

Modifikasi Perencanaan Gedung RSUD Koja Jakarta Menggunakan Struktur Komposit Baja-Beton dengan *Base Isolator : High Damping Rubber Bearing*

Aziiz Dwi Wicaksono dan Endah Wahyuni

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: endah@ce.its.ac.id

Abstrak—Struktur komposit baja-beton saat ini telah banyak digunakan dalam pembangunan konstruksi sipil. Hal ini dikarenakan struktur komposit baja-beton memiliki keunggulan dibanding dengan struktur beton bertulang biasa, diantaranya yaitu, penghematan berat baja, mengurangi penampang balok baja, meningkatkan kekuatan pelat lantai, meningkatkan kapasitas pemikul beban, menambah bentang pada bentang tertentu. Penggunaan teknologi Base Isolator sebagai peredam gempa juga dinilai sangat penting bagi konstruksi bangunan gedung karena mengurangi gaya gempa yang diterima oleh struktur. Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Koja Jakarta pada kondisi sebenarnya dibangun menggunakan struktur beton bertulang biasa dan memiliki 16 lantai. Dalam studi ini, gedung tersebut akan dimodifikasi menggunakan struktur komposit baja-beton dengan Base Isolator : High Damping Rubber Bearing (HDRB) yang pembebanannya mengacu SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983. Perencanaan yang dilakukan meliputi perencanaan struktur sekunder, struktur primer, base isolator, sambungan, dan pondasi. Dari analisa dan perhitungan diperoleh hasil, yaitu: tebal pelat atap 9 cm, pelat lantai 9 cm, dimensi balok anak terbesar WF400x200x8x13, dimensi balok induk 500x200x11x19, dimensi kolom terbesar K700x300x13x24 terselubung beton 850x850, base isolator HDRB dengan diameter rubber 750 mm, pondasi menggunakan tiang pancang spun pile diameter 60 cm dengan kedalaman 26 meter. Perhitungan tersebut memenuhi persyaratan keamanan struktur berdasarkan SNI 1726:2012, SNI 1729:2015, SNI 03-1729-2002, dan SNI 2847:2013.

Kata Kunci—Struktur Komposit Baja-Beton, Rumah Sakit, Base Isolator, High Damping Rubber Bearing.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jakarta terletak pada lempeng tektonik Eurasia. Di Selatan-Barat Daya Jakarta terdapat patahan tempat pertemuan lempeng Eurasia dengan lempeng Indo-Australia yang menghujam dan bergerak dengan kecepatan ± 60 mm per tahun. Patahan Sumatera dan patahan Jawa inilah yang merupakan sumber gempa terbesar yang dapat mempunyai dampak terhadap Jakarta [1]. Klasifikasi tanah Jakarta pada umumnya dapat dikelompokkan ke dalam kelas lokasi SD (tanah sedang) dan SE (tanah lunak) [2], dan gempa yang terjadi di Jakarta secara umum merupakan gempa kiriman dari daerah lain, misal Sumatera. Sehingga Jakarta tergolong wilayah gempa sedang. Tergolong dalam wilayah gempa sedang, bukan berarti Jakarta sudah “aman” terhadap gempa. Berdasarkan indeks penduduk terpapar (jiwa/km²) di Propinsi DKI Jakarta, gempa tergolong parameter yang tinggi. Berarti gempa yang terjadi sangat berdampak pada

penduduk Propinsi DKI Jakarta, kerugian yang ditimbulkan akibat gempa pun juga tergolong tinggi dalam indeks kerugian (dalam rupiah) bencana di DKI Jakarta.

Sebagai objek studi, dipilih gedung Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Koja yang berlokasi di Jakarta. Gedung ini memiliki 16 lantai dan dibangun menggunakan beton bertulang biasa. Dengan memperhatikan kemungkinan penambahan kapasitas ruang pelayanan di kemudian hari, maka diperlukan modifikasi bangunan menggunakan struktur komposit baja-beton. Struktur komposit baja-beton merupakan gabungan beton dengan baja profil, dimana pada beton bertulang gaya-gaya tarik dipikul oleh besi tulangan [3]. Tapi pada komposit baja-beton ini gaya-gaya tarik langsung dipikul oleh profil baja. Dengan demikian, struktur komposit baja-beton memiliki kapasitas pemikul beban lebih besar daripada struktur beton bertulang maupun struktur baja biasa [4].

Gedung RSUD Koja yang berfungsi sebagai rumah sakit tergolong bangunan dengan fungsi keutamaan tinggi, sehingga perlu didesain tahan terhadap gempa. Seiring dengan perkembangan teknologi, salah satu metode yang dapat meredam energi gempa adalah dengan *base isolator*. Konsep dari *base isolator* sendiri adalah berusaha “memisahkan” bangunan dari gerakan horisontal pondasi dengan memasang peralatan *isolator* diantara kolom dan pondasi. *Base isolator* mempunyai sifat yang fleksibel terhadap gaya horisontal, tapi mampu menahan berat bangunan dengan baik. Hal itu dikarenakan kombinasi antara material karet dan pelat baja yang tersusun. Dengan sifat fleksibel tersebut, saat gaya gempa menggeser pondasi, *base isolator* melakukan simpangan horisontal bolak-balik dari tanah sehingga gaya tersebut hanya sebagian kecil yang diterima ke struktur bangunan [5]. Secara umum *base isolator* terdiri dari beberapa jenis, yaitu: (1) *Laminated Rubber (Elastomeric) Bearing*, (2) *Lead Rubber Bearing (LBR)*, (3) *High Damping Rubber Bearing (HDRB)*, (4) *Friction Pendulum System (FPS)* [6].

B. Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, tangga, ramp, dan lift?
2. Bagaimana merencanakan struktur primer gedung menggunakan komposit baja-beton dengan peraturan yang berlaku?
3. Bagaimana merencanakan *Base Isolator : High Damping Rubber Bearing (HDRB)*?

4. Bagaimana merencanakan pondasi sesuai dengan beban yang dipikul struktur?
5. Bagaimana menjelaskan hasil akhir perencanaan modifikasi dalam bentuk gambar teknik?

C. Batasan Masalah

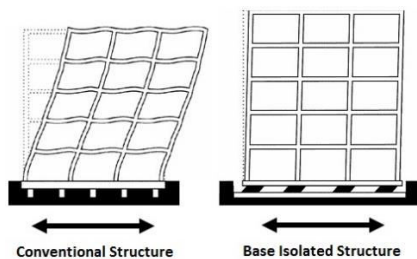
Batasan masalah dalam penulisan studi ini adalah sebagai berikut:

1. *Base Isolator* menggunakan tipe *High Damping Rubber Bearing (HDRB)*.
2. Analisa struktur menggunakan program SAP 2000.
3. Tidak membuat metode pelaksanaan di lapangan, arsitektural, manajemen konstruksi, dan perhitungan analisa biaya.
4. Perencanaan tidak meliputi instalasi *mechanical electrical*, dan sanitasi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Base Isolator Elastomeric Rubber Bearing*

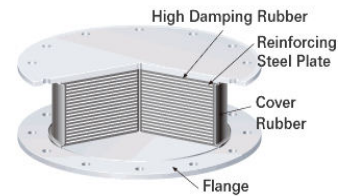
Base isolator merupakan sebuah bantalan karet berkekuatan tinggi yang dipasang antara pondasi dan bangunan. Sistem ini bekerja dengan menjaga struktur di atasnya sebagai satu kesatuan. Pada saat terjadi gempa, masing-masing struktur bangunan akan bergetar akibat dari pergerakan tanah yang mempengaruhi pondasi bangunan. Karena pergerakan tanah yang terjadi bersifat acak maka getaran yang memasuki struktur juga tidak selaras, hal ini menyebabkan bangunan yang bersifat kaku mudah runtuh.



Gambar 1. Perbandingan Perilaku Gedung Menggunakan *Base Isolator* dan *Fixed Base*.

Pada bangunan yang menggunakan base isolator, getaran yang terjadi pada pondasi akan melewati bantalan karet terlebih dahulu sebelum memasuki sistem struktur. Karena karet bersifat elastis maka arah getaran yang terjadi secara acak hanya akan mempengaruhi base isolator, sedangkan struktur di atasnya akan bergetar atau bergerak sebagai satu kesatuan struktur [7]. Perbandingan antara bangunan konvensional dengan bangunan yang menggunakan base isolator dapat dilihat pada Gambar 1.

High damping rubber bearing (Gambar 2) merupakan bahan anti seismik yang dikembangkan dari karet alam yang mempunyai kekakuan horizontal yang relatif kecil dan dicampur dengan *extra fine carbon black*, *oil* atau *resin*, serta bahan isian lainnya sehingga meningkatkan damping antara 10% - 20%.

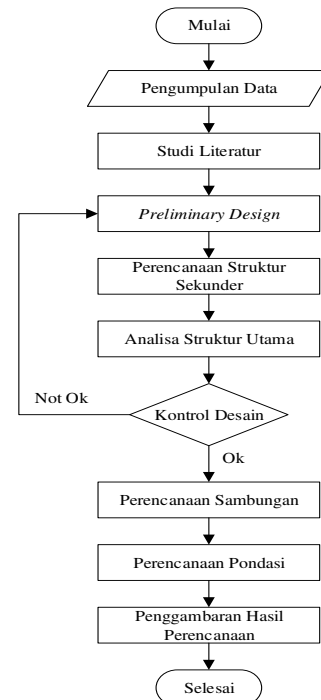


Gambar 2. *High Damping Rubber Bearing*.

III. METODOLOGI

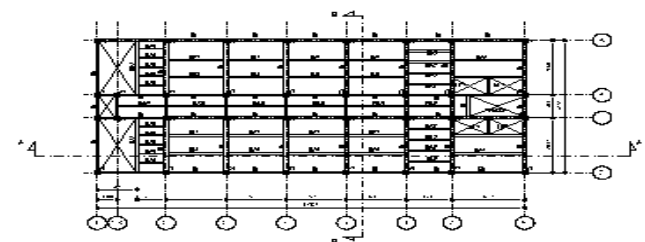
A. *Bagan Alir Penyelesaian studi*

Berikut adalah langkah-langkah dalam mengerjakan studi ini yang digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penulisan studi.

B. *Data Perencanaan*



Gambar 4. Denah Pembalokan.

Data modifikasi perencanaan studi ini adalah sebagai berikut:

- Nama gedung = RSUD Koja Jakarta
- Lokasi = Jl. Deli no. 4, Jakarta Utara
- Fungsi = Rumah Sakit
- Jumlah Lantai = 16 Lantai
- Struktur menggunakan komposit baja-beton (kolom profil *king cross* terselubung beton dan balok komposit menggunakan *steel deck*) dengan *base isolator* tipe *High Damping Rubber Bearing (HDRB)*
- Mutu baja BJ 41 dan $f'c$ 30 MPa
- Sistem penahan lateral adalah SRPMK

IV. ANALISA DAN HASIL

A. Perhitungan Struktur Sekunder

Perhitungan struktur sekunder meliputi pelat, balok anak, balok lift, tangga, dan ramp [8][9][10][11][12], dan [13].

1) Pelat

Perencanaan pelat lantai dan atap pada studi ini menggunakan *steel deck* dari “Super Floor Deck” dengan tebal 0,75 mm. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi dan Penulangan Pelat

Jenis Pelat	Bentang (m)	Tebal Pelat (cm)	Tulangan Negatif
Atap	2,67	9	Ø10-200
Lantai	2,67	9	Ø10-160

2) Balok Anak

Balok anak pada studi ini menggunakan profil WF dengan mutu baja BJ 41. Hasil perhitungan balok anak atap dan lantai dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Dimensi Balok Anak

Nama Balok	Panjang (m)	Dimensi Balok
BA1	6	WF 350x175x6x9
BA2	4,575 & 4,875	WF 200x150x6x9
BA3	6	WF 250x175x7x11
BA4	7,275 & 8	WF 350x175x7x11
BA5	6	WF 250x175x7x11
BA6	4,575	WF 200x150x6x9
BA7	6	WF 250x125x6x9
BA8	7,275 & 6,875	WF 350x175x6x9
BA9	2,875	WF 125x60x6x8

3) Balok Lift

Pada studi ini, spesifikasi lift menggunakan produk *sigma elevator company* dengan kapasitas 15 orang (1000 kg). Didapatkan balok penggantung lift menggunakan profil WF 300x150x5,5x8.

4) Tangga

Berikut data teknis tangga yang digunakan dalam studi ini:

- Tinggi antar lantai = 4 m
- Tinggi injakan = 15,3 cm
- Jumlah tanjakan = 13
- Lebar bordes = 1,6 m
- Panjang tangga = 3,9 m
- Kemiringan tangga = 27,15°
- Tinggi bordes = 2 m
- Lebar injakan = 30 cm
- Jumlah injakan = 12
- Panjang bordes = 3,3 m
- Lebar tangga = 1,55 m

Hasil perhitungan perencanaan tangga dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Perencanaan Tangga

Elemen	Keterangan
Pelat anak tangga	Baja tebal = 4 mm
Pelat bordes	Baja tebal = 5 mm
Penyangga pelat injak	L 50x50x9
Balok bordes tangga	WF 100x50x5x7
Balok utama tangga	WF 250x125x5x8
Balok penumpu tangga	WF 250x125x5x8

5) Ramp

Berikut data teknis ramp yang digunakan dalam studi ini:

- Tinggi antar lantai = 4 m
- Tinggi bordes = 1 m
- Lebar bordes = 2 m
- Panjang bordes = 4 m
- Panjang ramp = 6 m
- Lebar ramp = 1,9 m
- Kemiringan ramp = 9,46°

Hasil perhitungan perencanaan ramp dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Perencanaan Ramp

Elemen	Keterangan
Pelat lantai	Tebal = 9 cm
Pelat bordes	Tebal = 9 cm
Balok bordes ramp	WF 100x50x5x7
Balok utama ramp	WF 350x175x6x9
Balok penumpu ramp	WF 350x175x6x9

B. Analisa Struktur Fixed Base

Hasil dari analisa *fixed base* ini adalah nilai gaya aksial kolom terbesar yang akan digunakan untuk perencanaan dimensi *base isolator* dan sudah memenuhi kontrol sesuai dengan persyaratan [9].

1) Kontrol Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Simpangan antar lantai (Δ) dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Kontrol simpangan arah X dapat dilihat pada Tabel 5 dan kontrol simpangan arah Y dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Kontrol Simpangan X Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X Struktur *Fixed Base*

Keterangan	hi mm	δ_{xe} mm	δ_x mm	$\Delta = \delta_{xa} - \delta_{xb}$ mm	Δ_a mm	Δ_a/ρ mm	$\Delta \leq \Delta/\rho$
Atap	4000	145.37	533.01	9.75	60	60	OK!
Lantai 16	4000	142.71	523.26	14.14	60	60	OK!
Lantai 15	4000	138.85	509.12	19.03	60	60	OK!
Lantai 14	4000	133.66	490.09	23.86	60	60	OK!
Lantai 13	4000	127.15	466.22	28.71	60	60	OK!
Lantai 12	4000	119.32	437.52	31.54	60	60	OK!
Lantai 11	4000	110.72	405.98	34.98	60	60	OK!
Lantai 10	4000	101.18	371.00	38.46	60	60	OK!
Lantai 9	4000	90.69	332.54	41.81	60	60	OK!
Lantai 8	4000	79.29	290.73	45.00	60	60	OK!
Lantai 7	4000	67.02	245.73	45.96	60	60	OK!
Lantai 6	4000	54.48	199.77	47.15	60	60	OK!
Lantai 5	4000	41.63	152.63	47.12	60	60	OK!
Lantai 4	4000	28.78	105.51	44.63	60	60	OK!
Lantai 3	4000	16.60	60.88	37.57	60	60	OK!
Lantai 2	5000	6.36	23.31	23.31	75	75	OK!
Lantai 1 (Dasar)	0	0.00	0.00	0.00	0	0	-

Tabel 6. Kontrol Simpangan Y Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y Struktur *Fixed Base*

Keterangan	hi mm	δ_{ye} mm	δ_y mm	$\Delta = \delta_{ya} - \delta_{yb}$ mm	Δ_a mm	Δ_a/ρ mm	$\Delta \leq \Delta/\rho$
Atap	4000	162.28	595.01	16.61	60	60	OK!
Lantai 16	4000	157.75	578.40	21.14	60	60	OK!
Lantai 15	4000	151.98	557.26	25.91	60	60	OK!
Lantai 14	4000	144.92	531.36	30.46	60	60	OK!
Lantai 13	4000	136.61	500.90	34.87	60	60	OK!
Lantai 12	4000	127.10	466.03	37.27	60	60	OK!
Lantai 11	4000	116.93	428.75	40.15	60	60	OK!
Lantai 10	4000	105.98	388.61	43.02	60	60	OK!

Lantai 9	4000	94.25	345.59	45.74	60	60	OK!
Lantai 8	4000	81.78	299.85	48.23	60	60	OK!
Lantai 7	4000	68.62	251.62	48.71	60	60	OK!
Lantai 6	4000	55.34	202.91	49.29	60	60	OK!
Lantai 5	4000	41.90	153.62	48.52	60	60	OK!
Lantai 4	4000	28.67	105.11	45.20	60	60	OK!
Lantai 3	4000	16.34	59.91	37.33	60	60	OK!
Lantai 2	5000	6.16	22.58	22.58	75	75	OK!
Lantai 1 (Dasar)	0	0.00	0.00	0.00	0	0	-

$$V_s = \frac{K_{Dmax} \times D_D}{R}$$

Didapatkan nilai $V_s = 465255$ kg. Gaya gempa dinamis $\geq 0,8V_s = 372204,01$ kg. Dari hasil SAP2000, didapatkan gaya gempa dinamis seperti Tabel 7.

Tabel 7.
Gaya Gempa Dinamis Struktur Isolasi

Arah Gempa	Beban Gempa (kg)	Keterangan (Vt $\geq 0,8V_s$)
Arah X	572517,7	OK
Arah Y	542409,11	OK

Dari hasil tabel diatas maka analisa pemodelan struktur memenuhi persyaratan.

2) Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Pada studi ini didapatkan nilai periode getar alami fundamental ijin adalah 2,858 detik. Periode struktur dari software SAP2000 didapatkan sebesar 2,208 detik < 2,858 detik, sehingga memenuhi syarat.

C. Analisa Struktur Isolasi

Pada Struktur Isolasi diwajibkan memiliki ruang pemeriksaan dan penggantian *base isolator* [9]. Pada studi ini tinggi ruang pemeriksaan direncanakan 2,5 m.

Nilai $T_M \leq 3$ detik dan nilai $T_D \geq 3 \times T_{fixedbase}$ [9]. Hasil dari SAP2000, didapat $T = 3,33$ detik ≥ 3 detik sehingga $T_M = 3$ detik, sedangkan nilai $T_D = 3 \times 2,208 = 6,62$ detik.

Nilai R (faktor reduksi gempa) = 2, untuk faktor keutamaan gempa = 1. *Damping ratio* = 0,24, nilai koefisien redaman B_D atau B_M adalah 1,58 (interpolasi) [9].

1) Dimensi HDRB

Pada analisa struktur *fixed base*, didapatkan gaya aksial kolom terbesar (w) = 8058350 N. Direncanakan spesifikasi HDRB menggunakan brosur *bridgestone*. Berikut adalah tahapan perhitungan dimensi HDRB [14]:

- Mencari kekakuan horisontal (K_H)

$$K_H = \frac{w \times \left(\frac{2\pi}{T_D}\right)}{P_{jg.bentang}} = \frac{8058350 \times \left(\frac{2\pi}{6,62}\right)}{6000} = 1209,07 \text{ N/mm}$$

- Luasan HDRB

$$A = \frac{K_H \times tr}{G} = \frac{1209,07 \times 200}{0,62} = 390022,18 \text{ mm}^2$$

$$D = 704,55 \text{ mm, pakai } 750 \text{ mm}$$

2) Kontrol Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Simpangan antar lantai maksimum dari struktur di atas sistem isolasi yang dihitung dengan analisis spektrum respon tidak boleh melebihi $0,015_{hx}$ dan faktor Cd dari struktur dengan isolasi sama dengan faktor R [9]. Kontrol simpangan arah X dapat dilihat pada Tabel 8 dan kontrol simpangan arah Y dapat dilihat pada Tabel 9.

3) Kontrol Perpindahan Base Isolator

Perpindahan maksimum *base isolator* (D'_M) = 307 mm. Untuk gempa arah X, perpindahan *base isolator* = 241,08 mm ≤ 307 mm (OK!) sedangkan untuk gempa arah Y, perpindahan *base isolator* = 219,41 mm ≤ 307 mm (OK!). Jadi perpindahan maksimum *base isolator* memenuhi persyaratan [9].

4) Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Gaya geser statik (V_s) untuk elemen struktur diatas sistem isolasi [9] adalah:

Dengan hasil diatas, maka memenuhi persyaratan.

Tabel 8.

Kontrol Simpangan X Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X Struktur Isolasi

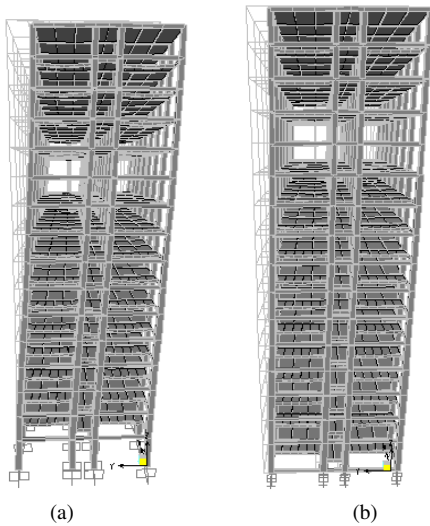
Keterangan	hi mm	δ_{xe} mm	δ_x mm	$\Delta = \delta_{xa} - \delta_{xb}$ mm	Δa mm	$\Delta a/\rho$ mm	$\Delta \leq \Delta a/\rho$
Atap	4000	260.72	521.43	4.07	60	60	OK!
Lantai 16	4000	258.68	517.36	5.72	60	60	OK!
Lantai 15	4000	255.82	511.64	7.67	60	60	OK!
Lantai 14	4000	251.99	503.98	9.70	60	60	OK!
Lantai 13	4000	247.14	494.27	11.88	60	60	OK!
Lantai 12	4000	241.20	482.39	13.33	60	60	OK!
Lantai 11	4000	234.53	469.06	15.07	60	60	OK!
Lantai 10	4000	227.00	454.00	16.90	60	60	OK!
Lantai 9	4000	218.55	437.10	18.79	60	60	OK!
Lantai 8	4000	209.15	418.31	20.81	60	60	OK!
Lantai 7	4000	198.75	397.50	21.95	60	60	OK!
Lantai 6	4000	187.78	375.56	23.39	60	60	OK!
Lantai 5	4000	176.08	352.16	24.84	60	60	OK!
Lantai 4	4000	163.66	327.32	26.12	60	60	OK!
Lantai 3	4000	150.60	301.20	26.97	60	60	OK!
Lantai 2	5000	137.11	274.23	33.15	75	75	OK!
Lantai 1 (Dasar)	0	120.54	241.08	-	0	0	-

Tabel 9.

Kontrol Simpangan Y Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y Struktur Isolasi

Keterangan	hi mm	δ_{ye} mm	δ_y mm	$\Delta = \delta_{ya} - \delta_{yb}$ mm	Δa mm	$\Delta a/\rho$ mm	$\Delta \leq \Delta a/\rho$
Atap	4000	276.43	552.85	7.73	60	60	OK!
Lantai 16	4000	272.56	545.13	9.62	60	60	OK!
Lantai 15	4000	267.75	535.50	11.67	60	60	OK!
Lantai 14	4000	261.92	523.84	13.75	60	60	OK!
Lantai 13	4000	255.05	510.09	15.91	60	60	OK!
Lantai 12	4000	247.09	494.18	17.29	60	60	OK!
Lantai 11	4000	238.45	476.89	18.90	60	60	OK!
Lantai 10	4000	229.00	457.99	20.58	60	60	OK!
Lantai 9	4000	218.71	437.41	22.28	60	60	OK!
Lantai 8	4000	207.57	415.13	24.06	60	60	OK!
Lantai 7	4000	195.54	391.08	25.01	60	60	OK!
Lantai 6	4000	183.03	366.07	26.22	60	60	OK!
Lantai 5	4000	169.92	339.84	27.42	60	60	OK!
Lantai 4	4000	156.21	312.42	28.43	60	60	OK!
Lantai 3	4000	141.99	283.99	29.04	60	60	OK!
Lantai 2	5000	127.47	254.95	35.54	75	75	OK!
Lantai 1 (Dasar)	0	109.70	219.41	-	0	0	-

Dari dua tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa pemodelan struktur memenuhi persyaratan.



Gambar 5. Pemodelan 3D Struktur, (a) Fixed Base, (b) Isolation.

D. Perhitungan Struktur Utama

Struktur utama menggunakan struktur komposit dimana balok induk komposit dengan *steel deck* dan kolom baja komposit terselubung beton.

1) Balok Induk

Hasil perhitungan [12] balok induk adalah sebagai berikut:

- B. Induk Memanjang = WF 500x200x11x19
- B. Induk Melintang = WF 500x200x11x19

2) Kolom

Hasil perhitungan kolom [12] adalah sebagai berikut:

- K1 (lantai 1-6) = K700x300x13x24, beton 850x850
- K2 (lantai 7-11) = K600x200x11x17, beton 750x750
- K3 (lantai 12-16) = K500x200x10x16, beton 650x650

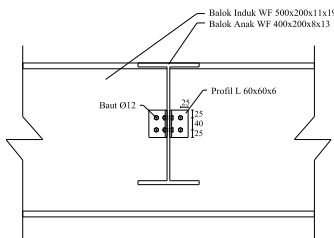
E. Perhitungan Sambungan

1) Sambungan Balok Anak – Balok Induk

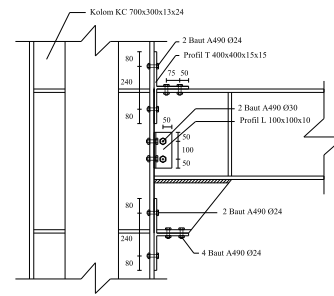
Sambungan ini menggunakan baut mutu $f_u^b = 5000 \text{ kg/cm}^2$. Sambungan balok anak – balok induk [8], [15] dapat dilihat pada Gambar 6.

2) Sambungan Balok Induk – Kolom

Sambungan ini menggunakan baut mutu tinggi A490 dan tipe *rigid connection (T-connection)*. Sambungan balok induk – kolom [8],[15] dapat dilihat pada Gambar 7.



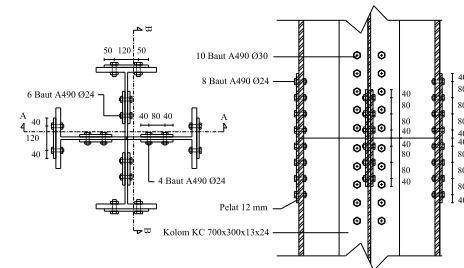
Gambar 6. Sambungan Balok Anak - Balok Induk.



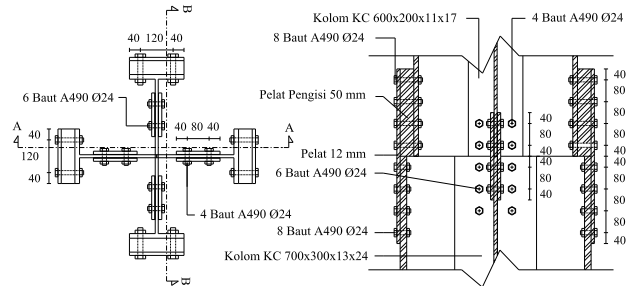
Gambar 7. Sambungan Balok Induk – Kolom.

3) Sambungan Antar Kolom

Sambungan antar kolom ada 2 jenis, yaitu antar kolom seragam dan antar kolom tidak seragam. Sambungan ini menggunakan baut mutu tinggi A490. Sambungan antar kolom [8],[15] dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Sambungan Antar Kolom Seragam.

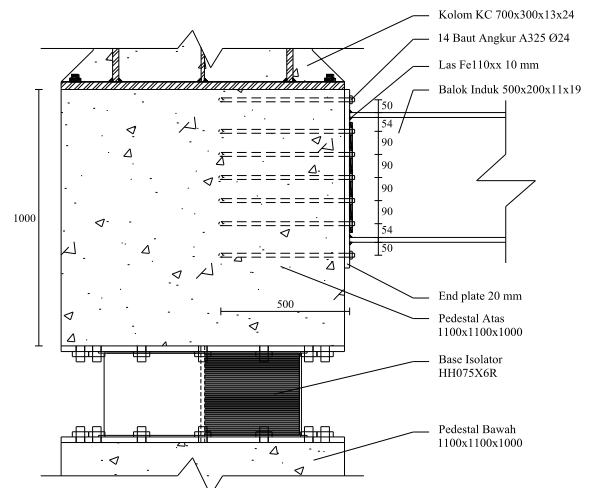


Gambar 9. Sambungan Antar Kolom Tidak Seragam.

4) Sambungan Balok Induk – Pedestal Atas

Sambungan ini menggunakan jenis *extended end plate* tanpa pengaku (Gambar 10) dengan baut angkur A325 dengan hasil [8],[15] sebagai berikut:

- Sambungan las mutu F_{E110xx} dan $a = 1 \text{ cm}$
- Sambungan baut angkur 14Ø24, panjang angkur = 50 cm



Gambar 10. Sambungan Balok Induk - Pedestal Atas.

5) Sambungan *Base Plate*

Sambungan ini menggunakan sambungan las dan baut angkur A325 dengan hasil [8],[15] sebagai berikut:

- Sambungan las mutu F_{E110xx} dan $a = 1,6$ cm
- Sambungan baut angkur $8\text{Ø}24$, panjang angkur = 50 cm
- Tebal base plate = 3 cm

F. Perhitungan Pondasi

Berdasarkan data tanah yang ada, pondasi menggunakan tiang pancang *spun pile* diameter 60 cm dari PT Wika Beton dengan kedalaman 26 m.

1) Pilecap

Pada studi ini didapatkan 2 jenis pilecap, yaitu:

- Pilecap tipe 1 (3800x2500x1000)
Jumlah tiang pancang 6 buah, tulangan lentur sisi panjang D25-170, dan sisi pendek D25-290 [11].
- Pilecap tipe 2 (5100x6400x1000)
Jumlah tiang pancang 20 buah, tulangan lentur sisi panjang D25-170, dan sisi pendek D25-180 [11].

2) Pedestal

Pada studi ini ada 2 jenis pedestal, yaitu pedestal atas dan pedestal bawah dengan dimensi 1100x1100x1000. Tulangan longitudinal 24D25 dan tulangan transversal $\text{Ø}13-150$ [11].

3) Balok *Sloof*

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan dimensi balok *sloof* adalah 400x600. Dengan tulangan positif 2D16 dan tulangan negatif 4D16 sisi tumpuan sedangkan tulangan positif 4D16 dan tulangan negatif 2D16 untuk sisi lapangan [11].

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari perhitungan struktur dan analisa yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan dari studi ini.

Pertama, didapatkan struktur sekunder meliputi pelat atap menggunakan *steel deck* dari brosur *super floor deck* dengan tebal pelat beton 9 cm dan tulangan negatif $\text{Ø}10-200$. Pelat lantai menggunakan *steel deck* dari brosur *super floor deck* dengan tebal pelat beton 9 cm dan tulangan negatif $\text{Ø}10-160$. Balok anak yang terdiri dari 5 jenis untuk balok anak lantai dan 4 jenis untuk balok anak atap. Struktur tangga dengan balok penumpu dan balok utama menggunakan profil WF 250x125x5x8. Struktur ramp dengan balok penumpu dan balok utama menggunakan profil WF 350x175x6x9. Struktur lift dengan balok penggantung menggunakan profil WF 300x150x5,5x8.

Kedua, struktur primer yang meliputi balok induk dan kolom didesain komposit baja-beton. Struktur balok induk didesain komposit dengan menggunakan *shear connector* tipe *stud* dengan menggunakan profil WF 500x200x11x19. Struktur kolom didesain komposit terselubung beton dengan profil *kingcross* K700x300x13x24 untuk lantai 1-6 dengan penampang beton 850x850, K600x200x11x17 untuk lantai 7-11 dengan penampang beton 750x750, dan

K500x200x10x16 untuk lantai 12-16 dengan penampang beton 650x650.

Ketiga, didapatkan dimensi *base isolator* tipe *high damping rubber bearing* untuk kolom internal dan kolom eksternal dengan diameter *rubber* 750 mm (HH075x6R) dari brosur *bridgestone : Seismic isolation product line-up*.

Keempat, struktur pondasi merupakan tipe pondasi dalam dengan tiang pancang *spun pile* diameter 60 cm dari PT Wika Beton dengan kedalaman 26 meter. Didapatkan 2 jenis *pilecap* yaitu *pilecap* tipe 1 dengan dimensi 3800x2500x1000 dan *pilecap* tipe 2 dengan dimensi 5100x6400x1000 dengan tulangan masing-masing dipasang dua arah, sisi panjang dan sisi pendek.

B. Saran

Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai perencanaan struktur menggunakan *base isolator* khususnya tipe *high damping rubber bearing* (HDRB) dengan acuan SNI 1726:2012 maupun peraturan-peraturan lainnya, sehingga terlihat keunggulan penggunaan *base isolator* dibandingkan struktur *fixed base*.

Diharapkan perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi lapangan sehingga didapatkan struktur yang ekonomis, efisien, dan mudah dalam pelaksanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Sukamta, "Hidup Bersama Gempa di Jakarta," Kompas, Jakarta, 2006.
- [2] W. Yunita, "Mikrozonasi Gempa Jakarta dengan Periode Ulang 500 Tahun," Institut Teknologi Bandung, 2012.
- [3] Z. Arifin, "Modifikasi Perancangan Struktur Komposit Baja dan Beton pada gedung RSUD Kepanjen-Malan," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2011.
- [4] S. Izzati, "Modifikasi Perancangan RSUD Koja Jakarta Menggunakan Struktur Komposit Baja Beton," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [5] D. Qoernia, *Penentuan Nilai Parameter Dynamic Absorber Berbasis Frekuensi*. Surabaya: ITS Press, 2010.
- [6] E. Suardi, "Rubber Bearing Isolator Sebagai Sistem Penahan Gempa pada Bangunan Hotel Ibis Padang," Jakarta, 2013.
- [7] N. Heriandes, "Perancangan Modifikasi Struktur Gedung Dinas Prasarana Jalan, Tata Ruang dan Permukiman Provinsi Sumatera Barat Menggunakan High Damping Rubber Bearing (HDRB)," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.
- [8] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 03-1729-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung," Jakarta, 2002.
- [9] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung," Jakarta.
- [10] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 1727:2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain," Jakarta, 2013.
- [11] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung," Jakarta, 2013.
- [12] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 1729:2015 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural," Jakarta, 2015.
- [13] Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, "Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983," Bandung, 1983.
- [14] J. M. Kelly and F. Naeim, *Design of Seismic Isolated Structure : From Theory to Practice*. New York: John Wiley & Sons Inc, 1999.
- [15] M. Ibrahim and Isdarmanu, *Buku Ajar Struktur Baja I*. Surabaya: Teknik Sipil ITS, 2006.