

PERKUATAN STRUKTUR GEDUNG AKIBAT ALIH FUNGSI BANGUNAN

¹ Deviany Kartika

¹ Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang

ABSTRAK

Perubahan fungsi ruang pada Plaza Araya, dari semula pertokoan menjadi gedung bioskop, mengakibatkan adanya penambahan beban, yaitu tambahan beban mati sebesar 200 kg/m² (sudah termasuk beban dinding), menjadi beban mati total 516 kg/m² dan beban hidup total 550 kg/m² (beban hidup semula adalah 320 kg/m²). Penelitian ini dilakukan untuk evaluasi kinerja dan kekuatan struktur pada kondisi existing, memberikan alternatif solusi perkuatan, menentukan spesifikasi teknis metode pelaksanaan perkuatan berdasar peraturan beton SNI-2847-2013, dan melakukan analisis struktur ulang setelah perkuatan. Beberapa perubahan akibat dari berubahnya fungsi bangunan tersebut, antara lain: Diperlukan penghilangan beberapa material finishing non-struktural berupa plesteran lantai, granit dan dinding bata. Oleh karena itu terjadi pengurangan beban terhadap kondisi eksisting, dari semula dengan beban mati 534 kg/m² menjadi 316 kg/m²; Pada bagian atas balok baja dan pelat beton lantai 1, perlu diaplikasikan balok induk dan balok anak baja yang dirangkai untuk memikul distribusi beban hidup dan mati tambahan untuk beban ruang bioskop; Pada bagian bawah dinding pemisah ruang-ruang bioskop, perlu diaplikasikan balok baja sebagai penopang dinding, yang memiliki beban garis terhadap struktur balok baja dan pelat beton eksisting.; Perkuatan atau penambahan struktur lain yang diperlukan adalah penambahan rafter baja dan kolom baja komposit baru, sebagai akibat dari penghilangan dak atap dan perubahan bentang kuda-kuda dari bentang semula 16 meter menjadi bentang total 32 meter, serta tinggi ruang lantai 1 dari semula 5 meter menjadi 7,5 meter. Dalam hal ini, kolom baja komposit tersebut didirikan di luar gedung plaza, sehingga tidak akan membebani struktur kolom dan balok eksisting di bawahnya. Namun, dijadikan satu dengan pile cap pondasi di bawahnya, karena tidak mengalami perubahan beban reaksi terhadap pondasi secara signifikan.

Kata Kunci: alih fungsi, komposit, perubahan bentang, perkuatan, pilecap pondasi.

PENDAHULUAN

Perubahan fungsi ruang pada Plaza Araya, dari semula pertokoan menjadi gedung bioskop, menyebabkan terjadi perubahan pembebanan, yakni beban hidup lantai yang semula direncanakan sebesar 400 kg/m² harus ditingkatkan menjadi 500 kg/m² dan beban mati yang perlu ditambahkan sebesar 200 kg/m² dari perencanaan semula sehingga dibutuhkan evaluasi kekuatan struktur kondisi existing.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui evaluasi kinerja dan kekuatan struktur pada kondisi existing, memberikan alternatif solusi perkuatan, menentukan spesifikasi teknis metode pelaksanaan perkuatan berdasar Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2013, dan melakukan analisis struktur ulang setelah perkuatan.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai bahan masukan kepada pengelola gedung dalam mengalihfungsikan bangunan. Mengatasi permasalahan yang muncul akibat alih fungsi bangunan, sehingga menjamin keamanan bagi pengguna bangunan dan kepastian hukum bagi pengelola bangunan. Disamping itu penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi khususnya dalam dunia Teknik Sipil bidang struktur.

Pokok-pokok masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah pengaruh dari perubahan fungsi ruang pada Plaza Araya, yang semula pertokoan menjadi gedung bioskop?
2. Bagaimana metode perkuatan strukturnya akibat dari perubahan fungsi ruang menjadi gedung bioskop?
3. Elemen struktur mana saja yang perlu?
4. Material apa yang digunakan untuk memperkuat strukturnya?

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini meliputi :

1. Penelitian dilakukan pada Bangunan Plaza Araya Malang
2. Spesifikasi teknis metode pelaksanaan perkuatan berdasarkan:
 - Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Bangunan Gedung 1983, selanjutnya disebut PPIUG.
 - Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 03-1727-2013, selanjutnya disebut SNI-1727.
 - Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2013, selanjutnya disebut SNI-2847.

- Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 03-1726-2012, selanjutnya disebut SNI-1726.
- Spesifikasi Untuk Gedung Baja Struktural, SNI 03-1729-2015, selanjutnya disebut SNI-1729.

METODE PENELITIAN/RANCANGAN PEMECAHAN MASALAH

Evaluasi Kinerja Struktur Gedung (mengacu pada SNI 03-1726-2002)

Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar-tingkat akibat pengaruh Gempa Rencana, untuk membatasi terjadinya pelepasan baja dan peretakan beton yang berlebihan, disamping untuk mencegah kerusakan nonstruktural dan ketidaknyamanan penghuni.

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui $0,03/R$ kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm, bergantung yang mana yang nilainya kecil.

Kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar-tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana dalam kondisi struktur gedung di ambang keruntuhan, untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar-gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan sela pemisah (sela dilatasi).

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas ultimit struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung, tidak boleh melampaui $0,02$ kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

Evaluasi Kekuatan Struktur Bangunan Existing dengan cara analitis (mengacu pada SNI 03-2487-2002).

Dalam melakukan evaluasi kekuatan struktur dengan cara analitis dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan adalah data dimensi komponen struktur serta kualitas bahan yang meliputi antara lain:

Sebagai data masukkan dalam melakukan analisis struktur, maka perlu diketahui kualitas beton, terutama kuat tekannya. Untuk mengetahui kuat tekan beton dapat dilakukan uji *non-destructive test* (uji tidak merusak) dengan pengambilan sampel bor inti (*core case*), *Schmidt Hammer Test*, *UPV (Ultrasonic Pulse Velocity)* dan lain-lain. Pengujian bahan dilakukan pada bagian struktur yang pada dugaan awal diragukan kekuatannya.

Tegangan leleh baja tulangan ditentukan berdasar data mutu baja yang digunakan pada pelaksanaan pembangunan (*as build drawing*).

b. Penilaian Kekuatan Penampang Komponen Struktur

Apabila dimensi komponen struktur dan kualitas bahan sudah diketahui, maka kekuatan struktur dalam mendukung momen, gaya geser, dan aksial dapat dianalisis. Komponen struktur harus mempunyai kekuatan tersedia R (*resistance*) minimum sama dengan kekuatan diperlukan atau kuat perlu U (*ultimate*) atau dapat dituliskan $R \geq U$. Kuat tersedia R adalah sama dengan kapasitasnya (kuat nominal) dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan ϕ sesuai pasal 22.2.5 SNI-2847-2002. Kuat perlu U dihitung berdasarkan kombinasi beban, masing-masing dikalikan dengan faktor beban γ sesuai pasal 11.1. SNI-2847-2002.

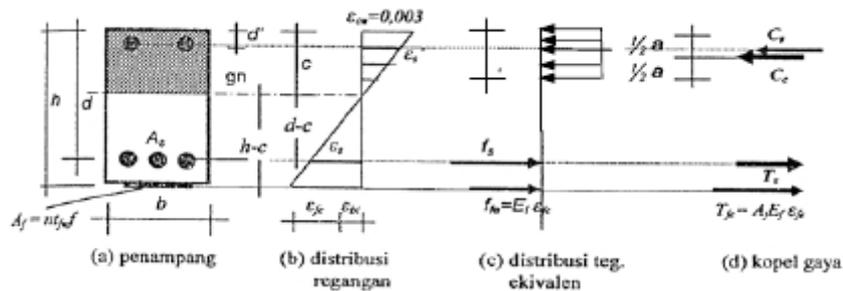
Kapasitas dukung tiang yang berkaitan dengan keruntuhan blok, oleh Terzaghi dan Peck (1948) dihitung dengan asumsi-asumsi sebagai berikut :

- Pelat penutup tiang (*pile cap*) sangat kaku
- Tanah yang berada di dalam kelompok tiang-tiang berkelakuan seperti blok padat.
- Kapasitas Kelompok dan Efisiensi Tiang dalam Tanah Kohesif
- Perkuatan Struktur dengan *Fiber Reinforced Polymer (FRP)*

Perkuatan Struktur dengan *Fiber Reinforced Polymer (FRP)*

Perkuatan Lentur

Kapasitas lentur balok didasarkan pada *limit state* sesuai dengan *ACI 318*, yang ditentukan oleh batasan kuat tekan beton dan tegangan leleh baja tulangan serta tegangan efektif *FRP*.



Gambar.1 Distribusi regangan, distribusi tegangan dan keseimbangan gaya pada penampang balok.

Dalam analisis tampang, sebagai dasar perhitungan untuk mendapatkan M_n pada kondisi lentur murni dapat diturunkan dari persamaan kesetimbangan gaya-gaya dalam, lihat persamaan (4) dan Gambar 1.

$$T_s + T_{fe} = C_c + C_s$$

dengan :

- T_s = gaya tarik baja tulangan
- T_{fe} = gaya tarik sumbangan FRP
- C_c = gaya tekan beton
- C_s = gaya tekan baja tulangan

Dengan memperhatikan letak titik masing-masing resultan gaya serta ukuran penampang, akan didapatkan kuat lentur nominal M_n .

Atas saran *ACI Committee 440*, kontribusi *FRP* masih perlu dikalikan dengan faktor reduksi $\psi_f = 0,85$, sehingga momen nominal total M_n dapat dicari dengan persamaan (5) berikut :

$$M_n = A_s f_s \left(d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s \left(d - d' \right) + \psi_f A_f f_{fc} \left(h - \frac{a}{2} \right)$$

Karena pertimbangan komabilitas regangan *FRP* sebaiknya hanya digunakan untuk menahan gaya tarik (*ACI Committee 440, 2002*). Selain itu dalam Altmark dkk (1998) disarankan bahwa kuat lentur nominal balok setelah diperkuat M_n tidak boleh melebihi dua kali kuat lentur sebelum diperkuat M_{n0} , atau : $\eta B = M_n/M_{n0} \leq 2$

2. Perkuatan Geser

Kuat geser nominal V_n merupakan gabungan kontribusi beton V_c dan tulangan geser V_s dan *FRP* V_f (*ACI Committee 440*). Ketahanan geser masih dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan, sehingga dapat dituliskan sebagai berikut:

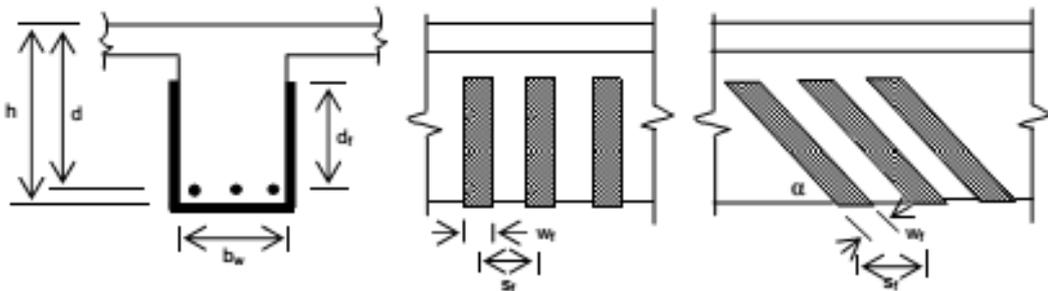
$$\Phi V_n = \Phi (V_c + V_s + \psi V_f)$$

dengan :

- Φ = faktor reduksi kekuatan,
- $\Phi = 0,65$ ψ = faktor reduksi tambahan untuk *FRP* ;
- $\psi = 0,95$ untuk komponen yang ditutup lembaran keliling penampang atau keempat sisinya
- $\psi = 0,85$ untuk *U-wrap* tiga sisi atau bentuk pelat.

Kekuatan geser V_f kontribusi *FRP* adalah :

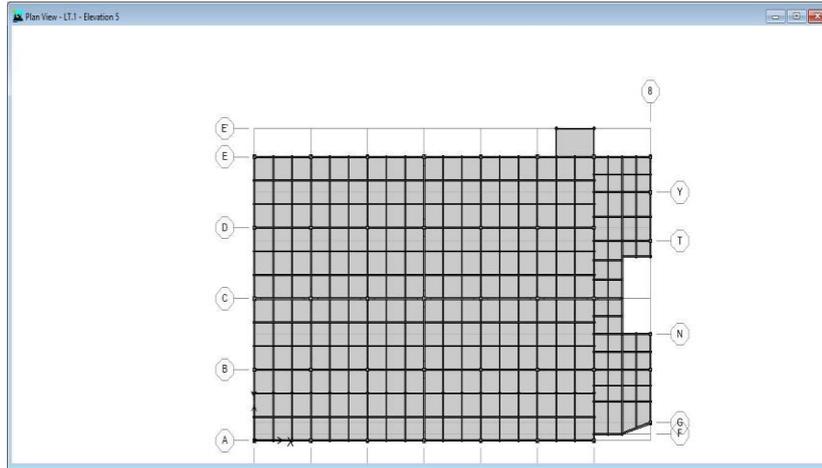
$$V_f = \frac{A_f f_{fc} (\sin \alpha + \cos \alpha) d_f}{s_f}$$



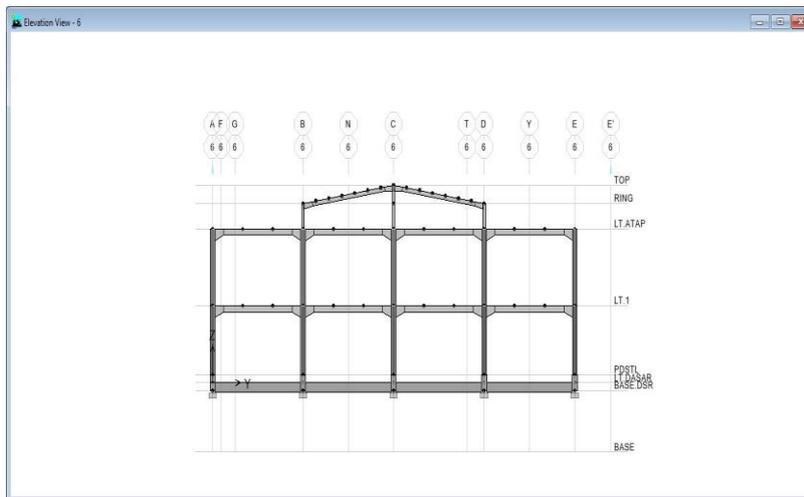
Gambar.2. perkuatan geser dengan *FRP* tiga sisi.

Data berupa as build drawing dan hasil uji bahan dengan beban baru mengacu pada SNI 03-1727-1989 untuk beban statik dan SNI-1726-2002 untuk beban dinamik (beban gempa response spectrum) dimodelkan dengan program analisis struktur ETABS. Hasil analisis struktur didapatkan momen lentur, gaya geser dan gaya aksial pada balok dan kolom portal gedung. Analisis Beban Statik Dorong (Pushover Analysis) dilakukan untuk mendapatkan nilai daktilitas gedung dan nilai faktor reduksi (R) gedung sebenarnya. Jika tidak terpenuhi maka perhitungan diulang kembali dengan memasukkan nilai (R) hasil analisis beban statik dorong pada perhitungan beban dinamik. Evaluasi kinerja struktur gedung dengan meninjau kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit mengacu pada pasal 8 SNI-1726-2002. Data tanah berupa boring dan sondir digunakan untuk melakukan perhitungan ulang daya dukung kelompok tiang akibat perubahan beban.

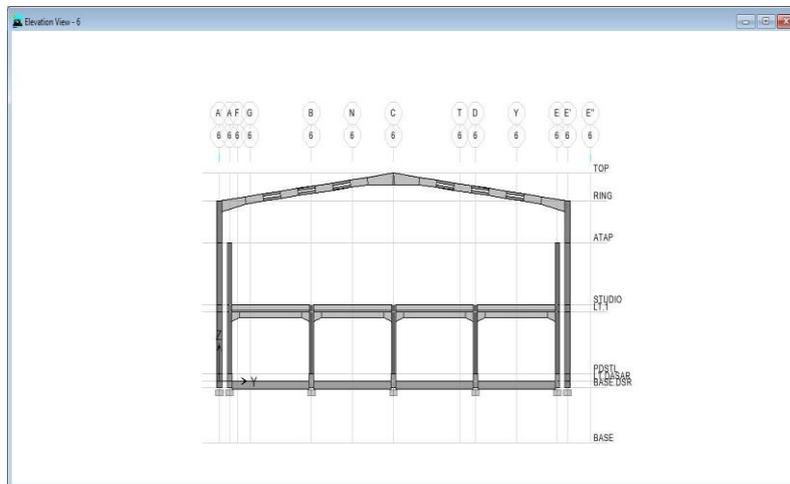
Alternatif usulan teknis perkuatan bangunan dilakukan dengan mengacu pada output dari analisis struktur dengan program ETABS.



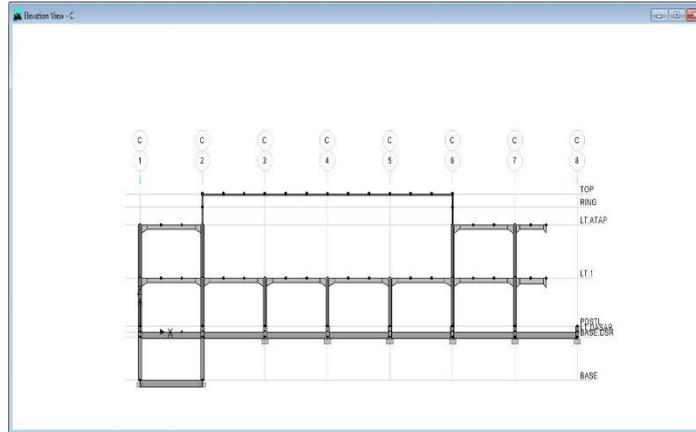
Gambar 3. Denah Eksisting



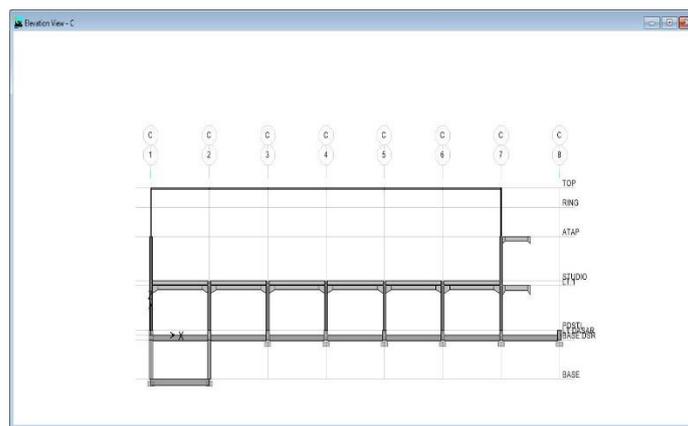
Gambar 4. Potongan Portal Melintang (eksisting)



Gambar 5. Potongan Portal Melintang (baru)



Gambar 6. Potongan Portal Memanjang (eksisting)



Gambar 7. Potongan Portal Memanjang (baru)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Penelitian

Data Umum Bangunan:

- Fungsi : Renovasi Gedung Bioskop XXI
- Lokasi : Plaza Araya, Malang
- Jumlah lantai : 2 lantai
- Jenis struktur : Portal baja

Data Bahan:

- Mutu beton : $f_c' = 20$ MPa (K-250)
- Mutu tulangan baja : $f_y = 240$ MPa (polos)
- Mutu baja : $f_y = 240$ MPa (BJ-37)

Tipe Pondasi:

- Tipe pondasi yang digunakan adalah tiang pancang. (Sudah terpancang pada saat pembangunan awal gedung)

Pembebanan (Perencana Terdahulu) :

Beban Mati

- Berat lantai 12cm = 288 kg/m²
- Berat Granit 2,5cm = 65 kg/m²
- Berat Plesteran 2,5cm = 53 kg/m²
- Berat Penggantung Plafond = 11 kg/m²
- Berat Plafond Gypsum = 7 kg/m²
- Berat Ducting AC = 10 kg/m²
- Berat Dinding Bata = 100 kg/m²
- Total Beban Mati = 534 kg/m²

Beban Hidup

- Beban Hidup Toko Buku = 400 kg/m²
Direduksi 80% menjadi = 320 kg/m²

Pembebanan untuk kebutuhan Gedung Bioskop :

Beban Mati

- Berat lantai 12cm = 288 kg/m²
- Berat Granit 2,5cm = dihilangkan untuk kebutuhan perkuatan struktur
- Berat Plesteran 2,5cm = dihilangkan untuk kebutuhan perkuatan struktur
- Berat Penggantung Plafond = 11 kg/m²
- Berat Plafond Gypsum = 7 kg/m²
- Berat Ducting AC = 10 kg/m²
- Berat Dinding Bata Ringan disesuaikan hanya pada jalur dinding saja = 100 kg/m²
- Beban Mati Tambahan Bioskop = 200 kg/m²
- Total Beban Mati = 516 kg/m²
- Beban Hidup
- Beban Hidup Lantai Bioskop = 400 kg/m²
- Beban Hidup Lantai Tambahan = 150 kg/m²
- Total Beban Hidup = 550 kg/m²

Idealisasi Struktur

Idealisasi Struktur Balok Dan Kolom:

- Hubungan antara balok dan kolom adalah hubungan rigid (kaku) dengan menggunakan sambungan tipe end plate.
- Hubungan antara balok anak dan balok induk adalah hubungan semi rigid dengan menggunakan sambungan tipe frame dan plate.
- Hubungan antara kolom composite dan pedestal adalah hubungan rigid dengan menggunakan sambungan monolite.
- Pedestal dianggap terjepit penuh pada pile cap.

Idealisasi Struktur Balok Dan Kolom Perkuatan:

- Hubungan antara balok dan kolom adalah hubungan rigid (kaku) dengan menggunakan sambungan tipe end plate.
- Hubungan antara balok anak dan balok induk adalah hubungan flexible dengan menggunakan sambungan tipe frame.
- Hubungan antara kolom dan rafter adalah hubungan rigid dengan menggunakan sambungan tipe end plate.
- Hubungan antara kolom composite dan pedestal adalah hubungan rigid dengan menggunakan sambungan monolite.

Analisis Data

ANALISA STRUKTUR PORTAL

Analisa struktur untuk portal baja dilakukan secara tiga dimensi dengan menggunakan program ETABS. Dari hasil analisa struktur tersebut, diambil data-data berupa diagram gaya normal, geser, dan momen untuk perhitungan desain struktur balok, kolom, sambungan, dan pedestal.

Analisa ini dilakukan baik terhadap struktur lama untuk mengetahui kondisi eksistinya dan juga terhadap struktur cinema baru agar dapat dilakukan perbandingan dan pengecekan setiap elemen-elemen strukturnya.

DESAIN BALOK DAN KOLOM

Untuk desain balok dan kolom, digunakan modul desain struktur baja yang tersedia pada program ETABS untuk kombinasi beban-beban terfaktor. Dari kombinasi beban-beban tersebut, dipilih kombinasi yang paling menentukan untuk pengecekan kapasitas penampang profil balok, rafter, dan kolom.

Di sini dilakukan pengecekan mengenai kondisi struktur eksisting berdasarkan beban-beban rencana terhadap profil WF sesuai dengan Shop-Drawing dengan hasil interaksinya. Setelah itu dicek dengan kebutuhan beban Cinema baru dan disesuaikan dengan perkuatan yang paling mungkin untuk diaplikasikan.

Terdapat dua macam perkuatan yaitu :

1. Perkuatan terhadap beban lantai Cinema yang baru dengan menggunakan balok perkuatan baru di atas lantai beton lama.
2. Perkuatan terhadap bentang beban atap yang lebih lebar dan tanpa atap dak beton dengan menggunakan kolom dan balok rafter baru.

DESAIN PEDESTAL

Data-data:

- f_c' = 20 MPa
- f_{ys} = 240 MPa
- f_{yl} = 400 MPa

- Digunakan tulangan ulir diameter 19 mm untuk tulangan longitudinal dan tulangan polos diameter 10 mm untuk tulangan sengkang.
- Semua satuan dimensi dalam millimeter (mm), satuan gaya dalam kiloNewton (kN), satuan momen dalam kiloNewton-meter (kNm).

DESAIN PONDASI

Data:

- Digunakan pondasi mini pile eksisting.
- Diambil daya dukung eksisting Pall = 40000 kg.

Beban titik kolom tidak terfaktor akan dibagikan dengan Pall per tiang untuk menentukan jumlah tiang pancang per titik kolom, yang hasilnya akan dibulatkan ke atas.

Dibandingkan antara reaksi kolom dari kondisi eksisting dengan reaksi kolom untuk cinema, untuk mendapatkan perbandingan kebutuhan akan tiang pancang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Perubahan fungsi ruang pada Plaza Araya, dari semula pertokoan menjadi gedung bioskop, mengakibatkan adanya penambahan beban, baik beban hidup maupun beban mati pada lantai. Penambahan beban tersebut memerlukan analisa struktur secara menyeluruh yang meliputi analisa terhadap beban eksisting, maupun beban tambahan sebagai akibat kebutuhan gedung bioskop tersebut. Analisa beban tersebut, berupa beban mati tambahan sebesar 200 kg/m² (sudah termasuk beban dinding), menjadi beban mati total 516 kg/m² dan beban hidup total 550 kg/m² (beban hidup semula adalah 320 kg/m²)

Berdasarkan analisa struktur, ditemukan bahwa ada beberapa elemen struktur yang butuh untuk diperkuat, ataupun kondisi yang harus dilakukan di dalam menjawab kebutuhan perkuatan struktur gedung tersebut, antara lain:

1. Pada aplikasi perkuatan struktur tersebut, diperlukan penghilangan beberapa material finishing non-struktural berupa plesteran lantai, granit dan dinding bata. Oleh karena itu terjadi pengurangan beban terhadap kondisi eksisting, dari semula dengan beban mati 534 kg/m² menjadi 316 kg/m².
2. Pada bagian atas balok baja dan pelat beton lantai 1, perlu diaplikasikan balok induk dan balok anak baja yang dirangkai untuk memikul distribusi beban hidup dan mati tambahan untuk beban ruang bioskop.
3. Pada bagian bawah dinding pemisah ruang-ruang bioskop, perlu diaplikasikan balok baja sebagai penopang dinding, yang memiliki beban garis terhadap struktur balok baja dan pelat beton eksisting.

Perkuatan atau penambahan struktur lain yang diperlukan dalam menjawab perubahan bentuk dan ruang gedung plaza tersebut adalah penambahan rafter baja dan kolom baja komposit baru, sebagai akibat dari penghilangan dak atap dan perubahan bentang kuda-kuda dari bentang semula 16 meter menjadi bentang total 32 meter, serta tinggi ruang lantai 1 dari semula 5 meter menjadi 7,5 meter. Dalam hal ini, kolom baja komposit tersebut didirikan di luar gedung plaza, sehingga tidak akan membebani struktur kolom dan balok eksisting di bawahnya. Namun, dijadikan satu dengan pile cap pondasi di bawahnya, karena tidak mengalami perubahan beban reaksi kolom terhadap pondasi secara signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung* SKSNI T-15-1991-03.
- Badan Standarisasi Nasional. 1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung* SNI-03-2847-2002.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Rumah dan Gedung* SNI-1726-2012.
- Badan Standarisasi Nasional. 2003. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung* SNI 03-1729-2002.
- Departemen Pekerjaan Umum, *Pedoman Perencanaan Pembangunan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG)*1987.
- Setiawan, Agus. 2013. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Penerbit Erlangga : Jakarta
- Sunggono. 1984. *Teknik Sipil*. Penerbit Nova : Bandung.
- Vis, W. C. dan Kusuma, Gideon H. 1997. *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Penerbit Erlangga : Jakarta
- Vis, W. C. dan Kusuma, Gideon H. 1993. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*. Penerbit Erlangga : Jakarta