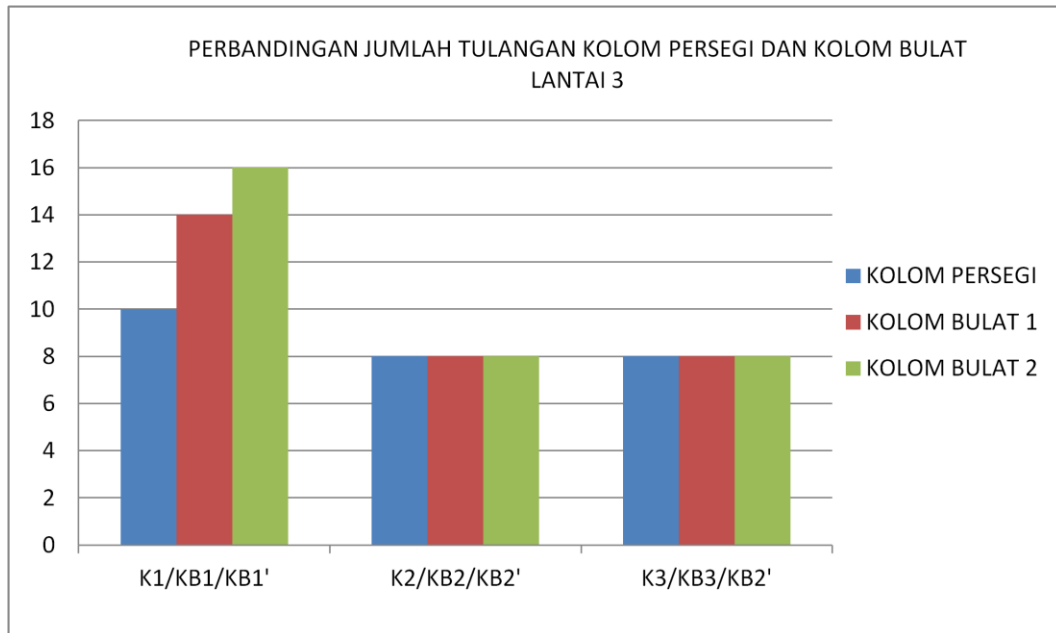
- Kolom bulat 1 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (Ag) kolom bulat = luas penampang (Ag) kolom persegi
- Kolom bulat 2 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (Ag) kolom bulat < luas penampang (Ag) kolom persegi



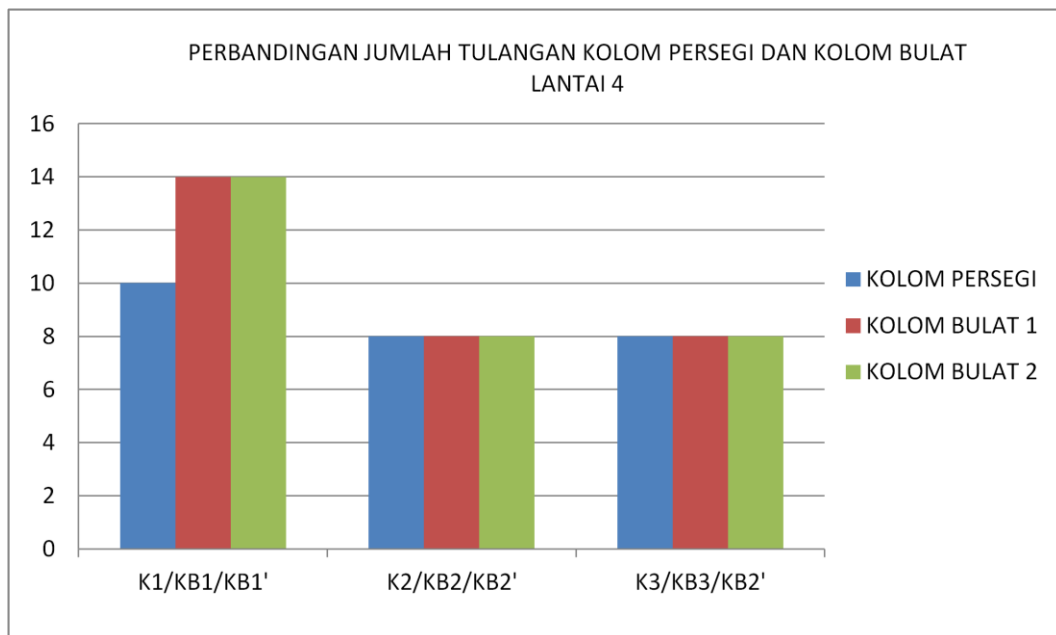
Gambar 4.59 Perbandingan jumlah tulangan kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 1



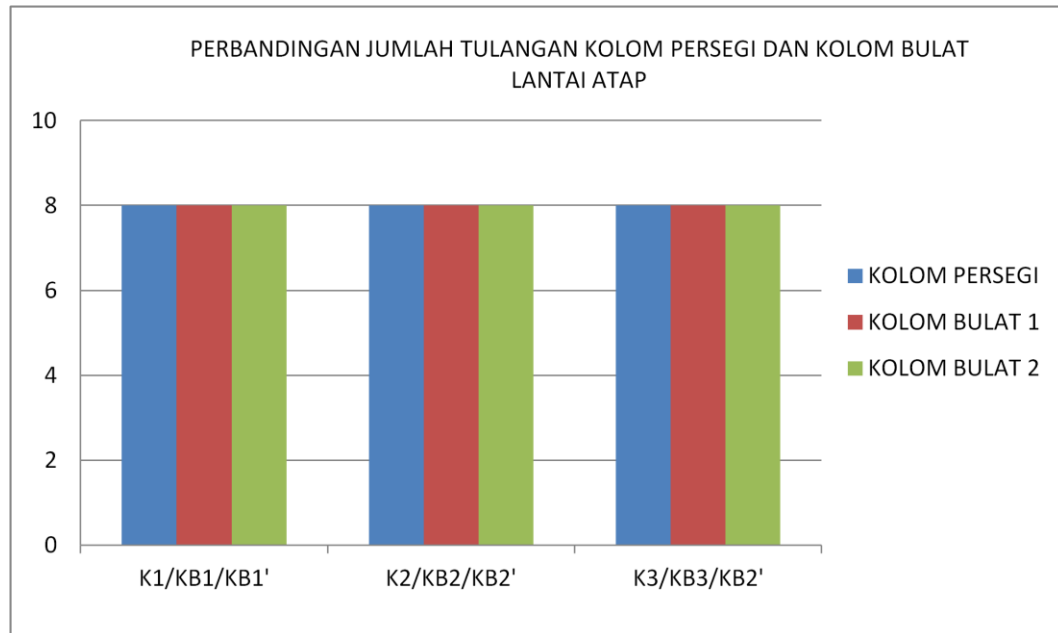
Gambar 4.60 Perbandingan jumlah tulangan kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 2



Gambar 4.61 Perbandingan jumlah tulangan kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 3



Gambar 4.62 Perbandingan jumlah tulangan kolom persegi dan kolom bulat pada lantai 4



Gambar 4.63 Perbandingan jumlah tulangan kolom persegi dan kolom bulat pada lantai atap

Pada perbandingan penulangan kolom persegi dan kolom bulat dapat dijelaskan bahwa kolom persegi mempunyai jumlah tulangan yang lebih sedikit dari kolom bulat. Jika dijumlahkan secara keseluruhan hasilnya didapatkan pada tabel berikut.

Tabel 4.13 Perbandingan jumlah tulangan keseluruhan kolom bulat dan kolom persegi

JENIS KOLOM	KOLOM PERSEGI	KOLOM BULAT 1	KOLOM BULAT 2	PERSENTASE KOLOM BULAT 1	PERSENTASE KOLOM BULAT 2
K1/KB1/KB1'	52	64	70	18,75	25,71
K2/KB2/KB2'	46	40	42	-15,00	-9,52
K3/KB3/KB2'	40	40	40	0,00	0,00
Jumlah keseluruhan	138	144	152	4,17	9,21

Sumber : *Data Hasil Penelitian*

Keterangan :

- Pada tabel persentase, nilai (+) menunjukkan bahwa jumlah tulangan kolom bulat lebih besar dari kolom persegi, dan nilai (-) menunjukkan bahwa jumlah tulangan kolom bulat lebih kecil dari kolom persegi.
- Kolom bulat 1 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat = luas penampang (A_g) kolom persegi
- Kolom bulat 2 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat < luas penampang (A_g) kolom persegi

Berdasarkan perbandingan tabel jumlah tulangan keseluruhan, terlihat bahwa kolom bulat dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat = luas penampang (A_g) kolom persegi menghasilkan jumlah tulangan lebih banyak dari kolom persegi sebesar 4.17%. Kolom bulat dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat < luas penampang (A_g) kolom persegi menghasilkan jumlah tulangan jauh lebih banyak dari kolom persegi sebesar 9.21%. Hal ini menjelaskan bahwa jika kolom bulat didesain dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat < luas penampang (A_g) kolom persegi, maka akan menghasilkan jumlah tulangan yang lebih banyak.

4.6.3 Perbandingan Kapasitas Kolom

Perbandingan kapasitas kolom persegi dan kolom bulat ditampilkan dalam tabel dan diagram batang sebagai berikut.

Tabel 4.14 Perbandingan kapasitas beban aksial nominal (P_n) kolom persegi dan kolom bulat

KOLOM	Beban Aksial Nominal (P_n)			PERSENTASE	
	KOLOM PERSEGI	KOLOM BULAT 1	KOLOM BULAT 2	KOLOM BULAT 1	KOLOM BULAT 2
	kN	kN	kN	%	%
LANTAI 1					
K1/KB1/KB1'	3056	3282	3054	6,9	-0,1
K2/KB2/KB2'	2328	2020	1875	-15,2	-24,2
K3/KB3/KB3'	1717	1751	1435	1,9	-19,7

LANTAI 2

K1/KB1/KB1'	2718	3282	3054	17,2	11,0
K2/KB2/KB2'	2155	2020	1705	-6,7	-26,4
K3/KB3/KB3'	1717	1751	1435	1,9	-19,7

LANTAI 3

K1/KB1/KB1'	2718	3282	3054	17,2	11,0
K2/KB2/KB2'	1988	2020	1705	1,6	-16,6
K3/KB3/KB3'	1717	1751	1435	1,9	-19,7

LANTAI 4

K1/KB1/KB1'	2718	3282	2884	17,2	5,8
K2/KB2/KB2'	1988	2020	1705	1,6	-16,6
K3/KB3/KB3'	1717	1751	1435	1,9	-19,7

ATAP

K1/KB1/KB1'	2548	2774	2381	8,1	-7,0
K2/KB2/KB2'	1988	2020	1705	1,6	-16,6
K3/KB3/KB3'	1717	1751	1435	1,9	-19,7

Sumber : *Data Hasil Perhitungan*

Keterangan :

- Pada tabel persentase, nilai (+) menunjukkan bahwa kapasitas beban aksial nominal (P_n) kolom bulat lebih besar dari kolom persegi, dan nilai (-) menunjukkan bahwa kapasitas beban aksial nominal (P_n) kolom bulat lebih kecil dari kolom persegi
- Kolom bulat 1 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat = luas penampang (A_g) kolom persegi
- Kolom bulat 2 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat < luas penampang (A_g) kolom persegi

Tabel 4.15 Perbandingan kapasitas beban momen nominal (Mn) kolom persegi dan kolom bulat

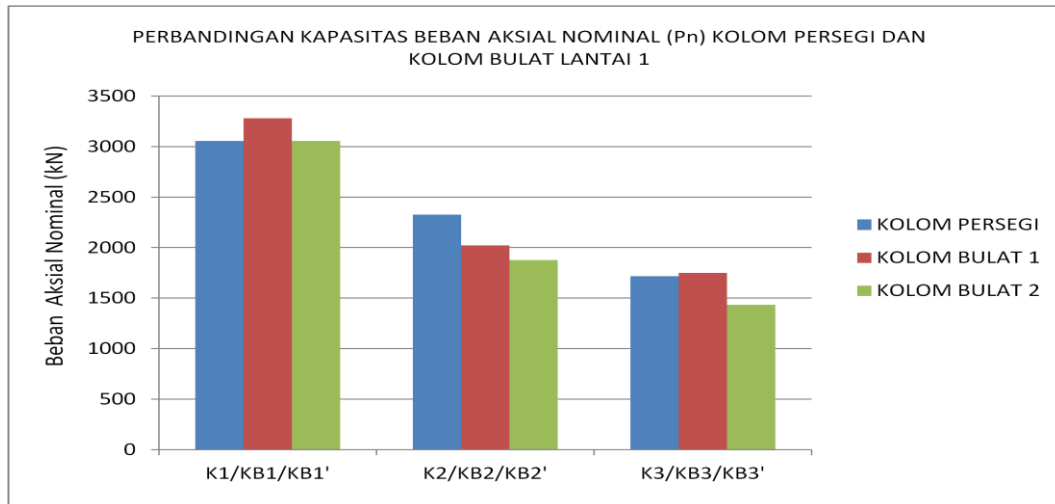
KOLOM	Beban Momen Nominal (Mn)			PERSENTASE	
	KOLOM PERSEGI	KOLOM BULAT 1	KOLOM BULAT 2	KOLOM BULAT 1	KOLOM BULAT 2
	kN.m	kN.m	kN.m	%	%
LANTAI 1					
K1/KB1/KB1'	412	337	324	-22,3	-27,2
K2/KB2/KB2'	220	153	148	-43,8	-48,6
K3/KB3/KB3'	124	119	89	-4,2	-39,3
LANTAI 2					
K1/KB1/KB1'	327	337	324	3,0	-0,9
K2/KB2/KB2'	194	153	124	-26,8	-56,5
K3/KB3/KB3'	124	119	89	-4,2	-39,3
LANTAI 3					
K1/KB1/KB1'	327	337	324	3,0	-0,9
K2/KB2/KB2'	158	153	124	-3,3	-27,4
K3/KB3/KB3'	124	119	89	-4,2	-39,3
LANTAI 4					
K1/KB1/KB1'	327	337	289	3,0	-13,1
K2/KB2/KB2'	158	153	124	-3,3	-27,4
K3/KB3/KB3'	124	119	89	-4,2	-39,3
ATAP					
K1/KB1/KB1'	281	243	194	-15,6	-44,8
K2/KB2/KB2'	158	153	124	-3,3	-27,4
K3/KB3/KB3'	124	119	89	-4,2	-39,3

Sumber : *Data Hasil Perhitungan*

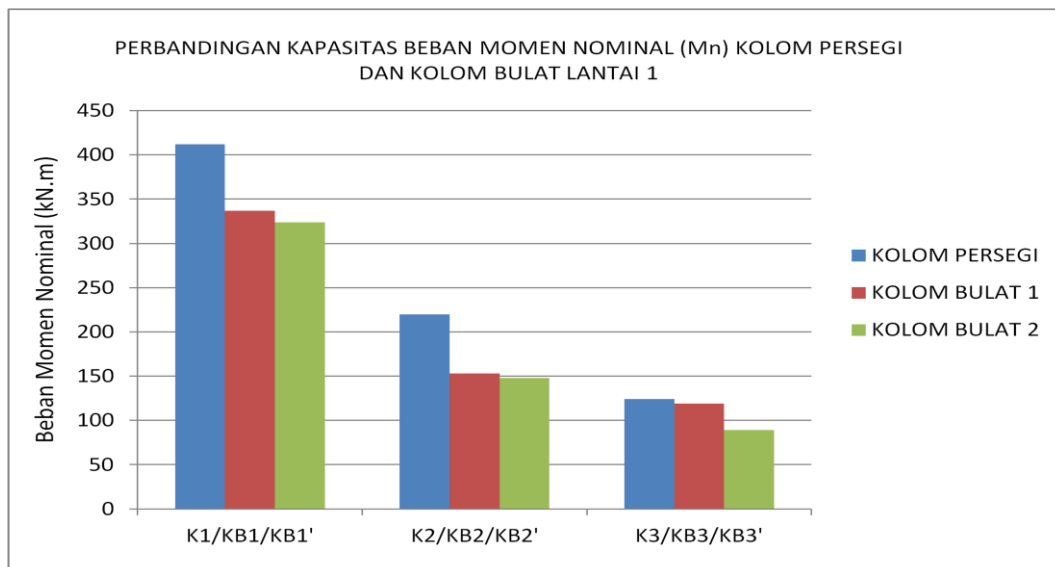
Keterangan :

- Pada tabel persentase, nilai (+) menunjukkan bahwa kapasitas beban momen nominal (Mn) kolom bulat lebih besar dari kolom persegi, dan nilai (-) menunjukkan bahwa kapasitas beban momen nominal (Mn) kolom bulat lebih kecil dari kolom persegi

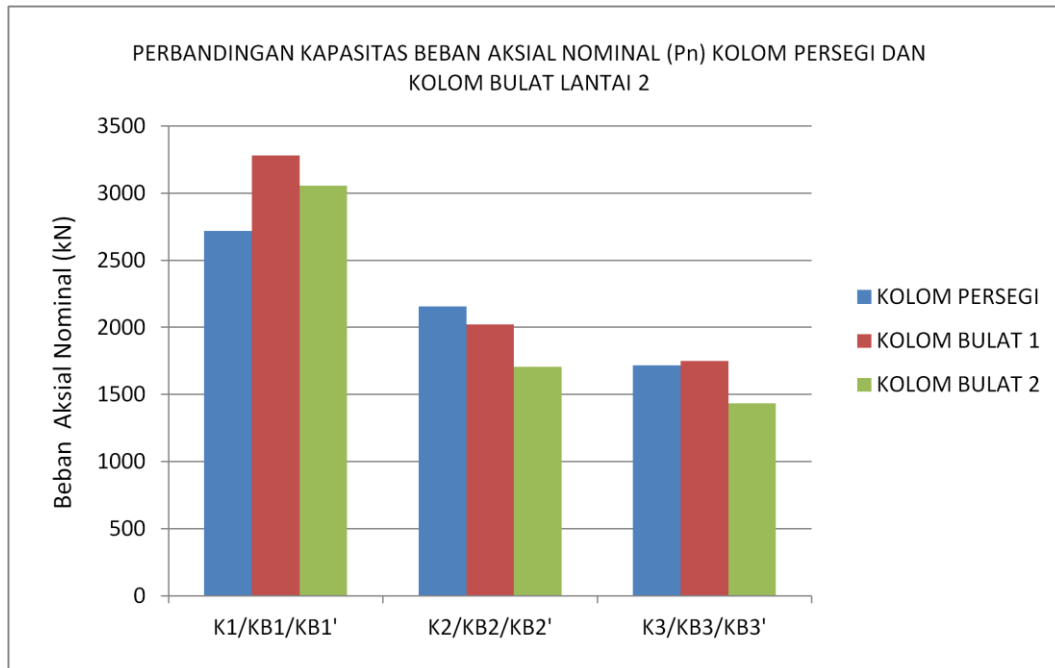
- Kolom bulat 1 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat = luas penampang (A_g) kolom persegi
- Kolom bulat 2 adalah kolom bulat dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat < luas penampang (A_g) kolom persegi



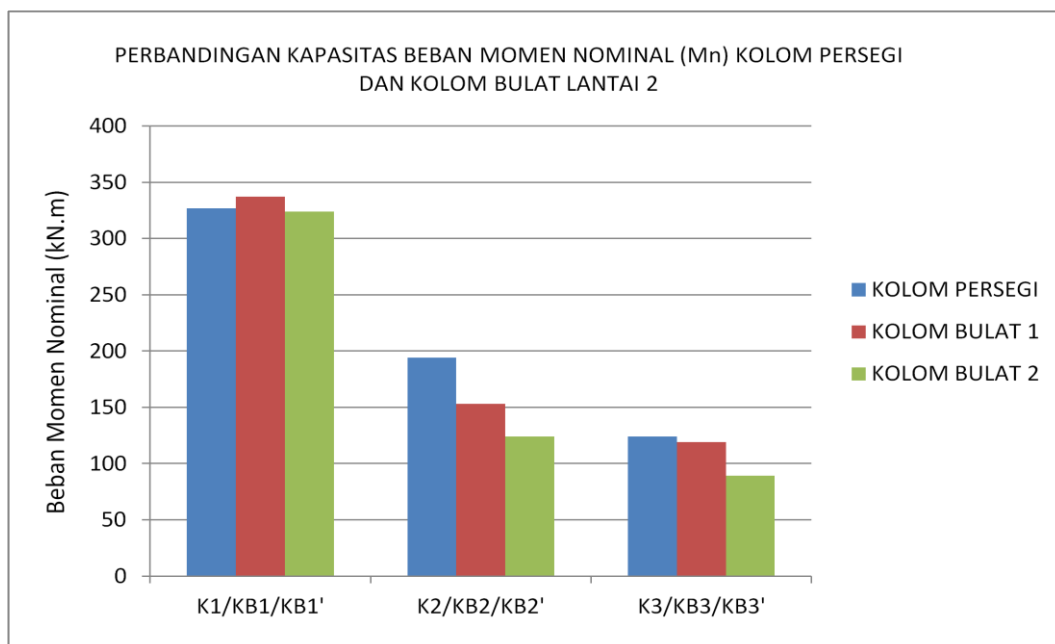
Gambar 4.64 Diagram batang perbandingan kapasitas beban aksial nominal (P_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai 1



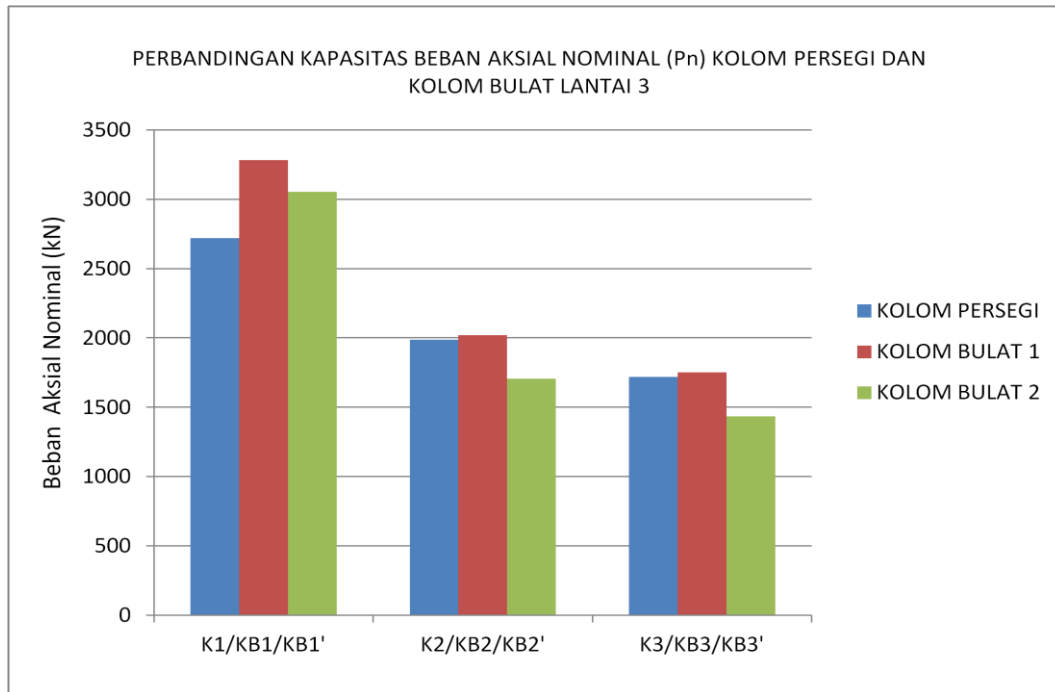
Gambar 4.65 Diagram batang perbandingan kapasitas beban momen nominal (M_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai 1



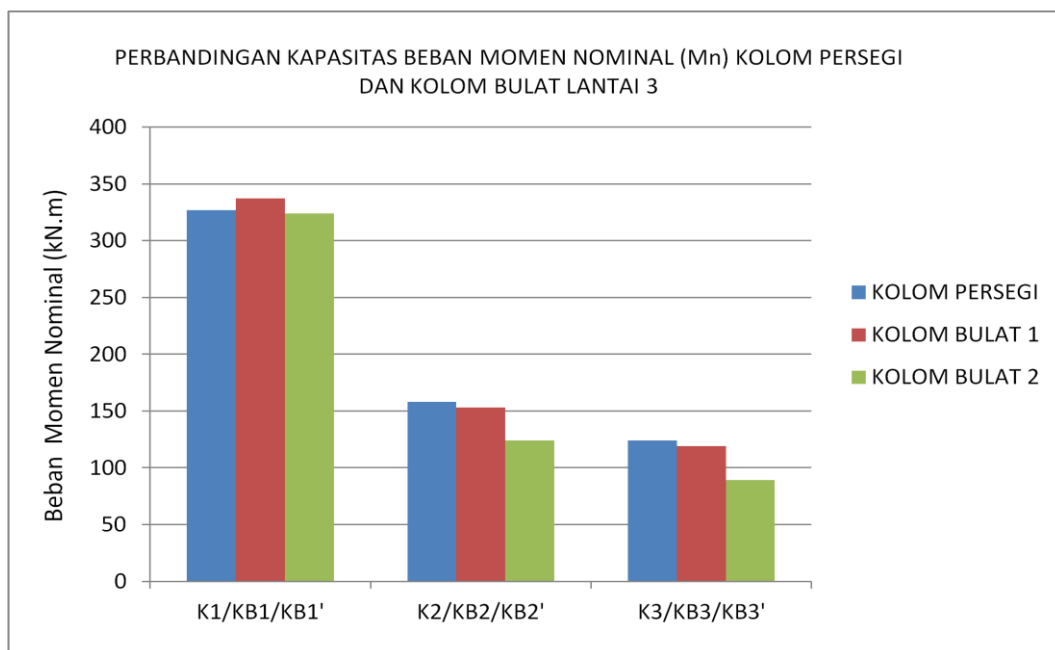
Gambar 4.66 Diagram batang perbandingan kapasitas beban aksial nominal (P_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai 2



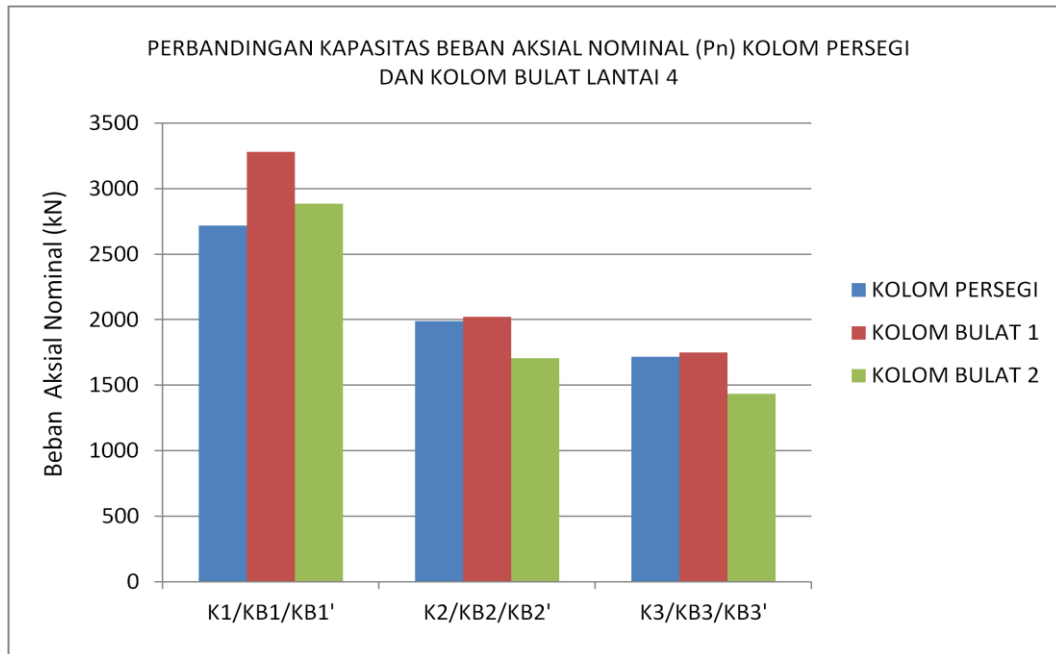
Gambar 4.67 Diagram batang perbandingan kapasitas beban momen nominal (M_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai 2



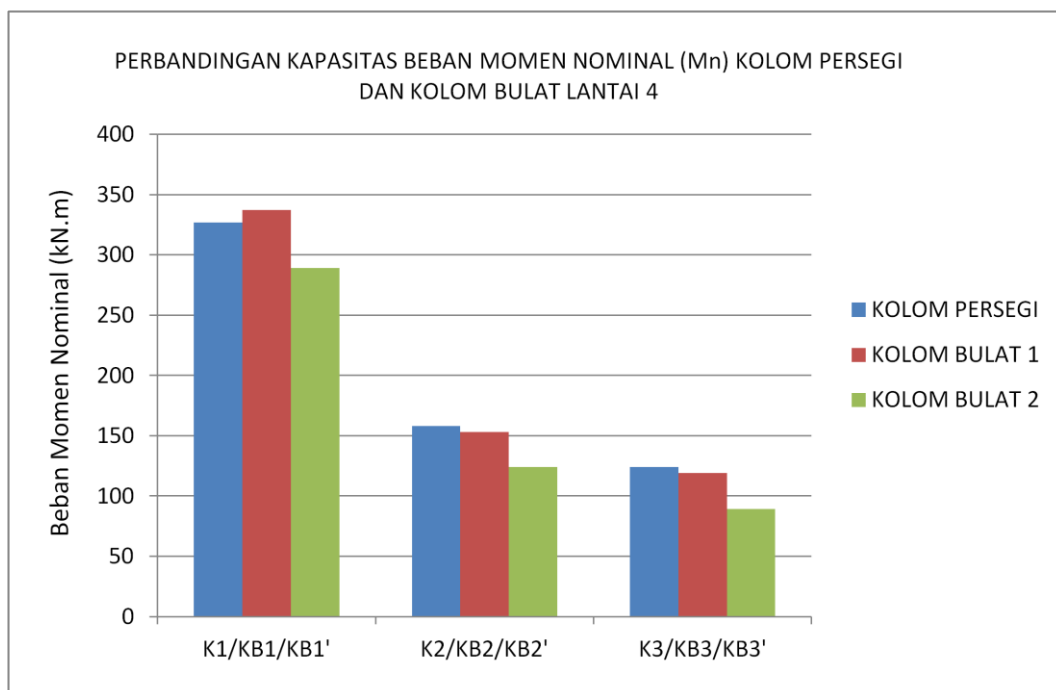
Gambar 4.68 Diagram batang perbandingan kapasitas beban aksial nominal (P_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai 3



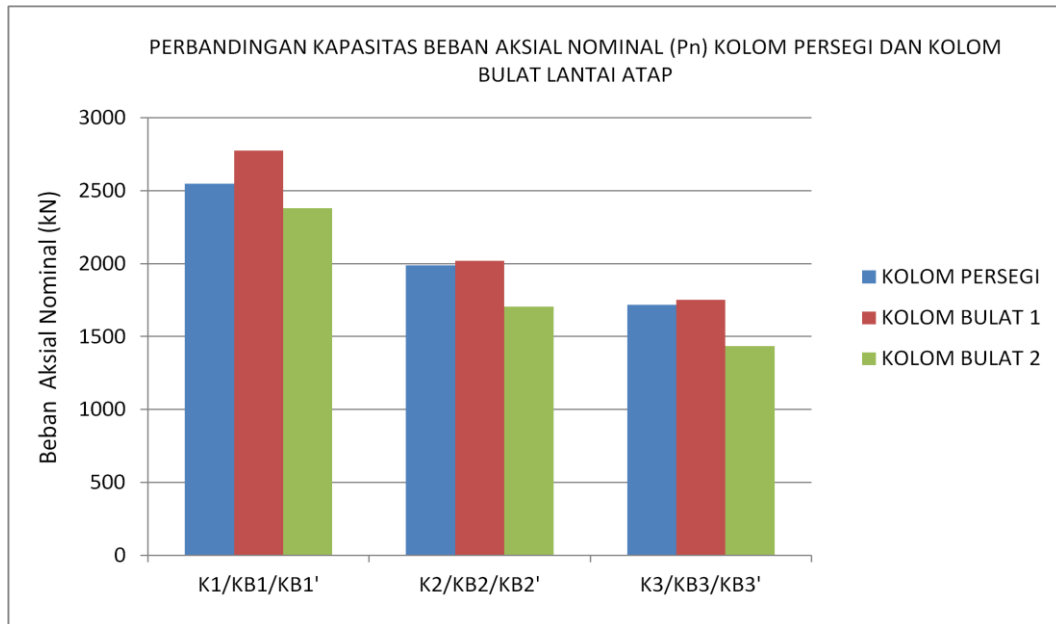
Gambar 4.69 Diagram batang perbandingan kapasitas beban momen nominal (M_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai 3



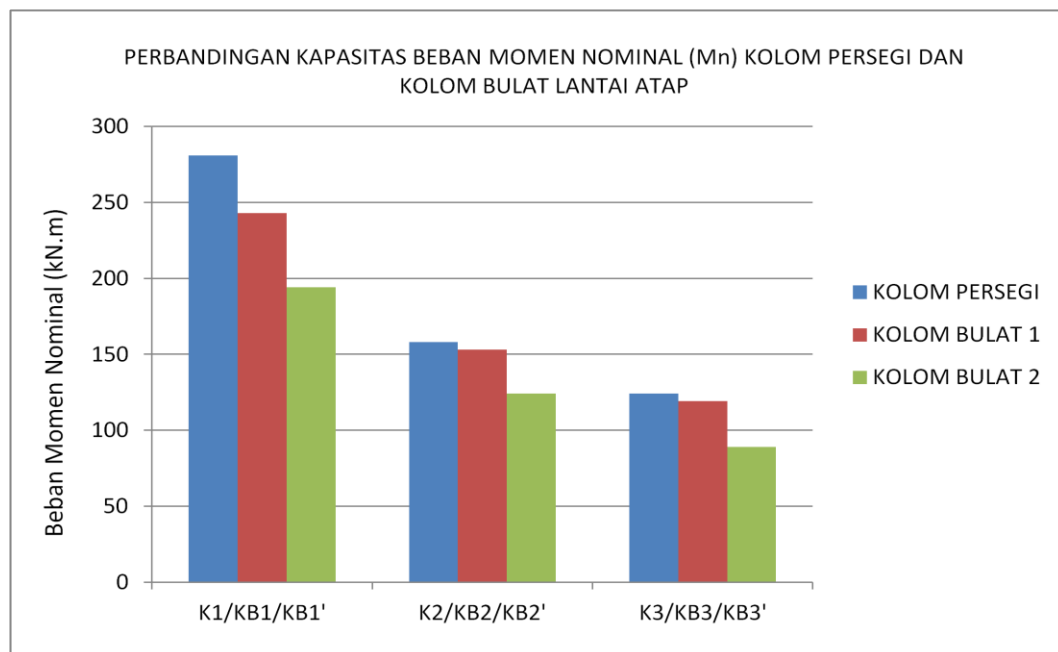
Gambar 4.70 Diagram batang perbandingan kapasitas beban aksial nominal (P_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai 4



Gambar 4.71 Diagram batang perbandingan kapasitas beban momen nominal (M_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai 4



Gambar 4.72 Diagram batang perbandingan kapasitas beban aksial nominal (P_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai atap



Gambar 4.73 Diagram batang perbandingan kapasitas beban momen nominal (M_n) kolom persegi dan kolom bulat lantai atap

Dari tabel dan diagram batang perbandingan kapasitas beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) dapat diketahui bahwa kolom bulat dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat = luas penampang (A_g) kolom persegi memiliki kapasitas relatif lebih besar dibandingkan dengan kolom persegi, dan kolom bulat dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat < luas penampang (A_g) kolom persegi memiliki kapasitas lebih kecil dari kolom persegi. Hal ini menjelaskan bahwa jika kolom bulat didesain dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom bulat < luas penampang (A_g) kolom persegi, maka akan menghasilkan kapasitas yang lebih kecil pula.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa dari perbandingan gaya dalam, kolom bulat mempunyai gaya dalam yang lebih besar dibandingkan kolom persegi, dimana didapatkan gaya dalam maksimal Aksial (P) = 172652 kg, Geser 2-2 (V_2) = 1743 kg, Geser 3-3 (V_3) = 11817 kg, Momen 2-2 (M_2) = 18291 kg.m, dan Momen 3-3 (M_3) = 3989 kg.m dengan persentase lebih besar $\pm 2\%$.

Berdasarkan perbandingan kapasitas, kolom bulat mempunyai kapasitas yang rata-rata sama dan sedikit lebih besar dibandingkan kolom persegi. Dari jumlah bahan terutama tulangan yang dihasilkan, kolom bulat mempunyai jumlah tulangan yang lebih banyak dibandingkan kolom persegi, dengan persentase tulangan keseluruhan sebesar $\pm 9\%$. Dari hasil analisa diatas dapat dikatakan bahwa kolom persegi merupakan kolom yang lebih efisien dibandingkan kolom bulat karena mempunyai bahan terutama jumlah tulangan yang dihasilkan lebih sedikit berdasarkan perbandingan luas penampang (A_g) yang sama.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini dapat diberikan saran yaitu perlu diadakan penelitian lanjutan tentang perbandingan antara kolom bulat dan kolom persegi, terutama ditinjau dari segi gempa, untuk lebih mengenal dan mengetahui lebih lanjut tentang kekuatan kolom.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni Ali, 2010, *Kolom Fondasi dan Balok T*, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983, *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*, Stensil, Bandung
- Edward G. Nawy, P.E., Dr, 1998, *Beton Bertulang*, PT. Refika Aditama, Bandung
- Irmawan Mudji, Ms, Ir, 2006, *Tinjauan SNI-03-2847-2002 Paket B*, ITS Press, Surabaya
- Kusuma Gideon, 1993, *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SK-SNI T-1991-03*, Erlangga, Jakarta
- Kusuma Gideon, 1993, *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang Berdasarkan SK-SNI T-1991-03*, Erlangga, Jakarta
- McCormac, J C, 2003, *Desain Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta