

ANALISIS PERKUATAN STRUKTUR PADA PROYEK RUKO DI PANGSUD GRESIK

Deviany Kartika¹, Tiong Iskandar², Hadi Surya W³, Wahyu Bangkit P⁴

¹*Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang
Email: anstruk2devi@gmail.com*

²*Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang
Email: tiong_iskandar@yahoo.com*

³*Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang
Email: hadiwibawanto@lecturer.itn.ac.id*

⁴*Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang
Email: wahyubangkit31@gmail.com*

ABSTRACT

This 2-storey shophouse is located in Pangsud Gresik, East Java. It is planned to use the Moment Resistant Frame System (SRPM) method using the Finite Element Method's program. This shophouse uses a reinforced concrete superstructure and a steel roof structure. From the results of the main beam analysis, it was found that the installation of the main reinforcement of the main beam was less than the minimum required reinforcement. So it is necessary to add reinforcement and also thicken the beam height. From the results of the floor slab analysis, it can be seen that the floor slab elements are safe in terms of structural design. However, to ensure this, it is better to re-control the quality of the materials installed in the field. Based on reports regarding the deflection on the side of the floor slab which is large enough to be visually clear, this may be caused by several factors. So that it is possible to carry out retrofitting/rehabilitation to a good and proper condition, namely by adding sub-beams with steel WF 150x75x5x7 which are connected to the concrete main beams using 4D12 dynalbolt joints or the addition of FRP to the fiber under the floor slabs but requires more costs in its application.

Keywords : Shophouse, Moment Resistant Frame System, Reinforced Concrete Structure, Steel Roof Structure.

ABSTRAK

Ruko 2 lantai ini terletak di daerah Pangsud Gresik Jawa Timur. Direncanakan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dengan menggunakan program bantu berbasis FEM. Ruko ini menggunakan struktur atas beton bertulang dan struktur atap baja. Dari hasil analisa balok induk ditemukan bahwa pemasangan tulangan utama balok induk kurang dari tulangan minimum yang dibutuhkan. Sehingga diperlukan penambahan tulangan dan juga penebalan tinggi balok. Dari hasil analisa Pelat Lantai terlihat bahwa elemen pelat lantai aman dari segi desain struktur. Namun untuk memastikan hal tersebut sebaiknya perlu dilakukan lagi *controlling* ulang terkait mutu bahan yang terpasang dilapangan. Berdasarkan laporan terkait adanya lendutan pada sisi pelat lantai yang cukup besar hingga terlihat jelas secara visual, hal ini mungkin disebabkan oleh beberapa factor. Sehingga dimungkinkan untuk dilakukan perkuatan/ rehabilitasi ke keadaan yang bagus dan layak yaitu dengan penambahan balok anak dengan baja WF 150x75x5x7 yang disambungkan ke antar balok induk beton dengan menggunakan sambungan dynalbolt 4D12 atau penambahan FRP pada serat lapis bawah pelat lantai namun memerlukan biaya yang lebih dalam pengaplikasiannya.

Kata Kunci : Ruko, Sistem Rangka Pemikul Momen, Struktur Beton Bertulang, Struktur Atap Baja.

1. PENDAHULUAN

Dalam analisis penelitian ini, penulis mencoba menganalisis ulang forensik struktur bangunan yang telah terbangun pada Ruko (rumah toko) yang terletak di jalan Panglima Sudirman, Gresik Jawa Timur. Adapun rumusan yang akan diteliti adalah berkaitan dengan dimensi yang dibutuhkan penampang struktur (balok, kolom, dan pelat) dan kemudian bagaimana hasil analisis struktur ruko tersebut disertai dengan model perbaikan yang disarankan beserta anggaran biaya yang diperlukan.

Adapun Batasan masalah yang digunakan adalah mencakup peraturan baku terkait dengan standarisasi peraturan struktur bangunan yakni sebagai berikut :

1. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, PPPURG 1987
2. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, SNI 1729 – 2015
3. Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013)
4. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)

5. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012)
6. Code/Standard/Normalisasi International yang relevan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pembebanan

Berdasarkan SNI 1727:2013 pembebanan gravitasi adalah Beban Minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Beban gravitasi dalam perencanaan bangunan diantaranya: beban mati (*Dead load*), beban mati tambahan (*Super Imposed Dead Load*), beban hidup (*Live Load*).

- **Beban Mati Berat Sendiri struktur (*Dead Load*)**
Beban Mati yaitu berat semua komponen struktural bangunan yang meliputi pelat, balok, kolom, dan dinding geser. Beban mati dihitung otomatis oleh program bantu ETABS dengan berat jenis material beton bertulang 24 KN/m^3 .
- **Beban Mati Tambahan (*Super Imposed Dead Load*)**
Beban mati tambahan yaitu berat komponen nonstruktural seperti arsitektural, mekanikal, elektrik, dan plumbing yang terdapat pada struktur bangunan.
- **Beban Hidup (*Live Load*)**
Beban hidup adalah beban yang posisinya dapat berubah-ubah, beban hidup terjadi akibat penghuni atau penggunaan gedung yang berasal dari barang atau orang yang dapat berpindah tempat sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap.
- **Beban gempa (*Earthquake Load*)**
Beban gempa merupakan beban yang terjadi akibat adanya gempa. Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 4.1.1 halaman 23, gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%. Pada perancangan bangunan ini beban gempa menggunakan analisis respon spektrum (*Response spectrum analysis*). Dibawah ini beberapa hal yang perlu di perhatikan untuk analisa ragam spektrum response.

3. METODOLOGI PERENCANAAN

Data Umum

- a. Nama Bangunan = Rumah dan toko 2 lantai
- b. Lokasi bangunan = Pangsud, Gresik

Data Teknis

- a. Jumlah Tingkat = 2 Tingkat Fungsional
- b. Tinggi Total Bangunan = 7,00 m
- c. Jenis Bangunan Portal = Portal Beton Bertulang
- d. Sistem Struktur = One System, SRPM
- e. Baja tulangan polos = U24
- f. Baja tulangan ulir = U35

g. Material Beton = F'C 20 Mpa

Data Pembebanan

1. Beban mati
 - a. Beton = $2400 \text{ kg/m}^3 = 23,536 \text{ KN/m}^3$
 - b. Baja = $7850 \text{ kg/m}^3 = 76,982 \text{ KN/m}^3$
2. Beban mati tambahan
 - a. Berat penutup atap genteng metal yaitu 5 kg/m^2
 - b. Beban penutup plafond yaitu 18 kg/m^2
 - c. Adukan (2cm) = $2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$
 - d. Keramik (1 cm) = $1 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}^2$
 - e. Sanitasi + Plumbing = 16 kg/m^2
 - f. Instalasi Mekanikal dan Elektrikal = 25 kg/m^2
3. Beban hidup
 - a. Pada atap beban pekerja yang digunakan adalah asumsi beban titik pada tiap joint/ pada gording $P = 100 \text{ kg}$
 - b. Koridor = $3,83 \text{ (kN/m}^2)$
 - c. Rumah tinggal = $2,4 \text{ (kN/m}^2)$
4. Air Hujan
Sehingga beban yang digunakan adalah beban area pada atap dengan perhitungan sebagai berikut :

$$P_{\text{air}} = 40 - (0,8 \times \alpha)$$

$$= 40 - (0,8 \times 20)$$

$$= 24 \text{ kg/m}^2$$

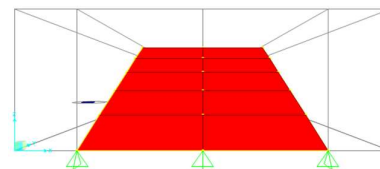
4. PEMBAHASAN

Analisa Struktur Atap

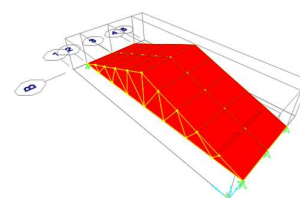
1. Pemodelan Struktur



Gambar 1. Potongan Memanjang

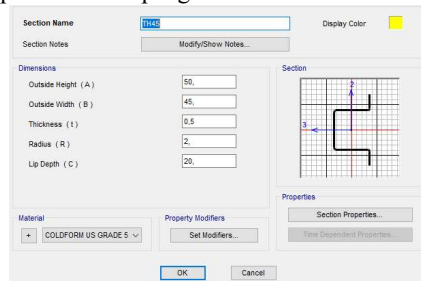


Gambar 2. Potongan Melintang

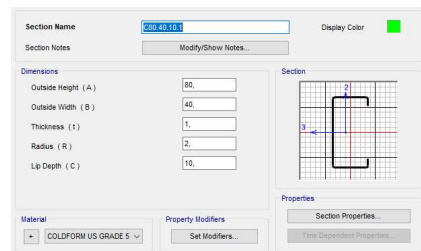


Gambar 3. Perspektif view 3D Pemodelan Atap
Sesungguhnya

2. Properties Penampang Struktur



Gambar 4. Penampang Gording Galvalum



Gambar 5. Penampang Kuda – Kuda Galvalum

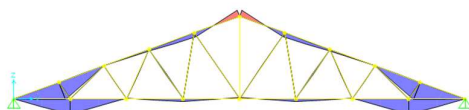
3. Pembebanan

Assign pembebanan berdasarkan data pembebanan pada bab 3.

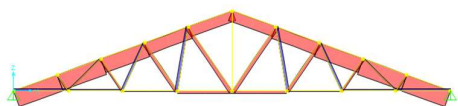
4. Kombinasi Pembebanan

- COMB1 = 1,4 DL
- COMB2 = 1,2 DL + 1,6 LL
- COMB3 = 1,2 DL + 1 LL + 0,8 WL
- COMB4 = 1,2 DL + 1 LL - 0,8 WL
- COMB5 = 1,2 DL + 0,5 LL + 1,3 WL
- COMB6 = 1,2 DL + 0,5 LL - 1,3 WL
- COMB7 = 0,9 DL + 1,3 WL
- COMB8 = 0,9 DL - 1,3 WL
- COMB9 = 1,2 DL + 1 LL + 0,8 WR
- COMB10 = 1,2 DL + 1 LL - 0,8 WR
- COMB11 = 1,2 DL + 0,5 LL + 1,3 WR
- COMB12 = 1,2 DL + 0,5 LL - 1,3 WR
- COMB13 = 0,9 DL + 1,3 WR
- COMB14 = 0,9 DL - 1,3

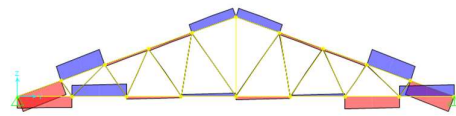
5. Hasil Analisa Struktur



Gambar 6. Diagram Momen M-33



Gambar 7. Diagram Normal, Axial



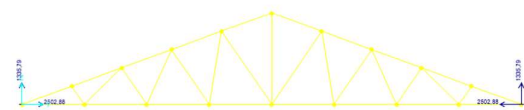
Gambar 8. Diagram Lintang, S-22

6. Rekapitulasi Gaya Maksimum Pada Tiap Batang

Tabel 1. Gaya Maksimum Pada Tiap batang

Elemen	Jenis Profil	P +	P -	M ₂₋₂	M ₃₋₃	V ₂	V ₃
		(kN)	(kN)	(kN.m)	(kN.m)	(kN)	(kN)
Gording	TH45	0,23	-1,0	0	0,0026	-0,007	0
Kuda – Kuda	C80.40.10.1	18,7	-20,0	0	0	0	0

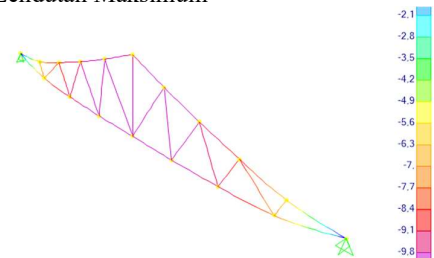
7. Reaksi Tumpuan Maksimum



Gambar 9. Reaksi Tumpuan Maksimum
Adapun gaya maksimum yang terjadi pada reaksi tumpuan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_x &= 0 \text{ Kg} \\ F_y &= 2502 \text{ Kg} \\ F_z &= 1335 \text{ Kg} \end{aligned}$$

8. Cek Lendutan Maksimum

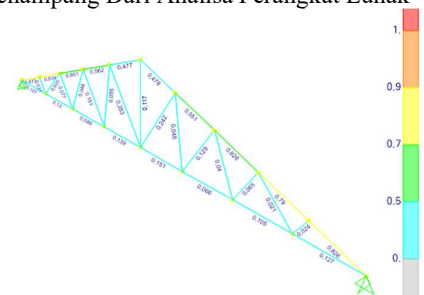


Gambar 10. Lendutan Maksimum (mm)

Lendutan Ijin = $L/360 = 25 \text{ mm}$

Lendutan ada = 10,4 mm, maka lendutan struktur atap aman dalam menerima beban.

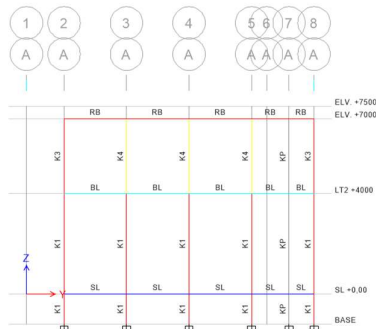
9. Cek Penampang Dari Analisa Perangkat Lunak



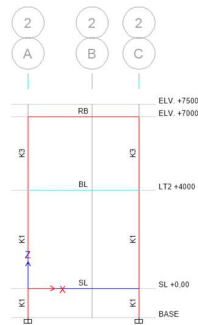
Gambar 11. Rasio D/C Penampang Galvalum

Analisa Struktur Atas

1. Pemodelan Struktur



Gambar 12. Potongan Memanjang

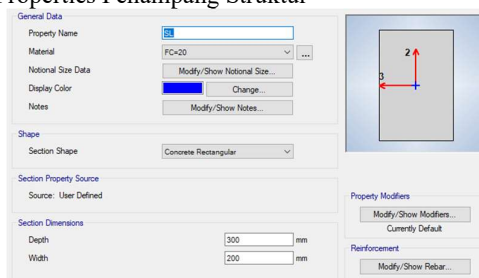


Gambar 13. Potongan Melintang

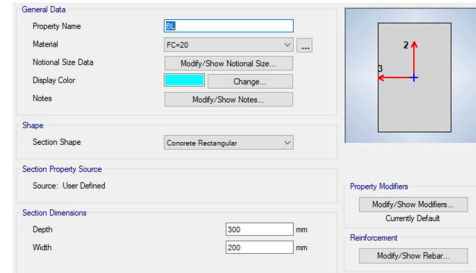


Gambar 14. Gambar 3D perspektif rencana

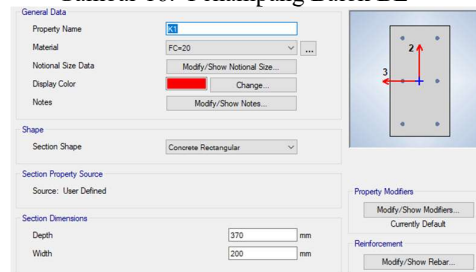
2. Properties Penampang Struktur



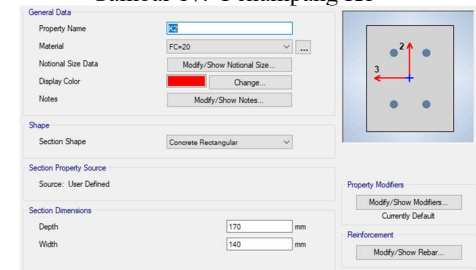
Gambar 15. Penampang Sloof



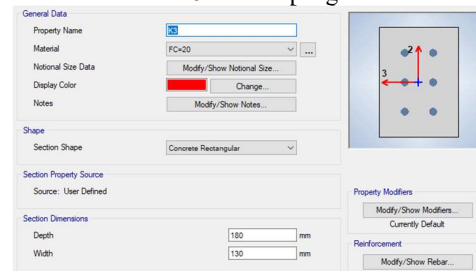
Gambar 16. Penampang Balok BL



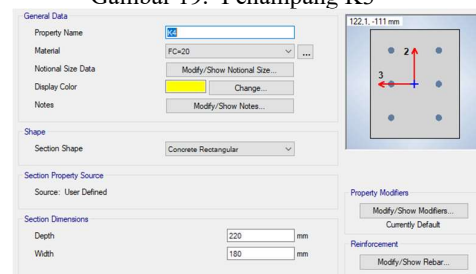
Gambar 17. Penampang K1



Gambar 18. Penampang K2



Gambar 19. Penampang K3



Gambar 20. Penampang K4

Gambar 21. Penampang Pelat Lantai, TP=12cm

Gambar 22. Penampang Pelat Lantai, TP=15cm

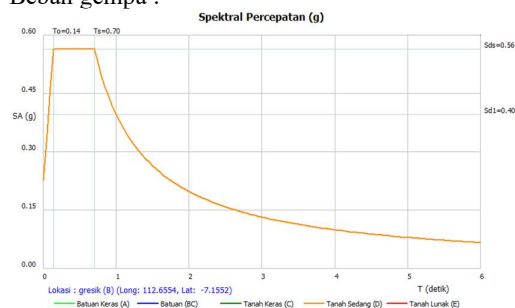
3. Pembebanan

Tabel 2. Beban Dinding:

Q	BJ Dinding (kg/m ²)	Tinggi Dinding (m')	Tebal Dinding (m')	Efektif Luas Dinding (%)	Q (kg/m')
LANTAI 2					
Q1	1700	3	0,15	100%	765
Q2	1700	3	0,15	50%	382,5
LANTAI 1					
Q3	1700	4	0,15	100%	1020
Q4	1700	4	0,15	50%	510

Assign beban mati dan hidup berdasarkan data pembebanan pada bab 3.

Beban gempa :



Gambar 23. Percepatan dan periode gempa tanah sedang Gresik

Pada analisa ini dilakukan analisa gempa secara dinamis dengan parameter sebagai berikut:

Scale Faktor = $g \cdot I / R$

$g = 9,81$

$I = 1,0$

$R = 8,0$

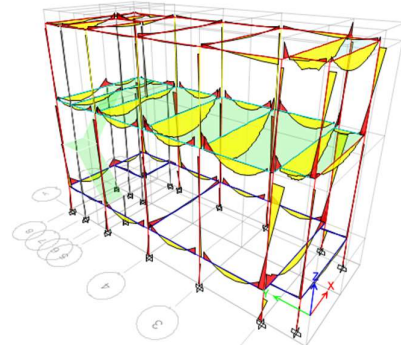
Gambar 24. Beban gempa arah-X

Gambar 25. Beban gempa arah-Y

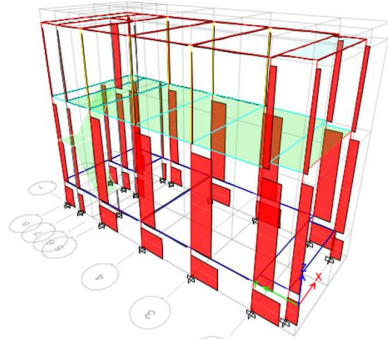
4. Kombinasi Pembebanan

- COMB1 = 1,4 DL
- COMB2 = 1,2 DL + 1,6 LL
- COMB3 = 1,2 DL + 0,5 LL + 1,0 EQx + 0,3 EQy
- COMB4 = 1,2 DL + 0,5 LL + 1,0 EQx - 0,3 EQy
- COMB5 = 1,2 DL + 0,5 LL - 1,0 EQx + 0,3 EQy
- COMB6 = 1,2 DL + 0,5 LL - 1,0 EQx - 0,3 EQy
- COMB7 = 1,2 DL + 0,5 LL + 0,3 EQx + 1,0 EQy
- COMB8 = 1,2 DL + 0,5 LL + 0,3 EQx - 1,0 EQy
- COMB9 = 1,2 DL + 0,5 LL - 0,3 EQx + 1,0 EQy
- COMB10 = 1,2 DL + 0,5 LL - 0,3 EQx - 1,0 EQy
- COMB11 = 0,9 DL + 1,0 EQx + 0,3 EQy
- COMB12 = 0,9 DL + 1,0 EQx - 0,3 EQy
- COMB13 = 0,9 DL - 1,0 EQx + 0,3 EQy
- COMB14 = 0,9 DL - 1,0 EQx - 0,3 EQy
- COMB15 = 0,9 DL + 0,3 EQx + 1,0 EQy
- COMB16 = 0,9 DL + 0,3 EQx - 1,0 EQy
- COMB17 = 0,9 DL - 0,3 EQx + 1,0 EQy
- COMB18 = 0,9 DL - 0,3 EQx - 1,0 EQy

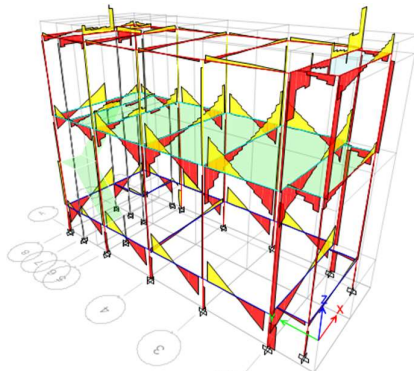
5. Hasil Analisis Struktur



Gambar 26. Diagram Momen



Gambar 27. Diagram Axial Normal



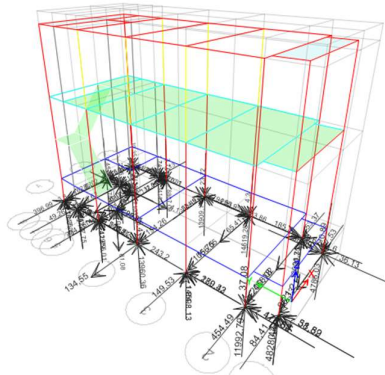
Gambar 28. Diagram Lintang

6. Rekapitulasi Gaya Maksimum Pada Tiap Batang

Tabel 3. Rekapitulasi Gaya Maksimum Pada Tiap Batang

Elemen	Jenis Profil	P (kN)	M ₃₋₃ (kN.m)	V ₂₋₂ (kN)	T (kN.m)
Elev. +0,00 Sloof					
Sloof	Sloof	0	10,30	18,2	0
Elev. +3,1 Lt.2 – Elev.+7,10					
Balok Induk	Balok 20x30	0,14	24,65	30,64	0,017
Kolom 1	Kolom 20x37	155,29	11,14	7,27	-
Kolom 2	Kolom 18x22	11,48	8,19	3,98	-

7. Reaksi Tumpuan Penampang

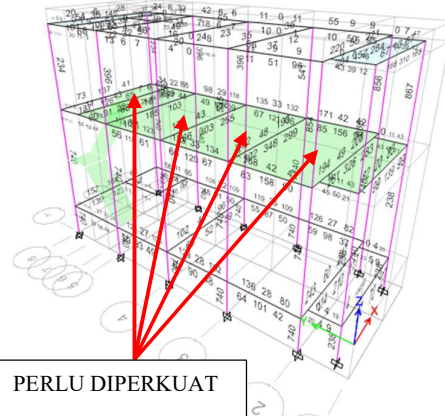


Gambar 28. Reaksi Tumpuan
Adapun Rekapitulasi gaya reaksi tumpuan terbesar adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Rekapitulasi Gaya Reaksi Tumpuan Terbesar

FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
7,2054	4,6926	143,3662	1,302	4,9544	0,7531
-7,0003	-2,8473	-8,3611	-1,9631	-2,9023	-0,3637

8. Cek Penampang Dari Analisa Perangkat Lunak

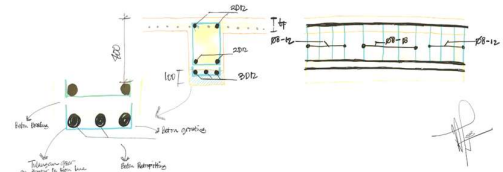


Gambar 29. Hasil Analisa Concrete Design

9. Rekomendasi Hasil

a) Balok Induk

Berdasarkan Analisa balok induk ditemukan bahwa pemasangan tulangan utama balok induk kurang dari tulangan minimum yang dibutuhkan (lampiran perhitungan). Sehingga diperlukan penambahan tulangan dan juga penebalan tinggi balok.



Gambar 30. Design Penampang Balok

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Perkuatan

Kapasitas Nominal	Mn	Vn
Sebelum Perkuatan	31,17	70,762
Sebelum Perkuatan	54,8	99,527

Dari tabel diatas dapat disimpulkan adalah dengan metode concrete jacketing pada balok diatas, dapat menaikkan kapasitas nominal pada balok yaitu Momen Nominal dan Geser Nominal.

b) Pelat Lantai

Setelah dianalisa struktur pelat lantai, terlihat bahwa elemen pelat lantai aman dari segi desain struktur. Namun untuk memastikan hal tersebut sebaiknya perlu dilakukan lagi *controlling* ulang terkait mutu bahan yang terpasang dilapangan,

Adapun yang kami sarankan adalah sebagai berikut :

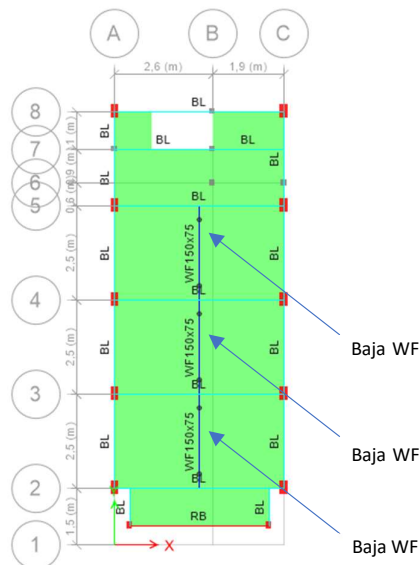
1. Memeriksa mutu beton terpasangan dengan *hammer test* maupun jika dimungkinkan dengan pengujian core drill dan diuji tekan
2. Memeriksa tegangan Tarik atau mutu baja tulangan terpasang atau sampel yang tersedia dilapangan.

Berdasarkan hasil penelitian dan pengamatan visual terkait adanya lendutan pada sisi pelat lantai yang cukup besar hingga terlihat jelas secara visual, hal ini mungkin disebabkan oleh beberapa faktor yang juga menjadi dugaan dalam analisis penulis yakni :

1. Perancah/ Scaffolding diwaktu pelaksanaan ini tidak kokoh maupun tidak memperhatikan jarak maksimal antar tiang perancah. Hal ini menyebabkan bagian dasar dari bekisting menjadi bergelombang dan menyebabkan melendut dimasa awal pengecoran.
2. Ada kemungkinan juga bekisting maupun perancah dibongkar pada saat beton masih belum mencapai tegangan yang cukup (wajarnya menunggu hingga 21 – 28 hari) sehingga beton belum cukup kering dan belum cukup kuat menahan beban yang bekerja.
3. Quality Control yang kurang, sehingga ada kemungkinan pelaksanaan tidak sesuai dengan gambar perencanaan.

Jika dimungkinkan untuk dilakukan perkuatan/rehabilitasi ke keadaan yang bagus dan layak, kami mencoba memberikan beberapa alternative disesuaikan dengan kelebihan dan kekurangannya:

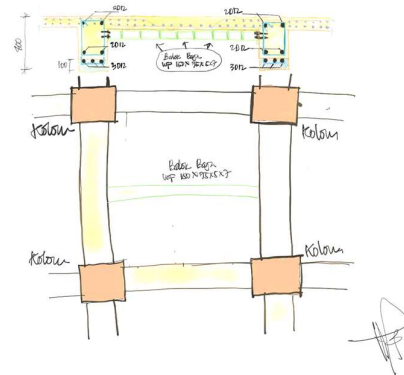
1. Penambahan Balok Anak dengan Baja WF 150x75x5x7



Gambar 31. Penambahan Balok Anak WF

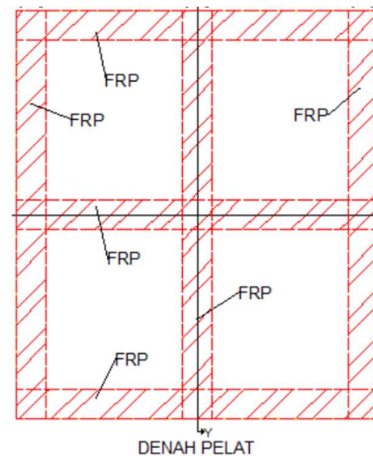
Penambahan balok baja WF dibawah pelat lantai secara eksternal ini bertujuan untuk mengurangi panjang bentangan dari pelat lantai sehingga dapat mengurangi lendutan yang terjadi. Balok baja tersebut nantinya disambungkan ke antar balok induk beton dengan menggunakan sambungan dynabolt 4D12.

Alternative ini cukup terjangkau biayanya dibandingkan alternative lain.



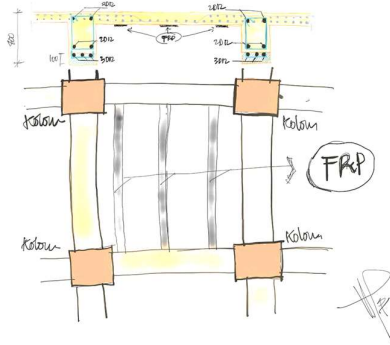
Gambar 32. Potongan Pelat

2. Penambahan FRP pada serat lapis bawah pelat lantai



Gambar 33. Penambahan FRP

Pemasangan FRP cukup menambah kapasitas lentur dari pelat itu sendiri. Serat atau lembaran FRP cukup ditempelkan di sisi bawah pelat lantai dengan menggunakan perekat khusus berupa resin epoxy. Namun, alternative ini cukup memerlukan biaya yang cukup tinggi dalam pengaplikasiannya.



Gambar 34. Potongan Pelat Setelah Penambahan FRP

10. Anggaran Biaya

Tabel 5. Rekapitulasi Biaya Perkuatan

Metode	Vol	Sat	Harga Satuan	Total
Metode Support Beam				
Pekerjaan Baja Profil	105	kg	22500	Rp2.362.500,00
Pekerjaan DynaBolt	36	bh	125000	Rp4.500.000,00
Total				Rp 6.862.500,00
Metode CFRP				
Pengadaan Material dan Pemasangan	11	m2	850000	Rp9.562.500,00
Total				Rp 9.562.500,00

5. PENUTUP

Kesimpulan dan Rekomendasi

Dari hasil perencanaan dan analisa pada bab sebelumnya, maka penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut :

1. Struktur pada ruko tersebut perlu dilakukan perkuatan struktur pada beberapa elemen balok, dan pelat lantai
2. Perkuatan dengan metode pemasangan baja membutuhkan biaya yang lebih kecil dibandingkan dengan pemasangan CFRP walaupun dalam pelaksanaannya CFRP lebih mudah dikerjakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A., 2003. *Buku Ajar Struktur Beton Lanjut*. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013. *SNI 1727 Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2019. *SNI 1726 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: BSN.

Badan Standarisasi Nasional, 2019. *SNI 2847 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.

Pusat Studi Gempa Nasional, 2017. *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia*. Bandung: PUSGEN.

Setiawan, A., 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Jakarta: Erlangga.

SNI 2847, n.d. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, s.l.: Badan Standarisasi Nasional.

Tavio, B. K., 2009. *Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya: ITS Press.

Tavio, U. W., 2018. *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Performance Based Design)*. Yogyakarta: Andi.