

Perencanaan Struktur Baja Pada Gedung Toserba Bale Endah

Yusran Fakhri Ramadhan¹, Sutrisno²

¹Mahasiswa Program Studi Konstruksi Bangunan, Politeknik TEDC Bandung

²Dosen Program Studi Konstruksi Bangunan, Politeknik TEDC Bandung

Email: rmegu2692@gmail.com, sutrisno@poltektedc.ac.id

ABSTRAK

Dengan pertumbuhan populasi perkotaan, toserba menjadi solusi dengan menyediakan berbagai barang dalam satu tempat, memudahkan konsumen urban. Urbanisasi menciptakan kebutuhan akan pusat perbelanjaan yang komprehensif. Sebelum membangun gedung toserba, perlu mempertimbangkan kondisi lahan dan desain pondasi yang tahan gempa. Desain bangunan dan struktur, termasuk pondasi, balok, kolom, pelat, dan daya dukung tanah, direncanakan sesuai standar SNI menggunakan aplikasi SAP 2000 v.22. Tujuan dari perencanaan Gedung bangunan toserba ini adalah untuk menepat dimensi gedung yang aman. Perencanaan struktur yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode manual atau perangkat lunak seperti SAP2000.

Kata Kunci : Perencanaan Struktur, Struktur Baja, Toserba

ABSTRACT

With the growth of the urban population, department stores are a solution by providing various goods in one place, making it easier for urban consumers. Urbanization creates the need for comprehensive shopping centers. Before building a department store building, it is necessary to consider land conditions and earthquake-resistant foundation design. Building and structure designs, including foundations, beams, columns, slabs and soil bearing capacity, are planned according to SNI standards using the SAP 2000 v.22 application. The aim of planning this department store building is to achieve safe building dimensions. The structural planning carried out in this research uses manual methods or software such as SAP2000.

Keywords: Structural Planning, Steel Structure, Department Store

1. PENDAHULUAN

Dengan pertumbuhan populasi perkotaan, kebutuhan akan akses mudah dan nyaman ke berbagai produk menjadi semakin penting. Toserba menyediakan solusi ini dengan menawarkan berbagai barang dalam satu tempat, memudahkan konsumen yang tinggal di daerah perkotaan. Toserba atau toko serba ada seringkali memiliki persediaan barang yang berat dan voluminatif, seperti peralatan rumah tangga, produk-produk berat, dan bahan makanan dalam jumlah besar (Moalim & Siwi, 2023).

Pertumbuhan populasi di perkotaan dan urbanisasi telah menciptakan kebutuhan akan pusat perbelanjaan yang dapat melayani kebutuhan konsumen yang semakin beragam. Perubahan gaya hidup modern, seperti kesibukan dan mobilitas tinggi, mendorong masyarakat untuk mencari cara yang lebih efisien dan praktis dalam berbelanja (Arianto, 2024). Toserba menyediakan pengalaman belanja yang komprehensif dan nyaman dalam satu lokasi.

Langkah awal dalam pembangunan Gedung Toserba pada umumnya harus melihat kondisi lahan dan mempertimbangkan beban yang mampu ditampung oleh gedung yang akan direncanakan. Menurut Hernadi (2019) gempa bumi merupakan getaran yang terjadi dipermukaan bumi yang diakibatkan oleh adanya pertemuan lempeng benua, tumbukan meteor, keruntuhan



tanah di dalam gua maupun akibat dari aktivitas gunung berapi. Agar bangunan dapat menahan beban bangunan dan beban gempa maka di desain pondasi yang mampu menahan gempa sesuai dengan daya dukung tanah.

Hal tersebut mendorong penulis merencana membangun Gedung toserba dan merupakan salah satu alternatif yang diperlukan menunjang proses pembelajaran. Dalam tugas akhir ini bangunan Gedung Toserba akan dirancang sebuah struktur, maka dari itu perlu desain pondasi, desain balok, kolom, pelat dan daya dukung tanah yang dapat memikul bangunan dengan menggunakan aplikasi SAP 2000 v.22 sesuai ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Dalam menggunakan perangkat lunak SAP 2000 v.22 penulis mendesain dan merancang geometri struktur bangunan gedung toserba, serta menganalisis gaya-gaya dalam yang terjadi pada desain struktur tersebut. Maka penulis mengambil judul "Perencanaan Struktur Baja Pada Gedung Toserba Bale Endah".

Adapun tujuan penelitian ini yaitu mendapatkan perhitungan struktur baja dan beton yang aman menggunakan perhitungan SAP 2000 dan mendapatkan kekuatan bangunan terhadap gempa. Kemudian Manfaat penelitian ini yaitu bagi instansi adalah memberikan pembelajaran tentang perencanaan gedung, terutama yang melibatkan struktur baja dan pemanfaatan aplikasi perangkat lunak, bagi penulis adalah sebagai sumber pembelajaran dan pengalaman dalam perencanaan gedung bertingkat, serta kemampuan mengoperasikan perangkat lunak SAP 2000 v.22 dan AUTOCAD, serta bagi masyarakat umum adalah dapat memahami desain gambar gedung dan dimensi pondasi yang memiliki kemampuan untuk menahan gempa.

2. KAJIAN TEORI

2.1 Pembebanan

Langkah awal perencanaan struktur yaitu menentukan beban yang bekerja pada struktur tersebut. Sebelum menentukan nilai beban yang bekerja, perlu diperhatikan arah beban yang bekerja pada struktur tersebut. Beban adalah gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Mungkin sulit menentukan dengan tepat beban yang akan dialami suatu struktur selama umur layanannya. Selain dari itu, memperkirakannya kuantitas muatannya adalah hal yang mungkin dilakukan (Pratama et al., 2018).

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, yaitu segala unsur tambahan. Berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, cladding Gedung dan komponen arsitektural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. Beban mati diperoleh dengan memperhitungan berat material yang dipakai, diantaranya adalah berat isi beton, berat baja, berat atap (Saputra, 2018).

2. Beban Hidup

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan Gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati (Wijayana et al., 2020).

3. Beban Angin

Menurut peraturan pembebanan indonesia 1983 Beban angin adalah beban angin yang berkerja pada bagian gedung yang di sebabkan oleh tekanan udara. Beban angin ditentukan dengan adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang berkerja tegak lurus pada bidang- bidang yang ditinjau (Sugiharti et al., 2020).

4. Beban Gempa

Menurut PPIUG 1983, beban gempa adalah beban yang diterima oleh suatu struktur sebagai akibat dari pergerakan tanah yang dihasilkan oleh getaran gempa. Dalam analisis beban gempa,



umumnya terdapat dua metode yang digunakan, yaitu analisis statik ekuivalen dan analisis dinamik (Afisha et al., 2018).

5. Beban Kombinasi

Kombinasi pembebanan yang diatur dalam SNI 1726-2019 adalah sebagai berikut:

- a. 1.4 DL
- b. 1.2 DL + 1.6 LL + 0.5 (LR atau R)
- c. 1.2 DL + 1.6 (LR atau R) + (1.0 LL atau 0.5 W)
- d. 1.2 DL + 1.0 W + L + 0.5 (LR atau R)
- e. 0.9 DL + 1.0 W
- f. $(0.9 - 0.2 \text{ SDS}) \text{ DL} \pm 0.3 \rho \text{ EX} \pm 1.0 \rho \text{ EY}$
- g. $(0.9 - 0.2 \text{ SDS}) \text{ DL} \pm 1.0 \rho \text{ EX} \pm 0.3 \rho \text{ EY}$

dimana :

DL = Beban mati, termasuk SDL LL = Beban hidup

LR = Beban hidup atap R = Beban hujan

EX = Beban gempa arah X EY = Beban gempa arah Y ρ = Faktor reduksi = 1.3

2.2 Dasar desain struktur baja

Dalam standar SNI 1729:2020 desain harus disusun sedemikian rupa sehingga tidak ada kekuatan atau kondisi batas layan yang terlampaui ketika struktur mengalami semua kombinasi beban yang mungkin terjadi. Desain untuk kekuatan harus mematuhi persyaratan untuk Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBT) atau mengikuti persyaratan untuk Desain Kekuatan Izin (DKI).

2.3 Desain Komponen Struktur Tarik

Material baja memiliki kekuatan yang setara baik dalam menahan gaya tarik maupun gaya tekan, serta memiliki mutu yang relatif tinggi, sehingga dimensinya cenderung lebih ramping. Oleh karena itu, penggunaan material baja menjadi efisien terutama dalam menanggung gaya tarik. Batang tarik dapat berbentuk profil tunggal atau profil ganda, dan beberapa profil umum yang digunakan sebagai batang tarik meliputi profil siku, siku ganda, pipa, WF (wide flange), dan pelat.

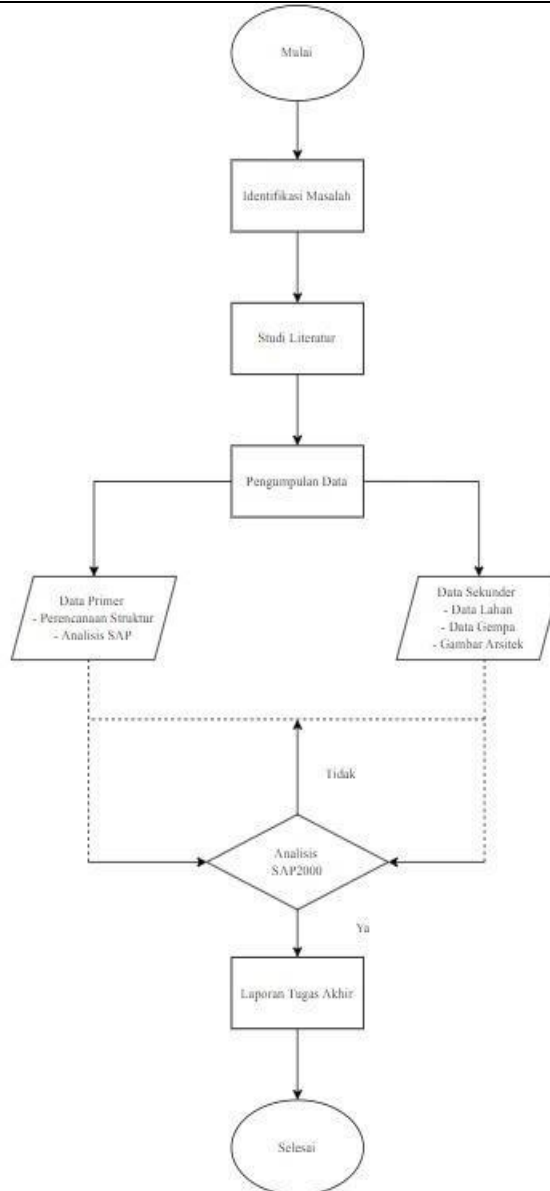
Kekuatan tarik desain, dan kekuatan tarik izin, komponen struktur tarik harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang neto (Sukmana & Rohman, 2017).

2.4 Desain Komponen Struktur Tekan

Elemen struktural yang menahan beban tekan terpusat (sentral) pada titik berat penampangnya. Batang tekan ini sering ditemui dalam rangka batang dan struktur kolom yang menerima gaya aksial tekan. Salah satu faktor kunci yang mempengaruhi kegagalan batang tekan adalah potensi terjadinya tekuk (buckling) pada komponen struktural yang menerima gaya aksial tekan (Daulay, 2023).

3. METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah desain awal struktur dengan pendekatan kuantitatif, menghasilkan perhitungan numerik dan analisis struktur. Analisis tersebut mencakup beberapa elemen seperti pelat, balok, dan kolom. Perhitungan untuk perencanaan struktur ini dilakukan secara terkomputerisasi menggunakan perangkat lunak SAP2000. Proses ini mencakup pemodelan awal struktur dan analisis untuk menghasilkan bentuk serta spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan proyek. Desain awal dalam penelitian ini mencakup struktur kolom, balok, dan pelat lantai.



Gambar 1. Diagram Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Data primer yang digunakan sebagai sumber data penelitian yaitu asumsi dimensi awal sesuai dengan SNI. Data Sekunder penelitian ini, data struktur yang digunakan sebagai data sekunder adalah sebagai berikut:

1. Data umum bangunan
 - a. Nama Gedung : Gedung Toserba Baleendah
 - b. Fungsi : Tempat berbelanja
 - c. Jumlah Lantai : 2 Lantai
 - d. Tinggi Gedung : 15 Meter
 - e. Struktur Utama : Struktur Atas (Rangka Baja H Beam & IWF) dan Struktur Atap (Kuda-kuda single beam Baja IWF)

2. Peraturan yang digunakan

- a. Peraturan bangunan struktur baja : SNI 1729 - 2020
- b. Peraturan gempa : SNI 1726 – 2019
- c. Peraturan beban angin : SNI 1727 – 2020

4.2 Pembahasan

1. Perhitungan Preliminary Desain Penampang

Dari hasil prelim digunakan penampang untuk tiap – tiap balok, kolom dan pelat sebagai berikut :

a. Kolom :

- 1) K1 = 400 x 400
- 2) K2 = 350 x 150
- 3) K3 = 300 x 150

b. Balok :

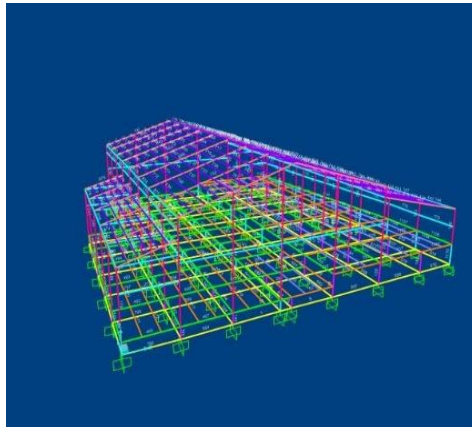
- 1) Balok induk = B1 400 x 200 dan B2 300 x 150
- 2) Balok anak = B2 300 x 150 dan B3 250 x 125

c. Pelat lantai : 10 cm

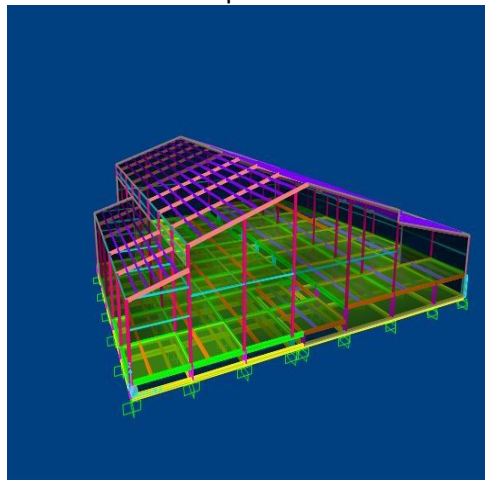
Material yang di inputkan :

- 1) Beton ($f'c$) = 25 Mpa
- 2) Baja (f_y) = 400 Mpa

2. Pemodelan Struktur SAP 2000 v.22



Gambar 2. Tampilan *Frame Section*



Gambar 3. Tampilan *Extrude*



3. Pembebanan

Beban mati tambahan (Super Dead Load) yang digunakan :

a. Beban pada lantai

Plat beton	=	432 kg/m ²
Finising	=	100 kg/m ²
Plafon & ME	=	20 kg/m ²
Total SDL lantai	=	552 kg/m ²

b. Beban pada rafter

Penutup Atap	=	2,94	~	2,94	6,00	17,64	Kg/m
Gording	=	4,96	~	4,96	14,57	0,34	Kg/m
P gording	=	0,00	~	0,00	14,57	0,00	Kg/m
Ikatan Angin	=	0,00	~	0,00	14,57	0,00	Kg/m
Plafound	=	10,00	6,00	60,00			Kg/m
ME	=	10,00	6,00	60,00			Kg/m
Berat Profil	=	49,90					Kg/m
Total QDL Pada rafter	=	187,88					Kg/m

4. Beban Hidup

Beban hidup (live load) merujuk pada beban yang timbul akibat aktivitas penghuni atau penggunaan gedung, yang meliputi barang atau orang yang dapat dipindahkan. Hal ini menyebabkan perubahan dalam distribusi beban pada lantai. Menurut SNI 1727:2013 mengenai Beban Minimum Bangunan Gedung, nilai beban hidup yang digunakan dalam desain adalah sebagai berikut:

a. Beban Hidup pada Lantai:

untuk orang dan perlengkapan 3,59 kN/m²

b. Beban Hidup pada Lantai Atap: 1,0 kN/m².

5. Beban gempa

Beban gempa yang dihasilkan sesuai dengan data perhitungan gempa mengacu pada SNI 1726-2019. Untuk menganalisis struktur terhadap beban gempa pada gedung, digunakan metode analisis respon spektrum.

a. Perhitungan kategori desain seismik (KDS)

1) Berdasarkan Tabel SNI 1726-2019 :

$SDS = 0,75 > 0.50$, bangunan ini termasuk Kategori Risiko II maka nilai KDS = D

2) Berdasarkan Tabel SNI 1726-2019 :

$SD1 = 0,57 > 0.20$, bangunan ini termasuk Kategori Risiko II maka nilai KDS= D

Berdasarkan kedua tabel di atas maka bangunan ini memiliki Kategori desain Seismik (KDS) = D. Jadi analisa terhadap gedung ini adalah Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Menurut Tabel SNI 1726-2019 diperoleh :

$$R = 8$$

$$\Omega_0 = 3$$

$$Cd = 5.5$$

b. Time periode minimum (Tmin)

Bangunan ini merupakan rangka beton pemikul momen dengan ketinggian (Hn) 14 m. Berdasarkan tabel 18 SNI 1726-2019 maka didapat nilai :

$$Ct = 0,0724$$

$$x = 0,8$$

Maka,

$$Tmin = Ct \times Hnx$$

$$= 0,0724 \times 140,8 = 0,598 \text{ detik}$$



c. Time periode maksimum (Tmaks)

Berdasarkan SAP2000 yang telah dilakukan, dapat diketahui nilai SD1 sebesar 0,63, dimana lebih besar dari 0,4, maka berdasarkan tabel 17 SNI 1726-2019 maka didapat nilai Cu sebesar 1,4.

$$T_{maks} = C_u \times T_{min}$$

$$= 1,4 \times 0,598 = 0,837 \text{ detik}$$

Perencanaan struktur atas seperti balok kolom dan plat diperoleh sebagai berikut :

a. Kolom atas pinggir

tegangan ijin baja	1600,00	kg/cm ²			
tinggi kolom	9,03	m			
digunakan	wf	300	150	7	9 mm
berat	36,70	kg/m			
cek tegangan					aman
cek rasio kelangsingan profil					aman
cek akibat tekuk					aman
cek lendutan					aman

b. Kolom bawah pinggir

tegangan ijin baja	1600,00	kg/cm ²			
tinggi kolom	1,25	m			
digunakan	wf	400	400	13	21 mm
berat	172,00	kg/m			
cek tegangan					aman
cek rasio kelangsingan profil					aman
cek akibat tekuk					aman
cek lendutan					aman

c. Kolom bawah tengah

tegangan ijin baja	1600,00	kg/cm ²			
tinggi kolom	2,75	m			
digunakan	wf	350	175	7	11 mm
berat	49,60	kg/m			
cek tegangan					aman
cek rasio kelangsingan profil					aman
cek akibat tekuk					aman
cek lendutan					aman

d. Balok induk

tegangan ijin baja =	1600,00	kg/cm ²	berat =	66,00	kg/cm
digunakan					
wf	400,00	x	200,00	x	8,00 x 13,00 mm
cek tegangan					aman
cek lendutan					aman



e. Balok anak

tegangan ijin baja =	1600,00	kg/cm ²	berat =	36,70	kg/cm
digunakan					
wf	300,00	x	150,00	x	6,50 x 9,00 mm
cek		aman			
tegangan					
cek		aman			
lendutan					

f. Plat Lantai

di gunakan					
wiremesh	m11	jumlah =	2,00	lapis	cek aman
atau	tulangan				
o	8 mm	4,7	cm		cek aman
steel deck		0,75	mm		
tebal plat beton		12,00	cm		
mutu beton		225	kg/cm ²		
mutu baja		3900	kg/cm ²		
tegangan leleh		5500	kg/cm ²		
bondek					

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan diatas didapat beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Pengumpulan data: Mengumpulkan data primer (gambar rencana) dan data sekunder (standar SNI dan peraturan terkait).
2. Analisis pembebanan: Menghitung beban mati (berat sendiri struktur), beban hidup (aktivitas di dalam gedung), dan beban gempa yang akan bekerja pada struktur.
3. Perencanaan elemen struktur: Merencanakan dimensi dan profil balok serta kolom agar mampu menahan beban yang telah dianalisis.
4. Desain sambungan: Merancang sambungan (misalnya menggunakan las atau baut) yang kuat untuk menghubungkan elemen-elemen struktur.
5. Analisis dan validasi: Melakukan analisis struktur menggunakan perangkat lunak (seperti SAP2000 atau ETABS) untuk memastikan desain yang dibuat aman dan memenuhi persyaratan.

5.2 Saran

Berdasarkan kendala yang penyusun hadapi selama penyusunan tugas akhir ini. Penyusun memberikan saran dalam perencanaan struktur antara:

1. Penelitian ini hanya pada perencanaan struktur bagian atas, untuk peneliti selanjutnya, disarankan agar perhitungan struktur secara menyeluruh, meliputi struktur bawah dan dinding penahan tanah.
2. Untuk mendapatkan hasil akurat perhitungan disarankan penyusun tugas akhir harus memperhatikan input pembebanan dan pemodelan struktur pada software SAP 2000 versi 22



atau dengan menggunakan software Etabs, Tekla struktur (Building Information Modelling) yang sering digunakan dilapangan.

3. Perlu dilakukan perencanaan lanjutan mengenai tangga dan rencana anggaran biaya

DAFTAR PUSTAKA

- Afisha, E., Suryanita, R., & Yuniarto, E. (2018). Analisis Respons Struktur Portal Baja Bertingkat Akibat Kandungan Frekuensi Gempa Yang Berbeda. *Jom FTEKNIK*, 5(1), 1–12.
- Arianto, T. (2024). Realitas Budaya Masyarakat Urban. Yayasan Tri Edukasi Ilmiah.
- Daulay, F. P. (2023). ANALISIS SAMBUNGAN PELAT BUHUL PADA STRUKTUR BANGUNAN PROYEK PEMBANGUNAN KANTOR BUPATI KABUPATEN TAPANULI TENGAH (Studi Kasus). UNIVERSITAS ISLAM SUMATERA UTARA MEDAN.
- Hernadi, A. (2019). Analisis Spektrum Respon Gempa Menggunakan Peta Gempa SNI 1726 : 2002 , SNI 1726 : 2012 dan SNI 1726 : 2019 di Kota Tarakan. 335–347.
- Khoiron, B., & Rohman, F. (2018). Perencanaan Konstruksi Baja Gedung Perpustakaan Dan Perkantoran Unswagati Cirebon. *Jurnal Konstruksi UNSWAGATI CIREBON*, VII(3), 181–196.
<http://jurnal.ugj.ac.id/index.php/Konstruksi/article/view/3895>
- Madian. (2021). Analisis Struktur Kolom Pendek Dengan Pendekatan Probabilitas Menggunakan Kombinasi Pembebanan Statik Dan Dinamik. 69.
<https://repository.uir.ac.id/12191/%0Ahttps://repository.uir.ac.id/12191/1/163110523.pdf>
- Moalim, V., & Siwi, S. H. (2023). Perancangan Ruang Publik Kreatif Di Duta Mas Fatmawati. *Jurnal Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur (Stupa)*, 4(2), 1505–1518.
<https://doi.org/10.24912/stupa.v4i2.22076>
- Nurdiani, N. (2017). PEKERJAAN PONDASI TIANG PANCANG: CARA PEMANCANGAN, KENDALA DAN TEKNOLOGI TERBARU. *ComTech*, 4(9), 776–784.
- Permana, R. A., Wandoko, I., Purni, B., & Widorini, T. (2020). Perencanaan Struktur Gedung Rumah Sakit Lima Lantai Mahasiswa Universitas Semarang. *Repository.Usm.Ac.Id*.
<https://repository.usm.ac.id/files/journalmhs/C.111.17.0057-20210804115159.pdf>
- Phiegiarto, F., Tjanniadi, J. E., Santoso, H., & Muljati, I. (2015). Perencanaan Elemen Struktur Baja Berdasarkan Sni 1729 : 2015. Universitas Kristen Petra, 1–8.
- Pratama, A., Amandani, J. O. B., Wibowo, H., & Sabdono, P. (2018). Perencanaan Struktur Gedung Kuliah Fakultas Ekonomi UNNES Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 7(1), 176–188.
- Saputra, A. (2018). Analisis Struktur Rumah Sakit Permata Cirebon. *Jurnal Konstruksi*, 6(6), 565–584.
- Sekaryadi, Y., & Hermawan, A. (2020). Evaluasi Pelat Lantai Beton Pracetak (Precast) Ke Pelat Lantai Beton Konvensional Pada Gedung Rusunawa Sukabumi. *Jurnal Momen Teknik Sipil*, 3(1), 49.
<https://doi.org/10.35194/momen.v3i1.1022>
- Sugiharti, Sitti Safiatu Riskijah, Maryono, Susapto, & Suselo Utoyo. (2020). Bantuan Teknis Perencanaan Atap Beton Dan Rencana Anggaran Biaya Renovasi Musholla Darul Ulum Di Rt.03 Rw.06 Kelurahan Merjosari Kecamatan Lowokwaru Malang. *Jurnal Pengabdian Polinema Kepada Masyarakat*, 7(2), 6. <https://doi.org/10.33795/jppkm.v7i2.44>
- Sukmana, I., & Rohman, F. (2017). ANALISIS PERENCANAAN STRUKTUR SHOWROOM NISSAN DI JAKARTA PUSAT. *Jurnal Konstruksi*, VI(6), 2085–2088.
- Thomi, R. B., & Riwayati, R. S. (2022). Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Mini (Mini Pile) Pada Proyek Pembangunan Gedung Layanan Pendidikan Poltekkes Kemenkes Palembang. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 7(1), 1–12. www.teknika-ftiba.info



- Wibisana, J. I. W. A., Indra, S., & Santosa, A. (2020). Perencanaan Portal Baja Menggunakan Metode Lrfd Pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang. E-Journal GELAGAR Vol., 2(1), 25–35.
- Wijayana, H., Susanti, E., & Septiarsilia, Y. (2020). Studi Perbandingan Letak Shear Wall terhadap Perilaku Strukturdengan menggunakan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan, 1(1), 467–474.
- Zebua, A. W. (2018). Desain Pelat Gedung Struktur Beton Bertulang Di Wilayah Gempa Tinggi. SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil, 4(2), 91–102. <https://doi.org/10.31849/siklus.v4i2.1650>