

Studi Komparasi Perilaku Struktur Gedung At-Tauhid di Kota Surabaya Berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726- 2019

Heri Istiono*¹, Yasmin Lisawiyani²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, ITATS, Jl Arief Rachman Hakim 100 Surabaya
E-mail: ¹heri_istiono@itats.ac.id, ²yasmin.lisa20@gmail.com

Received 14 November 2021; Reviewed 15 November 2021; Accepted 13 April 2022
Journal Homepage: <http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering>
Doi: <https://doi.org/10.35334/be.v1i1.1854>

Abstract

Earthquake structure planning based on SNI 1726-2012, there is an update of the latest SNI 1726-2019 earthquake map to anticipate structural collapse in the At-Tauhid Building Surabaya. Reinforced concrete structure planning based on SNI 2847-2013. The earthquake analysis of the building was carried out by structural modeling using the SAP2000 program. The results obtained a comparison of the response spectrum and the behavior of the structure. According to the research, the response spectrum of the earthquake design increased the maximum earthquake acceleration value (S_a) by 12.99% and the period increased by 7.78%. The control behavior analysis of SNI 1726-2012 and SNI 1726-2019 of the building structure has met the requirements of time period, mass participation, static and dynamic base shear, inter-floor drift, and dual system. The time period obtained the same value of T_a SAP2000 of 1.61 seconds. The mass participation of SNI 1726-2019 reached the number of variations faster in the 30th mode. Static base shear increased by 12.99% and dynamic bottom shear increased by 32.95%. The drift between floors increased by 34.73% in the X direction and 34.54% in the Y direction. The dual system of SNI 1726-2012 structural frame resists design earthquake forces by 50.83% in the X direction and 43.75% in the Y direction. In SNI 1726-2019 the structural frame withstands the design earthquake force of 50.87% in the X direction and 43.77% in the Y direction.

Keywords: *spectrum response, dual systems, control analysis.*

Abstrak

Perencanaan struktur gempa berdasarkan SNI 1726-2012 terdapat pembaharuan peta gempa terbaru SNI 1726- 2019 untuk mengantisipasi keruntuhan struktur pada Gedung At-Tauhid Surabaya. Perencanaan struktur beton bertulang berdasarkan SNI 2847-2013. Analisa gempa terhadap gedung dilakukan dengan pemodelan struktur menggunakan program SAP2000 Hasil didapatkan perbandingan respon spektrum dan perilaku struktur. Sesuai penelitian, respon spektrum desain gempa meningkat nilai percepatan maksimum gempa (S_a) sebesar 12,99% dan periode meningkat sebesar 7,78%. Analisis perilaku kontrol SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 struktur gedung telah memenuhi syarat periode waktu, partisipasi massa, geser dasar statis dan dinamis, simpangan antar lantai, dan sistem ganda. Periode waktu diperoleh nilai yang sama T_a SAP2000 sebesar 1,61 detik. Partisipasi massa SNI 1726-2019 mencapai jumlah ragam lebih cepat pada mode ke 30. Geser dasar statis meningkat sebesar 12.99% dan geser dasar dinamis meningkat sebesar 32,95%. Simpangan antar lantai meningkat sebesar 34,73% arah X dan 34,54% arah Y. Sistem ganda SNI 1726-2012 rangka struktur menahan gaya gempa desain sebesar 50,83% arah X dan 43,75% arah Y. Pada SNI 1726-2019 rangka struktur menahan gaya gempa desain sebesar 50,87% arah X dan 43,77% arah Y.

Kata kunci: Respon Spektrum, Sistem Ganda, Analisa Kontrol.

1. Pendahuluan

Kota Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia dengan jumlah penduduk hampir 3 juta jiwa di kota ini terdapat dua sesar aktif yang dapat membahayakan lingkungan sekitar yaitu berada di sesar Surabaya dan sesar Waru dengan magnitude 6,5. Karena gedung yang ditinjau berada di lokasi Surabaya tepatnya di Gedung At Tauhid Tower dengan ketinggian 12 lantai maka perlu adanya perhitungan khusus untuk merencanakan gedung tahan gempa agar tetap aman dan kuat saat menahan gaya gempa, Bayyinah (2017). Berdasarkan wilayah termasuk dalam kategori gempa tinggi sehingga perencanaan gedung ini menggunakan Sistem Ganda, Budiono (2011), Firmansyah dan Machmoed (2019).

Perencanaan struktur gedung tahan gempa di desain berdasarkan peraturan dari Badan Standarisasi Nasional. Dalam penelitian ini dipakai peraturan gempa yang lama SNI 1726-2012 dengan gempa terbaru SNI 1726-2019. Hal ini dilakukan karena terdapat pembaharuan peta gempa untuk mengantisipasi terhadap keruntuhan struktur. Dari kedua SNI tersebut bisa didapatkan perbandingan hasil nilai parameter untuk menghitung kombinasi pembebanan, untuk mengevaluasi periode struktur, partisipasi massa bangunan, simpangan antar tingkat bangunan, dan gaya dasar, Istiono (2020). Penelitian ini akan dibahas mengenai pemodelan ulang pada struktur dengan fokus meninjau tulangan pada kekuatan struktur atas saja. Pembebanan berdasarkan SNI 1727-2013 dan perbandingan persyaratan gempa mengacu pada SNI 1726-2012 dengan SNI 1726-2019 selanjutnya akan dijelaskan hasil penulangan elemen meliputi pelat, balok, kolom, hubungan balok kolom (HBK), dan dinding geser (*shear wall*) berdasarkan persyaratan beton bertulang SNI 2847-2013, Imran dan Hendrik (2016), Palit (2019).

1.1. Respon Spektrum

Setelah menentukan parameter beban gempa statis diatas tahap selanjutnya mencari beban gempa dinamis yang dilakukan dengan menganalisis respon spektrum, Tavio dan usman (2018), kartiko dkk (2021). Dalam mendapatkan grafik respon spektrum desain dipakai 2 cara yaitu memakai SAP 2000 dan manual. Berikut ini adalah cara manual untuk mencari grafik respon spektrum, BSN (2012), BSN (2019):

1. Jika $T \leq T_0$ maka dipakai persamaan:

$$S_a = S_{DS}(0,4 + 0,6 \cdot \frac{T}{T_0}) S_a \quad (1)$$

2. Jika $T_0 \leq T \leq T_s$, maka :

$$S_a = S_{DS} \quad (2)$$

3. Jika $T_{L1} \geq T > T_s$ maka dipakai persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3)$$

4. Jika $T > L1$ maka dipakai persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1} \cdot T_L}{T^2} \quad (4)$$

Untuk persamaan diatas pada point 1,2,3 diatas dipakai pada SNI 1726-2012 dan point 1,2,3,4 dipakai pada SNI 1726-2019.

1.2. Periode Waktu

Periode waktu adalah periode getar alami yang menentukan besarnya beban gempa dan beban angin pada perancangan struktur, Pamungkas dan Harianti (2018), Rumimper dkk (2013), Istiono dan Syaifudin (2021). Periode fundamental pendekatan (T_a) sesuai SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 dipakai persamaan berikut BSN (2012), BSN (2019):

$$T_a = C_T \cdot hn^x \quad (5)$$

Apabila bangunan kurang dari 12 tingkat dengan tinggi tingkat paling sedikit 3 m dapat menggunakan persamaan :

$$T_a = 0,1 \cdot N \quad (6)$$

Kedua persamaan tersebut tidak boleh melebihi dari :

$$C_u \cdot C_T \cdot hn^x \quad (7)$$

Jika hasil T yang diperoleh dari SAP2000 $> (C_u \cdot C_T \cdot hn^x)$ maka :

$$T = C_u \cdot C_T \cdot hn^x \quad (8)$$

1.3. Partisipasi Massa

Partisipasi massa adalah berat dari struktur itu sendiri adapun penentuan harus tepat seperti gaya dan pembebanan gempa Safariski dkk, (2012). Berdasarkan SNI 1726-2012 mendapatkan partisipasi massa terkombinasi dipakai paling sedikit 90% dari massa aktual masing-masing arah horizontal yang ditinjau BSN (2012). Sedangkan berdasarkan SNI 1726-2019 mendapatkan partisipasi massa terkombinasi dipakai paling sedikit 100% dari massa struktur, untuk analisa harus menyertakan jumlah ragam yang cukup. Agar ketentuan terpenuhi untuk ragam satu badan kaku diizinkan untuk mengambil semua ragam dengan periode di bawah 0,05 detik, BSN (2019).

1.4. Geser Dasar Seismik

Gaya dasar seismik (V) timbul akibat beban gempa untuk menahan kombinasi gaya geser, momen, dan gaya aksial. Beban gempa akan diserap oleh dinding geser pengaku bangunan, Istiono dan Yusuf (2020). Skala gaya berdasarkan SNI 1726 – 2012 apabila perioda fundamental $> C_u T_a$ digunakan pengganti dari T dalam arah itu maka kombinasi geser dasar ragam, Bayyinah (2017):

$(V_t) < 85\%$ dari geser dasar (V) dengan gaya lateral ekuivalen dikalikan.

$$\text{Skala gaya} = \frac{85\% \cdot V}{V_t} \quad (9)$$

Skala gaya berdasarkan SNI 1726 – 2019 apabila perioda fundamental $> C_u T_a$ digunakan pengganti dari T dalam arah itu maka kombinasi geser dasar ragam, BSN (2019) :

$(V_t) < 100\%$ dari geser dasar (V) dengan gaya lateral ekuivalen dikalikan.

$$\text{Skala gaya} = \frac{100\% \cdot V}{V_t} \quad (10)$$

1.5. Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai desain (Δ) adalah perbedaan defleksi pada arah vertikal yang diambil bagian pusat massa teratas dan terbawah dengan dihitung selisih terbesar antar defleksi. Rumus defleksi pusat massa pada SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 sebagai berikut, BSN (2012), BSN (2019):

$$\text{Story drift} = \frac{C_d \delta_{xe}}{l_e} \quad (11)$$

$$\text{Syarat} = \Delta_a > \Delta_x \quad (12)$$

$$\text{Drift ijin} = 0,010 \cdot h_{sx} \quad (13)$$

1.6. Sistem Ganda

Sistem ganda adalah sistem struktur pemikul beban gravitasi, beban lateral diakibatkan dari gempa yang dipikul sistem rangka pemikul momen dan dinding geser. Menurut SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 rangka pemikul momen dapat memikul paling sedikit 25% dari gaya gempa desain. Untuk rangka pemikul momen kombinasi dan dinding geser tahanan gaya gempa harus proposional terhadap kekakuan. BSN (2012), BSN (2019).

3. Metodologi Penelitian

3.1. Pengumpulan Data Eksisting Bangunan

Penelitian kali ini gedung eksisting untuk perbandingan permodelan dari SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 yang akan ditinjau proyek pembangunan gedung At – Tauhid Tower. Dengan ketinggian 12 lantai, fungsi bangunan fasilitas pendidikan, serta data tanah NSPT.

3.2. Pemodelan

Pemodelan dipakai untuk menggambarkan struktur bangunan dengan memasukkan elemen juga dimensi yang sesuai pada data existing (data yang sudah ada).

3.3. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam permodelan struktur terdapat 2 diantaranya kombinasi beban gempa horizontal dan kombinasi beban gempa vertikal Berikut perbandingan kombinasi pembebanan ditunjukkan pada Tabel 1,

Tabel 1. Kombinasi Pembebanan	
SNI 1726-2012	SNI 1726-2019
Kombinasi Pembebanan Non-Gempa	
1.4 D	1.4 D
1.2 D + 1.6 L	1.2 D + 1.6 L
Kombinasi pembebanan gempa awal	
1.2 D + 1 L + (E _h + E _v)	1.2 D + 1 L + 1 E _v + 1 E _h
0.9 D + E _h - E _v	0.9 D - 1 E _v + 1 E _h
Kombinasi pembebanan gempa akibat efek gempa vertikal	
1.321 D + 1 L + 1 E _h	1.327 D + 1L + 1 E _h
0.779 D + 1 E _h	0.773 D + 1 E _h

Sumber : SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Periode Waktu (*Time Period*)

Dari Tabel 2. dapat disimpulkan bahwa hasil analisa periode waktu antara SNI 1726-2012 dengan SNI 1726-2019 memiliki persamaan nilai Ta SAP2000 sebesar 1,61 detik. Hal ini dikarenakan

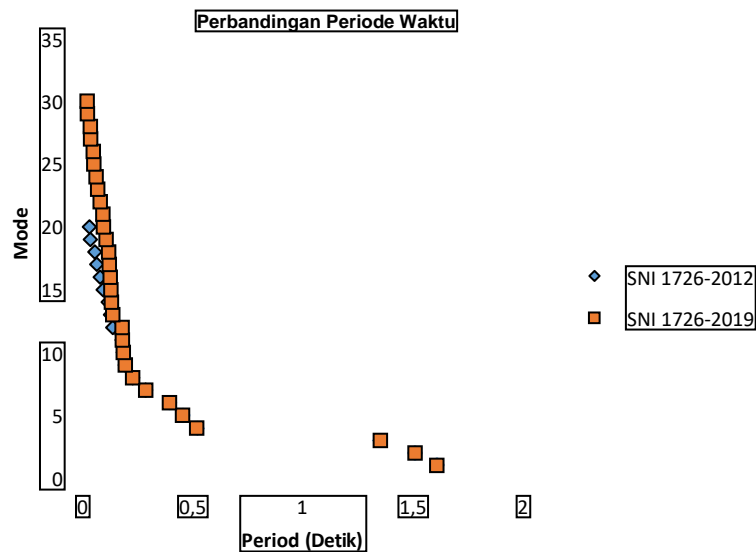
antara kedua SNI memiliki nilai parameter C_t yang sama.

Tabel 2. Perbandingan periode waktu SNI 1726 – 2012 & SNI 1726 – 2019

Parameter	(T_a min)	<	T_a SAP (T_c)	<	(T_a max)	Cek
SNI 1726-2012	1.52	<	1.61	<	2.12	OK
SNI 1726-2019	1.52	<	1.61	<	2.122	OK

Sumber : Hasil penelitian (2022)

Pada grafik analisis periode waktu dibawah ini terlihat bahwa SNI 1726-2012 terletak pada mode ke 20 sedangkan untuk SNI 1726-2019 terletak pada mode ke 30. Karena hasil T_a min < T_a SAP2000 (T_c) < T_a max sudah memenuhi, maka tidak perlu dilakukan pembesaran pada dimensi kolom dan balok.



Gambar 3. Grafik perbandingan periode waktu SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019

4.2. Partisipasi Massa

Tabel 3. Perbandingan Partisipasi Massa SNI 1726–2012 & SNI 1726–2019

Parameter	SNI 1726-2012	SNI 1726-2019
Persyaratan	Batas 90%	batas 100%
Mode	9	30
Periode	0.197854	0.025393
Sumbu X	0.917	0.999
Sumbu Y	0.919	0.991

Sumber : Hasil penelitian (2022)

Dari table 3 diatas dapat disimpulkan bahwa hasil analisa kontrol partisipasi massa antara kedua SNI memiliki perbedaan nilai pada sumbu x dan sumbu y. hal ini dikarenakan adanya perbesaran gaya respon spektrum gempa pada SNI 1726-2019.

4.3. Geser Dasar Statis Dan Dinamis

Tabel 4. dapat disimpulkan bahwa hasil analisis kontrol geser dasar seismik antara SNI 1726-2012 dengan SNI 1726-2019 memiliki nilai yang tidak sama pada statis arah x, statis y, dinamis

x, dan dinamis y. Hal ini dikarenakan pada geser statis disebabkan dari time periode sedangkan untuk geser dinamis SNI 1726-2012 memiliki persyaratan 85% dikalikan statis dan SNI 1726-2019 memiliki persyaratan 100% dikalikan statis. Dinamis juga memberi efek ke simpangan antar lantai (*drift*) dan berpengaruh ke sistem ganda.

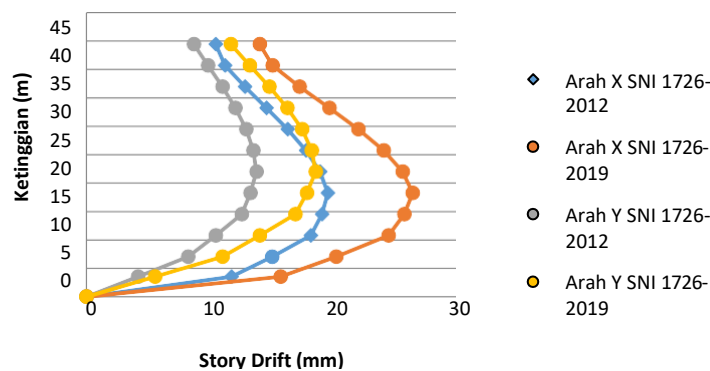
Tabel 4. Perbandingan Geser Dasar Seismik SNI 1726 – 2012 & SNI 1726 – 2019

Parameter	SNI 1726-2012 (Kgf)	SNI 1726-2019 (Kgf)	Peningkatan (%)
Statis X	679682,43	768004,63	12,99
Statis Y	679682,43	768004,63	12,99
Dinamis X	577743,36	768059,28	32,94
Dinamis Y	577740,72	768081,62	32,95

Sumber : Hasil penelitian (2022)

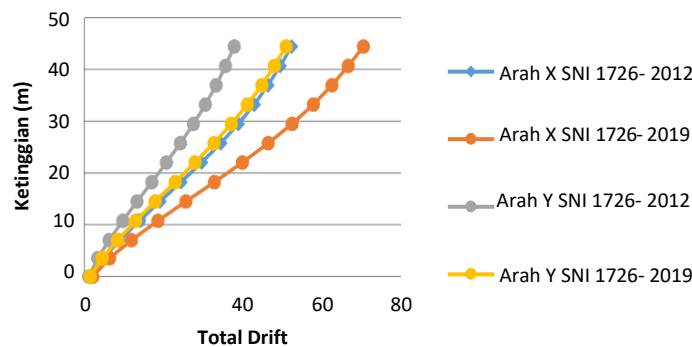
4.4. Simpangan Antar Lantai

Hasil analisa kontrol simpangan antar lantai dinamis x antara SNI 1726-2012 dengan SNI 1726-2019 memiliki nilai yang tidak sama. Hal ini dikarenakan SNI 1726-2019 memiliki nilai lebih besar pengaruh dari geser dasar seismik maka lebih kuat menahan gaya lateral akibat gempa terhadap struktur bangunan.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X dan Arah Y SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019

Pada Gambar 6 analisis simpangan antar lantai arah x dan arah y terlihat bahwa SNI 1726- 2012 memiliki simpangan lebih kecil sedangkan untuk SNI 1726-2019 memiliki simpangan lebih besar.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Total Drift Arah X dan Arah Y SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019

Pada grafik diatas perbandingan total drift arah x dan arah y terlihat bahwa SNI 1726-2012

memiliki nilai total drift lebih kecil sedangkan untuk SNI 1726-2019 memiliki nilai total *drift* lebih besar.

4.5. Sistem Ganda

Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa hasil analisa sistem ganda antara SNI 1726-2012 dengan SNI 1726-2019 memiliki nilai yang tidak sama. Hal ini dikarenakan SNI 1726-2019 dapat pengaruh dari nilai simpangan antar lantai yang lebih besar

Tabel 5. Perbandingan Sistem Ganda SNI 1726 – 2012 dan SNI 1726 – 2019

Keterangan	Gaya Geser Total	Gaya Geser Shearwall	Gaya Geser SRPM
SNI 1726-2012			
Arah X	5959.16 kN	2930.23 kN	
Arah Y	5808.06 kN	3266.88 kN	
Arah X = (shearwall/ total) x 100 =		49.17%	50.83%
Arah Y = (shearwall / total) x 100 =		56.25%	43.75%
SNI 1726-2019			
Arah x	7927.56 kN	3894.46 kN	
Arah y	7722.9 kN	4342.44 kN	
Arah X = (shearwall / total) x 100 =		49.13%	50.87%
Arah Y = (shearwall / total) x 100 =		56.23%	43.77%

Sumber : Hasil penelitian (2022)

Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa hasil analisa sistem ganda antara SNI 1726-2012 dengan SNI 1726-2019 memiliki nilai yang tidak sama. Hal ini dikarenakan SNI 1726-2019 dapat pengaruh dari nilai simpangan antar lantai yang lebih besar

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian berdasarkan hasil analisis menggunakan SNI 1726- 2012 dan SNI 1726-2019 mendapatkan hasil perbandingan respon spektrum desain gempa pada kedua SNI mengalami peningkatan pada SNI 1726-2012 ke SNI 1726-2019. Pada nilai percepatan respon spektra (S_a) mengalami peningkatan sebesar 12,99% pada nilai Periode (T) mengalami peningkatan sebesar 7,78%. Untuk perbandingan perilaku kontrol pada periode waktu, partisipasi massa, gaya dasar seismik, simpangan antar lantai, dan sistem ganda telah memenuhi persyaratan. Pada time periode diperoleh nilai yang sama yaitu T_a SAP2000= 1,61 detik < T_a max = 2,12 detik. Kemudian partisipasi massa pada SNI 1726-2012 ragam mode ke 9 sedangkan SNI 1726- 2019 ragam mode ke 30 mencapai jumlah ragam lebih cepat. Pada geser dasar statis mengalami peningkatan maksimum sebesar 12.99% dan geser dasar dinamis mengalami peningkatan maksimum sebesar 32,95%. Meningkatnya geser dasar dinamis berbanding lurus dengan meningkatnya simpangan antar lantai, hal ini ditunjukkan dengan peningkatan total drift untuk arah x sebesar 34,73% dan arah Y sebesar 34,54%. Sehingga, pada analisis kontrol tidak mengalami kenaikan yang signifikan. Hasil kontrol sistem ganda pada kedua SNI telah memenuhi persyaratan yaitu. Pada SNI 1726-2012 rangka pemikul momen mampu menahan gaya gempa desain sebesar 50,83% arah x dan 43,75% arah y. SNI 1726-2019 rangka pemikul momen mampu

menahan gaya gempa desain sebesar 50,87% arah X dan 43,77% arah Y. sehingga rangka pemikul momen mampu menahan gaya gempa desain minimal 25% sisanya ditahan oleh dinding geser (*shearwall*).

6. Daftar Pustaka

- Bayyinah, Dilla Ayu Laila Nurul dan Faimun. 2017. Studi Perbandingan Analisis Respon Spektra dan Time History untuk Desain Gedung. Jurnal Teknik ITS Vol. 6, No.1 : C33 – C38
- Badan Standarisasi Nasional, 2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung (SNI 1726-2012), BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013, Beban minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013), BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung (SNI 1726-2019), BSN, Jakarta.
- Budiono, Bambang dan Lucky Supriatna, 2011. Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa. Bandung: Penerbit ITB Press.
- Firmansyah Andika dan Machmoed S P. 2019, Perencanaan Struktur Gedung LFC Beton Bertulang Tahan Gempa Dengan Menggunakan Sistem Ganda Pada Daerah Gempa Tinggi, Axial, Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi, Vol.7 No 2, hal 83- 92.
- Imran dan Hendrik, 2016, Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang, Bandung.
- Istiono Heri dan Prasetyo HBM, 2020, Analisis Respon Struktur dan Level Kinerja Bangunan Pasca Gempa Pada Gedung Hotel Biliton, dalam proseding SNTTEKPAN VIII (Surabaya, 26 September 2020), ISSN 2685 – 6875.
- Istiono Heri dan Khoe Letisia. 2020, Analisis Perhitungan Struktur Bangunan Tahan Gempa dengan Kolam Renang Berdasarkan SNI 1726:2019, Jurnal Teknik Sipil, Vol 1 No 2, hal 146 - 151.
- Istiono, Heri dan Ramadhan, Azhar, Yusuf, 2020. Analisi Pengaruh P-Delta Effect Terhadap Perbedaan Ketinggian Struktur Gedung Tahan Gempa (Studi kasus : Non-High Rise Building). Rekayasa Sipil Volume 14 No 3, ISSN 1978 – 5658.
- Istiono, Heri dan MA Syaifudin. 2021, Analisis Kekuatan Struktur Balok Pasca Kebakaran Pada Gedung Dengan Penambahan Pelat Baja Sebagai Perkuatan. Rekayasa Sipil Volume 15 No 3, ISSN 1978 – 5658.
- Kartiko AS, Indra Komara, Yanisfa Septiarsilia, Dita Kamarul Fitria, Heri Istiono, Dewi Pertiwi. 2021, Analisis Geometri Bangunan terhadap Kinerja Seismik Menggunakan Direct Displacement Based Design Method. Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil Volume 4 no 2, hal 73-84.
- Palit, Heronica Imanuel dkk. 2019. Analisa Bangunan Bertingkat dengan Kolam Renang Akibat Gempa. Jurnal Sipil Statik, Vol 7 (6) : 743 – 748.
- Pamungkas dan Harianti, 2018, Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa, Yogyakarta.

- Rumimper, Berny Andreas Engelbert dkk. 2013. Perhitungan *Inter Story Drift* pada Bangunan tanpa *Set-back* dan dengan *Set-back* Akibat Gempa. Jurnal Sipil Statik, Vol 1 (6) hal 408 – 414.
- Safariski, Hendramawat, Aski, 2012. Evaluasi Penggunaan Bresing Baja dalam Meningkatkan Kinerja Struktur Beton Tahan Gempa (Studi Kasus : Gedung V Fakultas Teknik UNS. *Volume XIII No.1 Maret 2012*, ISSN : 977 – 19799705.
- Tavio dan Usman Wijaya, 2018. Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Performance Based Design) Dilengkapi Contoh dan Aplikasi Program Bantu Etabs. Yogyakarta:Penerbit ANDI Yogyakarta

