



MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG UNIVERSITAS TERBUKA DENGAN METODE DUAL SYSTEM DI DAERAH RESIKO GEMPA TINGGI

STRUCTURE MODIFICATION OF BUILDING UNIVERSITAS TERBUKA USING DUAL SYSTEM METHOD IN HIGH SEISMIC RISK AREA

Raihan Gilang Ramadhan¹, Arie Wardhono²

^(1,2) Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Gedung A4, Kampus Unesa 1, Jalan Ketintang, Kec. Gayungan, Kota Surabaya, 60231, Indonesia

Abstrak

Peningkatan jumlah pertumbuhan penduduk di Indonesia menimbulkan tuntutan salah satunya pada system pendidikan. Jumlah siswa yang terus meningkat mendorong pembangunan fasilitas Pendidikan yang lebih baik dan memadai. Gedung perkuliahan Universitas Terbuka Purwokerto yang dimodifikasi menjadi 8 lantai dengan metode struktur dual system. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan struktur agar beban lateral mampu ditahan akibat gempa pada daerah yang memiliki resiko gempa tinggi. Hasil modifikasi menunjukkan bahwa struktur sudah memenuhi prinsip strong column – weak beam dan distribusi gaya geser dasar pada dinding geser sebesar 74% untuk gempa arah X dan 66% untuk gempa arah Y. Dengan mengoptimalkan perletakan elemen struktur didapatkan Hasil kontrol modifikasi struktur terhadap kinerja struktur bangunan yang memenuhi persyaratan yaitu simpangan antar tingkat maksimum arah X (Δ_x) = 36,73 mm dan arah Y (Δ_y) = 35,82 mm. P-Delta maksimum arah X (θ_x) = 0,0125 dan (θ_y) = 0,0117 tidak melebihi batas pengaruh P-Delta (θ_{max}) = 0,100 menunjukkan kestabilan pada struktur. Adapun Desain modifikasi struktur ini juga sesuai dengan standar SNI 2847:2019.

Kata Kunci: Dinding Geser, Gedung Beton Bertulang, Sistem Ganda, Simpangan Antar Lantai, SRMPK

Abstract

The rapid population growth in Indonesia has increased demands on various sectors, including education. The rising number of students necessitates the development of improved and adequate educational facilities. This study modifies the Universitas Tebuka Purwokerto campus building into an 8-story structure using a dual structural system. The research aims to optimize the structure to resist lateral earthquake loads in high-seismic-risk areas. Modification results demonstrate compliance with the strong column-weak beam principle, with basic shear force distribution in shear walls reaching 74% for the X-direction earthquake and 66% for the Y-direction. Optimized placement of structural elements yields performance metrics meeting requirements: maximum inter-story drift of $\Delta_x = 36,73$ mm in the x direction and $\Delta_y = 35,82$ mm in the Y direction. Maximum P-Delta effects are $\theta_x = 0,0125$ and $\theta_y = 0,0117$, both below the limit of $\theta_{max} = 0,100$, confirming structural stability. The design also adheres to SNI 2847:2019.

Keywords: Dual System, Inter-Level Deviation, R/C Building, Shearwall, SRMPK

PENDAHULUAN

Suatu negara sangat erat kaitannya dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2024), Pertengahan 2024 penduduk di Indonesia diperhitungkan mencapai 281.603,8 ribu jiwa, meningkat 1,01% dibandingkan dengan pertengahan 2023 yang berjumlah 278.696,2 ribu jiwa. Peningkatan jumlah penduduk ini menimbulkan tuntutan besar, salah satunya pada sistem Pendidikan. Jumlah siswa yang terus meningkat memerlukan pembangunan fasilitas Pendidikan yang lebih baik dan lebih luas. Dalam mengatasi keterbatasan lahan, strategi yang diambil adalah pembangunan gedung bertingkat. Namun, pembangunan gedung bertingkat memerlukan

perencanaan dengan mempertimbangkan resiko yang akan terjadi. Dengan demikian keamanan bangunan dan keselamatan pada penggunaannya harus dijamin, mengingat kondisi geografis Indonesia yang sangat rentan terhadap gempa bumi.

Berdasarkan penelitian oleh (Utomo & Purba, 2019), Indonesia memiliki lautan yang lebih luas dari daratannya dan terletak pada posisi geografis yang kompleks. Penyebabnya yaitu sering adanya tumbukan tiga lempeng tektonik besar terdiri dari Eurasia, Indo-Australia serta Pasifik. Pada tahun 2024 telah tercatat 31 kejadian gempa yang merusak, hal tersebut merupakan rekor tertinggi sejak tahun 2000 dalam periode 24 tahun (Supartoyo, 2025). Peristiwa alam tersebut memiliki resiko yang tidak

(*)Corresponding author

Telp : -
E-mail : raihan.22156@mhs.unesa.ac.id
<http://doi.org/10.33506/rb.v12i01.5340>
Received 21 Januari 2026; Accepted 08 Maret 2026; Available online 30 April 2026
E-ISSN: 2614-4344 P-ISSN: 2476-8928

hanya mengancam keselamatan jiwa bahkan juga merusak infrastruktur. Karena itu dalam perencanaan bangunan bertingkat diperlukan persyaratan yang memenuhi standar dan kualitas agar kerusakan yang akan disebabkan bencana alam dapat dicegah dengan baik. Tujuan perencanaan yaitu agar Gedung bangunan bisa bertahan dalam bencana gempa bumi. Bangunan yang tahan dari gempa bumi yaitu apabila kerusakan yang disebabkan oleh gempa dapat dikelola dan masih mematuhi standar spesifikasi yang berlaku.

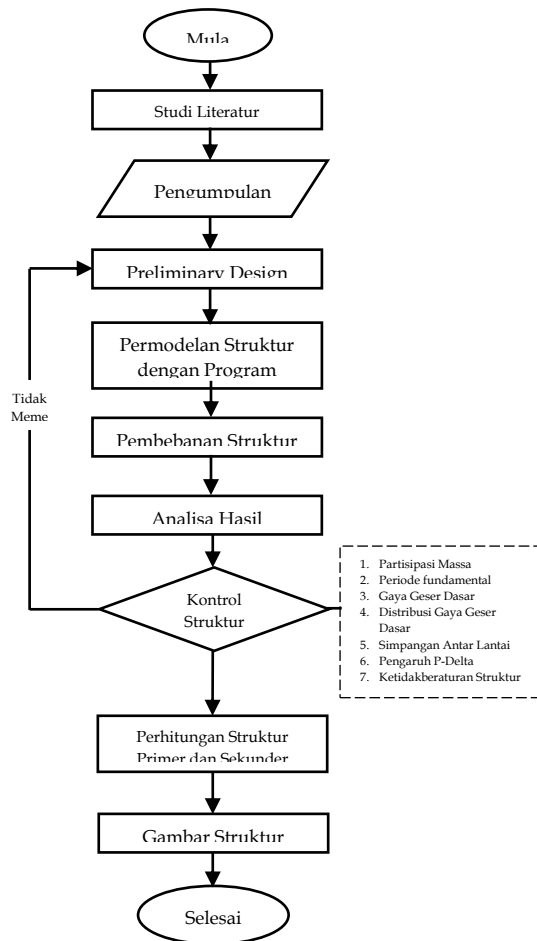
Kemajuan pengetahuan dan teknologi di Indonesia membuat berbagai perkembangan metode konstruksi khususnya pada struktur gedung yang memiliki ketahanan gempa. Metode perencanaan struktur tahan gempa salah satunya yaitu menggunakan dual system, sistem ganda adalah menggabungkan dua sistem yang berbeda. Gabungan antara sistem sistem rangka pemikul momen khusus dan shear wall diharapkan bisa mengurangi gaya gempa serta meningkatkan kekakuan struktur sehingga membuat bangunan lebih kokoh.

Gedung Universitas Terbuka merupakan Gedung perkuliahan bertingkat 5 lantai yang terletak di Purwokerto. Gedung yang akan dibangun tidak memungkinkan dirikan di daerah resiko gempa tinggi. Oleh karena itu dengan modifikasi dengan sistem ganda (dual system) yang menggabungkan SRPMK dan shear wall akan memenuhi kinerja struktural yang optimal dan beban didistribusikan secara proporsional.

Dengan mempertimbangkan hal tersebut, Penulis akan merencanakan ulang gedung Universitas Terbuka menggunakan Sistem ganda (dual system) dan wilayah gempa dirubah menjadi resiko wilayah gempa tinggi (Cilacap). Penelitian ini bertujuan memastikan tingkat keamanan dan kenyamanan yang maksimal bagi penghuni bangunan disesuaikan berdasarkan standar peraturan bangunan yang ada di Indonesia.

METODE

Metode penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data sekunder. Data sekunder terdiri dari gambar struktur bangunan yang dilakukan modifikasi, data tanah pada daerah resiko gempa tinggi, dan data parameter seismik. Pada penelitian ini menggunakan metode sistem ganda dengan memadukan Sistem Pemikul Momen Khusus dan Dinding Geser. Agar hasil sesuai dan bisa lebih optimal dilakukan beberapa model modifikasi struktur. Proses modifikasi struktur dilakukan sesuai diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Gambar Diagram Alir Penelitian
Sumber: Editor, 2025

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Pembebanan Struktur

Beban modifikasi struktur terdiri dari beban gempa, beban mati, dan beban hidup. Adapun informasi beban terdapat pada Tabel 1- Tabel 3

Tabel 1. Beban Mati Tambahan

Lantai	Komponen Beban	Q (kN/m ²)
Berat mati tambahan per m² pada lantai		
	Keramik dan spesi	1,10
	Plafond	0,05
Lt. 1 s/d Lt. 8	Bracket Plafon	0,10
	Ducting mechanical	0,19
	Berat Total	1,44
	Waterproofing	0,05
	Plafon	0,05
Lt. Atap	Bracket Plafon	0,10
	Ducting mechanical	0,19
	Berat Total	0,39
Berat mati tambahan per m² pada balok		
	Bata ringan citibon b = 100 mm; h = 200 mm; γ = 600	0,5884
Lt. 10 s/d Lt. 52	kgf/m ³ Plaster; t = 5 mm; γ = 0,24 kN/m ³	0,0012
	Berat Total x Tinggi Lantai	2,4763

Lantai	Komponen Beban	Q (kN/m ²)
Lt. Lower Roof	Bata ringan citibon b = 100 mm; h = 200 mm; $\gamma = 600$ kgf/m ³	0,5884
	Plaster; t = 5 mm; $\gamma = 0,24$ kN/m ³	0,0012
	Berat Total	2,4763

Tabel 2. Beban Hidup

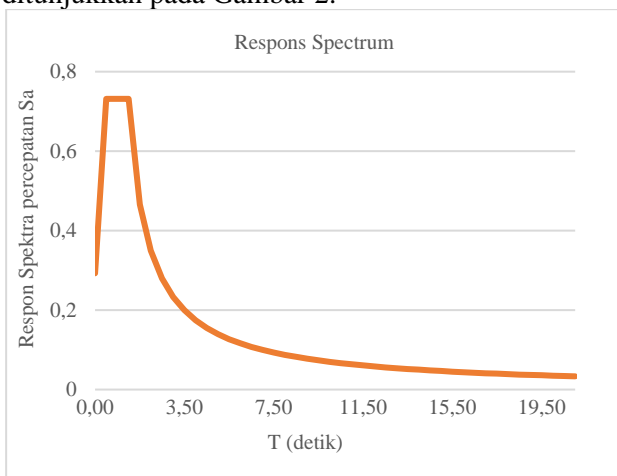
Lantai	Komponen Beban	Q (kN/m ²)
Lt. 1 s/d Lt. 8	Ruangan Kelas	1,920
	Selasar lantai pertama	4,790
	Selasar lantai di atasnya	3,830
Lt. Roof	Atap	0,960

Tabel 3. Data Parameter Respons Spektrum

Parameter	Nilai
Spektral Percepatan Periode Pendek (Ss)	1.014 g
Spektral Percepatan Periode 1 Detik (S1)	0,467 g
Koefisien Situs (Fa)	1,087
Koefisien Situs (Fv)	2,200
Parameter Percepatan Spektral Respons Untuk Periode Pendek (Sms)	1,097 g
Parameter Percepatan Spektral Respons Untuk Periode 1 Detik (Sm1)	1,048 g
Percepatan Spektrum Desain Periode Pendek (Sds)	0,732 g
Percepatan Spektrum Desain Periode 1 Detik (Sd1)	0,699 g
Parameter Periode T0	0,191 s
Parameter Periode Ts	0,955 s
Periode Panjang (TL)	20,00 s

Analisis Pembebanan Struktur

Berdasarkan parameter percepatan respon spektrum kota Cilacap yaitu kelas situs SE (Tanah Lunak), dengan klasifikasi risiko bangunan IV, (KDS) dari bangunan yaitu D sesuai SNI 1726:2019 didapatkan respon spektrum desain pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Respons Spektral
Sumber: Editor, 2025

Modifikasi Struktur

Penelitian ini dalam menentukan desain yang optimal digunakan 3 model. Berikut hasil pemodelan pada modifikasi struktur yang dilakukan dalam penelitian sebanyak 3 model yaitu:

1. Model Modifikasi Struktur 1

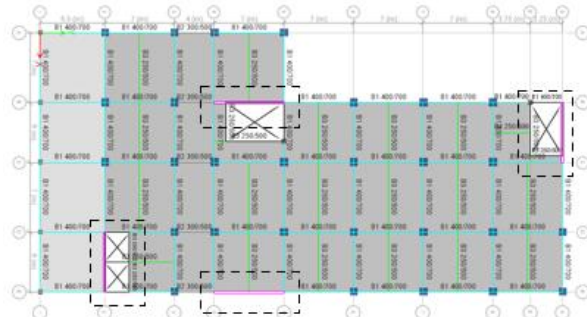
Model ini ada penambahan 2 elemen dinding geser dengan lebar 400 mm di sekitar bukaan. Balok induk dengan ketebalan 350 mm x 700 mm. Kolom yang dipakai berbentuk persegi panjang.



Gambar 3. Model Modifikasi 1
Sumber: Editor, 2025

2. Model Modifikasi Struktur 2

Model modifikasi struktur ini menambahkan 4 buah elemen dinding geser dengan ketebalan 300 mm. Kolom yang digunakan yaitu kolom persegi tanpa menambahkan kolom di dekat lift. Dimensi balok yang dipakai 400 mm x 700 mm.



Gambar 4. Model Modifikasi 2
Sumber: Editor, 2025

3. Model Modifikasi Struktur 3

Model Modifikasi Struktur ini menambahkan 3 dinding geser di dekat bukaan dengan ketebalan 400 mm. Sedangkan dimensi balok yang digunakan berdimensi 400 mm x 700 mm. Untuk kolom berbentuk persegi panjang.

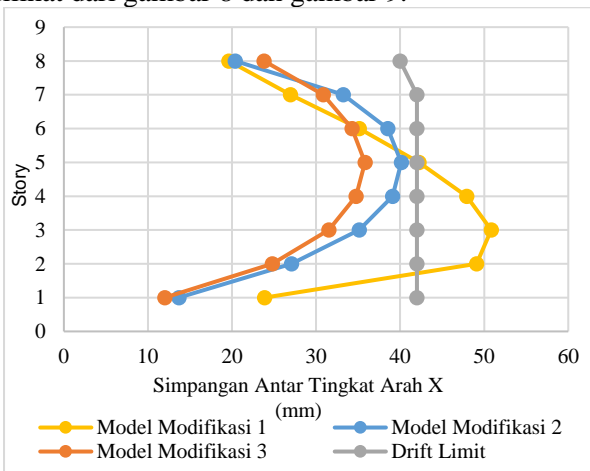


Gambar 5. Model Modifikasi 3
Sumber: Editor, 2025

Tabel 4. Kontrol Struktur Modifikasi

No	Kontrol Struktur		Model 1	Model 2	Model 3
1	Partisipasi Massa Aktual (Mode)	X	36	36	36
		Y	36	36	36
	Periode Fundamental Struktur (s)	X	0,949 s	0,949 s	0,949 s
2		Y	0,949 s	0,949 s	0,949 s
	Kontrol Gaya geser Dasar Seismik				
	Koefisien Respons Seismik	X	0,1577	0,1577	0,1577
a		Y	0,1577	0,1577	0,1577
	Berat Seismik Efektif Struktur (kN)	X	73.696 kN	72.170 kN	75.283 kN
		Y	73.696 kN	72.170 kN	75.283 kN
c	Gaya Geser Statik Ekuivalen				
	Gaya Geser Dasar Statik (kN)	X	11.552,7 kN	11.524,5 kN	11.872,3 kN
		Y	11.552,7 kN	11.524,5 kN	11.872,3 kN
	Gaya Geser Dasar Dinamik (kN)	X	11.552,7 kN	11.524,5 kN	11.872,7 kN
		Y	11.552,7 kN	11.524,5 kN	11.872,7 kN
	4 Distribusi Gaya Geser				
a	Dinding Geser	X	37,95 %	68,24 %	73,75 %
		Y	72,37 %	78,03 %	66,13 %
b	Rangka	X	62,05 %	31,76 %	26,25 %
		Y	27,63 %	21,97 %	33,87 %
5	Simpangan Antar Tingkat Max	X	50,84	40,135	36,729
		Y	41,07	34,921	35,820
6	Kestabilan Akibat Pengaruh P-Delta Max	X	0,0745	0,0263	0,0117
		Y	0,0359	0,0199	0,0125

Dan untuk grafik dari simpangan antar lantai bisa dilihat dari gambar 8 dan gambar 9.

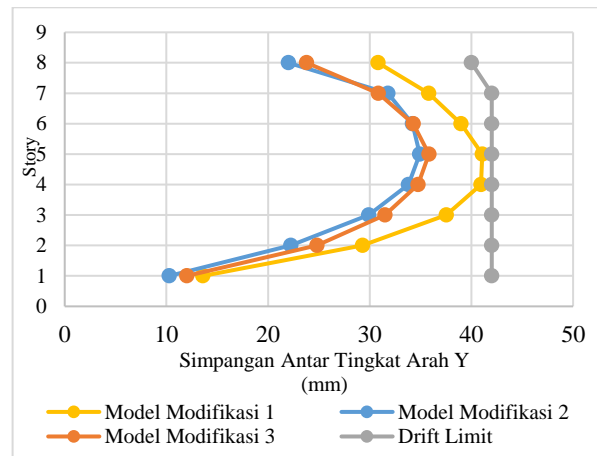


Gambar 5. Plot *Story Drift* arah X
Sumber: Editor, 2025

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dengan bantuan software struktur menggunakan metode dual system yaitu SRPMK dan shearwall. Sesuai SNI 1726:2019 analisis yang dihasilkan sudah sesuai prinsip desain kolom kuat – balok lemah dan persebaran gaya geser yang terjadi pada shearwall sebesar 74% : 66% untuk arah X : arah Y

Untuk memperoleh struktur yang optimal, perencanaan gedung beton bertulang dengan melakukan optimalisasi perletakan elemen struktur



Gambar 6. Plot *Story Drift* arah Y
Sumber: Editor, 2025

Hasil modifikasi struktur dari ketiga model di Tabel 4 menunjukkan bahwa massa bangunan mempengaruhi respons struktur terhadap gempa. Massa bangunan memiliki korelasi terbalik dengan periode alami struktur, artinya makin besar massa bangunan maka makin pendek periode getar strukturnya, sebaliknya. Periode getar juga mempengaruhi gaya geser dasar yang diterima bangunan semakin Panjang periode getar, semakin kecil gaya geser dasarnya. Besarnya gaya geser dasar gempa mempengaruhi skala gaya yang dihasilkan, cenderung lebih rendah berbanding dengan model gedung lain. Karena skala gaya yang lebih kecil, simpangan yang dihasilkan pun cenderung berkurang, karena faktor pengali gempa dalam analisis respons spektrum menjadi lebih kecil. Setelah dilakukan percobaan trial and error pada ketiga model modifikasi struktur, hasilnya menunjukkan bahwa model modifikasi 3 dan hasilnya tertera pada tabel 4, gambar 8 dan gambar 9 memperlihatkan perilaku struktur yang paling optimal. Model modifikasi ini memiliki nilai simpangan antar lantai yang paling aman karena lebih mampu menahan beban gempa dari kedua arahnya, serta mamenuhi persyaratan system ganda.

didapatkan hasil kontrol modifikasi bangunan Perkuliahan Universitas Terbuka Purwokerto yaitu modifikasi model 3 dengan metode dual system menunjukkan bahwa kontrol kinerja dari struktur yang modifikasi sudah sesuai dengan ketentuan dual system dan simpangan antar tingkat sesuai SNI 1726:2019. Hasil analisis struktur terhadap performa struktur modifikasi gedung yang memenuhi ketentuan yaitu simpangan antar tingkat maksimum arah X (Δ_x) = 36,73 mm sedangkan arah Y (Δ_y) = 35,82 mm. P-Delta maksimum arah X (θ_x) =

0,0125 dan $(\theta_y) = 0,0117$ tidak melebihi batas pengaruh P-Delta $(\theta_{max}) = 0,100$ menunjukkan kestabilan pada struktur. Adapun Desain modifikasi struktur ini juga sesuai dengan standar SNI 2847:2019 dan memenuhi ketentuan kolom kuat – balok lemah, sehingga dapat meningkatkan kestabilan, kinerja struktur tetap optimal dan keamanan bangunan.

REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung (SNI 1726:2019). Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). Persyaratan Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019). Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020). Jakarta: BSN.
- Cornelis, R., Bunganaen, W., dan Tay, B.H.U. (2014). Analisis Perbandingan Gaya Geser Tingkat, Gaya Geser Dasar, Perpindahan Tingkat, dan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Berdasarkan Peraturan Gempa SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012. *Jurnal Teknik Sipil* Vol. III, No. 2, 205-216.
- Dewobroto, W. (2012). Menyongsong Era Bangunan Tinggi dan Bentang Panjang. Tangerang: Universitas Pelita Harapan.
- Fadila, M. N., & Sofianto, M. F., (2025). Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Tinggi Apartemen Grand Shamaya Tower Aubrey Surabaya. *Rekayasa Sipil*, Vol. 3 No. 2 (2025)
- Firmansyah, A., & 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*, 7(2), 83. <https://doi.org/10.30742/axial.v7i2.751>
- Hendra, H., Zulkarnaen, L. V., Rosanti, I., & Ariyansyah, R. (2021). Analisis Struktur Gedung Tahan Gempa Dengan Metode Sistem Ganda (Dual System). *Construction and Material Journal*, 3(3), 189–196. <https://doi.org/10.32722/cmj.v3i3.4205>
- Lantai, T., & Purwokerto, D. I. (2024). PADA STUDI KASUS GEDUNG RUMAH SAKIT (Vol. 7).
- Imran, I., dan Hendrik, F. (2014). Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang. Bandung: Penerbit ITB.
- Jayanti, F. D., (2023). Perencanaan Berbasis Kinerja Gedung Perkantoran Surabaya Menggunakan Dual System untuk Target Kinerja Immediate Occupancy Versus Collapse Prevention dengan Analisis Statik Nonlinear (Pushover Analysis). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Muhammad Nur Fajar, Mizwan Purnama, Albertus Didik Setyo Purwanto, Herlina Arifin, Alfina Maysyurah. 2023. "Pengaruh Set Back Terhadap Kinerja Batas Layan Struktur Dengan Soft Storey Akibat Beban Gempa." *BENTANG : Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, Vol. 11 No. 2 Juli 2023 235-244.
- Nursani, R., & Noor, D. E. (2023). Analisis Pengaruh Penambahan Dinding Geser terhadap Perilaku Struktur Gedung Sistem Ganda. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 8(02), 105–114. <https://doi.org/10.29244/jsil.8.02.105-114>
- Sarjana, P., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Islam, U., Agung, S., Adam, A. B., & Widiyanto, E. (2022). Tugas Akhir Desain Struktur Gedung 8 Lantai Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo Dan Tinjauan Level Kinerja Struktur Dengan Performance Based Desain Struktur Gedung 8 Lantai Rumah Sakit.
- Setiawan, D.B. (2021). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Pada Kondisi Batas Layan dan Batas Ultimit Dengan Analisis Dinamik Metode Respon Spektrum (Studi Kasus: Gedung Fakultas Hukum Universitas Sam Ratulangi). Universitas Islam Indonesia. Tugas Akhir: <https://dspace.uui.ac.id>.
- Shany, S. A., Santosa, A. A., & Erfan, M. (2020). Analisa Perbandingan Simpangan Pada Sistem Rangka Pemikul Momen Dan Sistem Ganda. *Seminar Nasional Perwujudan Pembangunan Berkelanjutan Berbasis Kearifan Lokal*, 4, 27–38. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/semsina/article/download/2928/2537>
- Utomo, D. P., & Purba, B. (2019). Penerapan Datamining pada Data Gempa Bumi Terhadap Potensi Tsunami di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS)*, 1(September 2019), 846. <https://doi.org/10.30645/senaris.v1i0.91>
- Zhafira, T., Widorini, T., & Crista, N. H. (2023). JURNAL TEKNIK SIPIL : RANCANG BANGUN EVALUASI BANGUNAN STRUKTUR SEKOLAH TERHADAP KERENTANAN GEMPA DENGAN ASESMEN CEPAT EVALUATION OF SCHOOL BUILDINGS TO EARTHQUAKE VULNERABILITY WITH RAPID ASSESSMENT.