

ARTIKEL ILMIAH

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-BETON DAN
BASE ISOLATOR TIPE *HIGH DAMPING RUBBER BEARING*
(HDRB)**

***"Hospital Building Structure Planning Using Steel-Concrete
Composite Structure And Base Isolator Type High Damping
Rubber Bearing (HDRB)"***

Artikel ilmiah
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh :

Logika Suharto

F1A118050

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2023
ARTIKEL ILMIAH**

**PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-BETON DAN
BASE ISOLATOR TIPE *HIGH DAMPING RUBBER BEARING*
(*HDRB*)**

Oleh:

**Logika Suharto
F1A 118 050**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing

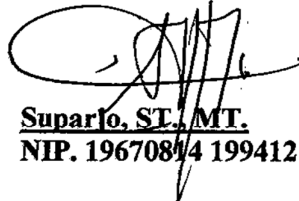
1. Pembimbing Utama



Fathmah Mahmud, ST., MT.
NIP. 19711109 200012 2 001

Tanggal: 2023

2. Pembimbing Pendamping



Suparjo, ST., MT.
NIP. 19670814 199412 1 001

Tanggal: 2023

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Harjanto, ST., Sc (Eng), Dr.Eng
NIP. 19731027 199802 1 001

**PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-BETON DAN BASE
ISOLATOR TIPE *HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)***

Oleh :

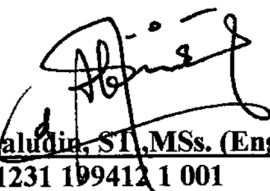
**Logika Suharto
F1A 118 050**

Telah diujikan di depan tim penguji

Pada tanggal 20 Juli 2023

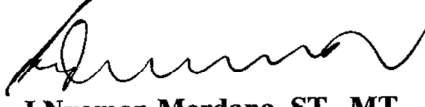
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat Sarjana S-1
Jurusan Teknik Sipil

1. Penguji I


Prof. Akmaludin, ST., MSs. (Eng.), Ph.D
NIP. 19681231 199412 1 001


Tanggal: 01/08 2023

2. Penguji II


I Nyoman Merdana, ST., MT
NIP. 19680913 199703 1 001

Tanggal: 01/08 2023

3. Penguji III


Ngudiyono, ST., MT
NIP. 19740505 199903 1 003

Tanggal: 2023

Mataram, Juli 2023
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Muhammad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19720222 199903 1 002

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT MENGGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-BETON DAN BASE ISOLATOR TIPE *HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)*

Logika Suharto¹, Fathmah Mahmud², Suparjo²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram ²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Email: 46logikasuharto@gmail.com

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

ABSTRAK

Provinsi Nusa Tenggara Barat termasuk daerah yang rawan akan bencana gempa bumi, oleh karena itu diperlukan perencanaan sebuah konstruksi yang mampu menahan beban gempa. Salah satu upaya untuk mengurangi kerusakan akibat gempa bumi adalah menggunakan sistem *base isolation* pada gedung. Konsep dari *base isolation* yaitu memisahkan antara struktur atas bangunan dan struktur bawah bangunan agar getaran tanah akibat gempa tidak disalurkan ke struktur bangunan, sehingga diharapkan dapat memperkecil pengaruh gaya gempa dan mengurangi kerusakan dari bangunan tersebut.

Studi kasus perencanaan struktur gedung rumah sakit yang terletak di jl. Mandalika kelurahan Leneng, kecamatan Praya Tengah Kabupaten Lombok Tengah. Gedung ini direncanakan dengan 8 lantai dan 1 lantai rooftop. Mutu bahan yang digunakan yaitu beton $f'c$ 30 MPa, mutu baja profil BJ 41 $f_y = 250$ MPa, $f_u = 410$ MPa, dan base isolator yang digunakan adalah *high damping rubber bearing (HDRB)* yang mengacu pada katalog *Bridgestone*. Permodelan dan analisa struktur menggunakan program *ETABS*. Hasil akhir dari analisis yaitu berupa elemen struktur komposit, berat struktur, periode getar, *base shear*, simpangan horizontal struktur dan simpangan antar tingkat.

Dari hasil analisis dan desain, Struktur komposit diperoleh dimensi plat bondek sebesar 150 mm, tulangan wiremesh M8-300, *shear connector* diameter 16 mm, balok anak WF.500.300.11.15, balok induk WF.600.350.19.25, dan didapatkan dimensi kolom lantai 1 – 4 sebesar 650 mm x 650 mm, untuk lantai 5 – 6 sebesar 600 mm x 600 mm, dan 550 mm x 550 mm untuk lantai 7 – rooftop. Struktur Base Isolation didapatkan dimensi base isolator sebesar 1100 mm dengan ketebalan rubber 250 mm. Terjadi peningkatan periode getar struktur dengan penggunaan base isolator, dimana untuk struktur konvensional yang memiliki periode getar struktur 0,999 untuk arah X dan 0,991 untuk arah Y, sedangkan untuk struktur dengan base isolator didapatkan nilai periode struktur sebesar 2,112 detik untuk arah X dan 1,829 untuk arah Y. Pada struktur sistem struktur konvensional atau *fixed base* didapatkan nilai gaya geser dasar sebesar 14346 kN untuk arah X dan Y sedangkan setelah penggunaan base isolator nilai gaya geser dasar sebesar 9974,9 kN untuk arah X dan Y, sehingga terbukti penggunaan base isolator dapat mereduksi gaya geser dasar pada struktur. Struktur *base isolation* terjadi simpangan pada dasar struktur sebesar 32,189 mm dan 43,928 mm untuk arah X dan arah Y. Penggunaan dari base isolator pada gedung dapat mereduksi nilai simpangan antar lantai yang terjadi pada struktur sebesar 35,35% untuk arah X dan 29,91% untuk arah Y. Untuk menghubungkan antara isolator dengan pondasi, digunakan kolom pedestal dengan dimensi 1500 mm x 1500 mm dengan jumlah tulangan 50D25

Kata kunci: Rumah Sakit, *Base Isolation*, *High Damping Rubber Bearing (HDRB)*, Komposit Baja-Beton, Gempa.

Kata kunci: Rumah sakit, Base Isolation, High Damping Rubber bearing dan Komposit baja-beton

ABSTRACT

West Nusa Tenggara province includes areas that are prone to earthquakes, therefore it is necessary to plan a construction that is able to withstand earthquake loads. One of the efforts to reduce earthquake damage is to use a base isolation system on the building. The concept of base isolation is to separate the upper structure of the building and the lower structure of the building so that the vibration of the ground due to the earthquake is not transmitted to the structure of the building, so it is expected to minimize the influence of earthquake forces and reduce damage from the building.

Case study of hospital building structure planning located at jl. Mandalika Leneng Village, Central Praya District, Central Lombok regency. The building is planned with 8 floors and 1 rooftop floor. The quality of the materials used is concrete F'c 30 MPa, the quality of profile steel BJ 41 $f_y = 250$ MPa, $f_u = 410$ MPa, and the base insulator used is high damping rubber bearing (HDRB) which refers to the Bridgestone catalog. Modeling and structural analysis using ETABS program. The final result of the analysis is in the form of composite structural elements, structural weight, vibration period, base shear, horizontal deviation of the structure and the deviation between the levels.

From the analysis and design, the composite structure obtained bondek plate dimensions of 150 mm, reinforcement wiremesh M8-300, shear connector diameter of 16 mm, beams WF.500.300.11.15, master beam WF.600.350.19.25, and obtained the dimensions of the columns of the 1st – 4th floor of 650 mm x 650 mm, for the 5th – 6th floor of 600 mm x 600 mm, and 550 mm x 550 mm for the 7th floor – rooftop. Base insulation structure obtained base insulator dimensions of 1100 mm with a thickness of 250 mm rubber. There is an increase in the vibrating period of the structure with the use of base insulators, where for conventional structures that have a vibrating period of 0.999 for the X direction and 0.991 for the Y direction, while for structures with base insulators obtained the value of the structure period of 2.112 seconds for the X direction and 1.829 for the Y direction. In the structure of a conventional or fixed base system structure obtained the value of the basic shear force of 14346 kN for the X and Y directions, while after the use of base insulators the value of the basic shear force of 9974.9 kN for the X and Y directions, so it is proven that the use of base insulators can reduce the basic shear force on the structure. Base isolation structure deviation occurs at the base of the structure of 32.189 mm and 43.928 mm for the X direction and y direction. The use of base insulators in the building can reduce the deviation between floors that occur in the structure by 35.35% for the X direction and 29.91% for the Y direction. To connect the insulator with the Foundation, a pedestal column with dimensions of 1500 mm x 1500 mm is used with the amount of reinforcement 50D25

Keywords: Hospital, Base Isolation, High Damping Rubber Bearing (HDRB), Steel-Concrete Composite, Earthquake.

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Seperti yang kita ketahui Indonesia merupakan daerah yang rawan akan bencana gempa bumi. Penyebabnya adalah Indonesia itu sendiri berada di antara pertemuan tiga lempeng yaitu lempeng Indo – Australia, lempeng Eurasia dan lempeng pasifik. Provinsi Nusa Tenggara Barat juga termasuk menjadi daerah yang rawan akan bencana gempa bumi. Hal ini dikuatkan dengan terjadinya gempa tahun 2016 dengan kekuatan 6,2 SR di perairan selatan Kuta Lombok Tengah. Bahkan sudah terjadi beberapa gempa pada tahun 2018 dengan skala mulai dari 6 SR, dan berturut-turut 7 SR. Akibatnya timbul korban baik itu di pulau Lombok maupun di daerah pulau Sumbawa. Hal ini terjadi karena ketidak mampuan sebuah bangunan dalam memberikan respon akibat yang ditimbulkan oleh gempa tersebut sehingga bangunan tersebut mengalami kerusakan dan menimpa penghuni yang berada didalam bangunan tersebut.

Oleh karena itu, diperlukan sebuah bangunan yang lebih memenuhi syarat untuk dapat menahan gempa. Sehingga perlu perencanaan sebuah konstruksi yang mampu menahan beban yang disebabkan oleh gempa guna mengurangi terjadinya korban baik itu korban jiwa maupun korban materil. Terjadinya gempa menimbulkan sebuah getaran pada sebuah bangunan yang besarnya bervariasi tergantung dari besarnya gempa yang terjadi, jarak bangunan terhadap titik pusat gempa, kedalaman terjadinya gempa.

Salah satu upaya untuk mengurangi kerusakan akibat gempa bumi adalah menggunakan sistem *base isolation* pada gedung. Konsep dari *base isolation* yaitu memisahkan antara struktur atas bangunan dan struktur bawah bangunan agar getaran tanah akibat gempa tidak disalurkan ke struktur bangunan, sehingga diharapkan dapat memperkecil pengaruh gaya gempa dan mengurangi kerusakan dari bangunan tersebut. Alat untuk memisahkan struktur bangunan disebut base isolator, jenis isolasi yang biasa digunakan adalah *elastomeric bearing*.

Sistem *base isolation* untuk struktur gedung masih belum terlalu banyak digunakan. Bahkan untuk daerah NTB yang mempunyai aktivitas kegempaan yang cukup tinggi, sampai saat ini belum ada konstruksi yang menerapkan sistem *base isolation*. Studi perbandingan antara

struktur konvensional dengan struktur yang memakai *base isolation* tipe *Lead Rubber Bearing* pernah dilakukan sebelumnya pada gedung yang berada pada daerah Mataram. Akan tetapi, penggunaan *Lead Rubber Bearing* harus dikurangi karena menggunakan bahan timbal yang akan menyebabkan polusi timbal. Keuntungan lainnya dari *seismic isolation* tipe *High Damping Rubber Bearing (HDRB)* adalah transisi kekakuan dari linear dan nonlinear lebih halus jika dibandingkan dengan *Lead Rubber Bearing*. Hal ini penting karena penurunan kekakuan secara tajam akan menyebabkan efek vibrasi yang lebih besar dan merusak *equipment* yang sensitif terhadap vibrasi. Penggunaan *base isolation*

Rumah sakit merupakan bangunan yang sangat vital yang berfungsi sebagai layanan publik baik dalam kondisi normal maupun dalam kondisi bencana. Pada (SNI 1726:2019) untuk bangunan dengan resiko IV direkomendasikan menggunakan *Base Isolation System*. Penggunaan *Base isolation System* mampu memperkecil gaya gempa yang diterima oleh struktur gedung tersebut. Dalam Tugas Akhir ini peneliti memilih gedung rumah sakit sebagai objek penelitian yang mana suatu gedung rumah sakit harus dapat berfungsi dengan normal baik dalam keadaan sebelum terjadinya gempa maupun pasca terjadinya gempa dan akan direncanakan *base isolation* tipe *High Damping Rubber Bearing (HDRB)* dan dikombinasikan dengan penggunaan struktur komposit baja-beton.

A. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diambil beberapa rumusan masalah antara lain:

- 1) Bagaimana mendesain elemen struktur komposit baja-beton yang meliputi balok dan kolom
- 2) Bagaimana mendesain sambungan antar komponen struktur balok, kolom dan plat yang memenuhi kriteria Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI-1729:2019)
- 3) Bagaimana mendesain struktur gedung komposit baja-beton tahan gempa yang dilengkapi dengan *Base isolation* pada gedung Rumah Sakit.
- 4) Bagaimana merencanakan kolom di bawah *Base Isoation*.

- 5) Bagaimana merencanakan merencanakan pondasi yang memenuhi spesifikasi untuk bangunan gedung.

B. Tujuan Desain

Dari beberapa rumusan masalah diatas, maka hal-hal yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui cara mendesain bangunan gedung menggunakan struktur komposit baja-beton yang meliputi element balok dan kolom.
- 2) Mengetahui sambungan struktur balok dan balok-kolom yang memenuhi kriteria Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI-1729:2019)
- 3) Mengetahui bangunan gedung komposit baja-beton tahan gempa yang dilengkapi dengan *Base isolation* pada Gedung Rumah Sakit.
- 4) Mengetahui perencanaan kolom dibawah *Base isolation*.
- 5) Mengetahui perencanaan pondasi yang sesuai spesifikasi untuk bangunan gedung.

C. Batasan Desain

Adapun batasan desain dalam studi kasus ini adalah:

- 1) Desain komponen struktur gedung Rumah Sakit meliputi pelat, balok, kolom.
- 2) Perhitungan pembebanan mengacu pada Beban Minimum Untuk perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur (SNI 1727:2020).
- 3) Analisis perhitungan berdasarkan Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI-1729:2019).
- 4) Penampang komposit yang digunakan berupa profil baja dibungkus dengan beton bertulang.
- 5) Desain ini tidak meliputi instalansi mekanikal, elektrik, dan sanitasi.
- 6) Desain ini tidak meninjau dari segi metode pelaksanaan, analisa biaya, arsitektur dan manajemen konstruksi
- 7) Analisa gempa menggunakan Respon Spektrum
- 8) Software permodelan struktur komposit menggunakan program ETABS sedangkan gambar detail hasil perencanaan menggunakan AutoCAD
- 9) Perencanaan Base Isolator *High Damping Rubber Bearing (HDRB)* mengacu pada katalog *Bridgestone*.

D. Manfaat Desain

Adapun manfaat yang diharapkan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Dapat mendesain struktur komposit baja beton yang memenuhi persyaratan keamanan struktur sesuai Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI-1729:2019).

- 2) Dapat mendesain *Base isolation System* tipe *High Damping Rubber Bearing*.
- 3) Sebagai referensi alternatif dalam permodelan dan analisa struktur.
- 4) Hasil dari desain ini dapat dijadikan bentuk pengembangan teknologi dalam bidang teknik sipil khususnya struktur bangunan tahan gempa menggunakan sistem *base isolation*.
- 5) dapat dijadikan masukan kepada instansi terkait dan dalam merencanakan bangunan terutama bangunan tahan gempa

I. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

Sistem struktur komposit sendiri terbentuk akibat adanya interaksi antara komponen struktur baja dengan beton, yang karakteristik dasar masing-masing bahan dimanfaatkan secara optimal. Beberapa karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur baja adalah kekuatan tinggi, modulus elastilitas tinggi, serta daktilitas tinggi. Sedangkan karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur beton adalah ketahanan yang baik terhadap api, mudah dibentuk, dan murah. (Dong Keon Kim (2005) dalam Insan Wiseso (2010).

Struktur komposit dalam aplikasinya dapat merupakan elemen dari bangunan, baik sebagai kolom, dan pelat. Struktur balok komposit terdiri dari dua tipe yaitu balok komposit dengan penghubung geser dan balok komposit yang diselubungi beton. Kolom komposit dapat merupakan tabung atau pipa yang dicor beton atau baja profil yang diselubungi beton dengan tulangan longitudinal dan diikat dengan tulangan lateral. Pada struktur pelat komposit digunakan pelat beton yang bagian bawahnya diperkuat dengan deck baja bergelombang. (Ida Bagus Rai Widiarsa & Putu Deskarta, 2007).

Nugroho (2019) dalam tugas akhirnya yang berjudul Analisis Perbandingan Kinerja *Fixed Base* Dengan *Base isolation* Tipe *High Damping Rubber Bearing (HDRB)* dan Tipe *Lead Rubber Bearing (LRB)* dengan perhitungan 2D manual program studi kasus di Gedung Hotel Sutan Raja Mataram dengan analisa dua dimensi portal memanjang. Hasilnya adalah struktur dengan *base isolation* tipe *LRB* dan *HDRB* dapat mereduksi gaya horizontal hingga berturut-turut sebesar 70,23% dan 69,03% untuk kedua tingkat bahaya gempa. Pada portal melintang, struktur dengan *base isolation* tipe *LRB* dan tipe *HDRB* dapat mereduksi gaya horizontal hingga berturut-turut sebesar 75,37% dan 74,37%.

Ketentuan perencanaan Lantai komposit pada bangunan gedung pertama kali

diberlakukan dalam spesifikasi AISC 1952. Bentuk komposit pada sistem ini baja dapat diselubungi beton secara keseluruhan, atau tanpa diselubungi beton yaitu menggunakan penghubung geser. Pada kondisi komposit baja diselubungi beton, kondisi geser diterima oleh ikatan dan gesekan antara profil baja dan beton. (McCormac & Cserneck, 2012).

Isolasi seismik merupakan desain struktur sederhana untuk mengurangi potensi kerusakan akibat gempa bumi. Isolasi seismik adalah sebuah pendekatan untuk menahan gempa bumi yang didasarkan pada konsep mereduksi keperluan seismik (*seismic demand*) dari pada meningkatkan kapasitas struktur untuk menahan gempa. Pengaplikasian yang tepat pada teknologi ini akan memberikan performa struktur yang lebih baik yang pada dasarnya struktur akan elastis selama gempa besar terjadi (Naeim dan Kelly, 1999).

Prinsip dari *base isolation* adalah memisahkan antara struktur atas dengan struktur bawah gedung untuk menghindari kerusakan akibat gempa bumi. Untuk memisahkan antara struktur atas dengan struktur bawah gedung dapat menggunakan lapisan karet yang dihubungkan dengan plat baja yang disebut *elastomeric rubber bearing*. Elastomeric rubber dibagi menjadi beberapa tipe, diantaranya *High Damping Rubber Bearing (HDRB)* dan *Lead Rubber Bearing (LRB)* (Kelly, 2001).

Hayati (2017) dalam tugas akhirnya Perencanaan Dimensi Base Isolator tipe *High Damping Rubber Bearing (HDRB)* untuk Rumah Sakit Umum Daerah Kota Padang tanpa base isolator dan dengan base isolator. Perhitungan perencanaan ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi komputer. Berdasarkan hasil perencanaan, diperoleh dimensi base isolator 650 mm, tinggi 374,8 mm, reduksi gaya geser 41,34%, gaya momen tereduksi 51,63% dan gaya aksial tereduksi 23,10% pada kolom. Pemakaian base isolator untuk bangunan gedung merupakan solusi yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk daerah yang memiliki intensitas gempa yang tinggi.

Billy (2018) dalam jurnalnya membahas alternatif perencanaan struktur tahan gempa menggunakan base isolator tipe *High Damping Rubber Bearing (HDRB)* studi kasus gedung pusat pelayanan medis rumah sakit Anutapura Palu. Analisis struktur menggunakan SAP2000 3D. Dari analisis hasilnya diperoleh waktu getar bangunan dapat meningkat 82,79%, simpangan antar lantai dapat direduksi 30,78% arah x bangunan dan 33,14% arah y bangunan. Pada

kolom momen rata-rata direduksi 34,52% gaya geser sebesar 39,66%, gaya aksial 15,05%, Pada balok arah x momen dapat direndam sebesar 51,75% gaya geser sebesar 48,26% dan balok arah y berturut-turut 28,57% dan 19,22%.

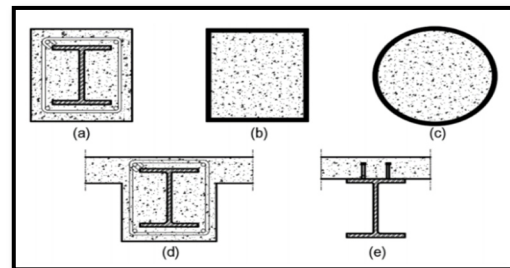
B. LANDASAN TEORI

Struktur Komposit

Struktur komposit merupakan struktur yang terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat bangunan yang lebih baik. Perencanaan komposit mengasumsikan bahwa baja dan beton berkerja sama dengan memikul beban yang berkerja, sehingga akan menghasilkan desain profil/element yang lebih ekonomis (Pujianto, 2011).

Batang komposit adalah batang yang terdiri dari profil baja dan beton yang digabung bersama untuk memikul beban tekan dan atau lentur. Batang yang memikul lentur umumnya disebut dengan balok komposit. Sedangkan batang yang memikul beban tekan umumnya disebut dengan kolom komposit.

Perpaduan baja dengan beton juga dapat menjadi salah satu material konstruksi sistem komposit. Dengan asumsi bahwa baja dan beton bekerja secara bersamaan dalam memikul beban yang bekerja pada suatu struktur, sehingga diharapkan akan menghasilkan desain profil atau element yang lebih ekonomis. Konstruksi komposit balok dan kolom komposit dapat memikul berat sendiri, berbeda dengan beton bertulang maupun beton prategang karena tulangan bajanya tidak secara struktur memikul beban. Umumnya struktur komposit dapat berupa, sebagai berikut:



Gambar 1 macam-macam struktur komposit
Pembebanan Pada Struktur Gedung

Pada perencanaan ini untuk pembebanan pada struktur mengacu pada beberapa acuan yaitu :

- 1) SNI 1726:2019
- 2) SNI 1727:2020
- 3) SKBI-1987

Kriteria Pembebanan

a) Berdasarkan SNI 1726:2019 kombinasi struktur atas (Pasal 4.2.2.1)

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 L + 0,5 (L_r atau R)
3. 1,2 DL + 1,6 (L_r atau R) + (L atau 0,5 W)
4. 1,2 DL + 1,0 WL + LL + 0,5 (L_r atau R)
5. 0,9 D + 1,0 WL
6. 1,2 DL + E_v + E_h + LL + 1,0 N
7. 0,9 DL - E_v + E_h + 1,0 N

b) Berdasarkan SNI 1726:2019 kombinasi struktur bawah (Pasal 4.2.3.1)

1. DL
2. DL + LL
3. DL + 1,0 (L_r)
4. DL + 0,75 LL + 0,75 L_r
5. DL + 0,6 W
6. DL + 0,75 (0,6 WL) + 0,75 LL + 0,75
7. 0,6 DL + 0,6 WL
8. 1,0 DL + 0,7 E_v + 0,7 E_h
9. 1,0 DL + 0,525 E_v + 0,525 E_h + 0,7 LL
10. 0,6 DL + 0,7 E_v + 0,7 E_h

Keterangan:

DL = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen

LL = Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung

L_r = Beban bidu[yang diakibatkan oleh pembebanan atap

R = Beban hujan

WL = Beban angin

E = Beban gempa

S = Beban salju

N = Beban Notional

C. Perencanaan Struktur Komposit

Perencanaan Pelat Lantai Bondek

Bondek merupakan salah satu bagian dalam perkembangan dan inovasi dari dunia konstruksi saat ini yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas serta kualitas pekerjaan konstruksi itu sendiri. Dimana bondek yang digunakan untuk pembuatan pelat lantai memiliki fungsi ganda yaitu sebagai begisting tetap dan sebagai penulangan positif satu arah, pelat bondek ditambahkan *Wiremesh* yang berfungsi untuk menambahkan kekokohan dari pelat lantai (Putri, 2017).

Menghitung jarak (d)

$$d = h - \frac{1}{2} \cdot d_d \quad (1)$$

Menghitung tinggi beton (h_c)

$$h_c = h - d_d \quad (2)$$

Menghitung jarak dari pela tatas ke sumbu netral bagian retak (Y_{cc})

$$Y_{cc} = d \cdot (\sqrt{2 \rho n + (\rho n)^2}) < h_c \quad (3)$$

$$Y_{cs} = d - Y_{cc} \quad (4)$$

Menghitung rasio modular

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (5)$$

Menghitung momen inersia (I_c)

$$I_c = \frac{b}{3xh} \cdot Y_{cc}^3 + A_s \cdot Y_{cc}^2 + I_{sf} \quad (6)$$

Menghitung *Flextural Strenght*

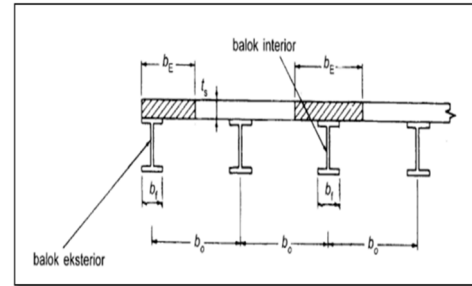
$$M_y = \frac{f_y \cdot I_c}{h - Y_{cc}} \quad (7)$$

$$M_r = \phi \cdot M_y \quad (8)$$

Perencanaan Balok Komposit

Balok Komposit (*Composite Beam*) adalah balok yang kekuatannya bergantung pada interaksi diantara dua atau lebih bahan. Balok adalah satu diantara elemen-elemen struktur yang paling banyak dijumpai pada setiap struktur. Pada dasarnya aksi komposit pada balok komposit dapat tercapai atau tidaknya tergantung dari penghubung gesernya.

a) Lebar efektif



gambar 2 lebar efektif balok komposit

Untuk balok interior

1) Untuk balok interior

$$b_E \leq \frac{L}{4} \quad (8)$$

$$b_E \leq b_o \quad (9)$$

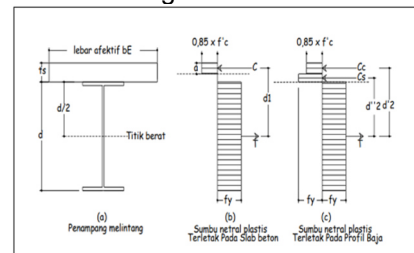
2) Untuk balok-balok Eksterior

$$b_E \leq \frac{L}{8} \text{ (Jarak pusat balok ketepi pelat)} \quad (10)$$

$$b_E \leq \frac{1}{2} b_o + \text{(Jarak pusat balok ketepi pelat)} \quad (11)$$

a) Kuat lentur nominal

Menurut SNI-1729:2019 Pasal 2a Balok komposit dengan angkur *Steel Headed Stud* ditentukan sebagai berikut:



Gambar 3 kuat lentur nominal berdasarkan tegangan plastis

- 1) Sumbu netral plastis *Plastic Natural Axis* (PNA) jatuh pada pelat beton

Dengan mengacu pada Gambar 3

(b), maka besar gaya tekan C adalah:

$$C = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b_E \quad (12)$$

Gaya Tarik T pada profil baja adalah sebesar:

$$T = A_s \cdot f_y \quad (13)$$

Dari keseimbangan gaya $C = T$, maka diperoleh:

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F'c \cdot b_g} \quad (14)$$

Kuat lentur nominal dapat dihitung dari Gambar 3

$$M_n = C \cdot d_1 \quad \text{atau} \quad (15)$$

$$M_n = T \cdot d_1 = A_s \cdot F_y \cdot \left(\frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2}\right) \quad (16)$$

- 2) Sumbu netral plastis *Plastic Natural Axis* (PNA) jatuh pada profil baja apabila ke dalam balok tegangan beton, nilai a ternyata melebihi tebal pelat beton, maka distribusi tegangan dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 2.10 (c). Gaya tekan, C_c yang bekerja pada beton adalah sebesar:

$$C_c = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b_E \cdot t_s \quad (17)$$

Dari keseimbangan gaya, diperoleh hubungan:

$$T = C_c + C_s \quad (18)$$

Besarnya menyamakan persamaan (2-53) dan (2-54) diperoleh:

$$C_s = \frac{A_s \cdot f_y - C_c}{2} \quad (19)$$

Dengan menyamakan persamaan (19) diperoleh persamaan berikut:

$$C_s = \frac{A_s \cdot f_y - 0,85 \cdot f'c \cdot b_g \cdot t_s}{2} \quad (20)$$

Maka kuat lentur nominal diperoleh dengan memperhatikan Gambar 3.

$$M_n = C_c \cdot d'2 + C_s \cdot d''2 \quad (21)$$

a) Penghubung geser

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi slip pada saat masa layan. Sejumlah penghubung geser diperlukan untuk membuat sebuah balok dapat berfungsi kompoai penuh.



Pada pasal 19 SNI-1729:2019 kekuatan geser nominal atau angkur steel headed stud yang ditanam pada suatu pelat solid atau pada pelat komposit dengan dek harus ditentukan sebagai berikut:

$$Q_u = 0,5 \cdot A_{sa} \cdot \sqrt{f'c \cdot E_c} \leq R_g \cdot R_p \cdot A_{sa} \cdot f_u \quad (22)$$

Menentukan gaya geser horizontal

$$V_h = 0,85 \cdot f'c \cdot A_c \quad (23)$$

$$V_h = A_g \cdot f_y \quad (24)$$

Untuk keefisien reduksi (r_s)

$$r_s = \frac{0,85}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{W_r}{h_r}\right) \cdot \left[\left(\frac{h_s}{h_r}\right) - 1\right] \leq 1 \quad (25)$$

Perencanaan Kolom Komposit

Kekuatan tekan desain, $\phi_c P_n$, dan kekuaran tekan yang diizinkan, P_n / Ω_n , komponen ini dibebani secara aksial simetris ganda harus ditentukan untuk keadaan batas tarik dari tekuk lentur berdasarkan kelangsingan komponen struktur sebagai berikut:

$$\phi_c = 0,75 \quad (\text{DFBK}) \quad \Omega_c = 2,00 \quad (\text{DKI})$$

Kekuatan tekan aksial nominal tanpa mempertimbangkan efek kelangsingan, P_{no} dihitung,

$$P_{no} = F_y \cdot A_s + F_{ysr} \cdot A_{sr} + 0,85 \cdot f'c \cdot A_c \quad (26)$$

Perhitungan efek kelangsingan menurut SNI-1729:2019 Pasal 12.1b sebagai berikut:

- a) Untuk, $\frac{P_{no}}{P_e} \leq 2,25$, maka

$$P_n = P_{no} \left(0,658 \frac{P_{no}}{P_e}\right) \quad (27)$$

b) Untuk, $\frac{P_{no}}{P_e} \geq 2,25$, maka
Maka $P_n = 0,877 P_e$ (28)

Kekuatan Tarik yang tersedia dari komponen struktur ini yang dibebani secara aksial harus ditentukan untuk keadaan batas leleh berdasarkan SNI-1729:2019 Pasal Ic sebagai berikut:

$$P_n = F_y \cdot A_s + F_{ysr} \cdot A_{sr} \quad (29)$$

Dengan $\phi_1 = 0,9$

Perencanaan Sambungan (Mutu Tinggi) Persyaratan Spasi Baut

Rumus kuat baut per satu (1) bidang geser adalah

$$R_n = F_{nv} \cdot A_b \quad (30)$$

Rumus kuat geser blok baut adalah sebagai berikut:

$$R_n = 0,6 F_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt} \leq 0,6 F_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt} \quad (31)$$

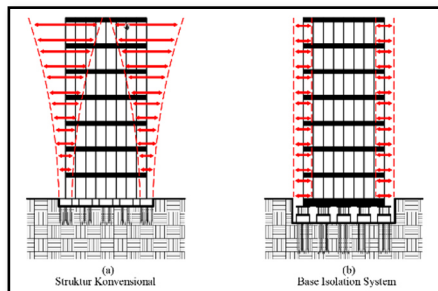
Besarnya tahanan slip untuk kondisi batas slip atau R_n untuk mutu tinggi berdasarkan AISC (2010) adalah sebagai berikut:

$$R_n = \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s \quad (32)$$

Base Isolation

Base isolation System merupakan sistem bangunan tahan gempa yang mana bekerja dengan menjaga struktur di atasnya sebagai satu kesatuan dan terpisah dengan struktur bawah atau struktur pondasinya yang mana dihubungkan dengan sebuah Isolator dengan bantalan *elastomeric* dan *Friction Pendulum System*. Pada bangunan yang menerapkan *Base isolation System*, getaran yang terjadi pada pondasi akan melewati bantalan karet terlebih dahulu sebelum memasuki sistem struktur.

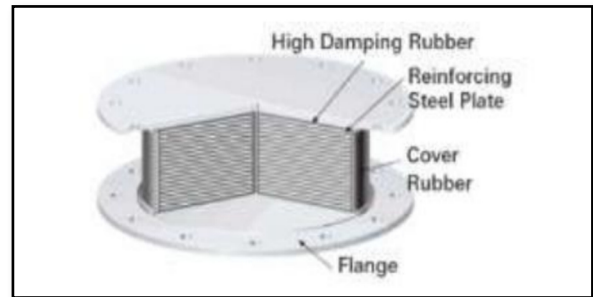
Perbandingan antara bangunan konvensional dengan bangunan yang menerapkan *Base isolation System* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Perbandingan struktur gedung Konvensional (a) dengan struktur Base isolation System (b)

High Damping Rubber Bearing (HDRB)

High Damping Rubber Bearing (HDRB) merupakan bahan anti seismic yang dikembangkan dari karet alam ataupun karet sintetis yang mempunyai kekakuan horizontal yang relative kecil.



Gambar 5 High Damping Rubber Bearing (Sumber: Brosur Isolation Bridgestone)

Karakteristik Desain Dimensi Base Isolation High Damping Rubber Bearing (HDRB)

Adapun tahapan-tahapan dalam mendesain *High Damping Rubber Bearing (HDRB)* adalah:

a) Menentukan berat struktur total (W) dan reaksi-reaksi yang terjadi pada struktur melalui program *ETABS v.20.0*

b) Menentukan ketebalan Rubber (t_r) sesuai dengan *katalog bridgestone*

c) Menghitung kekakuan horizontal (K_H)

$$K_H = \frac{G \cdot A}{T_r} \quad (33)$$

$$K_V = \frac{E_c \cdot A_s}{T_r} \quad (34)$$

d) Menentukan luasan rubber dengan rumus lain kekakuan horizontal

$$K_H = \frac{G \cdot A}{T_r} \rightarrow A = \frac{K_H \cdot T_r}{G} \quad (35)$$

e) Menentukan diameter bearing isolator

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (\Phi)^2 \quad (36)$$

$$\Phi = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \quad (37)$$

f) Menentukan factor bentuk dan bentuk kompersi

factor bentuk dirumuskan sebagai berikut:

$$S = \frac{\phi}{4t} \quad (38)$$

Pada elastomer yang berbentuk lingkaran penuh, maka modulus kompersi dirumuskan sebagai berikut:

$$E_c = 6 \cdot G \cdot S^2 \quad (39)$$

Pada elastomer yang berbentuk lingkaran penuh, maka modulus kompresi dirumuskan sebagai berikut:

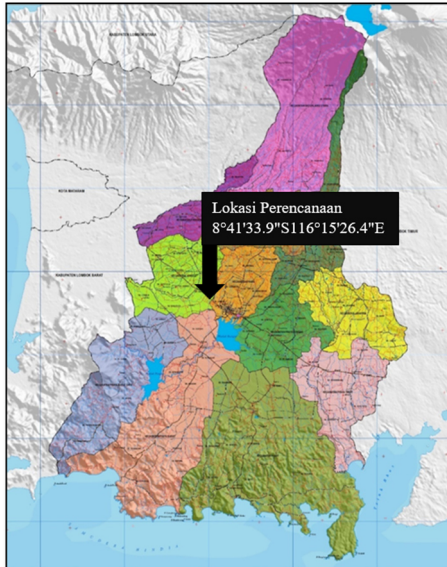
$$E_c = 6,73 \cdot G \cdot S^2 \quad (40)$$

- g) Menentukan data-data yang berkaitan dengan properti dimensi, yang dapat dilihat dari brosur yang digunakan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

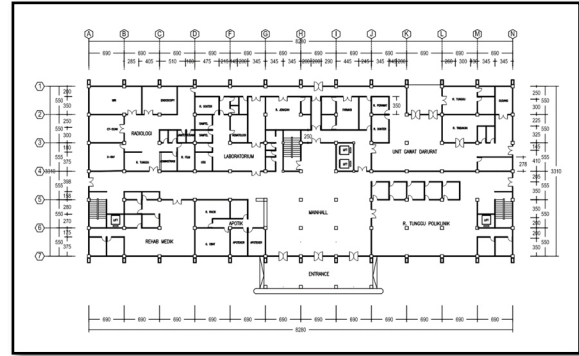
A. Lokasi dan Deskripsi Detail Gedung

Perencanaan struktur gedung rumah sakit ini terletak di jl. Mandalika Kelurahan Leneng Kecamatan Praya Tengah Kabupaten Lombok Tengah pada koordinat $8^{\circ}41'33.9''S$ $116^{\circ}15'26.4''E$ / $-8.692736, 116.257334$. Struktur bangunan ini terdiri dari 7 lantai, 1 *Rooftop* dengan menggunakan konstruksi struktur gedung komposit baja-beton dan dengan *Base Isolation System*.



Gambar 7 Peta lokasi Perencanaan Struktur Gedung Rumah sakit

Model struktur berupa gambar rencana untuk perencanaan struktur gedung ini terdiri dari denah, tampak potongan dan view tiga dimensi seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 8 Denah lantai dasar rencana struktur gedung komposit baja-beton

B. Tahapan Studi

Tahapan persiapan yang dimaksud adalah pengumpulan data-data seperti studi literatur dan pengumpulan referensi-referensi terkait. Referensi yang dimaksud pada tugas akhir ini antara lain adalah jurnal-jurnal, artikel dan tugas akhir yang berkaitan dengan perencanaan struktur gedung komposit dan perencanaan *Base Isolation System*, serta buku-buku terkait dengan Perencanaan Struktur Gedung Rumah Menggunakan Struktur Komposit Baja-Beton dan Base Isolator.

C. Data Perencanaan dan Analisa Struktur Gedung

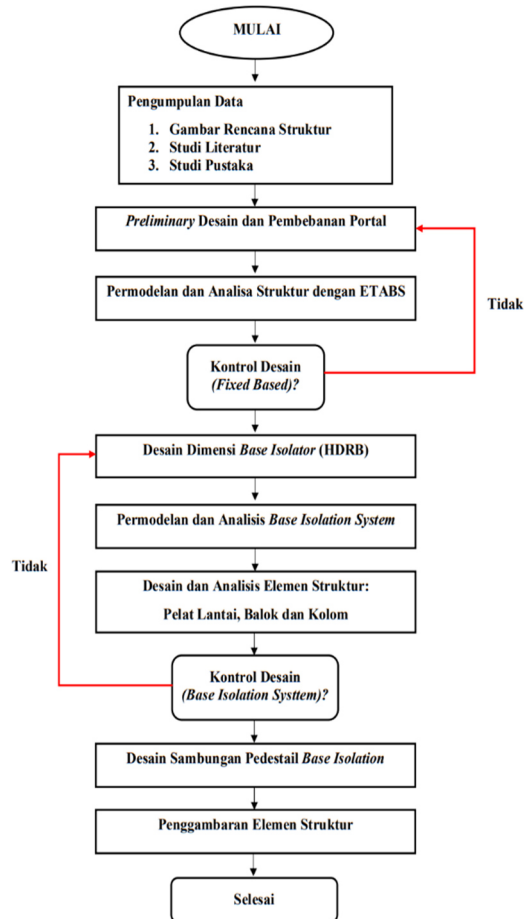
Data yang digunakan dalam perencanaan ini terdiri dari :

- a) Data umum bangunan meliputi :

Fungsi Gedung	: Rumah sakit
Jumlah lantai	: 8 lanti + 1 Rooftop
Tinggi gedung	: 34 m
Kontruksi bangunan	: Komposit Baja Beton dengan <i>Base Isolation System</i>
- b) Data bahan material meliputi :

Mutu beton ($f'c$)	= 30 MPa
Mutu profil baja (f_y)	= 250 Mpa (BJ 41)
mutu baja tulangan	= 410 Mpa.

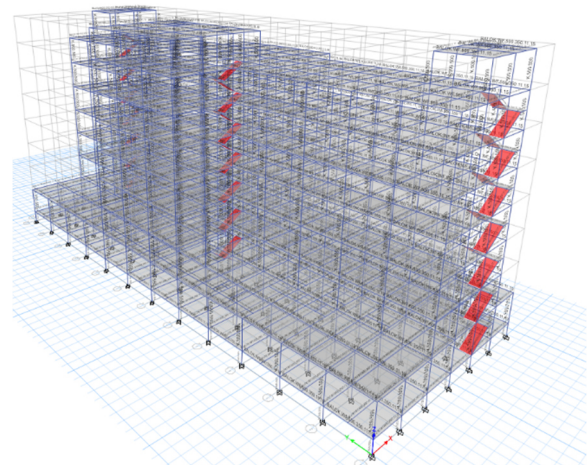
D. Bagan Alir



Gambar 10 Bagan alur perencanaan struktur gedung Komposit dan Base Isolator

III. HASIL DAN ANALISIS DESAIN Permodelan Struktur

Setelah semua beban di hitung yaitu beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, beban gempa (statik dan dinamik) dan beban angin, maka selanjutnya struktur bangunan dimodelkan dengan menggunakan software *ETABS*. Hasil analisis dari program *ETAB* berupa gaya geser maksimum, *fundamental time period*, simpangan antar lantai, rasio partisipasi massa, dan gaya-gaya dalam struktur. Data-data tersebut yang nantinya akan digunakan dalam perencanaan struktur gedung komposit dan *Base Isolation System*.



Gambar 16 Model 3D Struktur Komposit (Fixed Base)

Sistem struktur *base isolator* Data Gedung Rumah Sakit

Perencanaan Base Isolator pada Gedung Rumah Sakit dengan data perencanaan sebagai berikut:

- a) Mutu Baja, = BJ41
- b) Mutu Beton, $f'c$ = 30MPa
- c) Panjang Gedung, $L = 84$ m
- d) Lebar Gedung, $B = 38,5$ m
- e) Tinggi Total = 34 m
- f) Tinggi antar lantai
Lantai Service = 2 m
Lantai Dasar = 4 m
Lantai Hotel = 4 m
- g) Tebal Pelat Bondex = 150 mm
= 130 mm
= 100 mm
- h) Dimensi Kolom Beton = K.550.550
= K.600.600
= K.650.650

Profil WF :
WF.450.450.25.32
WF.350.350.16.25
WF.200.200.7.11

Keterangan	KOLOM 650.650	KOLOM 600.600	KOLOM 550.550
Penampang			
Baja Tulangan	Besi Ulir 12D25	Besi Ulir 12D20	Besi Ulir 12D20
Profil Baja	WF.450.450.25.32	WF.350.350.16.25	WF.350.350.16.25

Gambar 14 Rencana penampang kolom komposit terbungkus beton

i) Dimensi Balok :

B.WF.600.350.11.19




B.WF.500.350.11.15

B.WF.500.300.11.15

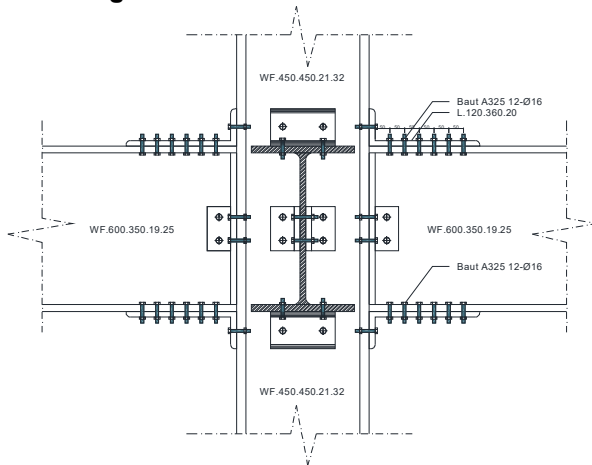
B.WF.400.250.9.13

B.WF.350.200.9.11

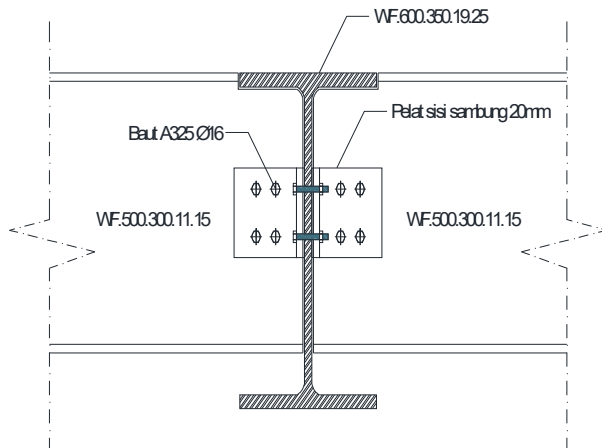
Besarnya profil baja yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 15

Keterangan	Balok 600.350	Balok 500.350	Balok 350.200
Penampang			
Shear Connector	Headed Stud D16-195	Headed Stud D16-195	Headed Stud D16-195
Profil Baja	WF.600.350.19.25	WF.500.350.11.15	WF.350.200.9.11

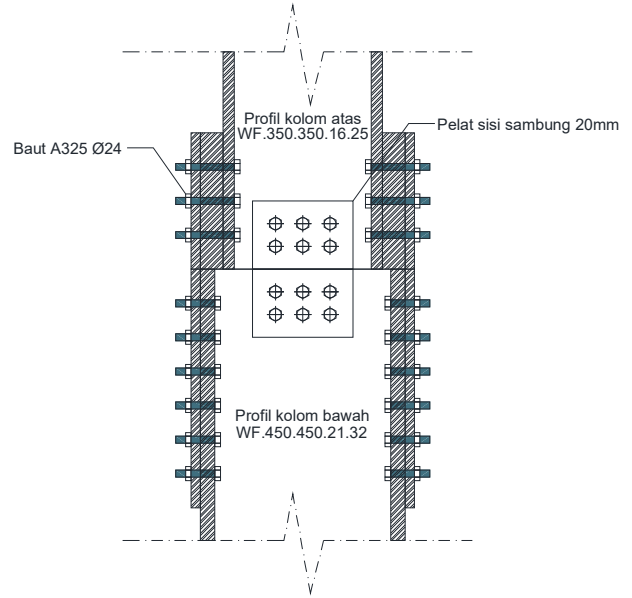
Gambar 15 Rencana penampang balok komposit
Sambungan antar elemen struktur
Sambungan balok kolom



Sambungan Balok-Balok



Sambungan Kolom-kolom



Data-data Perencanaan Base Isolator tipe HDRB

Berikut adalah data-data untuk keperluan perencanaan dimensi base isolator

a) Berat Struktur (Wt) = 183668.877 kN

b) Periode target (T)

$$T_D = 2,5$$

$$T_M = 3,0$$

c) Parameter percepatan spektral

$$S_{D1} = 0,506 (g)$$

$$S_{M1} = 0,759 (g)$$

d) Rendaman target (β) = 15 %

e) Koefisien rendaman

$$B_D = 1,35$$

$$B_M = 1,35$$

f) Maksimum shear strain (γ) = 150%

g) Percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/s²

h) Jumlah bearing (n) = 35

i) Modulus geser (G) = 0,620 MPa
= 620 kN/m²

Perencanaan Dimensi Base Isolator

1) Perencanaan perpindahan rencana (D_D)

$$D_D = \frac{g \times S_{D1} \times T_D}{4 \times \pi^2 \times B_D}$$

$$D_D = \frac{9,81 \times 0,506 \times 2,5}{4 \times 3,14^2 \times 1,35}$$

$$D_D = 0,233 \text{ m}$$

2) Perencanaan ketebalan rubber (t_r)

$$\gamma = \frac{D_D}{t_r}$$

$$t_r = \frac{D_D}{\gamma}$$

$$t_r = \frac{0,233}{1,5}$$

$$t_r = 0,155 \text{ m}$$

Ukuran ketebalan rubber disesuaikan dengan katalog bridgestone ketebalan rubber yang digunakan adalah 0,160

- 3) Perencanaan kekakuan horizontal (K_H)

$$K_H = \frac{w}{g} \times \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2$$

$$K_H = \frac{183668.877}{9,81} \times \left(\frac{2 \times 3,14}{2,5} \right)^2$$

$$K_H = 118142,412 \text{ kN/m}$$

- 4) Perencanaan luasan Bearings

$$A_t = \frac{K_H \times t_r}{G}$$

$$A_t = \frac{118142,412 \times 0,160}{0,620}$$

$A_t = 30,488 \text{ m}^2$ maka luasan perlu untuk 1 buah bearing adalah

$$A_p = \frac{A_t}{n}$$

$$A_p = \frac{30,488}{37}$$

$$A_p = 0,824 \text{ m}^2$$

- 5) Perencanaan Diameter Bearing

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times (\phi)^2$$

$$\phi = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$\phi = \sqrt{\frac{4 \times 0,824}{3,14}}$$

$$\phi = 1,024 \text{ m}$$

Digunakan diameter bearing HH110X6R (Ukuran disesuaikan dengan dimensi pada katalog bridgestone. Sehingga dapat ditentukan luasan bearing

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times (\phi)^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (1,0)^2$$

$$A = 0,785 \text{ m}^2$$

- 6) Perencanaan kekakuan efektif bearing

$$K_e = \frac{G \times A}{t_r} \times \text{jumlah kolom}$$

$$K_e = \frac{0,620 \times 0,824}{0,160} \times 107$$

$$K_e = 341651 \text{ kN/m}$$

- 7) Redaman efektif bearing

Dikutip dalam buku Seismic Isolation for Designers and Structural Engineer, untuk menentukan redaman HDRB dapat menggunakan hubungan antara modulus geser dengan nilai redaman ekivalen. Dalam perencanaan struktur gedung rumah sakit ini digunakan propertis material sesuai

dengan katalog bridgestone dengan nilai modulus geser (G) 0,620 MPa dan nilai geser 150% maka didapatkan nilai (B_{eff}) = 23 %.

Mengacu pada katalog bridgestone, base isolation yang sesuai dengan hasil perhitungan adalah HH0110X6R. Dengan data-data spesifikasi dibawah:

Beban aksial minimal (P) = 3401,773 kN

Diameter bearings (d_r) = 1100 mm

Modulus (G) = 0,620

Tebal lapisan rubber (t_r) = 7,4 mm

Jumlah lapisan rubber (n_r) = 27

Tebal pelat (t) = 4,4

Tinggi total (H_t) = 390,2 mm

Redaman efektif (B_{eff}) = 0,23 %

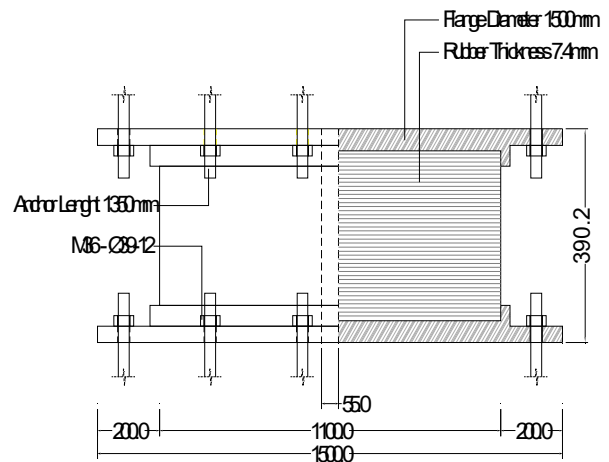
Kekakuan efektif (K_e) = 341651

Total wight isolator (W) = 20,1 kN

First shape factor, S₁ = 35,3

Second shape factor, S₂ = 5,51

Kode Coloum (Etabs) = C77



Gambar 16 Detail base isolator High Damping Rubber Bearing HH110X6R

Hasil Analisa Struktur Base Isolator Kontrol Modal Partisipasi Massa

Berdasarkan hasil modifikasi peningkatan jumlah Mode, telah didapatkan jumlah partisipasi massa minimum lebih dari 90%. Hal ini telah sesuai dengan SNI 1726- 2019 Pasal 7.9.1.1. Adapun hasil Etabs untuk partisipasi massa ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Modal Partisipasi Massa Struktur Base Isolator

Mode	Period Sec	UX	UY	SumUX	SumUY
1	2,112	0,031	0,1079	0,031	0,1079
2	1,829	0,0085	0,8626	0,0395	0,9705
3	1,55	0,9105	0,0008	0,95	0,9713
4	0,663	0,0001	0,0274	0,95	0,9987
5	0,628	0,02	0,0001	0,97	0,9987
6	0,599	0,0281	0,000004194	0,9981	0,9987
7	0,287	0	0,0007	0,9981	0,9995
8	0,269	0,0012	0,000000636	0,9993	0,9995
9	0,256	0,00003814	0,000006055	0,9993	0,9995
10	0,176	0	0,0003	0,9993	0,9997
11	0,163	0,0004	0	0,9997	0,9997
12	0,154	0,000004261	0,000004481	0,9997	0,9997
13	0,13	0	0,0002	0,9997	0,9999
14	0,121	0,0002	0	0,9999	0,9999
15	0,111	0,000003516	0,000003402	0,9999	0,9999
16	0,104	0	0,0001	0,9999	1

Kontrol Simpangan Struktur

Berikut contoh perhitungan simpangan struktur komposit pada lantai 5:

Simpangan ijin antar lantai

$$(\Delta_a) = 0,015 \times h_x$$

$$(\Delta_a) = 0,010 \times 4000 \text{ (Lantai layanan rumah sakit)}$$

$$(\Delta_a) = 40 \text{ mm}$$

Simpangan tingkat (δe_5)

95,257 mm (Output ETABS)

Simpangan tingkat diperbesar (δe_5)

$$(\delta e_5) = \frac{C_d \times (\delta e_5)}{I_e}$$

$$(\delta e_5) = \frac{5,5 \times 95,257}{1,5}$$

$$(\delta e_5) = 349,28$$

Simpangan antar lantai (Δ_i)

$$(\Delta_i) = \delta_{e5} - \delta_{e6}$$

$$(\Delta_i) = 349,28 - 367,70$$

$$(\Delta_i) = 23,02 \text{ mm}$$

Kontrol simpangan (Δ_i) = 51,92 < (Δ_a) = 60 mm
... **OK**

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 2 dan 3

Tabel 2 Perhitungan simpangan antar lantai arah X Sistem base isolator

TABLE: Story Response EQX							
Story	hsx	h	δe	Δ	Δ_i	Δ_{ijin}	Status
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Lantai Atap	34	4000	106,375	390,04	9,57	40	OK
RoofTop	30	4000	103,764	380,47	12,77	40	OK
Lantai 6	26	4000	100,281	367,70	18,42	40	OK
Lantai 5	22	4000	95,257	349,28	23,02	40	OK
Lantai 4	18	4000	88,98	326,26	22,43	40	OK
Lantai 3	14	4000	82,862	303,83	20,77	40	OK
Lantai 2	10	4000	77,198	283,06	16,98	40	OK
Lantai 1	6	4000	72,566	266,08	13,38	40	OK
Lantai Dasar	2	2000	68,918	252,70	5,74	20	OK
Lantai Pemeliharaan	0	2000	67,352	246,96	-5,74	20	OK

Tabel 3 Perhitungan simpangan antar lantai arah Y Sistem base isolator

TABLE: Story Response EQY							
Story	hsx	h	δe	Δ	Δ_i	Δ_{ijin}	Status
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Lantai Atap	34	4000	87,175	319,64	5,97	40	OK
RoofTop	30	4000	85,547	313,67	10,09	40	OK
Lantai 6	26	4000	82,796	303,59	14,83	40	OK
Lantai 5	22	4000	78,751	288,75	18,81	40	OK
Lantai 4	18	4000	73,621	269,94	18,25	40	OK
Lantai 3	14	4000	68,644	251,69	16,84	40	OK
Lantai 2	10	4000	64,052	234,86	11,79	40	OK
Lantai 1	6	4000	60,836	223,07	11,40	40	OK
Lantai Dasar	2	2000	57,727	211,67	5,50	20	OK
Lantai Pemeliharaan	0	2000	56,226	206,16	-5,50	20	OK

Kontrol perpindahan base isolator akibat gempa arah X

$$\delta e = 101,028 \text{ mm} < D_M = \frac{g \times S_{M1} \times T_M}{4 \times \pi^2 \times B_M} = \frac{9,81 \times 0,579 \times 3,0}{4 \times 3,14^2 \times 1,35} = 419,545 \text{ mm}$$

Kontrol perpindahan base isolator akibat gempa arah Y

$$\delta e = 84,339 \text{ mm} < D_M = \frac{g \times S_{M1} \times T_M}{4 \times \pi^2 \times B_M} = \frac{9,81 \times 0,579 \times 3,0}{4 \times 3,14^2 \times 1,35} = 419,545 \text{ mm}$$

IV. PEMBAHASAN

Perbandingan Periode Getar Alami Struktur Fixed Base dan Base Isolator

Tabel 7 Perbandingan periode struktur Base Isolator dengan Fixed Base

Mode	Periode Struktur	
	Base Isolator	Fixed Base
	(detik)	(detik)
1	2,605	0,999
2	2,593	0,991
3	2,159	0,888
4	0,697	0,353
5	0,668	0,345

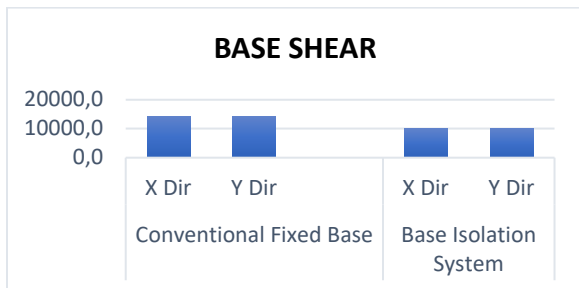
Periode struktur pada Base Isolation System meningkat diakibatkan oleh kekakuan efektif dari isolator. Dapat dilihat bahwa base isolator yang memiliki effective stiffnes yang lebih kecil akan meningkatkan nilai periode getar struktur yang lebih besar dan sebaliknya sehingga nilai dari effective stiffnes dari base isolator akan sangat mempengaruhi periode getar struktur.

Perbandingan Base Shear Struktur Fixed Base dan Struktur Base Isolator

Perbandingan nilai gaya geser dasar dapat dilihat pada tabel 8 dan gambar 17 berikut ini.

Tabel 8 Perbandingan nilai Gaya Geser Dasar Base Isolator dengan Fixed Base

Arah Tinjau	Gaya Geser Dasar (Base Shear)	
	Base Isolation (kN)	Fixed Base (kN)
Arah X	9974,9	14346,2
Arah Y	9974,9	14346,2



Gambar 17 Perbandingan nilai Gaya Geser Dasar Base Isolator dengan Fixed Base

Perbandingan Simpangan Struktur Fixed Base dan Struktur Base Isolator

Perbandingan nilai simpangan struktur dapat dilihat pada Tabel 9, Tabel 10, Gambar 18 dan Gambar 19

Tabel 9 Perbandingan nilai Simpangan antar lantai Base Isolator dengan Fixed Base arah X

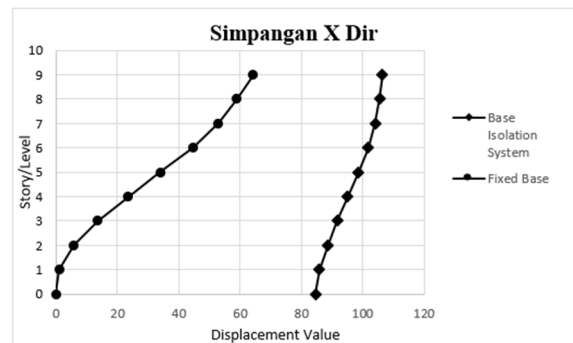
Story/Lantai	Story/Lantai	Base Isolation System	Fixed Base
9	Lantai Atap	106,264	64,151
8	RoofTop	105,405	58,9
7	Lantai 6	103,973	52,909
6	Lantai 5	101,711	44,507
5	Lantai 4	98,567	33,979
4	Lantai 3	95,002	23,475
3	Lantai 2	91,56	13,602
2	Lantai 1	88,62	5,75
1	Lantai Dasar	85,806	0,928
0	Basement	84,63	0

Tabel 10 Perbandingan nilai Simpangan antar lantai Base Isolator dengan Fixed Base arah Y

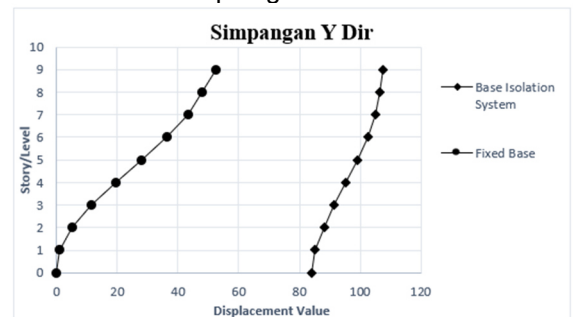
Story/Lantai	Story/Lantai	Base Isolation System	Fixed Base
9	Lantai Atap	107,499	52,351
8	RoofTop	106,549	47,893
7	Lantai 6	104,977	43,209
6	Lantai 5	102,487	36,512

Story/Lantai	Story/Lantai	Base Isolation System	Fixed Base
5	Lantai 4	99,026	27,972
4	Lantai 3	95,079	19,454
3	Lantai 2	91,343	11,44
2	Lantai 1	88,264	5,013
1	Lantai Dasar	85,176	0,813
0	Basement	83,957	0

Nilai simpangan pada sistem struktur dengan base isolator berturut-turut sebesar 67,352 mm dan 56,226 mm untuk kedua arah. Simpangan pada dasar struktur base isolator dipengaruhi oleh kekakuan efektif dan redaman efektif dari base isolator tersebut.



Gambar 18 Grafik perbandingan Displacement tiap tingkat arah X



Gambar 19 Grafik perbandingan Displacement tiap tingkat arah Y

Perbandingan Nilai Simpangan Antar Tingkat Lantai Struktur Fixed Base dan Struktur Base Isolator

Nilai perbandingan nilai simpangan antar lantai yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 11 dan tabel 12.

Tabel 11 Perbandingan simpangan antar tingkat (Story drift) Base Isolation System dengan Fixed Base arah X

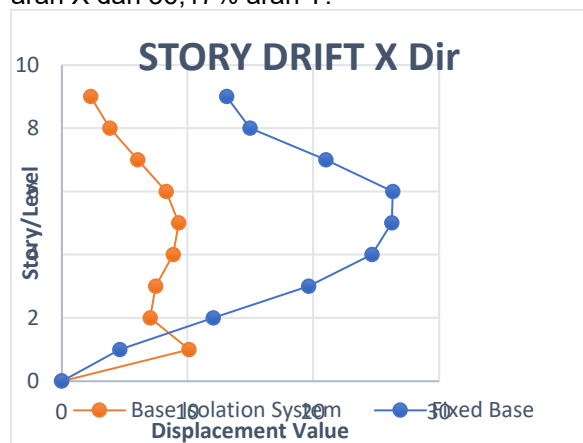
Story/Lantai	Base Isolation System	Fixed Base
Lantai Atap	5,27	13,13
RoofTop	8,85	14,98

Lantai 6	13,22	21,01
Lantai 5	17,26	26,32
Lantai 4	18,41	26,26
Lantai 3	16,73	24,68
Lantai 2	12,79	19,63
Lantai 1	9,65	12,06
Lantai Dasar	130,82	4,64
Basement	0	0

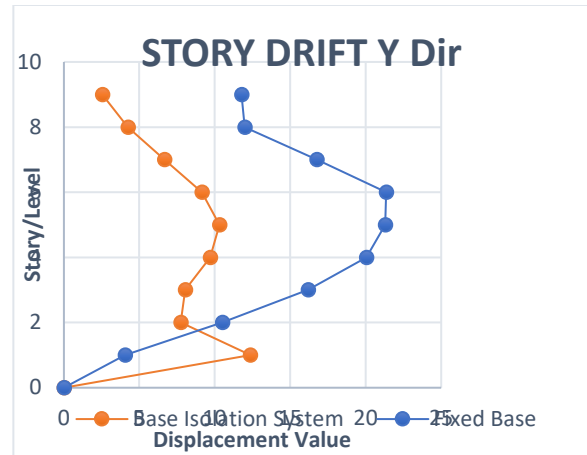
Tabel 12 Perbandingan simpangan antar tingkat (Story drift) Base Isolation System dengan Fixed Base arah Y

Story/Lantai	Story Drift (mm)	
	Base Isolation System	Fixed Base
Lantai Atap	4,65	11,77
RoofTop	7,46	11,98
Lantai 6	11,43	16,76
Lantai 5	15,16	21,35
Lantai 4	16,39	21,29
Lantai 3	14,77	20,04
Lantai 2	11,16	16,18
Lantai 1	10	10,5
Lantai Dasar	182,86	4,06
Basement	0	0

Dari Tabel perbandingan di atas didapatkan nilai simpangan antar tingkat (*story drift*) yang terjadi, dari tabel 4.25 didapatkan bahwa struktur dengan Base Isolation System terbukti dapat mereduksi simpangan antar tingkat/story drift pada struktur sebesar 36,35% arah X dan 36,17% arah Y.



Gambar 20 Grafik perbandingan Story Drift Base Isolation System dengan Fixed Base arah X.



Gambar 21 Grafik perbandingan Story Drift Base Isolation System dengan Fixed Base arah Y.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil analisis yang sudah dilakukan pada perencanaan gedung rumah sakit menggunakan program *ETABS*. Maka perencanaan struktur gedung rumah sakit menggunakan struktur komposit baja-beton dan base isolator ini dapat kita ambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Material yang digunakan dalam perencanaan ini dengan mutu beton 30 MPa, mutu profil baja BJ41, sehingga didapatkan dimensi dari element-element struktur Pelat, Balok dan Kolom sebagai berikut:
- 2) Pada perencanaan sambungan element struktur balok dan kolom digunakan sambungan baut mutu tinggi dengan spesifikasi sambungan A325M16
- 3) Perencanaan dimensi base isolator yang mengacu pada berat total struktur dan gaya aksial yang bekerja pada struktur, didapatkan diameter base isolator tipe High Damping Rubber Bearing dengan diameter Rubber sebesar 1100 mm. untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran katalog *bridgestone* dengan kode HH110X6R.
- 4) Untuk hasil perbandingan perencanaan antara struktur konvensional dengan struktur base isolator didapatkan perbandingan nilai yang cukup signifikan antara lain:
 - a. Perbandingan periode struktur antara struktur konvensional dengan struktur dengan base isolator didapatkan nilai untuk struktur konvensional sebesar 0,999 untuk

- arah X dan 0,991 untuk arah Y sedangkan untuk struktur dengan base isolator didapatkan nilai periode struktur sebesar 2,112 detik untuk arah X dan 1,829 untuk arah Y jadi dengan penggunaan base isolator terbukti dapat meningkatkan nilai periode struktur pada bangunan.
- b. Perbandingan untuk nilai gaya geser dasar (*Base Shear*) untuk sistem struktur konvensional atau fixed base didapatkan nilai gaya geser dasar sebesar 14346 kN untuk arah X dan Y sedangkan setelah penggunaan base isolator nilai gaya geser dasar sebesar 9974,9 kN untuk arah X dan Y jadi penggunaan base isolator terbukti dapat mereduksi gaya geser dasar pada struktur bangunan.
 - c. Untuk perbandingan nilai simpangan yang terjadi pada dasar bangunan, untuk struktur konvensional atau fixed base tidak memungkinkan terjadinya simpangan pada dasar bangunan dikarenakan struktur atasnya terikat dengan pondasi sedangkan untuk struktur dengan base isolator didapatkan nilai simpangan dasar sebesar 32,189 mm untuk arah X dan 43,928 mm untuk arah Y. Simpangan itu terjadi dikarenakan penggunaan dari base isolator itu sendiri yang memisahkan bangunan atas dengan pondasinya yang mengakibatkan struktur atasnya bersifat fleksibel.
 - d. Penggunaan dari base isolator pada gedung dapat mereduksi nilai simpangan antar lantai yang terjadi pada struktur sebesar 35,35% untuk arah X dan 29,91% untuk arah Y.
- 5) Dari hasil perencanaan untuk dimensi kolom pedestail bawah base isolator didapatkan sebesar 1500mm x 1500mm dengan tulangan longitudinal 50 D25 disesuaikan dengan diameter flange dari base isolator.

Saran :

Berdasarkan hasil analisis perencanaan struktur gedung rumah menggunakan struktur komposit baja beton dan base isolator terdapat beberapa saran yang perlu dipertimbangkan untuk keperluan penelitian lebih lanjut antara lain:

- 1) Diperlukan desain perencanaan yang mempertimbangkan aspek pelaksanaan dan perhitungan anggaran biaya sehingga didapatkan hasil perencanaan yang lebih baik.

- 2) Untuk penelitian selanjutnya bisa dicoba menggunakan program Tekla Structures yang mana sudah *support BIM* dan tidak hanya terpaku pada program *ETABS* maupun *SAP2000*.
- 3) Untuk penelitian selanjutnya bisa juga untuk memvariasikan jenis base isolator yang digunakan untuk mendapatkan perbandingan yang lebih bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- AISC. (2006). *Steel Design Guide Series 1 2nd Edition Base Plate and Anchor Rod Design*, American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois.
- AISC. (2010). *Spesification for structural Steel Building (ANSI/AISC 360-10)*, American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois, June 2010.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur Lainnya SNI 1727:2020*. Departemen Pekerjaan Umum: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural SNI 1729:2020*. Departemen Pekerjaan Umum: Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2019*. Departemen Pekerjaan Umum: Jakarta.
- Billy, (2018). *Alternatif Perencanaan Struktur Tahan Gempa Menggunakan Base Isolator tipe High Damping Rubber Bearing Studi Kasus Pusat Pelayanan Medis Rumah Sakit Anutapura, Palu*.
- Bridgestone, (2017). *Seismic Isolation Product Line-Up*. Bridgestone Corporation. Jepang.
- Dewabroto, W. (2016). *Struktur Baja Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010*. Lumina Press: Jakarta.
- Hayati, (2017). *Perencanaan Dimensi Base Isolator tipe High Damping Rubber Bearing pada Rumah Sakit Padang daerah tanpa Base Isolator dan dengan base isolator*.
- Ida Bagus Rai, dkk. (2007). *Kuat Geser Baja Komposit Dengan Variasi Tinggi*

Penghubung GGeser Tipe-T Ditinjau Dari Uji Geser Murni. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil.

Kelly, E.T., (2001). *Base Isolation of Structures: Design Guidelines.* Holmes Consulting Group Ltd.Wellington.

Nugroho, Rakaditya. 2019. *Analisis Perbandingan Kinerja Fixed Base dengan Base Isolation tipe High Damping Rubber Bearing (HDRB) dan Lead Rubber Bearing (LRB) studi kasus di Gedung Hotel Sutan Raja Mataram.* Universitas Mataram: Mataram.

SKBI – 1.3.53.1987. *Pediman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung.* Departemen Pekerjaan Umum: Jakarta.

Tular, R.B., 1984. *Perencanaan Bangunan Tahan Gempa.* Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.