Prosiding Kolokium Program Studi Teknik Sipil (KPSTS) FTSP UII 2017,

Juni 2017, ISSN 9-772477-5B3159

STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS GEDUNG RUMAH TAHFIDZ QURAN MENGGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA BETON DAN BETON BERTULANG

Hendro Priyono[1], Sarwidi[2]

[1] Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Email: hendro.arasyid@gmail.com
[2] Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Email: sarwidi@uii.ac.id

Abstract : *Construction of the building has a very diverse selection, ranging from concrete construction, steel construction and timber construction. Concrete does not always work effectively in a cross-sectional structure of reinforced concrete. Structural composites are increasingly widely used in engineering structures. Composite section has a stiffness greater than the cross section of concrete slabs and girders are working on their own. The savings are huge volumes of material into the benefits of steel-concrete composite structures. Composite structure is a mix between concrete and steel profiles. Redesign on a composite structure consisting of concrete steel floor plates, joist, beam, columns and connections. The result of the calculation is also manifested in a technical drawing. The results of re-design structure will also be compared with the existing buildings in terms of the weight of the building structure, building deviations and volume of material structures.*

Redesign calculations using the minimum regulatory burden for designing the building (SNI 1727-2013). Planning of earthquake resistance for buildings (SNI 1726-2012). Planning of steel structures using (SNI 1729-2015). Redesign to use the Direct Analysis Method (DAM) and modeling using software ETABS 2015. Analysis of building design using software MS Excel 2010. The depiction of the results of the design using AutoCAD 2007 software.

The results of redesign show that the weight of the building structure in the redesign building (23793.854 kN concrete composite) and the existing building (reinforced concrete) 31070.464 kN with 7276.610 kN difference, The concrete structure of steel composite structure weighs 23.42% lighter structure than the structure reinforced concrete. Inter story drift and story drift in the redesign building (steel-concrete composite) for the X direction and Y direction is smaller than the existing building (reinforced concrete). The volume of structural material in the redesign building (concrete-steel composite) with a 463,374 m^3 concrete volume, 2,353 m^3 reinforcement volume and 91.143 m^3 steel profile volume. Existing building (reinforced concrete) with 835.8 m^3 concrete volume, 21.21 m^3 reinforcement volume and 0 m3 profile steel volume. This shows that the building of redesign has a 44.56% concrete volume smaller than the existing building, and 88.91% of reinforcement is smaller than the existing building, but has a 100% profile steel volume larger than the existing building.

Keywords*: Building, Steel concrete composite, Direct Analysis Method.*

1. PENDAHULUAN

Konstruksi bangunan gedung memiliki pilihan yang sangat beragam, mulai dari konstruksi beton, konstruksi baja, dan konstruksi kayu. Konstruksi beton terdiri dari struktur beton bertulang, beton prategang, dan strutur komposit.

Penampang komposit mempunyai kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan penampang lempeng beton dan gelagar baja yang bekerja sendiri-sendiri dan dengan demikian dapat menahan beban yang lebih besar atau beban yang sama dengan lenturan yang lebih kecil pada bentang yang lebih panjang. Apabila untuk mendapatkan aksi komposit bagian atas gelagar dibungkus dengan lempeng beton, maka akan didapat pengurangan pada tebal seluruh lantai dan untuk bangunan-bangunan pencakar langit, keadaan ini memberikan penghematan yang cukup besar dalam volume, pekerjaan pemasangan kabel-kabel, pekerjaan saluran pendingin ruangan, dinding-dinding, pekerjaan saluran air, dan lain-lainnya.(Amon dkk, 1999).

Struktur komposit merupakan material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Struktur komposit yang dimaksud 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 baja profil. Struktur komposit sudah banyak digunakan dalam perencanaan suatu gedung. Hal ini dikarenakan 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. Keistimewaan yang nyata dalam sistem komposit adalah (1) Penghematan berat baja, (2) Penampang balok baja yang digunakan lebih kecil, (3) kekakuan lantai meningkat, (4) kapasitas menahan beban lebih besar, (5) Panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar (Salmon dan Johnson 1991).

Penggunaan struktur komposit baja beton menjadi alternatif untuk menghindari kelemahan struktur beton bertulang. Membandingkan antara hasil perencanaan ulang dengan bangunan eksisting yang ditinjau dari berat struktur bangunan, simpangan antar lantai, simpangan lantai dan volume material struktur menjadi hal yang penting untuk diketahui agar pihak *civil engineer* mendapat gambaran umum tentang perbandingan tersebut.

2. LANDASAN TEORI

Pada penelitian struktur atas Gedung Rumah Tahfidz Quran akan menggunakan peraturan-peraturan yang telah menjadi acuan untuk bangunan gedung di Indonesia. Pada perencanaan struktur bangunan akan menggunakan peraturan SNI 03-2847-2013 tentang Tata Cara Perhitungan Beton Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung, SNI 1729-2015 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung dan SNI 1727-2013 tentang Beban Minumum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain.

2.1 Ketentuan Pembebanan

Input beban pada struktur mengacu pada SNI 1727-2013 untuk beban hidup, beban hujan, beban tangga dan beban angin. Beban notional sebagai beban tambahan pada penggunaan metode *Direct Analysis Method* (DAM) serta beban lateral berupa beban gempa sesuai ketentuan SNI 03-1726-2012.

2.2 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban dan gaya terfaktor sesuai dengan SNI 1727-2013 untuk desain LRFD atau DFBK. Beban notional (*Ni*) sebagai syarat *Direct Analysis Method* (DAM) harus ditambahkan pada setiap kondisi kombinasi pembebanan. Kombinasi yang diperhitungkan menjadi sebagai berikut.

1.Bila kuat perlu *U* untuk menahan beban mati *D*, dan beban hidup *L*, dan juga beban atap *Lr* atau beban hujan *R*, paling tidak harus sama dengan:

$U = 1.4\ D + N1$
$U = 1.4\ D + \text{N2}$
$U = 1.2\ D + 1.6\ L + 0.5\ (Lr \text{ atau } R) + N1$
$U = 1.2\ D + 1.6\ L + 0.5\ (Lr \text{ atau } R) + N2$

2.Bila ketahanan struktur terhadap beban angin *W*, maka harus dipertimbangkan dalam perencanaan. Pengaruh kombinasi *D*, *L* dan *W* yang akan dihitung menentukan nilai *U* yang terbesar, yaitu:

$U = 1.2\ D + 1.0W + 1.0L + 0{,}5\ (Lr \text{ atau } R) + N1$
$U = 1.2\ D + 1.0W + 1.0L + 0{,}5\ (Lr \text{ atau } \text{R}) + N2$

3.Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa *E*, maka harus dipertimbangkan dalam perencanaan. Pengaruh kombinasi *D*, *L* dan *W* yang akan dihitung menentukan nilai *U* yang terbesar, yaitu:

$U = 1.2\ D + 1\ Lr \pm 0.3\ (\rho\ Q_{EX} + 0.2\ S_{DS}\ D) \pm 1\ (\rho\ Q_{EY} + 0.2\ S_{DS}\ D) + N1$
$U = 1.2\ D + 1\ Lr \pm 0.3\ (\rho\ Q_{EX} + 0.2\ S_{DS}\ D) \pm 1\ (\rho\ Q_{EY} + 0.2\ S_{DS}\ D) + N2$
$U = 1.2\ D + 1\ Lr \pm 1.0\ (\rho\ Q_{EX} + 0.2\ S_{DS}\ D) \pm 0.3\ (\rho\ Q_{EY} + 0.2\ S_{DS}\ D) + N1$
$U = 1.2\ D + 1\ Lr \pm 1.0\ (\rho\ Q_{EX} + 0.2\ S_{DS}\ D) \pm 0.3\ (\rho\ Q_{EY} + 0.2\ S_{DS}\ D) + N2$
$U = 0.9\ D \pm\ 0.3\ (\rho\ Q_{EX} - 0.2\ S_{DS}\ D) \pm 1\ (\rho\ Q_{EY} - 0.2\ S_{DS}\ D) + N1$
$U = 0.9\ D \pm\ 0.3\ (\rho\ Q_{EX} - 0.2\ S_{DS}\ D) \pm 1\ (\rho\ Q_{EY} - 0.2\ S_{DS}\ D) + N2$
$U = 0.9\ D \pm\ 1\ (\rho\ Q_{EX} - 0.2\ S_{DS}\ D) \pm 0.3\ (\rho\ Q_{EY} - 0.2\ S_{DS}\ D) + N1$
$U = 0.9\ D \pm\ 1\ (\rho\ Q_{EX} - 0.2\ S_{DS}\ D) \pm 0.3\ (\rho\ Q_{EY} - 0.2\ S_{DS}\ D) + N2$

2.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Load And Resistance Factor Design* (LRFD) metode yang kekuatan desain sama atau melebihi kekuatan perlu komponen akibat aksi kombinasi beban DFBK (desain faktor beban kekakuan).

$$R_u \leq \Phi R_n \qquad (1)$$

2.4 Analisis Struktur

Perhitungan analis struktur ini menggunakan SNI 1729-2015 mengacu pada AISC 2010, ketentuan yang digunakan adalah LRFD dengan *Direct Analisis Method*

2.5 Perencanaan Atap

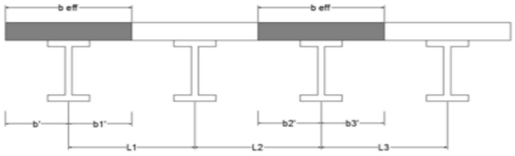
Perencanaan pada bagian atap menyamakan dengan pelat komposit

2.6 Perencanaan Pelat

Pelat lantai yang digunakan adalah sistem dek baja bergelombang (*steeldeck*)

2.7 Balok Komposit

1. Lebar Efektif Pelat



Gambar 1 Lebar Efektif Penampang
(Sumber: Setiawan, 2008)

Lebar efektif pelat lantai :

a. Untuk gelagar dalam (eksterior)

$$b_{eff} \leq \frac{L}{4} \qquad (2)$$

$$b_{eff} \leq \frac{(L1+L2)}{2} \qquad (3)$$

b. Untuk gelagar luar (eksterior)

$$\text{b}_{\text{eff}} \leq \frac{L}{8} \qquad (4)$$

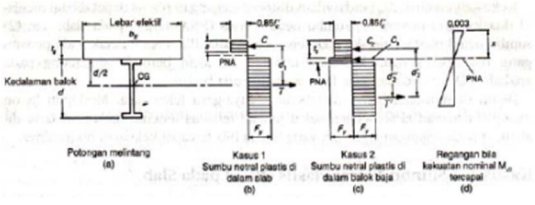
$$b_{eff} \leq \frac{L1}{2} + b' \qquad (5)$$

Dimana :

b_{eff} adalah lebar efektif balok
b' adalah bentang antara balok
L adalah panjang balok

2. Kuat lentur Nominal (*Mn*)

Kuat lentur nominal yang dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis :



Gambar 2 Distribusi tegangan Plastis
(Sumber: Salmon dan Johnson 1991)

a. Menghitung momen nominal (*Mn*) positif
Menentukan gaya tekan (*C*) pada beton :

$C = 0{,}85.f'c.tp.beff.$ (6)

Menentukan gaya tarik (*T*) pada baja :

$T = As.fy$ (7)

Menentukan tinggi blok tekan effektif :

$a = \frac{As\ fy}{0.85\ f'c\ be\ ts}$ (8)

Kekuatan momen nomimal :

$Mn = As\ fy\ (Y2 + \frac{1}{2}\ h)$ (9)

b. Menghitung momen nominal (*Mn*) negatif.
Menentukan lokasi gaya tarik pada balok baja

$T = \text{n}.Ar.fyr$ (10)

$Pyc = As.fy$ (11)

Gaya pada sayap ; $pf = bf.tf.fy$ (12)

Gaya pada badan ; $Pw = \frac{Pyc - T}{2} - Pf$ (13)

c. Letak Garis Netral

$\frac{\frac{Atr.t\ plat\ beton}{2} + (As(t\ plat\ beton + \frac{d}{2}))}{(Atr + As)}$ (14)

d. Kuat geser nominal balok Komposit
SNI 1729 Pasal bagian G2.1 dan Pasal I4.1. gaya geser yang terjadi pada balok komposit harus memenuhi persamaan sebagai berikut.

$\Phi\ Vn \geq Vu$ (15)

$0{,}9.\ Vn \geq Vu$ (16)

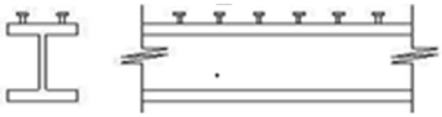
$0{,}9.0{,}6.fy.Aw.\ Cv > Vu$ (17)

Untuk badan komponen struktur profil-I canai panas dengan $h/tw \leq 2{,}24\sqrt{EIfy}$
maka $C_v = 1$

e. kontrol Lendutan
Kondisi lendutan untuk balok induk :

$f_{max} \leq \frac{L}{360}$ (18)

2.8 Penghubung Geser Balok



(a) Konektor *Stud*

Gambar 3 jenis-Jenis *Stud*
(Sumber: Dewobroto 2016)

1. Kuat Nominal Penghubung Geser

$Qn = 0{,}5\ .\ \text{Asc}\ .\sqrt{f'dFd} \leq\ Rg.Rp.Asa.fu$ (19)

2.9 Kolom Komposit

Kolom komposit yang terbuat dari baja yang diberi selubung beton disekelilingnya (kolom baja berselubung beton)Luas penampang profil baja minimal 4% dari luas penampang komposit total.

1. Kolom baja berselubung beton harus diberi tulangan longitudinal dan tulangan lateral minimum sebesar 0,18 mm^2/mm spasi tulangan.
2. Beton : 21 MPa $\leq fc' \leq$ 55 MPa
3. Baja dan baja tulangan : $fy \leq$ 380 MPa (untuk perhitungan)
4. Tebal minimum dinding penampang baja berongga :

a. Kuat tekan kolom

$Pe = \frac{\pi 2\ EIeff}{(KL)2}$ (20)

$Pno = Fy\ As + Fysr\ Asr + 0.85\ f'c\ Ac$ (21)

1). $\frac{Pno}{Pe} \leq 2.25$ maka $Pn = Pno\ [0.658^{\frac{Pno}{Pe}}]$(22)

2). $\frac{Pno}{Pe} \geq 2.25$ maka $Pn = 0.877\ Pe$ (23)

b. Kuat Tarik Kolom komposit

$Pn = fy.As + fysr.Asr$ (24)

dengan $\Phi t = 0{,}9$ (25)

2.10 Perencanaan Sambungan

1. Sambungan Baut

a. Tahanan nominal baut, R_u

$R_u \leq \phi.R_n$ (26)

b. Tahanan nominal baut geser dan tarik

$R_n = F_n.\ A_b$ (27)

2. Sambungan las

Kuat rencana logam las (per-mm panjang)

$\Phi R_n = 0{,}75.\ F_{nw}\ A_{we}$

$= 0{,}75 \text{ x } 0{,}6\text{x } fuw \text{ x } A_{we}$ (28)

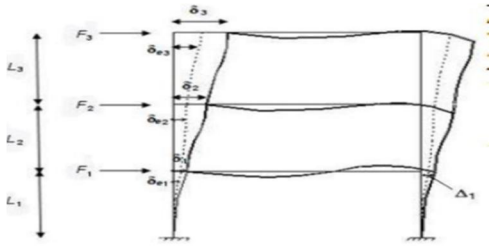
Kuat rencana logam dasar (per-mm panjang)

$\Phi R_n = 0{,}75.\ F_{nBM}\ A_{BM}.$

$$= 0{,}75 \text{ x } 0{,}6 \text{ x } fu \text{ x } A_{BM} \quad (29)$$

2.11 Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai dapat ditentukan seperti Gambar 4



Gambar 4 Penentuan Simpangan Antar Lantai

(Sumber: SNI 1726-2012)

Penentuan simpangan simpangan antar lantai

1. Tingkat 1

$$\delta_1 = Cd.\ \delta e_1 / IE \quad (30)$$

$$\Delta_1 = \delta_1 \leq \Delta \quad (31)$$

2. Tingkat 2 dan seterusnya

$$\delta_2 = C_d.\ \delta e_1 / IE \quad (32)$$

$$\Delta_2 = (\delta e_2 - \delta e_1).\ C_d / IE \leq \Delta_a \quad (33)$$

3. METODE PENELITIAN

Obyek Penelitian ini adalah gedung Rumah Tahfidz Quran yang berlokasi di jalan Deresan 3 No 24, Catur Tunggal, Depok, Sleman.

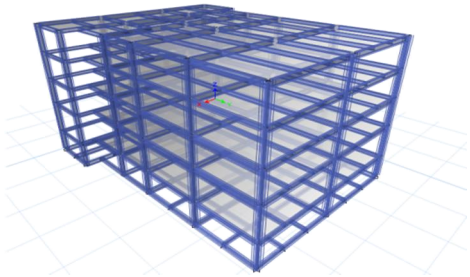
3.1 Data Struktur Komposit Baja-Beton

Adapun spesifikasi bangunan menggunakan struktur komposit baja-beton adalah sebagai berikut.

1. Gedung Rumah Tahfidz Quran merupakan bangunan yang memiliki 5 lantai (termasuk *rofftop*).
2. Lokasi struktur gedung berada di atas tanah sedang.
3. Mutu baja profil yang digunakan dalam modifikasi perencanaan ini adalah tegangan leleh (*fy*) = 240 MPa untuk baja tulangan (*fy*) = 400 MPa.
4. Nilai *f'c* diambl 25 MPa untuk komponen struktur pelat, balok, kolom.
5. Modulus elastisitas beton $Ec = 4700\sqrt{f'c}$ dengan *f'c* dalam MPa dan modulus elastis baja tulangan *Ey* = 200000 MPa.

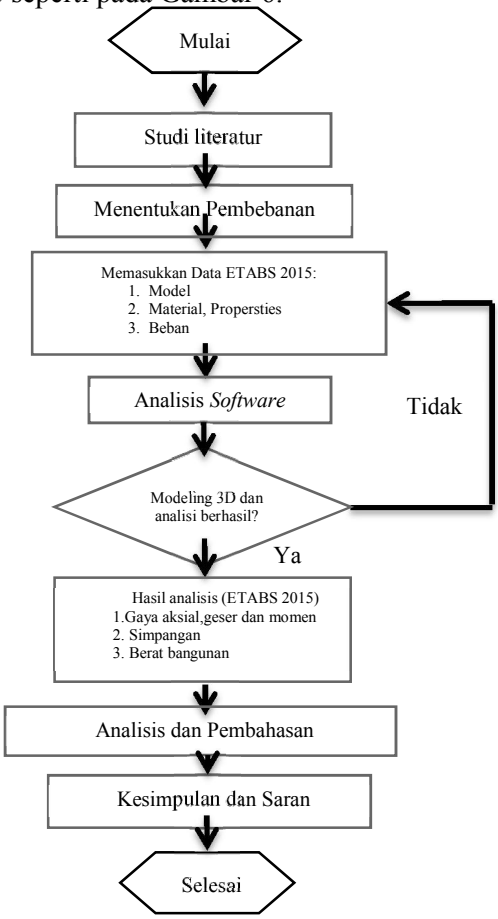
3.2 Data Teknis

Data struktur berdasarkan data *As Built Drawing*. Pembebanan meliputi beban mati, beban hidup, beban hujan, beban tangga, beban angin dan beban *notional*, serta beban lateral berupa beban gempa. Desain struktur menggunakan program ETABS 2015 dan dilakukan analisis secara manual. Pemodelan 3D struktur bangunan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Pemodelan 3D ETABS 2015

Tahapan penelitian dilakukan sesuai *flow chart* seperti pada Gambar 6.



Gambar 6 *Flow Chart* Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan pembebanan

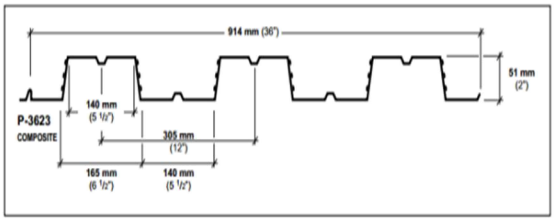
Dilakukan perhitungan pembebanan mengacu pada SNI 03-1726-2012, gaya geser dasar *(F_i)* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Gaya Geser Dasar

Nama Lantai	*W* (kN)	*H* (m)	*Fi* (kN)
5	3673.285	19.04	593.778
4	4689.147	15.26	571.194
3	4689.147	11.48	396.958
2	4785.747	7.7	243.133
1	5956.529	3.1	94.562
Total	23793.854		1899.625

4.2 Perencanaan *steel deck*

Steel deck menggunakan jenis P-3623 composite *type* 20 dari *Canam Asia*. *Steeldeck* bertumpu pada balok anak dan mempunyai dimensi dan *properties* seperti gambar 7.



Gambar 7 *Steeldeck P-3623 Composite*

(Sumber: Canam Asia, 2015)

Tinggi efektif *steel deck* sebesar 125 mm dengan bentang 3300 mm memakai *wiremesh* P-10 dengan jarak tulangan tumpuan 200 mm.

4.3 Perencanaan Balok

1. Balok Anak

Balok anak terdiri dari 2 tipikal dan dilakukan analisis kekuatan perlu menggunakan *software* ETABS. Rekapitulasi kuat lentur dan geser balok anak setelah komposit bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Rekapitulasi Balok Anak

Nama	Profil	*Mu* Max (kN.m)	ø*Mn* (kN.m)	*Vu* Max (kN)	ø*Vn* (kN)	*f* (mm)	*f'* (mm)
Ba-1	IWF 400 x 300	302.457	814.694	162.030	561.600	6.580	20
		OKE		OKE		OKE	
Ba-2	IWF 350 x 250	134.052	535.057	107.241	440.640	5.430	12.5
		OKE		OKE		OKE	

Agar perilaku komposit dapat tercapai diperlukan penghubung geser sehingga geseran longitudinal bisa disalurkan diantara keduanya. Penghubung geser menggunakan

tipe *shear-stud* ukuran ¾" dengan tinggi 70 mm, Rekapitulasi *shear stud* balok anak setelah komposit bisa dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Rekapitulasi *Shear Stud* Balok Anak

Balok	Bentang	*N* 1/2 bentang	*S* (mm)
Ba-1	7200	54	100
Ba-2	4500	40	100

2. Balok Induk

Balok induk direncanakan menggunakan 3 tipikal balok dan dianalisis menggunakan software ETABS v15. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Rekapitulasi Balok Induk ETABS

Nama	Profil	*Mu* + (kN.m)	*Mu* - (kN.m)	*Vu* + (kN)	*Vu* - (kN)	*f* (mm)	*L* (mm)
B1	*IWF* 600x300	417.795	772.145	348.3772	346.7025	11.5	9600
B2	*IWF* 400x400	212.066	362.8612	207.962	193.9407	8.5	7200
B3	*IWF* 450x300	192.093	237.226	184.437	148.39	5.2	5200

Berdasarkan tabel 4, selanjutnya balok induk dilakukan analisis perhitungan dengan mengacu SNI 1729-2015. Hasil analisis perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Balok Induk

Nama	Profil	*Mu* Max (kN.m)	ø*Mn* (kN.m)	*Vu* Max (kN)	Ø *Vn* (kN)	*f* (mm)	*f'* (mm)
B1	IWF 600x300	772.145	997.920	348.3772	1197.504	11.5	26.666
		OKE		OKE		OKE	
B2	IWF 400x400	362.861	967.680	207.962	1073.088	8.5	20
		OKE		OKE		OKE	
B3	IWF 450x300	237.226	550.800	184.437	696.960	5.2	14.444
		OKE		OKE		OKE	

4.4 Perencanaan Kolom Komposit

Kolom direncanakan menggunakan 3 tipikal. Berikut daftar kolom-kolom beserta nilai *output* hasil analisis ETABS pada Tabel 6.

Tabel 6 Rekapitulasi Nilai *Output* ETABS

Nama	Dimensi (mm)		Profil (mm)	Tul Pokok (mm)	*L* (mm)	*Mux* (kN.m)	*Muy* (kN.m)	*Pu* (kN)
K1	800	600	IWF-400-400	4D-25	4600	793.085	405.852	5418.434
K2	650	650	IWF-400-400	4D-25	4600	597.575	455.934	2849.428
K3	600	600	IWF-400-400	4D-22	4600	262.399	328.091	1340.139

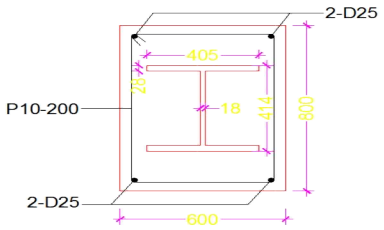
Dari Tabel 6, selanjutnya dilakukan pemeriksaan pada tiap kolom dengan mengacu SNI 1729 2015. Hasil analisis perhitungan dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8 dan Gambar 8.

Tabel 7 Rekapitulasi Hasil Analisis Kolom

Kolom	Dimensi (mm)		Pu (kN)	øPn (kN)	Kontrol
K1	600	800	5418.434	15085.747	OKE
K2	650	650	2849.428	13929.119	OKE
K3	600	600	1340.1399	12625.403	OKE

Tabel 8 Rekapitulasi Hasil Analisis Kolom

Kolom	Dimensi (mm)		*Mux* (kN.m)	*Muy* (kN.m)	ø*Mnx* (kN.m)	ø*Mny* (kN.m)	Rasio Interaksi	Kontrol
K1	600	800	793.085	405.852	2950.584	2302.872	0.755	OKE
K2	650	650	597.5751	455.934	2377.437	1796.655	0.654	OKE
K3	600	600	262.399	328.091	2043.809	1463.028	0.367	OKE



Gambar 8 Kolom Komposit K1

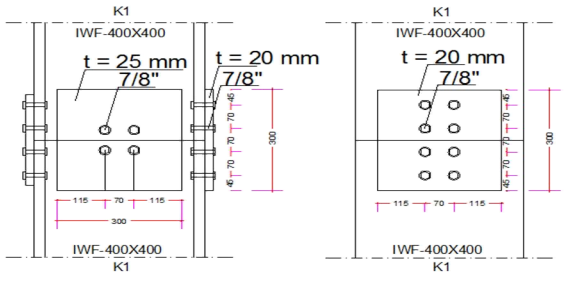
4.5 Perencanaan Sambungan

1. Sambungan Kolom-Kolom

Sambungan antar kolom direncanakan menggunakan baut. Hasil perhitungan sambungan baut kolom IWF 400x400 lantai 1 dan lantai 2 dapat dilihat pada Tabel 9 dan Gambar 9.

Tabel 9 Rekapitulasi Sambungan Kolom

Kolom	Dimensi		Profil	Badan		Sayap	
				t (mm)	*n* (baut)	*t* (mm)	*n* (baut)
K1	800	600	*IWF*-400-400	25	2	20	4
K2	650	650	*IWF*-400-400	25	2	20	4
K3	600	600	*IWF*-400-400	25	2	10	2



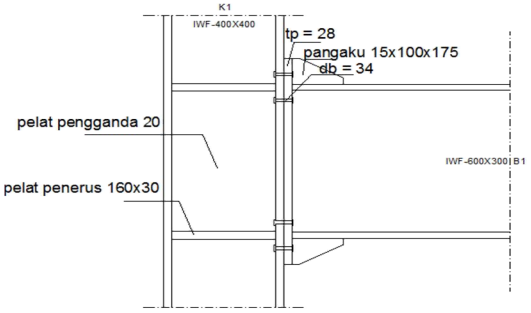
Gambar 9 Sambungan Kolom-Kolom

2. Sambungan Balok-Kolom

Balok baja dengan kolom baja harus dihubungkan agar menjadi satu kesatuan mendekati monolite dengan sambungan berupa baut. Hasil perhitungan sambungan balok-kolom menggunakan baut dapat dilihat pada Tabel 10 dan Gambar 10.

Tabel 10 Rekptulasi Sambungan Kolom-Balok

Kolom	Profil *IWF*	Balok	Profil *IWF*	Bagian Balok				Bagian Kolom	
				tp (mm)	Pengaku (mm)	*db* (mm)	*nb*	*t-pl double* (mm)	Pengaku Menerus (mm)
K1	400x400	B1	600x300	28	15x100x175	34	4	20	160X30
		B2	400x400	20	20x100x175	28	4	10	-
K2	400x400	B1	600x300	28	15x100x175	34	4	20	160X30
		B2	400x400	20	20x100x175	28	4	10	-
		B3	450x300	18	12x100x175	24	4	8	-
K3	400x400	B2	400x400	20	12x100x175	28	4	10	-
		B3	450x300	20	15x100x175	24	4	8	-



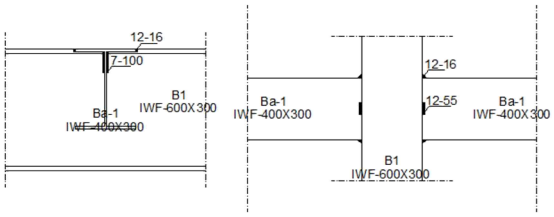
Gambar 10 Sambungan Balok-Kolom

3. Sambungan Balok Anak-Balok Induk

Balok induk dengan balok anak dihubungkan dengan sambungan las menggunakan tipe las $E70_{XX}$. Hasil perhitungan sambungan las balok anak-balok induk dapat dilihat pada Tabel 11 dan pada Gambar 11.

Tabel 11 Rekapitulasi Sambungan Balok

Balok Induk	Profil *IWF*	Balok Anak	Profil *IWF*	Badan		Sayap	
				a (mm)	*Lw* (mm)	*a* (mm)	*Lw* (mm)
B1	600x300	Ba-1	400 x 300	7	200	12	110
		Ba-2	350 x 250	6	150	10	100
B2	400x400	Ba-1	400 x 300	7	200	12	110
		Ba-2	350 x 250	6	150	10	100
B3	450x300	Ba-2	350 x 250	6	150	10	100



Gambar 11 Sambungan B.Anak-B.Induk

4.6 Hubungan Balok Kolom

Kolom direncanakan lebih kuat daripada balok yang leleh dan mencapai *Strain hardening*. Perhitungan mengacu pada SNI 1729-2015. Hubungan balok-kolom menunjukan semua elemen *strong column weak beam* (SCWB). Hasil rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada Tabel 12

Tabel 12 Rekapitulasi Hubungan Balok-Kolom

Balok Kiri	Kolom	Balok Kanan	$\frac{\Sigma Mpc}{\Sigma Mpb} > 1$	Keterangan
B1	K1	B1	1.660	OKE, SCWB
B2	K1	B2	3.374	OKE, SCWB
B3	K1	B3	4.425	OKE, SCWB
B2	K1	B3	3.196	OKE, SCWB
B2	K1	B1	1.654	OKE, SCWB
B2	K2	B2	3.439	OKE, SCWB
B3	K2	B3	4.525	OKE, SCWB
B2	K2	B3	3.268	OKE, SCWB
B2	K2	B1	1.692	OKE, SCWB

4.7 Simpangan Antar Lantai

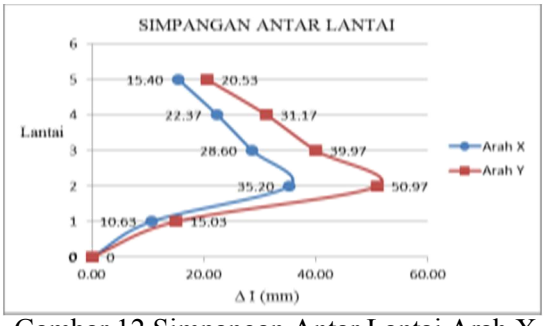
Simpangan ditinjau untuk gedung pada hasil *redesign* dan juga gedung eksisting yang telah dimodel ulang, Hasil perbandingan simpangan antar lantai dapat dilihat pada Tabel 13 dan Tabel 14 dan Gambar 12.

Tabel 13 Simpangan Antar Lantai Arah X

Lantai	Tinggi (m)	δe (mm)	Δ I (mm)	Δ a (mm)	Kontrol
5	19.04	30.6	15.40	56.7	OKE
4	15.26	26.4	22.37	56.7	OKE
3	11.48	20.3	28.60	56.7	OKE
2	7.7	12.5	35.20	69	OKE
1	3.1	2.9	10.63	46.5	OKE
Basement	0	0	0	0	OKE

Tabel 14 Simpangan Antar Lantai Arah Y

Lantai	Tinggi (m)	δe (mm)	Δ I (mm)	Δ a (mm)	Kontrol
5	19.04	43.0	20.53	56.7	OKE
4	15.26	37.4	31.17	56.7	OKE
3	11.48	28.9	39.97	56.7	OKE
2	7.7	18.0	50.97	69	OKE
1	3.1	4.1	15.03	46.5	OKE
Basement	0	0	0	0	OKE



Gambar 12 Simpangan Antar Lantai Arah X dan Arah Y

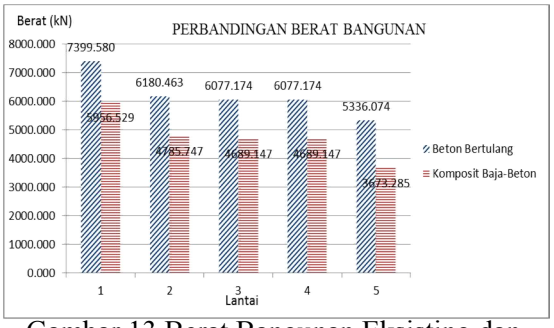
4.8 Perbandingan Perencanaan

1.Berat Bangunan

Nilai berat bangunan diambil dari hasil keluaran yang ada pada ETABS 2015, nilai berat bangunanan masing-masing struktur dapat dilihat pada Tabel 15. Perbedaan berat total bangunan pada masing-masing struktur dapat dilihat pada Gambar 13.

Tabel 15 Perbadingan Berat Bangunan

Lantai	Beton Bertulang	Komposit Baja-Beton
	Berat (kN)	Berat (kN)
1	7399.580	5956.529
2	6180.463	4785.747
3	6077.174	4689.147
4	6077.174	4689.147
5	5336.074	3673.285
Total	31070.464	23793.854
Selisih	7276.610	
Persen (%)	23.420	



Gambar 13 Berat Bangunan Eksisting dan *Redesign*

Dari Gambar 5.13 dapat dilihat bahwa bangunan hasil perencanaan ulang lebih ringan dibandingkan bangunan eksisting dengan selisih 7276.619 kN dengan bangunan komposit baja beton lebih ringan 23.420 % dari bangunan eksisting beton bertulang. Hal tersebut dikarenakan penampang profil yang digunakan pada bangunan perencanaan ulang lebih kecil dibandingkan dengan penampang profil pada bangunan eksisting yang akhirnya mempengaruhi berat bangunan tersebut. Keistimewaan yang nyata dalam sistem komposit adalah penampang balok baja yang digunakan lebih kecil (Charles G. Salmon,1991).

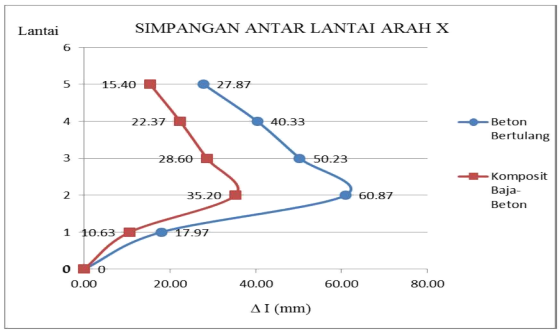
2.Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai yang telah dihitung ditinjau untuk gedung pada hasil perencanaan ulang dan juga gedung eksisting yang telah di model ulang. Maka dapat dilihat sesuai pada

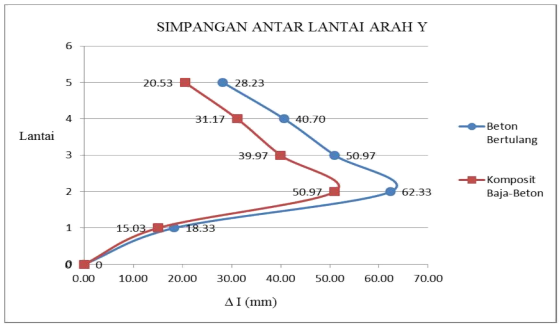
Tabel 16 juga gambar simpangan antar lantai pada Gambar 14 dan Gambar 15.

Tabel 16 Perbandingan Simpangan Antar Lantai

Lantai	Tinggi (m)	Arah X		Arah Y	
		Beton Bertulang	Komposit Baja-Beton	Beton Bertulang	Komposit Baja-Beton
		Δ I (mm)	Δ I (mm)	Δ I (mm)	Δ I (mm)
5	19.04	27.87	15.40	28.23	20.53
4	15.26	40.33	22.37	40.70	31.17
3	11.48	50.23	28.60	50.97	39.97
2	7.7	60.87	35.20	62.33	50.97
1	3.1	17.97	10.65	18.33	15.03
Basement	0	0	0	0	0



Gambar 14 Simpangan Antar Lantai Arah X



Gambar 15 Simpangan Antar Lantai Arah Y

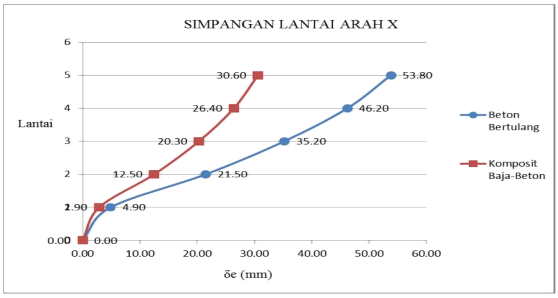
Perbedaan simpangan antar lantai dapat diperoleh pada arah x dan arah y untuk kedua bangunan, nilai simpangan pada bangunan komposit baja beton lebih kecil dibandingkan simpangan pada bangunan beton bertulang. Hal tersebut dikarenakan penampang komposit baja beton lebih kaku dalam menahan gaya gaya dibandingkan bangunan beton bertulang dan juga gaya gempa yang diterima oleh bangunan komposit baja beton lebih kecil dibandingkan dengan bangunan beton bertulang, dimana nilai simpangan yang terjadi sangat dipengaruhi oleh kinerja kolom dan balok yang memikul gaya gaya yang terjadi pada bangunan tersebut dan beban gempa yang diterima oleh bangunan tersebut. Keistimewaan yang nyata dalam sistem komposit adalah kekakuan lantai meningkat dan kapasitas menahan beban lebih besar (Salmon dan Johnson, 1991).

3.Simpangan Lantai

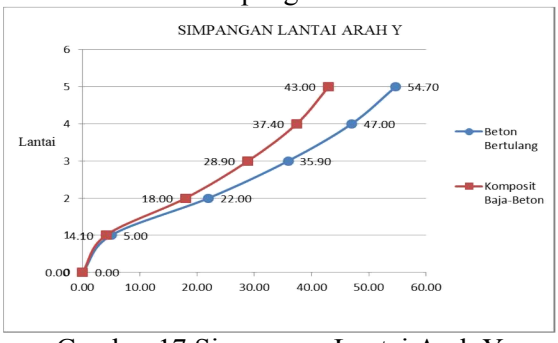
Simpangan lantai dari struktur pada hasil perencanaan ulang dan juga gedung eksisting yang telah dimodel ulang diambil dari nilai *output* ETABS. Maka dapat disimpulkan sesuai pada Tabel 17 dan Simpangan Lantai Arah X dan Y dapat dilihat pada Gambar 16 dan Gambar 17.

Tabel 17 Simpangan Lantai

Lantai	Tinggi (m)	Arah X		Arah Y	
		Beton Bertulang	Komposit Baja-Beton	Beton Bertulang	Komposit Baja-Beton
		δe (mm)	δe (mm)	δe (mm)	δe (mm)
5	19.04	53.80	30.60	54.70	43.00
4	15.26	46.20	26.40	47.00	37.40
3	11.48	35.20	20.30	35.90	28.90
2	7.7	21.50	12.50	22.00	18.00
1	3.1	4.90	2.90	5.00	4.10
Basement	0	0.00	0.00	0.00	0.00



Gambar 16 Simpangan Lantai Arah X



Gambar 17 Simpangan Lantai Arah Y

Dari Gambar 5.16 dan Gambar 5.17 didapat perbedaan simpangan lantai bangunan pada arah x dan arah y untuk bangunan beton bertulang dan juga untuk bangunan komposit baja beton, simpangan lantai pada bangunan beton bertulang lebih besar dibandingkan simpangan pada bangunan komposit baja-beton. Hal tersebut dikarenakan penampang komposit baja beton lebih kaku dalam

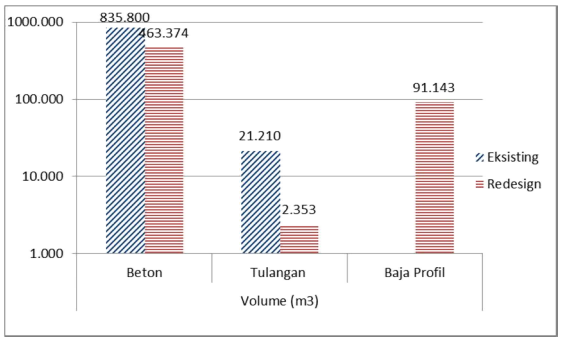
menahan gaya gaya dibandingkan bangunan beton bertulang, dan juga berat bangunan yang dimiliki oleh bangunan beton bertulang lebih besar dibandingkan komposit baja beton sehingga gaya gempa yang diterima oleh beton bertulang lebih besar dibandingkan komposit baja-beton. Keistimewaan yang nyata dalam sistem komposit adalah kekakuan lantai meningkat dan kapasitas menahan beban lebih besar (Charles G. Salmon,1991).

4.Volume Material Struktur

Volume material struktur akan ditinjau untuk mengetahui perbandingan antara gedung eksisting dan perencanaan ulang. Volume Material dihitung menggunakan bantuan *Ms.Excel*, yang akan ditinjau merupakan material beton, baja profil dan juga tulangan pada gedung eksisting dan perencanaan ulang. Dapat dilihat pada Tabel 18 dan Gambar 18.

Tabel 18 Volume Material Eksisting dan *Redesign*

Volume	Volume (m3)		
	Beton	Tulangan	Baja Profil
Eksisting	835.800	21.210	0
Redesign	463.374	2.353	91.143
Selisih	372.426	18.857	91.143
Persen (%)	44.56%	88.91%	100%



Gambar 18 Volume Material Eksisting Dan *Redesign*

Didapat selisih volume material antara bangunan eksisting dan bangunan hasil perencanaan ulang. Hal ini menunjukkan bangunan hasil perencanaan ulang memiliki selisih volume beton 372.426 m^3 atau 44.56 % lebih kecil dari bangunan eksisting, dan memiliki selisih volume tulangan 18.857 m^3 atau 88.91 % lebih kecil dari bangunan eksisting, namun memiliki selisih volume baja profil 91.143 m^3 atau 100 % lebih besar dibandingkan bangunan eksisting. Hal ini dikarenakan material penyusun utama pada bangunan perencanaan ulang adalah baja sehingga volume beton dan tulangan jumlah volumenya lebih kecil namun baja profil volumenya besar. Penampang pada bangunan komposit baja beton ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan penampang beton bertulang, sehingga dimensi penampang tersebut berpengaruh pada volume material yang juga lebih kecil. Apabila untuk mendapatkan aksi komposit bagian atas gelagar dibungkus dengan lempeng beton, maka akan didapat pengurangan pada tebal seluruh lantai dan untuk bangunan-bangunan pencakar langit, keadaan ini memberikan penghematan yang cukup besar dalam volume (Amon dkk, 1999).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Perencanaan struktur atas komposit baja beton meliputi pelat lantai, balok anak, balok induk, kolom dan sambungan. Perencanaan pembebanan pada struktur atas gedung didasarkan pada peraturan pembebanan SNI-1727-2013 peraturan gempa SNI 1726-2012 dan peraturan struktur baja SNI-1729-2015. Hasil desain struktur atas tersebut telah sesuai dengan pembebanan yang berlaku dan aman menurut peraturan.
2. Hasil perencanaan dan perhitungan dituangkan dalam gambar teknik untuk dapat dilihat secara lebih detail dan dapat dipahami dengan benar.
3. Dari hasil perbandingan gedung perencanaan ulang struktur komposit baja beton dan eksisting beton bertulang dapat disimpulkan sebagai berikut.
   a. Berat struktur bangunan pada gedung perencanaan ulang (komposit baja-beton) 23793.854 kN dan pada gedung eksisting (beton bertulang) 31070.464 kN dengan selisih 7276.610 kN. Gedung struktur komposit baja beton memiliki berat struktur lebih ringan

23.42 % dibandingkan dari struktur beton bertulang.

b. Simpangan antar lantai dan simpangan lantai pada gedung perencanaan ulang (komposit baja-beton) untuk arah X dan arah Y nilainya lebih kecil dibandingkan gedung eksisting (beton bertulang).
c. Volume material struktur pada gedung perencanaan ulang (komposit baja-beton) dengan volume beton 463.374 m^3, volume tulangan 2.352 m^3 dan volume baja profil 91.143 m^3. Gedung eksisting (beton bertulang) dengan volume beton 835.8 m^3, volume tulangan 21.21 m^3 dan volume baja profil 0 m^3. Hal ini menunjukan bangunan hasil perencanaan ulang memiliki volume beton 44.56 % lebih kecil dibandingkan bangunan eksisting, dan volume tulangan 88.91 % lebih kecil dibandingkan bangunan eksisting, namun memiliki volume baja profil 100% lebih besar dibandingkan bangunan eksisting.

5.2 Saran

Tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari *redesign* struktur gedung ini perlu dihitung agar dapat diketahui perbandingan biaya antara gedung perencanaan ulang dengan gedung eksisting.
2. Profil pada struktur gedung dalam tugas akhir ini perlu pembanding baja tipe yang lain, untuk mengetahui profil yang lebih efektif digunakan.
3. Penggunaan *software* khusus lainnya perlu digunakan agar dapat membandingkan hasil desain struktur gedung.

6. DAFTAR PUSTAKA

AISC. 2010. *Load And Resistance Faktor Design. American Institute of Steel Construction Inc, United States of America.*

Amon, Rene ; Knobloch, Bruce & Mazumder, Atanu.1999. Perencanaan Konstruksi Baja Untuk Insinyur dan Arsitek 2. Bandung : PT. Pradinya Paramita.

Anonim, 2012, SNI *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung* SNI 03-1726-2012. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.

Anonim, 2013, SNI *Tata Cara Perhitungan Beton Untuk Bangunan Gedung* SNI-03-2847-2013. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.

Anonim, 2002, SNI *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung* SNI 03-1729-2002. Departemen Pekerjaan umum : Jakarta.

Anonim, 2013, SNI *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain* SNI 03-1727-2013. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Dewobroto, Wiryanto. 2016. *Struktur Baja (Desain, Analisis dan Desain -AISC 2010)* Edisi Kedua. Teknik sipil UPH :Jakarta.

Salmon, Charles G & E.Johnson, John.1991. Struktur Baja Desain Dan PerilakuJilid 1 Edisi Kedua. Diterjemahkan oleh : Ir. Wira M.S.CE. Jakarta : Erlangga.

Salmon, Charles G & E.Johnson, John.1996. Struktur Baja Desain Dan PerilakuEdisi Ketiga.Diterjemahkanoleh Ir.Mc.Prihminto Widodo. Jakarta : PT.Gramedia.

Setiawan, A.2008.Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002).Jakarta:Erlangga