

SKRIPSI
STUDI MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MA'HAD
STAIN JEMBER MENGGUNAKAN STRUKTUR KOMBINASI BAJA DAN BETON
BERTULANG DENGAN BANTUAN PROGRAM SAP 2000

Farid akhmad Roziki , Ir Pujo Priyono., MT , Gati Anisa Hayu, ST., MSc
Mahasiswa , Dosen Pembimbing I , Dosen Pembimbing II

Abstrak

Salah satu kunci untuk keberhasilan di era globalisasi saat ini untuk berkompetisi adalah pendidikan, sehingga kebutuhan masyarakat akan pendidikan yang layak semakin tinggi dan secara tidak langsung kebutuhan akan tempat pendidikan yang bagus sangat diinginkan. Sarana dan prasarana yang memadai juga mempunyai peranan penting. Pendidikan saat ini sudah semakin menarik. Oleh karena itu dibangunlah sebuah Gedung Ma'ad STAIN Jember yang didukung dengan sarana dan prasana yang baik guna menunjang dan menselaraskan kebutuhan akan hal tersebut.

Sebagai bahan studi perencanaan, Gedung Ma'ad STAIN Jember merupakan gedung pendidikan yang terdiri dari 4 lantai, yang semula pada strukturnya menggunakan struktur beton bertulang akan direncanakan kembali menggunakan struktur komposit baja-beton, dimana balok menggunakan profil WF dengan lantai dari beton.

Struktur komposit semakin banyak dipakai dalam rekayasa struktur. Dari beberapa penelitian, struktur komposit mampu memberikan kinerja struktur yang baik dan lebih efektif dalam meningkatkan kapasitas pembebanan, kekakuan dan keunggulan ekonomis (Vebriano Rinaldy & Muhammad Rustailang, 2005)

Peraturan yang digunakan untuk perencanaan ini yaitu perencanaan struktur baja dengan metode LRFD Edisi Kedua berdasarkan SNI 03-1729-2002, SNI 03-1729-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.

Farid akhmad Roziki , Ir Pujo Priyono., MT , Gati Anisa Hayu, ST., MSc
Student, The 1st Supervisor, The 2nd Supervisor

Abstract

One of the keys to success in today's era of globalization for competition is education, so that people's needs for a proper education is getting higher and indirectly the needs of a good education is very desirable. Adequate facilities and infrastructure also play an important role. Now, education is more attractive. Therefore, a building Ma'had STAIN Jember is built, which supported with good facilities and infrastructures to support and align the need for it.

As a planning study materials, building Ma'had STAIN Jember is an educational building which consists of four floors, which was originally on the structure using reinforced concrete structures will be planned to re-use the steel-concrete composite structure, in which the beams use WF profile with floors of concrete.

Composite structures are increasingly used in engineering structures. From several studies, the composite structure is able to provide good structural performance and more effective in increasing the load capacity, rigidity and economic advantages (Vebriano Rinaldi & Muhammad Rustailang, 2005)

Rules are used for this planning is the planning of steel structures with the Second Edition LRFD method based SNI 03-1729-2002, SNI 03-1729-2002 about Steel Structures Planning Procedures for Building and regulatory imposition Indonesia To Building 1983.

BAB I PENHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu kunci untuk keberhasilan di era globalisasi saat ini untuk berkompetisi adalah pendidikan, sehingga kebutuhan masyarakat akan pendidikan yang layak semakin tinggi dan secara tidak langsung kebutuhan akan tempat pendidikan yang bagus sangat diinginkan. Sarana dan prasarana yang memadai juga mempunyai peranan penting. Pendidikan saat ini sudah semakin menarik. Oleh karena itu dibangunlah sebuah Gedung Ma'ad STAIN Jember yang didukung dengan sarana dan prasana yang baik guna menunjang dan menselaraskan kebutuhan akan hal tersebut.

Sebagai bahan studi perencanaan, Gedung Ma'ad STAIN Jember merupakan gedung pendidikan yang terdiri dari 4 lantai, yang semula pada strukturnya menggunakan struktur beton bertulang akan direncanakan kembali menggunakan struktur komposit baja-beton, dimana balok menggunakan profil WF dengan lantai dari beton.

Balok komposit merupakan perpaduan antara beton dan baja profil, dimana perbedaannya dengan beton bertulang adalah untuk momen positif, pada beton bertulang gaya-gaya tarik yang terjadi pada elemen struktur dipikul oleh besi tulangan, sedangkan pada struktur komposit gaya-gaya tarik yang terjadi dipikul oleh profil baja.

Balok komposit dengan profil WF biasa sudah banyak digunakan dalam perencanaan suatu gedung. Hal ini disebabkan keuntungan yang didapat dengan menggunakan struktur komposit pada suatu bangunan daripada menggunakan struktur beton bertulang. Jika ditinjau dari segi kualitas dan efisiensi waktu pekerjaan bangunan dengan struktur baja komposit lebih menguntungkan.

Oleh karena itu, struktur komposit semakin banyak dipakai dalam rekayasa struktur. Dari beberapa penelitian, struktur komposit mampu memberikan kinerja struktur yang baik dan lebih efektif dalam meningkatkan kapasitas pembebanan, kekakuan dan keunggulan ekonomis (Vebriano Rinaldy & Muhammad Rustailang, 2005).

Peraturan yang digunakan untuk perencanaan ini yaitu perencanaan struktur baja dengan metode LRFD Edisi Kedua berdasarkan SNI 03-1729-2002, SNI 03-1729-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah

1. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat lantai dan balok anak ?
2. Bagaimana merencanakan struktur utama yang meliputi balok dan kolom ?
3. Bagaimana pemodelan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program

bantu SAP2000 V14 ?

4. Bagaimana merencanakan pondasi yang sesuai dengan besarnya beban yang dipikul?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan modifikasi perencanaan pembangunan Gedung Ma'ad STAIN Jember dengan struktur komposit baja-beton, yaitu :

1. Merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat lantai dan balok anak.
2. Merencanakan struktur utama yang meliputi balok dan kolom.
3. Pemodelan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP2000 V14.
4. Merencanakan pondasi yang sesuai dengan besarnya beban yang dipikul.
- 5.

1.4. Manfaat Penelitian

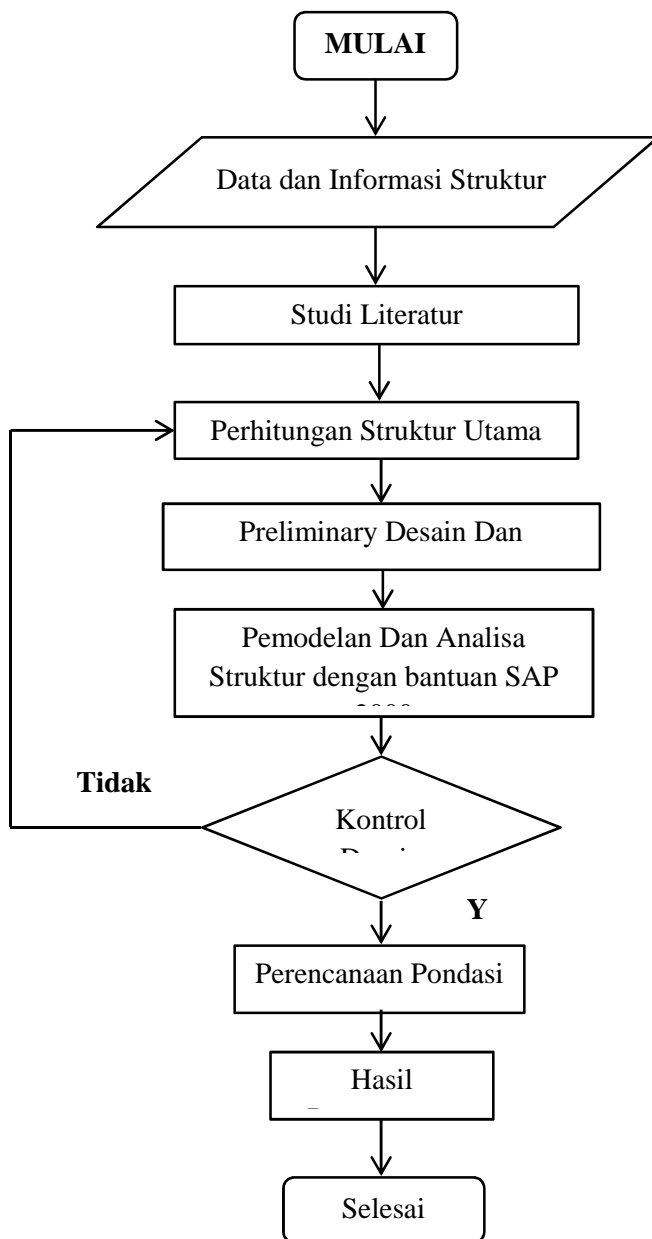
Proposal tugas akhir ini di harapkan dapat memberikan informasi yang berbentuk ilmu maupun informasi terhadap pembaca agar dapat merencanakan dan menghitung kekutan gedung menggunakan konstruksi baja pada saat gedung tersebut terkena gaya – gaya yang di akibatkan gempa.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut :

- a. Beban yang bekerja pada struktur adalah beban hidup, mati, dan gempa.
- b. Studi penelitian hanya membahas gedung STAIN Jember dengan menggunakan struktur baja WF
- c. Plat lantai menggunakan beton bertulang dengan tebal 12 cm.
- d. Perhitungan yang ditinjau adalah struktur pada kolom, balok, pelat lantai dan pondasi.
- e. Dalam pembahasannya, penulis akan menggunakan buku pedoman, yaitu :
 1. Departemen Pekerjaan Umum, Ditjen Cipta Karya Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Jalan Tamansari no. 84, Bandung, Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.
 2. Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD Edisi Kedua Berdasarkan SNI 03-1729-2002.
- f. Menggunakan software SAP2000 V14 sebagai alat bantu.

BAB II METODOLOGI PERENCANAAN



Gambar 2.1 Tahapan Perencanaan

BAB III PERHITUNGAN STRUKTUR UTAMA DAN SEKUNDER

2.1. Perhitungan Pelat

Data Perencanaan Pelat :

- Mutubeton : $f_c = 25\text{MPa}$
 $E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$, sehingga :
 $E_c = 22442\text{MPa}$
- Mutubaja (U 24)
 $f_y = 240\text{MPa} = 2400\text{kg/m}^2$
- Tebal pelat rencana :
 Tebal pelat atap/lisplank : 10 cm
 Tebal pelat lantai : 13 cm

beban-beban yang bekerja pada pelat atap/listplang

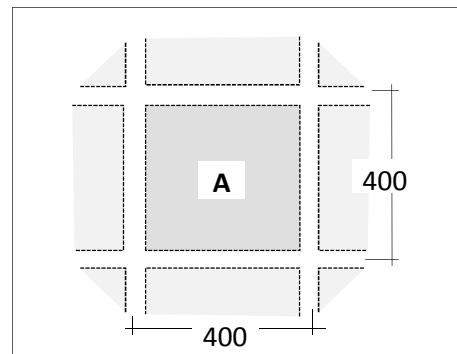
- Beban Mati (DL) : 330kg/m^2

- BebanHidup (LL) : 100kg/m^2
- Beban-beban Yang Bekerja Pada Pelat Lantai
- Beban Mati (DL) : 476kg/m^2
 - BebanHidup (LL) : 250kg/m^2
- Sehingga $q_u = 1492\text{kg/m}^2$

2.1.1. System Penampang Balok Komposit

- Balok tepi, $b_e = 73\text{cm}$
 Nilai rasio modular , $n = 9,51$
 Pelat beton ditransformasikan ke penampang baja, sehingga: $b_e/n = 7,68\text{cm}$
 Garis netral : $\bar{y} = 11,28$
 Momen inersia : $I_x = 15784,87$
- Balok Tengah, $b_e = 131\text{cm}$
 Nilai rasio modular, $n = 9,51$
 Pelat beton ditransformasikan ke penampang baja, sehingga: $b_e/n = 13,7$
 Garis netral : $\bar{y} = 9,6$
 Momen inersia : $I_x = 18083,1$

2.1.2. Kontrol Tebal Pelat Lantai



Gambar 4.1. Pelat Lantai tipe A (400x400)

Tebal pelat minimum, agar lendutan tidak perlu dikontrol menurut SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3.3 :

$$h_{\min} = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \geq 120\text{ mm}$$

Ditentukan dengan persamaan :

$$t_{\min} = \frac{4000 \left(0,8 + \frac{240}{1500} \right)}{36 + 5(1,0)(1,17 - 0,2)} = 12,5\text{ mm}$$

$$h_{\min} \geq 120\text{ mm} \approx 12\text{ cm}$$

Maka pelat lantai dengan tebal 12 cm memenuhi syarat.

2.1.3. Perhitungan Gaya Dalam Dan Penulangan Pelat

1. Ukuran pelat
 $l_y / l_x \leq 2 \rightarrow$ tulangan dua arah
 $l_y / l_x > 2 \rightarrow$ tulangan satu arah
2. Beban ultimate
 $q_u = 1.2\text{DL} + 1.6\text{LL}$
 $M_{lx} = -M_{tx} = 0.001 q_u l_x^2 C_x$
 $M_{ly} = -M_{ty} = 0.001 q_u l_y^2 C_y$

Dalam perhitungan penulangan pelat mengacu pada SK SNI T-15 1991-03, khususnya pada pasal 3.1.4 dan

3.3.2. Mutu beton yang dipakai adalah $f_c' = 30\text{MPa}$.
 Pasal 3.2.2 menyatakan bahwa untuk $f_c' \leq 30\text{ MPa}$ maka nilai $\beta_1 = 0.85$.

$$\beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot s_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b \quad (\text{SK SNI T-15 pasal 3.3.3 ayat 3})$$

$$\rho_{min} = 1.4 / f_y \quad (\text{SK SNI T-15 pasal 3.3.5 ayat 1})$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4f_y} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1})$$

Decking (selimutbeton) diambil sebesar 20 mm

2.1.4. Tulangan Susut Dan Suhu

$$A_{s,min} = 0.0025 \times A_{bruto}$$

2.1.5. Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

- Plat Tipe A (4mx4m)

Momen yang terjadi : $C_{lx} = C_{tx} = 36$
 $C_{ly} = 36$
 $C_{ty} = 36$

$$M_{lx} = - M_{tx} = 0,001 \times 36 \times 1492 \times 4^2 = 859,4 \text{ kg-m}$$

$$= 8,6\text{kN-m}$$

$$M_{ly} = - M_{ty} = 0,001 \times 36 \times 1492 \times 4^2 = 859,4 \text{ kg-m}$$

$$= 8,6\text{kN-m}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot s_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y} = 0,048$$

$$\rho_{max} = 0,036$$

$$\rho_{min} = 0,006$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4f_y} = 0,005$$

$$A_{s,min} = 0,0025 \times b \times h = 0,0025 \times 1000 \times 120 = 300 \text{ mm}^2$$

2.1.6. Penulangan Arah x

Direncanakan memakai $\varnothing 10-125 \rightarrow A = 628 \text{ mm}^2$

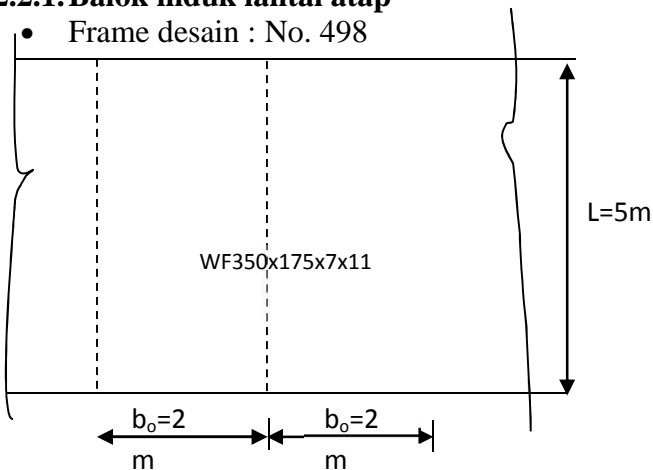
2.1.7. Penulangan Arah Y

Direncanakan memakai $\varnothing 10-125 \rightarrow A = 628 \text{ mm}^2$

2.2. Perhitungan Struktur Sekunder Dan Utama

2.2.1. Balok induk lantai atap

- Frame desain : No. 498



Gambar 2.1. Desain balok induk lantai atap

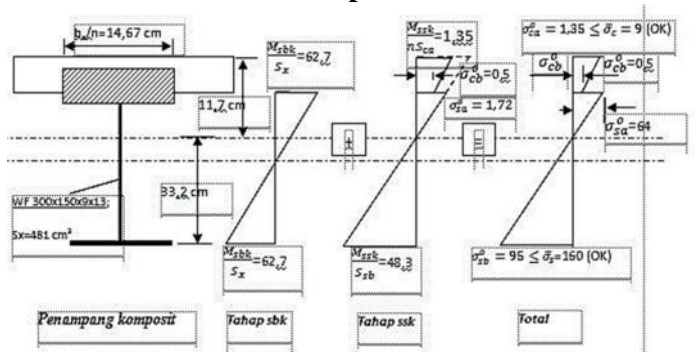
Tabel 2.1. Menentukan garis netral

Elemen	Luas transformasi	Lengan momen	A.y
	A(cm ²)	y(cm)	(cm ³)
Pelat beton	14,6x12=146,75	1/2(10)=5	734,375
Profil WF	63,4	350/2+10=27,5	1737,35
Jumlah	210		2470

Tabel 2.2. Perhitungan Teorema Sumbu Sejajar

Elemen	A(cm ²)	y(cm)	Io(cm ⁴)	d(cm)	Io+Ad ² (cm ⁴)
Pelat beton	146,75	5	1/12(14,6)(10) ³ =1223,9	11,76-5=6,76	7944,7
Profil WF	53,4	27,5	13600	27,5-11,76=15,74	29233,81
				I _x =	37178,6

Gambar 2.2. Profil tegangan kualitas untuk balok komposit



Tinjauan terhadap momen negative :

Data : Frame desain : No. 30

a. Aksi Kolom

$$N_u / \phi N_n = 0,017977344$$

- Periksa apakah profil BALOK kompak atau tidak :
 $w = 46,857 < r = 74,80 \rightarrow$ Penampang kompak
 $\phi_b \cdot M_{nx} = 181,6128 \text{ KN-m}$

- Periksa kekuatan :

$$M_{ux} = M_u = 180 \text{ KN}$$

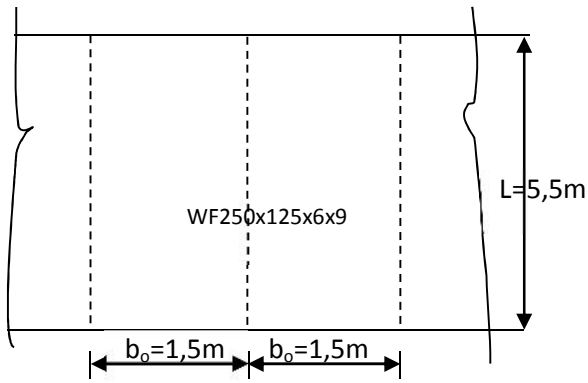
- Dari Pers. Interaksi :

$$N_u / \phi N_n + 8/9 * (M_{ux} / \phi_b M_{nx}) = 1,05 = 1 \quad \text{ok}$$

2.2.2. Balok Anak Lantai

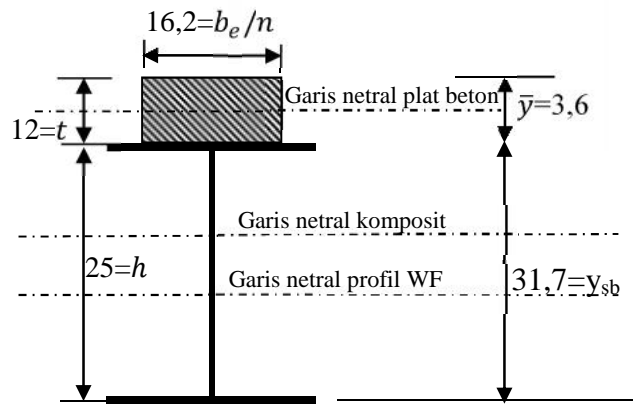
- a. Tinjauan terhadap momen positif

Data: Frame desain : No. 706



Gambar 4.3. Desain anak lantai

Gambar 2.5. Momen inersia penampang komposit



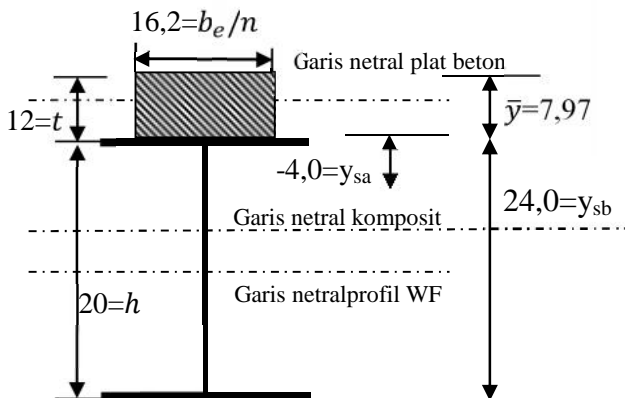
Tabel 2.3. Menentukan letak garis netral

Elemen	Luas transformasi	Lengan momen	A.y
	A(cm ²)	y(cm)	(cm ³)
Pelat beton	16,2x12=193,87	½(12)=6	1163,2
Profil WF	37,6	250/2+12=24,5	921,2
Jumlah	284,35		2401,7

Tabel 2.5. Perhitungan Teorema Sumbu Sejajar

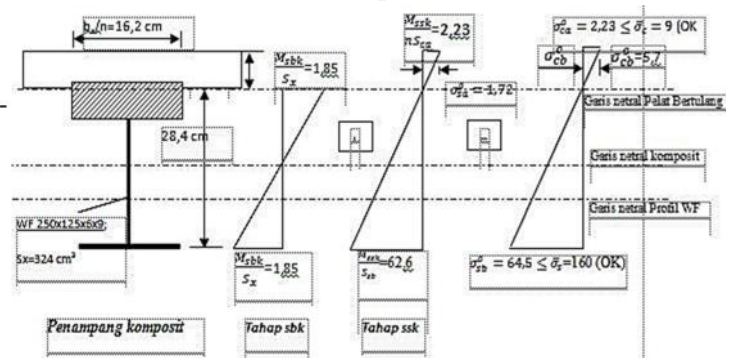
Elemen	A(cm ²)	y(cm)	Io(cm ⁴)	d(cm)	Io+Ad ² (cm ⁴)
Pelat beton	176,7	4,3	1/12(16,2)(8,6 ³)=1087,3	4,3	4349,0
Profil WF	37,6	24,5	4050	25/2+12-8,6=15,9	13564,0
				I _{xk} =	17913,0

Gambar 2.4. Momen inersia penampang komposit



$$\bar{y} = \frac{\sum Ay}{\sum A} = \frac{2401,7}{284,35} = 8,4 \text{ cm}$$

Gambar 2.6. Profil tegangan kualitas untuk balok komposit



Tabel 2.4. Menentukan letak garis

	Luas transformasi	Lengan momen	A.y
	A(cm ²)	y(cm)	(cm ³)
Pelat beton	16,2x12=193,87 y-bar = 16,2	½(12)=6	8.1
Profil WF	37,6	250/2+12=24,5	921,2
Jumlah	37,6+16,2		921,2+8,1

b. Tinjauan kekuatan balok terhadap momen negatif

Data: Frame desain : No. 67

a. Aksi Kolom

$$= 100,36$$

$$c = 1,11$$

$$= 1,67$$

$$N_n = 542427.4135 \text{ N}$$

$$N_u / \phi N_n = 0$$

b. Aksi balok

$$w = 38,667 < r = 75,20 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

$$\phi_b M_n x = 76,0104 \text{ KN-m}$$

Periksa kekuatan :

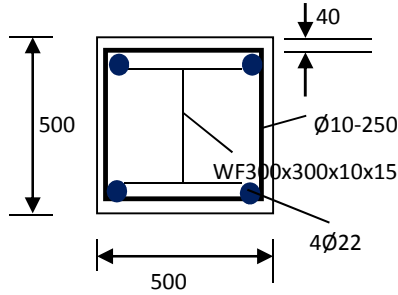
$$M_u x = M_u = 67,25 \text{ KN}$$

Dari Pers. Interaksi :

$$N_u / \phi N_n + 8/9 * (M_u x / \phi_b M_n x) = 0,925 = 1 \text{ ok}$$

2.3. Perencanaan Kolom Komposit

2.3.1. Kolom 300x300 (tumpuan sendi)



Gambar 2.7. Desain kolom komposit 500x500

- Luas beton, $A_c = 500 \times 500 = 250000 \text{ mm}^2$
- Luas profil, $A_s = 11980 \text{ mm}^2$ (WF 300x300x10x15)
- Periksa terhadap syarat luas minimum profil baja, $A_s/A_c = (11980/250000) \times 100\% = 4,79\% > 4\% \rightarrow \text{OK}$
- Periksa syarat jarak sengkang pengikat lateral: Jarak sengkang = 250 mm $< 2/3(500) = 333,3 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$

Periksa syarat luas tulangan longitudinal:

- Jarak antar tulangan longitudinal = $500 - 2(40) - 2(10) - 22 = 378 \text{ mm}$
- Luas tulangan longitudinal = $1/4 * (10^2) = 78,4 \text{ mm}^2 > 0,18(250) = 45 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK}$

Hitung tegangan leleh modifikasi;

- Luas tulangan total longitudinal, $A_r = 4(380,13) = 1520,52 \text{ mm}^2$
- Luas netto beton, $A_c = 250000 - 1520,52 = 236499,78 \text{ mm}^2$

Untuk profil baja yang diberi selubung beton, maka:

$$c_1 = 0,7; c_2 = 0,6; c_3 = 0,2$$

$$f_{my} = f_y + c_1 f_y \left(\frac{A_r}{A_s} \right) + c_2 f_c' \left(\frac{A_c}{A_s} \right) + c_3 f_c' \left(\frac{A_c}{A_s} \right)$$

$$= 240 + 0,7(400) \left(\frac{1520,52}{11980} \right) + 0,6(25) \left(\frac{236499,78}{11980} \right) = 571,66 \text{ MPa}$$

Hitung modulus elastisitas modifikasi:

$$E_m = E_s + c_3 E_c \left(\frac{A_c}{A_s} \right) + c_2 E_c \left(\frac{A_c}{A_s} \right) + c_1 E_c \left(\frac{A_c}{A_s} \right)$$

$$= 200000 + 0,2(24100) \left(\frac{236499,78}{11980} \right) + 0,6(24100) \left(\frac{236499,78}{11980} \right) + 0,7(24100) \left(\frac{236499,78}{11980} \right) = 295152,66 \text{ MPa}$$

Jari-jari girasi kolom komposit diambil dari nilai terbesar antara:

$$a. \quad 0,3b = 0,3(500) = 150 \text{ mm} \rightarrow r_m = 150 \text{ mm}$$

$$b. \quad r_y = 75,1 \text{ mm}$$

langkah selanjutnya adalah menghitung kuat tekan kolom komposit:

$$c = \frac{k_c L}{\pi r_m} \sqrt{\frac{f_{ym}}{E_m}} = \frac{3600}{\pi \times 150} \sqrt{\frac{571,66}{295152,66}} = 0,336$$

karena:

$$0,25 < c = 0,336 < 1,2 \quad \text{maka} \quad \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67(0,336)} = 1,04$$

$$f_{cr} = \frac{f_{ym}}{\omega} = 571,66 / 1,04 = 549,67 \text{ MPa}$$

$$N_n = A_s f_{cr} = 11980 (549,67) = 6585046,6 \text{ N}$$

$$\phi_c N_n = 0,85(6585046,6) = 5597289,61 \text{ N} = 559,73 \text{ ton}$$

Kuat tekan aksial rencana dari profil WF 300x300x10.15 adalah:

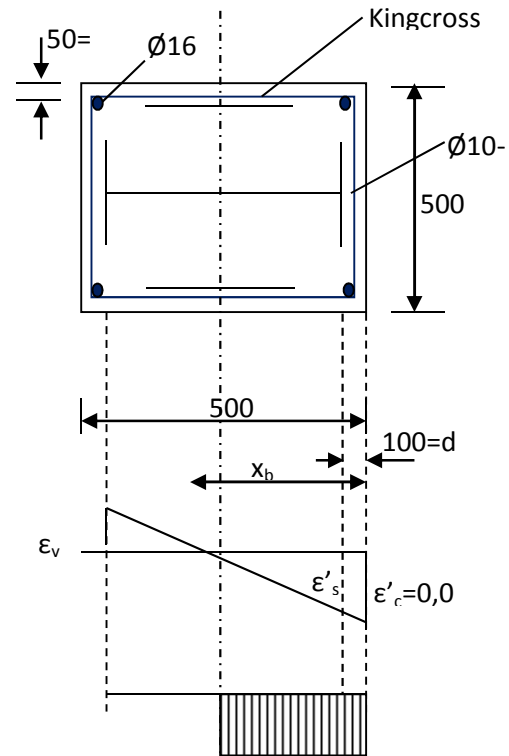
$$\phi N_{ns} = 0,85(11980)(240) = 2441920 \text{ N}$$

Kuat tekan aksial rencana yang dipukul oleh beton:

$$\phi N_{nc} = \phi_c N_n - \phi N_{ns} = 5597289,61 - 2441920 = 3155369,61 \text{ N}$$

$$1,7\phi f_c' A_B = 1,7(0,6)(25)250000 = 6375000 \text{ N} > \phi N_{nc} \rightarrow \text{OK}$$

2.3.2. Kolom 500x500 King cross (tumpuan jepit)



Gambar 2.8. Desain kolom king cross 500x500

Dicheck dulu apakah terjadi keadaan “underreinforced” atau “overreinforced” :

$$x_b = \frac{600}{600 + 240} 400 = 285,7 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85(285,7) = 242,9 \text{ mm}$$

Menentukan e_b ;

$e (=143 \text{ mm}) < e_b (=197,3 \text{ mm})$ terjadi keruntuhan tekan (“overreinforced”)

$$\rightarrow P_n > P_{nb}$$

$$C_c = 0,85 f_c' b a = 0,85 \cdot 20 \cdot 500 \cdot (0,85x) = 8500 x$$

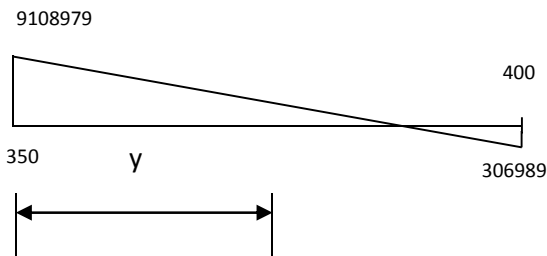
$$C_s = A_s' (f_y - 0,85 f_c') = (1950)(240 - 0,85 \cdot 20) = 434850 \text{ N}$$

$$T = A_s f_s = \frac{0,003(400 - x)}{x}$$

$$T = (1950) \frac{0,003(400 - x)}{x} 200000 = \frac{1170000(400 - x)}{x}$$

Momen terhadap Pn=0
 $x^3 - 352,9x^2 + 30525,3x - 19432526 = 0$

Diselesaikan dengan cara sebagai berikut:
 $x = 350 \text{ mm} \rightarrow f(x) = -9108979$
 $x = 400 \text{ mm} \rightarrow f(x) = 306989$



Gambar 2.9. Momen keruntuhan tekan ("overreinforced")

$y : (50-y) = 9108979 : 306989$
 $\rightarrow y = 48,2 \text{ mm}$

Jadi $x = 350 + 48,2 = 398,2 \text{ mm}$

Check apakah tulangan tarik belum leleh:
 $f_s = \frac{0,003(400-398,2)}{398,2} 200000 = 2,5 \text{ MPa} < f_y = 240 \text{ MPa} \rightarrow \text{OK}$

Dan,

$C_c = 8500(398,4) = 3386143 \text{ N}$
 $C_s = 434850 \text{ N}$
 $T = \frac{1170000(400-398,2)}{398,2} = 4787,7 \text{ N}$

Sehingga :

$P_n = C_c + C_s - T = 3386143 + 434850 - 4787,7$
 $= 3816206 \text{ N} = 3816,2 \text{ kN}$
 $> P_{n,0} (= 827,9 \text{ kN}) \rightarrow \text{OK}$

$M_n = P_n \cdot e_n = C_s(\bar{y} - d') + C_c(\bar{y} - 1/2a) + T(h - \bar{y} - d'')$
 $M_n = P_n \cdot e_n = 434850(250 - 100) + 3386143(250 - 1/2 \cdot 0,85 \cdot 398,2) + 4787,7(500 - 250 - 100)$
 $= 573867210 \text{ N-mm} = 573,67 \text{ kN-m} > M_{n,0}$
 $= 119 \text{ kN-m} \rightarrow \text{OK}$

2.4. Hubungan Kerangka

2.4.1. Sambungan balok induk dan balok anak

Rencanakan sambungan antara balok induk WF 300x150x9x13 dengan balok anak WF 200x100x5,5x8 dengan menggunakan baut A325 Ø16 mm Reaksi terfaktor balok anak adalah sebesar 80 kN dan baja 37.

- Tahanan tumpu pada bagian web dari balok :
 $\phi R_n = 58608 \text{ N/baut}$
- Tahanan geser baut dengan dua bidang geser:
 $\phi R_n = 99475 \text{ N/baut}$
- Perhitungan jumlah baut:
 $n_b = 80000/58608 = 1,4 \rightarrow \text{gunakan 2 baut}$
- Periksa geser blok pada balok anak:
 $A_{gv} = 120(5,5) = 660 \text{ mm}^2$
 $A_{nv} = (120 - 2(16+2))(5,5) = 462 \text{ mm}^2$
 $A_{gt} = 30(5,5) = 165 \text{ mm}^2$
 $A_{nt} = (30 - 0,5(16+2))(5,5) = 115,5 \text{ mm}^2$
 $f_u A_{nt} = 370(115,5) = 42735 \text{ N}$
 $0,6f_u A_{nv} = 0,6(370)(462) = 102564 \text{ N}$

Karena $f_u A_{nt} < 0,6f_u A_{nv}$, maka:

$T_n = 0,6 f_u A_{nv} + f_y A_{gv}$
 $= 102564 + 660(165) = 142164 \text{ N}$
 $\phi T_n = 0,75(142164) = 106623 \text{ N} >$
 $P_u = 80000 \text{ N} \rightarrow \text{OK}$

2.4.2. Sambungan Balok dan Kolom

Joint 862

balok-kolom antara balok WF300x150x9x13 dengan kolom Kingcross 300x150x9x13. Material baja BJ 37 dan baut A325 Ø19 mm dan $M_u = 56 \text{ kN-m}$ dan $V_u = 192 \text{ kN}$.

Balok WF 300x150x9x13: $d = 300 \text{ mm}$, $t_f = 13 \text{ mm}$,
 $t_w = 9 \text{ mm}$
 Kolom Kingcross 300x150x9x13: $t_f = 13 \text{ mm}$,
 $t_w = 9 \text{ mm}$

- Menghitung tahanan nominal baut:

Geser:

1 bidang geser : $\phi R_n = 0,75 m r_1 f_u^b A_b$
 $= 70200 \text{ N/baut}$
 2 bidang geser : $\phi R_n = 0,75 m r_1 f_u^b A_b$
 $= 140400 \text{ N/baut}$

- Tumpu:

Web balok : $\phi R_n = 0,75(2,4 \cdot f_u^p d_b t_w)$
 $= 113886 \text{ N/baut}$
 flens balok : $\phi R_n = 0,75(2,4 \cdot f_u^p d_b t_w)$
 $= 164502 \text{ N/baut}$

- Tarik:

$\phi R_n = 0,75(0,75 f_u^b A_b)$
 $= 131600 \text{ N/baut}$

Perhitungan siku penyambung atas dan bawah:

Dicoba dua buah baut pada masing-masing profil siku, sehingga:

$d_{\min} = \frac{M_u}{2T_u} = \frac{56 \times 10^6}{2 \times 131600} = 212 \text{ mm}$

$\rightarrow \text{gunakan } d = 400 \text{ mm}$

Gunakan profil siku 100.200.14, sehingga:

$a = 50 - t_{\text{siku}} - r_{\text{siku}} = 50 - 14 - 15 = 21 \text{ mm}$

dengan $d = 400 \text{ mm}$, maka gaya yang bekerja pada profil siku adalah:

$T = M/d = 56 \times 10^6 / 400 = 140000 \text{ N}$

Gaya ini menimbulkan momen pada profil siku sebesar:

$M = 0,5T \cdot a = 0,5(140000)(21) = 1470000 \text{ N-mm}$

Kapasitas nominal penampang persegi adalah:

$\phi M_n = 0,9 \left(\frac{bd^2}{4} \right) f_y :$

Sehingga diperoleh : $b = \frac{4 \times 1470000}{0,9 \times 240 \times 14^2} = 138 \text{ mm}$

Gunakan siku 100x150x15 dengan panjang 150 mm pada flens kolom perhitungan sambungan pada flens balok :

Gaya geser pada flens adalah : $56 \times 10^6 / 300 = 186667 \text{ N}$

Baut penyambung adalah baut dengan satu bidang geser, sehingga:

$n_b = 186667 / 70200 = 2,6 \rightarrow \text{gunakan 4 baut}$

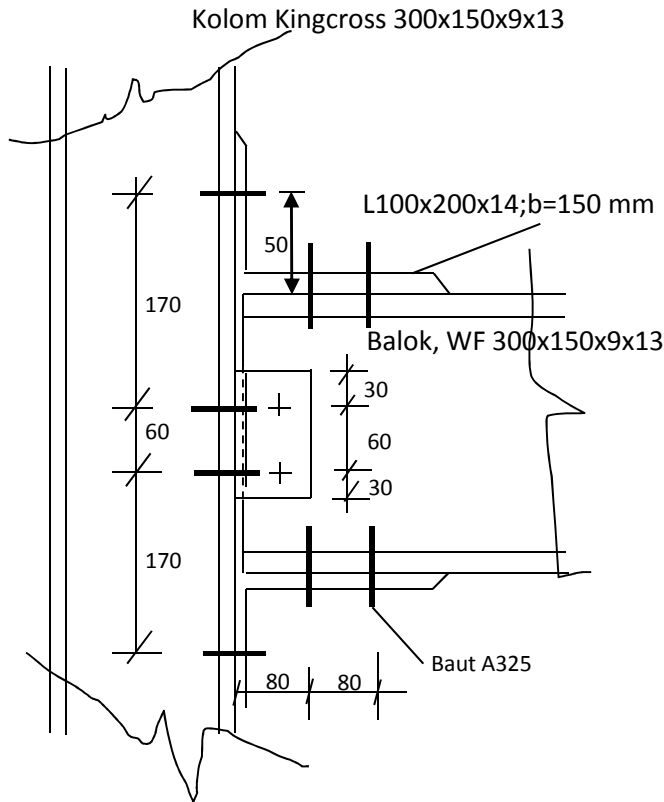
Tahanan baut ditentukan oleh tahanan tumpu:

$n_b = 192 \times 10^3 / 113886 = 1,6 \rightarrow \text{gunakan 2 buah}$

Sambungan web balok dengan flens kolom

($\phi R_n = 70200 \text{ N}$), sehingga:

$n_b = 192 \times 10^3 / 70200 = 2,7 \rightarrow$ gunakan 4 buah baut (2 sisi depan dan 2 sisi belakang).



Gambar 4.10. Sambungan kolom dan balok

2.4.3. Hubungan Pondasi Dan Kolom

Data : Mutu beton, $f_c = 20$ Mpa

Mutu baja = 240 Mpa

$f_u = 370$ Mpa

reaksi : $N_u = 78$ KN

$V_u = 20$ KN

Uk. Base plate $N = 600$ mm

$B = 500$ mm

Jarak baut angkur, $2f = 400$ mm

Perhitungan :

- Menghitung besar m dan x
 $m = 157,7$ mm, $x = 57,5$ mm
- Menghitung eksentrisitas
 $e = e_{min} = 60$ mm
 $N/6 = 100$ mm $> e (= 60$ mm) \rightarrow kategori B
- Menghitung tegangan tumpu pada beton
 $q = 10200$ N/mm, $f+e = 210$ mm, $f+N/2 = 500$ mm
 $y = 3,222147$ maka $A_2/A_1 = 2$, $T_u = 45134,1$ N
- Pemeriksaan angkur terhadap gaya geser dan tarik digunakan 4 buah angkur = 4 buah $\varnothing 19$
 $f_v = 166$ KN
 $V_{ub} = 5$ KN
 $\varnothing f_v \cdot A_b = 35281,43$ N $> V_{ub}$ OK
 $F_1 = 373,4767$ N
 $\varnothing f_v \cdot A_b = 40191,08$ N $> T_{ub}$ OK
- Pemeriksaan tebal base plate
 $Y = 3,222147$ mm
 $t_{p,perlu,1} = 9,812466$ mm
 $t_{p,perlu,2} = 21,23962$ mm

ambil tebal plate = 25 mm sehingga ukuran base plate :

$N = 600$ mm

$B = 500$ mm

$t = 25$ mm

BAB IV Pondasi

4.1. Pondasi tapak berbentuk persegi, kolom berbentuk bujur sangkar atau persegi, memikul beban eksentris (pada area S-1 dan S-2).

Pondasi tapak memikul $M=8,2$ t-m dan $P = 30,1$ ton. Daya dukung ijin tanah = $0,67$ kg/cm² ($=6,7$ t/m²), pada kedalaman 2,0 m. Mutu beton $f'c=20$ MPa, baja U24.

$$e = M/P = 8,2/30,1 = 0,272$$

agar pada pelat pondasi bekerja tegangan sejenis (tekan), maka

$$e \leq 1/6L$$

$$0,272 \leq 1/6L \rightarrow L = 1,6$$

Coba $L = 3$ mter

$$q = \frac{P+W}{A} \left(1 \mp \frac{6e}{L} \right)$$

dimana $W = 10\%P$ (taksiran) = 3 ton

$$q = \frac{34,1}{3^2} \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,272}{3} \right)$$

$$q_1 = 1,73$$
 t/m² $< \bar{\sigma}_{tanah}$

$$q_2 = 5,88$$
 t/m² $< \bar{\sigma}_{tanah}$

Jadi ukuran 3m x 3 m dapat dipakai

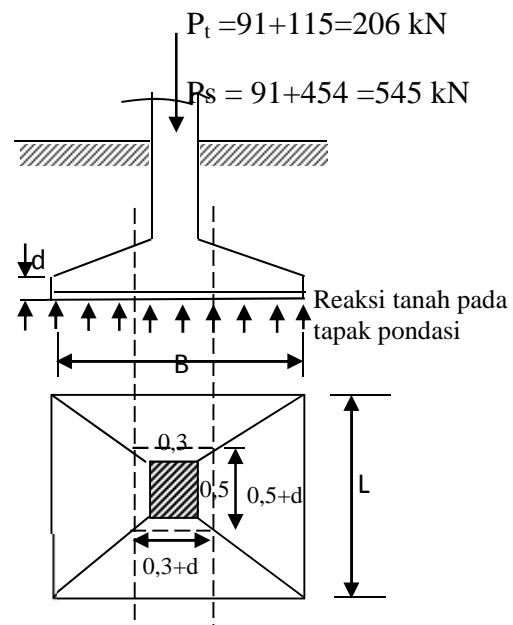
Menentukan tebal pelat :

meipakai tulangan **D12-75** $\rightarrow A_s = 1507$ mm²

A_s perlu = $0,2A_s = 0,2(1507) = 301$ mm²

$\rightarrow \varnothing 8-150 (=334$ mm²)

4.2. Pondasi Tumpuan Sendi



$$\bar{\sigma}_{tanah} = 0,6$$
 kg/cm²

Mutu beton, K250 ($f'c=20$ MPa)

Mutu Baja U24 ($f_y=240$ MPa)

A. Menentukan ukuran pelat pondasi

W = berat pondasi = 10%P = 20 kN

$$\sigma = \frac{20,6 + 2}{BL} \leq \bar{\sigma}_{tanah}$$

Ambil B=2 meter;

$$\sigma = \frac{22,6}{2L} \leq 6 t/m^2$$

L 1,8 m

Ambil ukuran : 2m x 2 m

B. $q_{netto} = \frac{P}{BL} = \frac{22600}{200.200} = 0,565 \frac{kg}{cm^2} = 5,65 \frac{t}{m^2}$
 $q_{u_{netto}} = \frac{Pu}{BL} = \frac{57560}{200.200} = 1,4 \frac{kg}{cm^2} = 14 t/m^2$

C. Menentukan tebal pelat :

- f_c' = 18,76 Mpa
- f_y = 240 Mpa
- h = 25 cm
- dimensi kolom = 30 x 50 cm
- penutup beton = 75 mm
- Ø tul. renc. = 12 mm
- d = 250 - 75 - (12/2) = 169 mm

$P_u = 1,2(8) + 1,6(22) = 44,8 t$

$Q_{u,net} = q_{u,net}[(0,3+d)(0,5+d)]$
 $= 8[(0,3+0,169)(0,5+0,169)]$
 $= 2,51 t$

$P_{u,net} = P_u - Q_{u,net} = 42,2 t = 422 kN$

$b_o = 2 (b_k + h_k + 2d)$
 $= 2 (300+500+2x169)$
 $= 2276 mm$

$\beta_c = 1$ (kolom persegi)

$\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \leq 2 \rightarrow 3 > 2$, dipakai batas ϕV_c

$\phi V_c = \phi \left(\frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b_o d\right)$
 $= 0,6 \left(\frac{1}{3} \sqrt{18,67} (2276) (169)\right) = 41550 N$
 $= 415,5 kN \sim P_{u,net} = 422 kN \rightarrow OK$

Jadi tidak diperlukan tulangan tambahan untuk memikul geser pons, akan tetapi tulangan geser diambil dari tulangan lentur.

Perhitungan Tulangan Lentur Pada Pelat :

tulangan **D12-100** → $A_s = 1131 mm^2$

$A_s \text{ perlu} = 0,2A_s = 0,2(986) = 200 mm^2 \rightarrow \text{Ø8-250}$

$M_{u_{3-3}} = \frac{1}{2} q_{u,net} \left(\frac{L-0,3}{2}\right)^2 \cdot 1$
 $= \frac{1}{2} 8 \left(\frac{2,8-0,3}{2}\right)^2 \cdot 1 = 6,28 t\cdot m$

$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{62,8 \times 10^6}{0,8 \times 1000 \times 169^2} = 2,74$

$m = \frac{f_y}{\phi f_c'} = \frac{240}{0,8 \cdot 18,67} = 16,06$

$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right\} = 0,012$

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min} = 1,4/240 = 0,0058$, maka $\rho_{pakai} = \rho_{erlu} = 0,0012$

$A_s \text{ perlu} = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d_y = 0,0012 \cdot 1000 \cdot 169 = 2186 mm^2$

Persyaratan PBI'71:

Dalam jalur B ; $t_{tul} = \frac{2}{s+1} (tul \text{ total})$
 $= \frac{2,8}{2+1} (2186) = 15,61 cm^2$

Pakai Ø12-70 = 16,16 cm²)

Sisanya = 2186 - 16,61 = 313 mm²

Pakai Ø12-30 = 377 mm²

Tulangan tekan = 0,2(2186) = 375,2 mm²

Pakai Ø8-125 = 402 mm²

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan antara lain :

1. Dilakukan perhitungan struktur sekunder terlebih dahulu seperti perhitungan pelat lantai, dan balok anak terhadap beban-beban yang bekerja baik beban mati, beban hidup maupun beban gempa.
2. Analisa balok dihitung terhadap kontrol penampang dan kontrol garis netral.
3. Prinsip dasar bahwa struktur sekunder menjadi beban pada struktur utama, dan setelah itu dilakukan analisa struktur utama dengan bantuan program yaitu SAP2000 V14.
4. Dari hasil perhitungan didapatkan data-data perencanaan sebagai berikut :

Tebal Pelat Atap : 12 cm
 Tebal Pelat Lantai : 12 cm
 Dimensi Kolom : 50 x 50 cm
 Dimensi Balok : 40 x 30 cm
 Profil kolom : WF 300.300.10.15

Profil Balok Induk lantai atap :

WF 350.175.7.11

Profil Balok Anak lantai :

WF 250.125.6.9

Struktur bawah bangunan menggunakan pondasi telapak dimensi 30x50

5.2. SARAN

Perlu dilakukan studi yang lebih mendalam untuk menghasilkan perencanaan struktur dengan baik. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dilaksanakan mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan dan hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yaitu kuat dan tepat waktu dalam pelaksanaannya serta analisa struktur untuk perbaikan menggunakan software lainnya seperti program ETAB.

DAFTAR PUSTAKA

1. Agus Setiawan, S.T., M.T. 2013. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD Edisi Kedua (Berdasarkan SNI 03-1729-2002). Penerbit Erlangga
2. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 83)
3. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)
4. Dr. Ir. Harry Christady Hardiyatno, M.Eng., DEA. : Analisa Pondasi II Edisi Kedua
5. <http://www.scribd.com/doc/185049086/komposit-balok-baja-halfslab-precast#scribd>