

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG PASCASARJANA INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI (IAIN) CURUP MENGGUNAKAN STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN *BASE ISOLATION HIGH DAMPING RUBBER BEARING* (HDRB)

Taufiq Rahman Saleh¹, Fajri Yusmar²

^{1,2}Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: taurahmn123@gmail.com

Abstrak: Jumlah mahasiswa program pascasarjana IAIN Curup yang mengalami peningkatan membutuhkan penambahan gedung perkuliahan baru yang lebih memadai. Lokasi bangunan IAIN Curup berada di Kota Bengkulu yang tergolong dalam zona gempa tinggi, struktur gedung direncanakan menggunakan sistem *base isolation* jenis *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) sebagai elemen peredam getaran gempa agar bangunan tetap aman dan dapat difungsikan pascagempa. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan struktur atas gedung pascasarjana IAIN Curup menggunakan struktur beton bertulang dengan sistem *base isolation* HDRB sebagai elemen peredam gaya gempa. Perencanaan terdiri dari dua tahapan, yaitu tahap analisis dan desain. Analisis yang dilakukan meliputi pembebanan (beban mati, hidup, dan gempa sesuai SNI), pemodelan struktur menggunakan parameter *base isolator*, serta analisis struktur untuk kondisi *fixed base* dan sistem isolasi dasar menggunakan software ETABS. Setelah analisis dilakukan perencanaan elemen struktur atas dan *base isolator* sesuai SNI 2847:2019. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat diketahui bahwa penerapan sistem *base isolation* HDRB tipe HT090X6R mampu meredam gaya gempa sebesar 20.42% terhadap struktur atas dan diperoleh dimensi balok B1 700 x 450 mm, balok B2 500 x 300 mm, balok B3 600 x 400 mm, balok B4 500 x 300 mm, balok B5 400 x 200 mm, kolom K1 1300 x 1300 mm, kolom K2 800 x 600 mm, kolom K3 700 x 500 mm pelat P1 dengan tebal 150 mm, dan pelat P2 dengan tebal 120 mm.

Kata Kunci: Perencanaan, Struktur Atas, *Base Isolation*, *High Damping Rubber Bearing*

Abstract: The increasing number of postgraduate students at IAIN Curup requires the addition of new, more adequate lecture buildings. Considering that the location of the IAIN Curup building is in Bengkulu which is classified as a high earthquake zone, the building structure is planned to use a *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) *base isolation* system as an element to reduce earthquake vibrations so that the building remains safe and can be used after the earthquake. This study aims to design the upper structure of the IAIN Curup postgraduate building using a reinforced concrete structure with an HDRB *base isolation* system. The planning process consists of two stages: analysis and design. The analysis carried out includes loading (dead, live, and earthquake loads according to SNI), structural modelling using *base isolator* parameters, and structural analysis for *fixed base* conditions and *base isolation* systems using ETABS software. Based on the research conducted, it can be seen that the application of the HDRB type HT090X6R *base isolation* system can reduce earthquake forces by 20.42% on the upper structure and the dimensions of the B1 beam are 700 x 450 mm, the B2 beam is 500 x 300 mm, the B3 beam is 600 x 400 mm, the B4 beam is 500 x 300 mm, the B5 beam is 400 x 200 mm, the K1 column is 1300 x 1300 mm, the K2 column is 800 x 600 mm, the K3 column is 700 x 500 mm, the slab P1 is 150 mm thick, and the slab P2 is 120 mm thick.

Keyword: Design, Superstructure, *Base Isolation*, *High Damping Rubber Bearing*

PENDAHULUAN

Setelah perubahan status kampus STAIN Curup menjadi IAIN Curup, membuat perguruan tinggi semakin berkembang, salah satunya dengan

penambahan kuota jumlah penerimaan mahasiswa dan pembukaan beberapa program studi baru pada program pascasarjana. Peningkatan jumlah mahasiswa pascasarjana pada tahun 2022 sebesar

20,67% dan tahun 2023 sebesar 21,76%. Terjadinya peningkatan jumlah mahasiswa pascasarjana IAIN Curup setiap tahun perlu diimbangi dengan penambahan jumlah ruang perkuliahan untuk menampung dan memfasilitasi mahasiswa pascasarjana.

Pembangunan gedung pascasarjana memerlukan perencanaan struktur yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk menghasilkan bangunan yang kuat dan aman untuk digunakan oleh publik. Perencanaan struktur bangunan berlandaskan pada beban-beban yang terdapat pada bangunan itu sendiri. Secara umum, terdapat dua jenis beban yang dipikul oleh struktur bangunan yaitu, beban statis dan beban lingkungan. Beban statis merupakan beban sendiri bangunan dan beban hidup pada bangunan, sedangkan beban lingkungan berupa beban gempa bumi.

Berdasarkan peta gempa Indonesia yang terdapat pada SNI 1726:2019, kampus IAIN curup yang berada di Provinsi Bengkulu yang berada pada wilayah gempa dengan parameter percepatan gempa sebesar 0,5 hingga 0,6 g. Provinsi Bengkulu termasuk kedalam wilayah dengan level seismik yang tinggi (*high*) karena memiliki nilai $S_d \geq 0.50$ g dan $S_{d1} \geq 0.20$ g (ASCE 41-17, 2014).

Gedung pascasarjana IAIN Curup yang berfungsi sebagai fasilitas pendidikan memiliki faktor keutamaan gempa yang tinggi. Berdasarkan SNI 1726:2019, fasilitas pendidikan termasuk kedalam kategori resiko IV sehingga menuntut perencanaan struktur gedung memiliki kinerja yang baik saat gempa terjadi.

Metode yang umum digunakan dalam perencanaan bangunan ramah gempa menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) yang direncanakan memiliki kapasitas untuk menahan beban gempa melalui kuat lentur dari komponen struktural (Tavio, 2019). Metode tersebut cenderung mengalami keterbatasan dalam meningkatkan kinerja struktur terutama untuk mencegah kerusakan parah pada elemen struktural. Solusi yang umum digunakan sebagai penunjang SRPM adalah perkuatan dengan rangka bresing (*braced frame*) dan dinding geser (*shear wall*). Jenis perkuatan tersebut akan meningkatkan kekakuan struktur yang mengakibatkan perioda alami struktur mengalami penurunan. Nilai perioda alami struktur yang kecil mempengaruhi nilai akselerasi gempa semakin besar terhadap struktur (Lesmana, 2023).

Salah satu upaya yang digunakan untuk mereduksi atau menyerap energi gempa dan meningkatkan

kinerja struktur dengan menggunakan sistem *base isolation* (Gabriel, 2022). Penggunaan sistem *base isolation* dapat memperpanjang perioda struktur, sehingga bisa meminimalisir simpangan antar tingkat dan mengurangi pergerakan lantai akibat getaran gempa karena perilaku struktur di atasnya yang berdeformasi sebagai *rigid body* sehingga dapat mengurangi kerusakan pada elemen struktural maupun non-struktural (Akbari et al, 2021).

Perkuatan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *base isolation* sebagai elemen pemdisipasi atau peredam sebagian gaya gempa sehingga gaya gempa tidak seluruhnya tersalurkan ke struktur atas. *Base isolation* diterapkan untuk melindungi struktur dan komponen non-struktural dari resiko kerusakan dan kegagalan (Kelly et al, 2011).

Tujuan dari penelitian ini untuk merencanakan struktur atas gedung pascasarjana IAIN Curup menggunakan struktur beton bertulang dengan sistem *base isolation High Damping Rubber Bearing* (HDRB) sebagai peredam energi gempa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur dan dilanjutkan dengan pengumpulan data yang berkaitan dengan perencanaan seperti spesifikasi material, *preliminary design* elemen struktur, analisis pembebanan, kombinasi pembebanan dan analisis beban gempa respons spektrum berdasarkan lokasi objek perencanaan. Selanjutnya dilakukan pemodelan struktur dan penginputan data struktur dengan menggunakan bantuan *software* ETABS.

Sebagai tahap awal, struktur dimodelkan dengan kondisi terjepit (*fixed base*) untuk memperoleh massa struktur dan perioda alami struktur yang digunakan untuk perencanaan HDRB melalui tahapan iterasi dengan analisis *Equivalent Lateral Force* (ELF) sehingga diperoleh asumsi perpanjangan perioda dan *displacement isolator* yang konvergen (Basshofi, 2023).

Dalam penelitian ini terbagi menjadi dua tahap, yaitu tahap analisis dan desain.

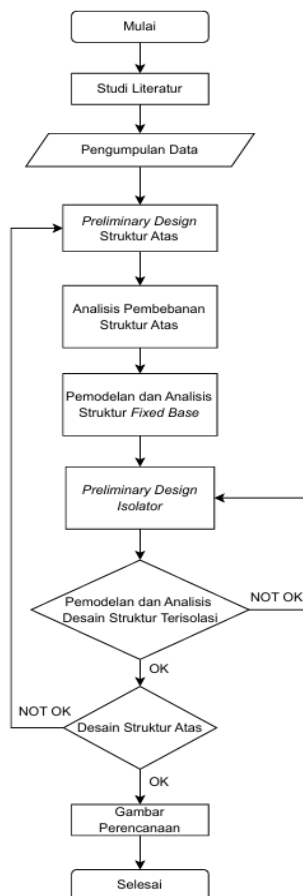
1. Tahap Analisis Struktur

Pada tahap ini dilakukan tiga analisis terhadap struktur yang akan direncanakan. Analisis pertama dilakukan terhadap struktur *fixed base* untuk mendapatkan data awal dalam perencanaan *base isolator* yang akan digunakan. Analisis kedua

dilakukan terhadap struktur yang dimodifikasi dengan sistem *base isolator* kondisi nominal untuk mengetahui respon perpindahan maksimal dan kapasitas isolator. Analisis ketiga dilakukan terhadap struktur yang dimodifikasi dengan parameter batas atas dari *base isolator* untuk melihat respon dan desain struktur atas dengan menggunakan sistem isolasi dasar. Parameter struktur yang dianalisis berupa perioda struktur, partisipasi massa, gaya geser dasar struktur, simpangan antar tingkat, gaya dalam balok, dan gaya dalam kolom.

2. Desain Struktur

Tahap desain merupakan lanjutan dari tahap analisis struktur pada tahap ketiga. Gaya dalam yang diperoleh dari analisis struktur dengan parameter batas atas *base isolator* digunakan untuk merencanakan elemen struktur atas sesuai dengan ketentuan pada SNI 2847:2019.



Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

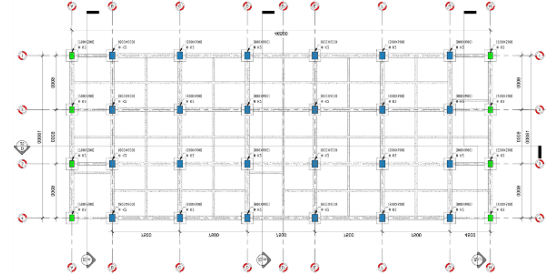
Tahap yang dilakukan dalam perencanaan gedung pascasarjana IAIN Curup sebagai berikut

Data Perencanaan

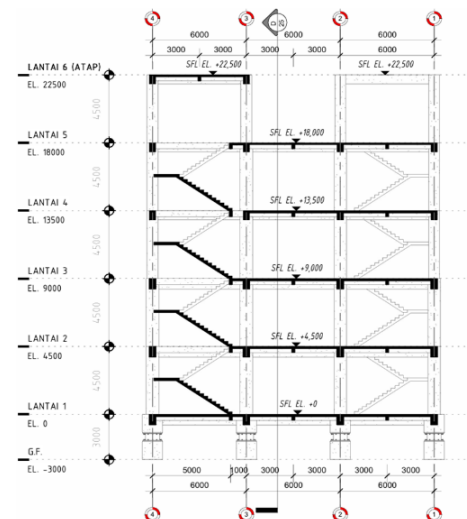
1. Data Umum Bangunan

Nama Bangunan : Gedung Pascasarjana IAIN Curup
 Fungsi Bangunan : Gedung Perkuliahan
 Lokasi Bangunan : Curup Utara, Kel. Adirejo, Kec. Curup, Kab. Rejang Lebong, Povinsi Bengkulu.
 Jumlah Lantai : 5 Lantai + Dak Atap

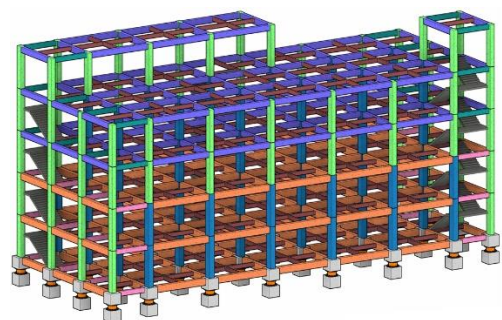
2. Data Denah Struktur Bangunan



Gambar 2. Denah Rencana Struktur



Gambar 3. Potongan Rencana Struktur



Gambar 4. 3D Rencana Struktur

3. Data Properties Material Struktur

a. Beton
 Berat Jenis, ρ : 2400 kg/m³
 Mutu Beton, f_c' : $f_c'30$ MPa
 Modulus Elastisitas, E_c : 25742 MPa

- b. Baja Tulangan
 Berat Jenis, ρ : 7850 kg/m³
 Modulus Elastisitas, E_c : 200000 MPa
 Mutu Tulangan, $D \geq 12$: BJTs 420
 $D < 10$: BJTs 280

4. Dimensi Awal Penampang Struktur
 Dimensi awal penampang struktur ditentukan dengan *preliminary design* sesuai dengan SNI 2847:2019.

Tabel 1. Dimensi Awal Struktur

Type		Dimensi (mm)
Kolom	K1	1300 X 1300
	K2	900 X 750
	K3	800 X 600
Balok	B1	750 X 400
	B2	500 X 300
	B3	650 X 350
	B4	450 X 250
	B5	400 X 200
Pelat	P1	150
	P2	120

5. Beban Mati (DL dan SIDL)
 Nilai beban mati (DL) dan beban mati tambahan (SIDL) yang bekerja pada struktur berdasarkan acuan yang terdapat pada SNI 1727:2020 dan PPPURG 1987.

Tabel 2. Berat Beban Mati

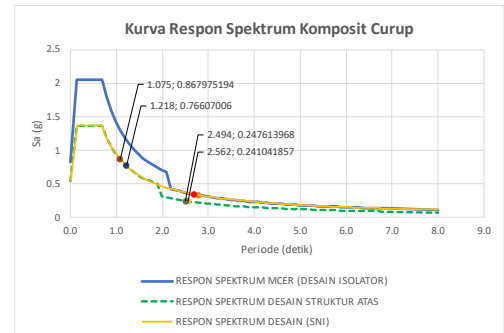
Jenis Material	Berat
Beton Bertulang	2400 kg/m ³
Pasangan ½ Bata	250 kg/m
Keramik	0.24 kN/m ²
Plafond dan penggantung	0.18 kN/m ²
Waterproofing	0.05 kN/m ²
Spesi Per-Cm Tebal	0.21 kN/m ²
Ducting dan M/E	0.25 kN/m ²

6. Beban Hidup
 Nilai beban hidup (LL) yang bekerja pada struktur berdasarkan acuan yang terdapat pada SNI 1727:2020.

Tabel 3. Berat Beban Hidup

Fungsi Ruangan	Berat
Ruang pertemuan	4.79 kN/m ²
Ruang kelas	3.83 kN/m ²
Koridor dan tangga	4.79 kN/m ²
Ruang kantor	2.87 kN/m ²
Perpustakaan (Ruang Baca)	4.79 kN/m ²
Atap datar	0.96 kN/m ²

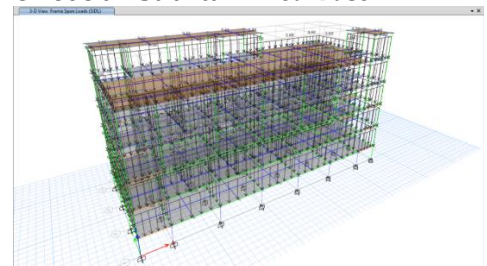
7. Kurva Respon Spektrum Desain
 Parameter respon spektrum ditentukan dengan menyesuaikan lokasi bangunan yang ditinjau pada website RSA Cipta Karya dan menentukan parameter-parameter respon spektrum desain berdasarkan SNI 1726:2019. Dalam analisis struktur terisolasi, beban gempa akan mengalami efek damping atau redaman sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 12, sehingga kurva respon spektrum desain perlu dilakukan modifikasi terhadap efek redaman yang diberikan oleh isolator.



Gambar 5. Kurva Respon Spektrum Kota Curup

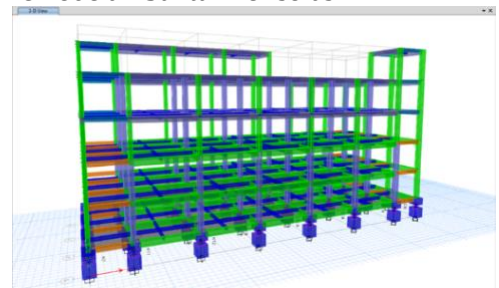
Pemodelan Struktur

1. Pemodelan Struktur *Fixed Base*

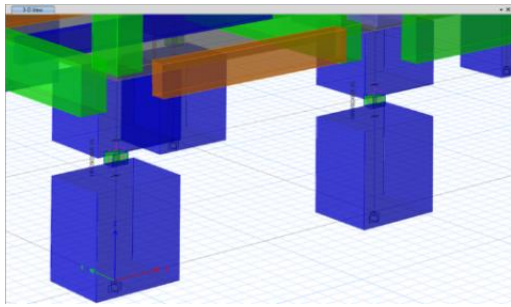


Gambar 6. Pemodelan Struktur *Fixed Base*

2. Pemodelan Suktur Terisolasi



Gambar 7. Pemodelan Struktur Terisolasi



Gambar 8. Pemodelan Base Isolator

Analisis Isolator Metode *Ekivalent Lateral Force* (ELF)

Perencanaan desain isolator menggunakan metode *Ekivalent Lateral Force* (ELF) mengacu pada SNI 1726:2019 Pasal 12 dengan prosedur iterasi perioda struktur (TM) dan perpindahan isolator maksimum (DM). Iterasi dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai kekakuan efektif dan redaman yang mampu disumbangkan isolator. Iterasi dihentikan ketika perioda struktur (TM) dan perpindahan maksimum (DM) sudah memiliki nilai yang sama antara yang diasumsikan dengan hasil analisis ETABS (konvergen). Nilai properties isolator yang digunakan adalah properties *isolator* yang sudah konvergen.

Tabel 5. Iterasi Desain Isolator

Iterasi	TM1 (s)	DM1 (mm)	TM2 (s)	DM2 (mm)
1	2.142	485.612	2.488	563.972
2	2.249	511.359	2.504	569.236
3	2.356	538.085	2.517	578.725
4	2.463	565.404	2.526	581.470
5	2.570	592.688	2.568	592.093

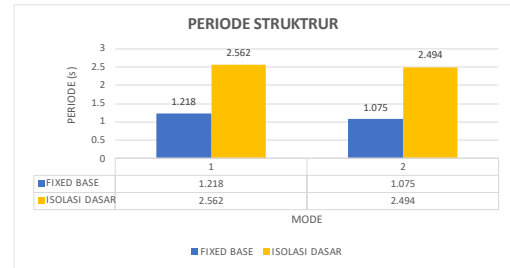
Tabel 4. Properti Isolator Desain

Patameter	Nilai	
TIPE HDRB	HT090X6R	
Shear Modulus, G_{eq}	0.464	Mpa
Ekivalent Damping Ratio, H_{eq} (βM)	0.204	
Ratio Maximum Force Loop, u	0.339	
Ekivalent Shear Stiffness, K_{eq}	1170.686	kN/m
Initial Stiffness, k_1	7726.936	kN/m
Post Yield Stiffness, k_2	772.694	kN/m
Characteristic Strength, Q_d	219.381	kN
Ekivalent Damping Ratio, H_{eq} (βM)	0.204	

Hasil Analisis

Setelah mendapatkan nilai properties isolator dari proses iterasi yang telah konvergen, selanjutnya dilakukan analisis struktur *fixed base* dan sistem isolasi dasar.

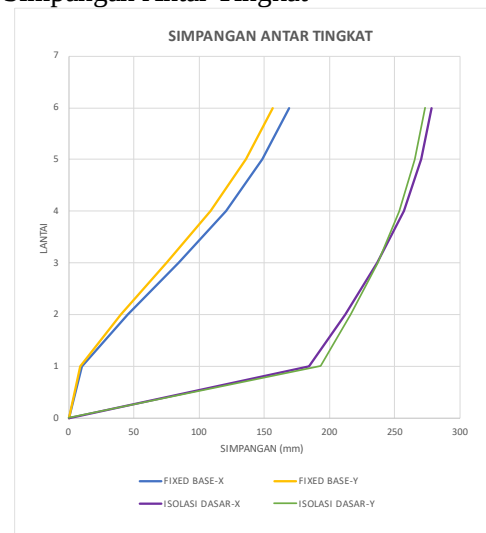
1. Perioda Struktur



Gambar 9. Perioda Struktur

Dari grafik hasil analisis diketahui terjadi perpanjangan periode signifikan pada Mode 1 arah-x yang mencapai 2.1 kali dan pada Mode 2 arah-y mencapai 2.3 kali terhadap periode pada struktur terjepit (*Fixed Base*)

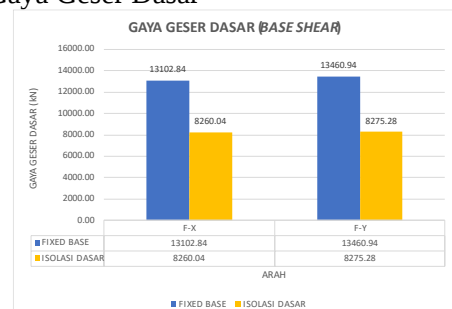
2. Simpangan Antar Tingkat



Gambar 10. Simpangan Antar Tingkat

Berdasarkan grafik pada Gambar 10 dapat diketahui bahwa struktur dengan sistem terisolasi dasar (*base isolation*) dapat mereduksi nilai simpangan antar tingkat bangunan rata-rata sebesar 45.25% pada arah-x dan sebesar 46.81% pada arah sumbu-y.

3. Gaya Geser Dasar



Gambar 11. Gaya Geser Dasar

Berdasarkan grafik pada Gambar 11, dapat diketahui bahwa struktur dengan sistem *base isolation* terjadi penurunan gaya geser dasar struktur akibat beban gempa sebesar 36.96% pada arah sumbu-x dan sebesar 38.52% pada arah sumbu-y.

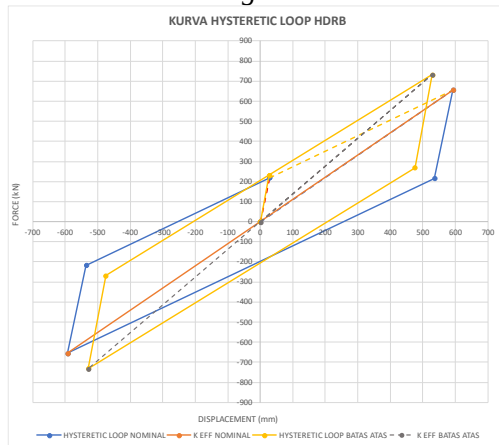
Desain Isolator dan Struktur Atas

Setelah dilakukan analisis terhadap struktur *fixed base* dan terisolasi dasar, dilakukan proses desain isolator dan struktur atas yang mengacu pada SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019.

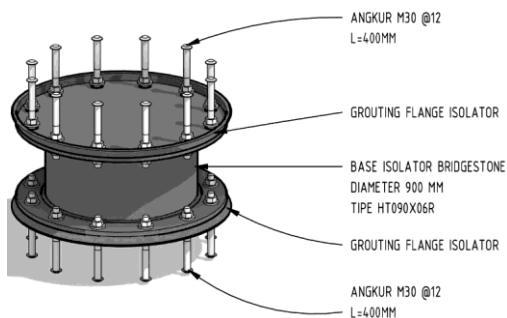
1. Desain Base Isolator

Setelah dilakukan analisis terhadap *base isolator* diperoleh tipe isolator yang digunakan HDRB HT090X6R dari katalog *Bridgestone* dengan *properties*:

Outer diameter : 900 mm
Total rubber thickness : 252 mm
Compression stiffness : 3530000 kN/m
Initial stiffness : 7726.936 kN/m
Post-Yield Stiffness : 772.694 kN/m
Characteristic strength : 219.381 kN



Gambar 12. Kurva Hysteretic Loop Isolator Desain



Gambar 13. 3D Detail Isolator HT090X6R

Isolator tipe HT090X6R direncanakan mampu memberikan sumbangan kekakuan efektif (*effective stiffness*) sebesar 1170.686 kN/m dan memberikan redaman efektif (*effective damping*) sebesar 20.42%.

2. Desain Struktur Atas

Hasil perencanaan elemen struktur atas menggunakan struktur beton bertulang sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dengan menggunakan sistem *base isolation* HDRB property batas atas sesuai dengan SNI 1726:2019 Pasal 12.5.4 dan Pasal 12.6.4.3. sebagai berikut:

- Balok B1 (700 x 450 mm)
- Balok B2 (500 x 300 mm)
- Balok B3 (600 x 400 mm)
- Balok B4 (500 x 300 mm)
- Balok B5 (400 x 200 mm)
- Kolom K1 (1300 x 1300 mm)
- Kolom K2 (800 x 600 mm)
- Kolom K3 (700 x 500 mm)
- Plat P1 (Tebal 150 mm)
- Plat P2 (Tebal 120 mm)

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan desain yang telah dilakukan pada struktur Bangunan Gedung Pascasarjana IAIN Curup diperoleh Kesimpulan:

- Desain *base isolator* HDRB yang digunakan sesuai dengan kebutuhan struktur Bangunan Gedung Pascasarjana IAIN Curup menggunakan tipe HDRB HT090X6R dari katalog *Bridgestone* yang mampu memberikan sumbangan redaman efektif terhadap struktur atas sebesar 20.42%.
- Desain elemen struktur atas menggunakan struktur beton bertulang sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dengan dimensi Balok B1 (700 x 450 mm), Balok B2 (500 x 300 mm), Balok B3 (600 x 400 mm), Balok B4 (500 x 300 mm), Balok B5 (400 x 200 mm), Kolom K1 (1300 x 1300 mm), Kolom K2 (800 x 600 mm), Kolom K3 (700 x 500 mm), Plat P1 (Tebal 150 mm), dan Plat P2 (Tebal 120 mm)

DAFTAR PUSTAKA

Akbari MF, Sugihardjo H, Habieb AB. (2021). Modifikasi Perencanaan Rumah Susun Pasar Rebo dengan Base Isolation Tipe Friction Pendulum System pada Daerah Rawan Gempa. *J. Tek. ITS*. 10(2).

ASCE 41-13. (2014). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers.

Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan*

Nongedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan dan Penjelasan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Basshofi A.H. (2023). *Struktur Gedung Tahan Gempa dengan Sistem Isolasi Konsep Dasar dan Contoh Perencanaan*. Surabaya: ITS Press.

Bridgestone. (2022). *Seismic Isolation Product Line-up*. Japan: Bridgestone Corporation.

Departemen Pekerjaan Umum. (1987). *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.

Gabriel, G. (2022). Perbandingan Pengaruh High Damping Rubber Bearing dan Lead Rubber Bearing Terhadap Kinerja Struktur. *Praxis: Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat dan Jejaring*, 4(2), 158-166.

Kelly E. Trevor, Robinson H. William, Skinner R. Ivan. (2011). *Seismic Isolation for Designers and Structural Engineers*. Wellington N.Z.: Robinson Seismic Ltd, Holmes Consulting Group Robinson Seismic Ltd.

Lesmana Y. (2023). *Handbook Analisa dan Desain Struktur Tahan Gempa Beton Bertulang (SRPMB, SRPMM, dan SRPMK) Berdasarkan SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019*. Makassar: PT Nas Media Indonesia.

Tavio, Usman W. (2019). *Buku Panduan Desain Struktur Beton Bertulang Dasar Sesuai ACI 318M-14 Code*. Surabaya: Budi Utama.