



EVALUASI KAPASITAS PENAMPANG KOLOM BETON BERTULANG MENGUNAKAN DIAGRAM INTERAKSI

Agus Subrianto^{1*}, Puryanto¹, Fadhila Firdausa¹

¹*Politeknik Negeri Sriwijaya*

**Corresponding Author: agussubrianto@gmail.com*

Naskah diterima : 04 Maret 2020. Disetujui: 15 Maret 2020. Diterbitkan : 30 Maret 2020

ABSTRACT

This article discusses the rapid evaluation of the capacity of reinforced concrete columns under combination of axial loads and two-way bending. The model reviewed is a 3-stories building that uses uniform column size. The structure of the building is analyzed using a computer-aided program to obtain internal forces. Interaction diagrams of the cross-section configurations are made to help check the working axial and flexural forces. By looking at the distribution of the combination of axial and flexural forces acting on the interaction diagram plot, it can be determined whether a cross section is efficient enough to be used in columns throughout the building. The results of the analysis show that the columns commonly used in shophouses are still safe in carrying out a combination of axial and flexible loads that work due to the influence of gravity loads.

Keywords : column design, reinforced concrete, axial bending moment combination, section capacity, interaction diagram

ABSTRAK

Artikel ini membahas tentang evaluasi cepat kapasitas penampang kolom beton bertulang yang memikul kombinasi beban aksial dan lentur dua arah. Model yang ditinjau adalah bangunan ruko 3 lantai yang menggunakan ukuran kolom seragam. Struktur bangunan dianalisis menggunakan program bantu komputer untuk mendapatkan gaya-gaya dalam. Diagram interaksi dari beberapa konfigurasi penampang dibuat untuk membantu melakukan pengecekan gaya aksial dan lentur yang bekerja. Dengan melihat distribusi kombinasi gaya aksial dan lentur yang bekerja terhadap plot diagram interaksi, dapat ditentukan apakah suatu penampang cukup efisien untuk digunakan pada kolom di seluruh bangunan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kolom yang biasa digunakan pada bangunan ruko masih aman dalam memikul kombinasi beban aksial dan lentur yang bekerja akibat pengaruh beban gravitasi.

Kata kunci : disain kolom, beton bertulang, kombinasi lentur aksial, kapasitas penampang, diagram interaksi

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Elemen-elemen struktur bangunan bekerjasama untuk menciptakan kestabilan. Stabilitas yang diharapkan harus memenuhi stabilitas secara menyeluruh, stabilitas sambungan serta stabilitas yang berkaitan dengan kekuatan dan kekakuan komponen. Akibat gaya luar yang bekerja, akan timbul reaksi internal berupa gaya tarik, lentur, tekan, tumpu dan defleksi [1]. Kolom merupakan salah satu elemen struktural yang berfungsi untuk menahan beban aksial dengan atau tanpa adanya momen lentur [2][3].

Kolom memiliki rasio dimensi penampang dengan panjangnya secara bervariasi sesuai dengan kebutuhan konstruksi. Apabila rasio tersebut relatif kecil maka disebut sebagai kolom pendek dan akan mengalami kegagalan oleh kekuatan material berupa hancurnya material beton atau baja tulangan. Sedangkan bila rasio panjang terhadap penampang relatif besar, maka kegagalan kolom akan mempertimbangkan efek tekuk dan pada kondisi ini kapasitas kolom dalam memikul beban akan berkurang [1][2][4][5]. Pada bangunan gedung bertingkat, kolom umumnya dibuat secara monolit secara vertikal keatas. Meskipun begitu, dilapangan hampir semua kolom akan memikul momen sehingga terjadi kombinasi antara beban lentur dan aksial. Momen terjadi akibat eksentrisitas beban portal yang bekerja, di samping itu juga akibat pengaruh beban lateral.

Bentuk penampang kolom beton bertulang bisa bermacam-macam, yaitu persegi, persegi panjang, lingkaran atau berbentuk profil. Bentuk kolom yang banyak digunakan pada konstruksi ruko yaitu berbentuk persegi panjang, pipih ke arah belakang gedung. Hal ini dibuat dengan alasan untuk memaksimalkan luas ruangan karena ukuran lebar dari satu pintu ruko sangat kecil, antara 4 sampai 5 meter. Dimensi memanjang penampang bervariasi sesuai dengan bentang antar kolom ke arah belakang yang berkisar antara 4 sampai 6 meter. Sebagian kecil kolom menggunakan penampang yang persegi dengan konsekuensi kolom akan menonjol dari dinding.

Perhitungan yang dilakukan perencana ditempuh dengan berbagai cara, mulai dengan melakukan analisis secara manual, penggunaan diagram hingga menggunakan program bantu computer. Tujuan dari pembuatan artikel ini adalah untuk membantu melakukan pengecekan secara cepat kapasitas kolom dalam memikul kombinasi beban lentur dan aksial, dari bentuk kolom yang biasa digunakan pada bangunan ruko. Pengecekan cepat dapat dilakukan dengan cara pembuatan diagram interaksi profil kolom beton bertulang yang telah ditentukan dengan beberapa konfigurasi tulangan.

1.2. Diagram Interaksi

Analisis dan disain kolom beton bertulang sangat rumit karena sifat komposit pada materialnya serta mempertimbangkan kombinasi beban lentur dan aksial secara bersamaan [1]. Pada peraturan yang sekarang digunakan di Indonesia [6], disain kolom didasarkan pada :

$$\phi M_n > M_u \quad (1)$$

dan

$$\phi P_n > P_u \quad (2)$$

dimana : ϕM_n = kekuatan lentur rencana, M_u = momen lentur terfaktor, ϕP_n = kekuatan aksial rencana dan P_u = beban aksial terfaktor.

Gaya-gaya yang bekerja harus didisain sesuai dengan beban terfaktor (ultimit) dengan kombinasi-kombinasi beban yang terdapat pada peraturan [6][7].

Analisis penampang kolom pada dasarnya menggunakan sifat kompatibilitas regangan yang bekerja. Karena adanya pembatasan nilai kekuatan tekan dan tarik dari baja tulangan, maka persamaan yang diturunkan akan menjadi kompleks sehingga perhitungan secara manual harus dilakukan satu persatu. Untuk keperluan praktis disain, maka penggunaan diagram interaksi akan sangat memudahkan dalam pengecekan kekuatan kolom yang bekerja. Caranya adalah dengan memberikan beban runtuh dan momen

runtuh dari suatu penampang kolom untuk setiap angka eksentrisitas dari nol sampai tak terhingga. Hasil perhitungan dengan menentukan sejumlah eksentrisitas akan memberikan pasangan P_n dan M_n yang dapat di plot membentuk suatu diagram yang melingkupi semua jenis keruntuhan yaitu keruntuhan seimbang, tekan dan tarik.

Akan tetapi, penggunaan diagram interaksi yang sudah dibuat oleh beberapa pihak hanya dapat digunakan untuk konfigurasi kolom tertentu [8][9]. Desain diagram yang terdapat dalam buku teks [2], biasanya mengambil sumber dari American Concrete Institute yang menggunakan satuan berbeda atau dengan mutu beton yang telah ditentukan. Untuk itulah diperlukan *tool* yang bisa membantu melakukan pengecekan dengan cepat berupa diagram yang mudah digunakan.

2. METODE PENELITIAN

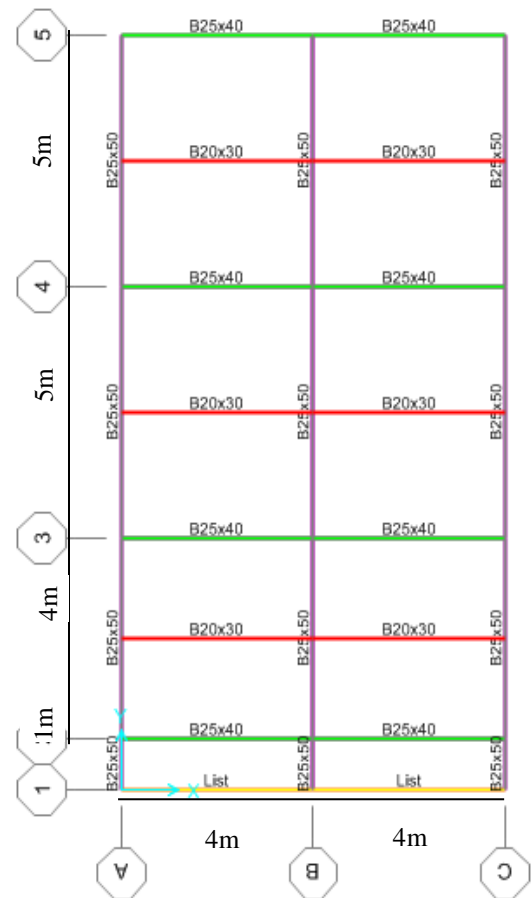
2.1. Struktur yang Ditinjau

Struktur bangunan yang ditinjau dalam artikel ini adalah bangunan ruko 3 lantai yang konfigurasi denahnya banyak ditemukan di Palembang. Pada lantai ketiga biasanya tidak semua dipasang dinding dan dak beton, ada yang terbuka bagian depan dan ada yang terbuka pada bagian belakang, sehingga terkadang bangunan disebut sebagai ruko 2 1/2 lantai. Pada model yang akan ditinjau, lantai 3 terbuka bagian belakang dan pada bagian depan terdapat ruangan seperti terlihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

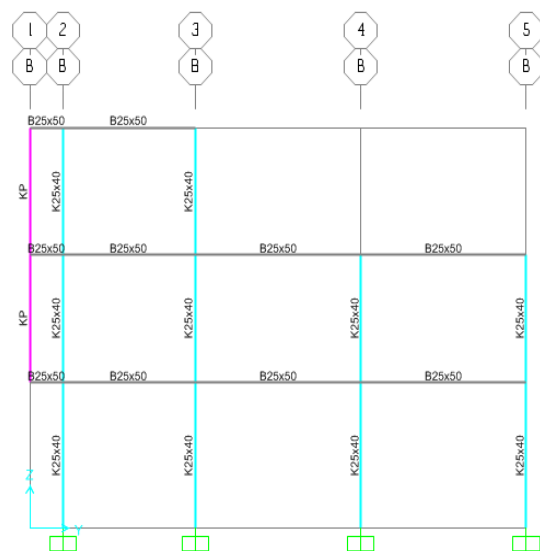
Data-data bangunan adalah sebagai berikut:

- Kolom : 25cm x 40cm
- Balok Induk : 25cm x 40 cm
25cm x 50 cm
- Balok anak : 20cm x 30cm
- Pelat lantai : 12 cm

Akan ditinjau penggunaan variasi tulangan yang digunakan pada kolom, yaitu 10 D13 mm dengan mutu 390 MPa (tulangan ulir).



Gambar 1. Denah Balok



Gambar 2. Tampak samping portal

Dilapangan masih banyak ruko yang menggunakan diameter 12mm polos, sehingga akan dicoba juga 10 d 12 mm dengan mutu tulangan 235 Mpa. Data penampang kolom dan tulangan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi kolom dan konfigurasi tulangan yang ditinjau

Spesifikasi <i>Material</i>		Kode Kolom		Satuan
		Tipe 1	Tipe 2	
Kuat tekan beton	fc'	21	21	MPa
Kuat leleh tulangan	fy	390	235	MPa
<i>Dimensi Kolom</i>				
Lebar	bx	250	250	mm
Panjang	by	400	400	mm
Luas penampang	Ag	100000	100000	mm ²
Selimit beton	ds	40	40	mm
<i>Tulangan pokok</i>				
Diameter	D	13	12	mm
Luas	Ab	132,73	113,10	mm ²
Jumlah	n	10	10	
Arah Lebar	nx	3	3	
Arah panjang	ny	4	4	
Luas tulangan terpasang	As	1327,32	1130,97	mm ²
Rasio tulangan	ρ	1,33	1,13	%
<i>Sengkang</i>				
Diameter	ϕ	8	8	mm
Luas	Ab	50,27	50,27	mm ²
<i>Jarak antar tulangan</i>				
Arah x	Sx	57,5	59	mm
Arah y	Sy	84,00	85,33	mm

Pembebanan mati mengikuti standar pembebanan ruko seperti disajikan pada tabel 2. Untuk beban hidup diambil sebesar 3.89 kN/m² untuk keperluan niaga sesuai SNI-1727-2013 [7].

Beban mati yang diaplikasikan pada struktur dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Beban mati yang diaplikasikan pada struktur

	Berat kN/m ³	Tebal m	Tinggi m	Total kN/m ²	Total kN/m ¹
Mortar	22	0,02		0,44	
Keramik	22	0,005		0,11	
Plafon dan utilitas				0,2	
Total Beban lantai				0,75	
<i>Dinding</i>					
Tinggi balok	0,5	m			
Posisi Sloof			4	2,5	8,75
Lantai 1			3,5	2,5	7,5
lantai 2			3,5	2,5	7,5
lantai atap			1,5	2,5	3,75

2.2. Metode analisis

Struktur dimodelkan sebagai portal 3 dimensi dengan bantuan program komputer SAP2000 [10]. Kombinasi beban yang ditinjau hanya akibat beban ultimit tanpa mempertimbangkan pengaruh gempa, yaitu 1,2 beban mati (DL) + 1,6 beban hidup (LL).

Permodelan struktur ini digunakan untuk mendapatkan gaya dalam, terutama beban aksial dan momen pada kolom. Pada tulisan ini belum ditinjau pengaruh eksentrisitas dan analisis kolom langsing, karena hanya fokus kepada kapasitas disain suatu penampang kolom, sehingga apabila terjadi pembesaran momen, kapasitas ultimit bisa di plotkan ke diagram yang sudah dibuat.

Kurva diagram interaksi dibuat menggunakan 21 eksentrisitas untuk menggambarkan secara halus hubungan Pn dan Mn. Kurva yang akan disajikan adalah kurva kapasitas nominal kolom yang sudah direduksi oleh faktor 0,65 untuk kolom bersengkang persegi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Distribusi gaya pada kolom tipe 1

Tabel 3 menunjukkan kombinasi gaya aksial dan lentur arah X dan Y yang bekerja

pada seluruh kolom bangunan untuk kolom Tipe K1.

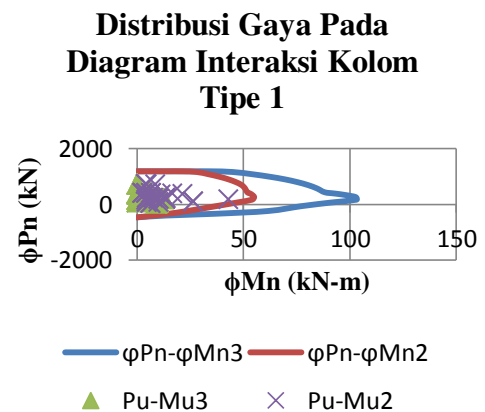
Tabel 3. Kombinasi gaya aksial dan lentur arah X dan Y

P	M2	M3	ex	ey
KN	KN-m	KN-m	mm	mm
404,38	-2,57	-3,55	6,36	8,77
234,74	-4,62	-10,05	19,70	42,83
91,18	4,73	10,09	51,89	110,68
733,20	-4,03	0,00	5,49	0,00
413,53	2,56	0,00	6,19	0,00
157,84	4,35	0,00	27,55	0,00
404,38	-2,57	-6,48	6,36	16,02
234,74	7,72	10,05	32,87	42,83
91,18	4,73	-10,09	51,89	110,68
411,97	6,60	6,13	16,03	14,87
233,88	-13,40	9,93	57,30	42,48
52,79	-6,40	-9,59	121,32	181,68
711,71	8,67	0,00	12,18	0,00
400,19	-16,58	0,00	41,43	0,00
88,99	-10,11	0,00	113,57	0,00
411,97	6,60	-6,13	16,03	14,87
233,88	-13,40	9,89	57,30	42,28
52,79	-6,40	-9,12	121,32	172,77
413,88	-4,46	6,37	10,78	15,38
206,64	10,21	12,70	49,39	61,48
720,78	-4,63	0,00	6,43	0,00
362,49	11,10	0,00	30,61	0,00
413,88	-4,46	-6,37	10,78	15,38
206,64	10,21	-12,70	49,39	61,48
207,50	-13,44	4,53	64,76	21,84
100,63	-26,35	9,17	261,84	91,14
376,88	-21,50	0,00	57,06	0,00
186,35	-42,88	0,00	230,12	0,00
207,50	-13,44	-4,53	64,76	21,84
100,63	-26,35	-9,17	261,84	91,14

Gaya-gaya tersebut lalu di plotkan pada kurva interaksi seperti terlihat pada gambar 3. Dari gambar dapat dilihat bahwa semua kombinasi aksial-lentur baik arah X dan Y masih berada dalam cakupan kurva sehingga

semua kolom dapat dinyatakan aman. Akan tetapi beberapa kombinasi gaya yang bekerja sudah mendekati kurva $\phi P_n - \phi M_{n2}$ (arah sumbu lemah), meskipun untuk sumbu kuat masih sangat jauh.

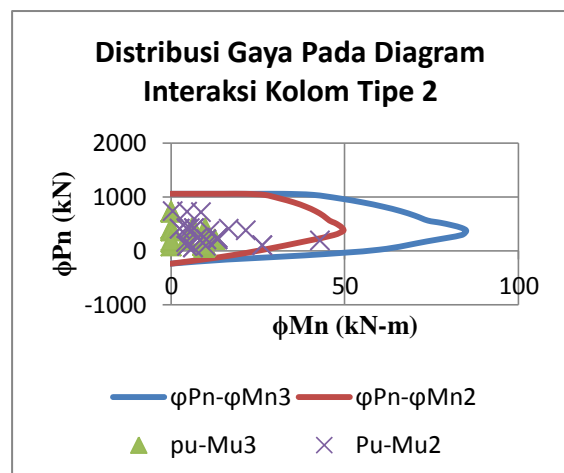
Distribusi gaya aksial dan lentur pada kurva interaksi kolom tipe 1, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Distribusi gaya aksial dan lentur pada kurva interaksi kolom tipe 1.

3.2. Distribusi gaya pada kolom tipe 2

Kolom tipe 2 menggunakan dimensi sama tetapi di analisis penggunaan tulangan yang masih banyak dipakai di lapangan, yaitu diameter 12 mm polos, meskipun tidak diijinkan lagi oleh peraturan.



Gambar 4. Distribusi gaya aksial dan lentur pada kurva interaksi kolom tipe 2.

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa kombinasi gaya aksial dan lentur yang bekerja masih berada dalam selimut kurva interaksi arah sumbu kuat, tetapi ada kolom yang sudah berada diluar kurva sumbu lemah. Meskipun demikian, secara umum distribusi gaya pada kolom berada pada angka yang aman.

3.3. Diskusi

Dari kedua tipe kolom yang ditinjau, terlihat bahwa distribusi gaya berada pada batas aman, meskipun agak dekat ke kurva interaksi $\phi P_n - \phi M_{n2}$ (arah sumbu lemah). Sebagian besar kolom berada pada kondisi keruntuhan tekan, yaitu zona di atas keruntuhan seimbang pada kurva interaksi. Kolom yang mendekati batas kurva adalah kolom yang mengalami keruntuhan tarik, berada pada lantai atas yang bisa diantisipasi dengan menambah kekangan pada kolom, atau menggunakan kolom dengan dimensi yang lebih kecil. Akan tetapi, pembesaran momen akibat efek beban lateral perlu ditinjau, terlebih lagi peraturan mensyaratkan perhitungan gaya gempa pada bangunan.

4. KESIMPULAN

Diagram interaksi kolom yang dibuat sesuai dengan kebutuhan, terutama untuk melakukan pengecekan pada profil dengan konfigurasi tulangan yang telah ditentukan terbukti secara cepat dapat mengevaluasi apakah kombinasi gaya aksial-momen pada dua arah masih aman. Caranya adalah dengan melakukan plot pasangan gaya dalam pada kurva interaksi yang telah dibuat. Diagram ini bias dicetak dan bisa dijadikan sebagai pembandingan bagi pihak yang melakukan perhitungan secara manual. Dalam tinjauan yang dilakukan dalam artikel ini, kolom ukuran 25cm x 40 cm yang sering digunakan pada bangunan ruko, dengan jumlah tulangan 10, baik berdiameter 12 mm dan 13 mm secara umum masih aman digunakan apabila menggunakan bentang antar kolom 5m tanpa mempertimbangkan efek gaya lateral dan kelangsingan kolom. Itulah sebabnya bangunan ruko di kota Palembang masih tetap menggunakan tulangan pokok diameter 12mm

karena secara teoritis masih aman dan belum ada kejadian ambruk karena keruntuhan kolom. Akan tetapi, untuk mengantisipasi hal-hal yang belum terjadi, perhitungan gaya lateral perlu dimasukkan ke dalam perhitungan, terlebih lagi peraturan mensyaratkan hal tersebut. Untuk bentang antar kolom lebih dari 5 m, perlu ditinjau kembali apakah kolom mampu memikul beban dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] Schodek, D. L., 1999. Struktur edisi kedua. Penerbit Erlangga, Jakarta. ISBN : 979-411-698-X.
- [2] Setiawan A., 2016. Perancangan struktur beton bertulang berdasarkan SNI 2847 : 2013. Erlangga, Jakarta. ISBN : 978-602-298-626-3.
- [3] Imran I., Zulkifli E., 2014. Perencanaan dasar struktur beton bertulang. Penerbit ITB, Bandung. ISBN : 978-602-9056-73-0.
- [4] Imran I., Hendrik F., 2014. Perencanaan lanjut struktur beton bertulang. Penerbit ITB, Bandung. ISBN : 978-602-9056-74-7.
- [5] Tavo, Wijaya U., 2019. Buku panduan desain struktur beton bertulang dasar sesuai ACI 318M-14 code. Deepublish Publishing, Yogyakarta. ISBN : 978-623-209-972-0
- [6] SNI-03-2847-2013, 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- [7] SNI-1727-2013, 2013. Beban Minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- [8] Arfiandi, Y., 2016. Diagram interaksi perancangan kolom dengan tulangan pada empat sisi berdasarkan SNI 2847:2013 dan ACI 318-11. Jurnal

Teknik Sipil Vol. 13 No. 4 2016, pp 268-290.

- [9] Frans R., Thioriks, F., Tanijaya, J., Kalangi, H. T., 2013. Analisis diagram interaksi kolom pipih beton bertulang. Prosiding Konteks 7 Universitas Sebelas Maret pp 53-60.
- [10] Computer and structures, 2017. Introductory tutorial SAP 2000 v17. Computers and structures Inc, Berkeley.