

Pengaruh Penggunaan Pelat Beton dan Pelat Bondek Terhadap Respon Struktur Beton Bertulang Daerah Rawan Gempa

The Effect of Using Concrete Slabs and Bondek Slabs on the Response of Reinforced Concrete Structures in Earthquake-Prone Areas

Simforianus Prasetyo Bela Golo¹, Partogi H. Simatupang², Elia Hunggurami^{3*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

Article info:

Kata kunci:

Pelat Beton Konvensional, Pelat Bondek, Respon Struktur, ETABS 2019

Keywords:

Conventional Concrete Slab, Bondek Slab, Structural Response, ETABS 2019

Article history:

Received: 12-07-2025

Accepted: 28-07-2025

*Koresponden email:

prasetyogolo307@gmail.com

partogisimatupang@staf.undana.ac.id

elihunggurami@yahoo.com

Abstrak

Di Indonesia khususnya di wilayah NTT, beberapa tahun belakangan ini tergolong sering mengalami gempa. Penelitian ini dilakukan agar dapat mengetahui pengaruh dari penggunaan pelat beton konvensional dan pelat bondek pada struktur gedung di daerah rawan gempa. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa variasi yang berbeda dengan luas penampang beton yang sama. Perencanaan beban gempa menggunakan analisis statik ekuivalen dan analisis dinamik respons spektrum. Analisa dilakukan menggunakan program ETABS 2019 dan mengacu pada SNI-1726-2019. Hasil penelitian menunjukkan nilai gaya geser dasar desain yang terjadi pada semua sampel memiliki nilai yang berdekatan atau hampir sama per tiap sampel. Struktur dengan variasi V All memiliki nilai perbandingan perpindahan lateral yang besar pada arah x dan arah y sebesar 16%. Struktur dengan variasi V All memiliki nilai perbandingan simpangan yang besar pada arah x dan arah y sebesar 16%, dan semua variasi pelat memiliki nilai simpangan antar lantai yang memenuhi syarat simpangan izin ($\Delta \leq \Delta_{izin}$). Struktur dengan variasi V All memiliki nilai perbandingan kekakuan yang kecil pada arah x dan arah y sebesar 7%.

Abstract

In Indonesia, particularly in the NTT region, earthquakes have become increasingly frequent in recent years. This research aims to determine the impact of using conventional concrete slabs and bondek slabs on building structures in earthquake-prone areas. The study is conducted with several variations that have the same concrete cross-section area. Earthquake load planning employs equivalent static analysis and dynamic response spectrum analysis. The analysis was carried out using the ETABS 2019 program and refers to SNI-1726-2019. The research results show that the design base shear values for all samples are closely aligned. Structures with the variation V All exhibit a significant lateral displacement ratio of 16% in both the x and y directions. All slab variations meet the permissible drift criteria ($\Delta \leq \Delta_{izin}$), while the V All structures have a lower stiffness ratio of 7% in both directions.

Kutipan:

1. Pendahuluan

Penggunaan teknologi dalam dunia konstruksi, memungkinkan pengelola proyek dapat mengukur kualitas serta kelayakan. Dan penggunaan teknologi sebagai salah satu metode pelaksanaan konstruksi, dari beberapa alternatif metode pelaksanaan konstruksi yang ada. Salah satu usaha yang dilakukan oleh pengelola proyek adalah mengganti cara-cara konvensional menjadi lebih modern. Hal ini memunculkan inovasi sistem pelat menggunakan bondek sebagai alternatif utama dari sistem pelat konvensional di Indonesia, khususnya di wilayah NTT. Sebab beberapa tahun belakangan ini wilayah NTT tergolong sering mengalami gempa dengan skala menengah ke atas yang mengakibatkan kerusakan gedung, rumah serta fasilitas lainnya. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan dengan menggunakan Studi Kasus Gedung Asrama PPPPTK (P4tk) Bidang Bangunan dan Listrik Medan (Davit.H.S, 2022) menunjukkan bahwa besar kekuatan pelat beton pada Gedung Asrama P4TK secara khusus lantai Level V pada pelat A1 dan A2 mempunyai kekuatan pelat beton konvensional lebih besar jika dibandingkan dengan pelat beton bondek. Dengan selisih kekuatan sebesar 36% dari kekuatan pelat bondek.

Berdasarkan fenomena yang terjadi di wilayah NTT maka penulis terinspirasi untuk telaah lebih dalam. Permasalahan yang ingin diketahui dan didalami untuk dianalisis adalah berapa besar kekuatan struktur antara pelat konvensional dan sistem pelat menggunakan bondek. Berdasarkan pemikiran tersebut di atas maka penulis tertarik untuk mengetahui adanya respon dari sebuah struktur bangunan dalam pemakaian pelat lantai beton konvensional dan pelat lantai bondek yang berada pada daerah rawan terjadinya gempa.

2. Bahan dan Metode

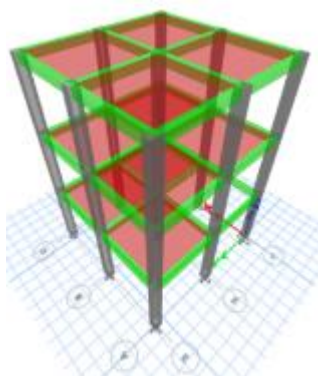
2.1 Pembebanan Struktur

Perhitungan pembebanan mengacu pada buku Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung tahun 1987 (PPPURG 1987) dan pada SNI 1726:2019. Beban- beban yang digunakan yaitu beban mati, beban mati tambahan, beban hidup dan beban gempa yang dihitung berdasarkan pada buku Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung tahun 1987 (PPPURG 1987) dan pada SNI 1726:2019. Kombinasi pembebanan yang digunakan mengacu pada SNI 1726:2019.

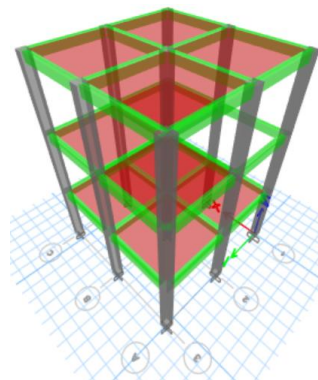
Beban gempa diperoleh dengan analisis statik ekuivalen. Beban gempa akan dihitung dengan mengacu pada SNI 1726 – 2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non-gedung. Dalam penskalaan data percepatan gempa dibutuhkan respons spektrum rencana. Respon spektrum rencana dianalisis berdasarkan SNI 1726:2019. Untuk parameter percepatan terpetakan, percepatan S_s dan S_1 akan di pakai aplikasi Respon Spektra 2021 (<http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>) dengan titik gempa di Kota Kupang (10,1702 °LS dan 123,6077 °BT).

2.2 Pemodelan Struktur

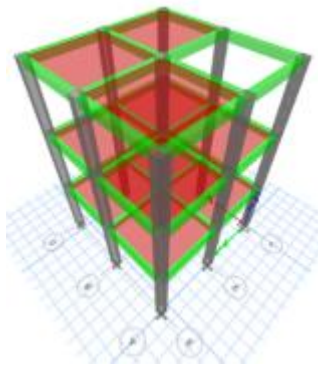
2.2.1 Pemodelan Struktur Pelat Beton Konvensional



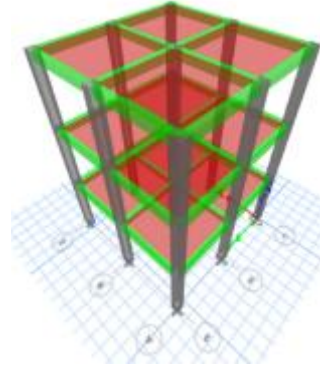
(a) Pemodelan Struktur Void Lantai 1
(VL 1 A)



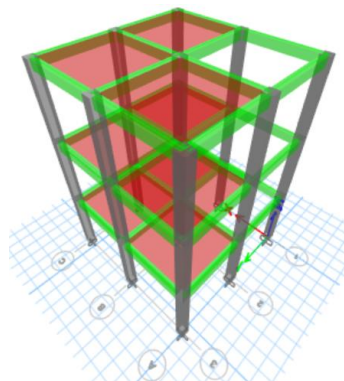
(b) Pemodelan Struktur Void Lantai 2
(VL 2 A)



(c) Pemodelan Struktur *Void* Lantai 3
(VL 3 A)



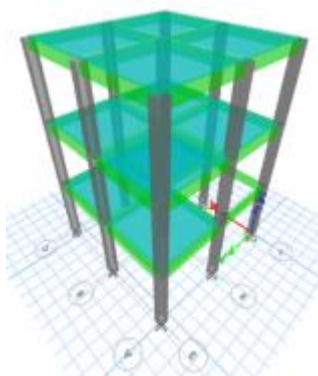
(d) Pemodelan Struktur *No Void*
(No V A)



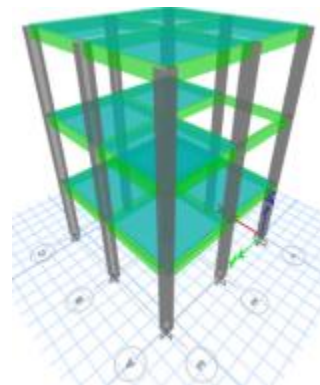
(e) Pemodelan Struktur *Void All*
(V All A)

Gambar 1. Pemodelan Struktur 3D Variasi Model Void Pelat Beton Konvensional

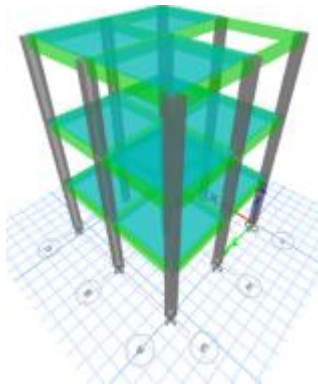
2.2.2 Pemodelan Struktur Pelat Bondek



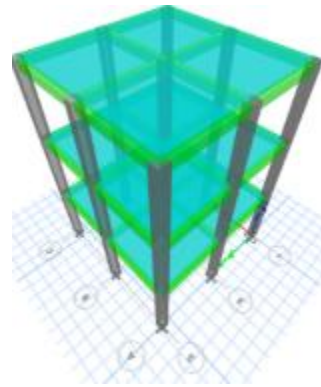
(a) Pemodelan Struktur *Void* Lantai 1
(VL 1 B)



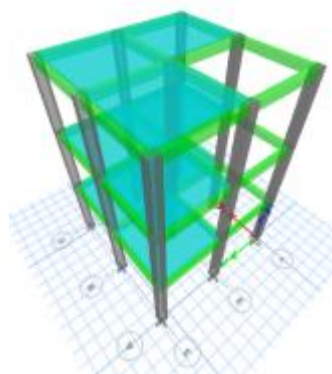
(b) Pemodelan Struktur *Void* Lantai 2
(VL 2 B)



(c) Pemodelan Struktur Void Lantai 3 (VL 3 B)



(d) Pemodelan Struktur No Void (No V B)



(e) Pemodelan Struktur Void All (V All B)

Gambar 2. Pemodelan Struktur 3D Variasi Model Void Pelat ondek

2.3 Teknik Analisis Data

Penelitian ini mencakup serangkaian langkah dalam analisis struktur gedung menggunakan perangkat lunak ETABS 2019. Langkah-langkahnya termasuk menentukan data awal seperti mutu material, beban struktural, dan dimensi elemen struktur, serta membuat model struktur variasi orientasi kolom. Selanjutnya, model 3D dari struktur tersebut dibuat, termasuk grid dan jumlah lantai, dengan asumsi perencanaan yang ditentukan. Beban mati, hidup, tambahan, dan gempa dimasukkan ke dalam model, diikuti dengan analisis struktural yang mencakup pengecekan capacity ratio, analisis gempa, dan kontrol partisipasi massa serta pola ragam struktur. Data hasil analisis seperti gaya geser dasar dan perpindahan lateral dikumpulkan untuk setiap sampel struktur. Hasilnya dibandingkan, dan kesimpulan serta saran akhir disusun berdasarkan analisis tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Capacity Ratio

Nilai *capacity ratio* dari dimensi awal elemen struktur dapat dilihat pada Tabel.1 dan Tabel.2

Tabel 1. *Capacity Ratio* Dimensi Struktur Dengan Pelat Beton Konvensional

No	Elemen struktur	Dimensi Setiap Model				
		VL 1A	VL 2A	VL 3A	No V A	V All A
1	Kolom (mm)	450 x 450	450 x 450	450 x 450	450 x 450	450 x 450
2	Balok (mm)	450 x 300	450 x 300	450 x 300	450 x 300	450 x 300
4	Plat Atap (mm)	150	150	150	150	150
5	Plat Lantai (mm)	150	150	150	150	150
6	<i>Capacity Ratio</i>	0,369	0,36	0,369	0,369	0,37

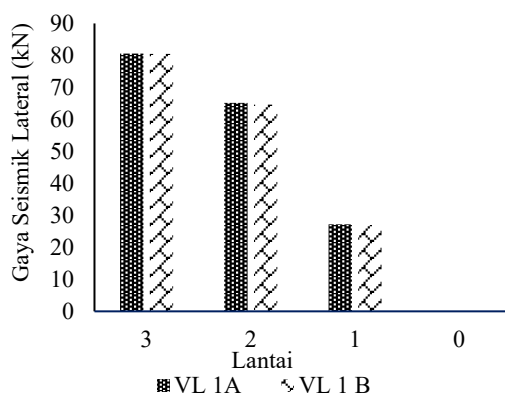
7	Keterangan	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed
---	------------	--------	--------	--------	--------	--------

Tabel 2. *Capacity Ratio* Dimensi Struktur Dengan Pelat Bondek

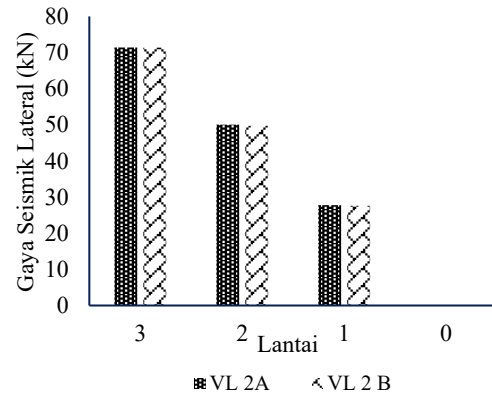
No	Elemen struktur	Dimensi Setiap Model				
		VL 1 B	VL 2 B	VL 3 B	No V B	V All B
1	Kolom (mm)	450 x 450	450 x 450	450 x 450	450 x 450	450 x 450
2	Balok (mm)	450 x 300	450 x 300	450 x 300	450 x 300	450 x 300
4	Plat Atap (mm)	150	150	150	150	150
5	Plat Lantai (mm)	150	150	150	150	150
6	<i>Capacity Ratio</i>	0,8	0,799	0,763	0,8	0,763
7	Keterangan	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed

3.2. Distribusi gaya gempa pada tiap tingkatan struktur

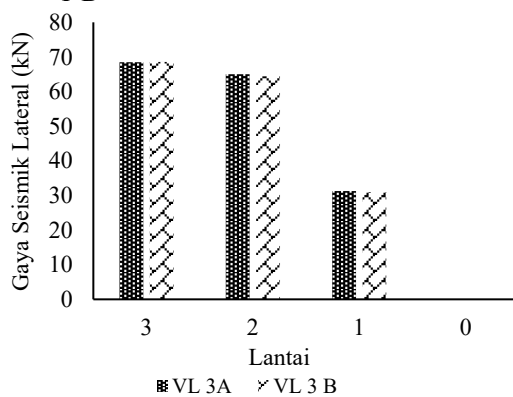
Distribusi gaya seismik lateral arah x dan y pada semua model variasi struktur dapat dilihat pada Gambar 3.



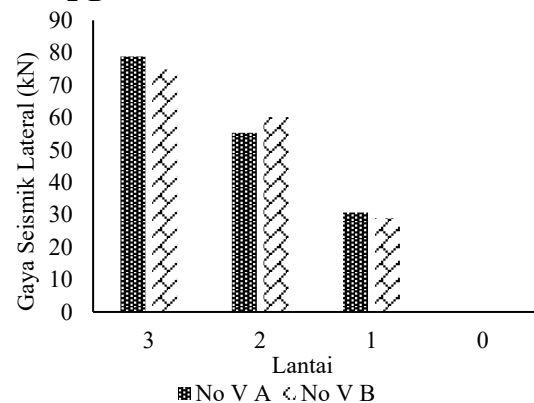
(a) Grafik Perbandingan Distribusi Seismik Arah X = Arah Y Sampel VL 1 A dan VL 1 B



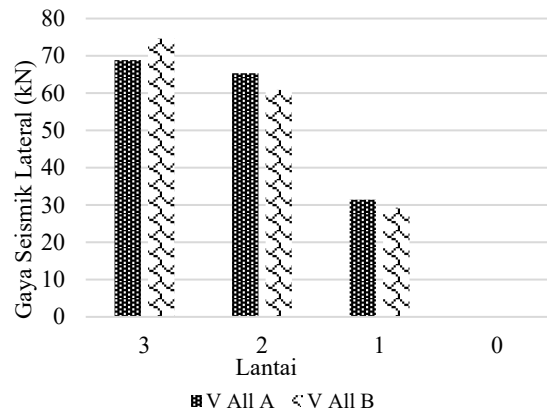
(b) Grafik Perbandingan Distribusi Seismik Arah X = Arah Y Sampel VL 2 A dan VL 2 B



(c) Grafik Perbandingan Distribusi Seismik Arah X = Arah Y Sampel VL 3 A dan VL 3 B



(d) Grafik Perbandingan Distribusi Seismik Arah X = Arah Y Sampel No A dan No B



(e) Grafik Perbandingan Distribusi Seismik Arah
X = Arah Y Sampel V All A dan V All B

Gambar 3. Grafik Perbandingan Distribusi Seismik Arah X = Arah Y

Gaya seismik lateral dari tiap sampel seperti menjadi satu kesatuan, ini dikarenakan nilai dari gaya seismik lateral memiliki nilai yang berdekatan atau hampir sama pada tiap sampel. Hal ini karena distribusi seismik itu dipengaruhi oleh berat seismik efektif dari tiap sampel struktur memiliki nilai yang berdekatan atau hampir sama.

3.3. Gaya Geser Dasar Desain

Hasil perhitungan gaya geser dasar yang telah dihitung dengan menggunakan faktor skala dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

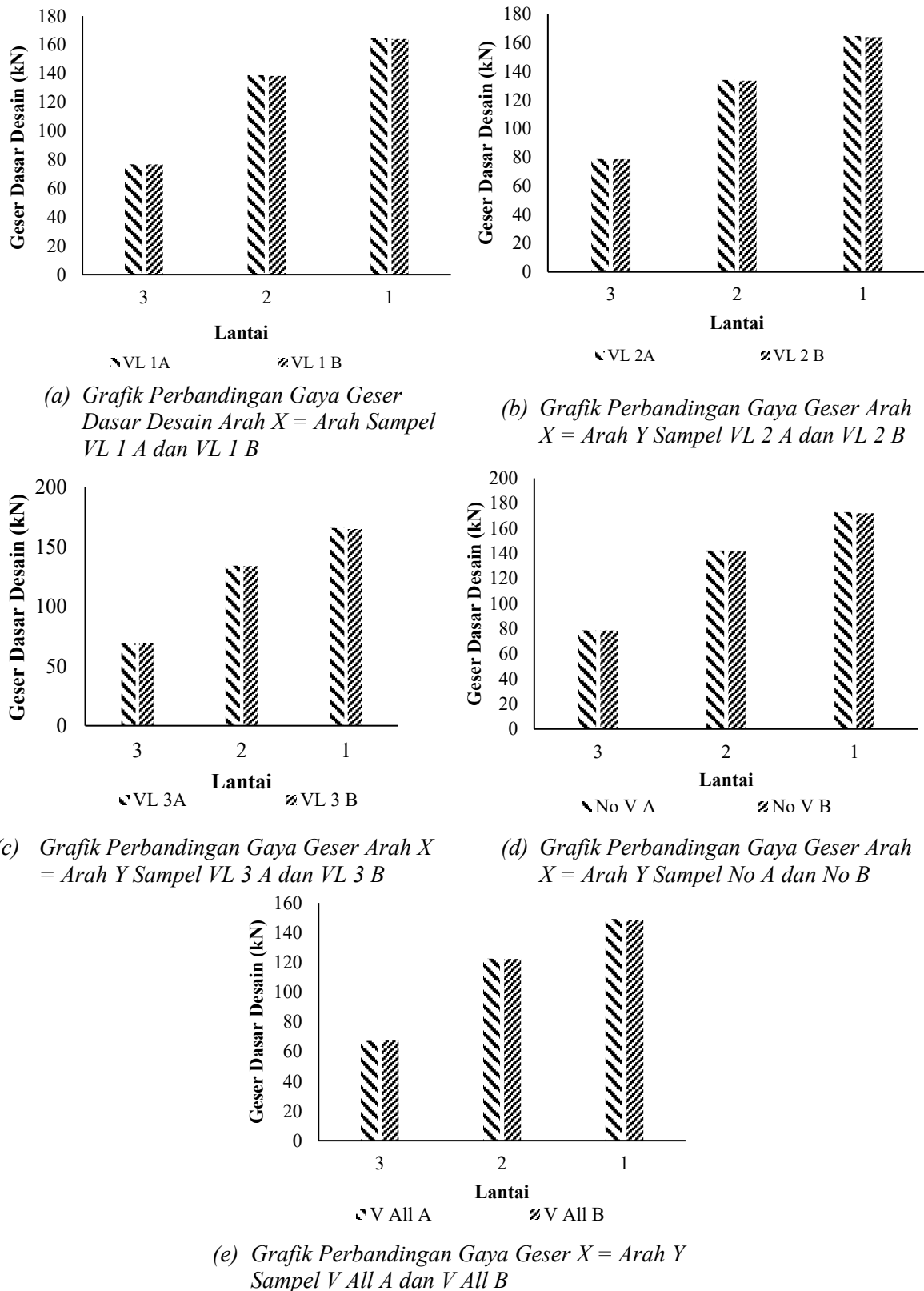
Tabel 3. Nilai Gaya Geser Dasar Tiap Model Sampel Struktur
Pelat Beton Konvensional dengan Faktor Skala

No	Model Sampel	V (kN)		Vt (kN)	
		Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
1	VL 1A	164,76	164,76	164,76	164,76
2	VL 2A	164,76	164,76	164,76	164,76
3	VL 3A	165,62	165,62	165,62	165,62
4	No V A	172,96	172,96	172,96	172,96
5	V All A	149,22	149,22	149,22	149,22

Tabel 4. Nilai Gaya Geser Dasar Tiap Model Sampel Struktur
Pelat Bondek dengan Faktor Skala

No	Model Sampel	V (kN)		Vt (kN)	
		Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
1	VL 1 B	163,98	163,98	163,98	163,98
2	VL 2 B	163,98	163,98	163,98	163,98
3	VL 3 B	164,84	164,84	164,84	164,84
4	No V B	172,07	172,07	172,07	172,07
5	V All B	148,67	148,67	148,67	148,67

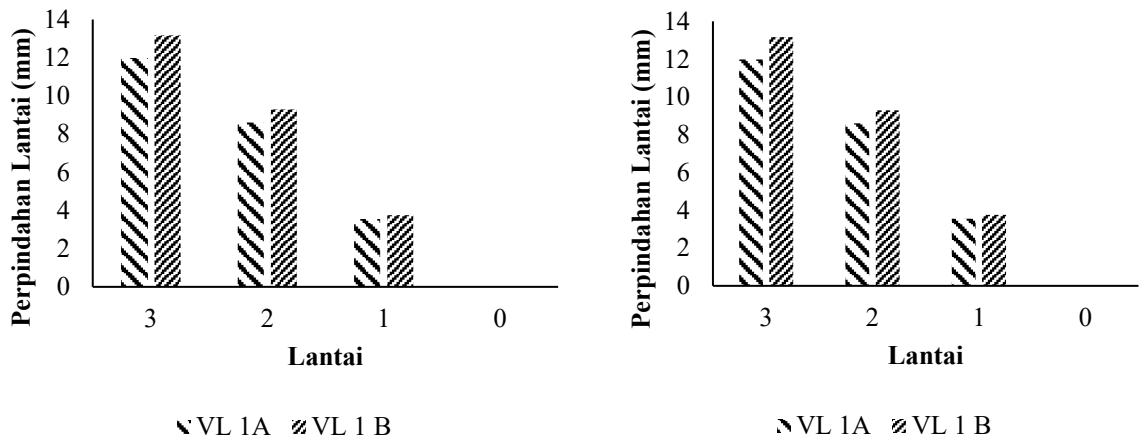
Grafik perbandingan nilai gaya geser dasar desain tiap sampel yang sama antara struktur pelat beton konvensional dan struktur pelat bondek dilihat pada Gambar 4.

**Gambar 4.** Grafik Perbandingan Gaya Geser X = Arah Y

Hilai gaya geser dasar desain yang terjadi memiliki nilai yang berdekatan atau hampir sama per tiap sampel dikarenakan nilai dari gaya seismik lateral memiliki nilai yang berdekatan atau hampir sama pada tiap sampel ini juga disebabkan karena distribusi seismik itu dipengaruhi oleh berat seismik efektif, berat seismik dari tiap sampel struktur memiliki nilai yang berdekatan atau hampir sama

3.4. Perpindahan Lateral dan Simpangan Antar Tingkat

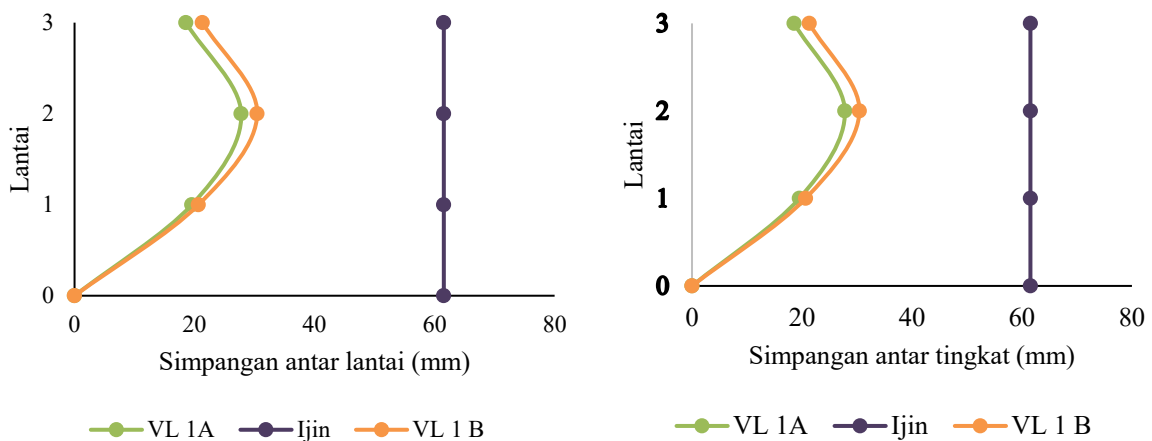
Hasil perhitungan perpindahan lateral sampel VL 1 A dan VL 1 B arah x dan y dapat dilihat pada Gambar 5. Simpangan antar tingkat sampel VL 1 A dan VL 1 B arah x dan y dapat dilihat pada Gambar 6.



(a) Grafik Perbandingan Perpindahan Lateral Arah X Sampel VL 1 A dan VL 1 B

(b) Grafik Perbandingan Perpindahan Lateral Arah Y Sampel VL 1 A dan VL 1 B

Gambar 5. Grafik Perbandingan Perpindahan Lateral Arah X dan Arah Y Sampel VL 1 A dan VL 1 B



(c) Grafik Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Arah X Sampel VL 1 A dan VL 1 B

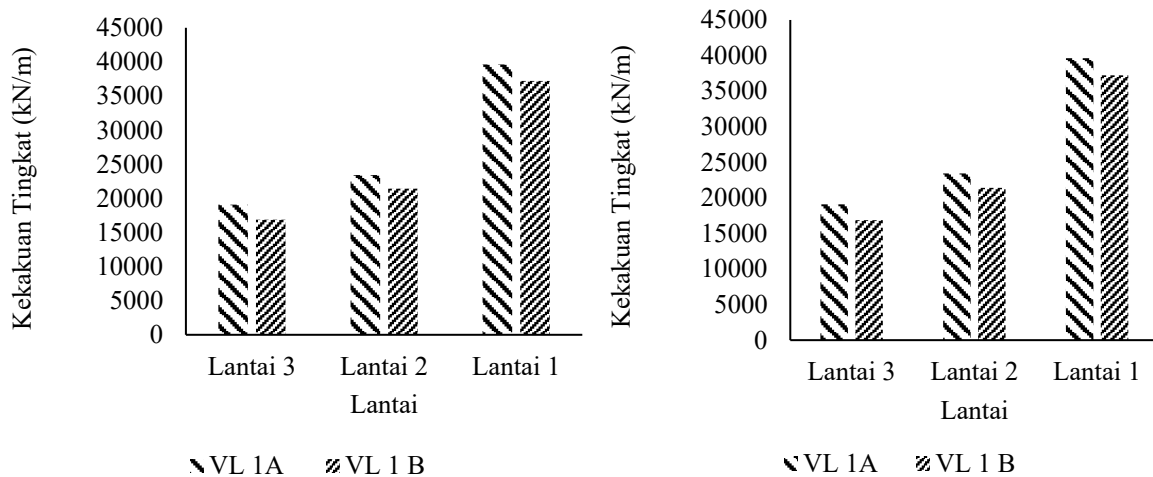
(d) Grafik Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Arah Y Sampel VL 1 A dan VL 1 B

Gambar 6. Grafik Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Arah X dan Arah Y Sampel VL 1 A dan VL 1 B

Dapat dilihat bahwa nilai perpindahan lateral dari tiap lantai pada semua model sampel memiliki nilai yang berdekatan atau hampir sama, hal ini disebabkan oleh berat seismik struktur pada semua model sampel memiliki berat yang hampir sama. Dapat dilihat bahwa nilai simpangan antar lantai dari tiap lantai pada semua model sampel memiliki nilai yang berdekatan atau hampir sama, hal ini disebabkan oleh berat seismik struktur pada semua model sampel memiliki berat yang hampir sama, dan nilai simpangan antar lantai dari semua model sampel tidak melebihi nilai simpangan maksimum $\Delta \leq \Delta_{izin}$.

3.5. Kekakuan Tingkat

Nilai perbandingan kekakuan tingkat sampel VL 1 A dan VL 1 B arah x dan arah y hasil analisis ETABS 2019 dapat dilihat pada Gambar 7.



(d) Grafik Perbandingan Kekauan Tingkat Arah X Sampel VL 1 A dan VL 1 B

(b) Grafik Perbandingan Kekauan Tingkat Arah Y Sampel VL 1 A dan VL 1 B

Gambar 7. Grafik Perbandingan Kekauan Tingkat Arah X dan Arah Y Sampel VL 1 A dan VL 1 B

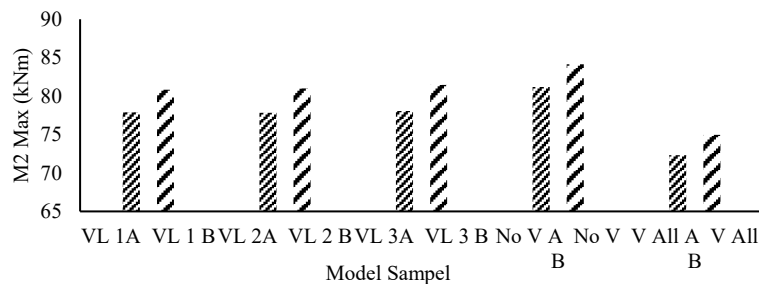
Dapat dilihat bahwa nilai kekauan tingkat dari tiap lantai pada semua model sampel memiliki nilai yang berdekatan atau hampir sama, hal ini disebabkan oleh penggunaan material dan elemen struktur yang sama yaitu balok dan kolom.

3.6. Gaya Dalam

3.6.1. Output nilai gaya dalam

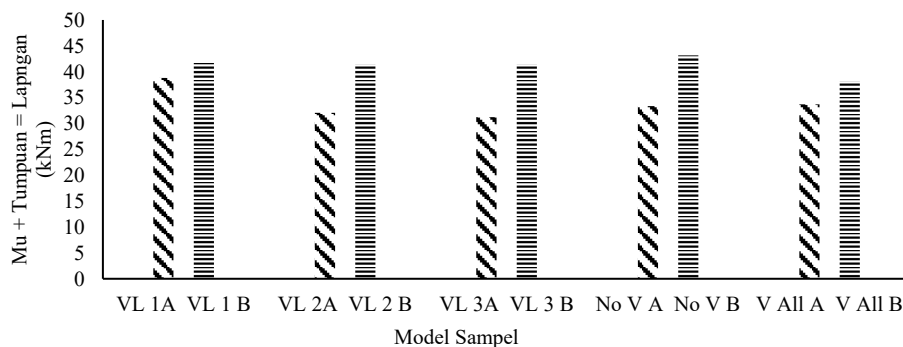
Output nilai gaya dalam yang diambil adalah nilai gaya dalam minimum dan maksimum dari hasil analisis pada ETABS 2019 pada setiap sampel struktur yang terdiri dari sampel struktur pelat beto konvensional dan sampel struktur pelat bondek.

Perbandingan Gaya Dalam Pada Kolom M2 Max Semua Model Sampel dapat dilihat pada Gambar 8.



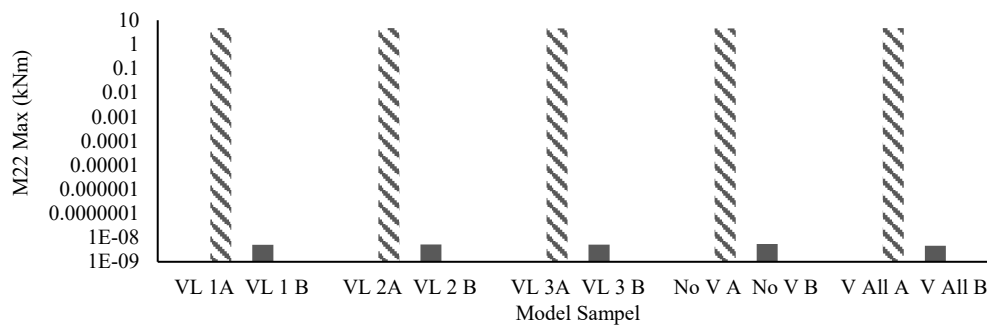
Gambar 8. Grafik Perbandingan Gaya Dalam Pada Kolom M2 Max Semua Model Sampel

Perbandingan Gaya Dalam Pada Balok μ^+ (Tumpuan = Lapangan) Semua Model Sampel dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Gaya Dalam Pada Balok μ^+ (Tumpuan = Lapangan) Semua Model Sampel

Perbandingan Gaya Dalam Pada Pelat M22 Max Semua Model Sampel dapat dilihat pada Gambar 10.

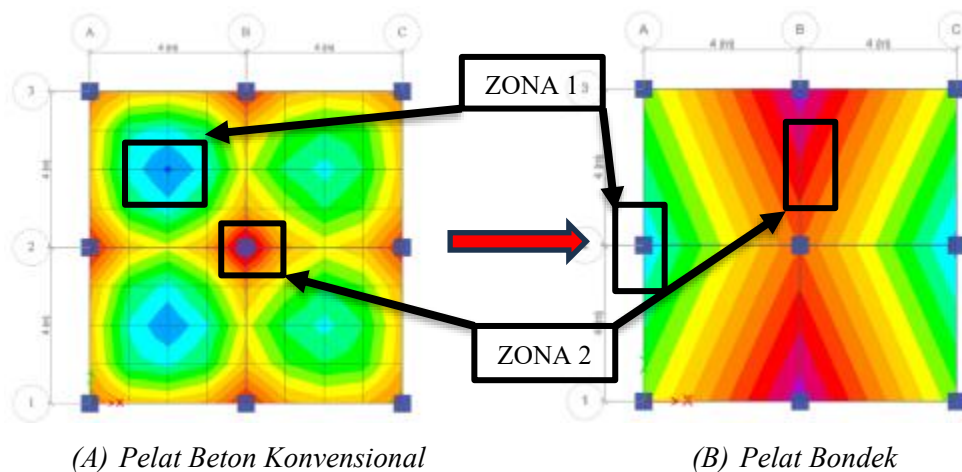


Gambar 10. Grafik Gaya Dalam Pada Pelat M22 Max Model Sampel

Berdasarkan hasil analisis menggunakan ETABS 2019, output gaya-gaya dalam pada kolom dan balok tidak memiliki perbedaan yang signifikan diantara semua sampel. Sedangkan perubahan nilai gaya dalam pada pelat antara pelat beton konvensional dan pelat bondek memiliki perbedaan yang sangat besar.

3.6.2. Perubahan arah gaya

Perubahan arah gaya akan diambil dari *top story* (lantai 3 atau atap) pada masing-masing sampel struktur yang sama antara struktur pelat beton konvensional dan struktur pelat bondek, kemudian akan dibandingkan perubahan arah gayanya dari hasil *output* pada ETABS 2019. Perubahan arah gaya yang ditinjau adalah momen maximum (M Max) dari setiap model sampel. Untuk perubahan arah gaya M Max pada lantai 3 sampel VL 1 A ke VL 1 B dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Perubahan Arah Gaya Pada Lantai 3 Sampel VL 1 A ke VL 1 B

Dapat dilihat bahwa diagram momen ratio yang terjadi pada pelat beton konvensional akan berpindah posisi pada pelat bondek yang ditandai dengan zona 1 untuk momen lapangan dan zona 2 untuk momen tumpuan.

4. Kesimpulan

Nilai gaya geser dasar desain yang terjadi pada semua model sampel memiliki nilai yang berdekatan tiap model sampel struktur. Yang berarti variasi sampel struktur dengan penggunaan pelat beton konvensional maupun pelat bondek tidak terlalu berpengaruh secara signifikan terhadap gaya geser struktur. Struktur dengan variasi V All (Void Lantai 1, 2, 3) memiliki nilai perbandingan perpindahan lateral dan simpangan yang besar pada arah x dan arah y, dan semua variasi pelat memiliki nilai simpangan antar lantai yang memenuhi syarat simpangan izin ($\Delta \leq \Delta_{izin}$). Struktur dengan variasi V All (Void Lantai 1, 2, 3) memiliki nilai perbandingan kekakuan yang kecil pada arah x dan arah y. Gaya – gaya dalam (N,M,P,T) pada kolom dan balok hasil analisis mendapati perbandingan nilai

gaya-gaya dalam antar model struktur memiliki perbedaan yang tidak signifikan. Sedangkan perubahan perbandingan gaya dalam pada pelat memiliki perbedaan yang besar pada semua sampel struktur.

Daftar Pustaka

- Ada, B. A. 2020. *Perbandingan Perencanaan Struktur Gedung Dengan Metode SNI 2847-2013 Dan Software Sap2000 V.19 Code Aci 318-14*. Universitas Narotama Surabaya, Jawa Timur.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 1726:2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 2847:2019. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan*. BSN. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Pedoman Perencanaan Untuk Rumah dan Gedung*. PU. Jakarta .1991.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Pedoman Perencanaan Untuk Rumah dan Gedung*. PU. Jakarta. SK SNI T-15-1991-03. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Yayasan LPMB. Bandung
- Davit, H. S. 2022. *Analisis Perbandingan Perhitungan Struktur Pelat Beton Konvensional dengan Pelat Beton Bondek (Studi Kasus Gedung Asrama PPPPTK (P4tk) Bidang Bangunan dan Listrik Medan)*. Universitas Medan Area, Medan.
- Jendrianus, H. T. 2021. *Studi Pengaruh Tangga pada Pemodelan Struktur Bangunan Beraturan Akibat Beban Gempa dengan Menggunakan Software Etabs*. Universitas Nusa Cendana, Nusa Tenggara Timur (NTT). Jurnal Forum Teknik Sipil, Vol. 1 No. 2, 2021, pp 48-59 (P-ISSN : 2776-6102, E-ISSN : 2776-8155). [diakses pada 8-03-2024].
- Raihan, D. H. dan Erizal. 2023. *Analisis Kekuatan Struktur pada Bangunan 8 Lantai berdasarkan Respon Spektrum SNI 03-1726-2019 menggunakan SAP2000*. Institut Pertanian Bogor, Jawa Barat. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, Vol. 08 No. 03, Desember 2023 (EISSN:2549-1407). [diakses pada 9-03-2024].
- Reski, A. 2014. *Pelat Beton Bertulang*. Politeknik Negeri Balikpapan, Kalimantan Timur.
- Sutjipto S. *Perbandingan Spektrum Respons Desain RSNI 1726:2018 dan SNI 1726-2012 Pada 17 Kota Besar Di Indonesia*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 12. Batam, Indonesia, 18-19 September 2018.
- Ummi, K., Rinawati, D. dan Yanuar, S. 2020. *Analisis Dinamik Respon Struktur Gedung Beraturan Dan Ketidakberaturan Horizontal*. Politeknik Negeri Jakarta, Jawa Barat. Construction and Material Journal, Vol. 2 No. 1, Maret 2020 (e-ISSN2655-9625). [diakses pada 9-03-2024].