

STUDI PERBANDINGAN KINERJA GEDUNG MENGUNAKAN BASE ISOLATOR TYPE HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB) 8 LANTAI DAN 25 LANTAI (Studi Kasus: Rumah Susun Politeknik Pekerjaan Umum)

Fasikhullisan^{1,*}, Antonius², Prabowo Setiyawan²

¹*Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang
Jl. Raya Km.4 Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50112*

²*Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik UNISSULA
Jl. Raya Km.4 Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50112*

^{*}*Correspondent Author: fasikhullisansukses@gmail.com*

Abstract

In recent years a number of areas in the country have experienced earthquakes, resulting in deaths and damage to buildings. Indonesia is located in the Pacific Volcano Rim and is a country with the most active volcanoes in the world, so earthquakes often occur. In this thesis, a comparative analysis of the use of Base Isolators in an 8-storey building and a case study of Semarang Public Works Polytechnic Flats is conducted. The analysis uses ETABS V18 Software. The Vibration Period of the 8-Storey Building without Base Isolator in the X direction is 0.597s and when added Base Isolator becomes 2.099s Reduction of 58% while the Vibration Period of the 25-Storey Building without Base Isolator in the X direction is 2.65s and which has been given a Base Isolator of 2.902s Reduction of 8,7%. In conclusion, the higher the building, the smaller the Reduction Rate or the less useful the use of Base Isolator.

Keywords: *Earthquake, HDRB, Base Isolator, High Rise Building, Reduction, Analysis*

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir sejumlah wilayah di Tanah Air mengalami gempa bumi seperti di pulau Lombok, Manggarai, Palu dan Gumbang di Aceh Barat, yang mengakibatkan kematian dan kerusakan bangunan. Indonesia terletak di Lingkar Gunung Berapi Pasifik dan merupakan negara dengan gunung berapi yang paling aktif di dunia, sehingga sering terjadi gempa bumi. Berdasarkan hal tersebut, perencanaan bangunan di Indonesia harus sesuai dengan peraturan seismik terbaru, yaitu

SNI 1726-2019. Peraturan ini telah diubah secara signifikan dan alasan perubahannya adalah untuk mendapatkan bagian struktur bangunan yang lebih tahan gempa. Dengan SNI terbaru ini, diharapkan akan lebih banyak lagi bangunan tahan gempa yang dirancang.

Bangunan tahan gempa perlu dibangun, terutama di daerah rawan gempa seperti Indonesia. Banyak orang yang meninggal karena tertimpa bangunan runtuh akibat gempa. Oleh sebab itu, bangunan seperti halnya gedung harus didesain sedemikian rupa

sehingga mampu dalam menahan kerusakan tanpa roboh. Dengan cara ini, risiko korban jiwa bisa diminimalisir. (Arifin, 2015)

Tugas utama seorang ahli serta para praktisi khususnya di bidang teknik sipil harus menemukan solusi atau cara baru untuk mendesain bangunan yang lebih tahan gempa. Hal ini terlepas dari kompleksitas masalah seismik dan bentuk bangunan yang asimetris. Tujuan yang jelas bukan hanya membuat bangunan lebih kokoh serta tahan terhadap gempa, namun juga menjamin security and comfort setiap orang yang berada didalamnya. (Sudarman et al., 2014).

Inovasi baru dalam desain bangunan tahan gempa dalam beberapa dekade terakhir adalah sistem isolasi gempa. Konsep ini berbeda secara signifikan dari pendekatan desain konvensional. Struktur isolasi seismik biasanya dirancang untuk tetap fleksibel jika terjadi gempa bumi besar. Menurut konsep ini, disipasi energi gempa bumi berasal dari sistem isolasi seismik yang fleksibel, bukan dari kerusakan pada elemen. Sistem isolasi seismik memiliki mekanisme pembuangan energi yang berbeda dengan bangunan normal. Mekanisme tekuk, yang juga dikenal sebagai hubungan momen-rotasi, sesuai dengan disipasi energi akibat rotasi elemen pada struktur konvensional. Sebaliknya, sistem isolasi seismik menghilangkan energi pada sistem elemen isolasi seismik melalui mekanisme gaya geser inelastis dan deformasi geser. Karet yang digunakan dalam sistem ini bersifat sangat lunak

dan memiliki fungsi penataan kembali yang mengikuti prinsip pengoperasian dasar yang serupa dengan pendulum harmonic. Konsep isolasi seismik ini meningkatkan kinerja bangunan atas dan mengurangi tingkat kerusakan struktural. (Budiono & Setiawan, 2014).

Base Isolator menggunakan berbagai sistem isolasi, salah satu jenisnya adalah tipe Bearing Karet Berdamping Tinggi (HDRB). Pernah ada penggunaan *Base Isolator* skala kecil di Pelabuhan Ratu di negara kita. Teknologi modern ini sekarang mulai diterapkan di sebuah gedung perkantoran 25 lantai yang terletak di wilayah Jakarta, sebanyak 40 (empat puluh) jumlah bantalan berupa rubber disisipkan diantara struktur bawah dengan struktur gedung. (Andrian et al., 2017). Penelitian ini membahas mengenai gedung 8 lantai tanpa ditambah *Base Isolator* dan dengan *Base Isolator*. Selain itu lantai yang awalnya 8 lantai ditambah jumlahnya sehingga mencapai ketinggian 25 lantai tanpa *Base Isolator* dan dengan menambahkan *Base Isolator*.

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Pendekatan Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif, dikarenakan hasil Penelitian berupa angka atau bilangan analisa struktur dari *Software ETABS V18*.

Lokasi Penelitian

Tempat yang dilakukan sebuah Penelitian ini yaitu di Rumah Susun

Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang.

Data Penelitian

Data Penelitian memberikan penjelasan mengenai objek yang diteliti. Adapun Objek yaitu Rumah Susun Pekerjaan Umum Semarang yang mempunyai tingkat sebanyak 8 lantai tanpa *Base Isolator*. Dalam Penelitian ini Gedung yang awalnya 8 lantai tanpa *Base Isolator* dibandingkan dengan Gedung 8 lantai yang ada *Base Isolator*. Selain itu Gedung juga ditambahkan ketinggiannya menjadi 25 lantai dengan dan tanpa *Base Isolator*. Sedangkan Data yang didapatkan dari proyek nilai tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata $(N) 15 < (N) < 50$ maka termasuk ke dalam kategori **Tanah Lunak (SE)**.

Prosedur Penelitian

Berikut ini Langkah-langkah dalam Penelitian:

- a. Menyiapkan data.
- b. Studi literatur.
- c. Perhitungan pembebanan struktur meliputi (Beban Mati akibat berat sendiri struktur, Beban Hidup, beban Mati Tambahan, Beban Gempa/Beban lateral)
- d. Pemodelan dengan Aplikasi *ETABS V18*.
- e. Analisa Struktur dan Kontrol *Design*.
- f. Penyimpulan Hasil dari Analisa *ETABS V18*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Struktur Gedung

Dimensi penampang struktur gedung dirancang dengan memakai

acuan Standar Nasional Indonesia 1726:2019 mengenai Tata Cara Perancangan Tahan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung serta Nongedung dan Standar Nasional Indonesia 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

Penampang Balok

Adapun penampang Balok yang dipakai untuk perancangan struktur gedung dapat dilihat berikut ini Balok Balok B23A:250x300, B24:200x400, B24A:300x400, B25:200x500, B25A:250x500, B26A:250x600, B33:300x300, B35:300x500, B44:400x400, B45:400x500, B45x:400x500, B46:400x600, B47:400x700, B56:500x600, BR33:300x300.

Penampang Kolom

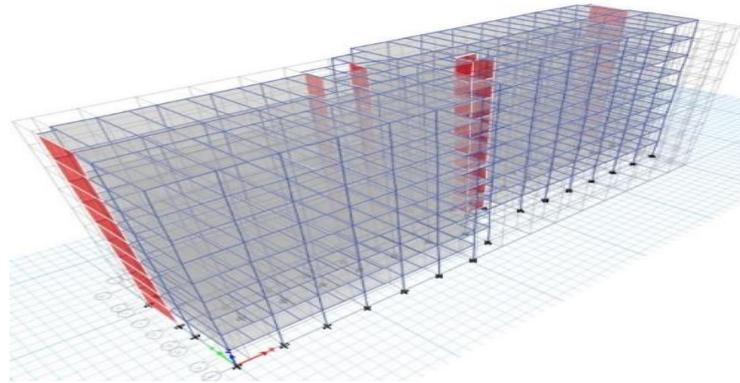
Adapun penampang kolom yang dipakai untuk perancangan struktur Gedung K55A:500x500, K55B:500x500, K55C:500x500, K33:300x300, K33A:300x300, K44:400x400.

Penampang Pelat

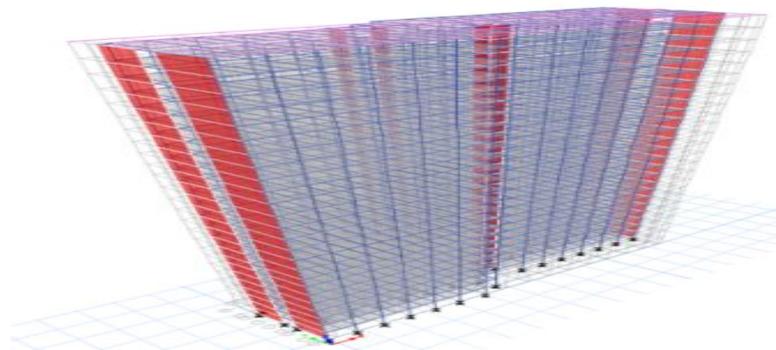
Pelat lantai yang digunakan untuk perancangan struktur gedung ini dapat kita lihat berikut ini S1:120mm, S2:120mm,

Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dalam Perancangan Struktur Gedung studi pada Rumah Susun Politeknik Pekerjaan Umum bisa dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Pemodelan struktur 3D Gedung 8 lantai



Gambar 2. Pemodelan struktur 3D Gedung 25 lantai (Modifikasi Struktur Rumah Susun Politeknik Pekerjaan Umum)

Kombinasi Pembebanan

Pada redesain struktur gedung 8 lantai dan 25 Lantai (studi pada struktur Rumah Susun Politeknik Pekerjaan Umum), kombinasi pembebanan yang dipakai berdasarkan aturan Standar Nasional Indonesia 2847:2019 pasal 4.2.2.

- a. $1,4 D$
- b. $1,2 D + 1,6 L$
- c. $1,2 D + 1,0 L + 1,0 E_v \pm 1,0 E_h$
- d. $0,9 D - 1,0 E_v \pm 1,0 E_h$

Mutu dan Bahan Struktur

Mutu bahan struktur yang dipakai untuk menganalisis pemodelan struktur meliputi:

- 1. Mutu Beton

Mutu beton yang dipakai untuk merancang gedung $f_c' 30$ Mpa.

- 2. Mutu Baja Tulangan

Mutu baja yang dipakai untuk menganalisis tulangan sebagai berikut:

- Ulir ($D \geq 10$ mm)
- Polos ($\emptyset \leq 10$ mm)

Analisis Dinamika

Analisis beban seismik berlandaskan dalam peraturan Standar Nasional Indonesia 1726:2019 tentang perancangan ketahanan gempa pada struktur bangunan gedung dan non-gedung. Gedung yang dirancang tergolong pada Kategori Risiko II dan mempunyai nilai $SDS \geq 0,50$ serta nilai

$SDI \geq 0,20$ hingga gedung perancangan termasuk Kategori Desain Seismik tinggi yaitu E (Tanah Lunak). Menggunakan acuan Standar Nasional Indonesia 1726-2019 tabel 12 dihasilkan modification coefficient (R) = 7, (Ω_0) = 2,5, (C_d) = 5,5.

Modal Partisipasi Massa

Analisis dinamis getaran bebas akibat gempa dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *ETABS* untuk menunjukkan jenis gempa dan besaran yang terjadi.

1.1. Analisa 8 Lantai Tanpa Base Isolator

a. Ragam 1 (8 Lantai Tanpa Base Isolator)

Pada ragam 1 ini didapatkan struktur mengalami translasi pada arah Y dengan periode $T = 0,608$ detik. Berikut adalah gambar bentuk ragam 1 pada percobaan 1.

b. Ragam 2 (8 Lantai Tanpa Base Isolator)

Pada ragam 2 ini didapatkan struktur mengalami translasi pada arah X dengan periode $T = 0,597$ detik. Berikut adalah gambar bentuk ragam 2 pada percobaan 1.

c. Ragam 3 (8 Lantai Tanpa Base Isolator)

Pada ragam 3 ini didapatkan struktur mengalami rotasi pada arah Z dengan periode $T = 0,468$ detik. Berikut adalah gambar bentuk ragam 3 pada percobaan 1.

Sesuai dengan Standar Nasional Indonesia 1726 Tahun 2019 analisis harus mencantumkan banyaknya ragam yang cukup untuk memperoleh partisipasi massa ragam 100 % dari massa struktur.

Tabel 1. Rasio Partisipasi Beban

Item	Statik (%)	Dinamik (%)
UX	100	99,94
UY	100	98,36
UZ	0	0

Dari Hasil di atas sudah menunjukkan bahwa syarat sudah terpenuhi sesuai SNI 1726 Tahun 2019

1.2. Analisa 8 Lantai Dengan Base Isolator

a. Ragam 1 (8 Lantai Dengan Base Isolator)

Pada ragam 1 ini didapatkan struktur mengalami translasi

pada arah X dengan periode $T = 0,629$ detik.

b. Ragam 2 (8 Lantai Dengan Base Isolator)

Pada ragam 2 ini didapatkan struktur mengalami translasi pada arah Y dengan periode $T = 0,622$ detik.

c. Ragam 3 (8 Lantai Dengan Base Isolator)

Pada ragam 3 ini didapatkan struktur mengalami rotasi pada arah Z dengan periode $T = 0,48$ detik.

Sesuai dengan Standar Nasional Indonesia 1726 Tahun 2019

analisis harus mencantumkan banyaknya ragam yang cukup untuk memperoleh partisipasi massa ragam 100 % dari massa struktur.

Tabel 2. Rasio Partisipasi Beban

Item	Statik (%)	Dinamik (%)
UX	100	99,2
UY	100	98,24
UZ	0	0

Dari Hasil di atas sudah menunjukkan bahwa syarat sudah terpenuhi sesuai SNI 1726 Tahun 2019

1.3. Analisa 25 Lantai Tanpa Base Isolator

a. Ragam 1 (25 Lantai Tanpa Base Isolator)

Pada ragam 1 ini didapatkan struktur mengalami translasi pada arah Y dengan periode $T = 2.099$ detik.

b. Ragam 2 (25 Lantai Tanpa Base Isolator)

Pada ragam 2 ini didapatkan struktur mengalami translasi pada arah X dengan periode $T = 2.096$ detik.

c. Ragam 3 (25 Lantai Tanpa Base Isolator)

Pada ragam 3 ini didapatkan struktur mengalami rotasi pada

arah Z dengan periode $T = 1.974$ detik.

Menurut Standar Nasional Indonesia 1726 Tahun 2019, analisis harus mencakup variasi yang cukup sehingga diperoleh fraksi massa total sebesar 100% massa struktur. Oleh karena itu, analisis dinamik menggunakan 45 pola getaran yang berbeda dan dilakukan dengan mempertimbangkan kontribusi massa dari masing-masing pola getaran. Namun untuk analisis Base Isolator kami mengambil 3 pola teratas untuk menyimpulkan. Hasil dari banyaknya jumlah peserta ditunjukkan pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Rasio Partisipasi Beban

Item	Statik (%)	Dinamik (%)
UX	100	99,91
UY	100	99.64
UZ	0	0

Dari Hasil di atas sudah menunjukkan bahwa syarat sudah terpenuhi sesuai SNI 1726 Tahun 2019

1.4. Analisa 25 Lantai Dengan *Base Isolator*

a. Ragam 1 (25 Lantai Dengan *Base Isolator*)

Pada ragam 1 ini didapatkan struktur mengalami translasi pada arah Y dengan periode $T = 2.154$ detik.

b. Ragam 2 (25 Lantai Dengan *Base Isolator*)

Pada ragam 2 ini didapatkan struktur mengalami translasi pada arah X dengan periode $T = 2.65$ detik.

c. Ragam 3 (25 Lantai Dengan *Base Isolator*)

Pada ragam 3 ini didapatkan struktur mengalami rotasi pada

arah Z dengan periode $T = 1.457$ detik.

Menurut Standar Nasional Indonesia 1726 Tahun 2019, analisis harus mencakup variasi yang cukup sehingga diperoleh fraksi massa total sebesar 100% massa struktur. Oleh karena itu, analisis dinamik menggunakan 45 pola getaran yang berbeda dan dilakukan dengan mempertimbangkan kontribusi massa dari masing-masing pola getaran. Namun untuk analisis *Base Isolator* kami mengambil 3 pola teratas untuk menyimpulkan. Hasil dari banyaknya jumlah peserta ditunjukkan pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Rasio Partisipasi Beban

Item	Statik (%)	Dinamik (%)
UX	100	100
UY	100	100
UZ	0	0

Dari Hasil di atas sudah menunjukkan bahwa syarat sudah terpenuhi sesuai SNI 1726 Tahun 2019

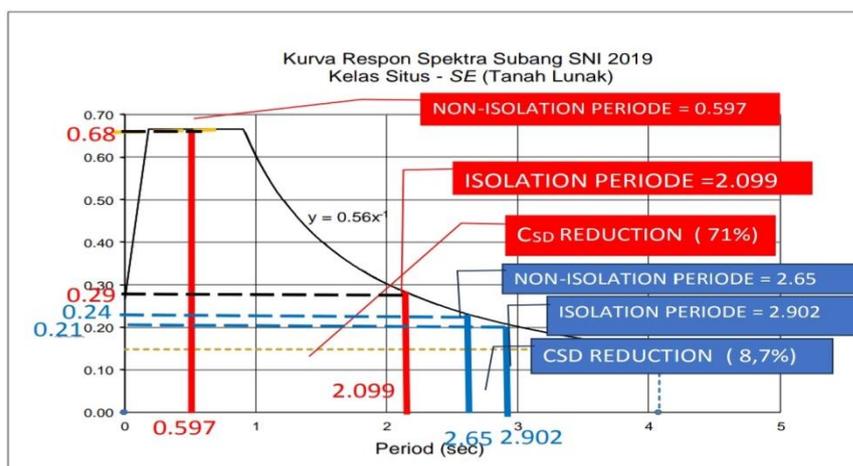
Efektivitas penggunaan *Base Isolator*

Dari beberapa percobaan pemodelan tanpa *Base Isolator* serta dengan menggunakan *Base Isolator* pada ketinggian gedung 8 dan 25 lantai. Analisis yang dikerjakan menggunakan aplikasi *ETABS V18* analisa pertama dilakukan pada gedung 8 lantai tanpa

Base Isolator ragam 1 arah Y dengan periode $T = 0,608$ detik. ragam 2 pada arah X dengan periode $T = 0,597$ detik. Analisa kedua dilakukan pada gedung 8 lantai menggunakan tambahan *Base Isolator* menghasilkan ragam 1 arah Y dengan periode $T = 0,629$ detik. ragam 2 pada arah X dengan periode $T = 0,622$ detik. Analisa ketiga dilakukan pada gedung 25 lantai tanpa tambahan *Base Isolator* menghasilkan ragam 1 arah Y dengan periode $T = 2.099$ detik. ragam 2 pada arah X dengan periode $T = 2.096$

detik. Analisa keempat dilakukan pada gedung 25 lantai menggunakan tambahan *Base Isolator* menghasilkan ragam 1 arah Y dengan periode $T = 2.154$ detik. ragam 2 pada arah X dengan periode $T = 2.65$ detik. Berikut adalah gambar yang menjelaskan grafik bentuk ragam 2 pada percobaan yang

paling efisien. Pemodelan dengan bangunan yang semakin tinggi justru mengalami Tingkat penurunan efektivitas dari *Base Isolator*. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada rekapan hasil percobaan pemodelan yang ditampilkan dalam bentuk Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Rekap Hasil Perbandingan Gedung 8 Lantai dan 25 Lantai

Penjelasan grafik di atas hanya ditampilkan satu contoh analisis arah X dari empat percobaan yang telah dilakukan. Warna Merah menunjukkan hasil analisis gedung 8 lantai tanpa *Base Isolator* serta dengan *Base Isolator*. Sedangkan yang berwarna biru menunjukkan gedung 25 lantai tanpa *Base Isolator* serta dengan *Base Isolator*. Garis merah yang ditunjuk dan ditampilkan keterangan *Non-Isolation* periode 0.597 menunjukkan hasil analisis percobaan pada Gedung 8 lantai tanpa *Base Isolator*. Garis merah yang ditunjuk dan ditampilkan keterangan *Isolation* periode 2.099 menunjukkan hasil analisis percobaan pada Gedung 8 lantai dengan *Base Isolator*. Keterangan C_{SD} reduction 8 lantai

adalah hasil yang didapat dari $(0,597/2,099) \times 100 : 28,4 \Rightarrow 100-28,4 : 71\%$. Garis merah yang ditunjuk dan ditampilkan keterangan *Non-Isolation* periode 2,65 menunjukkan hasil analisis percobaan pada Gedung 25 lantai tanpa *Base Isolator*. Garis merah yang ditunjuk dan ditampilkan keterangan *Isolation* periode 2.902 menunjukkan hasil analisis percobaan pada Gedung 25 lantai dengan *Base Isolator*. Keterangan C_{SD} reduction 25 lantai adalah hasil yang didapat dari $(2,65/2,902) \times 100 : 91,3 \Rightarrow 100-91,3 : 8,7\%$.

SIMPULAN

Analisa efektivitas penggunaan *Base Isolator* pada percobaan gedung 8

Lantai dan 25 lantai tanpa *Base Isolator* maupun dengan *Base Isolator*. Periode getar gedung 8 Lantai tanpa *Base Isolator* arah X adalah 0.597s dan saat ditambahkan *Base Isolator* menjadi 2,099s *reduction* Sebesar 71% sedangkan Periode getar gedung 25 Lantai tanpa *Base Isolator* arah X yaitu 2,65s dan yang telah diberi *Base Isolator* sebesar 2,902s *reduction* Sebesar 8,7%. Semakin tinggi bangunan tingkat *reduction* justru semakin kecil atau kurang bermanfaat penggunaan *Base Isolator*

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan bagian dari laporan Tesis di Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang (UNISSULA). Penulis mengucapkan terimakasih PT. Adhikara Mitracipta dalam proyek Pembangunan Rumah Susun Politeknik Pekerjaan Umum Semarang yang telah mengizinkan dan mendukung Penelitian serta memberikan data-data pendukung. Selain itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada staff sekretariat Magister Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan banyak sekali bimbingan, Arahan, Serta Pelayanan dalam Administrasi.

DAFTAR PUSTAKA

Andrian, W., Faimun, F., & Wahyuni, E., 2017, Evaluasi Kinerja Gedung Menggunakan Base Isolation Tipe High Damping

Rubber Bearing (HDRB) Pada Modifikasi Gedung J-Tos Jogjakarta Dengan Perencanaan Analisa Pushover. *Jurnal Teknik ITS*, 6 (2).

Arifin, Z., 2015, Analisis Struktur Gedung POP Hotel Terhadap Beban Gempa Dengan Metode Pushover Analysis. *Jrsdd*, 3(3), 427–440.

Badan Standardisasi Nasional, 2019, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. SNI 2847-2019, 8, 720.

Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727-2020, 2020, Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Badan Standardisasi Nasional 1727:2020, 8, 1–336.

Budiono, B., & Setiawan, A., 2014, Studi Komparasi Sistem Isolasi Dasar High-Damping Rubber Bearing dan Friction Pendulum System pada Bangunan Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Sipil*, 21 (3), 179.

SNI 1726:2019., 2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung, 8, 254.

Sudarman, Manalip, H., Windah, R.S., & Dapas, S.O., 2014, Analisis Pushover Pada Struktur Gedung Bertingkat Tipe Podium. *Jurnal Sipil Statik*, 2 (4), 201–213.