

## PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG APARTEMEN LYON DI KOTA YOGYAKARTA MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS

**Fauzi AbdulRachman<sup>1</sup>, Utari Khatulistiani<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UWKS.

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UWKS.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya  
Jl. Dukuh Kupang XX No. 54, Kota Surabaya, 60225, Jawa Timur, Indonesia

Email: [cikujik1@gmail.com](mailto:cikujik1@gmail.com) & [utari.kh@gmail.com](mailto:utari.kh@gmail.com)

**Abstrak :** Dalam Perencanaan gedung menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) agar gedung bersifat daktail dalam menahan gaya gempa. Pembebanan gempa mengacu pada peraturan SNI 1726-2012, untuk beban gravitasi menggunakan acuan PPIUG 1983, dan perhitungan struktur beton menggunakan acuan SNI 2847-2013 dengan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Dalam perencanaan ini terdapat struktur sekunder yaitu balok anak, tangga, plat lantai dan plat atap Struktur primer berupa balok induk dan kolom. Beton menggunakan mutu  $f_c'$  adalah 45 MPa dan mutu baja  $f_y$  adalah 400 MPa. Analisa struktur menggunakan SAP 2000, dan PCACOL untuk menentukan tulangan kolom. Hasil dari perhitungan diperoleh dimensi kolom 65 cm x 65 cm dengan penulangan 16D25 mm dan tulangan sengkang 6 kaki D12-100 mm. Dimensi balok induk diperoleh 40 cm x 50 cm dengan tulangan utama 12D22, dan tulangan sengkang D12-100. Pondasi menggunakan tiang pancang dengan kedalaman 21 m, dengan dimensi 50 cm x 50 cm. Dimensi sloof 60 cm x 60 cm dengan tulangan 16D25 dan tulangan sengkang D22-200. Nilai simpangan antar lantai gedung tingkat desain ( $\Delta$ ) diperoleh sebesar 5,1 mm < simpangan gedung tingkat ijin ( $\Delta_a$ ) = 80 mm, dan kontrol T-Rayleigh diperoleh sebesar 1,06 detik < T empiris = 3,72 detik. Persyaratan strong column weak beam untuk kuat lentur kolom = 2023,07 kNm  $\geq$  1896,64 kNm, dan momen gaya geser dalam HBK 4 balok adalah  $\phi V_n = 3613,62$  KN > 2092,2 KN. Hasil perencanaan gedung dengan SRPMK telah sesuai dan telah sesuai dengan peraturan dan persyaratan SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012.

**Kata kunci :** struktur gedung, konstruksi beton bertulang, sistem rangka pemikul momen khusus, gempa tinggi.

### 1. PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Yogyakarta adalah kota yang tengah berkembang dan merupakan salah satu tujuan kota wisata di Indonesia. Hal tersebut mengakibatkan banyaknya bisnis dan wisatawan berdatangan di kota Yogyakarta. Oleh karena itu banyak orang dari luar daerah dan mancanegara yang datang ke Yogyakarta untuk berwisata, berbisnis maupun mengembangkan usaha yang dimiliki. Maka melihat potensi tersebut Pemerintah kota Daerah Istimewa Yogyakarta berencana akan membangun tempat hunian bertingkat (apartemen).

Apartemen merupakan tempat tinggal yang terdiri atas ruang duduk, ruang tidur, kamar mandi, dan dapur, yang berada pada tiap lantai bangunan bertingkat. Bangunan bertingkat, terbagi dalam beberapa tempat tinggal. Jadi Apartemen merupakan sebuah model tempat tinggal yang hanya mengambil sebagian kecil dari suatu ruang bangunan, seringkali disebut "rumah-rumah". Di dalam apartemen itu ada beberapa rumah yang ditinggali oleh

keluarga yang berbeda. Saat ini tinggal di apartemen menjadi gaya hidup dan kebutuhan masyarakat modern masa kini karena lokasi apartemen yang strategis membuat banyak kalangan yang menggemari model hunian ini. Apartemen ini dibangun ke atas disebabkan batasan lahan yang tersedia kurang begitu luas dan jumlah ruang kamar yang dibutuhkan sangat banyak oleh sebab itu, maka apartemen didesain berupa bangunan bertingkat ke atas. Dengan tujuan untuk memudahkan penghuni apartemen memenuhi kebutuhannya, maka apartemen dibangun dekat dengan kawasan perkantoran, bisnis, industri, sekolah, pusat perbelanjaan, pusat hiburan serta dekat dengan akses tol, dengan berbagai fasilitas di sekelilingnya. Berkaitan dengan hal tersebut maka apartemen di daerah Yogyakarta ini direncanakan 10 lantai. Perancangan Apartemen ini memperhatikan beberapa kriteria antara lain pemilihan material struktur bangunan, kekuatan dan perilaku bangunan pada saat terjadi gempa, maka pada perancangan Apartemen ini, digunakan material beton bertulang sebagai struktur utamanya.

**ANALISA PERBAIKAN KERUSAKAN JALAN MENGGUNAKAN METODE PCI (Studi kasus : Jln. Babat – Batas Jln. Kab. Jombang STA. 10 – STA. 25)**  
(Arifin Pratama Fadrianto, Siswoyo)

Struktur beton bertulang dipilih sebagai struktur utama pada perencanaan Apartemen karena material beton bertulang memiliki sifat yang fleksibel dengan daktilitas yang tinggi, sehingga bisa direncanakan dengan gaya gempa rencana yang minimum.

Apartemen ini berdiri di daerah Yogyakarta yang merupakan daerah dengan tingkat gempa yang tinggi, maka apartemen didesain harus mampu untuk menahan gaya gempa agar pada saat terjadi gempa tidak terjadi keruntuhan secara tiba-tiba sehingga dapat memberi kesempatan penghuni di dalamnya untuk menyelamatkan diri.

Bila terjadi gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non struktural maupun pada komponen strukturalnya. Bila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non strukturalnya, akan tetapi komponen strukturalnya tidak boleh mengalami kerusakan. Bila terjadi gempa besar, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non struktural maupun komponen struktural, akan tetapi penghuni bangunan dapat menyelamatkan diri. (Napolea 2016).

Gaya gempa yang dikonversikan menjadi beban gempa menghasilkan gaya lateral sangat besar, yang menimbulkan pergoyangan ke samping (arah horisontal). Semakin tinggi bangunan tersebut, simpangan horisontal (*drift*) yang terjadi akan semakin besar, maka perlu dilakukan tinjauan lebih dalam pada *drift* tersebut. SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) adalah desain struktur beton bertulang untuk gedung bertingkat tinggi dengan pendetailan yang menghasilkan struktur bersifat fleksibel memiliki daktilitas yang tinggi. Dengan perencanaan mengikuti ketentuan SRPMK, maka faktor reduksi gaya gempa  $R$  dapat diambil sebesar 8, yang artinya bahwa gaya gempa rencana hanya  $1/8$  dari gaya gempa untuk elastis desain. Pengambilan nilai  $R > 1$  artinya mempertimbangkan post-elastic desain, yaitu struktur mengalami kelelahan tanpa kegagalan fungsi. Ketentuan SRPMK dijelaskan dalam SNI 03-2847-2002 bab 23.3.

### 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka dapat diambil beberapa perumusan masalah, yaitu :

- 1) Menentukan detailing bangunan gedung 10 lantai dengan metode SRPMK detailing sesuai peraturan SNI 2847-2013?
- 2) Apakah simpangan horisontal antar lantai gedung bertingkat 10 lantai dengan metode SRPMK telah memenuhi persyaratan

bangunan tahan gempa sesuai dengan SNI 1726:2012?

- 3) Apakah *strong column weak beam* pada gedung 10 lantai dengan metode SRPMK sudah memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 ?

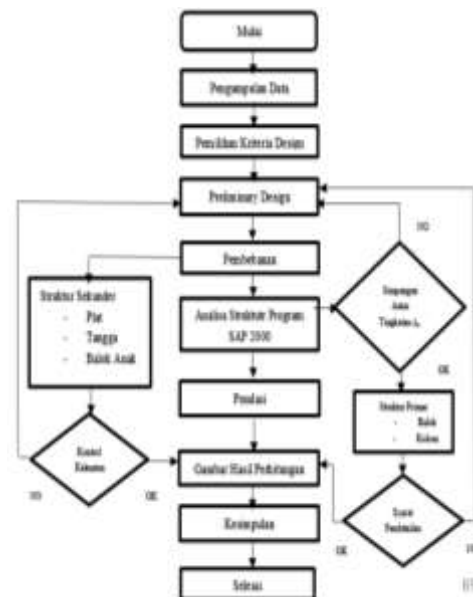
### 1.3 Batasan Masalah

Bahasan yang akan dibahas pada studi perencanaan struktur pada suatu gedung, meliputi beberapa hal sebagai berikut:

- 1) Perencanaan struktur atas dan bawah beton bertulang.
- 2) Pendimensian balok dan kolom.
- 3) Perhitungan tulangan balok dan kolom.
- 4) Perhitungan tulangan hubungan balok dan kolom.
- 5) Tidak membahas perhitungan biaya bangunan.

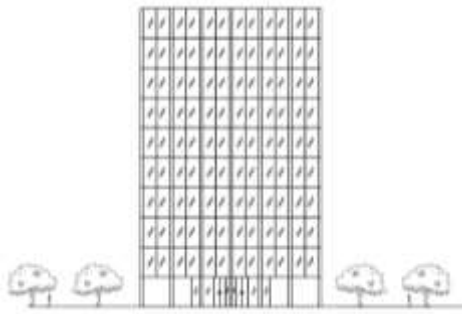
## 2. METODOLOGI PERENCANAAN

Metode perencanaan dilakukan dengan langkah – langkah seperti Gambar 1. Sistem penahan gaya vertikal dan gempa lateral ditunjukkan dalam Tabel 9 atau kombinasi sistem dalam pasal 7.2.2, 7.2.3 dan 7.2.4 SNI 1726:2012. Sistem struktur yang dipilih adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus untuk zona gempa 6. Mutu beton  $f'c$  digunakan 45 MPa dan mutu baja  $f_y$  untuk tulangan digunakan 400 MPa.

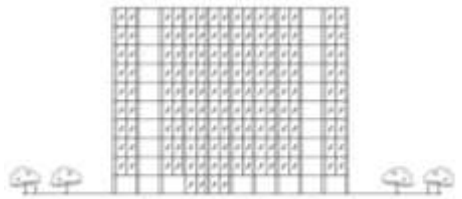


**Gambar 1.** Diagram Alir Perencanaan

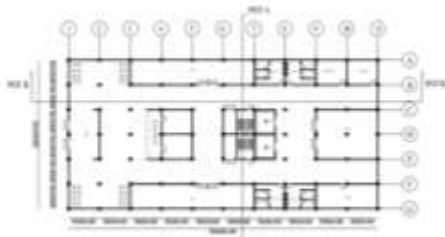
Gambar 2 dan Gambar 3 adalah tampak gedung apartemen. Gambar 4 dan Gambar 5 adalah denah lantai gedung apartemen.



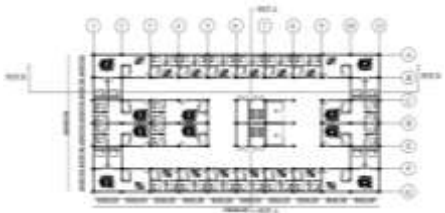
Gambar 2. Tampak Depan



Gambar 3. Tampak Samping



Gambar 4. Denah Lantai 1



Gambar 5. Denah Lantai 2-10

Perencanaan gedung terdiri dari struktur atas, yaitu struktur sekunder dan struktur primer dan struktur bawah yaitu pondasi tiang pancang beton bertulang.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

**3.1 Perencanaan Struktur Sekunder** Mutu yang digunakan adalah mutu beton  $f_c$  adalah 45 MPa dan mutu baja  $f_y$  400 MPa.

#### 3.1.1 Perencanaan Pelat Atap dan Lantai

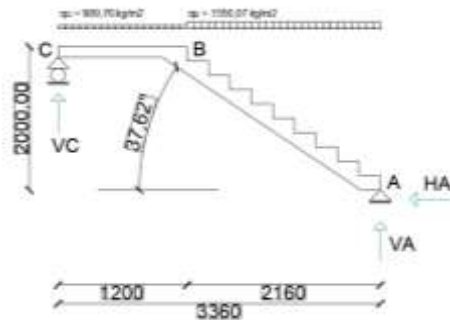
Pembebanan pelat yang direncanakan menggunakan PPIUG 1983 dan perhitungan pembebanan sesuai pasal 9.2.1 SNI 2847:2013. Berdasarkan *preliminary design* diperoleh tebal pelat atap 100 mm, dan pelat lantai 120 mm.

Momen pelat ditentukan berdasarkan PBI 1971 Tabel 13.3.1.

Hasil perhitungan diperoleh penulangan tumpuan dan lapangan pelat atap arah x dan y adalah D8 - 150 mm dan penulangan tumpuan dan lapangan pelat lantai arah x dan y adalah D12 - 250 mm.

#### 3.1.2 Perencanaan Tangga

Data perencanaan tangga yaitu, tinggi antar lantai = 400 cm, tinggi tanjakan = 18,5 cm, lebar injakan = 24 cm, panjang tangga = 336 cm, lebar tangga = 120 cm (Gambar 6). Rencana dimensi balok adalah 20/30 cm, tebal pelat tangga 120 mm. Pembebanan pelat tangga = 1556,07 kg/m<sup>2</sup>, dan pelat bordes = 989,76 kg/m<sup>2</sup>. Diperoleh momen pelat tangga = 24442700 Nmm dan pelat bordes = 23354200 Nmm. Hasil perhitungan diperoleh penulangan tulangan utama dan susut pelat tangga adalah D12 - 125 mm dan D10 - 300 mm. Pelat bordes adalah D12 - 125 mm dan D10 - 300 mm.



Gambar 6. Analisa Statika Tangga

Gaya-gaya dalam dianalisa dengan bantuan program SAP 2000, diperoleh nilai momen dan gaya geser pada balok bordes :  $M_{tu} = 3274306,04$  Nmm,  $M_{lap} = 2251085,4$  Nmm,  $V_u = 5145$  N. Hasil perhitungan penulangan balok tangga tumpuan tarik adalah 2D12 mm dan tekan 2D12 mm dan lapangan tekan adalah 2D12 mm dan tarik 2D12 mm dan tulangan geser D10 - 100 mm.

#### 3.1.3 Perencanaan Balok Anak

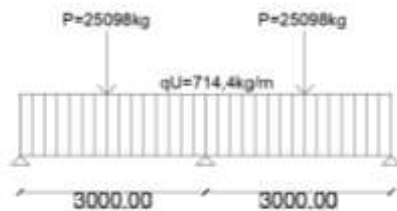
Direncanakan balok anak atap dengan dimensi 30/40 cm dan balok anak lantai dengan dimensi 30/40 cm, dan tebal selimut beton 20 mm. Dari hasil pembebanan dimensi balok anak atap didapat  $Q_u = 981,8$  kg/m, dan balok anak lantai  $Q_u = 1241,2$  kg. Hasil nilai gaya dalam yang diperoleh dengan bantuan program SAP 2000, momen pada balok anak atap :  $M_{tu} = 22313630$  Nmm,  $M_{lap} = 15340620$  Nmm,  $V_u = 24545$  N, dan momen pada balok anak lantai :  $M_{tu} = 28209090$  Nmm,  $M_{lap} = 19393750$  Nmm,  $V_u = 31030$  N. Hasil perhitungan penulangan

**ANALISA PERBAIKAN KERUSAKAN JALAN MENGGUNAKAN METODE PCI (Studi kasus :  
Jln. Babat – Batas Jln. Kab. Jombang STA. 10 – STA. 25)  
(Arifin Pratama Fadrianto, Siswoyo)**

balok anak atap tumpuan tarik adalah 4D12 mm dan tekan 2D12 mm, dan penulangan lapangan tekan 11D12 mm dan tarik 6D12 mm, dan tulangan geser D10-150 mm. Hasil perhitungan penulangan balok lantai tumpuan tarik adalah 4D12 mm dan tekan 2D12 mm, dan penulangan lapangan tekan 11D12 mm dan tarik adalah 6D12 mm, dan tulangan geser D10-150 mm.

### 3.1.4 Perencanaan Balok Lift

Tipe lift digunakan Duplex, kapasitas: 1350 kg (18 orang), lebar pintu: 1000 mm. Untuk penggantung mesin lift direncanakan menggunakan balok dimensi 35/55 cm. Pembebanan balok lift:  $Q_u = 714,4 \text{ kg/m}$ ,  $P_u = 25098 \text{ kg}$  (Gambar 7).



**Gambar 7** Pembebanan Balok Lift

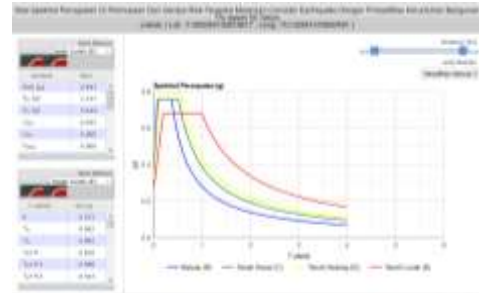
Hasil perhitungan penulangan balok penggantung lift tumpuan tarik 6 D12 mm dan tekan adalah 6D12 mm, dan penulangan lapangan tekan adalah 3D12 mm dan tarik 3D12 mm, dan tulangan sengkang D10 – 100 mm.

### 3.2 Perencanaan Struktur Atas

Mutu beton digunakan  $f'c$  adalah 45 MPa dan mutu baja  $f_y$  400 MPa.

#### 3.2.1 Perencanaan Beban Gempa

Tinggi antar lantai = 4 m, tinggi bangunan = 40 m, dimensi bangunan = 50 m x 24 m. Untuk mendapatkan kategori desain seismik, dilakukan perhitungan nilai rata-rata N dari data SPT hasil penyelidikan tanah. Diperoleh N rata-rata = 9,12 < 15, dan didapat kategori tanah sebagai tanah lunak (SE), maka berdasarkan respon spektrum dari data Puskim untuk kota Yogyakarta (Gambar 8) didapat nilai  $SD_S = 0,682 \text{ g}$  dan  $SD_1 = 0,678 \text{ g}$ , dan koefisien modifikasi respon ( $R$ ) = 8.



**Gambar 8.** Respon Spektrum Kota Yogyakarta

Beban gempa ditentukan dari total berat gedung. Berat gedung setiap lantai dan total berat gedung seperti Table 1.

**Tabel 1.** Berat Struktur Gedung

No	Tinggi (Zx)(m)(A)	Berat (Wx)(Kg)(B)
10	40	844,992
9	36	1,583,602
8	32	1,583,602
7	28	1,583,602
6	24	1,583,602
5	20	1,583,602
4	16	1,583,602
3	12	1,583,602
2	8	1,583,602
1	4	1,583,602
Total		15,097,409

Sesuai tabel 15 SNI 1726:2012, didapat  $C_t = 0,0466$ ;  $x = 0,75$ .  $T_a = 0,0466 \cdot 40^{0,75} = 0,741 \text{ s}$ . Menurut tabel 15 SNI 1726:2012 nilai batas koefisien  $C_u = 1,4 > T_a = 0,741$  (Ok)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{f_e}\right)} = \frac{0,682}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,085$$

$V = C_s \cdot W = 1247936,7582 \text{ kg}$  Distribusi gaya gempa di setiap lantai gedung  $F_i$  dihitung sesuai SNI 1726:2012 pasal 7.8.4 :  $F_x$

$$F_i = \frac{W_i \cdot Z_i^k}{\sum W \cdot Z^k} \cdot V$$

Dari pasal 7.8.3 SNI 1726:2012 untuk  $T_a = 0,741$ , diperoleh nilai interval  $k = 1$ . Distribusi gaya gempa diperoleh hasil yang ditampilkan pada Tabel 2 dan Gambar 9 (sumbu arah X) dan Gambar 10 (sumbu arah Y).

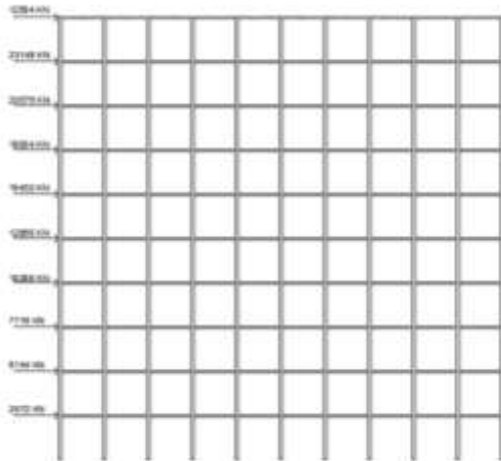
**Tabel 2.** Distribusi Gaya Gempa

No	Tinggi (Zx)(m) (A)	Berat (Wx)(Kg) (B)	(Wx).(Zx)	$F_i$ (Kg)
----	--------------------------	--------------------------	-----------	------------

10	40	844,992	222,517,51	125,840
9	36	1,583,602	409,327,33	231,488
8	32	1,583,602	363,846,51	205,767
7	28	1,583,602	318,365,70	180,046
6	24	1,583,602	272,884,88	154,325
5	20	1,583,602	227,404,07	128,604
4	16	1,583,602	181,923,25	102,883
3	12	1,583,602	136,442,44	77,163
2	8	1,583,602	90,961,629	51,442
1	4	1,583,602	45,480,814	25,721
TOTAL		15,097,410	2,269,154,1	1,283,280



Gambar 9. Distribusi Gaya Gempa Arah X



Gambar 10. Distribusi Gaya Gempa Arah Y

Berdasarkan pasal 7.12.1 SNI 1726:2012 tabel 16,  $\Delta_a = 0,02h_{sx}$  dan pasal 7.3.4.2 ( $\rho$ ) = 1,3. Syarat  $\Delta_a = 0,08$  m. Hasil simpangan ditampilkan pada Tabel 3 dan 4:

Tabel 3. Nilai Simpangan Arah X

No	$\Delta X$ (mm)	$\Delta a$ (m)	Syarat
----	--------------------	----------------	--------

10	5,104	0,08	Aman
9	9,839	0,08	Aman
8	14,569	0,08	Aman
7	18,887	0,08	Aman
6	22,731	0,08	Aman
5	26,053	0,08	Aman
4	28,798	0,08	Aman
3	30,816	0,08	Aman
2	31,24	0,08	Aman
1	22,236	0,08	Aman

Tabel 4. Nilai Simpangan Arah Y

No	$\Delta Y$ (mm)	$\Delta a$ (m)	Syarat
10	0,0275	0,08	Aman
9	0,066	0,08	Aman
8	0,11	0,08	Aman
7	0,148	0,08	Aman
6	0,187	0,08	Aman
5	0,22	0,08	Aman
4	0,247	0,08	Aman
3	0,275	0,08	Aman
2	0,286	0,08	Aman
1	0,236	0,08	Aman

3.2.2 Perencanaan Balok Induk

Direncanakan dimensi balok 40/50 cm, dengan selimut beton= 20 mm, diameter tulangan utama = 22 mm, tulangan sengkang = 12 mm, d = 457 mm, lebar efektif = 120 mm.  $A_{spakai}$  D22 = 4565 mm<sup>2</sup>. Momen balok yang didapat bias dilihat di dalam Tabel 5.

Tabel 5. Resume Momen Balok Induk

lokasi	Mu (Nmm)
Kiri	491075750
Tengah	111126480
Kanan	546195600

Penulangan Lentur Daerah Ujung Kanan Positif

- Mu = 546195600 Nmm
- Mn = 682744500 Nmm
- Xmax = 205,65 mm
- Pakai x = 205,65 mm (Mendekati Mn)
- Asc = 5843,39 mm<sup>2</sup>
- Mnc = 889635619,7 Nmm
- Mns = -206891119,7 Nmm < 0
- Rn = 8,17
- $\rho_{perlu}$  = 0,0232 <  $\rho_{min}$  = 0,0035

Maka pakai nilai  $\rho_{perlu}$

Tulangan Tumpuan Atas (Tarik)

- As =  $\rho \cdot b \cdot dx$
- = 0,0232 x 400 x 457
- = 4252,008 mm<sup>2</sup>

Dipakai tulangan 12D22 (As= 4565 mm<sup>2</sup>) OK)

Tulangan Tumpuan Bawah

- $A_{Sperlu}$  =  $\delta \times As = 0,5 \times 4565 = 2282,5$  mm<sup>2</sup>

**ANALISA PERBAIKAN KERUSAKAN JALAN MENGGUNAKAN METODE PCI (Studi kasus :  
Jln. Babat – Batas Jln. Kab. Jombang STA. 10 – STA. 25)  
(Arifin Pratama Fadrianto, Siswoyo)**

Dipakai tulangan 7D22 ( $A_s = 2661 \text{ mm}^2$ ) (OK)

Kontrol Kekuatan Momen Nominal

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{4565}{400 \cdot 457} = 0,024 > 0,0232 \text{ (OK)}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{4565 \cdot 400}{0,85 \cdot 45 \cdot 400} = 119,34$$

$$M_n = 725518732 \text{ Nmm} = 0,8 \times 725518732 \text{ Nmm} \\ = 580414985,6 \text{ Nmm} > M_u = 546195600 \text{ Nmm} \\ = \phi M_n > M_{u \text{ akibat beban}} \text{ (OK)}$$

Hasil perhitungan penulangan tekan dan tarik untuk daerah tengah positif masing-masing adalah 2D22 mm, dan hasil perhitungan penulangan tarik dan tekan untuk daerah ujung kanan positif masing-masing adalah 12D22 mm dan 7D22 mm.

Syarat Pendetailan Balok Induk

21.5.1 SNI 2847:2013.

1. Gaya tekan aksial  $P_u < A_g f_c' / 10$  (OK)
2.  $e_n \geq 4 \times d$  (OK)
3.  $250 \text{ mm} < b \geq 0,3h$  (OK)
4. b komponen  $b_w <$  lebar penumpu (OK)
5. Jarak pada sisi-sisi balok diambil yang terkecil dari :
  - a) Lebar penumpu.
  - b)  $0,75 \times c_1$

Pasal 21.5.2.1

1. Tulangan yang terpasang telah melebihi nilai  $A_s$  yang ditentukan (OK).
2. Rasio batas tulangan  $\rho < 0,025$  (Ok)

Pasal 21.5.2.2.

1. Momen positif pada muka joint  $\geq \frac{1}{2}$  momen negatif pada joint ujung kanan dan kiri (OK)
2. Momen negatif atau positif  $\geq \frac{1}{4}$  momen maksimum pada joint (OK)

Pasal 21.7.2.3

Tinggi efektif balok induk  $> 20 \times (D)_{tu}$  (Ok).

Tulangan Geser Balok Induk

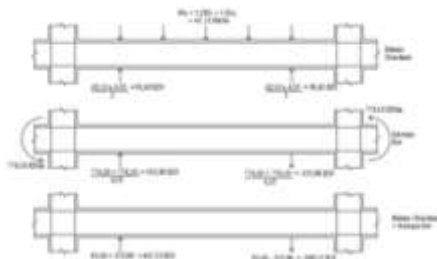
Didapat nilai gaya geser output SAP

$$V_{u \text{ kiri}} = 447,53 \text{ kN} > V_{u \text{ kanan}} = 269,27 \text{ kN}$$

Maka pakai  $V_{u \text{ kiri}} = 447,53 \text{ kN}$

Gaya geser rencana

Sesuai pasal 21.5.4.1 SNI 2847:2013. Hasil gaya dan arah balok ditampilkan pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Gaya Geser Balok Induk

Didapat geser rencana  $V_{u \text{ tu}} = 447,53 \text{ KN}$ .

Perhitungan Tulangan Geser Tumpuan

SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1

$V_c = 170731,70 \text{ N} < V_u = 447530 \text{ N}$  Karena  $V_c < V_u$ , maka pasal 11.4.7.2 dan pasal 11.4.7.9 SNI 2847:2013.

Menghitung Nilai  $V_s$

$\phi(V_c + V_s) \geq V_u$ , maka  $= 596706,66 \text{ N}$

Kategori Desain

$V_s < 0,66 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = 596706,66 \text{ N} < 817506,45 \text{ N}$  (OK)

Batas Syarat

$\phi(V_c + V_s) \geq V_u$

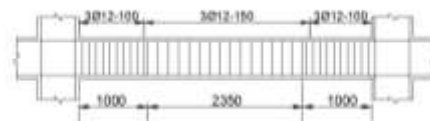
$\phi = 0,75$  (pasal 11.3.(2(3)))

$\phi(V_c + V_s) \geq V_u = 447530 \text{ N} \geq 447530 \text{ N}$  (OK)

$V_u = 447530 \text{ N}$  masuk ke design 4, maka sengkang diperbesar 3 kaki.

$$A_v = 113,04 \text{ mm}^2 \times 3 = 339,3 \text{ mm}^2$$

$S_{\text{maks}} = 150 \text{ mm}$ , sesuai pasal 21.5.3.2, maka tulangan geser tumpuan D12 - 100 mm (10 buah) dan tulangan geser lapangan D12 mm - 150 mm (16 buah).



**Gambar 12.** Sengkang Pada Balok Induk

Penulangan Torsi Balok Induk

$T_u = 869345,3 \text{ Nmm}$ ,  $V_u = 256,89 \text{ N}$ ,  $A_{cp} = 200000 \text{ mm}^2$ ,  $P_{cp} = 1800 \text{ mm}$ ,  $x_1 = 308 \text{ mm}$ ,  $y_1 = 408 \text{ mm}$ ,  $Ph = 1432 \text{ mm}$ ,  $A_{oh} = 125664 \text{ mm}^2$ ,  $A_o = 106814,4 \text{ mm}$ ,  $d = 457 \text{ mm}$ , pakai  $45^\circ$ ;  $\cot \phi = 1$

Keperluan Torsi ( $T_c$ )

Sesuai pasal 11.5.1(a) SNI 2847:2013

$$T_c = \phi \cdot 0,083 \sqrt{f_c'} \cdot \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) = 9279682,10 \text{ Nmm}$$

Momen torsi terfaktor  $\phi T_c = 0,75 \times T_c = 6959761,57 \text{ Nmm}$ , karena  $\phi T_c > T_u$ , maka torsi balok induk diabaikan.

Cek Penampang Balok

SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1 pasal 11.5.3.1

$$\sqrt{\left( \frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left( \frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left( \frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f_c'} \right)$$

$$0,14 \text{ MPa} \leq 4,17 \text{ MPa} \text{ (Penampang OK)}$$

Tulangan torsi diabaikan dan menggunakan tulangan praktis D12 mm pada Gambar 13.

Tipe	Balok Induk 40/60	
	Tumpuan	Lapangan
SKETSA		
Tulangan Atas	12 D22	4 D22
Tulangan Bawah	10 D22	7 D22
Tulangan Sengkang	D12-100 mm	D12-150 mm

**Gambar 13.** Penulangan Balok Induk

### 3.2.3 Perencanaan Balok Bordes

Direncanakan dimensi 20/30 cm, dengan data ( $s$ ) = 20 mm, diameter tulangan utama = 12 mm, tulangan sengkang = 10 mm,  $d = 269$  mm,  $A_{Spakai D12} = 905 \text{ mm}^2$ .

Hasil perhitungan penulangan tarik dan tekan untuk daerah kanan negatif masing-masing adalah 2D12 mm dan 2D12 mm, dan hasil perhitungan penulangan tekan dan tarik untuk daerah tengah negative masing-masing adalah 2D12 mm dan 2D12 mm. Untuk hasil perhitungan penulangan geser tumpuan dan lapangan masing-masing adalah D12 mm - 125 mm D12 mm - 125 mm, yang ditampilkan pada Gambar 14.

Tipe	Balok Bordes 20/30	
	Tumpuan	Lapangan
SKETSA		
Tulangan Atas	2 Ø12	2 Ø12
Tulangan Bawah	2 Ø12	2 Ø12
Tulangan Sengkang	Ø12-125 mm	Ø12-125 mm

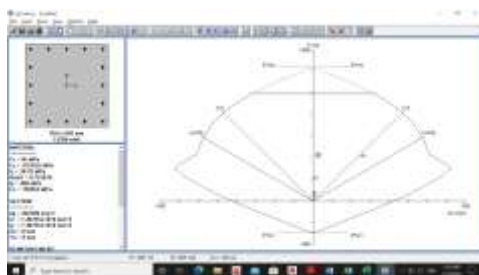
Gambar 14. Penulangan Balok Bordes

### 3.2.3 Perencanaan Kolom

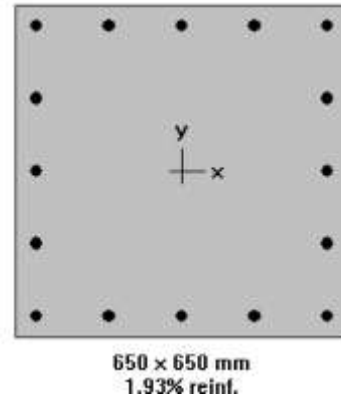
Direncanakan kolom dengan dimensi 65 cm x 65 cm. Selimut beton ( $s$ ) = 20 mm, tinggi efektif  $d = 525,5$  mm. Diameter tulangan utama = 25 mm dan tulangan sengkang = 12 mm. Dari hasil analisa SAP 2000, untuk kolom lantai diperoleh gaya aksial kolom  $P_u = 4352020$  N (Tabel 6). Penulangan longitudinal kolom, diagram interaksi  $M_n$ - $P_n$  digunakan program PCA Column seperti pada Gambar 15.

Tabel 6. Perhitungan Gaya Aksial Kolom

No	Kombinasi	$P_u$ (KN)	Momen (KNm)
1	Mati	2219.92	22.5478
2	Hidup	457.52	7.4632
3	Gempa	796.75	12.4132
4	1,4D	4223.33	48.9454
5	1,2D + 1,6L	4352.02	53.8942
6	1,2D + 1,0L + 1,0E	4258.08	-519.17
7	1,2D + 1,0L - 1,0E	4258.08	-519.17
8	0,9D + 1,0E	4258.08	-519.17
9	0,9D - 1,0E	4258.08	-519.17



Gambar 15. Diagram Interaksi Kolom



Gambar 16. Rasio Tulangan Kolom

Sesuai pasal 21.6.3.1 SNI 2847:2013, rasio tulangan longitudinal kolom seperti pada (Gambar 16) adalah  $1\% < 1,93\% < 6\%$ , dengan penulangan 16D25 ( $A_s = 7854 \text{ mm}^2$ ). Kontrol kapasitas beban aksial kolom berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6, beban aksial dari komponen struktur tekan ( $P_n$ ) tidak boleh lebih besar dari ( $P_{n,max}$ )

Kontrol pendetailan kolom sesuai SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1,  $P_u > \frac{A_g f_{c'}}{10}$ ; Pasal 2.1.6.1.1,  $= 650 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$ , dan Pasal 2.1.6.1.2,  $\frac{650}{650} = 1 > 0,4$ ;  $= 1 > 0,4$  sudah memenuhi.

Dari hasil perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan geser kolom didapat masing-masing adalah 6D12 - 100 mm dan 6D12 - 100 mm (Gambar 17).

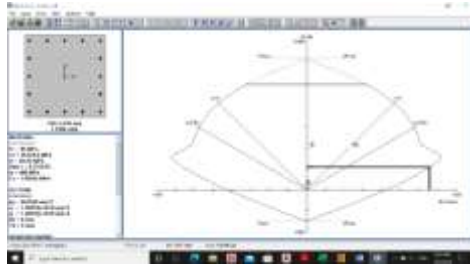
Tipe	Kolom 65x65	
	Tumpuan	Lapangan
SKETSA		
Tulangan Utama	16 Ø25	16 Ø25
Tulangan Sengkang	6 Ø12-100 mm	6 Ø12-100 mm

Gambar 17. Penulangan Kolom

### 3.2.4 Strong Column Weak-Beam

Sesuai *Capacity Design*, kuat lentur kolom harus memenuhi SNI 2847:2013 pasal 21.6.2, yaitu  $\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$ .  $\sum M_{nb} = 1896,64$  kNm diperoleh dari total momen nominal bawah dan atas. Dari program PCA Column (Gambar 18) didapat  $\sum M_{nc} = 1315$  kNm.

**ANALISA PERBAIKAN KERUSAKAN JALAN MENGGUNAKAN METODE PCI (Studi kasus : Jln. Babat – Batas Jln. Kab. Jombang STA. 10 – STA. 25)**  
(Arifin Pratama Fadrianto, Siswoyo)



**Gambar 18.** Diagram Interaksi PCACOL

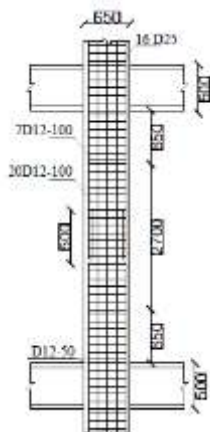
Selanjutnya nilai  $\Sigma M_{nc}$  dan  $\Sigma M_{nb}$  dibagi oleh masing-masing koefisien reduksi, karena di ambil nilai nominalnya

$$\frac{1315 \text{ kNm}}{0,65} \geq 1,2 \times \left( \frac{1264,43 \text{ kNm}}{0,8} \right) = 2023,07 \geq 1896,64,$$

maka syarat pasal ini terpenuhi.

Sambungan Lewatan Kolom

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f_c}} \frac{\Psi_t\Psi_e\Psi_s}{\left(\frac{cb+Ktr}{db}\right)} \right) db = \left( \frac{400}{1,1 \times 1 \times 45} \frac{1,1 \cdot 1}{2,5} \right) 20 = 477,02 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$$

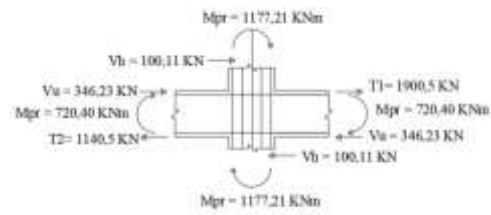


**Gambar 19.** Sambungan Lewatan Kolom

**3.2.5 Hubungan Balok Kolom**

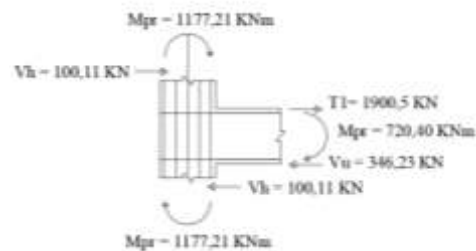
Gaya geser yang terjadi pada HBK terkekang 4 balok. Gaya geser rencana sesuai dengan pasal 21.6.2.2,

$M_u = 948,80 \text{ KNm}$ . Gaya geser bersih pada joint :  $V_{x-x} = T_1 + T_2 - V_u = 1900,5 + 1140,5 - 948,80 = 2092,2 \text{ KN}$ . Sesuai dengan pasal 21.7.4.1, joint yang terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka, maka :  $\phi V_n = \phi 1,7 \sqrt{f_c A_j} = 0,75 \times 1,7 \sqrt{45} (650 \times 650) = 3613,62 \text{ KN}$ ,  $\phi V_n = 3613,62 \text{ KN} > 2092,2 \text{ KN}$  (OK). Maka dalam perencanaan desain Hubungan Balok Kolom (HBK) terkekang 4 balok ini telah memenuhi syarat.



**Gambar 20** HBK Terkekang 4 Balok

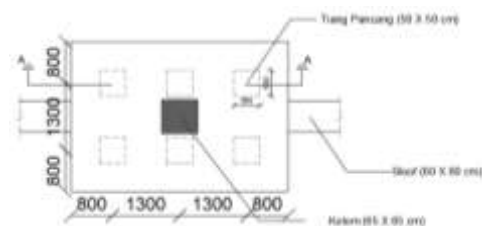
Gaya geser yang terjadi pada HBK terkekang 3 atau 2 balok.  $M_u = 588,60 \text{ KNm}$ . Gaya geser rencana sesuai dengan syarat peraturan yang digunakan pada pasal 21.6.2.2,  $V_u \text{ balok} = 346,23 \text{ KN}$ . Gaya geser bersih pada joint :  $V_{x-x} = 1311,9 \text{ KN}$ . Maka besarnya tegangan geser nominal joint  $V_n = \phi V_n = \phi 1,2 \sqrt{f_c A_j} = 0,75 \times 1,2 \sqrt{45} \cdot (650 \times 650) = 2550,79 \text{ KN}$ ,  $\phi V_n = 2550,79 \text{ KN} > V_{x-x} = 1311,9 \text{ KN}$  (OK). Maka dalam perencanaan desain Hubungan Balok Kolom (HBK) terkekang 3 balok ini telah memenuhi syarat.



**Gambar 21.** HBK Terkekang 3 atau 2 Balok

**3.2.6 Perencanaan Struktur Bawah**

Pondasi digunakan tiang pancang dimensi 500 mm x 500 mm, panjang tiang = 23000 mm. Data hasil penyelidikan tanah diperoleh  $C_n = 119,663 \text{ kg/cm}^2$  dan  $JHP = 1032 \text{ kg/cm}$ . Daya dukung ijin tiang digunakan berdasarkan kekuatan tanah, yaitu :  $P_{\text{tiang}} = C_n \cdot \frac{A}{n_1} + JHP \cdot \frac{K}{n_2} = 140,9995 \text{ ton}$ , Berat sendiri tiang ( $W_{\text{tiang}}$ ) = 13125 kg  $\approx$  13,125 ton. Beban Ijin Bersih = 140,9995 ton - 13,125 ton = 127,8745 ton. Direncanakan kelompok tiang pancang sebanyak 6 buah tiang. Ukuran pile cap 420 x 290 x 90 cm (Gambar 22) dan sloof 60 cm x 60 cm.



**Gambar 22.** Denah Kelompok Pancang



### 3.2.7 Perencanaan Pile Cap

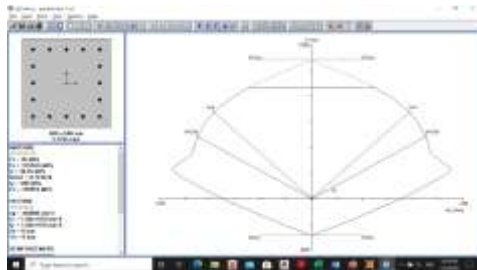
Dimensi pile cap 420 x 290 cm, tebal pile cap = 90 cm, diameter tulangan utama = 25 mm, selimut beton = 70 mm,  $(d_x) = 817,5$  mm,  $(d_y) = 792,5$  mm,  $A_{s_{pakai}} D25 = 490,625$  mm<sup>2</sup>. Momen pile cap akibat dari beban atas dan tiang pancang, arah sumbu X dan Y,  $M_x = 16387466,63$  Nmm dan  $M_y = 8362274,064$  Nmm. Penulangan arah sumbu X diperoleh 26 D25-150 mm ( $A_s = 12763$  mm<sup>2</sup>) dan sumbu Y: 18 D25-150 mm ( $A_s = 8836$  mm<sup>2</sup>).

### Kontrol Geser Pons

Pakai desain  $V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_o \cdot d$ ,  $= V_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{45} \times 5870 \times 817,5 = 10730275,31$  N  
diperoleh :  $\phi V_c = 0,85 \times 10730275,31 = 9120734,0$  N = 912,0734 ton  
 $\phi V_c = 912,0734$  ton  $> \sum P = 743,764$  ton (OK)

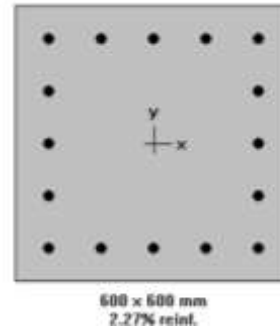
### 3.2.8 Perencanaan Sloof

Gaya bekerja pada sloof diambil dari berat sendiri sloof  $2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,60 \text{ m} \cdot 0,60 \text{ m} = 864$  kg/m, berat dinding  $4 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m} = 1000$  kg/m,  $Q_u = 1,4 \cdot 1864 \text{ kg/m} = 2609,6$  kg/m,  
 $M_u = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 2609,6 \cdot 7,35^2 = 17622,1395$  kgm, dan  $P_{u_{sloof}} = 69741,9192$  kg. Rasio penulangan ditentukan dengan bantuan PCA column (Gambar 23).



Gambar 23. Diagram Interaksi Sloof

Sesuai pasal 21.6.3.1 SNI 2847:2013, (Gambar 26) didapat rasio tulangan lentur sloof 2,27% (OK).



Gambar 24. Rasio Tulangan Sloof

Penulangan geser sloof sesuai pasal 13.3.1.2,  $0,5 \cdot \phi V_c = 132261,9906$  N  $> V_u = 9590,28$  N pasang tulangan sengkang minimum D12 130 mm (dalam sendi plastis), dan D22 200 mm.

### 4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan perencanaan Gedung Apartemen LYON dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), yang di rencanakan akan dibangun di kota Yogyakarta, dengan memperhatikan persyaratan SNI 2847:2013, SNI 1727:2013, dan SNI 1726:2012, pada bab terakhir ini dapat disimpulkan:

- 1) Berdasarkan perhitungan persyaratan pendetailan tulangan transversal struktur balok yang terpasang pada tumpuan memenuhi persyaratan detailing yaitu jarak tulangan  $100 \text{ mm} > d/4 = 114,25 \text{ mm}$ ,  $100 \text{ mm} > 6db = 132 \text{ mm}$ , dan  $100 \text{ mm} > 150 \text{ mm}$ . Di daerah tumpuan, tulangan transversal dipasang dari muka kolom sejauh  $> 2h = 1000 \text{ mm}$  sesuai persyaratan detailing. Sedangkan tulangan transversal yang terpasang pada tengah bentang dipasang D12-150, memenuhi persyaratan detailing  $150 \text{ mm} < d/2 = 228,5 \text{ mm}$ . Pendetailan tulangan transversal sudah sesuai SNI 2847:2013.
- 2) Hasil perhitungan untuk simpangan yang terjadi pada tiap lantai di gedung apartemen LYON di Yogyakarta didapat nilai simpangan antar lantai gedung tingkat desain tidak melebihi simpangan ijin yang direncanakan. Hasil kontrol T-Rayleigh =  $1,06 \text{ detik} < T_{empiris} = 3,72 \text{ detik}$ . Hal ini telah memenuhi persyaratan SNI 1726:2012.
- 3) Nilai kuat lentur kolom yang terjadi pada perhitungan *strong column weak beam* diperoleh sebesar  $2023,07 \text{ kNm} \geq 1896,64 \text{ kNm}$ , dan momen gaya geser dalam HBK 4 balok adalah  $\phi V_n = 3613,62 \text{ KN} > 2092,2 \text{ KN}$  dan  $V_n$  3 atau 2 balok  $\phi V_n = 2550,79 \text{ KN} > V_{x-x} = 1311,9 \text{ KN}$ . Hal ini telah memenuhi persyaratan yang ada pada SNI

**ANALISA PERBAIKAN KERUSAKAN JALAN MENGGUNAKAN METODE PCI (Studi kasus :  
Jln. Babat – Batas Jln. Kab. Jombang STA. 10 – STA. 25)  
(Arifin Pratama Fadrianto, Siswoyo)**

---

2847:2013 pasal 21.6.2 dan semua kolom akan didesain sesuai dengan sistem penahan gempa yang direncanakan.

Rianti, Desy,. Agustus 2013, Perencanaan Struktur Gedung Kuliah Lima Lantai Di Kota Semarang Dengan Menggunakan Metode SRPMK. Jurnal Karya Teknik Sipil 2.3 : 255-262.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Amrullah, Wildan, Tony Hartono Bagio, and Julistyana Tistogondo, 2019, Desain Perencanaan Struktur Gedung 38 Lantai Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Universitas Narotama Surabaya., Surabaya.
- Aga Dimas, 2014, Desain Ulang Struktur Gedung Mitsubishi Cars Showroom Jakarta Barat Dengan Metode (SRMPK). Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Surabaya.
- Hakim, Dimas Usman Nur., Warsito., and Bambang Suprpto, 2019, Studi Perencanaan Gedung Unusa Tower Surabaya Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Jurnal Rekayasa Sipil 7.1 : 64-74.
- Hirel Patrisko, 2018, Perencanaan Struktur Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Khusus. Universitas Sam Ratulangi Manado, Manado.
- Karael, R, 2019, Studi Perencanaan Struktur Gedung Retail Transmart MX Mall Malang Dengan Desain Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Institut Teknologi Nasional Malang, Malang.
- Liono Sugito, 2011, Pendetailan Tulangan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Sesuai Dengan SNI- SNI-03-2847-2002. Universitas Kristen Maranatha, Bandung.
- Nurul Izzah, 2017, Disain Elemen Struktur Bangunan Bertingkat dengan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Universitas Andalas, Padang.
- Patman Wilhelmus, 2019, Perencanaan hotel 10 lantai di Palu dengan metode sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Surabaya.
- Prihatmoko Amdhani, 2012, Perencanaan Struktur Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Khusus. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Purwono Rachmat, 2010, Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa. Penerbit ITS Press, Surabaya.
- Rambe, Soffi Dian Fauziah, 2010, Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Universitas Sumatra Utara, Medan.