

Pengaruh Jenis Tumpuan Jembatan Penghubung (Skybridge) terhadap Kestabilan Struktur Bangunan Berlantai Banyak

Maulana Nur Ikhsan^{1*}, Nasruddin Junus¹, Imriyanti¹

¹Departemen Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: maulanurikhsaan@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.052020.06

Abstrak

Kestabilan suatu gedung akan meningkat terhadap suatu guncangan (gempa) jika terhubung oleh gedung lainnya dibandingkan jika hanya berdiri sendiri. Dalam perencanaan struktur jembatan penghubung (skybridge), diperlukan studi mengenai pemilihan jenis tumpuan yang efektif pada jembatan penghubung tersebut. Namun saat ini, studi mengenai jenis tumpuan yang efektif pada jembatan penghubung masih sangat kurang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai kestabilan struktur bangunan berlantai banyak yang dihubungkan jembatan penghubung (skybridge) dengan variasi jenis tumpuan rol, sendi, dan kaku. Struktur bangunan terdiri dari dua bangunan identik 50 lantai dengan material utama beton bertulang. Struktur bangunan dianalisis dengan program ETABS. Analisis yang digunakan adalah analisis dinamik *Time linear History*, menggunakan 3 data gempa yaitu Gempa Kobe (Jepang), Gempa Tabas (Iran), dan Gempa Chi-chi (Taiwan). Hasil penelitian menunjukkan nilai *displacement* terkecil adalah 89,955 mm yang terdapat pada variasi tumpuan T8 yaitu tumpuan Kaku-Sendi, Sendi-Kaku. Dengan nilai *displacement* yaitu 91,467 mm, kombinasi tumpuan Kaku-Kaku, Kaku-Kaku merupakan yang paling efektif dalam menstabilkan bangunan pada kombinasi tumpuan A-A, A-A. Dengan nilai *displacement* yaitu 95,361 mm, kombinasi tumpuan Kaku-Sendi, Kaku-Sendi merupakan yang paling efektif dalam menstabilkan bangunan pada kombinasi tumpuan A-B, A-B. Dengan nilai *displacement* yaitu 89,955 mm, kombinasi tumpuan Kaku-Sendi, Sendi-Kaku merupakan yang paling efektif dalam menstabilkan bangunan pada kombinasi tumpuan A-B, B-A. Dengan nilai *displacement* yaitu 90,831 mm, kombinasi tumpuan Kaku-Sendi, Kaku-Sendi merupakan yang paling efektif dalam menstabilkan bangunan pada kombinasi tumpuan A-A, B-B.

Abstract

Effect of the Type of Connecting Bridge (Skybridge) on the Stability of the Multi-Story Building Structure. The stability of a building will increase to a shock (earthquake) if it is connected by another building compared to if it only stands alone. In planning the bridge structure (skybridge), it is necessary to study the selection of effective pedestal types on the connecting bridge. But at present, studies on the types of effective pedestals on connecting bridges are still lacking. This study aims to determine the comparison of the stability value of many multi-storey building structures that are connected by bridges (skybridge) with variations in the type of pedestal rollers, joints, and rigid. The building structure consists of two 50-storey identical buildings with the main material reinforced concrete. The structure of the building was analyzed with the ETABS program. The analysis used is a dynamic analysis of Time linear History, using 3 earthquake data, namely the Kobe Earthquake (Japan), the Tabas Earthquake (Iran), and the Chi-Chi Earthquake (Taiwan). The results showed the smallest displacement value was 89.955 mm found in variations of the T8 pedestal, namely the Stiff-Joint, Stiff-Joint. With a displacement value of 91,467 mm, the combination of the Stiff-Stiff, Stiff-Stiff is the most effective in stabilizing the building on the combination of A-A, A-A. With a displacement value of 95,361 mm, a combination of Rigid Joints, Rigid Joints is the most effective in stabilizing buildings in a combination of A-B, A-B. With a displacement value of 89,955 mm, the combination of Rigid Joints, Rigid Joints is the most effective in stabilizing buildings on A-B, B-A pedestal combinations. With a displacement value of 90,831 mm, a combination of Rigid Joints, Rigid Joints is the most effective in stabilizing buildings in a combination of A-A, B-B.

Kata Kunci: Bangunan berlantai banyak, jembatan penghubung, kestabilan struktur, tumpuan

1. Pendahuluan

Makassar adalah ibu kota Sulawesi Selatan sekaligus kota terbesar di Indonesia Timur. Posisi Makassar yang strategis menjadikan banyak investor tertarik membangun gedung tinggi. Makassar kini memiliki 40 gedung tinggi diatas 12 lantai dan 35 gedung tinggi berkisar antara 7-

11 lantai. Selain itu, terdapat 17 gedung tinggi (12-35 lantai) yang berada dalam tahap pembangunan serta 28 gedung tinggi yang masih dalam tahap proposal [1].

Untuk mempermudah aksesibilitas antar gedung-gedung tinggi, diperlukan sarana penghubung berupa Jembatan penghubung



(*skybridge*). Jembatan penghubung (*Skybridge*) adalah salah satu jenis jembatan pejalan kaki tertutup yang menghubungkan antara dua bangunan atau lebih di area padat penduduk. Jembatan penghubung (*skybridge*) dibuat tertutup agar melindungi pejalan dari cuaca yang tidak mendukung. Tujuan pembangunan jembatan penghubung (*skybridge*) adalah untuk efektivitas waktu dan kenyamanan pejalan kaki untuk berpindah dari gedung satu ke gedung lainnya.

Menurut Kaharuddin [2] lokasi-lokasi atau titik gempa pada umumnya bergenerasi pada daerah persinggungan dan perpotongan patahan atau daerah tumbukan lempeng, dimana pada daerah ini lempeng-lempeng bumi saling berinteraksi dan saling menghalang-halangi laju pergerakannya, sehingga dapat menampung dan melepaskan energi dalam bentuk gempa bumi. Berdasarkan hal tersebut, daerah yang berpotensi terjadi gempa salah satunya adalah kota Makassar. Adapun kestabilan suatu gedung akan meningkat terhadap suatu guncangan (gempa) jika terhubung oleh gedung lainnya dibandingkan jika hanya berdiri sendiri [3].

Dalam perencanaan struktur jembatan penghubung (*skybridge*), diperlukan studi mengenai pemilihan jenis tumpuan yang efektif pada jembatan penghubung tersebut. Hal ini juga disebutkan McCall [4], perlu dilakukan analisis bangunan tinggi dengan jembatan penghubung (*skybridge*) bertumpuan sendi dan membandingkan hasilnya jika jembatan tersebut bertumpuan rol serta bangunan tinggi yang tidak dihubungkan oleh jembatan penghubung (*skybridge*).

Semakin banyaknya bangunan berlantai banyak di Makassar serta masih kurangnya penelitian mengenai jenis tumpuan yang efektif pada jembatan penghubung adalah yang melatarbelakangi penelitian yang berjudul "*Pengaruh Jenis Tumpuan Jembatan Penghubung (Skybridge) Terhadap Kestabilan Struktur Bangunan Berlantai Banyak*". Kestabilan struktur meliputi nilai *displacement* bangunan.

Penelitian ini bertujuan mengetahui perbandingan nilai kestabilan struktur bangunan berlantai banyak yang dihubungkan jembatan penghubung (*skybridge*) dengan variasi jenis tumpuan rol, sendi, dan kaku. Penelitian ini diharapkan mampu berkontribusi dalam proses

perencanaan serta perancangan Jembatan Penghubung (*Skybridge*) pada bangunan berlantai banyak.

2. Metodologi

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif merupakan salah satu jenis penelitian yang spesifikasinya adalah sistematis, terencana dan terstruktur dengan jelas sejak awal hingga pembuatan desain penelitiannya. Metode penelitian kuantitatif, sebagaimana dikemukakan oleh Sugiyono [5] yaitu: "Metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik, dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan". Penelitian bersifat simulasi yang dilakukan dengan memodelkan jenis-jenis tumpuan yang berbeda pada jembatan penghubung (*skybridge*) dengan software ETABS.

Adapun instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah software ETABS. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas (*independent variable*) adalah jenis-jenis tumpuan pada jembatan penghubung (*skybridge*) dan yang menjadi variabel terikat (*dependent variable*) adalah *displacement* pada bangunan.

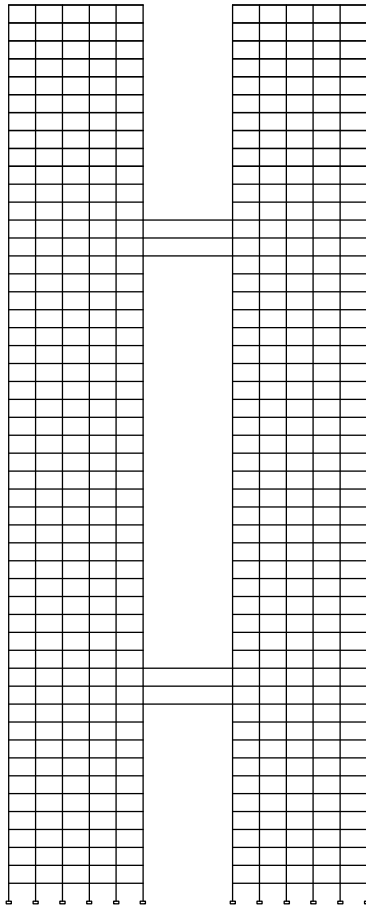
2.1. Tahap Pengumpulan Data

Bangunan dimodelkan dengan data sebagai berikut:

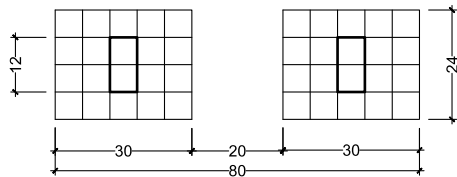
- 1) Fungsi bangunan : Perkantoran
- 2) Jumlah Lantai : 50 Lantai
- 3) Jarak Antar Lantai : 4 m
- 4) Luas Lantai : 72960 m²
- 5) Jarak Antar Tower : 20 m
- 6) Lokasi : Kota Makassar

Gambar berikut merupakan tampak depan dan denah dari bangunan yang akan dimodelkan pada program ETABS.





Gambar 1. Tampak potongan model bangunan



Gambar 2. Denah model bangunan

Untuk mengetahui pengaruh jenis tumpuan jembatan penghubung terhadap kestabilan bangunan berlantai banyak, maka dibuat 15 variasi tumpuan seperti yang ada di Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi tumpuan A-A, A-A

T1	T2	T3
Rol-Rol, Rol-Rol	Kaku-Kaku, Kaku-Kaku	Sendi-Sendi, Sendi-Sendi

Tabel 2. Kombinasi tumpuan A-B, A-B

T4	T5	T6
Sendi-Rol, Sendi-Rol	Kaku-Sendi, Kaku Sendi	Rol-Kaku, Rol-Kaku

Tabel 3. Kombinasi tumpuan A-B, B-A

T7	T8	T9
Rol-Sendi, Sendi-Rol	Kaku-Sendi, Sendi-Kaku	Rol-Kaku, Kaku-Rol

Tabel 4. kombinasi tumpuan A-A, B-B

T10	T11	T12
Sendi-Sendi, Rol-Rol	Kaku-Kaku, Rol-Rol	Kaku-Kaku, Sendi-Sendi
T13	T14	T15
Rol-Rol, Sendi-Sendi	Rol-Rol, Kaku-Kaku	Sendi-Sendi, Kaku-Kaku

Model bangunan dimodelkan menggunakan Software ETABS dengan dimensi ukuran kolom, balok, plat lantai, dan *skybridge* yang sama, namun dibedakan dari jenis tumpuannya. Material bangunan yang digunakan adalah beton bertulang dengan inti berupa *shear wall*. Berikut merupakan tabel dimensi elemen struktur:

Tabel 5. Dimensi elemen struktur

Elemen Bangunan	Lantai				
	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Kolom (Panjang x lebar)	180 x 110	160 x 100	140 x 80	120 x 70	100 x 60
Balok (lebar x tinggi)	120 x 50	30 x 70	30 x 70	20 x 50	20 x 50
Shear Wall (Tebal)	55	45	40	35	30
Plat Lantai (Tebal)	12	12	12	12	12

2.2. Tahap Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur diinput pada Software ETABS berupa beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa serta kombinasi pembebanan.

1) Beban Mati [6]

Beban mati dihitung secara otomatis pada Software ETABS bergantung pada volume struktur dengan nilai berat jenis material beton adalah 23.5631 kN/m^3 dan baja $78,49 \text{ kN/m}^3$.

2) Beban Hidup [6]

Beban hidup yang diberikan adalah beban terbagi rata sebesar 2.5 kN/m^2 .

3) Beban Angin [7]

Beban angin dihitung berdasarkan data berikut:

- Faktor Arah Angin, K_d , dipilih nilai dengan tipe bangunan gedung yaitu sebesar 0.85
- Kategori Eksposur, termasuk kedalam kategori B yaitu daerah perkotaan dengan penghalang berjarak dekat yang banyak memiliki ukuran seperti tempat tinggal keluarga-tunggal atau lebih besar.
- Faktor Efek Tiupan Angin, G , untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0.85.
- Koefisien Tekanan Internal, C_{pi} , Untuk bangunan gedung tertutup, nilai koefisien internal yang digunakan adalah 0.18
- Koefisien Tekanan Eksternal, C_{pe} , yang digunakan untuk angin arah depan adalah 0.8, arah samping adalah -0.7, dan arah belakang adalah -0.5.

4) Beban Gempa [8]

Beban gempa dihitung berdasarkan data berikut:

- Faktor Keutamaan, I_e , gedung perkantoran termasuk kategori risiko III dengan nilai faktor keutamaan 1.
- Nilai Spektral Percepatan, S_s dan S_1 , untuk makassar memiliki nilai S_s sebesar 0.2 dan S_1 sebesar 0.05.
- Klasifikasi Situs, dipilih kelas situs SC (Tanah Keras).
- Koefisien Situs, F_a dan F_v , untuk nilai S_s dan S_1 pada kelas situs SC (Tanah Keras) maka nilai F_a sebesar dan F_v sebesar.
- Parameter Percepatan Spektral Desain, S_{DS} dan S_{D1} , untuk nilai F_a , F_v , S_s dan S_1 maka nilai S_{DS} dan S_{D1}
- Kategori Desain Seismik,
- Kombinasi Sistem Perangkai, nilai R , Ω_0 , dan C_d untuk sistem penahan-gaya seismik berturut-turut adalah 7, 2.5 dan 5.5

5) Kombinasi Pembebanan [8]

Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L
- 1,2D + 0,5W
- 1,2D + 1,0W + L
- 1,2D + 1,0E + L
- 0,9D + 1,0W
- 0,9D + 1,0E

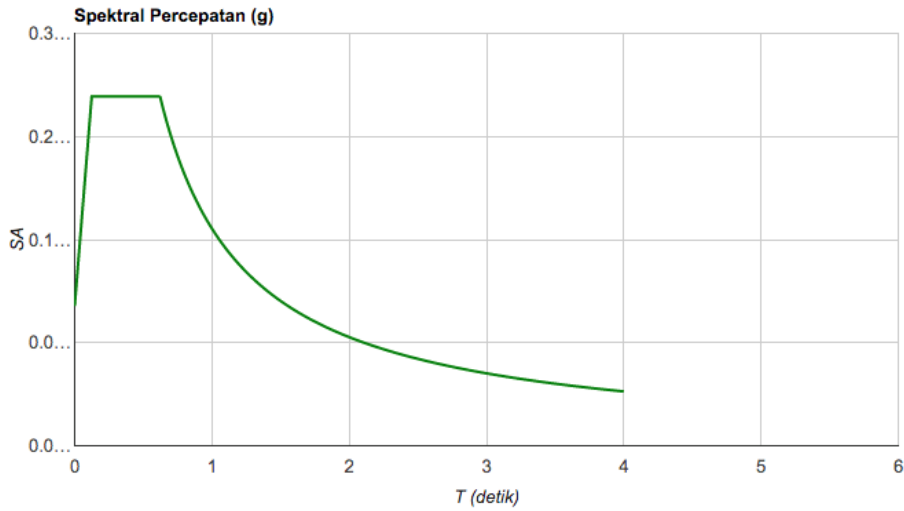
keterangan:

- D : Beban Mati (*Dead*)
- L : Beban Hidup (*Live*)
- W : Beban Angin (*Wind*)
- E : Beban Gempa (*Earthquake*)

2.3. Tahap Analisis

Analisis yang digunakan adalah analisis linear dinamis ragam riwayat waktu (*time history*) yang menggunakan rekaman gempa asli yang telah terjadi sebelumnya. Data gempa yang digunakan diambil dari *PEER (Pasific Earthquake Engineering Research Center)* [9]. Data *ground motion* tersebut kemudian diskalakan sesuai kurva spektrum gempa di Makassar. Berdasarkan nilai S_s dan S_1 pada 3.6 pada jenis tanah keras didapatkan kurva spektrum gempa di Makassar adalah sebagai berikut:



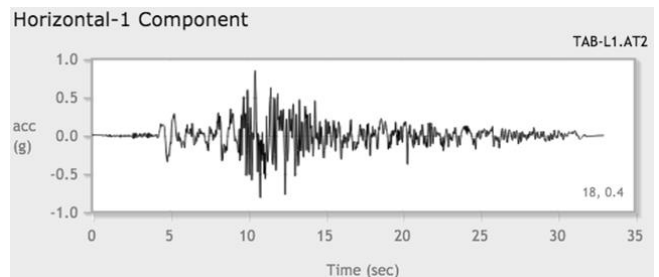


Gambar 3. Kurva spektrum gempa di Makassar [10]

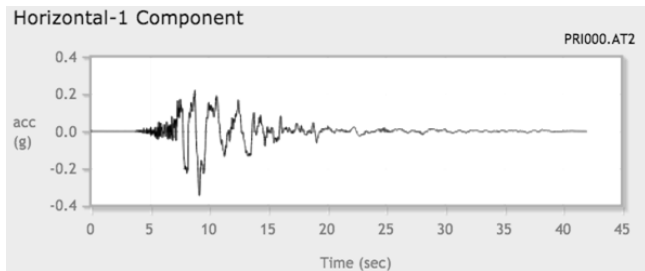
Adapun data *ground motion* yang digunakan adalah gempa Kobe (Jepang), Gempa Tabas (Iran), dan Gempa Chi-Chi (Taiwan).

Tabel 6. Data *Ground Motion* [9]

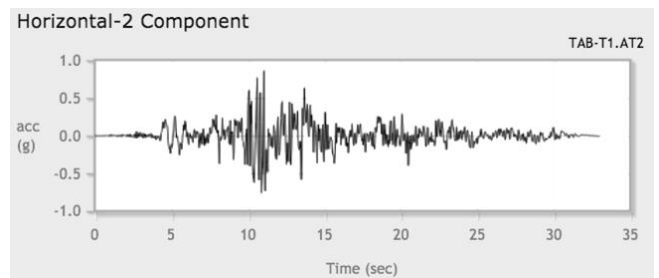
No	Gempa	Tahun	Stasiun	M
1	Kobe (Jepang)	1995	Port Island	6.9
2	Tabas (Iran)	1978	Tabas	7.4
3	Chi-Chi (Taiwan)	1999	CHY006	7.6



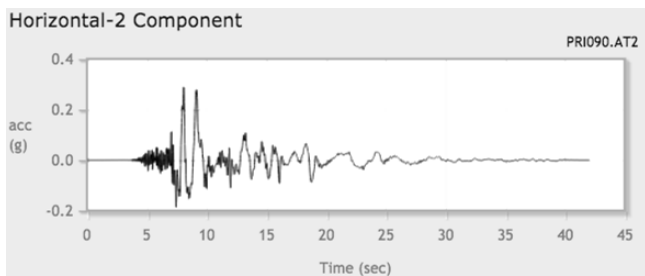
Gambar 6. Rekam Gempa Tabas (Arah X)



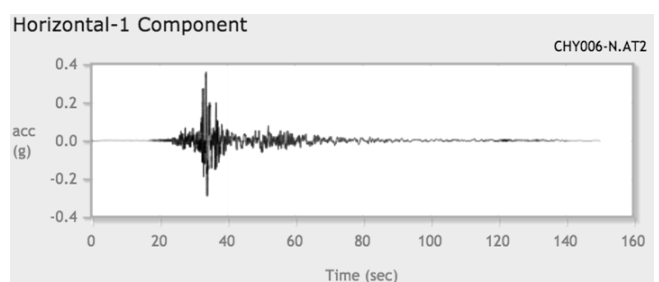
Gambar 4. Rekam Gempa Kobe (Arah X)



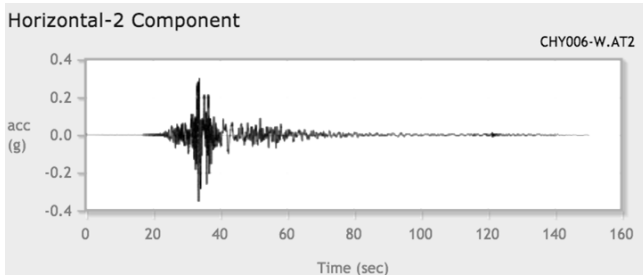
Gambar 7. Rekam Gempa Tabas (Arah Y)



Gambar 5. Rekam Gempa Kobe (Arah Y)



Gambar 8. Rekam Gempa Chi-Chi (Arah X)



Gambar 9. Rekam Gempa Chi-Chi (Arah Y)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kombinasi Tumpuan A-A, A-A

Berdasarkan perbandingan pada variasi tumpuan T1, T2, dan T3 pada kedua variasi posisi, didapatkan bahwa pada variasi T2 memiliki nilai *displacement* terendah yaitu 91,467 mm. Sehingga kombinasi tumpuan Kaku-Kaku, Kaku-Kaku merupakan yang paling efektif dalam menstabilkan bangunan pada kombinasi tumpuan A-A, A-A.

Tabel 7. Kombinasi efektif tumpuan A-A, A-A

Variasi Tumpuan	Displacement (mm)
T1	1,159,864
T2	91,467
T3	92,026

3.2. Kombinasi Tumpuan A-B, A-B

Berdasarkan perbandingan pada variasi tumpuan T4, T5, dan T6 pada kedua variasi posisi, didapatkan bahwa pada variasi T5 memiliki nilai *displacement* terendah yaitu 95,361 mm. Sehingga kombinasi tumpuan Kaku-Sendi, Kaku-Sendi merupakan yang paling efektif dalam menstabilkan bangunan pada kombinasi tumpuan A-B, A-B.

Tabel 8. Kombinasi efektif tumpuan A-B, A-B

Variasi Tumpuan	Displacement (mm)
T4	221,858
T5	95,361
T6	218,090

3.3. Kombinasi Tumpuan A-B, B-A

Berdasarkan perbandingan pada variasi tumpuan T7, T8, dan T9 pada kedua variasi posisi, didapatkan bahwa pada variasi T8 memiliki nilai *displacement* terendah yaitu 89,955 mm.

Sehingga kombinasi tumpuan Kaku-Sendi, Sendi-Kaku merupakan yang paling efektif dalam menstabilkan bangunan pada kombinasi tumpuan A-B, B-A.

Tabel 9. Kombinasi efektif tumpuan A-B, B-A

Variasi Tumpuan	Displacement (mm)
T7	164,310
T8	89,955
T9	164,320

3.4. Kombinasi Tumpuan A-A, B-B

Berdasarkan perbandingan pada variasi tumpuan T10, T11, T12, T13, T14, dan T15 pada kedua variasi posisi, didapatkan bahwa pada variasi T12 memiliki nilai *displacement* terendah yaitu 90,831 mm. Sehingga kombinasi tumpuan Kaku-Sendi, Kaku-Sendi merupakan yang paling efektif dalam menstabilkan bangunan pada kombinasi tumpuan A-A, B-B.

Tabel 10. Kombinasi efektif tumpuan A-A, B-B

Variasi Tumpuan	Displacement (mm)
T10	186,361
T11	183,961
T12	90,831
T13	282,690
T14	282,895
T15	91,467

3.5. Perbandingan Kombinasi Tumpuan A-B, A-B dan A-B, B-A

Berdasarkan perbandingan pada variasi tumpuan T7 dan T4, T8 dan T5, serta T9 dan T6 pada kedua variasi posisi, didapatkan bahwa pada tumpuan T7 (164,310 mm) memiliki nilai *displacement* yang lebih rendah dibandingkan T4 (221,858 mm). Pada kombinasi T8 (89,955 mm) juga memiliki nilai *displacement* yang lebih rendah dibandingkan T5 (95,361 mm). Begitu pula pada tumpuan T9 (164,320 mm) memiliki nilai *displacement* yang lebih rendah dibandingkan T6 (218,090 mm). Maka kombinasi tumpuan A-B, B-A lebih efektif dalam menstabilkan bangunan dibandingkan kombinasi tumpuan A-B, A-B.



Tabel 11. Perbandingan kombinasi tumpuan A-B, A-B dan A-B, B-A

Variasi Tumpuan	Displacement (mm)
T4	221,858
T7	164,310
T5	95,361
T8	89,955
T6	218,090
T9	164,320

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini diperoleh kesimpulan, antara lain:

- 1) Nilai displacement terkecil adalah 89,955 mm yang terdapat pada variasi tumpuan T8 yaitu tumpuan Kaku-Sendi, Sendi-Kaku.
- 2) Dengan nilai displacement yaitu 91,467 mm, kombinasi tumpuan Kaku-Kaku, Kaku-Kaku merupakan yang paling efektif dalam menstabilkan bangunan pada kombinasi tumpuan A-A, A-A.
- 3) Dengan nilai displacement yaitu 95,361 mm, kombinasi tumpuan Kaku-Sendi, Kaku-Sendi merupakan yang paling efektif dalam menstabilkan bangunan pada kombinasi tumpuan A-B, A-B.
- 4) Dengan nilai displacement yaitu 89,955 mm, kombinasi tumpuan Kaku-Sendi, Sendi-Kaku merupakan yang paling efektif dalam menstabilkan bangunan pada kombinasi tumpuan A-B, B-A.
- 5) Dengan nilai displacement yaitu 90,831 mm, kombinasi tumpuan Kaku-Sendi, Kaku-Sendi merupakan yang paling efektif dalam menstabilkan bangunan pada kombinasi tumpuan A-A, B-B.

- 6) Pada ketiga variasi tumpuan pada masing-masing kombinasi tumpuan, kombinasi tumpuan A-B, B-A lebih efektif dalam menstabilkan bangunan dibandingkan kombinasi tumpuan A-B, A-B.

Referensi

- [1] VerticalScope.Inc, "Skyscraper City," 2020. [Online]. Available: <https://www.skyscrapercity.com/forums/makassar.3303/>. [Accessed: 06-May-2020].
- [2] Kaharuddin, R. Hutagalung, and Nurhamdan, "Perkembangan Tektonik dan Implikasinya terhadap Potensi Gempa dan Tsunami di Kawasan Pulau Sulawesi," *JCM Makassar*, 2011.
- [3] T. Kimura, "Osaka Info," 1994. [Online]. Available: <https://osaka-info.jp/en/page/umeda-sky-building>. [Accessed: 10-Nov-2019].
- [4] A. J. T. McCall, "Structural Analysis and Optimization of Skyscrapers Connected with Skybridges and Atria," 2013. [Online]. Available: <https://scholarsarchive.byu.edu/etd>. [Accessed: 03-Nov-2019].
- [5] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif*. Bandung: CV. Alfabeta, 2017.
- [6] Departemen Pekerjaan Umum, *SKBI-1.3.53.1987 Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta, 1987.
- [7] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 1727-2013*. Jakarta, 2013.
- [8] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 03-1726-2012*. Jakarta, 2012.
- [9] "Pacific Earthquake Engineering Research Center," 2020. [Online]. Available: <https://peer.berkeley.edu/peer-nga-west2-online-ground-motion-database-updated-and-expanded>. [Accessed: 12-May-2020].
- [10] PPMB-ITB, "Desain Spektra Indonesia," 2011. [Online]. Available: http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/. [Accessed: 20-Apr-2020].

