

Analisis Kekuatan Kolom Beton Bertulang Berdasarkan Diagram Interaksi Kolom

Indra Dody Kurniawan Manguki^{*1}, Jonie Tanijaya^{*2}, Olan Jujun Sanggaria^{*3}

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar
Email indradody17@yahoo.com

^{*2} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar
Email jonie.tanijaya@gmail.com

^{*3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar
Email olanjujun@gmail.com

ABSTRAK

Diagram interaksi kolom merupakan suatu grafik daerah batas yang menunjukkan ragam kombinasi beban aksial dan momen yang dapat ditahan oleh kolom secara aman. Manfaat dari diagram interaksi kolom memberikan gambaran dari kekuatan kolom yang bersangkutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kolom bujur sangkar dan lingkaran dengan menggunakan diagram interaksi kolom kemudian membandingkan kekuatan kolom dalam menahan kombinasi beban aksial dan momen lentur dengan luasan yang sama. Dalam penelitian ini, kolom bujur sangkar dan lingkaran memiliki jumlah tulangan, diameter tulangan, mutu baja, mutu beton, serta luas penampang yang sama. Kolom ditinjau berdasarkan lima kondisi, yaitu kondisi beban aksial murni, momen lentur murni, dan tiga kondisi keruntuhan. Berdasarkan lima kondisi yang terjadi, diagram interaksi kolom dibuat dengan bantuan Microsoft Excel. Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan luasan yang sama, kolom bujur sangkar lebih kuat dalam menahan momen lentur (M_u) dari kolom lingkaran sebesar 0,015 – 0,61 %, sedangkan kolom lingkaran lebih kuat dalam menahan gaya aksial (P_u) dari kolom bujur sangkar sebesar 1,9 – 4,4 %.

Kata Kunci: diagram interaksi kolom, beban aksial, momen lentur, dan keruntuhan pada kolom.

ABSTRACT

The column interaction diagram is a boundary area graph showing the various combinations of axial loads and moments that the column can safely hold. The benefit of a column interaction diagram provides an overview of the strength of the column in question. This study aims to analyze rectangular and circular columns using column interaction diagrams and then compare the strength of the columns in withstanding a combination of axial loads and bending moments with the same area. In this study, square and circular columns have the same number of reinforcement, diameter of reinforcement, steel strength, concrete quality, and cross-sectional area. The column is reviewed based on five conditions, namely pure axial load conditions, pure bending moment, and three failure conditions. Based on the five conditions that occurred, a column interaction diagram was created by using Microsoft Excel. Results of the analysis show that in the same area, the square column is stronger in withstanding the bending moment (M_u) of the circular column by 0.015 - 0.61%, while the circular column is stronger in resisting the axial force (P_u) of the square column by 1.9 - 4.4%.

Keywords: column interaction diagram, axial load and bending moment, column collapse

PENDAHULUAN

Dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang demikian pesatnya, mendorong timbulnya terobosan-terobosan baru dalam segala bidang kehidupan manusia. Dengan semakin majunya daya pikir manusia membuat semakin banyak keinginan untuk menampilkan

sesuatu yang baru dan lebih baik dari sebelumnya. Pemikiran ini juga melanda ke bidang teknik sipil dan perencanaan konstruksi. Dalam bidang struktur, banyak diciptakan bangunan-bangunan baru, seperti gedung bertingkat yang semakin tinggi. Hal ini tentu saja memerlukan struktur yang semakin kuat, tahan

lama dan juga efisien dalam penentuan dimensi [1].

Pada umumnya, dalam menganalisis kolom yang menerima beban aksial dan momen lentur, dihitung secara uniaksial pada masing-masing sumbu utama (sumbu x dan sumbu y) dengan menggunakan diagram interaksi kolom dengan membatasi kekuatan kolom pada 3 (tiga) macam keruntuhan kolom, yakni keruntuhan tarik, keruntuhan seimbang, dan keruntuhan tekan [2]. Diagram interaksi kolom merupakan suatu grafik daerah batas yang menunjukkan ragam kombinasi beban aksial dan momen yang dapat ditahan oleh kolom secara aman. Manfaat dari diagram interaksi kolom, yaitu memberikan gambaran dari kekuatan kolom yang bersangkutan. Diagram interaksi kolom dibuat dengan bantuan dua buah sumbu (yaitu sumbu vertikal dan horizontal) yang saling berpotongan tegak lurus sesamanya. Sumbu vertikal menggambarkan beban aksial P atau gaya normal N sementara sumbu horizontal menggambarkan besar momen lentur yang dapat ditahan oleh kolom [3]. Setiap titik pada kurva mewakili sebuah kombinasi kekuatan beban aksial nominal (P_n) dan momen lentur nominal (M_n) yang berhubungan dengan suatu lokasi sumbu netral yang tertentu. Koordinat-koordinat pengontrol untuk titik-titik penting pada diagram interaksi ditentukan oleh tingkat regangan dalam tulang tarik. Tingkat regangan ditetapkan oleh posisi kedalaman sumbu netral C [4].

Dalam tulisan ini, selain persamaan-persamaan dalam kondisi nominal, persamaan dalam kondisi ultimit dengan memperhitungkan faktor reduksi kekuatan juga disajikan. Faktor reduksi kekuatan ditentukan berdasarkan apakah suatu tampang masuk ke dalam kondisi keruntuhan tarik, keruntuhan seimbang, atau keruntuhan tekan. Untuk struktur dengan regangan pada serat tulangan tarik terluar mencapai nilai 0,005 maka faktor reduksi kekuatan diambil sebesar 0,9. Jika struktur ada dalam kondisi keruntuhan tekan, yaitu regangan pada serat tulangan tarik terluar lebih kecil atau sama dengan regangan luluh, maka faktor reduksi kekuatan diambil sebesar 0,65. Untuk nilai regangan pada serat tulangan tarik terluar yang terletak di antaranya, nilai faktor reduksi kekuatan dapat diinterpolasi [5].

METODE

Analisis Kekuatan Kolom Bertulang.....

Berdasarkan data yang telah diperoleh, diagram interaksi dibuat berdasarkan 5 (lima) kondisi yang terjadi pada penampang kolom, yakni:

1. Penampang kolom pada kondisi beton tekan menentukan
2. Penampang kolom pada kondisi seimbang (*balance*)
3. Penampang kolom pada kondisi tulangan tarik menentukan
4. Penampang kolom dengan eksentrisitas sangat besar, sehingga beban P_n dianggap nol (diabaikan)
5. Penampang kolom pada kondisi beban terletak di titik berat

Masing-masing keadaan tersebut menggunakan prinsip kompatibilitas tegangan-regangan. Kemudian kekuatan direduksi pada tiap kondisi sesuai dengan gaya yang terjadi pada penampang.

Jika $P_n \geq P_{u\phi}$, gunakan $\phi=0,65$

Jika $P_n = 0$, gunakan $\phi=0,90$

Jika $P_n \leq P_{u\phi}$, gunakan $\phi = 0,65 + 0,25 \left(\frac{P_0 - P_n}{P_0} \right)$ (1)

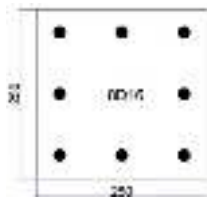
Dengan mengetahui nilai jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (C) pada kondisi seimbang, hal tersebut dapat diasumsikan untuk membatasi antara keruntuhan tekan dan keruntuhan tarik yang terjadi saat material sudah mencapai kuat batas, sehingga berdasarkan 5 kondisi yang terjadi, diagram interaksi kolom dapat dibuat dengan bantuan *Microsoft Excel* dengan memplotkan pada sumbu x dan sumbu y.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kolom yang diteliti yakni kolom bujur sangkar dan kolom lingkaran yang memiliki luasan yang sama, agar kekuatan masing-masing kolom dapat dibandingkan (Tabel 1).

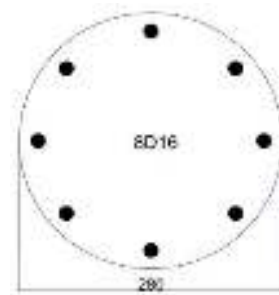
Luas Penampang antara kolom bujur sangkar dan lingkaran diambil sama. Dimana selisih antara luas penampang masing-masing kolom.

Kolom bujur sangkar berdimensi 250x250 mm², memiliki jumlah tulangan sebanyak 8D16 dengan selimut beton 40 mm, serta mutu beton dan mutu baja tulangan masing-masing 25 MPa dan 390 MPa.



Gambar 1. Penampang kolom bujur sangkar tipe K3

Kolom lingkaran memiliki diameter 280 mm dengan jumlah tulangan sebanyak 8D16 dengan selimut beton 40 mm, serta mutu beton dan mutu baja tulangan masing-masing 25 MPa dan 390 MPa (Lihat Gambar 2).

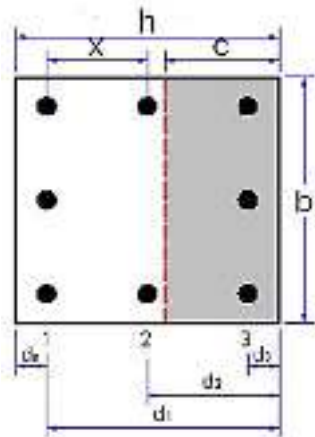


Gambar 2. Penampang kolom lingkaran tipe C5

Luas penampang antara kolom bujur sangkar dan lingkaran diambil hampir sama.

Tabel 1. Data kolom bujur sangkar dan lingkaran

Kode Kolom		Dimensi Kolom			Jumlah Tulangan		Diameter Tulangan		f_c	Selisih (%)
		Bujur Sangkar	Lingkaran		Bujur Sangkar	Lingkaran	Bujur Sangkar	Lingkaran		
K3	C5	250	250	280	8	8	16	16	25	1,53
K4	C7	300	300	340	12	12	16	16		0,83
K5	C9	400	400	450	16	16	16	16		0,65
K6	C11	500	500	620	20	20	22	22	25	0,25
K7	C13	600	600	680	24	24	22	22		0,83
K8	C15	600	600	680	28	28	22	22		0,83
K9	C17	800	800	900	32	32	25	25	25	0,65
K10	C19	800	800	900	36	36	25	25		0,65
K11	C21	800	800	900	36	36	25	25		0,65



Gambar 3. Penampang kolom bujur sangkar K3

Data-data kolom tipe K3 yang dianalisa adalah sebagai berikut:

$$E = 200.000 \text{ MPa}$$

$$f_c' = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$\text{Lebar kolom (b)} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi kolom (h)} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal brutto selimut beton (ds)} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = 8 \text{ buah}$$

$$\text{Diameter tulangan (D)} = 16 \text{ mm}$$

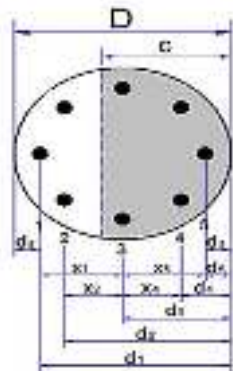
Hasil rekapitulasi dapat dilihat pada (Tabel 2), kemudian diplotkan pada sumbu x dan y sehingga kuat nominal dan kuat desain dapat diketahui sebagai batasan gaya yang bekerja pada kolom (Gambar 5).

Tabel 2. Rekapitulasi gaya aksial (P_n) dan momen lentur (M_n) kolom bujur sangkar tipe K3

C	a	Φ	P_n	M_n	ΦP_n	ΦM_n	Ket.
Gaya Aksial Murni		0,65	1537	0	999	0	Tekan
275	233,8	0,65	1537	20,3	999	13,2	Tekan
265	225,3	0,65	1537	25,8	999	16,8	Tekan
255	216,8	0,65	1537	30,9	999	20,1	Tekan
245	208,3	0,65	1526,2	35,8	999	23,2	Tekan
235	199,8	0,65	1463,3	40,3	951,1	26,2	Tekan
225	191,3	0,65	1398,7	44,5	909,2	28,9	Tekan
215	182,8	0,65	1332,4	48,4	866,03	31,5	Tekan
205	174,3	0,65	1263,9	52,04	821,6	33,8	Tekan
195	165,8	0,65	1193,1	55,4	775,5	36,03	Tekan
185	157,3	0,65	1193,5	58,6	727,7	38,08	Tekan
175	148,8	0,65	1042,7	61,5	677,8	40	Tekan
165	140,3	0,65	962,04	64,3	625,3	41,8	Tekan
155	131,8	0,65	876,8	66,9	569,9	43,5	Tekan
145	123,3	0,65	786,01	69,4	510,9	45,1	Tekan
130	110,5	0,65	624,2	72,3	405,7	47	Tekan
121.2	103,03	0,65	571,2	73,8	336,2	48	Seimbang
120	102	0,65	507,7	73,6	330	47,8	Tarik
110	93,5	0,65	426	71,3	276,9	46,4	Tarik
100	85	0,65	337	68,5	219,02	44,5	Tarik
90	76,5	0,65	238,2	65	154,8	42,2	Tarik
80	68	0,70	126,01	60,7	88	42,4	Tarik
75	63,8	0,79	67,2	58,2	53,3	46,1	Tarik
68	57,8	0,88	10,8	54,3	9,5	48	Tarik
66.7	56,7	0,90	0	53,6	0	48,2	Tarik



Gambar 4. Diagram interaksi kolom K3



Tabel 3. Rekapitulasi gaya aksial (P_n) dan momen lentur (M_n) kolom lingkaran tipe C5

C	a	Φ	P_n	M_n	ΦP_n	ΦM_n	Ket.
Gaya Aksial Murni		0,65	1521,3	0	988,8	0	Tekan
294	249,9	0,65	1521,3	23,6	988,8	15,3	Tekan
284	241,4	0,65	1521,3	28	988,8	18,2	Tekan
274	232,9	0,65	1521,3	32,6	988,8	21,2	Tekan
264	224,4	0,65	1521,3	37,1	988,8	24,1	Tekan
254	215,9	0,65	1463,6	41,6	951,4	27,1	Tekan
244	207,4	0,65	1402,3	46	911,5	29,9	Tekan
234	198,9	0,65	1337,8	50,2	869,6	32,6	Tekan
224	190,4	0,65	1270,1	54,2	825,6	35,3	Tekan
214	181,9	0,65	1198,4	58	779	37,7	Tekan
204	173,4	0,65	1122,2	61,5	729,4	40	Tekan
194	164,9	0,65	1042,4	64,8	677,6	42,1	Tekan
184	156,4	0,65	958,8	67,8	623,2	44,1	Tekan
174	147,9	0,65	870,9	70,7	566,1	45,9	Tekan
164	139,4	0,65	778,3	73,4	505,9	47,7	Tekan
150	127,5	0,65	639,3	77	415,5	50,1	Tekan
139,4	118,48	0,65	522,5	79,6	339,7	51,7	Seimb ng
135	114,75	0,65	485,3	79	315,4	51,3	Tarik
125	106,25	0,65	396,9	77,3	258	50,2	Tarik
115	97,75	0,65	317	74,2	206,1	48,3	Tarik
105	89,25	0,65	235,2	70,4	152,9	45,8	Tarik

Gambar 5. Penampang kolom lingkaran tipe C5

Data-data kolom tipe C5 yang dianalisa adalah sebagai berikut:

E_s = 200.000 Mpa

f_c' = 25 Mpa

f_y = 390 Mpa

Diameter kolom (D) = 280 mm

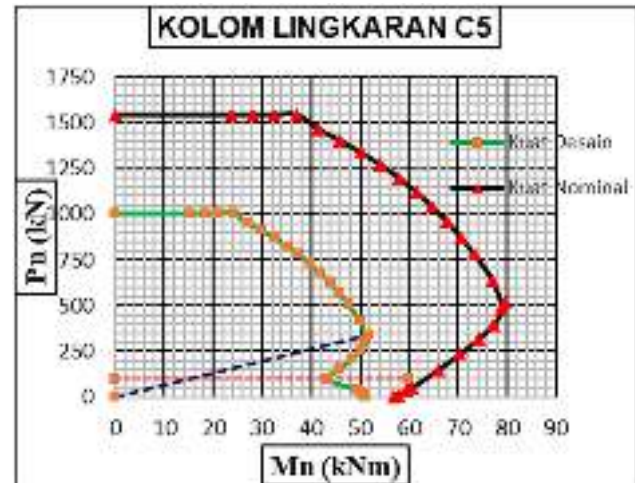
Tebal brutto selimut beton (d_s) = 50 mm

Jumlah tulangan (n) = 8 buah

Diameter tulangan ($\emptyset$) = 16 mm

95	80,75	0,66	147,5	65,9	97,4	43,5	Tarik
85	72,25	0,82	51,4	60,6	42	49,5	Tarik
83	70,55	0,84	35,3	59,5	29,8	50,1	Tarik
80	68	0,88	11,3	57,7	9,9	50,9	Tarik
78,62	66,83	0,90	0	56,8	0	51,1	Tarik

Hasil rekapitulasi dapat dilihat pada (Tabel 3), kemudian diplotkan pada sumbu x dan y sehingga kuat nominal dan kuat desain dapat diketahui sebagai batasan gaya yang bekerja pada kolom (Gambar 6).



Gambar 6. Diagram interaksi kolom c5

Tabel 4. Persentase gaya aksial dan momen lentur kolom bujur sangkar dan lingkaran

Beban	K3	C5	Selisih	Persentase (%)
Gaya Aksial	999,054	1003,5	4,442	0,443
Momen Lentur	52,467	51,14	1,327	2,529

Kekuatan gaya aksial dan momen lentur untuk tipe kolom lainnya, dapat dilihat pada lampiran.

KESIMPULAN

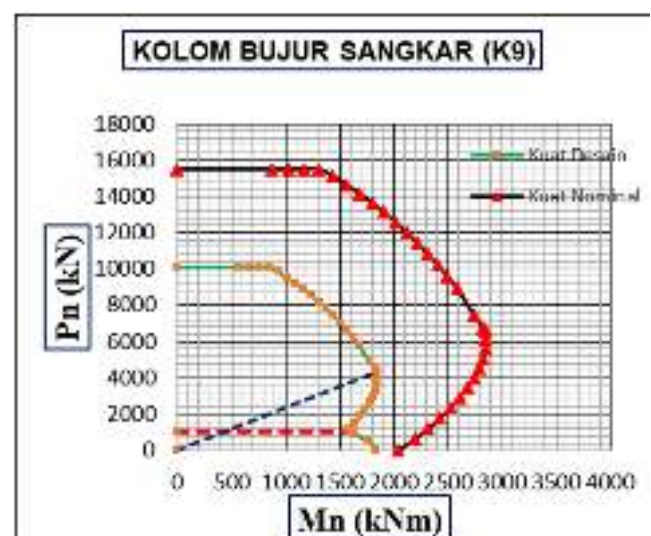
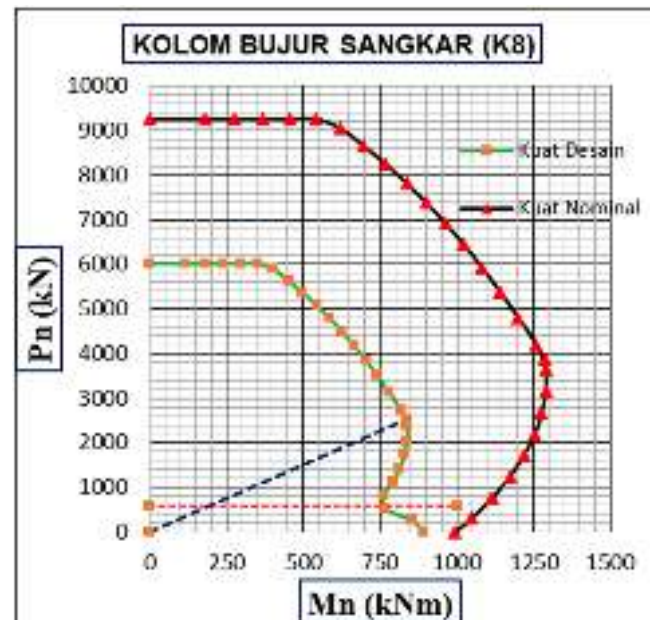
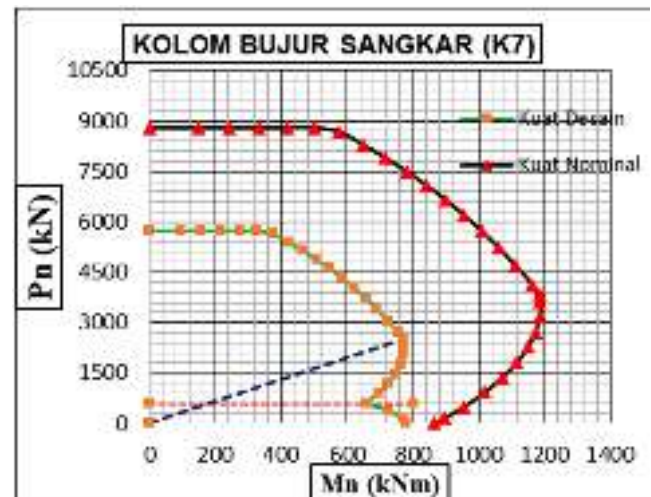
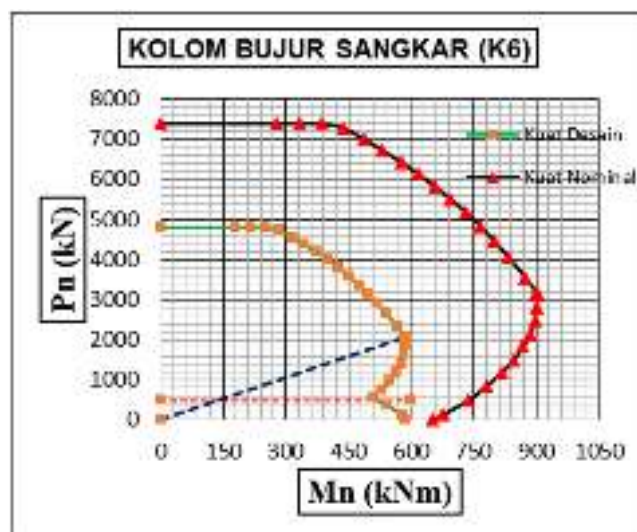
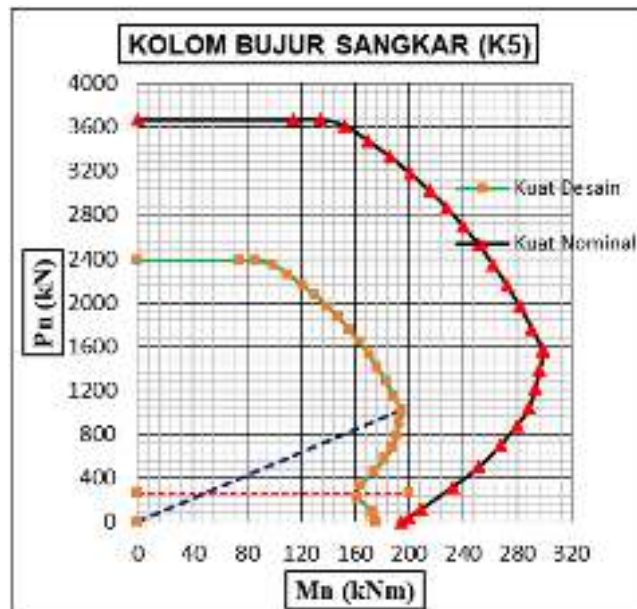
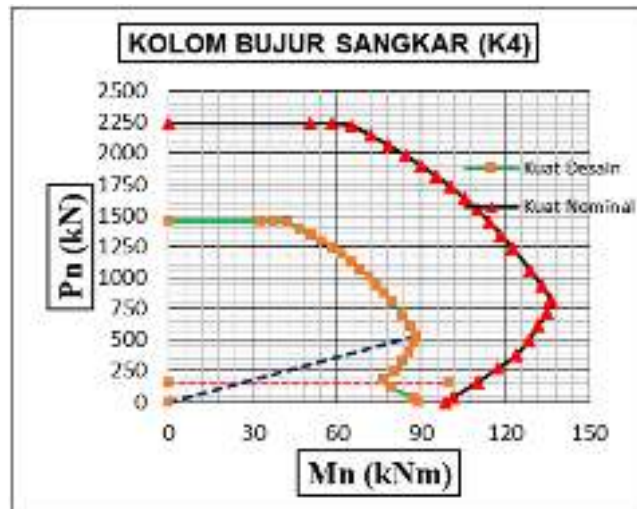
Dengan luasan yang sama, maka dapat disimpulkan bahwa kolom bujur sangkar lebih kuat dalam menahan momen lentur dari kolom lingkaran sebesar 0,015 – 0,61 %, sedangkan kolom lingkaran lebih kuat dalam menahan gaya aksial dari kolom bujur sangkar sebesar 1,9 – 4,4 %.

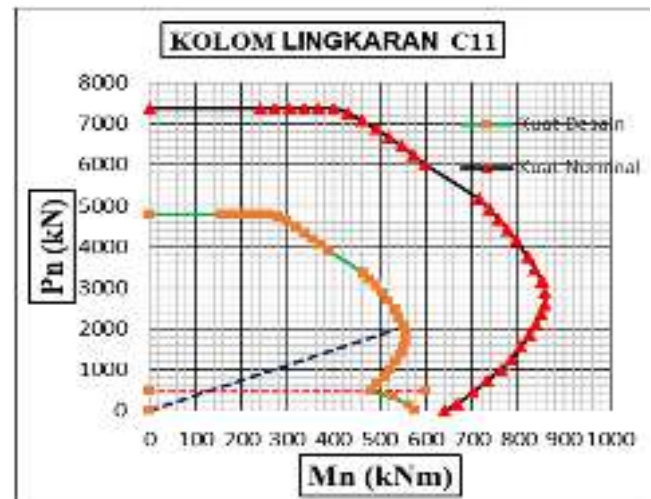
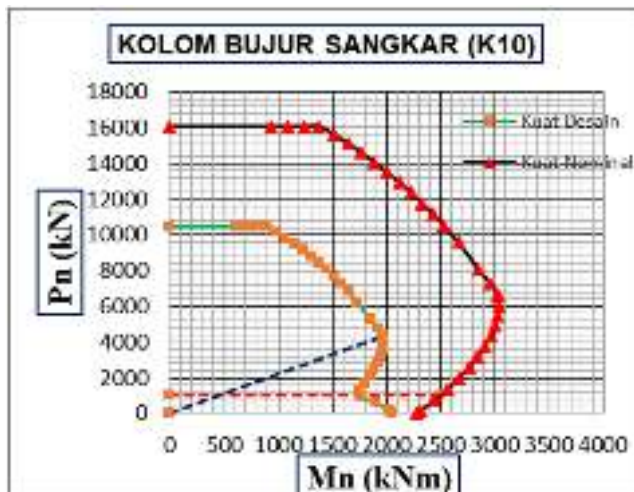
DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Wuritno, 2012, "Analisis Kolom Pendek Beton bertulang Yang Mengalami Gaya Aksial Centris dan Momen Biaksial Akibat Pengaruh Geometrik Penampang Melintang dan Konfigurasi Tulangan," *Jurnal Teknik Sipil Vol. 5 No. 2012*, Volume. V. Nomor. 1.
- [2] Marzon and M. Islam, 2018, "Analisis Penampang Kolom Beton Bertulang Persegi Panjang Berlubang," *Jurnal Inersia Oktober 2018 Vol. 10 No. 2*, Volume X, Nomor. 2. Hlm.1-12.
- [3] Bayzoni, L. Irianti and V. C. Putri, 2016, "Evaluasi Perancangan Kolom Beton Bertulang dengan Metode Elemen Hingga," *Jurnal Rekayasa Volume. 20 Nomor. 3, Desember 2016*, Volume. XX, Nomor. 3. Hlm.139-154.
- [4] R. Frans, F. Thioriks, J. Tanijaya and H. T. Kalangi, 2013, "Analisis Diagram Interaksi Kolom Pada Perencanaan Kolom Pipih Beton Bertulang," *Konferensi Nasional Teknik Sipil Oktober 2013*,
- [5] Y. Arfiadi, "Diagram Interaksi Perancangan Kolom Dengan Tulangan Pada Empat Sisi Berdasarkan SNI 2847:2013 dan ACI 318M-11," *Jurnal Teknik Sipil. Volume. XIII. Nomor. 4. Hlm. 268-290*.

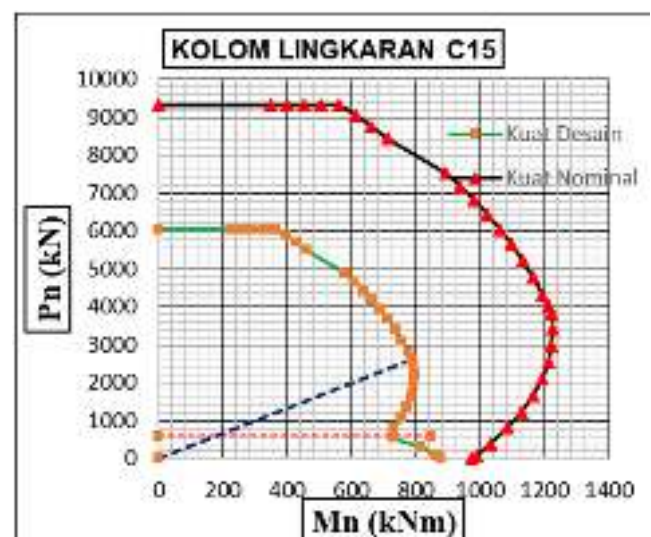
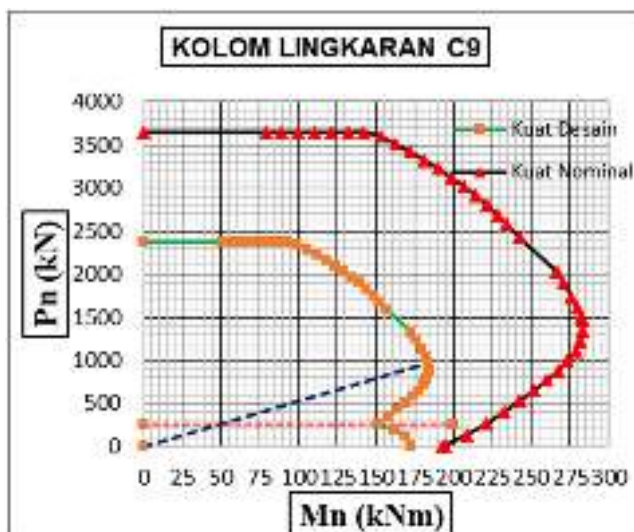
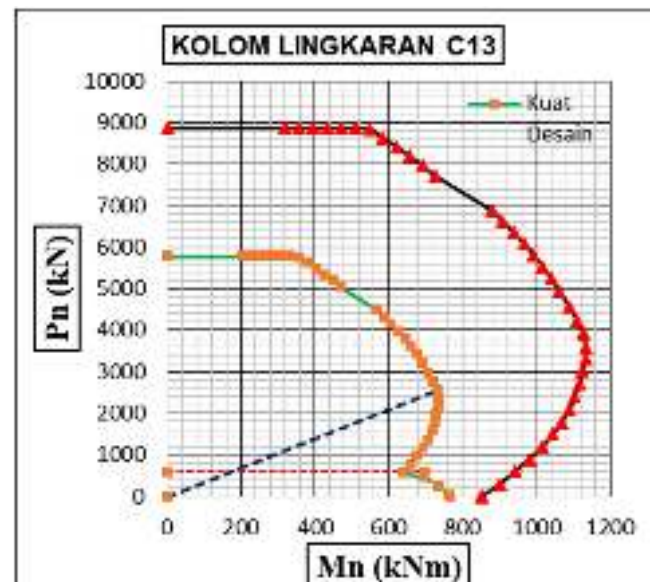
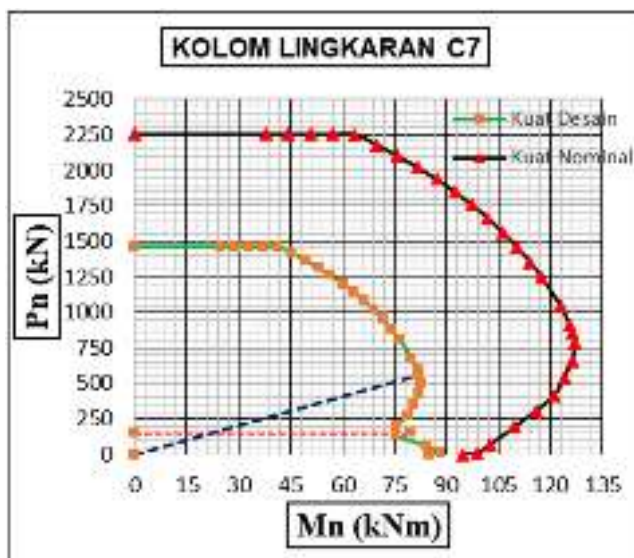
LAMPIRAN

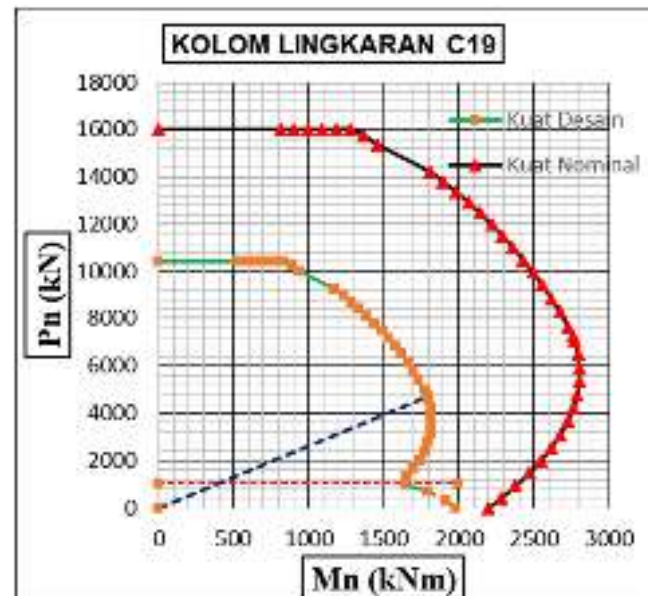
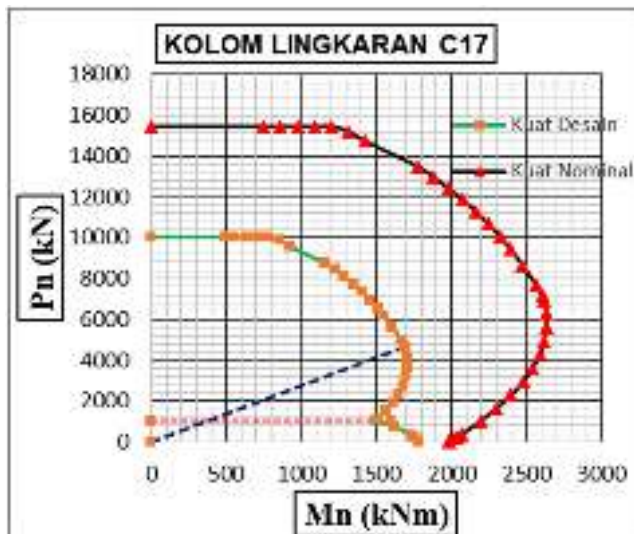
1. KOLOM BUJUR SANGKAR





2. KOLOM LINGKARAN





3. PERSENTASE GAYA AKSIAL DAN MOMEN LENTUR KOLOM BUJUR SANGKAR DAN LINGKARAN

Kolom Tipe K4 dan Tipe C7

Beban	K4	C7	Selisih	Persentase (%)
Gaya Aksial	1457,14	1465,9	8,76	0,598
Momen Lentur	89,010	85,160	3,85	4,325

Kolom Tipe K5 dan Tipe C9

Beban	K5	C9	Selisih	Persentase (%)
Gaya Aksial	2384,86	2386,28	1,42	0,06
Momen Lentur	175,29	173,04	2,25	1,284

Kolom Tipe K6 dan Tipe C11

Beban	K6	C11	Selisih	Persentase (%)
Gaya Aksial	4800,43	4802,43	2	0,042
Momen Lentur	587,13	575,71	11,42	1,945

Kolom Tipe K7 dan Tipe C13

Beban	K7	C13	Selisih	Persentase (%)
-------	----	-----	---------	----------------

Gaya Aksial	5727,37	5762,38	35,01	0,608
Momen Lentur	779,23	766,57	12,66	1,625
Kolom Tipe K8 dan Tipe C15				
Beban	K8	C15	Selisih	Persentase (%)
Gaya Aksial	6018,93	6053,94	35,01	0,578
Momen Lentur	894,73	876,78	17,95	2,006
Kolom Tipe K9 dan Tipe C17				
Beban	K9	C17	Selisih	Persentase (%)
Gaya Aksial	10084	10085,6	1,56	0,015
Momen Lentur	1836,18	1787,78	48,39	2,635
Kolom Tipe K10 dan Tipe C19				
Beban	K10	C19	Selisih	Persentase (%)
Gaya Aksial	10460,5	10465,7	5,18	0,049
Momen Lentur	2045,86	1980,39	65,47	3,2