PERANCANGAN BALOK BAJA KOMPOSIT GEDUNG KOPERASI DI POLITEKNIK NEGERI BANDUNG

Husnul Khotimah, Arief Rijaluddin

Teknik Sipil, Universitas Majalengka

Email: husnuliim.khotimah@gmail.com

Teknik Sipil, Universitas Majalengka

Email: arief_rijaluddin@unma.ac.id

Abstract

The Cooperative Building Design at the State Polytechnic of Bandung uses ETABS with composite steel construction. The earthquake analysis method used based on SNI-03-1726-2012 article 7.7.2 is static equivalent because the building is classified as category II and the height does not exceed three floors. Based on the value of S_{DS} = 0.87 and S_{D1} = 0.777 with the results of type D, it is in accordance with article 7.2.2 earthquake force bearer frame system that is allowed to use a special moment bearer frame. The ratio capacity of the main beam obtained is 0.81.

Keywords: *composite, cooperative building, equivalent static, special moment bearer frame*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan teknologi yang semakin canggih, berbagai hal dalam bidang keilmuan pun ikut mengalami kemajuan. Salah satunya dalam bidang Teknik Sipil. Berbagai penelitian dilakukan untuk mendapatkan sesuatu hal yang membuat manusia semakin mudah dalam pembangunan. Suatu material bahan bangunan sangat mempengaruhi terhadap kekuatan suatu konstruksi. Oleh sebab itu pemilihan bahan yang tepat merupakan hal yang sangat penting.

Material yang selama ini digunakan dalam bidang konstruksi antara lain beton bertulang, baja dan kayu. Penggunaan baja sebagai material konstruksi sudah lama digunakan. Seiring berjalannya waktu penggunaan baja pada konstruksi mulai di kembangkan dengan adanya konstruksi baja komposit. Berdasarkan SNI 1729 yang mengatur tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural disebutkan bahwa komposit adalah keadaan yang dimana elemen-elemen dan komponen struktur baja dan beton bekerja sama dalam mendistribusikan gaya-gaya dalam.

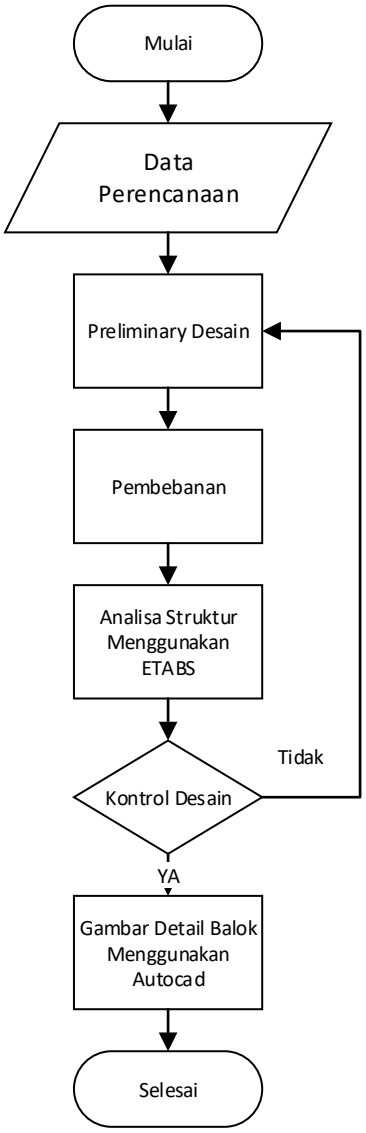
Penggunaan konstruksi baja komposit dapat mempercepat dan mempermudah pekerjaan serta dapat menghemat biaya. Walaupun demikian, kekuatan baja komposit pada dasarnya lebih kuat dan lebih kaku dari konstruksi non-komposit. Oleh sebab itu penggunaan baja komposit dalam pembangunan insfrastruktur banyak menggunakan konstruksi baja komposit.

Gedung Kantor Koperasi Politeknik Negeri Bandung ini memiliki fungsi sebagai kantor dan indekos yang memiliki dua lantai namun perancangan yang dilakukan pada tugas akhir ini hanya bangunan untuk tempat indekos, dimana jumlah lantainya terdapat tiga lantai serta akan dirancang dengan menggunakan struktur baja komposit dengan mengikuti aturan SNI (Standar Nasional Indonesia) 03-1726-2015 yang mengatur tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.

2. 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dari pengumpulan data-data untuk penunjang proses perencanaan gedung

Koperasi Politeknik Negeri Bandung berupa gambar denah bangunan, yang selanjutnya akan di analisa menggunakan *softwere* ETABS.



Gambar 2.1 flowchart rencana penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Deskripsi Bangunan

Deskripsi bangunan yang akan ditinjau adalah sebagai berikut:

Fungsi	: Indekos
Lokasi	: Kawasan Politeknik Negeri Bandung
Jumlah lantai	: 3 lantai
Material	: Baja Komposit
Mutu Material	: BJ 41
Luas total	= 540 m^2

3.2 Data Material

Komposit adalah gabungan antara material baja dan beton, untuk itu data material keduanya yang akan ditinjau adalah sebagai berikut:

a. Beton
- $f_{c'}$: 25 MPa
- Berat Isi : 2.400 kg/m^3
- Modulus Elastisitas : 23.500 MPa

b. Baja
- F_y : 250 MPa
- F_u : 410 MPa
- Berat Isi : 7.850 kg/m^3
- Modulus Elastisitas : 200.000 Mpa

3.3 Pembebanan

Perancangan pembebanan ini diatur berdasarkan SNI 03-1727-2013 serta SNI 03-1727-1989, yaitu penjabarannya adalah seperti berikut:

3.3.1 Beban gravitasi

Fungsi dari pembuatan Gedung Koperasi ini selain untuk kegiatan koperasi juga berfungsi sebagai indekos dimana masing-masing gedungnya terpisah, tetapi dalam tugas akhir ini hanya merancang gedung indekos saja, maka beban mati yang bekerja adalah sebagai berikut:

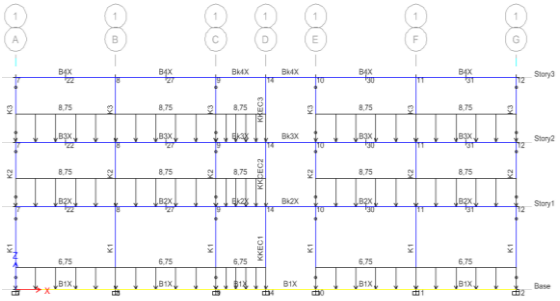
1. Beban Mati
   1. Lantai
   - Pembebanan lantai 1
     Karena dianggap lantai satu ditopang oleh tanah, beban mati lantai satu sama dengan nol.
   - Pembebanan Lantai 2 dan 3
     1. Beton = 0,125 m x 2.400 kg/m^3 = 300 kg/m^2
     2. Langit-langit dan dinding termasuk rusuknya, tanpa penggantung langit-langit dan pengaku yang terdiri dari semen asbes (eternit) maksimal 4mm = 11 kg/m^2
     3. Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80m = 7 kg/m^2
     4. Beban ME = 25 kg/m^2
     5. Keramik (1 cm) = 24 kg/m^2 x 1 = 24 kg/m^2

6. Adukan (2cm) = 21 kg/m^2 x 2 =42 kg/m^2
   Jumlah = 409 kg/m^2

- Pembebanan Atap
  1. Beton = 0,125 m x 2400 kg/m^3 = 300 kg/m^2
  2. Langit- langit dan dinding termasuk rusuknya, tanpa penggantung langit-langit dan pengaku yang terdiri dari semen asbes (eternit) maksimal 4mm = 11 kg/m^2
  3. Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80m = 7 kg/m^2
  4. Beban ME = 25 kg/m^2
  5. *Waterproofing* = 5 kg/m^2
     Jumlah = 336 kg/m^2

2. Beban dinding
   Untuk beban dinding yang diasumsikan terbuat dari pasangan batu bata ½ bata adalah 250 kg/m^2 dikalikan tinggi dinding.

- Lantai 1
  W_1 = 250 kg/m^2 x 4,5 m x 60% (dianggap sloof menopang pada tanah)
  = 675 kg/m
- Lantai 2&3
  $W_{2,3}$ = 250 kg/m^2 x 3,5 m = 875 kg/m



Gambar 3.1 Beban Dinding

2. Beban Hidup
   Berdasarkan SNI-1727-2013 pada Tabel 2.1, beban hidup ini akan didistribusikan secara merata ke pelat lantai.

Tabel 3. 1 Beban Dinding

No.	Penggunaan	Berat
1	Gedung Perkantoran : Kantor	2,5 kN/m^2 = 250 kg/m^2
2	Atap datar, berbubung dan lengkung	0,96 kN/m^2 = 96 kg/m^2

3.3.2 Beban Gempa

Dalam penentuan beban gempa ada hal yang harus diperhatikan, diantaranya:

a. Penentuan Kategori Resiko Bangunan Gedung

Perancangan dari bangunan ini berfungsi sebagai indekos (rumah tinggal), untuk itu seperti yang telah dipaparkan pada Tabel II.1 serta II.2 bangunan ini termasuk kategori resiko II dengan 1,0 sebagai faktor keutamaannya (I_e).

b. Penentuan Jenis Tanah

Penentuan jenis tanah ini diambil dari hasil sondir yang dikonversi menjadi nilai N-Spt, yaitu hasilnya seperti terlihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Hasil N-Spt

Kedalaman (m)	Qc	faktor	Nspt	Tebal (di) (m)	di/Nspt	N
0,2	9,27	4	2,32	0,2	0,086	3,478
0,4	12,97	4	3,24	0,2	0,062	
0,6	14,83	4	3,71	0,2	0,054	
0,8	14,83	4	3,71	0,2	0,054	
1	6,49	4	1,62	0,2	0,123	
1,2	7,41	4	1,85	0,2	0,108	
1,4	16,68	4	4,17	0,2	0,048	
1,6	17,61	4	4,40	0,2	0,045	
1,8	11,12	4	2,78	0,2	0,072	
2	12,05	4	3,01	0,2	0,066	
2,2	15,75	4	3,94	0,2	0,051	
2,4	13,90	4	3,47	0,2	0,058	
2,6	12,97	4	3,24	0,2	0,062	
2,8	14,83	4	3,71	0,2	0,054	
3	12,97	4	3,24	0,2	0,062	
3,2	8,34	4	2,08	0,2	0,096	
3,4	8,34	4	2,08	0,2	0,096	
3,6	9,27	4	2,32	0,2	0,086	

Kedalaman (m)	Qc	faktor	Nspt	Tebal (di) (m)	di/Nspt	N
3,8	9,27	4	2,32	0,2	0,086	
4	10,19	4	2,55	0,2	0,078	
4,2	10,19	4	2,55	0,2	0,078	
4,4	19,46	4	4,86	0,2	0,041	
4,6	18,532	4	4,63	0,2	0,043	
4,8	11,119	4	2,78	0,2	0,072	
5	14,826	4	3,71	0,2	0,054	
5,2	17,605	4	4,4	0,2	0,045	
5,4	9,266	4	2,32	0,2	0,086	
5,6	16,67	4	4,17	0,2	0,048	
5,8	17,605	4	4,4	0,2	0,045	
6	16,679	4	4,17	0,2	0,048	3,478
6,2	29,651	4	7,41	0,2	0,027	
6,4	27,798	4	6,95	0,2	0,029	
6,6	23,165	4	5,79	0,2	0,035	
6,8	9,266	4	2,32	0,2	0,086	
7	18,532	4	4,63	0,2	0,043	
7,2	23,165	4	5,79	0,2	0,035	
7,4	18,532	4	4,63	0,2	0,043	
7,6	41,697	4	10,4	0,2	0,019	
7,8	83,393	4	20,8	0,2	0,010	
8	55,596	4	13,9	0,2	0,014	
8,2	111,18	4	27,8	0,2	0,007	
Jumlah				8,2	2,357	

Jadi, berdasarkan SNI-1726-2012 persamaan (2) butir 5.4.2 nilai dari hasil penetrasi standar lapangan rata-ratanya yaitu:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^{n} di}{\sum_{i=1}^{n} \frac{di}{NSpt}} = 3{,}478$$

Berdasarkan SNI-1726-2012 Pasal 5.3 tentang klasifikasi situs, karena nilai penetrasi tersebut kurang dari 15 yaitu 3,478, maka tanah tersebut termasuk tanah lunak (SE).

Penentuan koefisien situs dan parameter respon spektum percepatan gempa periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) membutuhkan nilai S_s dan S_1 dari web puskim.pu.go.id, karena:

Keterangan:

- S_s = 1,45
  karena untuk kelas situs SE berdasarkan SNI-1726-2012 Pasal 6.2 nilai S_s yang lebih dari 1,25 maka F_a= 0,9
- S_1 = 0,486
  Untuk kelas situs SE dengan nilai S_1 antara 0,4 dan 0,5 menurut SNI-1726-2012 Pasal 6.2 maka nilai F_v:
  Jika S_1 = 0,4, maka F_v = 2,4
  Jika S_1 = 0,5, maka F_v = 2,4
  Maka, jika S_1 = 0,486; F_v = 2,4
- S_{MS} = 0,9 x 1,45 = 1,305
- S_{M1} = 2,4 x 0,486 = 1,166
- $S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$ = 0,87
- $S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$ = 0,777

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 5.3 tentang kategori desain seismik terhadap parameter respon percepatan menyatakan bahwa nilai $S_{DS} \geq 0{,}5$ dan $S_{D1} \geq 0{,}2$, maka kategori resikonya adalah tipe D dengan sistem penahan gaya seismik yang diizinkan adalah rangka baja pemikul momen khusus yang telah dijelaskan pada Pasal 7.2.2.

c. Penentuan Prosedur Analisa Gempa

Metode analisa gempa yang digunakan adalah analisa statik ekivalen yang berdasarkan pada SNI 03-1726-2012 Pasal 7.7.2 dengan penjabaran seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Prosedur Analisis Gempa

Kategori desain seismik	Karakteristik Struktur	Analisis gaya lateral ekivalen
D, E, F	Bangunan dengan kategori resiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I (diijinkan)

d. Analisa Gempa

(i) Perhitungan perioda getar fundamental
perhitungan periode fundamental ini membandingkan periode yang didapat dari *software* analisis dan perhitungan manual periode minimum serta maksimum.
T_1 (y) = 1,452 detik
T_2 (x) = 1,339 detik
$T_{min} = c_t \, h_n^x$

= 0,0724 x $10,5^{0,8}$ = 0,475 detik

T_{max} = Ta_{min} x C_u

= 0,475 x1,4 = 0,665 detik

Keterangan:

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.1 Tabel 14 tentang koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung serta Tabel 15 tentang nilai parameter periode menyatakan bahwa:

- C_t = 0,0724 dengan x= 0,8 karena dalam perancangan ini sistem rangka penahan gaya gempa yang dipakai adalah sistem rangka baja pemikul momen.
- C_u = 1,4 →Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, yang menyatakan bahwa nilai $S_{D1} \geq$ 0.4 maka C_u= 1,4.
- h_n : ketinggian bangunan keseluruhan

Kesimpulan:

T_1 = 1.452 ≥ T_{max} maka, T yang digunakan adalah 0,665 detik.

T_2 = 1,339 ≥ T_{max} maka, T yang digunakan adalah 0,665 detik

(ii) Perhitungan nilai koefisien respon seismik (C_{s1} & C_{s2})

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1.1 menyatakan bahwa nilai kofisien seismik adalah sebagai berikut:

$C_s = \frac{S_{DS}}{(\frac{R}{I})}$

$C_{s1} = C_{s2} = \frac{S_{DS}}{(\frac{R}{I})} = \frac{0,87}{(\frac{8}{1})}$ = 0,10875

C_s minimum = 0,044 x S_{DS} x I_e

= 0,044 x 0,87 x 1

= 0,038 ≥ 0,01 (OK)

Karena nilai T_1 dan T_2 yaitu yang digunakan 0,665 detik, maka:

C_{s1} maksimum = C_{s2} maksimum = $\frac{S_{D1}}{T\frac{R}{Ie}} = \frac{0,777}{0,665\frac{8}{1}}$ = 0,146

Karena C_s minimum ≤ C_s ≤ C_s maksimum, maka nilai C_s yang digunakan adalah sebesar 0,10875

(iii) Perhitungan gaya geser dasar seismik (V_x & V_y)

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1 besarnya gaya geser seismik adalah sebagai berikut:

V_x = V_y = C_s x Wtotal

= 0,10875 x 7336,95

= 797,89 kN

(iv) Perhitungan distribusi gaya gempa

Penentuan distribusi gaya gempa ditentukan dari SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.

- Nila k didapat dari hasil interpolasi yaitu:

  T= 0,5 nilai k = 1

  T= 2,5 nilai k = 2

  Maka untuk T= 0,715 nilai k= 1+(2-1) x $(\frac{0,715-0,5}{2,5-0,5})$ = 1,11
- Berat dari masing masing lantai (W) serta gaya (F) yang terjadi akibat gempa adalah seperti yang tertera pada Tabel IV.4:

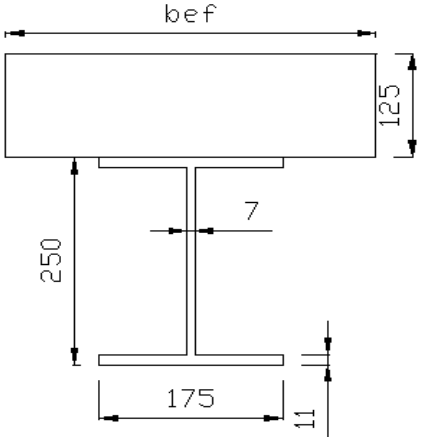
Tabel 3. 4 Nilai Gaya Distribusi

Lantai	W (kN)	h (m)	w.h^k (kNm)	F (kN)
1.	3191,06	3,5	12818,87	189,66
2.	3098,63	7	26867,58	397,52
3.	1047,26	10,5	14242,13	210,72

3.4 Perancangan Balok

3.4.1 Balok Induk

Perancangan balok ini menggunakan profil IWF 250x175x7x11seperti pada Gambar 3.2:



Gambar 3.2 Profil Balok Induk

h	=	250 mm
b	=	175 mm
t_f	=	11 mm
t_w	=	7 mm
t pelat beton	=	125 mm
bj	=	78,5 kN/m^2
E	=	2x10^5 MPa
F_y	=	250 MPa
F_u	=	410 MPa
A_s	=	5.624 mm2
L	=	6.000 mm
M_u	=	199,797 kNm

1. Pengecekan Kekompakan

Menurut SNI 03-1729-2015 bab I Pasal I3.2a tentang penentuan keadaan batas leleh, menyatakan bahwa:

$3{,}76\sqrt{E/F_y} = 3{,}76\sqrt{\frac{2x10^5}{250}} = 106{,}34$

$\frac{h}{t_w} = \frac{250}{7} = 31{,}25 \leq 106{,}34$, maka penampang termasuk plastis/ kompak dengan nilai Ø= 0,85

2. Lebar Efektif

Berdasarkan SNI 03-1729-2015 Bab I Pasal I3.1a tentang lebar efektif yang masing-masing tidak melebihi:

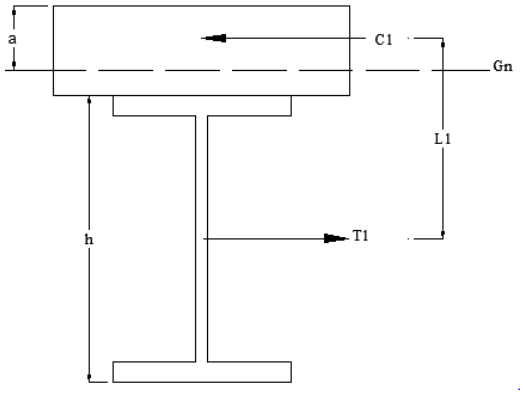
- $b_{ef} = \frac{1}{8}x\ L = \frac{1}{8}x\ 6.000 = 750$ mm
- $b_{ef} = \frac{1}{2}x\ bo = \frac{1}{2}x\ 3.000 = 1.500$ mm

Maka, b_{ef} yang dipakai dalam perhitungan adalah 750 mm.

3. Sumbu Netral Penampang

Terdapat 3 kemungkinan yaitu sumbu netral terletak pada beton, sayap maupun badan penampang baja.

- Memisalkan sumbu netral jatuh pada beton, seperti yang terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Garis Netral Terletak pada Beton

$\sum H = C_1 - T_2$

$C_1 = T_2$

$0{,}85f'c\ .b_{ef}\ .a = A_s\ .\ f_y$

Maka $a = \frac{A_s\ .f_y}{0{,}85\ .\ f'_c\ .\ b_{ef}}$

$= \frac{5.624\ .\ 250}{0{,}85\ .\ 25\ .\ 750} = 88{,}2196$ mm

Karena a < t pelat beton maka garis netral berada pada beton.

4. Penentuan Momen Nominal

Momen adalah perkalian antara gaya dan jarak tegak lurus terhadap titik yang ditinjau, oleh karena itu perhitungan gaya dan jaraknya adalah sebagai berikut:

$C_1 = 0{,}85f'c\ .b_{ef}\ .a$

$= 0{,}85\ .25\ .750\ .88{,}2196 = 1.406.000$ N

$T_1 = C_1$

$= 1.406.000$N $= 1.406$ kN

Dengan jarak adalah sebagai berikut:

$Z_1 = tb - \frac{a}{2} + \frac{h}{2}$

$= 125 - \frac{88{,}2196}{2} + \frac{250}{2}$

$= 205{,}8902$ mm

Maka, besarnya momen nominal dan momen rencana adalah:

$M_n = C_1\ .\ Z_1$

$= 1.406.000\ x\ 205{,}8902$

$= 289481616$ Nmm $= 289{,}482$ kNm

$\phi M_n = 0{,}85\ M_n$

$= 246{,}059$ kNm

Kapasitas Rasio $= \frac{M_u}{ØM_n} = 0{,}81$

Kerena $M_u = 199{,}797 < \phi M_n$, maka penampang tersebut boleh digunakan.

IV.6.3 Kekuatan Geser Balok

Kekuatan nominal geser balok baik diperkaku maupun yang tidak diperkaku adalah sebagai berikut:

1. Penentuan Koefisien Geser Badan (C_v)
   $2{,}24\sqrt{\frac{E}{Fy}} = 4{,}007$
   $\frac{h}{tw} = 35{,}7 \leq 4{,}007$, maka C_v yang dipakai adalah $C_v = 1$
2. Kekuatan Geser
   $V_n = 0{,}6 \,.\, fy \,.\, A_w \,.\, C_v$
   $= 0{,}6 \,.\, 250 \,.\, (250 \,.\, 7) \,.\, 1$
   $= 262500\ N = 262{,}5\ kN$
   $ØV_n = 1 \times V_n$
   $= 262{,}5$ kN
   $V_u = 154{,}26\ kN \leq 262{,}5$ kN (OK)

IV.6.4 Pengghubung Geser Balok Induk

Data-data dalam menunjang perancangan penghubung geser adalah sebagai berikut:

Profil	= WF 250x175x7x11
f_c,	= 25 MPa
F_u	= 410 MPa
W	= 2400 kg/m^3 (bj beton)
L	= 6000 mm
t Pelat	= 125 mm
V_h = C	= 1406000 N
D *stud* y	= 1/2" x 5 cm

1. persyaratan diameter *stud* yang diizinkan
   Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 12.6.6 diameter maksimum *stud* yang diizinkan adalah:
   $2{,}5\ t_f = 2{,}5\ (11) = 27{,}5$ mm > ½" (12,7 mm)
   Maka, *stud* tersebut bisa digunakan.

2. Luas penampang melintang *stud* (A_{sa})
   Besarnya luas penampang melintang *stud* adalah:
   $A_{sa} = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * 12{,}7^2}{4} = 126{,}613$ mm^2

3. Kuat geser satu *stud connector*
   Kekuatan geser harus ditentukan sebagai berikut:
   $E_c = 0{,}041\ w^{1{,}5}\sqrt{f'c}$
   $= 0{,}041 \,.\, 2400^{1{,}5}\sqrt{25} = 24102{,}9791$ MPa
   $A_{sa} \,.\, F_u = 126{,}613 \,.\, 410 = 51911{,}186\ N$
   $Q_{nv} = 0{,}5 \,.\, Asa\sqrt{f'c\ x\ Ec}$
   $= 0{,}5 \,.\, 126{,}613\sqrt{25 \,.\, 24102{,}9791}$
   $= 24102{,}9791\ N \leq 51911{,}186\ N$
   Maka $Q_{nv} = 24102{,}9791\ N$

4. Jumlah *stud* yang diperlukan
   Menurut SNI 03-1729-2015 Pasal I8.2c jumlah *stud* yang dibutuhkan adalah:
   $N = \frac{Vh}{Qnv} = \frac{1406000}{24102{,}9791} = 28{,}611 \approx 30$ buah

5. Persyaratan jarak antar penghubung geser
   Jarak minimum *stud* = 6d = 76,2 mm
   Jarak maksimum *stud* = $8t$ = 1000 mm
   Sedangkan untuk jarak antar *stud*nya (s) adalah $\frac{L}{N}$, jika dalam perancangan *stud* dipasang dua buah *stud* untuk setiap penampang melintang, maka:
   $S = \frac{L}{N} = 214{,}286$ mm ≈ 200 mm

3. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diambil berdasarkan hasil analisa perancangan struktur atas adalah sebagai berikut:

1. Perancangan balok struktur gedung koperasi Politeknik Negeri Bandung menggunakan *software* ETABS. Kapasitas ratio didapatkan 0,81. Kapasitas rasio pada elemen struktur merupakan paremeter kuat tidaknya suatu penampang menahan gaya yang bekerja pada bangunan. Nilai dari kapasitas rasio tidak boleh melebihi angka 1. Semakin mendekati nilai angka 1 artinya penampang semakin efesien.
2. Metode analisa gempa yang digunakan dalam perancangan ini adalah metode statik ekuivalen yang berdasarkan SNI-03-1726-2012 pasal 7.7.2 bangunan dengan kategori II dengan ketinggian tidak melebihi tiga lantai maka diijinkan menggunakan metode tersebut. Berdasarkan nilai S_{DS} = 0,87 dan S_{D1}= 0,777 dengan hasil tipe D, maka sesuai dengan pasal 7.2.2 sistem rangka pemikul gaya gempa yang dijinkan menggunakan rangka pemikul momen khusus.

3. Dimensi balok yang didapat dari perancangan tersebut adalah IWF 250x175x7x11

4. REFERENSI

1. Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 1729 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*. jakarta.
2. Mulyono, T. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: ANDI.
3. Setiawan, A. (2008). *Perancangan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Semarang: Penerbit Erlangga.
4. Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 1727 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*. Jakarta.
5. Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI 1726 Tata cara perancangan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Jakarta.
6. Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 2847 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Jakarta.
7. Peraturan Beton Indonesia. (1971): Departemen pekerjaan umum.
8. Departemen Pekerjaan Umum. (1989). *Pedoman perancangan pembebanan untuk rumah dan gedung*. Yayasan badan penerbit PU.
9. Dewobroto,W. (2016). *Struktur Baja*. Jakarta: Lumina Press.
10. Sumargo. (2014). *Perancangan Srtruktur Baja Elemen Aksial dan Lentur Motode LRFD*. Bandung: UPT Penerbit Politeknik Negeri Bandung
11. Budiono, dkk. (2011). *Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa*. Bandung: Penerbit ITB.
12. American Institude of Steel Constraction, *Manual of Steel Constraction, LRFD vol 1", 2nd* ed .