

PERENCANAAN ULANG (*REDESIGN*) PEMBANGUNAN RUANG BELAJAR SMK AL- MURQONIYAH, HAMBALANG

*Era Agita Kabdiyono¹, Riesa Syariful Akbar²

^{1,2} Fakultas Teknik dan Informatika, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Dian Nusantara, Jakarta, Indonesia

*Email Korespondensi:
era.agita.k@undira.ac.id

ARTIKEL INFORMASI

Diterima:
15 March 2021

Direvisi:
20 April 2021

Dipublikasi:
16 Mei 2021

ABSTRAK

Sekolah merupakan sarana penting dalam meningkatkan kehidupan dan kualitas hidup manusia tertutama dalam mutu pendidikan anak bangsa. Di dalamnya, terdapat kegiatan belajar dan mengajar bagi para siswa/siswi oleh guru-guru di sekolah. Tujuan penelitian pada laporan ini adalah merencanakan ulang (*redesign*) struktur bangunan gedung sekolah SMK Al-Murqoniyah dengan menggunakan SNI gempa SNI 1726 – 2012 dan SNI beton SNI 2847 – 2013. Direncanakan struktur gedung bertingkat 2 lantai dengan menggunakan metode sistem rangka pemikul momen dengan pemodelan struktur menggunakan portal 3 dimensi dengan bantuan program ETABS versi 2013. Gedung SMK Al – Murqoniyah didesain dengan struktur beton bertulang. Jumlah tulangan yang didapatkan dari hasil analisis untuk tulangan pelat ($t=120$ mm) digunakan tulangan D10-100 untuk masing-masing tumpuan dan lapangan, pada struktur balok (200X400 mm) digunakan tulangan lentur 3D13 pada daerah tekan dan 3D13 pada daerah tarik, dengan jarak sengkang pada tumpuan adalah D10-100 pada daerah tumpuan dan D10-150 pada daerah lapangan, serta untuk tulangan lentur kolom (200X250 mm) digunakan tulangan 10D16 dan tulangan sengkang D10-100 pada daerah tumpuan dan tulangan D10-150 pada daerah lapangan. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan menggunakan bantuan program analisis struktur, dapat dinyatakan bahwa elemen struktur gedung ini aman secara analisis dan struktur gedung belajar SMK Al- Murqoniyah telah direncanakan sesuai kaidah perancangan yang berlaku.

Keywords: Struktur Beton Bertulang, Redesign, Analisis Tulangan

1. PENDAHULUAN

Sekolah merupakan sarana penting dalam meningkatkan kehidupan dan kualitas hidup manusia tertutama dalam mutu pendidikan anak bangsa. Di dalamnya, terdapat kegiatan belajar dan mengajar bagi para siswa/siswi oleh guru-guru di sekolah. Salah satu faktor penunjang pembelajaran di sekolah adalah ruang untuk belajar dan serangkaian kegiatan. Sekolah SMK Al-Murqoniyah adalah sekolah menengah kejuruan swasta yang terletak di Kabupaten Bogor. Seiring dengan kebutuhan ruang belajar yang sesuai dengan kapasitas siswa/siswi setiap tahunnya, maka direncanakan adanya penambahan ruang kelas baru. Untuk itu, dibutuhkan analisis perhitungan struktur gedung sekolah yang baru guna menunjang kegiatan pembelajaran di sekolah SMK Al-Murqoniyah. Sekolah ini sebelumnya sudah memiliki struktur existing 1 lantai yang sudah

digunakan dalam kegiatan belajar mengajar. Seiring bertambahnya waktu dan calon siswa baru, penambahan ruang kelas baru untuk proses dalam belajar mengajar akan sangat membantu akademik dalam menampung siswa/i dengan jumlah yang semakin bertambah, dengan begitu berbagai macam materi dapat disampaikan oleh guru saat berada di dalam kelas. Dengan penambahan ruang kelas tingkat 2 lantai guna untuk menciptakan suasana belajar baru yang akan menumbuhkan minat dan menciptakan semangat belajar yang sesuai dengan kurikulum dan cara belajar yang efektif dan efisien.

Pembangunan ulang (redesign) sekolah SMK Al-Murqoniyah direncanakan akan dibangun dua lantai yang difungsikan sebagai ruang kelas, ruang guru, ruang kepala sekolah, dan ruang lab/ praktikum program keahlian teknik elektronika. Metode yang dipakai dalam pembangunannya adalah menggunakan metode konvensional dengan material beton bertulang. Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian ini dilakukan untuk merancang struktur bangunan gedung sekolah SMK Al-Murqoniyah yang berjumlah 2 lantai, material utama yang digunakan adalah beton bertulang. Hasil dari penelitian ini berupa dimensi dan tulangan sesuai dengan syarat kekuatan yang di atur dalam SNI 1726 – 2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan SNI 2847 – 2013 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Tujuan penelitian pada laporan ini adalah merencanakan ulang (redesign) struktur bangunan (redesign) gedung sekolah SMK Al-Murqoniyah dengan menggunakan SNI gempa SNI 1726 – 2012 dan SNI beton SNI 2847 – 2013.

2. KAJIAN PUSTAKA

Pembebanan Struktur

Ketentuan mengenai perencanaan dalam tata cara SNI 2847-2013 didasarkan pada asumsi bahwa struktur direncanakan untuk memikul beban kerjanya. Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung tahun 1983 pasal 1 halaman 7 menjelaskan mengenai definisi pembebanan, antara lain:

- 1) Beban mati (Dead Load) adalah berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian, serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut.
- 2) Beban hidup (Live Load) adalah semua beban yang terjadi akibat penggunaan suatu gedung dan kedalamnya termasuk beban – beban pada lantai yang berasal dari beban – beban yang dapat berpindah sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap. Khusus atap, beban hidup termasuk pada beban air hujan yang diakibatkan oleh genangan air maupun butiran air yang jatuh.
- 3) Beban angin (Wind Load) adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.
- 4) Beban gempa (Earthquake Load) adalah semua beban static ekivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yg menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut. Pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik

Kekakuan Struktur

Menurut Wolfgang Schueller kekakuan struktur (Ir. Muji Indarwanto, 2014), rangka kaku (rigid frame) merupakan sambungan kaku digunakan antara susunan struktur linear untuk membentuk bidang vertikal dan horizontal. Bidang vertikal terdiri dari kolom dan balok, biasanya pada grid persegi.

Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur

Pasal 4.1.2 SNI 1726 – 2012, untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai tabel 2.1 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan factor keutamaan Ie. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dan struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori risiko IV.

Tabel 1. Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaaan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan –bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi , serta garasi kendaraan darurat	IV

Sumber : SNI 1726 – 2012

Perancangan Struktur Beton Bertulang

SNI 2847-2013, beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. SNI 2847-2013, beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum, yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.

Analisis dan Perancangan

a. Perancangan

Semua komponen struktur beton bertulang harus direncanakan cukup kuat sesuai dengan ketentuan yang dipersyaratkan dalam standar SNI 2847-2013 tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung, dengan menggunakan faktor beban dan faktor reduksi kekuatan ϕ yang sesuai .

b. Modulus Elastisitas

Nilai modulus elastisitas beton dan baja tulangan ditentukan sebagai berikut:

- 1) Untuk nilai w_c diantara 1500 kg/m³ dan 2500 kg/m³, nilai modulus elastisitas beton E_c dapat diambil sebesar $(w_c)1.5 \cdot 0.0043 \sqrt{f'_c}$ (MPa).
- 2) Untuk beton normal E_c dapat diambil sebesar $4700 \sqrt{f'_c}$.
- 3) Modulus elastisitas untuk tulangan non-prategang E_s diambil sebesar 200000 MPa.

c. Ketentuan Mengenai Kekuatan dan Kemampuan Layan

Struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor (Ramadhan, 2013).

d. Kuat Perlu

Kekuatan suatu komponen struktur atau penampang yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor atau momen dan gaya dalam yang berkaitan dengan beban tersebut dalam suatu kombinasi seperti yang ditetapkan dalam tata cara SNI 2847-2013.

Kuat perlu yang dipersyaratkan dalam pasal 9.2.1 SNI 2847-2013 tersebut adalah:

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2D + 1,6L$$

$$U = 0,75 (1,2.D + 1,6.L + 1,6.W)$$

$$U = 0,9.D + 1,3.W$$

$$U = 1,05 (D + 0,6.L + E)$$

$$U = 0,9 (D + E)$$

Dimana,

D = beban mati,

L = beban hidup,

W = beban angin, dan

E = beban gempa.

e. Kuat Rencana

Kuat rencana komponen struktur dan penampangnya, sehubungan dengan perilaku lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebagai hasil kali kuat nominal, yang dihitung berdasarkan ketentuan dan asumsi dari tata cara ini, dengan suatu faktor reduksi kekuatan ϕ . Faktor reduksi kekuatan ϕ ditentukan sebagai berikut:

Momen lentur tanpa gaya aksial

$\phi = 0.90$ SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7

Gaya aksial tarik, atau momen dengan gaya tarik

$\phi = 0.90$ SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.1

Gaya aksial tekan, atau momen dengan gaya tekan

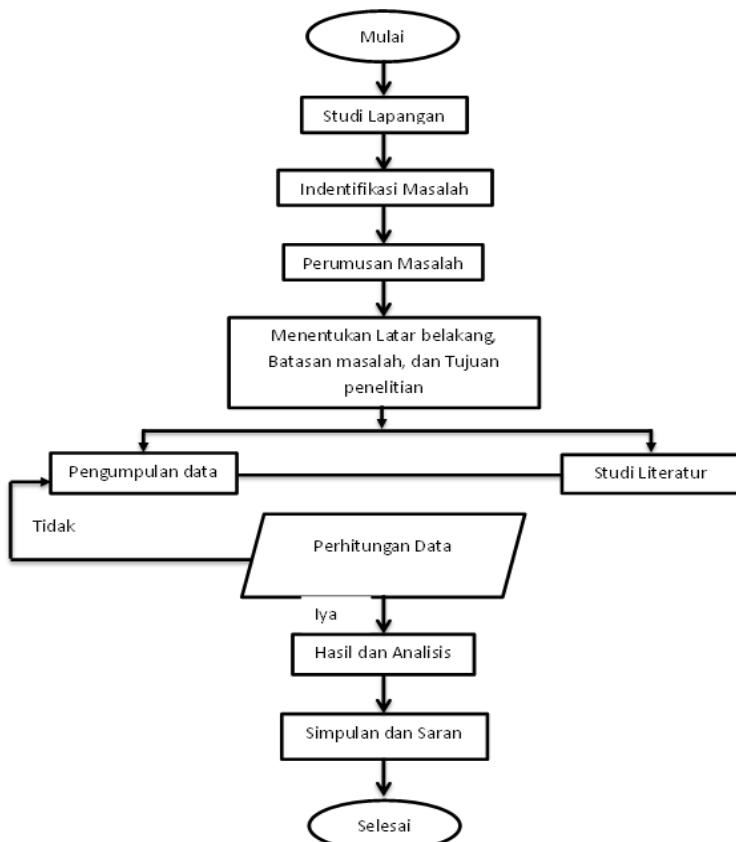
$\phi = 0.75$ SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.2

Gaya geser

$\phi = 0.75$ SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.3

3. METODE

Metodologi penelitian merupakan tahap-tahap penelitian yang harus ditetapkan dahulu sebelum melakukan pemecahan masalah, sehingga penelitian dapat dilakukan dengan terarah dan memudahkan dalam menganalisis permasalahan yang ada. Berikut diagram alir Metode Penelitian yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2 berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Proses Penelitian

Diagram Alir Perancangan

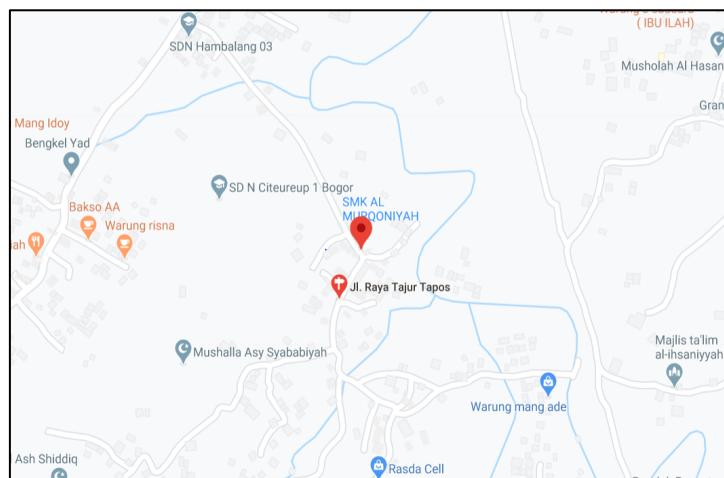
Perancangan struktur merupakan suatu tahapan yang harus dilakukan sebelum berlangsungnya proses pembangunan dengan mengacu kepada peraturan – peraturan yang berkaitan dengan struktur bangunan gedung bertingkat supaya hasilnya sesuai yang diharapkan. Diagram alir menjelaskan secara detail mengenai perancangan struktur bangunan. Secara umum metode perancangan struktur gedung Sekolah SMK AL-Murqoniyyah dengan system rangka pemikul momen adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

- a. Buku – buku peraturan, antara lain : SNI 1726 – 2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung, SNI 2847-2013 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, dan SNI 03 – 1727 – 1989 tentang Tata Cara Pembebanan Indonesia Untuk Rumah dan Gedung.

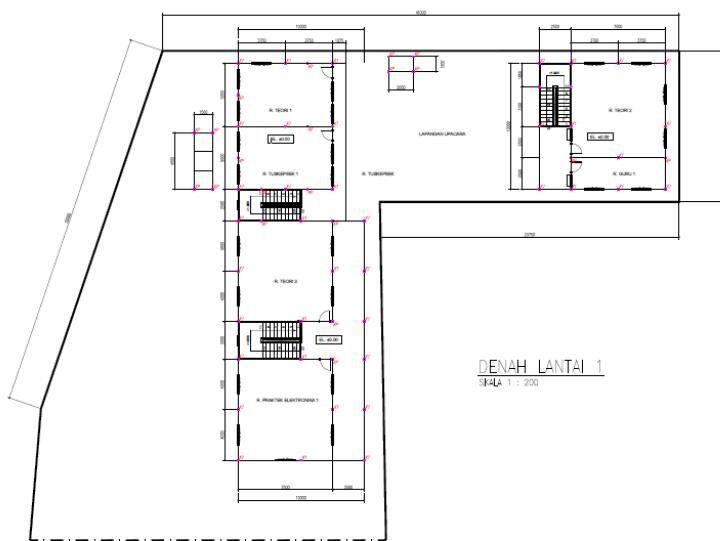
b. Lokasi Bangunan

Bangunan SMK Al-Murqoniyah yang berlokasi di jl.tajur tapos RT 21/07 Kp. tajur tapos, Desa Hambalang, kec. Citeureup, Kab. Bogor.



Gambar 2. Lokasi Bangunan SMK Al-Murqoniyah

2. Data Teknis Bangunan



Gambar 3. Denah Bangunan SMK Al-Murqoniyah

Jumlah Lantai : 1 Lantai Existing
Jenis Konstruksi : Beton bertulang
Tahun Konstruksi : -

Jenis Pondasi	: -
Ukuran Kolom	: Lihat Lampiran Gambar
Ukuran Balok	: Lihat Lampiran Gambar
Mutu Beton	: K225
Mutu Tulangan	: Besi tulangan D = 13 : Baja U40 (fy = 390 MPa)
	Besi tulangan D = 10 : Baja U24 (fy = 240 MPa)
Mutu Baja	: BJ37
Kondisi Tanah	: -

Standar / Peraturan

- a. American Concrete Institute (ACI 318-99)
- b. SNI 2847–2013 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.
- c. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG)-1983
- d. SNI 1726–2012 Tata Cara Perencanaan Perencanaan Gempa untuk Bangunan Gedung.
- e. SNI 1729–2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung.

Program / Software

- a. ETABS Versi 18.0.0
- b. PCACOL
- c. Spreadsheet Excel

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter respon spectra percepatan untuk gempa tertimbang maksimum yang telah disesuaikan dengan kelas dan koefisien situs adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S_{ms} &= Fa \cdot S_s \\
 &= 0,9 \cdot 1,0434 \\
 &= 0,93906 \\
 S_{MI} &= Fv \cdot S_I \\
 &= 2,4 \cdot 0,4762 \\
 &= 1,14288 \\
 S_{DS} &= \frac{2}{3} \cdot S_{MS} \\
 &= \frac{2}{3} \cdot 0,93906 \\
 &= 0,62604 \\
 S_{D1} &= \frac{2}{3} \cdot 1,14288 \\
 &= 0,76192
 \end{aligned}$$

Gaya Gempa Statuk Lateral Ekivalen

Parameter perhitungan gempa statik adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 T_a &= C_t \cdot h_n^x \\
 &= 0,0466 \cdot 8,6^{0,9} \\
 &= 0,32317 \\
 T &= Cu \cdot Ta \\
 &= 1,4 \cdot 0,32317 \\
 &= 0,45243
 \end{aligned}$$

Pada program ETABS didapatkan periode gedung untuk arah x dan y yaitu $T_x = T_y = 1,12665$ detik, karena $T_a < T_c < Cu \cdot Ta$, maka periode gedung telah memenuhi syarat batas periode limit statik.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Analisis Statik

Story	HI	Wi	K	WiHi^k	Cv
	M	Kg		kgf-m	
STORY2	8,6	11801,28	1,31	199171,64	0,75
STORY1	3,8	11238,29	1,31	64884,84	0,25
TOTAL	12,4	23039,57	2,62664596	264056,4839	1

Geser Dasar Seismik

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$= \frac{0,62604}{\left(\frac{8}{1,5}\right)}$$

$$= 0,117383$$

$$C_s < \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$< \frac{0,76192}{1,126646\left(\frac{8}{1}\right)}$$

$$< 0,126801$$

$$Cs > 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e$$

$$> 0,044 \cdot 0,117383 \cdot 1,5$$

$$> 0,041319$$

Berdasarkan nilai Cs di atas, maka dapat di ambil nilai Cs sebesar 0,051

$$\begin{aligned} V_{(x,y)} &= C_s \cdot W_t \\ &= 0,126801 \cdot 23039,5699 \\ &= 2921,443889 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tabel 3 Hasil Perhitungan Gaya Geser Statik

Story	Fx	Vx	Fy	Vy
	Kgf	Kgf	kgf	kgf
STORY2	2203,58	2203,58	2203,576937	2203,576937
STORY1	717,87	2921,44	717,8669526	2921,443889

Analisis Dan Desain Kontrol Dengan Etabs 2013**Gaya Geser Dasar Nominal / Base Shear (V)**

Pada SNI Gempa 1726 – 2012 dijelaskan bahwa nilai akhir respon dinamik struktur gedung terhadap pembebangan gempa nominasi akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu tidak boleh kurang dari 85% nilai respons ragam yang pertama.

Tabel 4. Nilai Base Shear Nominal Statik

Base Shear	V rencana	V program	V desain
	N	N	N
Vx	4206691	4206691	4206691
Vy	4206691	4206691	4206691

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

V rencana = Vprogram , maka desain diambil sama dengan Vrencana untuk dibandingkan dengan V dinamiknya

Perancangan Struktur Pelat

Data Material

Data-data perencanaan pelat yang direncanakan adalah sebagai berikut:

- a. Mutu Bahan : Baja, $f_y = 390 \text{ MPa}$
- b. Beton, $f'_c = 18,675 \text{ MPa}$
- c. Tebal Pelat Rencana : Lantai = 120 mm
- d. Selimut Beton : 20 mm
- e. Tulangan Rencana : diameter 10 mm

Perencanaan Penulangan Lantai

Untuk menentukan kebutuhan tulangan diperlukan perencanaan dengan data-data sebagai berikut :

- Tebal pelat (h) = 120 mm
- Panjang (L_n) = $5000 - 200 = 4800 \text{ mm}$
- Lebar (S_n) = $3000 - 200 = 2800 \text{ mm}$
- Rasio (β) = $4800/2800 = 1,714$

($\beta \leq 2$, tulangan 2 Arah)

- Tebal penutup (p) = 20 mm
- D. tulangan (ϕ_p) = 10 mm
- Tinggi efektif, d_x = $h - p - \frac{1}{2} \cdot \phi_p x$

$$= 120 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 10$$

$$= 95 \text{ mm}$$

$$d_y = h - p - \phi_p x - \frac{1}{2} \cdot \phi_p y$$

$$= 120 - 20 - 10 - 5$$

$$= 85 \text{ mm}$$

- Kuat tekan (f'_c) = 18,675 MPa
- Kuat leleh (f_y) = 390 MPa

Dari data-data diatas didapatkan :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{390} \cdot \frac{600}{600 + 390}$$

$$= 0,020967657$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,020967657$$

$$= 0,015725743$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1, Luasan tulangan susut dan suhu menyediakan paling sedikit memiliki rasio tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:

a. Slab dengan batang tulangan mutu $f_y = 280 \text{ MPa}$ atau $f_y = 350 \text{ MPa}$ adalah 0,002

b. Slab dengan batang tulangan mutu $f_y = 420 \text{ MPa}$ adalah 0,0018 Untuk slab dengan batang tulangan mutu 240 MPa, $\rho = 0,002$

c. Slab dengan batang tulangan mutu melebihi $f_y = 420 \text{ Mpa}$ yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35% adalah $0,0018 \times 420/f_y$

Contoh Perencanaan Tulangan Tumpuan Arah X (tiap 1 meter)

- b = 1000 mm
- d_x = 95 mm
- M_u = 8180000 Nmm
- $M_n = \frac{M_u}{\phi}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{9088888.89}{0,9} \\
 &= 9088888.89 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d x^2} \\
 &= \frac{9088888.89}{1000.95^2} \\
 &= 1.007079101 \text{ N/mm}^2 \\
 M_d &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \\
 &= \frac{390}{0,85 \cdot 18,675} \\
 &= 24.56886369 \text{ MPa} \\
 \rho &= \frac{1}{m} \cdot \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \\
 &= 0.002669817
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2842-2013

$$\begin{aligned}
 \rho &< \rho_{\max} \\
 0.002669817 &< 0.015725743 \text{ (Diperlukan tulangan tunggal)} \\
 \rho &< \rho_{\min} \\
 0.002669817 &< 0,0018 \text{ (Dipakai } \rho = 0.015725743)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot dx \\
 &= 0.015725743 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm} \\
 &= 253.6325731 \text{ mm}^2 \\
 \text{Luas tulangan} &= 0,25 \pi \cdot D^2 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 10^2 \\
 &= 78,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{\text{Luas tulangan}} \\
 &= \frac{253.6326}{78,5} \\
 &= 3,23 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Sehingga diambil tulangan sebanyak 4 buah tulangan.

$$\begin{aligned}
 s &\leq \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}} \\
 &\leq \frac{0,25 \cdot 3,14 \cdot 10^2 \cdot 1000}{253.6326} \\
 &\leq 309,502 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 13.3.2, spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dua kali tebal slab maka digunakan spasi 150 mm.

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{ada}}} &= \text{luas } \phi \text{ tulangan. Jumlah tulangan} \\
 &= \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \right) \cdot 7 \\
 &= 549,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat Rasio Tulangan :

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{549,5}{1000 \times 95} = 0,00578 \quad (\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}) \quad \dots \text{OK}$$

$$S_{\text{pasang}} < 2t \\ 150 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \quad \dots \text{OK}$$

Cek kekuatan nominal penampang :

$$a = \frac{As.fy}{0,85.fcb} = \frac{549,5 \times 390}{0,85 \times 18,675 \times 1000} = 13,5 \text{ mm}$$

Menentukan letak garis netral :

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{13,5}{0,85} = 15,88 \text{ mm}$$

Kontrol keserasian regangan:

$$\varepsilon_s = \frac{d - c}{c} \cdot 0,003 = \frac{95 - 15,88}{15,88} \cdot 0,003 = 0,0149$$

$$\varepsilon_y = \frac{fy}{Es} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

Perhitungan diatas menghasilkan $\varepsilon_s \geq \varepsilon_y$, maka tulangan baja sudah leleh sesuai dengan asumsi $f'_s = fy = 390 \text{ Mpa}$. Dengan demikian, besarnya kapasitas momen dapat ditentukan.

$$Mn = As.fy \left(d - \frac{a}{2} \right) = 594,5 \times 390 \left(95 - \frac{13,5}{2} \right) = 20461203,75 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} Mu &= \phi \cdot Mn \\ &= 0,9 \cdot 20461203,75 \\ &= 18415083,38 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$Mu \leq Mu \text{ kapasitas} = 8180000 \text{ Nmm} \leq 18415083,38 \text{ Nmm} \quad \dots \text{OK}$

Maka dipakai tulangan D10 – 150 untuk penulangan pada arah X (tumpuan) dan penampang ini dapat digunakan.

Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan tulangan rencana yang dipakai untuk pelat parkir, maka didapatkan tulangan yang dipakai. Hasil analisis penulangan pelat dapat dilihat pada tabel.

Tabel 5 Hasil Perhitungan Jarak Antar Tulangan Pelat Parkir Lantai P2-

Tulangan	Arah	Momen (Nmm)	As (mm ²)	Tulangan Terpasang
Lapangan	X	5701000	549,5	D10 – 150
	Y	3899000	549,5	D10 – 150
Tumpuan	X	4042000	549,5	D10 – 150
	Y	3290500	549,5	D10 – 150

Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan, diperoleh jumlah tulangan lentur balok sebagai berikut:

Tabel 6 Jumlah Tulangan Lentur Balok

Balok	Tumpuan Atas	Tumpuan Bawah	Lapangan Atas	Lapangan Bawah
B200X400	3D13	3D13	3D13	3D13

Perencanaan Tulangan Geser Dengan Metode Momen Kapasitas

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.2.2, geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengasumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegangan tulangan lentur balok mencapai 1,25fy dan faktor reduksi kuat lentur $\phi = 1$.

a. Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kanan (Tumpuan Kiri).

$$As = 398.00 \text{ mm}^2$$

$$a_{pr} = \frac{1,25 \cdot As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b}$$

$$= \frac{1,25 \cdot 398 \cdot 390}{0,85 \cdot 18,675 \cdot 200}$$

$$= 61.11$$

$$M_{pri}^+ = 1,25 \cdot As \cdot fy (d - a_{pr}/2)$$

$$= 1,25 \cdot 398.13 \cdot 390 (363,5 - 61,11/2)$$

$$= 64598426.80 \text{ Nmm}$$

$$As = 398.00 \text{ mm}^2$$

$$a_{pr} = \frac{1,25 \cdot As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b}$$

$$= \frac{1,25 \cdot 398 \cdot 390}{0,85 \cdot 18,675 \cdot 200}$$

$$= 61.11$$

$$M_{pri}^+ = 1,25 \cdot As \cdot fy (d - a_{pr}/2)$$

$$= 1,25 \cdot 398.13 \cdot 390 (363,5 - 61,11/2)$$

$$= 64598426.80 \text{ Nmm}$$

b. Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kiri (Tumpuan Kanan).

$$As = 398.00 \text{ mm}^2$$

$$a_{pr} = \frac{1,25 \cdot As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b}$$

$$= \frac{1,25 \cdot 398 \cdot 390}{0,85 \cdot 18,675 \cdot 200}$$

$$= 61.11$$

$$M_{pri}^+ = 1,25 \cdot As \cdot fy (d - a_{pr}/2)$$

$$= 1,25 \cdot 398.13 \cdot 390 (363,5 - 61,11/2)$$

$$= 64598426.80 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 As &= 398.00 \text{ mm}^2 \\
 a_{pr} &= \frac{1,25 \cdot As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} \\
 &= \frac{1,25 \cdot 398 \cdot 390}{0,85 \cdot 18,675 \cdot 200} \\
 &= 61.11 \\
 M_{pri^+} &= 1,25 \cdot As \cdot fy \cdot (d - a_{pr}/2) \\
 &= 1,25 \cdot 398.13 \cdot 390 \cdot (363,5 - 61,11/2) \\
 &= 64598426.80 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

- c. Diagram gaya geser. Reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur. Hasil analisis struktur dengan program ETABS 2013.

Kombinasi beban gravitasi: $W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL}$

$$\begin{aligned}
 \text{Didapat } V_{g,ki} &= \frac{W_u L_n}{2} = 9291.00 \text{ N} \\
 V_{eb,ka} &= \frac{W_u L_n}{2} = 9291.00 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- d. Struktur bergoyang ke kanan.

$$\begin{aligned}
 Ve &= \frac{M_{pr_1}^+ + M_{pr_{j3}}^-}{Ln} = 30045.78 \text{ N} \\
 \text{Total reaksi geser diujung kiri balok} &= 30045.78 + 9291.00 \\
 &= 39336.78 \text{ N} \\
 \text{Total reaksi geser diujung kanan balok} &= 30045.78 - 9291.00 \\
 &= 20754.78 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Struktur bergoyang ke kiri.

$$\begin{aligned}
 Ve &= \frac{M_{pr_2}^+ + M_{pr_{j4}}^-}{Ln} = 30045.78 \text{ N} \\
 \text{Total reaksi geser diujung kiri balok} &= 30045.78 + 9291.00 \\
 &= 39336.78 \text{ N} \\
 \text{Total reaksi geser diujung kanan balok} &= 30045.78 - 9291.00 \\
 &= 20754.78 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- e. Sengkang untuk gaya geser. SNI 03-2847-2012 Pasal 23.3.4(2): $V_c = 0$ pada perencanaan geser di daerah sendi plastis apabila:

Gaya geser Ve akibat sendi plastis di ujung-ujung balok melebihi $\frac{1}{2}$ (atau lebih) kuat geser perlu maksimum, V_u , di sepanjang bentang,

$$V_u \text{ maks} = 12425.62 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = V_s = \frac{12425.62}{0,75} - 0 = 16567.49 \text{ N}$$

Maksimum V_s :

$$V_{s,maks} = \frac{2\sqrt{fc'}}{3} b_w \cdot d = \frac{2\sqrt{30}}{3} 200.363,5 = 209446,66 \text{ N}$$

Diameter tulangan sengkang D10 dengan 2 kaki ($A_v = 157 \text{ mm}^2$)

$$A_v = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 10^2 \cdot 2 = 157 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot fy \cdot d}{V_s} = \frac{157 \cdot 390 \cdot 363,5}{209446,66} = 106,266 \text{ mm}$$

Digunakan baja tulangan D10 dengan spasi tulangan 100 mm

$$V_s = \frac{Av.f_y.d}{s} = \frac{157.390.363,5}{100} = 222571,05 \text{ N}$$

SNI 2847-2013 Pasal 21.5.3(2): Spasi maksimum di sepanjang balok tidak boleh melebihi:

- 1 d/4
- 2 6.D longitudinal bar diameter
- 3 150 mm

Dengan demikian digunakan sengkang 2 kaki D10 dipasang dengan spasi 10 mm di daerah sepanjang 2h (=800 mm)

Sengkang di daerah luar sendi plastis

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} b_{w.} d = \frac{1\sqrt{18,675}}{6} 200 363,5 = 52361,67 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{39336,78}{0,75} - 52361,67 = 87,37 \text{ N}$$

Diameter tulangan sengkang D10 dengan 2 kaki ($A_v = 157 \text{ mm}^2$)

$$A_v = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 10^2 \cdot 2 = 157 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{Av.f_y.d}{V_s} = \frac{157.390.363,5}{87,37} = 493,79 \text{ mm}$$

Digunakan baja tulangan D10 dengan spasi tulangan 150 mm

Perancangan Struktur Kolom

Perencanaan Tulangan Lentur Kolom

Metode Diagram Interaksi

Perencanaan tulangan lentur dengan metode diagram interaksi menggunakan program pcaCOL untuk membuat diagram interaksi.

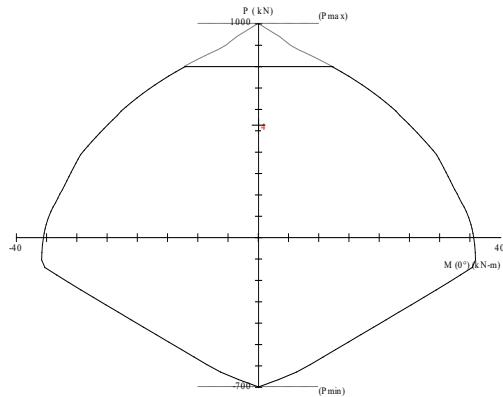
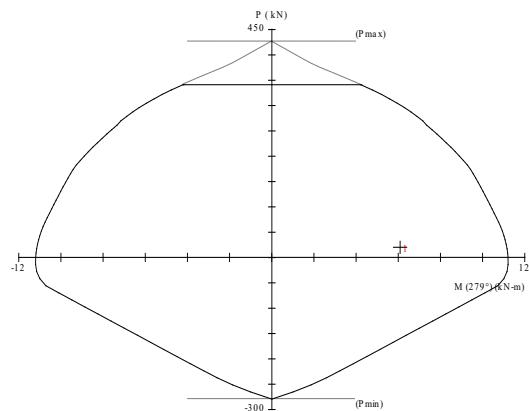
Tabel 7. Nilai Diagram Interaksi Kolom 200x250 Dari ETABS

Story	Column	Load	P	V2	V3	M2	M3
STORY2	C26	COMB4	279,04	-17,09	4,41	8,359	-32,259
STORY2	C26	COMB3	283,10	-17,08	-4,45	-8,457	-32,227
STORY1	C26	COMB2	527,06	-5,03	-0,06	0,016	-1,624
STORY1	C26	COMB2	526,63	-5,03	-0,06	0,035	-0,115

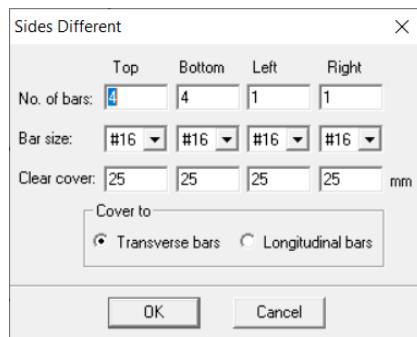
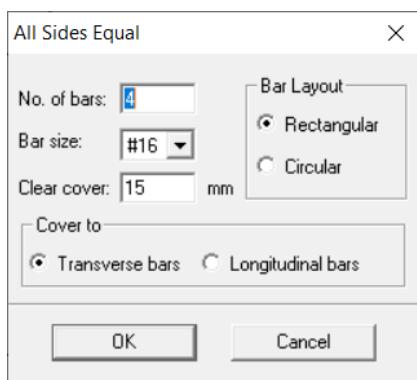
Tabel 8. Nilai Diagram Interaksi Kolom 150x150 Dari ETABS

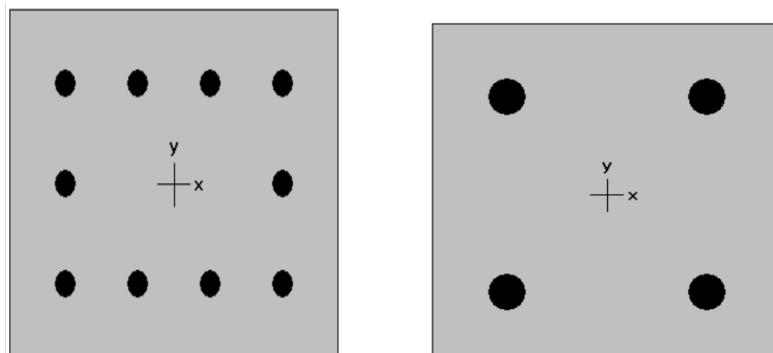
Story	Column	Load	P	V2	V3	M2	M3
STORY2	C43	COMB12	20,540	-3,22	1,05	1,997	-6,095
STORY2	C43	COMB4	37,650	-3,22	1,11	2,108	-6,091
STORY1	C35	COMB8	145,58	1,08	-3,51	-2,314	0,622
STORY1	C35	COMB8	145,33	1,08	-3,51	-1,086	0,242

Dari hasil analisa program, diketahui Gaya Aksial (P) dan Momen yang bekerja pada kolom serta dapat digambarkan diagram interaksi sebagai berikut:

**Gambar 4.** Diagram Interaksi Kolom 200x250**Gambar 5.** Diagram Interaksi Kolom 150x150

Dari hasil diagram interaksi didapatkan jumlah tulangan sesuai gambar dibawah ini:

**Gambar 6.** Kolom 200x250 Dipasang tulangan 10D16**Gambar 7.** Kolom 150x150 Dipasang tulangan 4D16

**Gambar 8. a (4D16150X150)****b. (10D16 K200X250)**

5. KESIMPLAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan pada perencanaan ulang (*redesign*) pembangunan ruang belajar SMK Al- Murqoniyah, Hambalang dapat disimpulkan bahwa jumlah tulangan yang didapatkan dari hasil analisis untuk tulangan pelat ($t=120$ mm) digunakan tulangan D10-100 untuk masing-masing tumpuan dan lapangan, pada struktur balok (200X400 mm) digunakan tulangan lentur 3D13 pada daerah tekan dan 3D13 pada daerah tarik, dengan jarak sengkang pada tumpuan adalah D10-100 pada daerah tumpuan dan D10-150 pada daerah lapangan, serta untuk tulangan lentur kolom (200X250 mm) digunakan tulangan 10D16 dan tulangan sengkang D10-100 pada daerah tumpuan dan tulangan D10-150 pada daerah lapangan. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan menggunakan bantuan program analisis struktur, dapat dinyatakan bahwa elemen struktur gedung ini aman secara analisis dan struktur gedung belajar SMK Al- Murqoniyah telah direncanakan sesuai kaidah perancangan yang berlaku, yaitu yang di atur dalam SNI 1726 – 2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan SNI 2847 – 2013 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.

Saran

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, perlu adanya perbaikan – perbaikan melalui beberapa saran sebagai berikut Perlu adanya perhitungan terhadap analisis struktur bawah yaitu pondasi. Hal ini dikarenakan kondisi pandemi Covid-19 membuat pelaksanaan tidak berjalan dengan baik sehingga mengakibatkan tidak tersedia nya data tanah dalam megolah data dan melakukan analisis, perlu adanya peninjauan lebih lanjut mengenai perencanaan pondasi yaitu dengan melakukan penyelidikan tanah di lokasi.

REFERENCES

- Badan Standar Nasional. 2013. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. SNI 2847-2013.
- Badan Standar Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*. SNI 1726 – 2012.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*, Bandung : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1989. *Tata Cara Pembebanan Indonesia Untuk Rumah dan Gedung*. SNI 03 – 1727 – 1989.
- Nawy, Edward G. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : Penerbit PT. Eresco.
- Ramadhan, Punto Ajie. 2013. *Perencanaan Struktur Gedung Bertingkat 12 Lantai Pada Zona Gempa Khusus dengan Metode Sistem Ganda (Dual System)*. Program Sarjana. Universitas Gunadarma. Depok.
- Kabdiyono, Era Agita. 2014. *Perancangan Struktur Balok, Kolom Dan Beam Column Joint Gedung Parkir 12 Lantai Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus* Program Sarjana. Universitas Gunadarma. Depok.
- Asroni, Ali, 2010. *Balok Beton Bertulang*, Edisi Pertama, Graha Ilmu, Surakarta.