KOMPARASI PERENCANAAN KONSTRUKSI SERTA RENCANA BIAYA PEMBANGUNAN GEDUNG KONSTRUKSI BETON DAN GEDUNG KONSTRUKSI BAJA KOMPOSIT

¹Eri Rihandiar,² M. Robby Indrawan

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Suryakencana
eri.rihandiar@yahoo.com

Abstrak

Indonesia merupakan salah satu Negara yang berada di zona subduksi beberapa lempeng bumi, sehingga Indonesia merupakan salah satu Negara yang rawan terhadap bencana gempa bumi. Indonesia juga merupakan salah satu dari sekian banyak Negara berkembang yang sedang giat melakukan banyak pembangunan infrastruktur gedung dan jalan raya. Untuk infrastruktur gedung yang dibangun secara bertingkat haruslah memenuhi persyaratan ketahanan terhadap gempa bumi yang mungkin terjadi selama umur layan gedung.

Struktur baja profil memiliki kelebihan dalam keseragaman bentuk dan jaminan mutu yang lebih tinggi dibandingkan struktur beton bertulang, selain itu struktur baja profil memiliki kekuatan yang lebih daktail. Masa konstruksi yang singkat juga menjadi salah satu pertimbangan dari pemilihan struktur baja profil.

Perbandingan dari penggunaan struktur baja dan struktur beton bertulang dikaji dalam Tugas Akhir ini. Fokus yang dikaji adalah perbandingan dimensi elemen struktur menggunakan struktur baja komposit dan dimensi elemen struktur menggunakan struktur beton bertulang. Setelah dimensi desain baru yang menggunakan struktur baja komposit didapatkan, kemudian dibandingkan biaya pekerjaan elemen struktur primer (pelat, balok anak, balok induk, kolom dan pondasi) berdasarkan desain baru yang menggunakan baja komposit dengan biaya pekerjaan elemen struktur primer yang menggunakan beton bertulang.

Kata Kunci : zona subduksi, gempa bumi, beton bertulang, baja komposit, biaya

1. PENDAHULUAN

Dalam pembangunan struktur gedung bertingkat, banyak sekali yang menggunakan beton bertulang sebagai struktur utama dari gedung yang dibangun tersebut. Namun struktur beton bertulang sendiri masih memiliki kekurangan, diantaranya adalah masa konstruksi yang lama dan mutu yang tidak terjamin. Berbeda dengan beton bertulang, konstruksi yang menggunakan struktur baja profil memiliki mutu yang sesuai dengan standar dan juga masa pengerjaan konstruksi yang lebih cepat dibandingkan beton bertulang.

Selain hal tersebut, struktur baja profil memiliki kekuatan yang lebih daktail dibandingkan beton bertulang. Kelebihan ini dapat membuat konstruksi mengalami simpangan pasca elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat gempa yang menyebabkan terjadinya pelepasan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur tersebut tetap berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi ambang runtuh.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut SNI 03-1726-2002 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung”, Kabupaten Cianjur masuk ke dalam wilayah gempa IV atau masuk daerah gempa sedang. Karena Kabupaten Cianjur masuk ke dalam zona gempa sedang, maka struktur bangunan gedung bertingkat harus direncanakan kuat terhadap beban gempa periode ulang 500 tahun, sehingga proses perencanaan struktur gedung sangat mempengaruhi kinerja struktur pada saat terjadi gempa besar.

Gedung Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Holtikultura Kabupaten Cianjur memiliki jumlah tingkat sebanyak tiga tingkat, dengan menggunakan struktur beton bertulang sebagai struktur gedung tersebut. Dengan menggunakan beton bertulang, tentunya waktu pelaksanaan menjadi lebih banyak dibandingkan dengan penggunaan struktur baja profil. Mutu beton yang digunakan dalam pembangunan gedung ini memiliki kuat tekan karakteristik K-250, atau setara dengan 20 MPa.

Dalam design baru yang akan dilakukan, struktur balok dan kolom akan diganti menggunakan profil baja dengan mutu ST 37 yang memiliki kuat leleh (f_y) 240 MPa dan kuat putus (f_u) 370 MPa, sedangkan untuk pelat lantai sendiri akan menggunakan pelat bondek yang ditoping oleh beton. Setelah ukuran profil baja didapatkan, akan dilakukan perencanaan sambungan struktur (sambungan balok-balok dan sambungan balok-kolom) dan juga perencanaan pondasi.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam modifikasi design Gedung Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Holtikultura Kabupaten Cianjur yang menggunakan konstruksi baja antara lain :

a. Pembebanan

Yaitu menentukan jenis dan besarnya beban-beban yang akan bekerja pada bangunan tersebut.

b. Preliminary design

Yaitu menetapkan taksiran awal dari dimensi atau ukuran bagian-bagian bangunan yang terdiri dari pelat, balok dan kolom. Preliminary design ini dihitung berdasarkan beban-beban yang bekerja pada bangunan.

c. Pemodelan struktur

Memodelkan struktur dalam bentuk tiga dimensi menggunakan bantuan software Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems (ETABS) v 9.7.2.

d. Analisa struktur

Melakukan analisa struktur dari pemodelan yang telah dibuat. Analisa struktur dilakukan dengan bantuan software ETABS v 9.7.2. Analisa struktur ini bertujuan untuk mengetahui respons struktur akibat bekerjanya gaya luar pada bangunan. Gaya luar yang akan diperhitungkan adalah gaya vertikal dari beban mati dan beban hidup, serta gaya horisontal/lateral akibat beban gempa.

e. Menentukan profil balok dan kolom

Menentukan dimensi elemen-elemen struktur gedung yang direncanakan, seperti profil balok dan kolom pada seluruh bangunan dengan menggunakan profil baja yang paling aman dan ekonomis.

f. Perencanaan pondasi

Merencanakan sub structure yang paling cocok dalam pembangunan Gedung Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Holtikultura Kabupaten Cianjur, dengan mempertimbangkan faktor keamanan, beban yang diberikan oleh upper structure dan juga mempertimbangkan efisiensi dari penggunaan jenis pondasi yang direncanakan.

g. Perbandingan design dan biaya

Membuat perbandingan antara design elemen-elemen struktur baru yang menggunakan konstruksi baja profil dengan design yang terdahulu yang menggunakan konstruksi beton bertulang. Biaya yang dikeluarkan untuk design yang baru dibandingkan dengan biaya design yang sudah ada, kemudian diambil kesimpulan dari perbandingan design tersebut.

Peraturan yang digunakan dalam perencanaan gedung ini, antara lain :

1. SNI Gempa : Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002).
2. SNI Baja : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002).
3. SNI Beton : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002).
4. Pembebanan : Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SNI 03-1727-1989).

Informasi Umum Bangunan Gedung ini terdiri dari 3 tingkat, dengan tinggi masing-masing tingkat setinggi 3,6 meter. Berikut adalah informasi mengenai bangunan tersebut :

Gambar 3.1. Site plan bangunan

Gambar 3.2 Tampak depan bangunan

Gambar 3.5 Denah struktur lantai 2

Gambar 3.3 Tampak samping kanan bangunan

Gambar 3.6 Denah struktur lantai 3

Gambar 3.4 Denah struktur lantai 1

4. ANALISIS DATA

A. Preliminary Design

Berikut ini merupakan hasil dari proses *preliminary design* yang telah dilakukan. Hasil *preliminary design* selanjutnya dimasukan ke dalam *software* ETABS v.9.7.

Gambar 4.1. Profil WF 300.150.6,5.9 komposit (balok induk) *input* ETABS v.9.7

Gambar 4.4. Profil WF 250.125.5.8 (RB 2) *input* ETABS v.9.7.2

Gambar 4.2. Profil WF 200.100.5,5.8 komposit (balok anak) *input* ETABS v.9.7.2

Gambar 4.5. Profil WF 200.200.12.12 (kolom komposit) *input* ETABS v.9.7.2

Gambar 4.3. Profil WF 200.100.5,5.8 (RB 1) *input* ETABS v.9.7.2

Gambar 4.6. Penampang pelat bondek *input* ETABS v.9.7.2

B. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur bangunan gedung menggunakan *software* ETABS v.9.7.2.

Gambar 4.7 Pemodelan 3 dimensi ETABS v.9.7.2

C. Pemodelan Struktur

1. Bentuk Bangunan

Struktur bangunan Gedung Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Holtikultura Kabupaten Cianjur terdiri dari 3 tingkat, dengan bagian atap menggunakan kuda-kuda baja profil dengan jenis penutup atap genteng. Dalam perencanaan gedung ini, struktur bangunan dan struktur atap direncanakan secara terpisah, dimana beban dari kuda-kuda baja disalurkan sebagai beban terpusat di bagian ring balok atau kolom tingkat ketiga.

Tinggi struktur gedung tanpa dari taraf penjepitan adalah 10,8 meter, dalam perhitungan beban gempa tinggi tersebut dijadikan sebagai acuan dalam perhitungan waktu getar alami struktur (T). Struktur gedung yang sederhana dan beraturan memungkinkan untuk menggunakan hanya metode analisa statik ekuivalen dalam tinjauan pembebanan gempa rencana.

2. Sistem Struktur

Struktur gedung yang direncanakan dimodelkan sebagai Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) atau *Frame Resisting Moment (FRM)*. Struktur yang gedung ini dianalisa terhadap pengaruh gempa, dimana struktur ditinjau secara 3 dimensi yang terjepit pada taraf lantai dasar. Gedung yang direncanakan tidak perlu menggunakan analisa P-delta, dikarenakan tinggi gedung

yang kurang dari 40 meter dari penjepit pada taraf lantai dasar.

Dengan anggapan lantai tingkat (juga atap beton dan lantai dengan ikatan) bekerja sebagai diafragma, yang artinya memiliki kekakuan yang besar sekali di dalam bidangnya, maka terhadap beban gempa setiap lantai tingkat itu memiliki 3 derajat kebebasan, yaitu translasi dalam arah masing-masing sumbu koordinat dan rotasi melalui pusat rotasi lantai tingkat itu. Ketiga derajat kebebasan ini menentukan pembagian beban gempa horisontal kepada seluruh sistem struktur tingkat, sebagaimana halnya pada struktur 3 dimensi secara umum.

3. Komponen – Komponen Struktur

1. Balok komposit

Pada pemodelan struktur, digunakan pelat lantai bondek yang ditoping oleh beton. Penggunaan bondek ini ditujukan sebagai pengganti bekisting dan tulangan positif pada pelat lantai, sedangkan untuk tulangan negatif pelat digunakan tulangan wiremesh yang telah dipabrikasi di pabrik. Kekakuan pelat lantai ditinjau dan pelat lantai berfungsi sebagai penyalur beban-beban ke balok anak maupun balok induk. Balok baja dan pelat lantai dihubungkan dengan shear connector, sehingga balok tersebut berperilaku sebagai balok komposit.

Menurut pasal 10.5 (1), Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002, nilai modulus elastisitas beton dengan massa jenis beton diantara 1.500 kg/m³ dan 2.500 kg/m³ nilai modulus elastisitas beton (E_c) dapat diambil sebesar $(w_c)1,5 \cdot 0,043\sqrt{f_c'}$ (dalam MPa). Untuk beton normal E_c dapat diambil sebesar $4.700\sqrt{f_c'}$, sehingga nilai modulus elastisitas beton yang digunakan (E_c) = 21019 MPa. Sedangkan modulus elastisitas baja profil (E_s) diambil sebesar 200.000 MPa.

Dalam input penampang di *software* ETABS v.9.7.2, penampang balok yang digunakan adalah balok komposit ekuivalen, dimana untuk input penampang balok baja diperhitungkan bekerja bersama dengan lebar pelat bondek, sehingga lebar efektif dari balok komposit dibagi dengan nilai perbandingan modulus elastisitas baja dan beton (n).

Berikut ini adalah perhitungan momen inersia balok anak komposit dan balok induk komposit :

Gambar 4.8. Bagian-bagian pada balok komposit

Perhitungan momen inersia balok anak komposit:
Menghitung rasio perbandingan modulus elastisitas bahan (n) : $n = E_s / E_c$, dimana $E_s = 200.000 \text{ MPa}$ dan $E_c = 21.019 \text{ MPa}$

$$n = (200.000 \text{ MPa}) / (21.019 \text{ MPa}) = 9,515$$

Menghitung luas penampang beton transformasi balok anak komposit (A_{ct}) :

$$A_{ct} = (b_e \times h) / n$$

$$A_{ct} = (1.250 \text{ mm} \times 120 \text{ mm}) / 9,515$$

$$= 15.764,28 \text{ mm}^2$$

Menghitung luas penampang komposit balok anak komposit (A_{com}) :

$$A_{com} = A_p + A_{ct}$$

$$A_{com} = 2.716 \text{ mm}^2 + 15.764,28 \text{ mm}^2$$

$$A_{com} = 18.480,280 \text{ mm}^2$$

Mencari jarak garis titik netral terhadap sisi bawah balok anak komposit (y_{bs}) :

$$A_{com} \times y_{bs} = A_p \times d/2 + A_{ct} \times (d+h/2)$$

$$y_{bs} = (A_p \times d/2 + A_{ct} \times (d+h/2)) / A_{com}$$

$$y_{bs} = ((2.716 \text{ mm}^2 \times (200 \text{ mm})/2) + (15.764,28 \text{ mm}^2 \times (200 \text{ mm} + (120 \text{ mm})/2))) / (18.480,280 \text{ mm}^2)$$

$$y_{bs} = 236,485 \text{ mm}$$

Mencari jarak sisi atas profil baja terhadap garis netral balok anak komposit (y_{ts}) :

$$y_{ts} = d - y_{bs}$$

$$y_{ts} = 200 \text{ mm} - 236,485 \text{ mm}$$

$$y_{ts} = -36,485 \text{ mm}$$

Mencari jarak sisi atas slab beton terhadap garis netral balok anak komposit (y_{tc}) :

$$y_{tc} = h + y_{ts}$$

$$y_{tc} = 120 \text{ mm} - 36,485 \text{ mm}$$

$$y_{tc} = 83,515 \text{ mm}$$

Mencari momen inersia penampang balok anak komposit (I_{com}) :

$$I_{com} = (1 \times b_e \times h^3) / (12 \times n) + A_{ct} \times (y_{tc} - h/2)^2 + I_p + A_p \times (d/2 - y_{ts})^2$$

$$I_{com} = (1 \times 1250 \text{ mm} \times [(120 \text{ mm})^3] / (12 \times 9,515) + 15.764,28 \text{ mm}^2 \times (83,515 \text{ mm} - (120$$

$$\text{mm})/2)^2 + 18.400.000 \text{ mm}^4 + 2.716 \text{ mm}^2 \times (200/2 \text{ mm}^2 - (-36,485 \text{ mm}))^2$$

$$I_{com} = 96.628.509,270 \text{ mm}^4$$

Gambar 4.8 Profil balok anak komposit yang digunakan (WF 200.100.5,5.8)

Perhitungan momen inersia balok induk komposit:

Menghitung rasio perbandingan modulus elastisitas bahan (n) : $n = E_s / E_c$, dimana $E_s = 200.000 \text{ MPa}$ dan $E_c = 21.019 \text{ MPa}$

$$n = (200.000 \text{ MPa}) / (21.019 \text{ MPa}) = 9,515$$

Menghitung luas penampang beton transformasi balok induk (A_{ct}) :

$$A_{ct} = (b_e \times h) / n$$

$$A_{ct} = (1.250 \text{ mm} \times 120 \text{ mm}) / 9,515 = 15.764,28 \text{ mm}^2$$

Menghitung luas penampang balok induk komposit (A_{com})

$$A_{com} = A_p + A_{ct}$$

$$A_{com} = 4.678 \text{ mm}^2 + 15.764,28 \text{ mm}^2$$

$$A_{com} = 20.442,28 \text{ mm}^2$$

Mencari jarak garis titik netral terhadap sisi bawah balok induk komposit (y_{bs}) :

$$A_{com} \times y_{bs} = A_p \times d/2 + A_{ct} \times (d+h/2)$$

$$y_{bs} = (A_p \times d/2 + A_{ct} \times (d+h/2)) / A_{com}$$

$$y_{bs} = ((4.678 \text{ mm}^2 \times (300 \text{ mm})/2) + (15.764,28 \text{ mm}^2 \times (300 \text{ mm} + (120 \text{ mm})/2))) / (20.442,28 \text{ mm}^2)$$

$$y_{bs} = 311,944 \text{ mm}$$

Mencari jarak sisi atas profil baja terhadap garis netral balok induk komposit (y_{ts}) :

$$y_{ts} = d - y_{bs}$$

$$y_{ts} = 300 \text{ mm} - 311,944 \text{ mm}$$

$$y_{ts} = -11,944 \text{ mm}$$

Mencari jarak sisi atas slab beton terhadap garis netral balok induk komposit (y_{tc}) :

$$y_{tc} = h + y_{ts}$$

$$y_{tc} = 120 \text{ mm} - 11,944 \text{ mm}$$

$$y_{tc} = 108,056 \text{ mm}$$

Mencari momen inersia penampang balok induk komposit (I_{com}) :

$$I_{com} = (1 \times b_e \times h^3) / (12 \times n) + A_{ct} \times (y_{tc} - h/2)^2 + I_p + A_p \times (d/2 - y_{ts})^2$$

$$I_{com} = (1 \times 1250 \text{ mm} \times [(120 \text{ mm})^3] / (12 \times 9,515) + 15.764,28 \text{ mm}^2 \times (108,056 \text{ mm} - (120 \text{ mm})/2)^2 + 72.100.000 \text{ mm}^4 + 4.678 \text{ mm}^2 \times (300/2 \text{ mm}^2 - (-11,944 \text{ mm}))^2$$

$$I_{com} = 250.107.767,1 \text{ mm}^4$$

Gambar 4.9 Profil balok induk yang digunakan (WF 300.150.6,5,9)

Tabel 4.1 Section properties profil balok komposit pada gedung

T_i	H	B	t_w	t_f	t	b_e	$E_s/$	I_{com}
p	(m	(m	(m	(m	p_e	(m	E_c	(mm ⁴)
e	m)	m)	m)	m)	lat	m)		
					(m			
					m)			
B	30	15	6,	9	12	1.	9,	250.1
1	0	0	5		0	25	51	07.76
						0	5	7
B	20	10	5,	8	12	1.	9,	96.62
2	0	0	5		0	25	51	8.509
						0	5	

a. Ring balok

Ring balok pada gedung berfungsi sebagai pengaku konstruksi rangka dan sebagai tumpuan dari rangka atap yang memikul beban penutup atap. Ring balok direncanakan menggunakan profil WF 250.125.5.8 untuk balok eksterior

(menumpu beban kuda-kuda) dan profil WF 200.100.5,5,8 untuk balok interior

Gambar 4.10 Profil RB 1 (WF 200.100.5,5,8)

Gambar 4.11 Profil RB 2 (WF 250.125.5.8)

Gambar 4.12 Section properties WF 200.100.5,5,8

Gambar 4.13 Section properties WF 250.125.5.8

b. Kolom baja komposit

Kolom baja komposit dapat dibentuk dari pipa baja yang diisi dengan beton polos atau dapat pula dari profil baja hasil gilas panas yang dibungkus dengan beton dan diberi tulangan baja serta sengkang, seperti halnya pada kolom beton biasa. Analisis dari kolom komposit hampir sama dengan analisis komponen struktur tekan, namun dengan nilai f_y , E dan r yang telah dimodifikasi. Pada perencanaan gedung ini, profil baja yang digunakan sebagai kolom baja komposit adalah WF 200.200.12.12. profil baja yang digunakan kemudian dibungkus oleh beton dengan dimensi kotor kolom sebesar 400 x 400 mm² dengan kuat tekan beton sebesar 20 MPa. Kolom komposit ini juga diperkuat dengan 4 buah tulangan berdiameter 16 mm dan diberikan tulangan sengkang berpenampang 2, dengan diameter 8 mm dan jarak 250 mm.

Gambar 4.14. *Section properties* penampang kolom komposit gedung

4. Pembebanan Gravitasi

Berdasarkan beban rencana pada kriteria desain, maka beban gravitasi tersebut akan di input ke

dalam ETABS v.9.7.2 tanpa berat sendiri dari elemen-elemen struktur, karena pada ETABS v.9.7.2 sudah memperhitungkan berat sendiri struktur sesuai dengan dimensi elemen-elemen struktur yang digunakan.

Gambar 4.14. *Uniform surface loads* dengan beban mati pada pelat

Gambar 4.15 *Uniform surface loads* dengan beban hidup pada pelat

Gambar 4.15 *Frame distributed loads* dengan beban dinding pada balok

Gambar 4.16 *Dead uniform loads* pada pelat (satuan kN-m)

Gambar 4.17 *Live uniform loads* pada pelat (satuan kN-m)

Gambar 4.18 *Dead frame span loads* pasangan dinding pada balok (satuan kN-m)

5. Pembebanan Gempa

Selain beban gravitasi, gedung yang direncanakan ini ditinjau juga terhadap beban yang diakibatkan oleh gempa selama umur bangunan. Perencanaan struktur bangunan tahan gempa bertujuan untuk mencegah terjadinya keruntuhan struktur yang berakibat fatal pada saat terjadi gempa.

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002, kinerja struktur pada waktu menerima beban gempa dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- Akibat gempa ringan, struktur bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada elemen strukturalnya maupun pada elemen non struktural.
- Akibat gempa sedang, elemen struktural bangunan tidak boleh rusak, tetapi elemen non strukturalnya boleh mengalami kerusakan ringan, namun struktur bangunan masih dapat dipergunakan.
- Akibat gempa besar, baik elemen struktural maupun elemen non struktural bangunan akan mengalami kerusakan, tetapi bangunan tidak boleh runtuh.

6. Analisa Beban Gempa Statik Ekuivalen

Sistem struktur gedung adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dikarenakan gedung didirikan di atas wilayah gempa IV. Tinggi keseluruhan sistem rangka adalah 10,8 meter dari pengekang lateral. Langkah pertama dalam menentukan besarnya beban gempa statik ekuivalen adalah menentukan waktu getar alami fundamental (T).

- Menentukan waktu getar alami fundamental (T)

Ada beberapa cara pendekatan dalam menentukan waktu getar alami fundamental, Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002, mensyaratkan bahwa waktu getar alami fundamental (T) tidak boleh melebihi 20% dari $T_{Rayleigh}$ dan untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, maka $T_1 < \zeta n$, dimana n adalah jumlah lantai dan koefisien ζ bergantung dari zona gempa seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Koefisien ζ yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur

Wilayah Gempa	ζ
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

Sumber : Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002

Gambar 4.19 Waktu getar struktur *mode 1* (arah x) dengan $T_1 = 0,4193$ detik

Gambar 4.20 Waktu getar struktur *mode 2* (arah y) dengan $T_1 = 0,3962$ detik

Berdasarkan Tabel 4.2 di atas, diperoleh nilai ζ untuk wilayah gempa 4 sebesar 0,17 dan nilai n berdasarkan jumlah tingkat adalah 3, sehingga besar nilai ζn adalah sebesar 0,51 detik. Nilai T_1 berdasar hasil ETABS adalah 0,4193 detik untuk arah x dan 0,3962 detik untuk arah y, sedangkan untuk pendekatan waktu getar struktur didapatkan sebesar 0,486 detik. Dari ketiga nilai tersebut diambil nilai T_1 sebesar 0,486 detik, nilai ini kurang dari nilai ζn sebesar 0,51 detik, sehingga waktu getar struktur gedung memenuhi persyaratan dan gedung memiliki kekakuan yang cukup.

b. Menentukan faktor keutamaan (I)

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002 Pasal 4.1.2, disebutkan bahwa untuk berbagai kategori gedung, bergantung pada probabilitas terjadinya keruntuhan struktur gedung selama umur gedung dan umur gedung tersebut yang diharapkan, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan (Important Factor) atau I menurut persamaan $I = I_1 \times I_2$.

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002 didapat faktor keutamaan (I) untuk Gedung Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Holtikultura Kabupaten Cianjur sebesar 1,0.

c. Menghitung berat struktur keseluruhan
Berat total gedung (W_t) akibat berat sendiri secara otomatis dapat dihitung oleh software ETABS v.9.7.2, namun untuk berat gedung tambahan seperti plesteran, dinding, dan beban hidup sebesar 30% harus diperhitungkan secara manual.

Level	Mass (kg)	Mass (ton)	Mass (kip)	Mass (kN)	Mass (kN)
Basement	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
1st Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
2nd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
3rd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
4th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
5th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
6th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
7th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
8th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
9th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
10th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
11th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
12th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
13th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
14th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
15th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
16th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
17th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
18th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
19th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
20th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
21st Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
22nd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
23rd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
24th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
25th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
26th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
27th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
28th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
29th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
30th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
31st Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
32nd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
33rd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
34th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
35th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
36th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
37th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
38th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
39th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
40th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
41st Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
42nd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
43rd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
44th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
45th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
46th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
47th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
48th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
49th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
50th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
51st Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
52nd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
53rd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
54th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
55th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
56th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
57th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
58th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
59th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
60th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
61st Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
62nd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
63rd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
64th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
65th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
66th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
67th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
68th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
69th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
70th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
71st Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
72nd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
73rd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
74th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
75th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
76th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
77th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
78th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
79th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
80th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
81st Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
82nd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
83rd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
84th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
85th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
86th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
87th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
88th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
89th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
90th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
91st Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
92nd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
93rd Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
94th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
95th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
96th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
97th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
98th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
99th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48
100th Floor	118048	118.048	26590.1	1180.48	1180.48

Gambar 4.21 Berat dan massa bangunan per lantai dari ETABS v.9.7.2

Tabel 4.3. Berat masing-masing lantai dan berat struktur keseluruhan (Wt)

Tingkat Lantai	Berat Sendiri Struktur (kN)	Beban Mati Tambahan (kN)	Beban Hidup Tambahan (kN)	Total Beban (kN)
Tingkat ke 3	395,729	661,100	0,000	1.056,829
Tingkat ke 2	1.566,660	1.805	281,250	3.652,910
Tingkat ke 1	1.566,660	1.805	281,250	3.652,910
Berat Struktur Keseluruhan (Wt)				8.362,649

d. Menghitung beban geser nominal (V)

Beban geser nominal untuk perhitungan gempa statik ekuivalen dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$V=(C_1 \times I \times W_t)/R$$

Dimana :

C1 = Nilai faktor respons gempa, yang ditentukan berdasarkan wilayah gempa, kondisi tanah dan waktu getar alami (T).

I = Faktor keutamaan gedung sesuai Tabel 4.2

R = Faktor reduksi gedung

Wt = Berat struktur keseluruhan (kN)

Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002, faktor daktilitas (R) untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) adalah 5,5. Berdasarkan data-data yang telah diperoleh, maka besarnya gaya geser nominal (V) adalah :

$$V=(0,7 \times 1 \times 8.362,649)/5,5$$

$$V=1.064,337 \text{ kN}$$

e. Menghitung besar gaya geser pada masing-masing tingkat (F)

Beban gempa nominal statik ekuivalen yang bekerja pada pusat massa lantai di tingkat i dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$F=(W_i \times z_i)/(\sum_{i=1}^n (W_i \times z_i)) \times V$$

Dimana :

Wi = Berat lantai tingkat ke i

z = Ketinggian lantai tingkat ke i

n = Nomor lantai tingkat paling atas

Tabel 4.4 Gaya geser statik ekuivalen per lantai

Tingkat Lantai	zx (m)	Wx (kN)	Wx.zx (kN.m)	F (kN)
Tingkat ke 3	10,8	1.056,829	11.413,753	238,411
Tingkat ke 2	7,2	3.652,910	26.300,952	550,262
Tingkat ke 1	3,6	3.652,910	13.150,476	275,664
Σ		8.362,649	50.865,181	1.064,337

7. Hasil Analisa Struktur

Berdasarkan hasil analisa struktur yang telah dilakukan menggunakan bantuan software ETABS v.9.7.2, didapatkan besaran gaya-gaya dalam (momen, aksial dan geser) yang berbeda-beda sesuai dengan kombinasi pembebanan. Gaya dalam terbesar hasil analisa software ETABS v.9.7.2 selanjutnya akan dijadikan sebagai gaya dalam untuk pengecekan elemen-elemen struktur yang bekerja pada balok, kolom berikut sambungan elemen-elemen struktur, sedangkan untuk reaksi perletakan dari struktur akan dijadikan sebagai acuan untuk menentukan jenis dan ukuran pondasi.

Selain memperhitungkan gaya dalam hasil dari gaya luar yang bekerja pada gedung, hasil analisa struktur juga adalah untuk mengetahui kinerja struktur gedung, yaitu kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit. Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002, kinerja batas layan gedung menurut Pasal 8.1.2, simpangan antar tingkat tidak boleh melampaui 0,03 / R kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm bergantung yang mana merupakan nilai yang terkecil. Untuk kinerja batas ultimit menurut Pasal 8.2.2, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan gedung menurut Pasal 8.2.1 tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

a. Perhitungan Biaya Pekerjaan Elemen-elemen Struktur Primer

Pada tahapan ini, akan dilakukan perhitungan biaya pekerjaan struktur. Tahapan ini merupakan tahapan akhir dari Laporan Tugas Akhir. Biaya pekerjaan struktur dihitung berdasarkan analisa harga satuan Standar Nasional Indonesia (SNI). Perhitungan biaya pekerjaan struktur disajikan

dalam Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk struktur eksisting dan juga struktur baru, sedangkan untuk analisa harga satuan. Perhitungan biaya struktur dilakukan secara terpisah. Berikut ini adalah hasil perhitungan biaya pekerjaan struktur primer eksisting.

Tabel 4.5. Rekapitulasi biaya pekerjaan struktur primer eksisting

REKAPITULASI BIAYA PEKERJAAN STRUKTUR PRIMER EKSTING	
No	Uraian Pekerjaan
1	Pekerjaan Persiapan
2	Pekerjaan Pondasi
3	Pekerjaan Balok Induk
4	Pekerjaan Balok Anak
5	Pekerjaan Kolom
6	Pekerjaan Pelat
7	Pekerjaan Sloof
8	Pekerjaan Ring Balok
9	Pekerjaan Pondasi
10	Pekerjaan Pondasi
11	Pekerjaan Pondasi
12	Pekerjaan Pondasi
13	Pekerjaan Pondasi
14	Pekerjaan Pondasi
15	Pekerjaan Pondasi
16	Pekerjaan Pondasi
17	Pekerjaan Pondasi
18	Pekerjaan Pondasi
19	Pekerjaan Pondasi
20	Pekerjaan Pondasi
21	Pekerjaan Pondasi
22	Pekerjaan Pondasi
23	Pekerjaan Pondasi
24	Pekerjaan Pondasi
25	Pekerjaan Pondasi
26	Pekerjaan Pondasi
27	Pekerjaan Pondasi
28	Pekerjaan Pondasi
29	Pekerjaan Pondasi
30	Pekerjaan Pondasi
31	Pekerjaan Pondasi
32	Pekerjaan Pondasi
33	Pekerjaan Pondasi
34	Pekerjaan Pondasi
35	Pekerjaan Pondasi
36	Pekerjaan Pondasi
37	Pekerjaan Pondasi
38	Pekerjaan Pondasi
39	Pekerjaan Pondasi
40	Pekerjaan Pondasi
41	Pekerjaan Pondasi
42	Pekerjaan Pondasi
43	Pekerjaan Pondasi
44	Pekerjaan Pondasi
45	Pekerjaan Pondasi
46	Pekerjaan Pondasi
47	Pekerjaan Pondasi
48	Pekerjaan Pondasi
49	Pekerjaan Pondasi
50	Pekerjaan Pondasi
51	Pekerjaan Pondasi
52	Pekerjaan Pondasi
53	Pekerjaan Pondasi
54	Pekerjaan Pondasi
55	Pekerjaan Pondasi
56	Pekerjaan Pondasi
57	Pekerjaan Pondasi
58	Pekerjaan Pondasi
59	Pekerjaan Pondasi
60	Pekerjaan Pondasi
61	Pekerjaan Pondasi
62	Pekerjaan Pondasi
63	Pekerjaan Pondasi
64	Pekerjaan Pondasi
65	Pekerjaan Pondasi
66	Pekerjaan Pondasi
67	Pekerjaan Pondasi
68	Pekerjaan Pondasi
69	Pekerjaan Pondasi
70	Pekerjaan Pondasi
71	Pekerjaan Pondasi
72	Pekerjaan Pondasi
73	Pekerjaan Pondasi
74	Pekerjaan Pondasi
75	Pekerjaan Pondasi
76	Pekerjaan Pondasi
77	Pekerjaan Pondasi
78	Pekerjaan Pondasi
79	Pekerjaan Pondasi
80	Pekerjaan Pondasi
81	Pekerjaan Pondasi
82	Pekerjaan Pondasi
83	Pekerjaan Pondasi
84	Pekerjaan Pondasi
85	Pekerjaan Pondasi
86	Pekerjaan Pondasi
87	Pekerjaan Pondasi
88	Pekerjaan Pondasi
89	Pekerjaan Pondasi
90	Pekerjaan Pondasi
91	Pekerjaan Pondasi
92	Pekerjaan Pondasi
93	Pekerjaan Pondasi
94	Pekerjaan Pondasi
95	Pekerjaan Pondasi
96	Pekerjaan Pondasi
97	Pekerjaan Pondasi
98	Pekerjaan Pondasi
99	Pekerjaan Pondasi
100	Pekerjaan Pondasi

Perhitungan biaya elemen-elemen struktur primer yang baru dilakukan berdasarkan hasil desain struktur yang telah dilakukan. Berikut ini adalah hasil perhitungan biaya pekerjaan struktur primer baru :

Tabel 4.6 Rekapitulasi biaya pekerjaan struktur primer baru

REKAPITULASI BIAYA PEKERJAAN STRUKTUR PRIMER BARU	
No	Uraian Pekerjaan
1	Pekerjaan Persiapan
2	Pekerjaan Pondasi
3	Pekerjaan Balok Induk
4	Pekerjaan Balok Anak
5	Pekerjaan Kolom
6	Pekerjaan Pelat
7	Pekerjaan Sloof
8	Pekerjaan Ring Balok
9	Pekerjaan Pondasi
10	Pekerjaan Pondasi
11	Pekerjaan Pondasi
12	Pekerjaan Pondasi
13	Pekerjaan Pondasi
14	Pekerjaan Pondasi
15	Pekerjaan Pondasi
16	Pekerjaan Pondasi
17	Pekerjaan Pondasi
18	Pekerjaan Pondasi
19	Pekerjaan Pondasi
20	Pekerjaan Pondasi
21	Pekerjaan Pondasi
22	Pekerjaan Pondasi
23	Pekerjaan Pondasi
24	Pekerjaan Pondasi
25	Pekerjaan Pondasi
26	Pekerjaan Pondasi
27	Pekerjaan Pondasi
28	Pekerjaan Pondasi
29	Pekerjaan Pondasi
30	Pekerjaan Pondasi
31	Pekerjaan Pondasi
32	Pekerjaan Pondasi
33	Pekerjaan Pondasi
34	Pekerjaan Pondasi
35	Pekerjaan Pondasi
36	Pekerjaan Pondasi
37	Pekerjaan Pondasi
38	Pekerjaan Pondasi
39	Pekerjaan Pondasi
40	Pekerjaan Pondasi
41	Pekerjaan Pondasi
42	Pekerjaan Pondasi
43	Pekerjaan Pondasi
44	Pekerjaan Pondasi
45	Pekerjaan Pondasi
46	Pekerjaan Pondasi
47	Pekerjaan Pondasi
48	Pekerjaan Pondasi
49	Pekerjaan Pondasi
50	Pekerjaan Pondasi
51	Pekerjaan Pondasi
52	Pekerjaan Pondasi
53	Pekerjaan Pondasi
54	Pekerjaan Pondasi
55	Pekerjaan Pondasi
56	Pekerjaan Pondasi
57	Pekerjaan Pondasi
58	Pekerjaan Pondasi
59	Pekerjaan Pondasi
60	Pekerjaan Pondasi
61	Pekerjaan Pondasi
62	Pekerjaan Pondasi
63	Pekerjaan Pondasi
64	Pekerjaan Pondasi
65	Pekerjaan Pondasi
66	Pekerjaan Pondasi
67	Pekerjaan Pondasi
68	Pekerjaan Pondasi
69	Pekerjaan Pondasi
70	Pekerjaan Pondasi
71	Pekerjaan Pondasi
72	Pekerjaan Pondasi
73	Pekerjaan Pondasi
74	Pekerjaan Pondasi
75	Pekerjaan Pondasi
76	Pekerjaan Pondasi
77	Pekerjaan Pondasi
78	Pekerjaan Pondasi
79	Pekerjaan Pondasi
80	Pekerjaan Pondasi
81	Pekerjaan Pondasi
82	Pekerjaan Pondasi
83	Pekerjaan Pondasi
84	Pekerjaan Pondasi
85	Pekerjaan Pondasi
86	Pekerjaan Pondasi
87	Pekerjaan Pondasi
88	Pekerjaan Pondasi
89	Pekerjaan Pondasi
90	Pekerjaan Pondasi
91	Pekerjaan Pondasi
92	Pekerjaan Pondasi
93	Pekerjaan Pondasi
94	Pekerjaan Pondasi
95	Pekerjaan Pondasi
96	Pekerjaan Pondasi
97	Pekerjaan Pondasi
98	Pekerjaan Pondasi
99	Pekerjaan Pondasi
100	Pekerjaan Pondasi

5. KESIMPULAN

a. Resume Design

Berdasarkan hasil perencanaan struktur baja komposit yang telah dilakukan, didapatkan dimensi profil baja pengganti dimensi elemen-elemen struktur beton dari desain eksisting. Berikut ini merupakan hasil desain konstruksi Gedung Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Holtikultura Kabupaten Cianjur dengan menggunakan konstruksi beton dan konstruksi baja komposit :

Tabel 5.1 Resume desain eksisting dan desain baru

Elemen struktur	Hasil desain eksisting(Konstruksi beton bertulang)	Hasil desain baru (Konstruksi baja komposit)
Balok induk	Uk. 20 x 45 cm ² , 9D16 ; Ø8 – 100 & 150	WF300.150.6,5.9, Shear connector Ø19 – 350
Balok anak	Uk. 20 x 35 cm ² , 9D16 ; Ø8 – 100 & 150	WF 200.100.5,5.8, Shear connector Ø19 – 600
Kolom	Uk. 40 x 40 cm ² , 8D16 ; Ø8 – 100	Uk. 40 x 40 cm ² , WF200.200.12.12, 4D16 ; Ø8 – 250
Pelat	Tebal 12 cm, Ø8 – 150, rangkap	Bondek tebal 0,75 mm; WM 8 – 150
Sloof	Uk. 20 x 30 cm ² , 4D16 ; Ø8 – 100 & 150	Uk. 20 x 30 cm ² , 4D16 ; Ø8 – 100 & 150
Ring balok	Uk. 20 x 30 cm ² , 4D 16 : Ø8 – 100 & 150	WF 200.100.5,5.8 (interior), WF 250.125.5.8 (eksterior)
Pondasi	Uk. 200 x 200 x 35 cm ³ D16 – 200, arah x dan y	Uk. 200 x 200 x 35 cm ³ D16 – 180, arah x dan y

Berikut ini merupakan hasil perhitungan sambungan elemen-elemen struktur baja :

- Sambungan balok anak ke balok induk :

Gambar 5.1 Detail sambungan balok anak ke balok induk

- Sambungan balok induk ke kolom :

Gambar 5.2 Detail sambungan balok-kolom
Sambungan kolom ke pedestal

Gambar 5.3 Detail melintang *base plate*

b. Resume Biaya

Berikut ini merupakan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pekerjaan elemen-elemen struktur primer untuk desain eksisting menggunakan beton bertulang dan desain baru menggunakan baja komposit.

Tabel 5.2 Resume biaya pekerjaan elemen-elemen struktur keseluruhan gedung

Elemen struktur	Konstruksi beton bertulang (Rp.)	Konstruksi baja komposit (Rp.)
Pondasi	86,976,888.00	91,131,336.00
Sloof	64,399,466.40	64,399,466.40
Pedestal	-	41,812,995.46
Kolom	185,655,862.46	425,022,074.10
Balok induk	156,974,305.04	364,491,041.20

Balok anak	76,110,044.58	93,397,017.46
Pelat	363,061,939.34	267,065,966.96
Ring balok	64,399,466.40	115,006,595.00

Berdasarkan hasil perencanaan struktur bangunan Gedung Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Holtikultura Kabupaten Cianjur yang baru, dengan menggunakan struktur baja komposit diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Pondasi foot plat yang baru memiliki dimensi yang sama dengan desain eksisting, namun tulangan yang digunakan berbeda. Tulangan hasil desain pondasi eksisting menggunakan tulangan D16 – 200 dan tulangan hasil desain pondasi baru menggunakan tulangan D16 – 180. Biaya pekerjaan seluruh pondasi foot plat hasil desain baru adalah Rp. 91,131,336.00, sedangkan untuk hasil desain eksisting adalah Rp. 86,976,888.00. Biaya pekerjaan pondasi hasil desain baru lebih mahal dikarenakan jarak tulangan hasil desain lebih rapat dibandingkan desain eksisting.
- Sloof yang digunakan pada desain struktur yang baru memiliki dimensi dan penulangan yang sama dengan desain eksisting. Ukuran sloof yang digunakan adalah ukuran 200 x 300 mm² dan tulangan yang digunakan adalah 4 D16 untuk tulangan utamanya dan tulangan sengkang Ø8 – 100 untuk daerah tumpuan, sedangkan untuk daerah lapangan digunakan tulangan Ø8 – 150. Biaya pekerjaan sloof untuk keseluruhan gedung untuk desain struktur baru dan eksisting adalah Rp. 64,399,466.40.
- Pada desain yang baru, digunakan pedestal sebagai penghubung antara pondasi foot plat dengan kolom komposit. Untuk desain eksisting tidak digunakan pedestal, karena kolom yang digunakan merupakan kolom beton typical dari pangkal kolom (ujung foot plat) hingga ke ujung kolom. Tulangan yang digunakan untuk pedestal adalah 12 D16 untuk tulangan utama dan Ø8 – 100 untuk tulangan sengkang. Biaya pekerjaan pedestal untuk keseluruhan gedung adalah sebesar Rp. 41,812,995.46.
- Kolom komposit yang digunakan memiliki dimensi kotor yang sama dengan dimensi kolom eksisting, yaitu 400 x 400 mm². Kolom baja yang digunakan adalah WF 200.200.12.12, dengan tulangan utama 4 D16 dan sengkang Ø8 – 250. Kolom eksisting

yang digunakan menggunakan tulangan 8 D16, dengan tulangan sengkang Ø8 – 100. Biaya pekerjaan kolom komposit untuk keseluruhan gedung lebih mahal dibandingkan biaya pekerjaan kolom menggunakan struktur beton bertulang. Harga pekerjaan kolom komposit untuk keseluruhan gedung adalah Rp. 425,022,074.10, sedangkan untuk kolom beton bertulang adalah Rp. 185,655,862.46.

- e. Balok induk yang digunakan berdasarkan hasil desain struktur yang baru adalah WF 300.150.6,5.9, dengan menggunakan shear connector Ø19 – 350. Dimensi balok induk hasil desain struktur eksisting adalah 200 x 450 mm², dengan tulangan utama 9 D16, sengkang Ø8 – 100 untuk daerah tumpuan dan Ø8 – 150 untuk daerah lapangan. Biaya pekerjaan balok induk yang baru untuk keseluruhan gedung adalah Rp. 364,491,041.20, biaya ini jauh lebih mahal dibandingkan desain struktur eksisting sebesar Rp. 156,974,305.04.
- f. Balok anak yang digunakan berdasarkan hasil desain struktur yang baru adalah WF 200.100.5,5.8, dengan menggunakan shear connector Ø19 – 600. Dimensi balok induk hasil desain struktur eksisting adalah 200 x 350 mm², dengan tulangan utama 9 D16, sengkang Ø8 – 100 untuk daerah tumpuan dan Ø8 – 150 untuk daerah lapangan. Biaya pekerjaan balok anak yang baru untuk keseluruhan gedung adalah Rp. 93,397,017.46, biaya ini lebih mahal dibandingkan desain struktur eksisting sebesar Rp. 76,110,044.58.
- g. Pelat lantai hasil desain struktur baru menggunakan bondek dengan ketebalan 0,75 mm dan tebal kotor pelat 120 mm, dengan tulangan wire mesh M 8 – 150. Pelat desain struktur eksisting menggunakan beton konvensional dengan tebal 120 mm dan tulangan rangkap Ø8 – 150. Biaya pekerjaan pelat berdasarkan hasil desain struktur baru lebih murah dibandingkan hasil desain struktur eksisting, yaitu sebesar Rp. 267,065,966.96 dan Rp. 363,061,939.34 untuk desain pelat eksisting.
- h. Ring balok yang digunakan berdasarkan hasil desain struktur baru digunakan WF 250.125.5.8, untuk balok eksterior yang memikul beban kuda-kuda dan WF 200.100.5,5.8 untuk balok interior. Pada desain struktur eksisting digunakan ring balok

beton dengan dimensi 200 x 300 mm², tulangan utama 4 D16, sedangkan untuk tulangan sengkang digunakan Ø8 – 100 untuk daerah tumpuan dan Ø8 – 150 untuk daerah lapangan. Biaya pekerjaan ring balok yang baru untuk keseluruhan gedung adalah Rp. 115,006,595.00, biaya ini jauh lebih mahal dibandingkan desain struktur eksisting sebesar Rp. 64,399,466.40.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 2002.
- Anonim, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 2002.
- Das, Braja, *Principles of Foundation Engineering*, Cengage Learning, USA, 2011.
- Doris Antoni dan Adhika Setyo N, *Laporan Tugas Akhir Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Salemba Residences*, ITB, Bandung, 2007.
- Griffis, Lawrence G, *Load and Resistance Factor Design of W-Shape Encased in Concrete*, American Institute of Steel Construction, Chicago, U.S.A, 1992.
- Gunawan, Rudi, *Tabel Profil Konstruksi Baja*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta, 1987.
- Imran, Iswandi, *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*, Penerbit ITB, Bandung, 2010.
- Indraharja, Ferry, *Modifikasi Perencanaan Struktur Baja Komposit Pada Gedung Perpustakaan Universitas Negeri Jember*, ITS, Surabaya, 2011.
- Mc. Cormac, Jack C, *Structural Steel Design LRFD Method Second Edition*, Harper Collins College Publisher, New York, 1995.
- Nakazawa, Kazuto, *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2000.
- Oentoeng, *Konstruksi Baja*, Penerbit ANDI Yogyakarta, Yogyakarta, 2000.
- R. Amon, B. Knobloch dan A. Mazumder, *Perencanaan Konstruksi Baja Untuk Insinyur dan Arsitek*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1998.

Segui, William T, *Steel Design Fourth Edition*, Thomson, Canada, 2007.

Taranath, Bungale S, *Structural Analysis and Design of Tall Buildings for Steel and Composite Construction*, CRC Press, Las Vegas, U.S.A, 2012.

URL: <http://mnoerilham.blogspot.com>, 25 Pebruari 2019