

STUDI ANALISA HUBUNGAN BALOK - KOLOM PRECAST MENGGUNAKAN SISTEM BRESPHAKA TERHADAP KETAHANAN GEMPA SESUAI SNI 1726:2012

(Studi Kasus: Pembangunan Rusun ASN Pemkab Malang)

Rexi Bantaram Awalunidom

Dosen Pembimbing :

Ir. Pujo Priyono, MT. ; Ir. Totok Dwi Kuryanto, MT

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata 49, Jember 68121, Indonesia

RINGKASAN

Perhatian utama dalam perencanaan komponen beton pracetak seperti pelat lantai, balok, kolom dan dinding adalah sambungan. Selain berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang bekerja, sambungan juga harus berfungsi menyatukan masing-masing komponen beton pracetak tersebut menjadi satu kesatuan yang monolit sehingga dapat mengupayakan stabilitas struktur bangunannya. Jika sambungan yang relatif kurang kaku, sehingga lemah terhadap beban lateral dan tidak dapat mengantisipasi adanya retak, susut dan hilangnya daktalitas yang dapat menyebabkan adanya keruntuhan.

Kata Kunci: *Hubungan balok - kolom, periode getar gedung, Gempa*

I.PENDAHULUAN

1.2 Latar Belakang

Penggunaan beton pracetak di Indonesia dalam dekade terakhir ini telah mengalami perkembangan yang sangat pesat baik pada bangunan tingkat rendah, menengah, maupun bangunan tingkat tinggi. Sistem beton pracetak ini telah diterapkan dalam bangunan gedung dan perumahan karena memiliki keunggulan dibanding sistem konvensional.

Di Indonesia yang kondisi alamnya sering timbul gempa dengan kekuatan besar, konstruksi beton pracetak cukup berbahaya. Oleh karena itu diperlukan desain sistem sambungan antar komponen sehingga mampu berperilaku mendekati seperti monolit.

1.2 Rumusan Permasalahan

Pada perumusan masalah dalam penelitian dan pembahasan Tugas akhir ini, adalah :

1. Bagaimana periode getar gedung berdasarkan SNI 1726:2012 ?
2. Bagaimana hasil kajian balok dan kolom secara *individual members* pada bagian yang berkaitan dengan sambungan yang ditinjau ?
3. Berapa kuat geser dari hubungan balok - kolom yang ditinjau ?

1.3 Tujuan Penelitian

Maksud dari Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui apakah sambungan direncanakan mampu menahan beban sesuai perencanaan baik sebagai sistem secara keseluruhan maupun sebagai *individual members*. Adapun tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui periode getar gedung Rusun ASN Pemkab Malang sudah memenuhi atau belum memenuhi terhadap ketahanan gempa berdasarkan SNI 1726:2012
2. Memberikan kajian mengenai balok dan kolom secara *individual members*
3. Mengetahui kuat geser dari hubungan balok - kolom yang ditinjau

1.4 Batasan Masalah

1. Kajian ini hanya dilakukan di Pembangunan Rumah Susun ASN Pemerintah Kabupaten Malang.
2. Kajian ini tidak mencakup perencanaan perhitungan RAB, pondasi dan struktur lainnya.
3. Kajian ini tidak mencakup pembahasan dan perhitungan plat lantai *precast* secara detail.

1.5 Manfaat Penelitian

a. Bagi Pemerintah

Hasil kajian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan analisa bagi Pemerintah guna mendapatkan sistem sambungan balok-kolom yang tepat untuk sebuah konstruksi gedung.

b. Bagi Pihak Lain

Hasil kajian ini diharapkan dapat dijadikan bahan informasi bagi pihak yang berkepentingan.

c. Bagi Penulis

Menambah ilmu secara nyata dan dapat mengaplikasikan ilmu tersebut di kemudian hari.

II.TINJAUAN PUSTAKA

Pembebanan Akibat Beban Vertikal

a. Beban Hidup

$$(qu) = 1,2.qd + 1,6 ql$$

Dimana; qu = Beban Maksimum

qd = Beban Mati

ql = Beban Hidup

c. Beban Gempa

III.METODELOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Peneliti

Objek lokasi yang saya ambil berada di Jl. Trunojoyo No.27 Kepanjen - Malang. Proyek Pembangunan Rusun ASN Pemerintah Kabupaten Malang ini guna menunjang peningkatan kinerja

Aparatur Sipil Negara secara keseluruhan dan berkesinambungan.



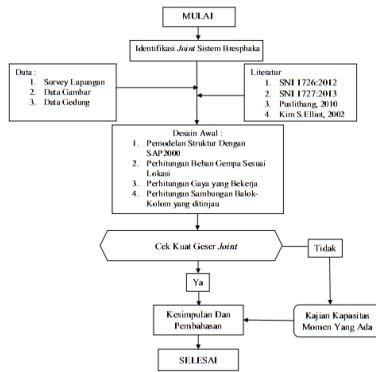
Gambar 3.1 Lokasi Proyek

3.2 Data Yang Diperlukan

1. Survey Lokasi
2. Data – data :
 - a. Data Gambar
 - b. Data Beton *PreCast*
3. Perhitungan :
 - a. Perhitungan gaya yang bekerja pada sambungan
 - b. Perhitungan beban gempa sesuai lokasi
4. Literature yang di pakai :
 - a. SNI 1726:2012 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung)
 - b. SNI 1727:2013 (Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain)
 - c. Puslitbang, 2010 (Sambungan Balok-Kolom Sistem Bresphaka)
 - d. Elliot, 2002

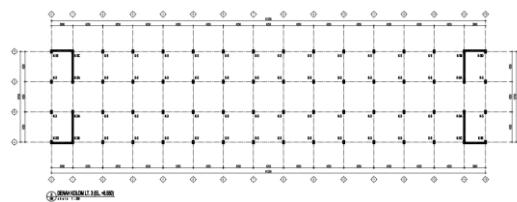
3.3 Langkah – Langkah Penelitian Tugas Akhir

Berikut ini adalah diagram alur untuk tahapan penelitian.

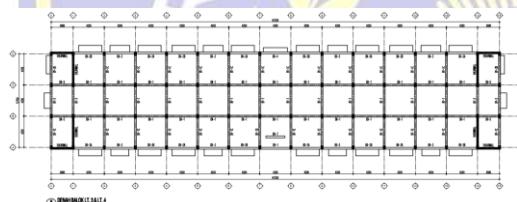


IV. PEMBAHASAN

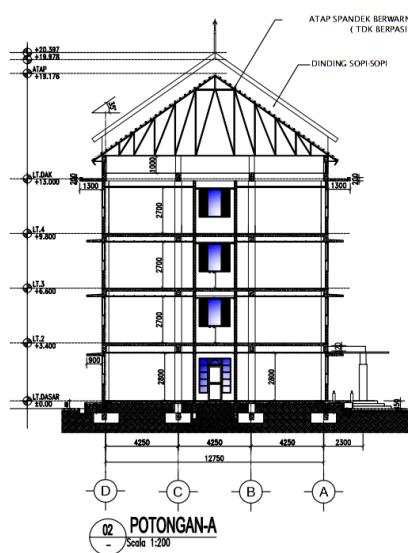
Data Gambar



Gambar 4.5 Denah Kolom Lantai 3



Gambar 4.6 Denah Balok Lantai 3 & 4



Gambar 4.3 Potongan A

Resume Penulangan Kolom dan Balok

RESUME PENULANGAN KOLOM LANTAI 3

TIPE KOLOM	TIPE KOLOM K-3		TIPE KOLOM K-3A, K-3B, K-3C, K-3D & K-3E	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
	300	500	300	500
DIMENSI				
TUL. ATAS	8 D16	8 D16	8 D16	8 D16
TUL. SENKANG	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	D10 - 150

RESUME PENULANGAN BALOK LANTAI 4

TIPE BALOK	TIPE BALOK G-1		TIPE BALOK G-2		TIPE BALOK G-3	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
	200 x 450	200 x 450	200 x 450	200 x 450	200 x 450	200 x 450
DIMENSI						
TUL. ATAS	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16
TUL. TENGGAH	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16
TUL. BAWAH	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16
TUL. SENKANG	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 100

Dimensi Beton Precast (Kolom dan Balok)

RESUME ELEMEN KOLOM LANTAI 3

NO.	TIPE	DIMENSI			QTY
		B	H	L	
1	K-3	300	500	2750	52
2	K-3A	300	500	2750	4
3	K-3B	300	500	2750	2
4	K-3C	300	500	2750	2
5	K-3D	300	500	2750	2
6	K-3E	300	500	2750	2
JUMLAH					64

RESUME ELEMEN BALOK LANTAI 3 & LANTAI 4 (ARAH-X)					
NO.	TIPE	DIMENSI			QTY
		B	H	L	
1	BX-1	250	450	3990	27
2	BX-2A	250	450	3990	8
3	BX-2B	250	450	3990	8
4	BX-3	250	450	3990	8
5	BX-4	250	450	3990	1
6	BX-5	250	450	3990	4
7	BX-6	250	450	3990	-
8	BX-7	250	450	2600	1
JUMLAH				57	

Material dan Mutu yang digunakan

1. Beton untuk balok lantai : $f'c = 25 \text{ Mpa}$
2. Beton kolom, dinding Geser : $f'c = 25 \text{ Mpa}$
3. Beton untuk pelat : $f'c = 25 \text{ Mpa}$
4. Beton untuk Tiang : $f'c = 25 \text{ Mpa}$
5. Beton untuk Tie Beam (sloof), Pile Cap : $f'c = 25 \text{ Mpa}$
6. Baja Tulangan :
 - dia < 10 mm BJTP – 24, fy : 390 Mpa
 - dia > 13 mm BJTD – 40, fy : 390 Mpa
 - dia = 13 mm BJTD – 40, fy : 390 Mpa

Pembebaan Akibat Beban Vertikal

1. Beton $\gamma : 24 \text{ kN/m}^3$
2. Beban dinding batako : $2,5 \text{ kN/m}^2$
3. Beban hidup wll :
 - Area Hunian : 1.92 kN/m^2
 - Area torn air : 20 kN/m^2
4. Beban Super Dead load (SDL) :
 - Adukan Semen : $42 \text{ kg/m}^2 : 0.42 \text{ kN/m}^2$
 - Mekanikal & Elektrikal : $40 \text{ kg/m}^2 : 0.40 \text{ kN/m}^2$
 - Penutup Lantai Ubin : $24 \text{ kg/m}^2 : 0.24 \text{ kN/m}^2$

- Penutup Langit – Langit : $4 \text{ kg/m}^2 : 0.04 \text{ kN/m}^2$

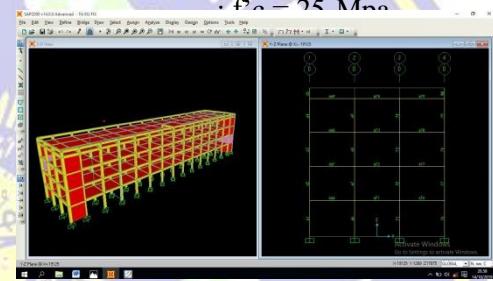
- Lain – lain : $10 \text{ kg/m}^2 : 0.10 \text{ kN/m}^2$

Total : $120 \text{ kg/m}^2 : 1.20 \text{ kN/m}^2$

Pemodelan Struktur

Software SAP2000 (Structure Analysis Program) Version 2014 yang akan digunakan untuk menganalisa model struktur gedung RUSUNAWA, dengan catatan;

1. Analisa 3D program SAP2000 V14 menggunakan asumsi mutu beton sama
2. Analisa 3D menggunakan program SAP2000 V14 dengan asumsi elemen struktur monolit : $f'c = 25 \text{ Mpa}$, $f'y = 25 \text{ Mpa}$



Gambar 4.23 Pemodelan Konfigurasi Gedung Rusunawa Tipe36 4LT Pada Program SAP2000 V14

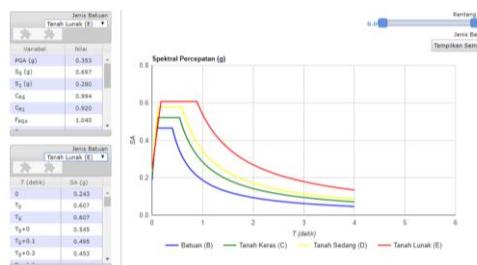


Gambar 4.25 Hasil Pemodelan 3D Pada SAP2000

Perhitungan Beban Gempa Menurut SNI 1726-2012

Acuan yang digunakan dalam perhitungan ini adalah SNI 1726-2012

Parameter Percepatan Tanah (Ss ; S1)



Gambar 4.31 Data Gempa dari puskim.pu.go.id

Sesuai dengan keterangan gedung di awal, tipe gedung termasuk Gedung Apartement / Rumah Susun maka termasuk dalam kategori resiko II

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Kategori resiko II di dapat nilai $I_e = 1$ (Pasal 4.1 SNI 1726-2012)

Faktor Koefisien Situs (Fa ; Fv)

Pemkab Surabaya	Gresik	36.4	Lantai	0.662	0.243	1.37	3.028	0.60	0.49	0.16	0.808	II	D
Pemkab Mojokerto	Bojonegoro	36.4	Lantai	0.725	0.282	1.25	2.872	0.60	0.54	0.17	0.894	II	D
Pemkab Malang	Malang	36.4	Lantai	0.781	0.33	1.16	2.680	0.60	0.59	0.19	0.974	II	D
Pemkab Lamongan	Lamongan	36.3	Lantai	0.694	0.249	1.31	3.004	0.60	0.49	0.16	0.821	II	D

Didapat: Ss = 0,781 & S1 = 0,33

Menurut catatan SNI 1726-2012 untuk nilai-nilai antara S_s dan nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan Interpolasi.

Melalui Interpolasi di dapat:

$$\begin{aligned} S_s &= 0,781 & Fa &= 1,163 \\ S_1 &= 0,33 & Fv &= 2,680 \end{aligned}$$

Menentukan SDs, SD1, Sms dan Sm1

$$\begin{aligned} SDs &= 2/3 Fa \cdot Ss \\ &= 2/3 \times 1,1628 \times 0,781 \\ &= 0,606 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SD1 &= 2/3 Fv \cdot S1 \\ &= 2/3 \times 2,68 \times 0,33 \\ &= 0,590 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 (SD1/SDs) \\ &= 0,2 \times 0,59/0,606 \\ &= 0,195 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TS &= (SD1/SDs) \\ &= 0,59/0,606 \\ &= 0,974 \text{ detik} \\ Sm_s &= Fa \cdot Ss \\ Sm_s &= 1,163 \times 0,781 \\ Sm_s &= 0,908303 \end{aligned}$$

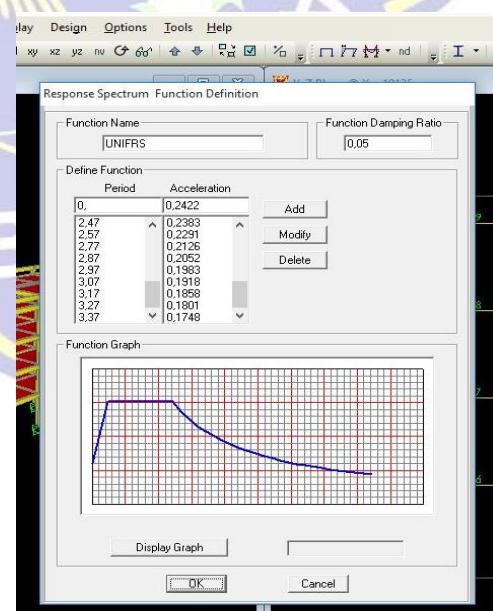
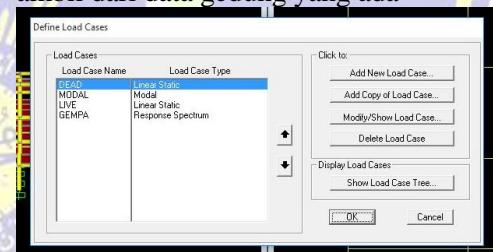
$$\begin{aligned} Sm_1 &= Fv \cdot S1 \\ Sm_1 &= 2,680 \times 0,33 \\ Sm_1 &= 0,8844 \end{aligned}$$

Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek: SDS = 0,606 maka masuk kategori resiko D

Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 Detik: SD1 = 0,590 maka masuk kategori resiko D

Respon Spektrum pada SAP2000

Respon Spektrum pada SAP2000 V14 di ambil dari data gedung yang ada



Menentukan perkiraan Periode Fundamental Alami mengacu pada Pasal 7.8.2.1 ; SNI 1726-2012

$$T_a = C_t h_n^x$$

Keterangan:

h_n = ketinggian struktur dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur

Koefisien C_t dan x ditentukan dari Tabel 15 pada SNI 1726-2012

Batas Perioda Maksimum

$$T_{max} = C_U T_a$$

Koefisien C_U ditentukan dari Tabel 15 pada SNI 1726-2012

Karena $SD1 = 0,590$ maka didapat

$$C_U = 1,4$$

$$C_t = 0,0466$$

$$x = 0,9$$

Jadi;

$$T_a = C_t h_n^x$$

$$T_a = 0,0466 \times 14,880^{0,9}$$

$$T_a = 0,0466 \times 11,359066$$

$$T_a = 0,5293324$$

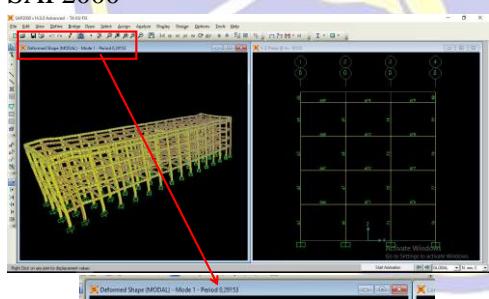
T_a Maksimum

$$T_{max} = C_U T_a$$

$$T_{max} = 1,4 \times 0,5293324$$

$$T_{max} = 0,74106536$$

Cek periode getar gedung pada program SAP2000

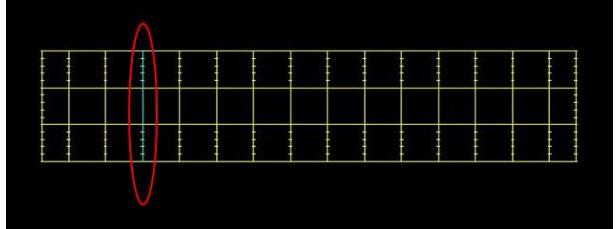


Dapat dilihat pada gambar disamping periode getar gedung **0,29153** dan **$T_{max} = 0,74106536$**

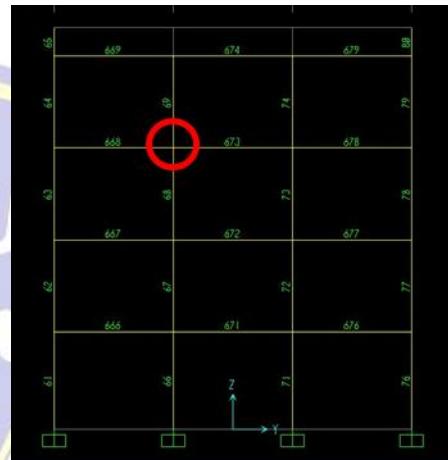
Sehingga:

$T_{max} > \text{Periode Getar Gedung}$
 $0,74106536 > 0,29153 (\text{OK})$

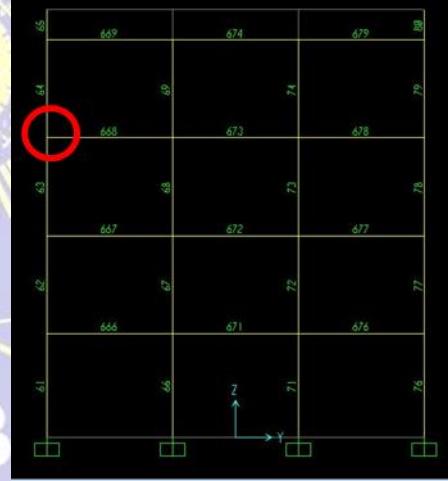
Bagian yang Ditinjau



Bagian Portal yang Ditinjau Pada SAP2000



Sambungan Tinjauan Pertama



Sambungan Tinjauan Kedua

Momen

Ada 3 momen yang bekerja terhadap beban, yakni beban hidup, beban mati, dan beban gempa, dari hasil analisa menggunakan program SAP2000 didapat:

Momen Balok Untuk Tinjauan Pertama

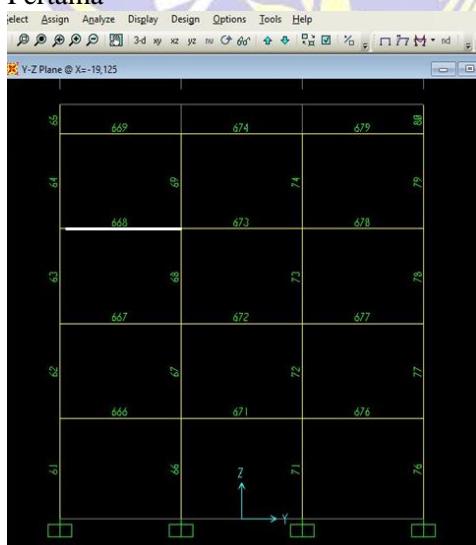
Beban	Lokasi	Momen
D	Tumpuan	-10,57
	Lapangan	13,71
L	Tumpuan	-7,54
	Lapangan	4,98
E ke kanan	Tumpuan	21,66
	Lapangan	0
E ke kiri	Tumpuan	-21,66
	Lapangan	0

Momen Balok Untuk Tinjauan Kedua

Beban	Lokasi	Momen
D	Tumpuan	-18,65
	Lapangan	13,71
L	Tumpuan	-7,14
	Lapangan	4,98
E ke kanan	Tumpuan	25,23
	Lapangan	0
E ke kiri	Tumpuan	-25,23
	Lapangan	0

Perhitungan Sambungan Balok-Kolom Tinjauan Pertama

Perhitungan Balok 668 Tinjauan Pertama



Bangunan : SRPMK

Fungsi : Rumah SUSUN

(Kategori Resiko = II)

KELAS SITUS = SE

Ie = 1

Lokasi

$$S_s = 0,781$$

$$S_1 = 0,33$$

Kelas Situs = SE

$$F_a = 1,163$$

$$F_v = 2,68$$

$$SMS = 0,91$$

$$SM_1 = 0,88$$

Data lain: $f_c = 25 \text{ Mpa}$

$$F_y = 390 \text{ Mpa}$$

Ukuran Balok 250 x 450

Ukuran Kolom 300 x 500

Beban: $q_D = 1,2 \text{ kN/m}$

$$q_L = 1,92 \text{ kN/m}$$

Tebal Pelat = 130 mm

Penyelesaian:

$$1. SDS = 0,61$$

$$2. SD_1 = 0,59$$

Dari nilai SDS dan SD1 serta menggunakan Tabel di SNI 1726:2012 maka KDS = D

3. Kombinasi beban

a. Notasi pada SAP2000 adalah DCON1 = 1,4 D

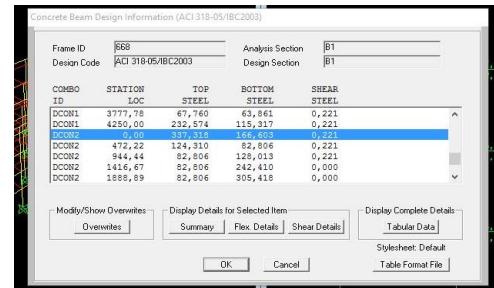
b. Notasi pada SAP2000 adalah DCON2 = 1,2 D + 1,6 L

c. Notasi pada SAP2000 adalah DCON3 = $(1,2 + 0,2 SDS) + \rho E + 0,5 L$ atau $1,321107067 D + 1 E + 0,5 L$ (Karena SDS = 0,606 $\rho = 1$)

d. Notasi pada SAP2000 adalah DCON4 = $(0,9 - 0,2 SDS) + \rho E$ atau $0,779D + 1 E$ (Karena SDS = 0,606 $\rho = 1$)

Kombinasi beban					
1,4	D			Tumpuan	-14,798
1,2	D+	1,6	L	Lapangan	19,194
1,321107	D+	1	E,ka+	Tumpuan	-24,748
1,321107	D+	1	E,ka+	Lapangan	24,423
1,321107	D+	1	E,ka+	Tumpuan	3,925898
1,321107	D+	1	E,ka+	Lapangan	20,60238
0,779093	D+	-1	E,ki	Tumpuan	-29,7631
0,779093	D+	-1	E,ki	Lapangan	20,60238
0,778893	D+	-1	E,ki	Tumpuan	13,5771
0,778893	D+	-1	E,ki	Lapangan	10,67862
0,778893	D+	-1	E,ki	Tumpuan	-29,8929
0,778893	D+	-1	E,ki	Lapangan	10,67862

Hasil luas tulangan untuk balok 668, cek kembali pada analisa SAP2000 pada informasi desain balok dengan kombinasi beban yang sesuai pada Tabel diatas.



ACI 318-05/IBC2003 BEAM SECTION DESIGN Type: Swap Special Units: N, mm, C (Flexural Details)							
L=450,000	Element : 668	D=65,000	B=250,000	bf=250,000			
Station Loc : 0,000		ds=0,000	dct=0,000	dcb=0,000			
Section ID : B1		E=38000,000	Fc=25,000	Lt.Ut. Fac.=1,000			
Combo ID : DCON3		Fy=390,000	Fy=390,000	Lt.Ut. Fac.=1,000			
Phi(Bending): 0,900							
Phi(Chear): 0,750							
Phi(Cyclic Shear): 0,600							
Phi(Torsion): 0,750							
FLEXURAL REINFORCEMENT FOR MOMENT, HS							
	Required	+vehment	-vehment	Minimum			
	Rebar	Rebar	Rebar	Rebar			
Top (+2 Axis)	405,686	8,000	405,686	344,738			
Bottom (-2 Axis)	265,091	196,418	8,000	265,091			
Design Moments, Mu							
Design Moment Design Factorized Factorized Special Special							
+vehment -vehment +vehment -vehment +vehment -vehment	26706957,8	-53413916	8,000	-53413916	26706957,8	-53413916	

Data Desain Beton DCON3 Station 0,000

Untuk tumpuan atas Mu = -39,941
Notasi di dalam SAP2000 = DCON3
Karena tumpuan maka station location = 0,000

Diperlukan:Tulangan Atas = **405,686**
Tulangan Bawah = **265,091**

ACI 318-05/IBC2003 BEAM SECTION DESIGN Type: Swap Special Units: N, mm, C (Flexural Details)							
L=450,000	Element : 668	D=65,000	B=250,000	bf=250,000			
Station Loc : 0,000		ds=0,000	dct=0,000	dcb=0,000			
Section ID : B1		E=38000,000	Fc=25,000	Lt.Ut. Fac.=1,000			
Combo ID : DCON3		Fy=390,000	Fy=390,000	Lt.Ut. Fac.=1,000			
Phi(Bending): 0,900							
Phi(Chear): 0,750							
Phi(Cyclic Shear): 0,600							
Phi(Torsion): 0,750							
FLEXURAL REINFORCEMENT FOR MOMENT, HS							
	Required	+vehment	-vehment	Minimum			
	Rebar	Rebar	Rebar	Rebar			
Top (+2 Axis)	344,738	8,000	299,952	344,738			
Bottom (-2 Axis)	196,418	147,313	8,000	196,418			
Design Moments, Mu							
Design Moment Design Factorized Factorized Special Special							
+vehment -vehment +vehment -vehment +vehment -vehment	19886128,9	-39772258	1668987,1	-39772258	19886128,9	-39772258	

Data Desain Beton DCON4 Station 0,000

Untuk tumpuan bawah Mu = 13,4271
Notasi di dalam SAP2000 = DCON4
Karena tumpuan maka station location = 0,000

Diperlukan:Tulangan Atas = **344,738**
Tulangan Bawah = **196,418**

Dari hasil tulangan yang diperlukan diatas, DCON3 dan DCON4 di ambil yang terbesar, yaitu:

Tulangan Atas = 405,686

Tulangan Bawah = 265,091

ACI 318-05/IBC2003 BEAM SECTION DESIGN Type: Swap Special Units: N, mm, C (Flexural Details)							
L=450,000	Element : 668	D=65,000	B=250,000	bf=250,000			
Station Loc : 0,000		ds=0,000	dct=0,000	dcb=0,000			
Section ID : B1		E=38000,000	Fc=25,000	Lt.Ut. Fac.=1,000			
Combo ID : DCON4		Fy=390,000	Fy=390,000	Lt.Ut. Fac.=1,000			
Phi(Bending): 0,900							
Phi(Chear): 0,750							
Phi(Cyclic Shear): 0,600							
Phi(Torsion): 0,750							
FLEXURAL REINFORCEMENT FOR MOMENT, HS							
	Required	+vehment	-vehment	Minimum			
	Rebar	Rebar	Rebar	Rebar			
Top (+2 Axis)	344,738	8,000	299,952	344,738			
Bottom (-2 Axis)	196,418	147,313	8,000	196,418			
Design Moments, Mu							
Design Moment Design Factorized Factorized Special Special							
+vehment -vehment +vehment -vehment +vehment -vehment	19886128,9	-39772258	1668987,1	-39772258	19886128,9	-39772258	

Data Desain Beton DCON2 Station 2361,111

Untuk lapangan Mu = 24,42
Notasi di dalam SAP2000 = DCON2
Karena lapangan maka station location = 2361,111

$$\text{Diperlukan: Tulangan Atas} = \mathbf{82,806}$$

$$\text{Tulangan Bawah} = \mathbf{307,960}$$

Dari hasil tulangan atas dan tulangan bawah DCON2, di ambil yang terbesar, yaitu: **307,960**

Hitung luas tulangan untuk balok 668 : n $\times 0,25 \times \pi \times \text{Dim}$

$$\text{Tulangan terpasang} = 3 \times 0,25 \times 3,14 \times 16^2 = \mathbf{602,88}$$

Balok	Lokasi	Mu (KN-m)	As (mm ²)	Terpasang			ØMn (KN-mm)
				n	Dim	As(mm ²)	
250	Tumpuan	-39,3941	405,686	3	D	16	602,88
		13,4271	265,091	2	D	16	401,92
450	Lapangan	24,42	307,96	2	D	16	401,92
							52,58

$$\text{Tulangan terpasang} = 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 16^2 = \mathbf{401,92}$$

$$\text{Tulangan terpasang} = 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 16^2 = \mathbf{401,92}$$

$$D' = 650 - 587,5 = 62,5$$

$$\text{a tumpuan atas} = As \text{ tumpuan atas } fy / (0,85 \times f'c \times Bbalok)$$

$$= \mathbf{602,88} \times 390\text{Mpa} / (0,85 \times 25\text{Mpa} \times 250)$$

$$= \mathbf{44,25848}$$

$$\text{a tumpuan bawah} = As \text{ tumpuan bawah } fy / (0,85 \times f'c \times Bbalok)$$

$$= \mathbf{401,92} \times 390\text{Mpa} / (0,85 \times 25\text{Mpa} \times 250)$$

$$= \mathbf{29,50566}$$

$$\text{a lapangan} = As \text{ lapangan } fy / (0,85 \times f'c \times Bbalok)$$

$$= \mathbf{401,92} \times 390\text{Mpa} / (0,85 \times 25\text{Mpa} \times 250)$$

$$= \mathbf{29,50566}$$

$$\text{Mn tumpuan atas} = As \text{ tumpuan atas } fy \times (Hbalok - D') - a \text{ tumpuan atas} / 2 / 1000000$$

$$= 602,88 \times 390\text{Mpa} \times (450 - 62,5) - \mathbf{44,25848} / 1000000$$

$$= \mathbf{85,9071}$$

$$\text{Mn tumpuan bawah} = As \text{ tumpuan bawah } fy \times (Hbalok - D') - a \text{ tumpuan bawah} / 2 / 100000$$

$$= 401,92 \times 390\text{Mpa} \times (450 - 62,5) - \mathbf{29,50566} / 1000000$$

$$= \mathbf{58,4277}$$

$$\text{Mn lapangan} = As \text{ lapangan } fy \times (Hbalok - D') - a \text{ lapangan} / 2 / 1000000$$

ACI 318-05/IBC2003 BEAM SECTION DESIGN Type: Swap Special Units: N, mm, C (Flexural Details)							
L=450,000	Element : 668	D=65,000	B=250,000	bf=250,000			
Station Loc : 0,000		ds=0,000	dct=0,000	dcb=0,000			
Section ID : B1		E=38000,000	Fc=25,000	Lt.Ut. Fac.=1,000			
Combo ID : DCON2		Fy=390,000	Fy=390,000	Lt.Ut. Fac.=1,000			
Phi(Bending): 0,900							
Phi(Chear): 0,750							
Phi(Cyclic Shear): 0,600							
Phi(Torsion): 0,750							
FLEXURAL REINFORCEMENT FOR MOMENT, HS							
	Required	+vehment	-vehment	Minimum			
	Rebar	Rebar	Rebar	Rebar			
Top (+2 Axis)	344,738	8,000	299,952	344,738			
Bottom (-2 Axis)	265,091	239,978	8,000	265,091			
Design Moments, Mu							
Design Moment Design Factorized Factorized Special Special							
+vehment -vehment +vehment -vehment +vehment -vehment	24,42	-39772258	288,000	-39772258	24,42	-39772258	

Data Desain Beton DCON2 Station 2361,111

Untuk lapangan Mu = 24,42
Notasi di dalam SAP2000 = DCON2
Karena lapangan maka station location = 2361,111

$$= 401,92 \times 390 \text{ MPa} \times (450 - 62,5) - \\ 29,50566/2)/1000000 \\ = 58,4277$$

$\bar{\Omega}_{\text{Mn}}$ tumpuan atas = Mn tumpuan atas \times 0,9 [(Mu tumpuan atas/absolute(Mu tumpuan atas))]

$$= 85,9071 \times 0,9 [(-39,3941/\text{absolute}(-39,3941))] \\ = -77,3164$$

$\bar{\Omega}_{\text{Mn}}$ tumpuan bawah = Mn tumpuan bawah \times 0,9 [(Mu tumpuan bawah/absolute(Mu tumpuan bawah))]

$$= 58,4277 \times 0,9 [(13,4271/\text{absolute}(13,4271))] \\ = 52,5849$$

$\bar{\Omega}_{\text{Mn}}$ lapangan = Mn lapangan \times 0,9 [(Mu lapangan/absolute(Mu lapangan))]

$$= 58,4277 \times 0,9 [(24,42/\text{absolute}(24,42))] \\ = 52,5849$$

Tulangan terpasang pada balok 668

Lokasi	Posisi	Terpasang			$\bar{\Omega}_{\text{Mn}}$
		N	D	As(mm ²)	
Tumpuan	Atas	3	D	16	602,88
	Bawah	2	D	16	-77,32
Lapangan	Atas	2	D	16	401,92
	Bawah	2	D	16	52,58

Perhitungan kebutuhan tulangan transversal :

Nilai Mpr:

Untuk tulangan 3 D16 di sisi atas

$$a = \frac{As \times 1,25fy}{0,85f'c^b}$$

$$a = \frac{602,88 \times 1,25 \times 390 \text{ MPa}}{0,85 \times 25 \text{ MPa}^{250}} \\ = 55,32 \text{ mm}$$

$$\text{Mpr} = \text{As}(1,25fy)(d-a/2) \\ = 602,88 (1,25 \times 390 \text{ MPa}) [(450 - 62,5) - 55,32/2] \\ = 105757958,9 \text{ N-mm} \\ = 105,76 \text{ KN-m}$$

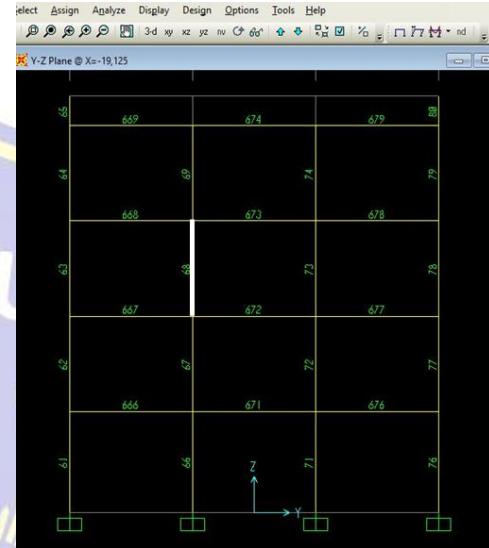
Untuk tulangan 2 D16 di sisi bawah

$$a = \frac{As \times 1,25fy}{0,85f'c^b}$$

$$a = \frac{401,92 \times 1,25 \times 390 \text{ MPa}}{0,85 \times 25 \text{ MPa}^{250}} \\ = 36,88 \text{ mm}$$

$$\text{Mpr} = \text{As}(1,25fy)(d-a/2) \\ = 401,92 (1,25 \times 390 \text{ MPa}) [(450-62,5) - 36,88/2] \\ = 72311937,31 \text{ N-mm} \\ = 72,31 \text{ KN-m}$$

Perhitungan Kolom 68 Tinjauan Pertama



Hasil Analisa Struktur Dengan Bantuan Program SAP2000 Terhadap Beban Hidup

TABLE: Element Forces - Frames (BERBAN HIDUP)												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	Elem	ElemStation
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	
67	0	LIVE	LinStatic	-105,012	0,025	0,032	0,00001525	0,1022	0,0442	67-1	0	
67	1,6	LIVE	LinStatic	-105,012	0,025	0,032	0,00001525	0,0513	0,0354	67-1	1,6	
67	3,2	LIVE	LinStatic	-105,012	0,025	0,032	0,00001525	0,003939	-0,07373	67-1	3,2	
68	0	LIVE	LinStatic	-70,094	0,025	-0,145	-0,0011	-0,1958	0,0483	68-1	0	
68	1,6	LIVE	LinStatic	-70,094	0,025	-0,145	-0,0011	0,037	0,0086	68-1	1,6	
68	3,2	LIVE	LinStatic	-70,094	0,025	-0,145	-0,0011	0,2697	-0,0311	68-1	3,2	
69	0	LIVE	LinStatic	-35,385	0,071	-0,098	-0,0034	-0,075	0,0982	69-1	0	
69	1,6	LIVE	LinStatic	-35,385	0,071	-0,098	-0,0034	-0,075	-0,015	69-1	1,6	
69	3,2	LIVE	LinStatic	-35,385	0,071	-0,098	-0,0034	0,0821	-0,1283	69-1	3,2	

Hasil Analisa Struktur Dengan Bantuan Program SAP2000 Terhadap Beban Mati

TABLE: Element Forces - Frames (BERBAN MATI)												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	Elem	ElemStation
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	
67	0	DEAD	LinStatic	-437,995	0,132	2,676	0,0007288	4,5511	0,2336	67-1	0	
67	1,6	DEAD	LinStatic	-432,34	0,132	2,676	0,0007288	0,2695	0,0024	67-1	1,6	
67	3,2	DEAD	LinStatic	-432,34	0,132	2,676	0,0007288	-4,0121	-0,2088	67-1	3,2	
68	0	DEAD	LinStatic	-274,311	0,127	2,404	-0,0009277	3,6973	0,243	68-1	0	
68	1,6	DEAD	LinStatic	-264,695	0,127	2,404	-0,0009277	-0,1492	0,0405	68-1	1,6	
68	3,2	DEAD	LinStatic	-263	0,127	2,404	-0,0009277	-3,9558	-0,1621	68-1	3,2	
69	0	DEAD	LinStatic	-310,917	0,323	0,714	-0,0019	2,2112	0,4279	69-1	0	
69	1,6	DEAD	LinStatic	-105,257	0,323	0,714	-0,0019	1,0686	-0,0882	69-1	1,6	
69	3,2	DEAD	LinStatic	-99,602	0,323	0,714	-0,0019	-0,0741	-0,06043	69-1	3,2	

Hasil Analisa Struktur Dengan Bantuan Program SAP2000 Terhadap Beban Gempa

TABLE: Element Forces - Frames (BERBAN GEMPA)													
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	Elem	ElemStation
Text	m	Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	Text	m	
67	0	GEMPA	LinRespSpec	Max	12,196	16,886	22,278	2,5469	35,1706	27,752	67-1	0	
67	1,6	GEMPA	LinRespSpec	Max	12,196	16,886	22,278	2,5469	1,6313	1,8961	67-1	1,6	
67	3,2	GEMPA	LinRespSpec	Max	12,196	16,886	22,278	2,5469	36,1888	26,3984	67-1	3,2	
68	0	GEMPA	LinRespSpec	Max	8,761	16,894	16,86	1,9265	26,2346	25,9329	68-1	0	
68	1,6	GEMPA	LinRespSpec	Max	8,761	16,894	16,86	1,9265	1,7065	1,8927	68-1	1,6	
68	3,2	GEMPA	LinRespSpec	Max	8,761	16,894	16,86	1,9265	27,7823	28,2136	68-1	3,2	
69	0	GEMPA	LinRespSpec	Max	5,81	13,382	12,699	1,002	18,7671	17,774	69-1	0	
69	1,6	GEMPA	LinRespSpec	Max	5,81	13,382	12,699	1,002	1,9171	3,821	69-1	1,6	
69	3,2	GEMPA	LinRespSpec	Max	5,81	13,382	12,699	1,002	21,9288	25,1042	69-1	3,2	

Diagram Interaksi :

Gaya dalam pada kolom 69, 68, dan 67

Gaya dalam		D	L	E,ka	E,ki
Gaya aksial P (KN)					
Kolom diatas	69 awal	110.912	35.385	5,81	-5,81
Kolom yang didesain	68	268,655	70,094	8,761	-8,761
Kolom di bawah	67 akhir	426,685	105,012	12,196	-12,196
Momen M2 atau M3 (KN-m)					
Ujung atas kolom	69 awal	2,2112	0,2321	18,7673	-18,7673
ujung bawah kolom	67 akhir	4,0121	0,0373	36,188	-36,188
Gaya geser	V2	68	0,127	0,025	16,894
					-16,894

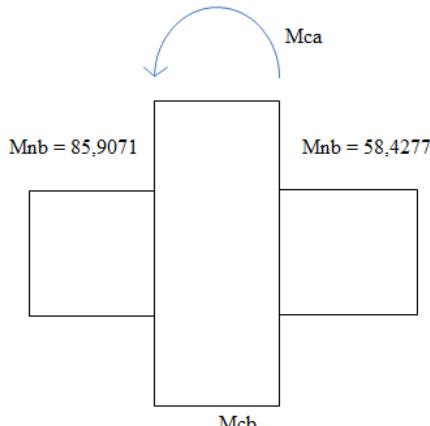
Kombinasi Beban

Kolom				Gaya Aksial	Momen atas	Momen Bawah
Kolom di atas	69 awal	(L=3,2 m)				
1,4 D				155,2768		
1,2 D+	1,6 L			189,7104		
1,2 D+	1 E+ 0,5 L			156,5969		
1,2 D+	-1 E+ 0,5 L			144,9769		
0,9 D+	1 E			105,6308		
0,9 D+	-1 E					
			maks P	189,7104		
Kolom desain	68	(L=3,2 m)				
1,4 D				376,117	3,09568	5,61694
1,2 D+	1,6 L			434,5364	3,0248	4,8742
1,2 D+	1 E+ 0,5 L			366,194	21,33679	41,02117
1,2 D+	-1 E+ 0,5 L			348,672	-15,9978	-31,3548
0,9 D+	1 E			250,5505	20,75738	39,79889
0,9 D+	-1 E			233,0285	-16,7772	-32,5771
			maks P	434,5364		
Kolom di bawah	67 akhir	(L=3,2 m)				
1,4 D				597,359		
1,2 D+	1,6 L			680,0412		
1,2 D+	1 E+ 0,5 L			576,724		
1,2 D+	-1 E+ 0,5 L			552,332		
0,9 D+	1 E			396,2125		
0,9 D+	-1 E			371,8205		
			maks P	680,0412		

Sebagai desain awal gunakan tulangan 8 D16

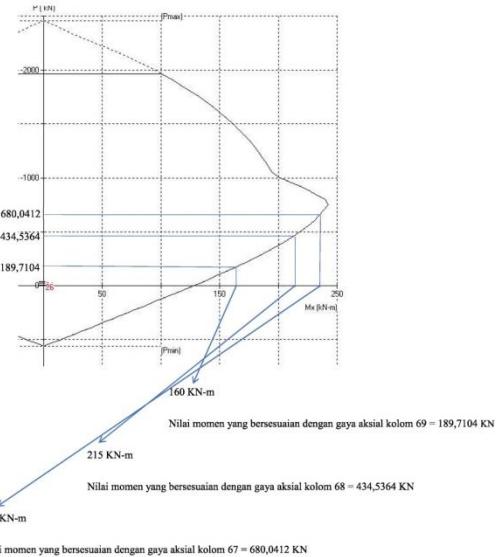
$$\begin{aligned}
 & \text{rho}, g \\
 & \text{Tulangan Digunakan } \pi \times 0,25 \text{ Dtulangan}^2 \\
 = & \frac{\text{Dimensi Kolom}}{8 (22/7) \times 0,25 \times 16^2 / (300 \times 500)} \\
 & = 0,0107
 \end{aligned}$$

Periksa Syarat :



$$\begin{aligned}
 6/5 \Sigma M_{nb} &= 6/5 \times (85,90714 + 58,427672) \\
 &= 173,20178
 \end{aligned}$$

Diagram Interaksi :



Untuk hubungan balok kolom disebelah atas kolom 68 (lihat diagram interaksi)
 $\Phi \Sigma M_{nc} = 160 + 215 = 375$

$$\Sigma M_{nc} > 6/5 \Sigma M_{nb}$$

$$375/0,65 > 173,20178$$

576,9231 > 173,20178 (OK)

Untuk hubungan balok kolom disebelah bawah kolom 68 (lihat diagram interaksi)
 $\Phi \Sigma M_{nc} = 240 + 215 = 455$

$$\Sigma M_{nc} > 6/5 \Sigma M_{nb}$$

$$455/0,65 > 173,20178$$

700 > 173,20178 (OK)

Luas tulangan transversal kolom yang dibutuhkan:

$$A_{sh} = 0,3 \frac{Sb_c f_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{Sb_c f_c}{f_{yt}}$$

Dengan kolom 68 = ukuran inti penampang diukur hingga sisi terluar sengkang tertutup

$$\begin{aligned}
 68(1) &= \text{Dimensi Kolom} - (2 \times p) \\
 &\text{dengan } p = 40 \\
 &= 300 - 80 = 220 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 68(2) &= \text{Dimensi Kolom} - (2 \times p) \\
 &\text{dengan } p = 40 \\
 &= 500 - 80 = 420 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dari hasil 68(1) dan 68(2) digunakan yang terbesar, jadi **420 mm**

$$\begin{aligned}
 A_{ch} &= \text{Luas inti penampang} = 220 \times \\
 &\quad 420 \\
 &= \mathbf{92400 \text{ mm}^2} \\
 \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] &= 300 \times 500 / \\
 92400 - 1 & \\
 &= \mathbf{0,623377}
 \end{aligned}$$

Masukkan persamaan:

$$\begin{aligned}
 (A_{sh}/s),1 & \\
 = 0,3 \frac{420 \times 25 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \times 0,623377 & \\
 (A_{sh}/s),1 &= \mathbf{5,03 \text{ mm}^2/\text{mm}} \\
 (A_{sh}/s),2 & \\
 = 0,09 \frac{420 \times 25 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} & \\
 (A_{sh}/s),2 &= \mathbf{2,42 \text{ mm}^2/\text{mm}}
 \end{aligned}$$

(A_{sh}/s) digunakan yang terbesar, jadi $\mathbf{5,03 \text{ mm}^2/\text{mm}}$

Untuk tulangan 2 kaki D10 dengan jarak 100 mm

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= A_{sh} \text{ yang digunakan} \times \text{jarak} \\
 &= 5,03 \times 100 \\
 &= \mathbf{503}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sh} \text{ terpasang} &= \text{jumlah tulangan} \times 0,25 \\
 &\times \pi \times D^2 \\
 &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 10^2 \\
 &= \mathbf{157}
 \end{aligned}$$

$A_{sh} < A_{sh}$ terpasang

$$503 < 157$$

A_{sh} terpasang kurang dari A_{sh} yang dibutuhkan (NOT OK)

Perhitungan Daerah Hubungan Balok – Kolom (HBK) Tinjauan Pertama

Luas tulangan atas 3 D16, $A_s = 602,88 \text{ mm}^2$

➤ Sehingga gaya tarik yang bekerja pada tulangan atas di sebelah kiri HBK :

$$\begin{aligned}
 T_1 &= 1,25 A_s f_y \\
 &= 1,25 \times 602,88 \times 390 \text{ MPa} \\
 &= 293904 \text{ N} = 293,904 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

➤ Gaya tekan yang bekerja pada beton di sisi kiri HBK :

$$\mathbf{C1 = T1 = 293,904 \text{ KN}}$$

Untuk tulangan bawah dengan cara yang sama

Luas tulangan bawah 2 D16, $A_s = 401,92 \text{ mm}^2$

➤ Sehingga gaya tarik yang bekerja pada tulangan bawah di sebelah kiri HBK :

$$\begin{aligned}
 T_2 &= 1,25 A_s f_y \\
 &= 1,25 \times 401,92 \times 390 \text{ MPa} \\
 &= 195936 \text{ N} = 195,936 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

➤ Gaya tekan yang bekerja pada beton di sisi kiri HBK :

$$\mathbf{C2 = T2 = 195,936 \text{ KN}}$$

➤ Selanjutnya dengan meninjau keseimbangan gaya dalam arah horizontal diperoleh :

$$\begin{aligned}
 V_j &= T_1 + C_2 - V_{ucol} \\
 &= 293,904 \text{ KN} + 195,936 \text{ KN} - \\
 &55,65 \text{ KN} \\
 &= \mathbf{434,19 \text{ KN}}
 \end{aligned}$$

➤ Kuat geser dari HBK yang dikekang ke 4 sisinya

$$\begin{aligned}
 V_n &= 1,7 \sqrt{f'_c A_j} \\
 &= 1,7 \sqrt{40 \text{ MPa}} 150000 \\
 &= \mathbf{1612762 \text{ N} = 1612,762 \text{ KN}}
 \end{aligned}$$

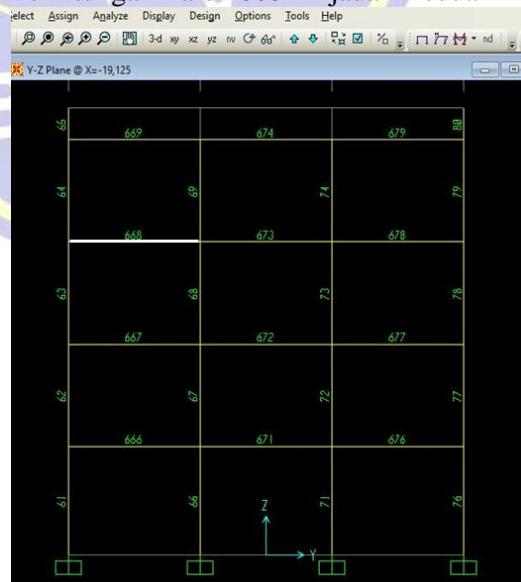
$$\begin{aligned}
 \bar{\Omega} V_n &= 0,85 V_n \\
 &= 0,85 \times 1612,762 \\
 &= \mathbf{1370,847 \text{ KN}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{\Omega} V_n &> V_j \\
 \mathbf{1370,847 \text{ KN} > 434,19 \text{ KN (OK)}}
 \end{aligned}$$

Jadi dimensi pada HBK cukup, dan dipasang sengkang 3 kaki D10 jarak 100 mm

Perhitungan Sambungan Balok-Kolom Tinjauan Kedua

Perhitungan Balok 668 Tinjauan Kedua



Bangunan : SRPMK
 Fungsi : Rumah SUSUN
 (Kategori Resiko = II)

KELAS SITUS = SE

Ie = 1

Lokasi

Ss = 0,781

S1 = 0,33

Kelas Situs = SE

Fa = 1,163

Fv = 2,68

SMS = 0,91

SM1 = 0,88

Data lain: $f_c = 25 \text{ Mpa}$
 $F_y = 390 \text{ Mpa}$

Ukuran Balok 250 x 450

Ukuran Kolom 300 x 500

Beban: $qD = 1,2 \text{ kN/m}$

$qL = 1,92 \text{ kN/m}$

Tebal Pelat = 130 mm

Penyelesaian:

1. SDS = 0,61

2. SD1 = 0,59

Dari nilai SDS dan SD1 serta menggunakan Tabel di SNI 1726:2012 maka KDS = D

3. Kombinasi beban

a. Notasi pada SAP2000 adalah DCON1 = 1,4 D

b. Notasi pada SAP2000 adalah DCON2 = 1,2 D + 1,6 L

c. Notasi pada SAP2000 adalah DCON3 = $(1,2 + 0,2 \text{ SDS}) + \rho E + 0,5 \text{ L}$ atau

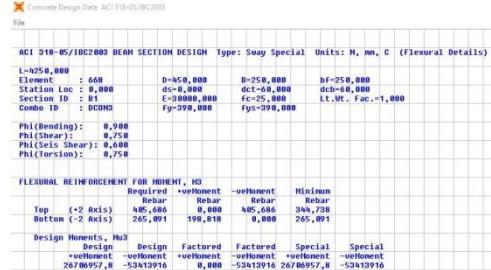
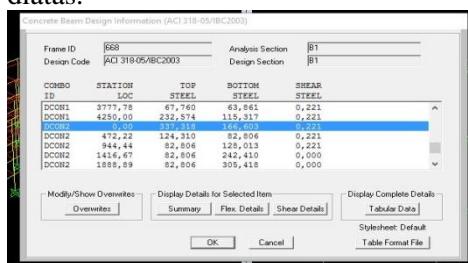
$1,321107067 \text{ D} + 1 \text{ E} + 0,5 \text{ L}$ (Karena SDS = 0,606 $\rho = 1$)

d. Notasi pada SAP2000 adalah DCON4 = $(0,9 - 0,2 \text{ SDS}) + \rho E$ atau

$0,779D + 1 \text{ E}$ (Karena SDS = 0,606 $\rho = 1$)

Kombinasi beban							
1,4	D			Tumpuan	-26,11		
1,2	D+	1,6	L	Lapangan	19,194		
				Tumpuan	-33,804		
				Lapangan	34,442		
1,321107	D+	1	E,ka+	0,5	L	Tumpuan	-2,97865
						Lapangan	20,60238
1,321107	D+	-1	E,ki	0,5	L	Tumpuan	-33,4386
						Lapangan	20,60238
0,778893	D+	1	E,ka			Tumpuan	10,70365
						Lapangan	10,67862
0,778893	D+	-1	E,ki			Tumpuan	-39,7564
						Lapangan	10,67862

Hasil luas tulangan untuk balok 668, cek kembali pada analisa SAP2000 pada informasi desain balok dengan kombinasi beban yang sesuai pada Tabel diatas.



Data Desain Beton DCON3 Station 0,000

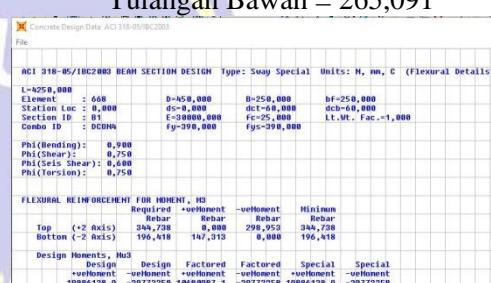
Untuk tumpuan atas Mu = -53,4386

Notasi di dalam SAP2000 = DCON3

Karena tumpuan maka station location = 0,000

Diperlukan: Tulangan Atas = 405,686

Tulangan Bawah = 265,091



Data Desain Beton DCON4 Station 0,000

Untuk tumpuan bawah Mu = 10,70365

Notasi di dalam SAP2000 = DCON4

Karena tumpuan maka station location = 0,000

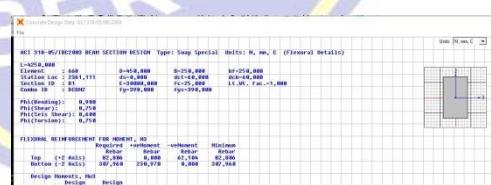
Diperlukan: Tulangan Atas = 344,738

Tulangan Bawah = 196,418

Dari hasil tulangan yang diperlukan diatas, DCON3 dan DCON4 di ambil yang terbesar, yaitu:

Tulangan Atas = 405,686

Tulangan Bawah = 265,091



Data Desain Beton DCON2 Station 2361,111

Untuk lapangan Mu = 24,42

Notasi di dalam SAP2000 = DCON2

Karena lapangan maka station location = 2361,111

Diperlukan: Tulangan Atas = 82,806

Tulangan Bawah = 307,960

Dari hasil tulangan atas dan tulangan bawah DCON2, di ambil yang terbesar, yaitu: **307,960**

Balok	Lokasi	Mu	As	Terpasang			ØMn
		(KN-m)	(mm ²)	n	Dim	As(mm ²)	(KN-m)
250	Tumpuan	-53,4386	405,686	3	D	16	602,88 -77,32
		10,70365	265,091	2	D	16	401,92 52,58
450	Lapangan	24,42	307,96	2	D	16	401,92 52,58

Hitung luas tulangan untuk balok 668 :

$$n \times 0,25 \times \pi \times \text{Dim}^2$$

$$\text{Tulangan terpasang} = 3 \times 0,25 \times 3,14 \times 162 = 602,88$$

$$\text{Tulangan terpasang} = 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 162 = 401,92$$

$$\text{Tulangan terpasang} = 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 162 = 401,92$$

$$D' = 650 - 587,5 = 62,5$$

$$\alpha \text{ tumpuan atas} = \text{As tumpuan atas } f_y / (0,85 \times f'_c \times Bbalok)$$

$$= 602,88 \times 390 \text{ MPa} / (0,85 \times 25 \text{ MPa} \times 250)$$

$$= 44,25848$$

$$\alpha \text{ tumpuan bawah} = \text{As tumpuan bawah } f_y / (0,85 \times f'_c \times Bbalok)$$

$$= 401,92 \times 390 \text{ MPa} / (0,85 \times 25 \text{ MPa} \times 250)$$

$$= 29,50566$$

$$\alpha \text{ lapangan} = \text{As lapangan } f_y / (0,85 \times f'_c \times Bbalok)$$

$$= 401,92 \times 390 \text{ MPa} / (0,85 \times 25 \text{ MPa} \times 250)$$

$$= 29,50566$$

$$\text{Mn tumpuan atas} = \text{As tumpuan atas } f_y \times (\text{Hbalok} - D') - \alpha \text{ tumpuan atas} / 2) / 1000000$$

$$= 602,88 \times 390 \text{ MPa} \times (450 - 62,5) -$$

$$44,25848/2) / 1000000$$

$$= 85,9071$$

$$\text{Mn tumpuan bawah} = \text{As tumpuan bawah } f_y \times (\text{Hbalok} - D') - \alpha \text{ tumpuan bawah} / 2) / 1000000$$

$$= 401,92 \times 390 \text{ MPa} \times (450 - 62,5) -$$

$$29,50566/2) / 1000000$$

$$= 58,4277$$

$$\text{Mn lapangan} = \text{As lapangan } f_y \times (\text{Hbalok} - D') - \alpha \text{ lapangan} / 2) / 1000000$$

$$= 401,92 \times 390 \text{ MPa} \times (450 - 62,5) -$$

$$29,50566/2) / 1000000$$

$$= 58,4277$$

$$\text{ØMn tumpuan atas} = \text{Mn tumpuan atas} \times 0,9 [(\text{Mu tumpuan atas}/\text{absolute}(\text{Mu tumpuan atas})]$$

$$= 85,9071 \times 0,9 [(-53,4386)/\text{absolute}(-53,4386)]$$

$$= -77,3164$$

$$\text{ØMn tumpuan bawah} = \text{Mn tumpuan bawah} \times 0,9 [(\text{Mu tumpuan bawah}/\text{absolute}(\text{Mu tumpuan bawah})]$$

$$= 58,4277 \times 0,9 [(10,70365)/\text{absolute}(10,70365)]$$

$$= 52,5849$$

$$\begin{aligned}\text{ØMn lapangan} &= \text{Mn lapangan} \times 0,9 [(\text{Mu lapangan}/\text{absolute}(\text{Mu lapangan})] \\ &= 58,4277 \times 0,9 [(24,42/\text{absolute}(24,42))] \\ &= 52,5849\end{aligned}$$

Tulangan terpasang pada balok 668

Lokasi	Posisi	Terpasang				ØMn	
		Tulangan	N		Dim	As(mm ²)	(KN-m)
Tumpuan	Atas	3	D	16	602,88	-77,32	
	Bawah	2	D	16	401,92	52,58	
Lapangan	Atas	2	D	16	401,92	-52,58	
	Bawah	2	D	16	401,92	52,58	

Perhitungan kebutuhan tulangan transversal :

Nilai Mpr:

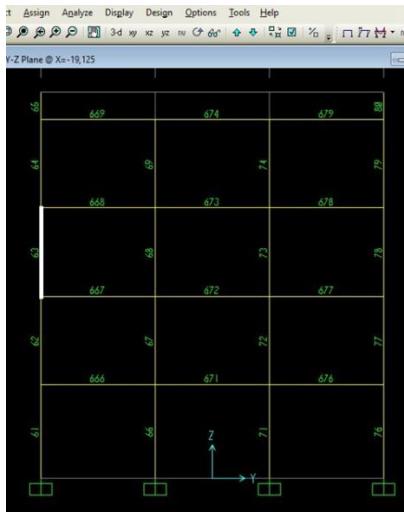
Untuk tulangan 3 D16 di sisi atas

$$\begin{aligned}a &= \frac{As \times 1,25f_y}{0,85f'_c b} \\ a &= \frac{602,88 \times 1,25 \times 390 \text{ MPa}}{0,85 \times 25 \text{ MPa}^{250}} \\ a &= 55,32 \text{ mm} \\ \text{Mpr} &= As(1,25f_y)(d-a/2) \\ &= 602,88 (1,25 \times 390 \text{ MPa}) \\ &[(450-62,5)-55,32/2] \\ &= 105757958,9 \text{ N-mm} \\ &= 105,76 \text{ KN-m}\end{aligned}$$

Untuk tulangan 2 D16 di sisi bawah

$$\begin{aligned}a &= \frac{As \times 1,25f_y}{0,85f'_c b} \\ a &= \frac{401,92 \times 1,25 \times 390 \text{ MPa}}{0,85 \times 25 \text{ MPa}^{250}} \\ a &= 36,88 \text{ mm} \\ \text{Mpr} &= As(1,25f_y)(d-a/2) \\ &= 401,92 (1,25 \times 390 \text{ MPa}) \\ &[(450-62,5)-36,88/2] \\ &= 72311937,3 \text{ N-mm} \\ &= 72,31 \text{ KN-m}\end{aligned}$$

Perhitungan Kolom 63 Tinjauan Kedua



Hasil Analisa Struktur Dengan Bantuan Program SAP2000 Terhadap Beban Hidup

TABLE: Element Forces - Frame (BERAN HIDUP)												
Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameElem Text	ElemStation m	
62 0	LIVE	LinStatic	-51,331 0,019 -2,112	0,0002377	-3,4669	0,0364	62-1 0					
62 1,6	LIVE	LinStatic	-51,331 0,019 -2,112	0,0002377	-0,0562	0,0554	62-1 1,6					
63 0	LIVE	LinStatic	-14,183 0,033 -1,973	0,000557	-3,1997	0,0444	63-1 0					
63 1,6	LIVE	LinStatic	-14,183 0,033 -1,973	0,000557	-0,0423	0,0584	63-1 1,6					
63 3,2	LIVE	LinStatic	-14,183 0,033 -1,973	0,000557	3,1152	-0,0511	63-1 3,2					
64 0	LIVE	LinStatic	-16,8 0,071 -2,834	-0,0021	-4,0263	-0,0437	64-1 0					
64 1,6	LIVE	LinStatic	-16,8 0,071 -2,834	-0,0021	0,0354	0,0702	64-1 1,6					
64 3,2	LIVE	LinStatic	-16,8 0,071 -2,834	-0,0021	0,0392	0,1841	64-1 3,2					

Hasil Analisa Struktur Dengan Bantuan Program SAP2000 Terhadap Beban Mati

TABLE: Element Forces - Frame (BERAN MATE)												
Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameElem Text	ElemStation m	
62 0	DEAD	LinStatic	-322,732 0,116 -5,969	0,0014	-9,8359	0,1971	62-1 0					
62 1,6	DEAD	LinStatic	-317,072 0,116 -5,969	0,0014	-0,3863	0,0319	62-1 1,6					
63 0	DEAD	LinStatic	-202,344 0,158 -5,937	0,000475	-9,7623	0,2453	63-1 0					
63 1,6	DEAD	LinStatic	-202,344 0,158 -5,937	0,000475	0,2368	-0,0779	63-1 1,6					
63 3,2	DEAD	LinStatic	-191,033 0,118 -5,937	0,000475	9,736	-0,261	63-1 3,2					
64 0	DEAD	LinStatic	-78,862 -0,889 -5,156	-0,006633	-3,9124	0,0679	64-1 0					
64 1,6	DEAD	LinStatic	-78,862 -0,889 -5,156	-0,006633	-0,6656	0,2111	64-1 1,6					
64 3,2	DEAD	LinStatic	-78,862 -0,889 -5,156	-0,006633	7,5842	0,3543	64-1 3,2					

Hasil Analisa Struktur Dengan Bantuan Program SAP2000 Terhadap Beban Gempa

TABLE: Element Forces - Frames (BERAN GEMPA)												
Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameElem Text	ElemStation m	
62 0	GEMPA	LinRampSpec	Max 33,059 22,716 13,806	2,9953	3,06	4,4404	62-1 0					
62 1,6	GEMPA	LinRampSpec	Max 31,003 22,716 13,806	2,9953	3,06	4,4404	62-1 1,6					
63 0	GEMPA	LinRampSpec	Max 15,66 20,441 11,154	2,9953	2,9953	23,5794	63-1 0					
63 1,6	GEMPA	LinRampSpec	Max 15,66 20,441 11,154	2,9953	2,9953	23,5794	63-1 1,6					
63 3,2	GEMPA	LinRampSpec	Max 14,667 20,441 11,154	1,969	2,9117	4,1454	63-1 3,2					
64 0	GEMPA	LinRampSpec	Max 8,018 20,994 6,182	1,0351	1,4396	15,7601	64-1 0					
64 1,6	GEMPA	LinRampSpec	Max 8,018 20,994 6,182	1,0351	10,1985	45,5582	64-1 1,6					
64 3,2	GEMPA	LinRampSpec	Max 8,018 20,994 6,182	1,0351	10,1985	45,5582	64-1 3,2					

Gaya dalam pada kolom 64, 63, dan 62

Gaya dalam	D	L	E,ka	E,ki
Gaya aksial P (KN)				
Kolom diatas	64 awal	81,717	16,8	8,018
Kolom yang didesain	63	196,708	34,183	18,667
Kolom di bawah	62 akhir	311,421	51,331	33,035
Momen M2 atau M3 (KN-m)				
Ujung atas kolom	64 awal	8,9154	4,0283	23,6604
ujung bawah kolom	62 akhir	9,2634	3,3546	36,9238
Gaya geser	V2 63	0,158	0,033	20,447
				-20,447

Kombinasi Beban

Kolom	64 awal	(L=3,2 m)	Gaya Aksial	Momen atas	Momen Bawah
1,4 D			114,4038		
1,2 D+		1,6 L	124,9404		
1,2 D-	1 E+	0,5 L	114,4784		
1,2 D+	-1 E+	0,5 L	98,4424		
0,9 D+	1 E		81,5633		
0,9 D-	-1 E		65,5273		
			maks P	124,9404	
Kolom desain	63	(L=3,2 m)			
1,4 D			275,3912	12,48156	12,96876
1,2 D+		1,6 L	290,7424	17,14376	16,48344
1,2 D-	1 E+	0,5 L	271,8081	36,37303	49,71718
1,2 D+	-1 E+	0,5 L	234,4741	-10,9478	-24,1304
0,9 D+	1 E		195,7042	31,68426	45,26086
0,9 D-	-1 E		158,3702	-15,6365	-28,5867
			maks P	290,7424	
Kolom di bawah	62 akhir	(L=3,2 m)			
1,4 D			435,9894		
1,2 D+		1,6 L	455,8348		
1,2 D-	1 E+	0,5 L	432,4057		
1,2 D+	-1 E+	0,5 L	366,3357		
0,9 D+	1 E		313,3139		
0,9 D-	-1 E		247,2439		
			maks P	455,8348	

Sebagai desain awal gunakan tulangan

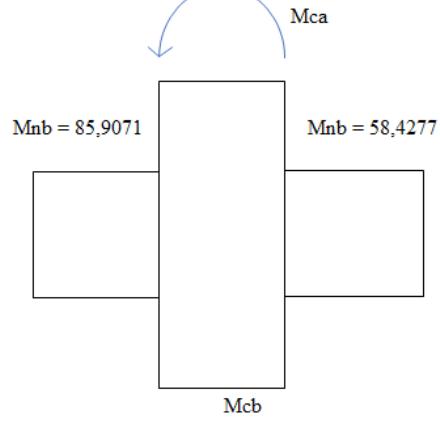
8 D16

$$\rho_{\text{rho,g}} = \frac{\text{Tulangan Digunakan } \pi \times 0,25 \text{ Dtulangan}^2}{\text{Dimensi Kolom}}$$

$$= 8 (22/7) \times 0,25 \times 16^2 / (300 \times 500)$$

$$= 0,0107$$

Periksa Syarat :

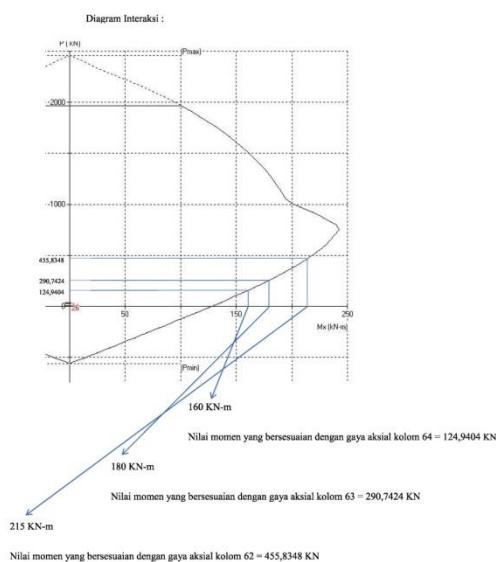


$$6/5 \Sigma M_{\text{nb}} = 6/5 \times (85,90714 +$$

$$58,427672)$$

$$= 173,20178$$

Diagram Interaksi :



Untuk hubungan balok kolom disebelah atas kolumn 63 (lihat diagram interaksi)

$$\Phi \Sigma M_{nc} = 160 + 180 = 340$$

$$\Sigma M_{nc} > 6/5 \Sigma M_{nb}$$

$$340/0,65 > 173,20178$$

$$523,0769 > 173,20178 \text{ (OK)}$$

Untuk hubungan balok kolom disebelah bawah kolumn 63 (lihat diagram interaksi)

$$\Phi \Sigma M_{nc} = 215 + 180 = 395$$

$$\Sigma M_{nc} > 6/5 \Sigma M_{nb}$$

$$395/0,65 > 173,20178$$

$$607,6923 > 173,20178 \text{ (OK)}$$

Luas tulangan transversal kolom yang dibutuhkan:

$$A_{sh} = 0,3 \frac{Sb_c f_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{Sb_c f_c}{f_{yt}}$$

Dengan kolumn 63 = ukuran inti penampang diukur hingga sisi terluar sengkang tertutup

63(1) = Dimensi Kolom - (2 x p)
dengan **p = 40**

$$= 300 - 80 = 220 \text{ mm}$$

63(2) = Dimensi Kolom - (2 x p)
= 500 - 80 = 420 mm

Dari hasil 68(1) dan 68(2) digunakan yang terbesar, jadi **420 mm**

$$A_{ch} = \text{Luas inti penampang} = 220 \times 420$$

$$= 92400 \text{ mm}^2$$

$$\left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] = 300 \times 500 / 92400 - 1 \\ = 0,623377$$

Lihat persamaan:

$$(A_{sh}/s),1 \\ = 0,3 \frac{420 \times 25 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \times 0,623377$$

$$(A_{sh}/s),1 = 5,03 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$(A_{sh}/s),2$$

$$= 0,09 \frac{420 \times 25 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}}$$

$$(A_{sh}/s),2 = 2,42 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

(A_{sh}/s) digunakan yang terbesar, jadi **5,03 mm²/mm**

Untuk tulangan 2 kaki D10 dengan jarak 100 mm

$$A_{sh} = A_{sh} \text{ yang digunakan} \times \text{jarak} \\ = 5,03 \times 100$$

$$= 503$$

$$A_{sh} \text{ terpasang} = \text{jumlah tulangan} \times 0,25 \\ \times \pi \times D^2 \\ = 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 10^2 \\ = 157$$

$$A_{sh} < A_{sh} \text{ terpasang}$$

$$503 < 157$$

A_{sh} terpasang kurang dari A_{sh} yang dibutuhkan (NOT OK)

Perhitungan Daerah Hubungan Balok – Kolom (HBK) Tinjauan Kedua

Luas tulangan atas 3 D16, As = 602,88 mm²

➤ Sehingga gaya tarik yang bekerja pada tulangan atas di sebelah kiri HBK :

$$T1 = 1,25 As f_y$$

$$= 1,25 \times 602,88 \times 390 \text{ MPa}$$

$$= 293904 \text{ N} = 293,904 \text{ KN}$$

➤ Gaya tekan yang bekerja pada beton di sebelah kiri HBK :

$$C1 = T1 = 293,904 \text{ KN}$$

Untuk tulangan bawah dengan cara yang sama

Luas tulangan bawah 2 D16, As = 401,92 mm²

➤ Sehingga gaya tarik yang bekerja pada tulangan bawah di sebelah kiri HBK :

$$\begin{aligned} T2 &= 1,25 \text{ As } f_y \\ &= 1,25 \times 401,92 \times 390 \text{ MPa} \\ &= 195936 \text{ N} = 195,936 \text{ KN} \end{aligned}$$

➤ Gaya tekan yang bekerja pada beton di sisi kiri HBK :

$$\mathbf{C2 = T2 = 195,936 \text{ KN}}$$

➤ Selanjutnya dengan meninjau keseimbangan gaya dalam arah horizontal diperoleh :

$$\begin{aligned} V_j &= T1 + C2 - V_{ucol} \\ &= 293,904 \text{ KN} + 195,936 \text{ KN} - 55,65 \text{ KN} \\ &= \mathbf{434,19 \text{ KN}} \end{aligned}$$

➤ Kuat geser dari HBK yang dikekang ke 3 sisinya

$$\begin{aligned} V_n &= 1,7 \sqrt{f'_c A_j} \\ &= 1,7 \sqrt{40 \text{ MPa}} 150000 \\ &= \mathbf{1612762 \text{ N} = 1612,762 \text{ KN}} \\ \varnothing V_n &= 0,85 V_n \\ &= 0,85 \times 1612,762 \\ &= \mathbf{1370,847 \text{ KN}} \\ \varnothing V_n &> V_j \\ \mathbf{1370,847 \text{ KN} > 434,19 \text{ KN (OK)}} \end{aligned}$$

Jadi dimensi pada HBK cukup, dan dipasang sengkang 3 kaki D10 jarak 100 mm

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan analisis perhitungan periode fundamental alami terhadap pengaruh Gempa sesuai dengan SNI 1726:2012 yang telah dilakukan menghasilkan Ta = 0,5293324 dan Tmax = 0,74106536. Periode getar gedung pada program SAP2000 adalah 0,29153. Sehingga Tmax > Periode Getar Gedung (0,74106536 > 0,29153) yang berarti sudah memenuhi syarat.
2. Berdasarkan perhitungan balok dan kolom secara *individual members*

pada **tinjauan pertama** yang telah dilakukan menghasilkan;

a. Kebutuhan tulangan lentur balok 668 pada lokasi tumpuan atas = 405,686, tumpuan bawah = 265,091, dan lapangan = 307,96 dan untuk tulangan yang terpasang pada lokasi tumpuan atas = 602,88, tumpuan bawah = 401,92, dan lapangan = 401,92. Sehingga tulangan yang terpasang lebih besar dari tulangan yang di butuhkan.

b. Untuk kolom di sebelah atas kolom 68 di dapat $\Sigma M_{nc} = 576,9231$ dan $6/5 \Sigma M_{nb} = 173,20178$. Dengan syarat $\Sigma M_{nc} > 6/5 \Sigma M_{nb}$ sehingga sudah memenuhi syarat.

Untuk kolom di sebelah bawah kolom 68 di dapat $\Sigma M_{nc} = 700$ dan $6/5 \Sigma M_{nb} = 173,20178$. Dengan syarat $\Sigma M_{nc} > 6/5 \Sigma M_{nb}$ sehingga sudah memenuhi syarat.

c. Dari perhitungan kolom tinjauan pertama didapat; Ash yang dibutuhkan = 503 dan Ash terpasang = 157. Sehingga Ash terpasang kurang dari Ash yang dibutuhkan (**tidak memenuhi syarat**).

3. Berdasarkan perhitungan balok dan kolom secara *individual members* pada **tinjauan kedua** yang telah dilakukan menghasilkan;

a. Kebutuhan tulangan lentur balok 668 pada lokasi tumpuan atas = 405,686, tumpuan bawah = 265,091, dan lapangan = 307,96 dan untuk tulangan yang terpasang pada lokasi tumpuan atas = 602,88, tumpuan bawah = 401,92, dan lapangan = 401,92. Sehingga tulangan yang terpasang lebih besar dari tulangan yang di butuhkan.

b. Untuk kolom di sebelah atas kolom 63 di dapat $\Sigma M_{nc} = 523,0769$ dan $6/5 \Sigma M_{nb} = 173,20178$. Dengan syarat $\Sigma M_{nc} > 6/5 \Sigma M_{nb}$ sehingga sudah memenuhi syarat.

Untuk kolom di sebelah bawah kolom 63 di dapat $\Sigma M_{nc} = 607,6923$ dan $6/5 \Sigma M_{nb} = 173,20178$. Dengan syarat $\Sigma M_{nc} > 6/5 \Sigma M_{nb}$ sehingga sudah memenuhi syarat.

- c. Dari perhitungan kolom tinjauan kedua didapat; Ash yang dibutuhkan = 503 dan Ash terpasang = 157. Sehingga Ash terpasang kurang dari Ash yang dibutuhkan (**tidak memenuhi syarat**).
- 4. Kuat geser dari hubungan balok - kolom pada tinjauan pertama dan kedua;
 - a. Dari perhitungan daerah HBK **tinjauan pertama** dengan meninjau keseimbangan gaya dalam arah horizontal diperoleh; $V_j = 434,19$ KN
Kuat geser dari HBK yang dikekang ke 4 sisinya $V_n = 1612,762$ KN dan $\bar{V}_n = 1370,847$ KN. Dengan syarat $\bar{V}_n > V_j$. Jadi dimensi pada HBK cukup dan memenuhi syarat.
 - b. Dari perhitungan daerah HBK **tinjauan kedua** dengan meninjau keseimbangan gaya dalam arah horizontal diperoleh; $V_j = 434,19$ KN
Kuat geser dari HBK yang dikekang ke 3 sisinya $V_n = 1612,762$ KN dan $\bar{V}_n = 1370,847$ KN. Dengan syarat $\bar{V}_n > V_j$. Jadi dimensi pada HBK cukup dan memenuhi syarat.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya agar dapat diteliti lebih detail pada luas penampang total tulangan sengkang persegi berdasarkan SNI 2847:2013.
2. Penggunaan program bantu perangkat lunak sangat diperlukan dalam analisis momen yang bekerja pada suatu komponen struktur bangunan gedung.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. SNI 1726:2012
Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. SNI 2847:2013. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. SNI 1727:2013. Jakarta
- Elliott, Kim S. 2002. *Precast Concrete Structures*. Oxford: Butterworth-Heinemann
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman. 2010. Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Bandung