

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG SEKOLAH SD ISLAMIC GLOBAL SCHOOL MALANG AKIBAT PENAMBAHAN RUANG KELAS BARU

Taufikurrahman, Lila K. Wardani

Abstrak: Tujuan dari tulisan ini adalah untuk melakukan desain struktur gedung kelas menggunakan standar perhitungan yang terbaru. Desain struktur dilakukan meliputi desain komponen struktur bangunan yang meliputi plat lantai, balok, kolom dan fondasi. Analisis struktur menggunakan bantuan *Software Etabs V.2016*. Standar yang digunakan adalah SNI 03-2847-2019 tentang struktur beton, SNI 03-1726-2019 tentang gempa dan SNI 1727:2013 tentang pembebanan. Struktur gedung kelas yang direncanakan mempunyai nilai KDS D yang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRMPK) dengan kategori resiko IV. Desain akhir struktur gedung kelas dengan menggunakan program ETABS v2016 telah memenuhi persyaratan disain sesuai dengan SNI 03-2847-2019 dan SNI 03-1726-2019 yang terlihat dari kecukupan kapasitas yang dimiliki struktur saat terjadi gempa struktur gedung sekolah telah memberikan kinerja yang diharapkan.

Kata kunci : Perencanaan, Struktur, gedung, kelas, Islamic Global School

Gedung kelas merupakan infrastruktur yang vital untuk mendukung kegiatan belajar mengajar di sekolah. Keberadaan gedung kelas yang nyaman dan aman membuat proses belajar lebih kondusif serta akan memberikan kenyamanan kepada peserta didik dan guru melakukan proses pembelajaran. Oleh karenanya maka pengelolaan gedung kelas harus dilakukan dengan baik dan harus memenuhi prinsip manajemen aset infrastruktur dan fasilitas (Suprayitno & Aryani Soemitro, 2018).

Dalam melakukan perencanaan struktur bangunan gedung, maka struktur bangunan tersebut harus direncanakan agar mampu menahan beban yang bekerja pada bangunan tersebut tetapi juga harus ekonomis serta mudah dalam pelaksanaan pembangunannya, untuk itu diperlukan suatu perencanaan yang sesuai dengan kaidah-kaidah perencanaan. Analisis struktur bangunan gedung bertujuan untuk menghasilkan struktur gedung yang stabil dan kuat. Suatu struktur bangunan dikatakan stabil jika struktur tersebut tidak mudah terguling, miring ataupun tergeser selama umur bangunan yang telah direncanakan. Untuk mencapai tujuan perencanaan tersebut, perencanaan struktur harus mengikuti peraturan yang telah ditetapkan oleh pemerintah berupa Standar Nasional Indonesia (SNI).

Untuk mendapatkan struktur gedung yang stabil dan kuat, maka struktur bangunan tersebut harus memiliki komponen struktur yang kuat untuk menahan beban yang diterimanya. Komponen struktur terdiri dari struktur atas berupa atap, tangga, balok dan kolom sedangkan struktur bawah berupa fondasi. Struktur atas berfungsi sebagai pendukung gaya-gaya yang bekerja pada suatu gedung. Sedangkan struktur bawah berfungsi meneruskan gaya-gaya dari struktur atas ke tanah. Komponen-komponen struktur bangunan tersebut harus dihitung dan dianalisis berdasarkan beban yang bekerja pada struktur tersebut (Muda et al., 2017).

Suatu bangunan gedung terutama bukan saja dilihat dari seberapa indah wujud gedung tersebut, namun aspek yang paling penting yaitu ketahanan struktur gedung tersebut terhadap beban statis yang direncanakan ataupun ketahanan struktur terhadap potensi bencana seperti gempa (Muda et al., 2017).

Seiring dengan berjalannya waktu dan perkembangan kemajuan jaman, maka terkadang gedung kelas perlu untuk dikembangkan untuk memenuhi permintaan

dikarenakan kapasitas yang ada sudah tidak memadai lagi. Bertambahnya jumlah siswa menuntut untuk penambahan kapasitas dari gedung kelas yang ada. Sementara yang sering terjadi adalah terbatasnya lahan untuk melakukan pembangunan gedung kelas yang baru ke arah horisontal. Sehingga pilihan yang harus dilakukan adalah melakukan pengembangan gedung kelas ke arah vertikal, dimana gedung kelas yang sudah ada ditambah kapasitasnya dengan melakukan penambahan lantai ke arah atas/vertikal.

Sekolah Dasar Islamic Global School (IGS) Malang berlokasi di Jl. S. Supriadi No.35, Bandungrejosari, Kec. Sukun, Malang. Sekolah ini merupakan salah satu sekolah swasta yang ada di Malang. Didirikan oleh yayasan Dian Nusantara pada tahun 2010. Sekolah ini menempati lahan seluas kurang lebih 10.000 m². Visi dan misi dari sekolah adalah untuk turut mencerdaskan dan mempersiapkan anak bangsa yang berkarakter Islami dan berkualitas, khususnya di kota Malang.

IGS saat ini telah menjadi salah satu sekolah yang cukup diminati oleh peserta didik di kota Malang dengan adanya peningkatan calon siswa yang mendaftar ke sekolah tersebut setiap tahunnya. Pada tahun ajaran 2020/2021, terdapat sebanyak 24 rombongan belajar (rombel) yang terdiri dari 619 siswa. Terjadi peningkatan sebanyak 1 rombel dari tahun ajaran sebelumnya, yaitu sejumlah 493 siswa (23 rombel).

Dengan luas lahan yang sudah tidak dapat digunakan untuk membangun gedung kelas secara horizontal, maka sekolah menambah ruang kelas secara vertikal pada gedung sekolah yang sudah ada. Gedung kelas yang sudah ada terdiri dari satu lantai akan dijadikan dua lantai yang nantinya diperuntukkan menjadi ruang kelas dan ruang laboratorium. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan perencanaan struktur gedung kelas yang memenuhi standar perencanaan yang berlaku.

Tujuan dari tulisan ini adalah untuk melakukan desain struktur gedung kelas menggunakan standar perhitungan yang terbaru. Desain struktur dilakukan meliputi desain komponen struktur bangunan yang meliputi plat lantai, balok, kolom dan fondasi. Analisis struktur menggunakan bantuan *Software Etabs V.2016*. Penggunaan Etabs sebagai alat bantu untuk melakukan analisis struktur sudah banyak dilakukan oleh praktisi dan perencana struktur (Alfianto & Rahmat, 2019; Dewi & Pratama, 2018; Honarto et al., 2019; Karisoh et al., 2018; Lamia et al., 2020). Bahkan software ini bisa digunakan untuk mendesain tulangan elemen-elemen struktur gedung beton bertulang (Fadillah, n.d.; Zulkifli, n.d.). Standar yang digunakan adalah SNI 03-2847-2019 tentang struktur beton, SNI 03-1726-2019 tentang gempa dan SNI 1727:2013 tentang pembebanan.

Tinjauan Pustaka

Suatu struktur bangunan merupakan suatu sistem kerangka yang terdiri dari elemen-elemen struktur berupa pelat, kolom dan balok yang terhubung dengan hubungan yang kaku. Dalam sistem struktur bangunan, elemen-elemen berupa balok, kolom dan atau dinding geser akan membentuk suatu kerangka yang disebut struktur portal. Setiap elemen-elemen struktur mempunyai fungsi dan karakteristik yang berbeda. Pada suatu sistem struktur, elemen-elemen struktur mempunyai suatu mekanisme penyaluran beban dari atas ke tanah (Nasution, 2009).

Secara umum suatu struktur bangunan gedung akan terdiri atas dua bagian yaitu 1) struktur atas, yaitu bagian dari struktur bangunan gedung yang terletak di atas muka tanah. Bagian struktur atas ini meliputi elemen-struktur berupa lantai, balok, kolom, plat, tangga dan atap dan struktur bawah. 2) Struktur bawah, yaitu bagian dari struktur bangunan gedung yang berada di bawah permukaan tanah. Bagian ini meliputi struktur basement dan/atau struktur fondasi (SNI 1726, 2012).

Fungsi dari struktur atas adalah untuk menahan gaya-gaya yang bekerja pada struktur bangunan, sedangkan fungsi dari struktur bawah adalah untuk menahan serta menyalurkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur atas ke tanah. Ketika melakukan perencanaan suatu struktur bangunan, maka perencanaan tersebut harus mengikuti pedoman dan standar serta peraturan yang berlaku. Beberapa peraturan dan standar yang digunakan tersebut adalah:

1. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2019
2. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019)
3. Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain 1727:2013

Pembebanan

Di dalam SNI 03-2847-2019, dinyatakan bahwa dalam merencanakan suatu struktur bangunan, maka struktur dan komponen-komponen struktur harus direncanakan memiliki kuat perlu (U) yang mampu menahan beban-beban yang berkerja. Kuat rencana perlu memiliki kombinasi sebagai berikut:

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5 W)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L \quad U = 0,9 D + 1,0 W$$

$$U = 0,9 D + 1,0 E$$

Dimana:

U = beban ultimate

D = beban mati

W = beban angin

E = beban gempa

R = beban air hujan

L = beban hidup

Lr = beban hidup atap

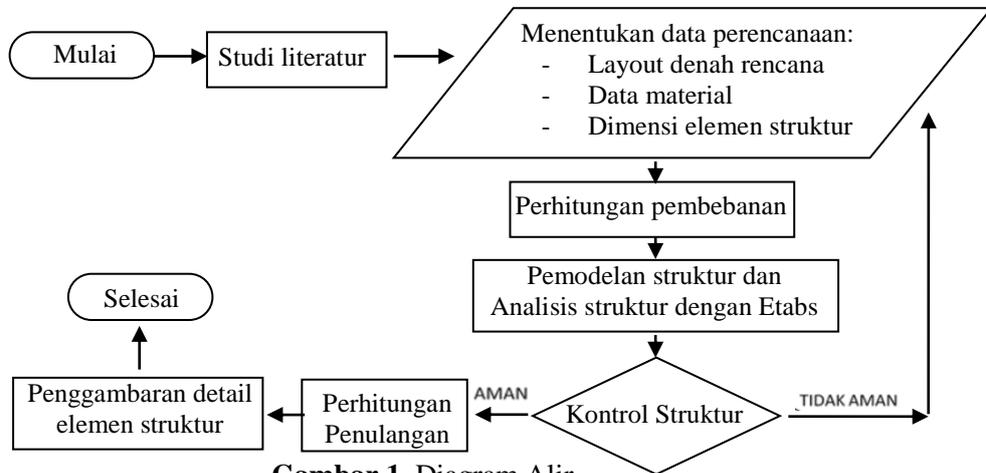
METODE

Gedung ruang kelas yang akan di rencanakan adalah gedung milik IGS Malang yang terletak di Jl. S. Supriadi kota Malang. Waktu pelaksanaan dari bulan Agustus 2021 sampai bulan November 2021. Data yang digunakan berupa data primer (hasil pengukuran eksisting gedung kelas) dan data sekunder (literatur mengenai struktur bangunan). Analisis struktur dilakukan dengan bantuan *Software Etabs v2016*. Tahapan yang dilakukan dalam menganalisis struktur, yaitu

1. menentukan material dan dimensi dari elemen stuktur seperti balok, kolom dan pelat.
2. menentukan kombinasi pembebanan yang bekerja pada struktur dan menganalisa beban gempa yang bekerja pada struktur.
3. pemodelan struktur dengan menggunakan Software ETABS v2016
4. melakukan analisa struktu dengan program Etabs v2016 untuk mendapatkan output berupa gaya-gaya dalam.
5. Hasil output gaya dalam yang dihasilkan digunakan untuk perencanaan tulangan elemen struktur. Output dari ETABS dengan kombinasi beban yang digunakan hanya untuk mencari analisis statika saja. Nilai momen terbesar pada elemen struktur tertentu yang sama dimensinya, sedangkan elemen lain dengan momen

yang lebih kecil dianggap telah terwakili. Untuk desain tulangan dikerjakan dengan analisis program ETABS. Desain tulangan mengacu pada persyaratan elemen struktur SRPMK (SNI 2847:2019).

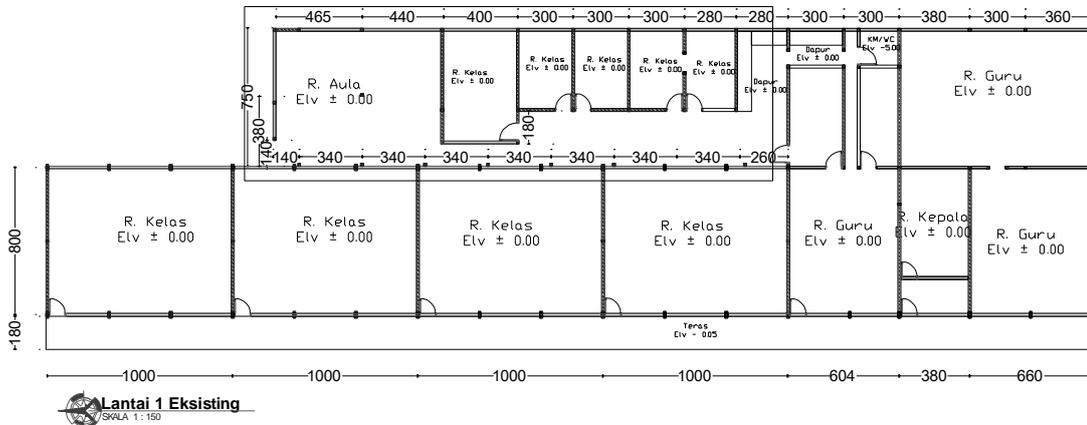
Secara umum kerangka pelaksanaan pada studi ini, dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



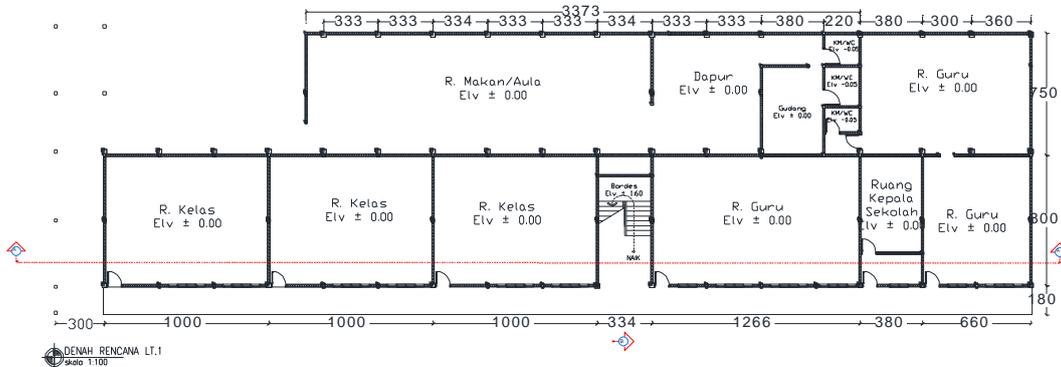
Gambar 1. Diagram Alir

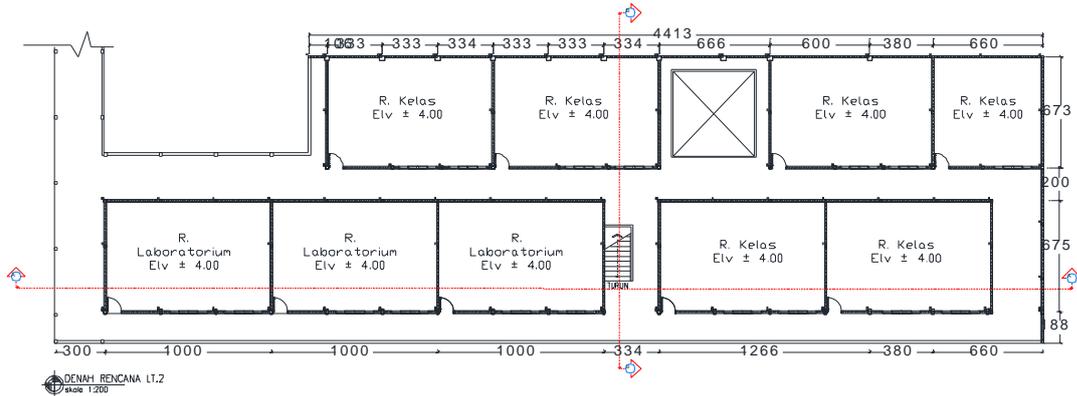
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengamatan di lapangan didapatkan hasil pengukuran kondisi bangunan eksisting seperti pada gambar 2



Gambar 2. Denah Ruang Kelas Eksisting





Gambar 3. Rencana Denah Lantai 1 dan 2

Mutu Bahan

1. Mutu beton $f_c' = 20$ MPa
2. Mutu baja :
 - BjTS 280 ($f_y = 280$ Mpa), untuk tulangan utama
 - BjTP 280 ($f_y = 280$ Mpa), untuk tulangan sengkang
3. Berat jenis beton = 2400 kg/m^3

Dimensi Elemen struktur

Menurut persyaratan SNI 03-2847-2019 untuk dimensi balok pada dua tumpuan sederhana adalah sebagai berikut (Badan Standardisasi Nasional, 2019a):

$$\text{Tinggi balok } h = \frac{1}{16} \times l \quad ; \quad \text{Lebar balok } b = \frac{1}{2} \times h$$

Dimana :

- l = bentang balok (cm)
- h = tinggi balok (cm)
- b = lebar balok (cm)

Balok induk memanjang (arah y)

$$h = \frac{1}{16} \times l = \frac{1}{16} \times 334 = 20.9 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2} \times h = \frac{1}{2} \times 40 = 20.0 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

Jadi dimensi balok induk melintang (arah y) yang digunakan adalah 20/40

» Balok induk melintang (arah x)

$$h = \frac{1}{16} \times l = \frac{1}{16} \times 800 = 50.0 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2} \times h = \frac{1}{2} \times 60 = 30.0 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Jadi dimensi balok induk memanjang (arah x) yang digunakan adalah 30/60

» Kolom

Untuk dimensi kolom di ambil dengan lebar sama dengan lebar balok terbesar dan diambil $b = h$ sehingga didapat ukuran kolom 30/30 cm

» Pelat lantai

Untuk tebal pelat diambil $t = 120$ mm

Selimut beton pada pelat $p = 20$ mm

Selimut beton pada balok dan kolom $d = 40$ mm

Data Tanah

Data tanah diperoleh dengan uji sondir pada lima titik, dengan hasil:

- Lapisan tanah keras (q_c) ≥ 150 kg/cm² pada kedalaman 1,5 m
- Jenis tanah termasuk dalam Tanah Sedang ($N < 50$)

Perhitungan Pembebanan

Perhitungan Beban Mati

Beban mati yang berasal dari berat sendiri elemen struktur yaitu balok, pelat dan kolom yang juga dipengaruhi oleh material pembentuk elemen tersebut.

1. Beban mati pada pelat

Beban pasir setebal 1 cm	=	0.01	x	16	=	0.16	kN/m ²	
Beban spesi setebal 3 cm	=	0.01	x	22	=	0.22	kN/m ²	
Beban keramik setebal 1 cm	=	0.01	x	22	=	0.22	kN/m ²	
Beban plafon dan penggantung	=	1	x	0.2	=	0.20	kN/m ²	
Beban Instalasi ME	=	1	x	0.25	=	0.25	kN/m ²	
					qD	=	1.050	kN/m ²
					per m lebar pelat qD	=	1.05	kN/m ²

2. Beban mati pada balok

Beban dinding pasangan bata 1/2 batu = 4 x 2.50 = 10 kN/m²

3. Beban mati pada Atap

Beban penutup atap	=	50.0	x	1	x	0.25	=	12.5	kg/m	
Beban gording	=	0.91	x	1	x	1.0	=	0.91	kg/m	
Berat lain-lain	=	10%	x	13.4	x	1.0	=	1.3	kg/m	
							q	=	14.8	kg/m
								=	1.45	kN/m

Perhitungan Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang bekerja pada satuan luas berdasarkan fungsi bangunan. Beban hidup yang digunakan mengacu pada SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Beban hidup untuk

- ruang kelas = 1,92 kN/m²
- koridor lantai pertama 4,79 kN/m²
- Laboratorium = 2,87 kN/m²

Beban hidup pada Atap

Berdasarkan SNI 1727:2013, maka beban hidup atap adalah 0,96 kN/m²

Perhitungan Beban Angin

Kemiringan atap, $\alpha = 25^\circ$

Tekanan angin rencana, $q_{\text{angin}} = 0,25$ kN/m².

Koefisien angin : angin tekan, $c = 0,1$; angin hisap, $c = 0,4$

Angin tekan = $0,1 \times 0,25 = 2,5$ kN/m²

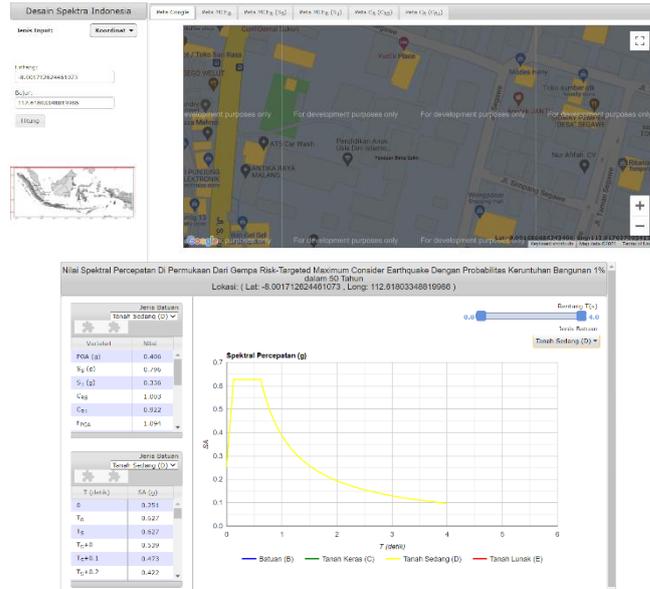
Angin hisap = $-0,4 \times 0,25 = -10$ kN/m²

Perhitungan Beban Gempa

Perhitungan beban gempa mengacu pada SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung dengan langkah sebagai berikut:

1. Menentukan Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan Struktur Bangunan
2. Bangunan digunakan sebagai Gedung sekolah termasuk yang fasilitas pendidikan, sehingga termasuk pada kategori resiko IV (Badan Standardisasi Nasional, 2019b).

3. Faktor keutamaan struktur (I_e) untuk struktur dengan kategori resiko IV adalah sebesar 1,5.
4. Kelas Situs berdasarkan lapisan tanah tempat direncanakan pembangunan Gedung, diklasifikasikan sebagai SD (Tanah Sedang)
5. Menentukan Parameter Percepatan Gempa. Untuk mendapatkan data kurva spektrum respon gempa dapat diperoleh dari situs aplikasi yang disediakan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat pada *puskim.pu.go.id* (<http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain-spektra-indonesia-2011/>). Data tersebut dapat dilihat pada Gambar 4. Dari gambar tersebut didapatkan nilai-nilai $S_S=0,796$ dan $S_1 = 0.334$



Gambar 4. Spektrum Respon Gempa pada Lokasi Desain dari Situs Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

6. Kategori Desain Seismik (KDS)
 Dari tabel 6 dan 7 SNI 1726:2019, berdasarkan nilai S_s dan S_1 yang sudah didapat, maka didapat $F_a = 1,1$ dan $F_v = 2$. Berdasarkan tabel 8 dan 9 pada SNI 1726-2019, gedung ini memiliki KDS D. Mengacu pada Tabel 12 pada SNI 1726-2019 untuk struktur rangka beton bertulang dengan KDS D hanya diijinkan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRMPK).

Kombinasi Beban

Kombinasi 1 : 1,4D

Kombinasi 2: 1,2D + 1,6L

Kombinasi 3: (1,2+0,2 S_{DS}) D+1L+(100%) ρEx + (30%) ρEy

Kombinasi 4: (1,2+0,2 S_{DS}) D + 1L - (100%) ρEx - (30%) ρEy

Kombinasi 5: (1,2+0,2 S_{DS}) D + 1L + (30%) ρEx + (100%) ρEy

Kombinasi 6: (1,2+0,2 S_{DS}) D + 1L - (30%) ρEx - (100%) ρEy

Kombinasi 7: (0,9+0,2 S_{DS}) D + (100%) ρEx + (30%) ρEy

Kombinasi 8: (0,9+0,2 S_{DS}) D - (100%) ρEx - (30%) ρEy

Kombinasi 9: (0,9+0,2 S_{DS}) D + (30%) ρEx + (100%) ρEy

Kombinasi 10: (0,9+0,2 S_{DS}) D - (30%) ρEx - (100%) ρEy

Kombinasi beban pada rangka atap baja ringan

Kombinasi 11 : 1,2D + 1L + 1,6Wtekan

Kombinasi 12 : 1,2D + 1L - 1,6W isap

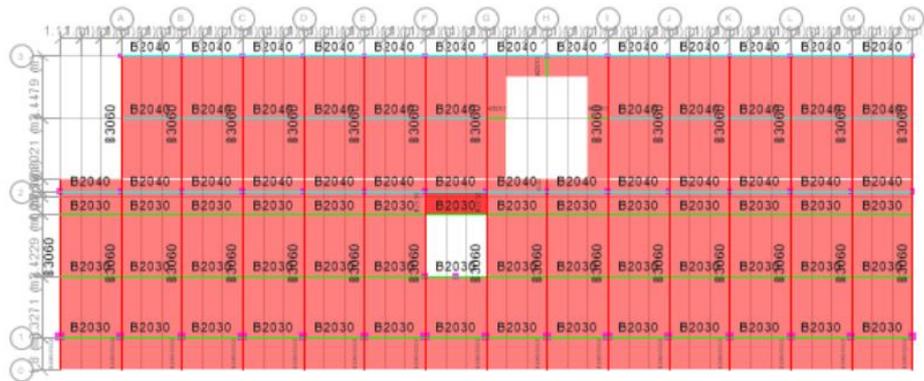
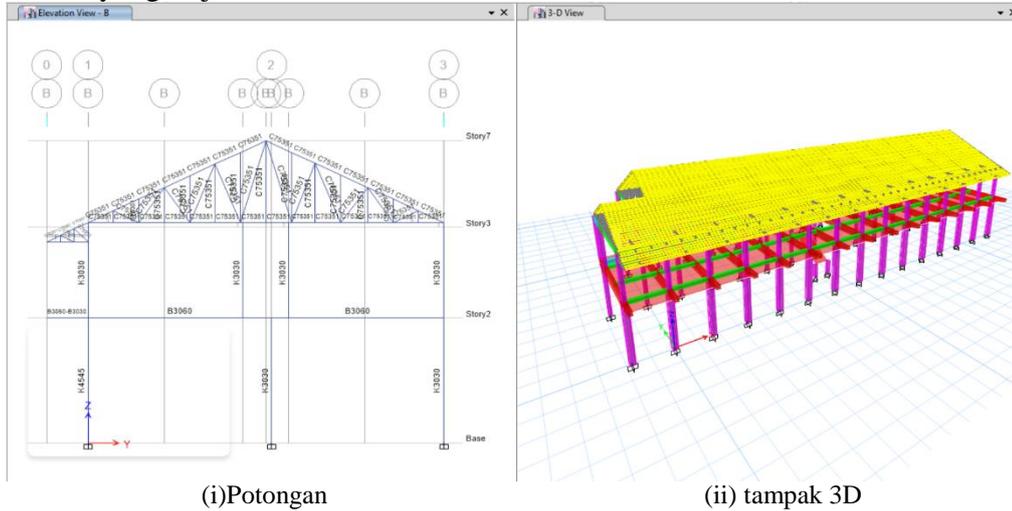
Kombinasi 13 : 0,9D + 1,6Wtekan

Kombinasi 14 : 0,9D - 1,6Wisap

Di mana ρ_{Ex} dan ρ_{Ey} merupakan pengaruh gaya seismik horizontal dan 0,2 SDS D merupakan pengaruh gaya seismik vertikal.

Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dengan *software ETABS* bertujuan untuk mendapatkan gaya-gaya dalam yang terjadi atau analisa struktur.



(iii) layout pembalokan lantai 2
Gambar 5. Pemodelan Struktur

Kontrol Periode Fundamental Struktur (T)

1. Periode Fundamental Struktur arah-X:
 - Berdasarkan hasil analisis dari Etabs, didapat $T_c = 0.713$ detik pada Mode 1
 - $T_a = 0.0466 \times (\text{Tinggi Gedung})^{0.9}$
 $= 0.0466 \times (13.3)^{0.9} = 0.48$ detik
 - Kontrol:
 $C_U.T_a = 1,4 \times 0,48 = 0,672$
 Maka, $T_a < T_c < C_U.T_a$ sehingga nilai T yang digunakan adalah T_c .
2. Periode Fundamental Struktur arah-Y:
 - Berdasarkan hasil analisis dari Etabs, didapat $T_c = 0.792$ detik pada Mode 2
 - Kontrol:
 $C_U.T_a = 0,672$
 Maka, $T_a < T_c < C_U.T_a$ sehingga nilai T yang digunakan adalah T_c .

Tabel 1. Kontrol Partisipasi Massa Struktur

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
		sec					
Modal	1	0.792	0.4611	0.0185	0	0.4611	0.0185
Modal	2	0.713	0.0586	0.9349	0	0.5197	0.9534
Modal	3	0.649	0.4752	0.0422	0	0.9949	0.9956
Modal	4	0.335	0.0001	0.0E+00	0	0.9949	0.9956
Modal	5	0.324	2.2E-05	0	0	0.995	0.9956
Modal	6	0.323	4.8E-06	0	0	0.995	0.9956
Modal	7	0.313	0.0005	0.0E+00	0	0.9955	0.9956
Modal	8	0.311	3.06E-06	0	0	0.9955	0.9956
Modal	9	0.311	0	0	0	0.9955	0.9956
Modal	10	0.31	0	0.0E+00	0	0.9955	0.9956
Modal	11	0.31	0	0	0	0.9955	0.9956
Modal	12	0.31	0	0	0	0.9955	0.9956

Sumber: Output ETABS, 2021

Kontrol Partisipasi Massa

Dari tabel 1 dapat diketahui partisipasi massa sudah memenuhi ketentuan yaitu melebihi 90%, dimana untuk arah x pada modal ke-3 dan untuk arah y pada modal ke-2 sudah memenuhi ketentuan persyaratan.

Kontrol Gaya Geser Dasar Nominal

Kombinasi geser ragam (Vt) harus lebih besar 100% dari geser dasar (V) yang dihitung. Hasil perhitungan gaya geser dari Etabs dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Gaya Geser Dasar (Base Shear) Nominal untuk Masing- masing Gempa

Tipe Beban Gempa		Fx (kN)	Fy (kN)
Statik	EQx	941.79	0.0
	EQy	0.00	941.79
Dinamik	RSPx	942.11	414.92
	RSPy	414.92	1329,58

$$\text{Arah X} = \frac{942.11}{941.79} \times 100 = 100,03 \%$$

$$\text{Arah y} = \frac{1329.58}{941.79} \times 100 = 141,17 \%$$

Maka, dari Hasil Kontrol Base Shear Gempa Statis dan Dinamis untuk Arah X dan Arah Y telah memenuhi persyaratan.

Kontrol Simpangan

Untuk gedung dengan kategori IV, simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ($\Delta\alpha$) = 0,015h. Tabel 3 adalah hasil analisis simpangan antar tingkat yang diperoleh menggunakan program ETABS. Kriteria persyaratan simpangan mengacu pada SNI 1726:2019 dengan faktor- faktor sebagai berikut :

- Faktor pembesaran defleksi (Cd) (Tabel 20 SNI 1726- 2012) = 5.5
- Faktor Keutamaan Gempa, Ie (Tabel 2 SNI 1726- 2012) = 1.50
- Faktor redundansi gedung, ρ (Pasal 7.3.4.2 1726- 2012) = 1.3

Tabel 3. Simpangan Antar Lantai

ARAH X						
Lantai	Tinggi Tingkat (mm)	Simpangan Elastis (mm)	Perpindahan yang Diperbesar	Simpangan antar Lantai (mm)	Diizinkan (mm)	Ket.
Story7	3813.9	29.246	107.24	36.51	44.01	OK
Story3	4000	19.29	70.73	12.34	46.15	OK
Story2	5500	15.924	58.39	58.39	63.46	OK
ARAH Y						
Story7	3813.9	21.442	78.62	-0.25	44.01	OK
Story3	4000	21.511	78.87	16.35	46.15	OK
Story2	5500	17.053	62.53	62.53	63.46	OK

Sumber: Hasil Perhitungan, 2021

Perencanaan Tulangan

Tulangan Pelat Lantai

Berdasarkan analisis program ETABS v2016 nilai momen yang bekerja pada pelat lantai adalah $M_{lx} = 8,927$ kNm dan $M_{tx} = -15,327$ kNm.

Diameter tulangan pokok yang dipakai $\varnothing_p = 10$ mm

Tinggi efektif $d = h - p - 0,5 - \varnothing_p = 120 - 20 - \frac{1}{2}(10) = 95$ mm

Penulangan lapangan

$$M_n = \frac{M_u}{\varnothing} = \frac{8,927}{0,8} = 13,948 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{13,948 \cdot 10^6}{1000 \cdot 95^2} = 1,545$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \cdot 20} = 14,12$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right\} = \frac{1}{14,12} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot 14,12 \cdot 1,545}{240} \right)} \right\} = 0,004$$

$$\rho_{min} = \frac{1}{f_y} = \frac{1}{240} = 0,004 \text{ --- karena lebih besar dari } \rho, \text{ dipakai } \rho_{min}$$

$$A_s = \rho \cdot d \cdot dx = 0,004 \times 1000 \times 95 = 381 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\varnothing 10 - 200$ ($A_s = 393 \text{ mm}^2$)

Penulangan tumpuan

$$M_n = \frac{M_u}{\varnothing} = \frac{15,327}{0,8} = 23,948 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{23,948 \cdot 10^6}{1000 \cdot 95^2} = 2,65$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \cdot 20} = 14,12$$

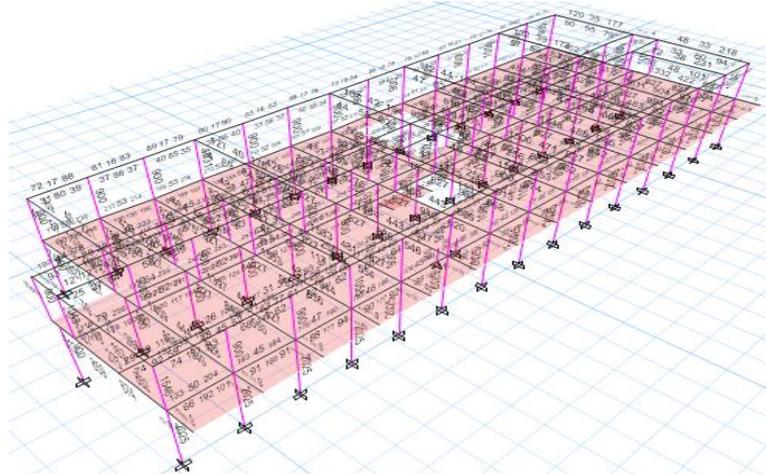
$$\rho = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right\} = \frac{1}{14,12} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot 14,12 \cdot 2,65}{240} \right)} \right\} = 0,007$$

$$\rho_{min} = \frac{1}{f_y} = \frac{1}{240} = 0,004 \text{ --- karena lebih kecil dari } \rho, \text{ dipakai } \rho$$

$A_s = \rho \cdot d \cdot dx = 0,007 \times 1000 \times 95 = 675 \text{ mm}^2$. Dipakai tulangan $\varnothing 10 - 100$ ($A_s = 393 \text{ mm}^2$)

Tulangan Balok

Desain tulangan balok dilakukan dengan bantuan software *ETABS v2016*. Luas tulangan lentur yang diperlukan pada tabel 5. Luas tulangan tersebut di peroleh dari output kebutuhan tulangan maksimum dengan program *ETABS v2016*.



Gambar 6. Luas tulangan yang dihitung dengan program ETABS v2016

Tabel 4. Luas Tulangan Balok

Kode	Ukuran	Lokasi	Luas tulangan (mm ²)		Tulangan utama						Sengkang						
			Tumpuan	Lapangan	Tumpuan		Lapangan		Rasio	Tumpuan		Lapangan					
Balok Induk	300 x 600	Atas	1608	504	8	D	16	3	D	16	634	8	-	100	8	-	250
		Bawah	827	994	5	D	16	5	D	16	634	8	-	100	8	-	250
Balok Anak	200 x 400	Atas	295	72	3	D	12	2	D	12	246	8	-	200	8	-	250
		Bawah	146	252	2	D	12	3	D	12	246	8	-	200	8	-	250
Balok Anak	200 x 300	Atas	283	47	3	D	12	2	D	12	246	8	-	200	8	-	250
		Bawah	177	177	2	D	12	2	D	12	246	8	-	200	8	-	250
Ring Balok	200 x 300	Atas	283	80	3	D	12	2	D	12	246	8	-	200	8	-	250
		Bawah	118	256	2	D	12	3	D	12	246	8	-	200	8	-	250
Kanti lever	300 x 600(T)	Atas	455	0	3	D	16	2	D	16	246	8	-	200	8	-	250
	300 x 300(L)	Bawah	226	20	2	D	16	2	D	16	246	8	-	200	8	-	250

Sumber: hasil perhitungan, 2021

Tulangan kolom

Luas tulangan lentur yang diperlukan pada tabel 5 diperoleh dari output kebutuhan tulangan maksimum program ETABS berdasarkan masing-masing kode kolom.

Tabel 5. Luas tulangan kolom

Kode	Dimensi	Luas tulangan (mm ²)	Tulangan utama			Sengkang						
			Rasio	Tumpuan	Lapangan	Rasio	Tumpuan		Lapangan			
K1	300 x 300	900	8	D	13	1.032	8	-	100	8	-	200
K2	450 x 450	2025	12	D	16	1.013	8	-	100	8	-	200

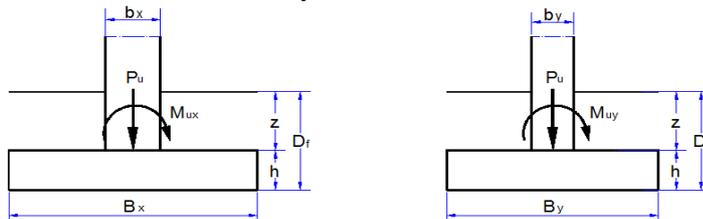
Sumber: hasil perhitungan, 2021

Desain Pondasi

Desain pondasi dilakukan dengan memperhatikan gaya dalam yang maksimal. Gaya dalam maksimal hasil analisis dengan ETABS v2016 adalah sebagai berikut:

$$F_z = 520 \text{ kN} ; F_x = 1.32 \text{ kN} ; F_y = 23.71 \text{ kN} ; M_x = 36.62 \text{ kNm} ; M_y = 1.58 \text{ kNm}$$

Dasar pondasi diletakan pada kedalaman 1,5 m sedangkan ukuran pondasi adalah sebagai berikut : $B_x = 1.00 \text{ m} ; B_y = 1.00 \text{ m} ; h_t = 0.30 \text{ m}$



Kapasitas dukung tanah menurut Meyerhof (1956) :

$$q_a = q_c / 33 * [(B + 0.3) / B]^2 * K_d \quad (\text{dalam kg/cm}^2)$$

dengan, $K_d = 1 + 0.33 * D_f / B$ harus ≤ 1.33

q_c = tahanan konus rata-rata hasil sondir pada dasar fondasi (kg/cm^2)

B =lebar fondasi (m) $B_x = B_y = 1.00 \text{ m}$

D_f =Kedalaman fondasi (m) $D_f = 1.40 \text{ m}$

$$K_d = 1 + 0.33 * D_f / B = 1.46 > 1.33$$

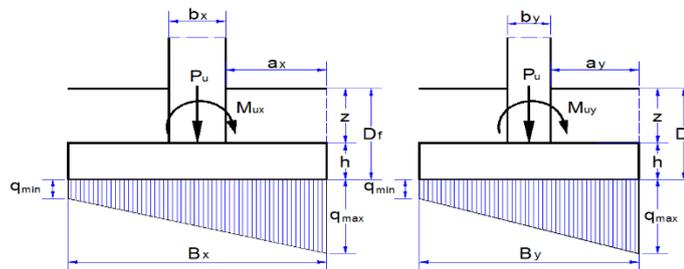
diambil, $K_d = 1.33$

Tahanan konus rata-rata hasil sondir pada dasar fondasi, $q_c = 150 \text{ kg/cm}^2$

$$q_a = q_c / 33 * [(B + 0.3) / B]^2 * K_d = 10.22 \text{ kg/cm}^2$$

Kapasitas dukung ijin tanah, $q_a = 1021.68 \text{ kN/m}^2$

Kontrol Tegangan Tanah



Luas dasar foot plat, $A = B_x * B_y = 1 \text{ m}^2$

Tahanan momen arah x, $W_x = 1/6 * B_y * B_x^2 = 0.16666667 \text{ m}^3$

Tahanan momen arah y, $W_y = 1/6 * B_x * B_y^2 = 0.16666667 \text{ m}^3$

Tinggi tanah di atas foot plat, $z = 1.10 \text{ m}$

Tekanan akibat berat foot plat dan tanah, $q = 27.1936 \text{ kN/m}^2$

Eksentrisitas pada fondasi :

$$e_x = \{ M_{ux} + (F_y.z) \} / (P_u + W_p)$$

$$e_y = \{ M_{uy} + (F_x.z) \} / (P_u + W_p)$$

$$e_x = 0.115 \text{ m} < B_x / 6 = 0.167 \text{ m} \quad (\text{OK})$$

$$e_y = 0.006 \text{ m} < B_y / 6 = 0.167 \text{ m} \quad (\text{OK})$$

Tegangan tanah maksimum yang terjadi pada dasar fondasi

$$q_{max} = P_u / A + M_{ux} / W_x + M_{uy} / W_y + q = 776.3936 \text{ kN/m}^2 \quad q_{max} < q_a \text{ AMAN}$$

Tegangan tanah minimum yang terjadi pada dasar fondasi :

$$q_{min} = P_u / A - M_{ux} / W_x - M_{uy} / W_y + q = 317.9936 \text{ kN/m}^2$$

$q_{min} > 0$ tak terjadi teg. tarik

Penulangan Pondasi

Jarak tepi kolom terhadap sisi luar foot plat, $a_x = (B_x - b_x) / 2 = 0.350 \text{ m}$

Tegangan tanah pada tepi kolom,

$$q_x = q_{min} + (B_x - a_x) / B_x * (q_{max} - q_{min}) = 615.954 \text{ kN/m}^2$$

Momen yang terjadi pada plat fondasi akibat tegangan tanah,

$$M_{ux} = 1/2 * a_x^2 * [q_x + 2/3 * (q_{max} - q_x) - q] * B_y = 42.613 \text{ kNm}$$

Diameter tulangan pokok yang dipakai D13

Tinggi efektif $d = 244 \text{ mm}$

Penulangan lapangan

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{46,213}{0,8} = 53266 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{53,266 \cdot 10^6}{1000 \cdot 244^2} = 0,898$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{390}{0,85 \cdot 20} = 22,94$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right\} = \frac{1}{22,94} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot 22,94 \cdot 0,898}{390} \right)} \right\} = 0,0024$$

$$\rho_{\min} = \frac{1}{f_y} = \frac{1}{390} = 0,0036 \text{ --- karena lebih besar dari } \rho, \text{ dipakai } \rho_{\min}$$

$$A_s = \rho \cdot d \cdot dx = 0,0036 \times 1000 \times 244 = 874 \text{ mm}^2 \text{ Dipakai D13 - 150 (} A_s = 885 \text{ mm}^2)$$

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Struktur gedung kelas yang direncanakan mempunyai nilai KDS D yang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRMPK) dengan kategori resiko IV,
2. Desain akhir struktur gedung kelas dengan menggunakan program ETABS v2016 telah memenuhi persyaratan disain sesuai dengan SNI 03-2847-2019 yang terlihat dari kecukupan kapasitas yang dimiliki struktur saat terjadinya gempa
3. Struktur gedung sekolah telah memberikan kinerja yang diharapkan setelah dievaluasi berdasarkan parameter gempa.

SARAN

Pada tulisan ini, belum disertakan desain dan perancangan struktur atap, walaupun demikian berat dari struktur atap dan beban yang ada di struktur atap sudah dihitung untuk membebani struktur di bawahnya, sehingga disarankan agar dilakukan desain dan perancangan struktur atap untuk tahap selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini adalah bagian dari kegiatan Pengabdian Masyarakat yang dilakukan oleh Penulis di SD IGS kota Malang. Terimakasih kami sampaikan kepada Universitas Wisnuwardhana Malang yang berkenan membiayai kegiatan ini melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Wisnuwardhana Malang.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfianto, R., & Rahmat, D. (2019). Analisa Perhitungan Bangunan Dengan Metode Etabs Versi 9.7.2. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING, BUILDING AND TRANSPORTATION*. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v2i1.1966>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019a). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, 8, 695.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019b). SNI 1726-2019 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*, 8, 254.
- Dewi, S. U., & Pratama, M. I. (2018). ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR BETON GEDUNG KULIAH KAMPUS 2 IAIN KOTA METRO

- MENGGUNAKAN PROGRAM ETABS (Extended Three Analysis Building Systems). *Tapak*, 7(2), 176–197.
<https://ojs.ummetro.ac.id/index.php/tapak/article/download/729/539>
- Fadillah, A. (n.d.). *Aplikasi Perencanaan Gedung Dengan ETABS*.
- Honarto, R. J., Handono, B. D., & Pandaleke, R. (2019). PERENCANAAN BANGUNAN BETON BERTULANG DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DI KOTA MANADO. *Jurnal Sipil Statik*.
- Kariso, P. H., Dapas, S. O., & Pandaleke, R. (2018). Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. *Jurnal Sipil Statik*.
- Lamia, N. W. M., Pandaleke, R. E., & Handono, B. D. (2020). Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Denah Bangunan Berbentuk “L.” *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 519–532. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/29899>
- Muda, J. S., Gumilar, M. S., & Dhiniati, F. (2017). PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KANTOR DISHUB KOTA PAGAR ALAM BERBASIS PROGRAM SAP 2000. *Jurnal Ilmiah Bering's*, 02, 51–67.
- SNI 1726. (2012). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012). *SNI 1726*.
- Suprayitno, H., & Aryani Soemitro, R. A. (2018). Preliminary Reflexion on Basic Principle of Infrastructure Asset Management. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 2(1), 1–10.
<https://doi.org/10.12962/j26151847.v2i1.3763>
- Zulkifli, E. (n.d.). *Perencanaan Bangunan Tahan Gempa (Pelatihan Software ETABS)*.