

## STUDI KELAIKAN STRUKTUR BAJA EKSISTING BANGUNAN BENGKEL SUZUKI DI JALAN IMAM BONJOL DENPASAR

I Made Sastra Wibawa, I Ketut Diartama Kubon Tubuh, I Made Andi Kusuma Wijaya

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar  
Email: diartamakubon@unmas.ac.id

**ABSTRAK:** Untuk mengetahui keadaan suatu struktur baja eksisting, tingkat kelaikan maupun keamanan struktur dan material eksisting terhadap penerapan beban standar pada bangunan bengkel Suzuki yang berlokasi di Jalan Imam Bonjol No. 537 Denpasar ini dilakukan studi kelaikan struktur. Adapun data penunjang yang digunakan dalam studi kelaikan ini adalah *as built drawing* dan kuat tarik pada baja profil. Data kuat tarik pada material baja profil eksisting didapat dengan metode pengujian non destruktif menggunakan bantuan alat *Hardness Test*, lalu dilakukan pemodelan dan analisis struktur eksisting. Hasil dari *Hardness Test* menunjukkan bahwa baja profil memiliki kuat leleh dan kuat tarik putus sebesar 270 MPa dan 406 MPa. Data-data tersebut didapat dari hasil uji penelitian sebelumnya sehingga ditetapkan sebagai data sekunder dan dalam pemodelan maupun analisis struktur, data-data tersebut digunakan sebagai acuan. Perangkat lunak ETABS (Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems) digunakan dalam analisis dan pemodelan 3-dimensi. Pemeriksaan pada baja profil dengan hasil *output* berupa desain P-M rasio yang merupakan kapasitas komponen struktur terpasang adalah hasil dari analisis. Secara teknis, standar kelaikan struktur dinyatakan ketika kekuatan, kekakuan, dan stabilitas terpenuhi.

**Kata kunci:** Struktur Eksisting, Kelaikan Struktur, Struktur Baja

**ABSTRACT:** To determine existing steel structure's condition, the safety/suitability level of existing material and structure against the standard loads that will be applied to the Suzuki workshop building that located on Jalan Imam Bonjol No. 537 Denpasar, a structural feasibility study was carried out. The supporting data used in this feasibility study are *as-built drawings* and tensile strength of profile steel. Tensile strength data on the existing profile steel material was obtained using a non-destructive testing method using a *Hardness Test* tool, then used to modeling and analysis of the existing structure. The data was obtained from previous research test results and then it was designated as secondary data, in structural modeling and analysis the data is used as a reference. The ETABS (Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems) software is used in analysis and 3-dimensional modeling. Checkeing on the steel profile with the output result in the form of a P-M ratio design which is the capacity of installed structural components is the result of analysis. Technicly the feasibility standards of a structure are stated when strenght, stiffness and stability are met.

**Keywords:** Existing Structure, Structural Feasibility, Steel Structure

### PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan di pulau Bali melaju sangat pesat khususnya pada kota Denpasar. Hal tersebut dibuktikan dengan berkurangnya jumlah lahan kosong ataupun lahan pertanian yang kini sudah berubah menjadi bangunan. Dengan terbatasnya ketersediaan lahan kosong di kota Denpasar, masyarakat terpaksa untuk membeli atau menyewa lahan yang sudah ada dibangun untuk tempat usaha ataupun tempat tinggal. Sebelum membeli ataupun menyewa sebuah bangunan, perlu dipastikan bangunan tersebut masih layak untuk digunakan atau dioperasikan sesuai dengan fungsinya.

Untuk menyatakan sebuah bangunan masih layak digunakan atau dioperasikan adalah kepemilikan SLF (Sertifikat Laik Fungsi). Kewajiban memiliki SLF (Sertifikat Laik Fungsi) bagi seluruh bangunan yang sudah berdiri selama kurun waktu tertentu dimuat dalam Peraturan Menteri PUPR RI No.27/PRT/M/2018 (Menteri PUPR RI 2018) dan Peraturan Pemerintah No.16 Tahun 2021 (Presiden Republik Indonesia 2021). Pihak berwenang yang menerbitkan SLF adalah Pemerintah Daerah, sebuah bangunan tidak bisa dioperasikan secara legal jika tidak memiliki SLF.

Salah satu bangunan yang sudah berdiri dalam kurun waktu tertentu atau bisa disebut dengan bangunan eksisting adalah bangunan bengkel Suzuki yang berlokasi di Jalan Imam Bonjol No. 537 Denpasar Bali. Menurut pihak *management* PT. United Indobali yang menaungi bengkel Suzuki, diperkirakan bangunan ini sudah berumur lebih dari 29 tahun, dibangun pada tahun 1993. Karena sudah berdiri selama lebih dari 29 tahun, kemungkinan ada bagian struktur yang mengalami penurunan.

Berkaitan dengan kemungkinan terjadinya penurunan pada bangunan bengkel ini, penulis meninjau bangunan bengkel ini untuk dilakukan studi kelaikan struktur baja eksisting. Adapun data penunjang yang digunakan dalam studi kelaikan ini adalah data kuat tarik baja profil yang didapat

dengan bantuan alat *Hardness Test* dan data gambar dari *as built drawing*. Hasil dari *Hardness Test* menunjukkan bahwa baja profil memiliki kuat leleh dan kuat tarik putus sebesar 270 MPa dan 406 MPa. Data-data tersebut didapat dari hasil uji penelitian sebelumnya sehingga ditetapkan sebagai data sekunder dan dalam pemodelan maupun analisis struktur, data-data tersebut digunakan sebagai acuan. Perangkat lunak ETABS (Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems) digunakan dalam analisis dan pemodelan 3-dimensi. Pemodelan perletakan juga dilakukan dengan asumsi bahwa sambungan pada pedestal cukup kaku untuk berperilaku sebagai jepit menimbang bahwa pemodelan antara menggunakan jepit atau sendi akan memberikan perilaku yang berbeda (Tubuh 2019). Pemeriksaan pada baja profil dengan hasil output berupa desain P-M rasio yang merupakan kapasitas komponen struktur terpasang adalah hasil dari analisis. Secara teknis, standar kelayakan struktur dinyatakan ketika kekuatan, kekakuan, dan stabilitas terpenuhi.

### DESAIN STRUKTUR BAJA

Pada jaman sekarang struktur baja sudah sangat lumrah dan sangat luas digunakan sebagai salah satu jenis material untuk sebuah struktur, sebagai contoh pada struktur gedung-gedung bertingkat, struktur lepas pantai, struktur jembatan moderen dan banyak lagi struktur lain yang menggunakan baja sebagai material. Struktur baja dapat didefinisikan sebagai rangkaian baja batangan yang disambungkan dengan metode las ataupun baut, sehingga terjadi hubungan sendi pada sambungan tersebut, antara batangan baja profil atau rangka kaku. Hal positif dari penggunaan material baja dapat dilihat dari segi bobot material yang lebih ringan sehingga strukturpun juga lebih ringgan, dapat digunakan dengan bentang yang panjang, tingginya daktilitas yang dimiliki, dan lebih cepat dalam proses pengerjaannya (Liang 2015). Terlepas dari hal positif atau kelebihan tersebut, struktur baja juga memiliki beberapa kelemahan atau hal negatif diantaranya dari mahalnya harga jika dibandingkan dengan material lainnya (bersifat relatif), lemahnya ketahanan material terhadap api, dan memerlukan perawatan yang ekstra.

### DESAIN KOMPONEN STRUKTUR UNTUK TARIK

Kelangsingan minimum yang dimiliki komponen struktur tidak dibatasi, komponen struktur yang dimaksud adalah komponen yang menahan gaya tarik aksial. Sedangkan pada saat mendesain komponen struktur berdasarkan tarik, nilai rasio kelangsingan  $L/r$  yang dimiliki tidak lebih dari 300. Nilai paling rendah harus diperoleh pada nilai kuat tarik desain ( $\phi_t P_n$ ) dan kuat tarik izin ( $P_n/\Omega_t$ ) yang dimiliki oleh komponen struktur tarik sesuai dengan keruntuhan tarik penampang neto dan batas leleh tarik penampang bruto.

(a) Diperuntukan pada leleh tarik yang dimiliki penampang bruto:

$$P_n = F_y A_g \quad (1)$$

$\phi_t = 0,90$  (DFBT)       $\Omega_t = 1,67$  (DKI)

(b) Diperuntukan pada keruntuhan tarik yang dimiliki penampang neto:

$$P_n = F_u A_e \quad (2)$$

$\phi_t = 0,75$  (DFBT)       $\Omega_t = 2,00$  (DKI)

Keterangan:

$A_e$  = simbol yang digunakan untuk menyatakan luas neto efektif, in.2 (mm<sup>2</sup>)

$A_g$  = simbol yang digunakan untuk menyatakan luas bruto dari komponen struktur, in.2 (mm<sup>2</sup>)

$F_y$  = tegangan leleh minimum terspesifikasi, ksi (MPa)

$F_u$  = kekuatan tarik minimum terspesifikasi, ksi (MPa)

### DESAIN KOMPONEN STRUKTUR UNTUK TEKAN

Berikut merupakan besarnya kuat tekan desain ( $\phi_c P_n$ ) dan kuat tekan izin ( $P_n/\Omega_c$ ) pada komponen struktur yang memikul tekan aksial. Tertera beberapa nilai yang didasarkan pada keadaan batas tekuk torsi, batas tekuk lentur dan tekuk torsi-lentur yang berlaku, kemudian nilai yang harus diambil adalah nilai terkecil sebagai nilai kuat tekan nominal ( $P_n$ ).

$$\phi_c = 0,90 \text{ (DFBT)} \quad \Omega_c = 1,67 \text{ (DKI)}$$

Pada perhitungan kelangsingan komponen struktur ( $L_c/r$ ), besarnya panjang efektif ( $L_c$ ) ditentukan sesuai dengan Lampiran 7 atau Bab C pada SNI 1729:2020 (SNI 1729:2020). Berikut

merupakan hal yang dilakukan pada saat mendesain komponen struktur berdasarkan tekan, besarnya nilai rasio kelangsingan efektif ( $L_r/c$ ), sebaiknya memiliki nilai yang tidak melebihi 200, sedangkan metode-metode selain penggunaan faktor panjang efektif ( $K$ ) digunakan untuk menentukan panjang efektif ( $L_c$ ).

Keterangan :

$K$  = simbol yang digunakan untuk menyatakan faktor panjang efektif

$L_c = KL$  = simbol yang digunakan untuk menyatakan panjang efektif komponen struktur, in. (mm)

$L$  = simbol yang digunakan untuk menyatakan panjang tak terbreis lateral pada komponen struktur tersebut, in. (mm)

$r$  = simbol yang digunakan untuk menyatakan radius girasi, in. (mm)

Nilai kuat tekan nominal ( $P_n$ ) pada komponen struktur tekan dengan elemen langsing yang mengalami tekan aksial harus mengambil nilai terendah. Nilai terendah yang diambil merupakan nilai terendah yang didapat berdasarkan keadaan batas yang berlaku berupa tekuk torsi, tekuk lentur dan tekuk torsi-lentur dalam interaksi terhadap tekuk lokal.

$$P_n = F_{cr}A_e \quad (3)$$

dengan

$A_e$  = nilai yang didapat dari hasil penjumlahan luas efektif penampang berdasarkan pada lebar efektif tereduksi,  $b_e$ ,  $d_e$  atau  $h_e$

$F_{cr}$  = nilai tegangan kritis, dengan Pasal E3 atau Pasal E4 SNI 1729:2020 (SNI 1729:2020) digunakan untuk menentukan besarnya tegangan kritis, ksi (MPa).

## DESAIN KOMPONEN STRUKTUR UNTUK LENTUR

Keterangan di bawah diperuntukan pada lentur sederhana yang dialami suatu komponen pada struktur terhadap satu sumbu utama. Komponen struktur dikekang terhadap puntir pada titik-titik beban dan tumpuan atau yang dibebani di suatu bidang parallel terhadap sumbu utama yang melewati pusat geser, hal tersebut terjadi pada lentur sederhana. Berikut merupakan nilai yang harus ditentukan pada kuat lentur desain ( $\phi_b M_n$ ) dan kuat lentur izin ( $M_n/\Omega_b$ ):

$$\phi_b = 0,90 \text{ (DFBT)} \quad \Omega_b = 1,67 \text{ (DKI)}$$

Dengan berpatokan dan disesuaikan pada Pasal F2 hingga F13 SNI 1729:2020, kekuatan lentur nominal ( $M_n$ ) dapat ditentukan (SNI 1729:2020). Nilai pada kekuatan lentur nominal ( $M_n$ ) yang dimiliki oleh komponen struktur profil I simetris ganda dan kanal yang melentur terhadap sumbu mayor, yang memiliki badan kompak dan sayap kompak harus memperoleh nilai terendah. Nilai terendah yang dimaksud adalah nilai terendah pada keadaan tekuk torsi lateral dan batas leleh (momen plastis).

### 1. Leleh

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (4)$$

dengan

$F_y$  = simbol yang digunakan untuk menyatakan tegangan leleh minimum yang dimiliki oleh tipe baja terspesifikasi yang digunakan, ksi (MPa)

$Z_x$  = simbol yang digunakan untuk menyatakan modulus penampang plastis terhadap sumbu x, in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

### 2. Tekuk Torsi-Lateral

(a) Keadaan batas tekuk torsi lateral tidak berlaku jika nilai  $L_b$  lebih kecil atau sama dengan nilai  $L_p$ .

(b) Apabila nilai  $L_p$  lebih kecil dari nilai  $L_b$  (nilai  $L_b$  lebih kecil atau sama dengan nilai  $L_r$ ) maka:

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (5)$$

(c) Apabila  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq L_r \quad (6)$$

dengan:

$L_b$  = panjang antara titik-titik, titik-titik yang dimaksud adalah baik titik yang terbeis terhadap puntir penampang melintang atau terbeis terhadap perpindahan lateral sayap tekan, in. (mm)

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \quad (7)$$

$F_{cr}$  = simbol yang digunakan untuk menyatakan tegangan kritis, ksi (MPa)

$E$  = simbol yang digunakan untuk menyatakan modulus elastisitas baja = 29.000 ksi (200.000 MPa)

$J$  = simbol yang digunakan untuk menyatakan konstanta torsi, in.4 (mm4)

$S_x$  = simbol yang digunakan untuk menyatakan modulus penampang elastis terhadap sumbu x, in.3 (mm3)

$h_o$  = simbol yang digunakan untuk menyatakan jarak antara titik berat sayap, in. (mm)

## DESAIN KOMPONEN STRUKTUR UNTUK GESER

Keterangan dibawah diperuntukan terhadap komponen struktur simetris tunggal maupun ganda. Komponen yang dimaksud pada pernyataan sebelumnya merupakan komponen yang mengalami geser pada arah sumbu lemah profil simetris tunggal atau ganda dan geser pada bidang badan, siku tunggal dan penampang PSR. Berikut merupakan nilai kekuatan geser desain ( $\phi_v V_n$ ) dan kekuatan geser izin ( $V_n / \Omega_v$ ) yang ditentukan:

a) Untuk seluruh ketentuan terkecuali Pasal G2.1(a) SNI 1729:2020 (Badan Standarisasi Nasional SNI 1729:2020 2020):

$$\phi_v = 0,90 \text{ (DFBT)} \quad \Omega_v = 1,67 \text{ (DKI)}$$

(b) Dengan menyesuaikan Pasal G2 sampai Pasal G7 SNI 1729:2020, kekuatan geser nominal ( $V_n$ ) dapat ditentukan (Badan Standarisasi Nasional SNI 1729:2020 2020).

Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menentukan kekuatan geser nominal ( $V_n$ ):

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v \quad (8)$$

dengan

$F_y$  = simbol yang digunakan untuk menyatakan tegangan leleh minimum yang dimiliki oleh tipe baja terspesifikasi yang digunakan, ksi (MPa)

$A_w$  = luas badan, yang didapat dari hasil tebal keseluruhan yang dikalikan dengan tebal badan, dtw, in.2 (mm2)

## DESAIN KOMPONEN STRUKTUR UNTUK KOMBINASI GAYA DAN TORSI

Dengan cara mengikuti ketentuan pendesainan komponen struktur penahan gabungan lentur dan aksial tekan, dengan itu dapat dilakukannya perancangan pada elemen-elemen struktur baja. Dengan mengontrol perbandingan rasio aksial lentur (rasio P-M) pendesainan tersebut dapat dilakukan. Secara umum profil baja WF (*Wide Flange*) dengan simetri ganda digunakan sebagai elemen balok dan kolom pada struktur rangka penahan momen. Pada AISC *Steel Construction Manual* (American Institute of Steel Construction 2011) terdapat standar yang mencantumkan penamaan dan dimensi profil-profil baja, hal tersebut yang dijadikan sebagai acuan. Pada persamaan (9) dan persamaan (10) dibawah digunakan untuk mengetahui kontrol rasio P-M pada komponen struktur penahan gabungan lentur dan aksial bersimetri ganda. Elemen kolom merupakan elemen yang lebih cenderung sebagai komponen struktur penahan gabungan lentur dan aksial tekan. Persamaan (9) dan persamaan (10) dibawah dapat digunakan juga untuk control elemen balok, walaupun elemen balok tidak menahan aksial yang besar.

1. Untuk  $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (9)$$

2. Untuk  $\frac{P_r}{P_c} \leq 0,2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \frac{M_{rc}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \leq 1,0 \quad (10)$$

Keterangan :

$P_r$  = kuat aksial perlu ( $N$ )

$P_c$  = kapasitas kuat aksial ( $N$ )

$M_r$  = kuat lentur perlu ( $N \cdot mm$ )

$M_c$  = kapasitas kuat lentur ( $N \cdot mm$ )

$x$  dan  $y$  = subskrip untuk pelenturan arah sumbu kuat dan sumbu lemah

### **BEBAN GRAVITASI PADA STRUKTUR**

Beban mati dan beban hidup merupakan beban-beban yang menyusun beban gravitasi pada struktur. Beban mati didefinisikan sebagai beban yang timbul ataupun ada berkat semua material yang digunakan pada sebuah struktur bangunan. Sedangkan beban hidup didefinisikan sebagai beban yang tercipta akibat penggunaan atau penghunian suatu gedung dan juga beban-beban yang diakumulasi dari semua barang yang terletak di dalam gedung dan dapat dipindah-pindahkan.

### **BEBAN LATERAL PADA STRUKTUR**

Beban lateral merupakan beban yang memiliki arah horizontal, yang termasuk beban dengan arah horizontal adalah beban gempa dan beban angin. Beban gempa didefinisikan sebagai pergerakan tanah yang disebabkan oleh getaran pada saat gempa bumi sehingga menjadi beban yang dialami oleh struktur. Langkah-langkah yang perlu diperhatikan dalam analisis gempa (SNI 1726:2019):

1. Menentukan kategori resiko bangunan
2. Menentukan kategori desain seismic
3. Menentukan system penahan gempa
4. Menentukan perioda fundamental pendekatan
5. Menentukan koefisien respon seismik
6. Gaya geser seismik
7. Penentuan simpangan antar lantai

Beban angin adalah yang diakibatkan oleh terpaan angin yang mengenai struktur yang berada pada lintasan angin, sehingga aliran angin yang menerpa struktur dapat berbelok bahkan hingga terhenti. Beban angin ditentukan dengan langkah-langkah berikut (SNI 1727:2020):

1. Tentukan kategori resiko bangunan
2. Tentukan kecepatan angina dasar sesuai kategori resiko
3. Tentukan parameter beban angin
4. Tentukan koefisien eksposur tekanan velositas
5. Tentukan koefisien tekanan eksternal
6. Hitung tekanan angin

### **KOMBINASI PEMBEBANAN**

Pada SNI 1727:2020, terdapat tiga kondisi pada kombinasi pembebanan diantaranya; kombinasi beban nominal yang menggunakan desain tegangan izin; kombinasi beban terfaktor yang digunakan dalam metode desain kekuatan; dan kombinasi beban untuk kejadian luar biasa. Pada perancangan struktur beton bertulang menggunakan kombinasi metode desain kekuatan yakni sebagai berikut (SNI 1727:2020):

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
3.  $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
5.  $0,9D + 1,0W$

Keterangan:

$D$  : beban mati

$L$  : beban hidup

$L_r$  : beban hidup atap

$W$  : beban angin  
 $R$  : beban hujan  
 $H$  : beban tekanan tanah  
 $F$  : beban fluida

Catatan:

1. Berikut merupakan kombinasi yang perlu ataupun harus diperhitungkan juga pada kombinasi dasar apabila struktur mengalami efek beban seismic:
  6.  $1,2D + Ev + Emh + L$   
 $(1,2 + 0,2SDS) D + \Omega QE + L$
  7.  $0,9D - Ev + Emh$   
 $(0,9 - 0,2SDS) D + \Omega QE$

Keterangan:

SDS : Parameter percepatan spektrum respon desain

$\Omega$  : faktor kuat lebih

$QE$  : pengaruh beban seismik horizontal dari  $V$ ,  $F_{px}$ , atau  $F_p$

2. Faktor beban yang sama harus disertakan pada kombinasi seperti contoh beban mati ( $D$ ) yang terdapat pada kombinasi (1) sampai dengan kombinasi (4), hal tersebut dilakukan apabila terdapat beban fluida ( $F$ ).
3. Berikut merupakan kombinasi yang harus diperhitungkan apabila terdapat beban  $H$  :
  - 1) Bila efek beban utama bertambah akibat efek beban  $H$ , maka  $H$  dihitung dengan faktor beban sebesar 1,6
  - 2) Bila efek beban utama bertambah akibat efek beban  $H$ , maka  $H$  dihitung dengan faktor beban sebesar 0,9 hal tersebut dilakukan jika beban adalah permanen atau faktor beban sebesar 0 untuk kondisi lainnya

Sedangkan pada perancangan pondasi bangunan menggunakan kombinasi metode desain tegangan izin sebagai berikut:

1.  $D$
2.  $D + L$
3.  $D + (L_r \text{ atau } R)$
4.  $D + 0,75L + 0,75(L_r \text{ atau } R)$
5.  $D + 0,6W$
6.  $D + 0,75L + 0,75(0,6W) + 0,75(L_r \text{ atau } R)$
7.  $0,6D + 0,6W$

Catatan:

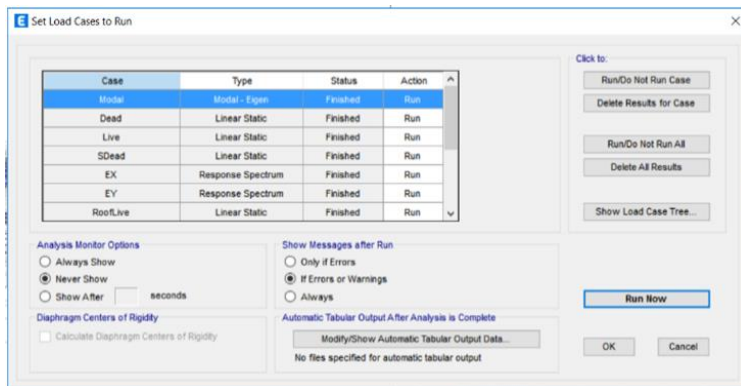
1. Faktor beban yang sama harus disertakan pada kombinasi seperti contoh beban mati ( $D$ ) pada kombinasi (1) sampai kombinasi (6), hal tersebut dilakukan apabila terdapat beban fluida ( $F$ ).
2. Berikut merupakan kombinasi yang harus diperhitungkan apabila terdapat beban  $H$  :
  - 1) Bila efek beban utama bertambah akibat efek beban  $H$ , maka  $H$  dihitung dengan faktor beban sebesar 1,0
  - 2) Bila efek beban utama bertambah akibat efek beban  $H$ , maka  $H$  dihitung dengan faktor beban sebesar 0,6 hal tersebut dilakukan jika beban adalah permanen atau faktor beban sebesar 0 untuk kondisi lainnya

## METODE PENELITIAN

Perangkat lunak (*software*) ETABS (Extended Three Dimensional Analysis of Building System) digunakan untuk pemodelan struktur pada studi kelayakan ini. Adapun langkah-langkah penggunaan program ETABS sebagai berikut :

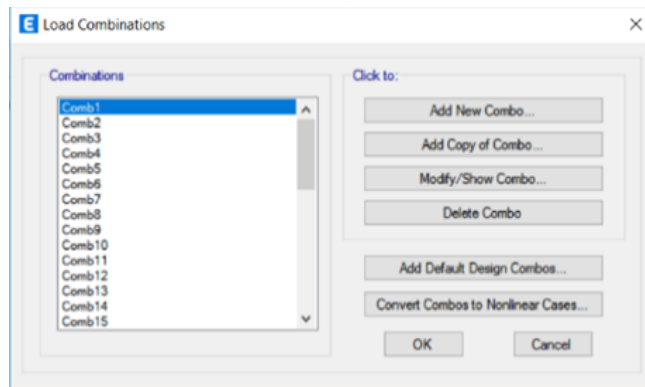
1. Membuat grid model struktur, sesuaikan dengan *as built drawing*.
2. Setelah grid model selesai dibuat tahap selanjutnya adalah mendefinisikan material struktur dengan cara *Define* → *Material Properties*.
3. Mendefinisikan elemen struktur dengan cara *Define* → *Section Property* → *Frame Section* kemudian klik *add new property*
4. Kemudian menginput beban-beban yang bekerja pada struktur dengan cara klik *Define* → *Load Patterns*. Lalu tentukan jenis beban yang bekerja dengan mengisi kolom *Load Patterns Name* →

Type → Self Weight Multiplier → Auto Lateral Load Pattern → Add New Load Pattern → Klik OK. Maka muncul tampilan menu di bawah ini

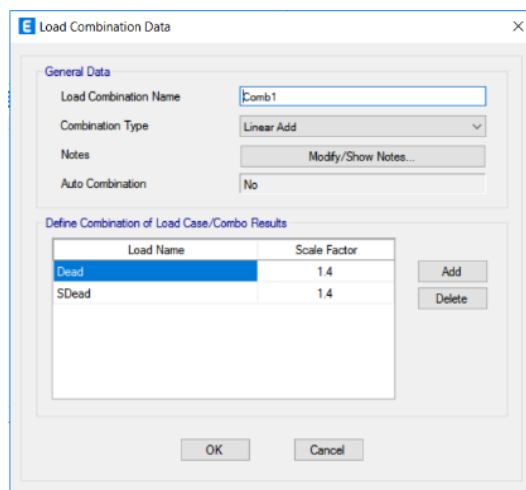


Gambar 1. Tampilan Menu Define Load Pattern Setelah Input Beban

- Menginput kombinasi pembebanan dengan cara klik Define → Load Combination kemudian pilih Add New Combo. Masukkan kombinasi beban sesuai yang tertera pada SNI 1727:2020

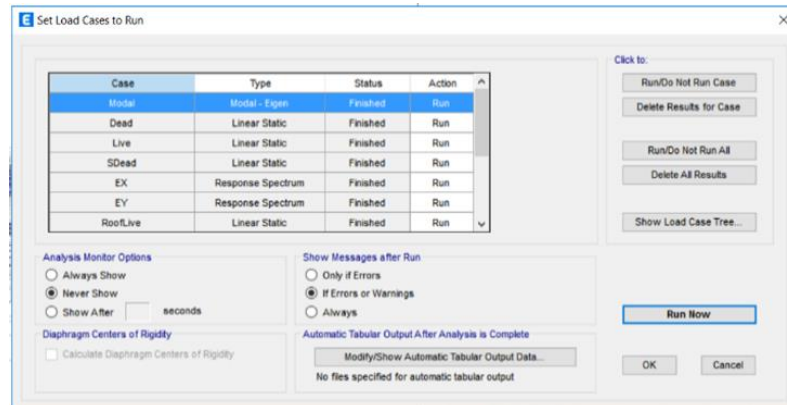


Gambar 2. Tampilan Menu Load Combination



Gambar 3. Tampilan Menu Load Combination Data

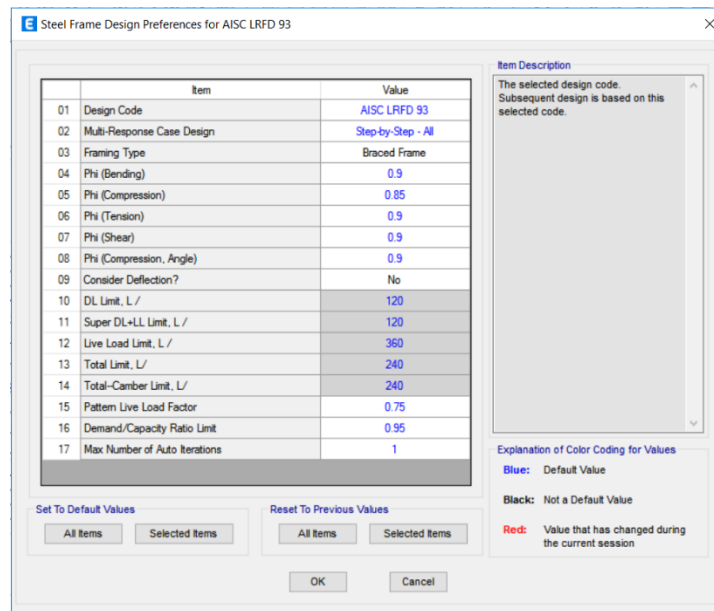
- Setelah data geometri, property elemen dan beban-beban diberikan, maka struktur sudah dapat dianalisis. Pastikan beban apa saja yang akan dipakai sebelum melakukan analisis (Run) dengan cara klik Analyze → Set Load Case To Run. Setelah memastikan beban yang dipakai, pilih menu Run Now.



Gambar 4. Tampilan Menu Set Load Case To Run

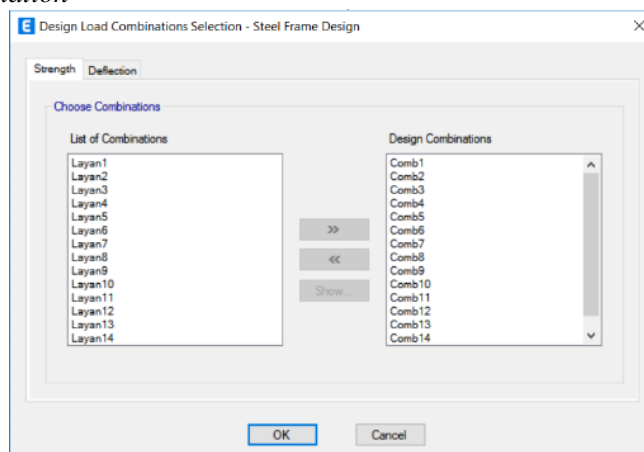
Setelah melakukan Run Analyze selanjutnya dilakukan pengecekan P-M Rasio pada baja profil dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Memastikan peraturan yang akan digunakan dengan memilih *menu Design*→*Steel Frame Design*→*View/Revise Preferences*. Maka terlihat tampilan seperti di bawah



Gambar 5. Tampilan Menu Steel Frame Design Preferences

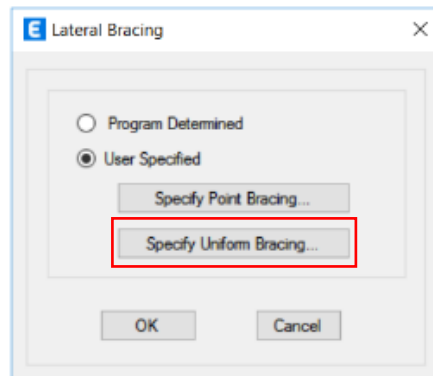
2. Pilih kombinasi beban yang akan digunakan. Pilih *menu Design*→*Steel Frame Design*→*Select Design Combination*



Gambar 6. Tampilan Menu Design Load Combination Selection

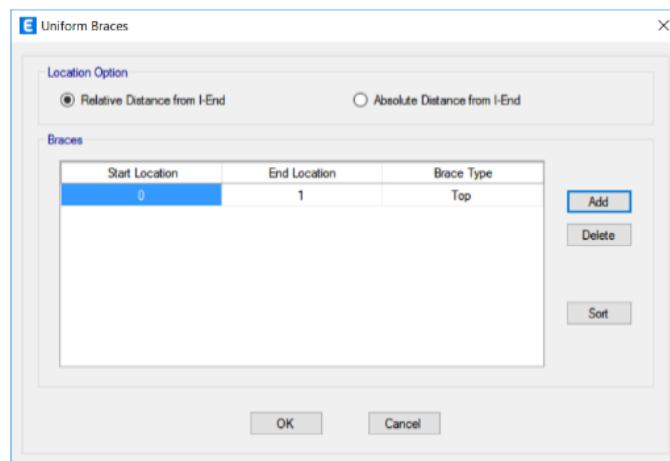


3. Pilih semua balok dengan cara pilih menu *Select* → *Select* → *Properties* → *Frame Section*
4. Pilih material balok yang di gunakan pada struktur. Untuk memodifikasi kekangan lateral pada balok pilih menu *Design* → *Steel Frame Design* → *Lateral Bracing*. Maka akan menampilkan jendela di bawah



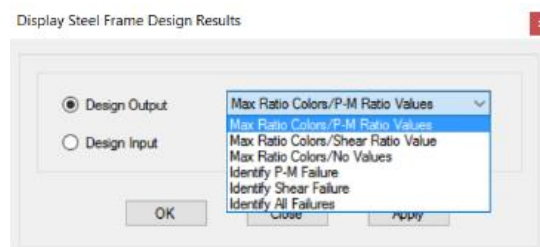
Gambar 7. Tampilan Menu *Lateral Bracing*

5. Pilih tab *Specify Uniform Bracing* untuk menyatakan bahwa kekangan berasal dari pelat beton yang barawal dari ujung awal sampai ujung akhir. Pilih *Brace Type* bagian *Top*



Gambar 8. Tampilan Menu *Uniform Braces*

6. Saat ini model struktur sudah siap dilakukan tahap desain. Pilih menu *Design* → *Steel Frame Design* → *Start Design/Check*. Tunggu beberapa saat hingga ETABS selesai menjalankan proses desain.
7. Untuk menampilkan P-M Ratio lakukan dengan cara pilih menu *Design* → *Steel Frame Design* → *Display Design Info*



Gambar 9. Tampilan Menu *Design Output*



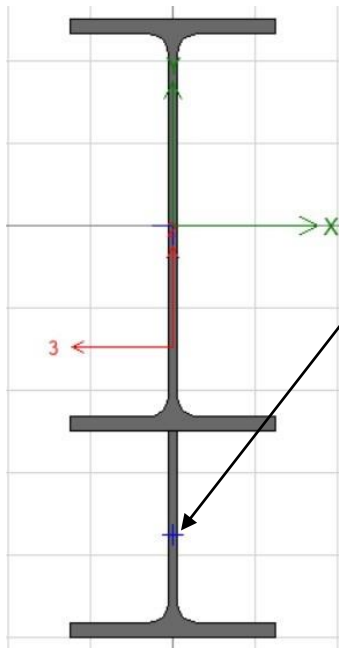
**HASIL DESAIN**

Tabel 1. Hasil Desain Struktur Bengkel

<b>Penampang Struktur</b>	<b>PMM Ratio</b>	<b>P Ratio</b>	<b>M Major Ratio</b>	<b>M Minor Ratio</b>	<b>V Major Ratio</b>	<b>V Minor Ratio</b>
<b>K5 (30x45 + WF350)</b>	0,24	0,021	0,116	0,128	0,05	0,011
<b>K7 (WF350x175x7x11)</b>	0,985	0,239	0,461	0,546	0,293	0,059
<b>K9 (King Cross) (350x175x7x11)</b>	0,661	0,076	0,306	0,456	0,051	0,165
<b>B4 (WF350x175x7x11)</b>	0,693	0,091	0,679	0,022	0,443	0,001
<b>B5 (WF 250x125x6x9)</b>	1,215	0,072	1,124	0,004	0,225	0
<b>RB5 (WF 150x75x5x7)</b>	2,602	0,641	2,556	0,033	0,03	0,003
<b>GD (CNP 125x65x6x8)</b>	0,95	0,044	0,764	0,529	0,098	0,046

Dari data pada table di atas, ditemukan penampang struktur baja yang menerima gaya lebih besar dari kapasitas yang dimiliki. Diantaranya pada balok B5 memiliki rasio interaksi gaya aksial dan lentur sebesar 1,215 dan rasio lentur pada sumbu kuat sebesar 1,124; Dan pada balok RB5 memiliki rasio interaksi gaya aksial dan lentur sebesar 2,602 dan rasio lentur pada sumbu kuat sebesar 2,556. Dari penampang struktur baja yang disebutkan sebelumnya, penampang struktur baja tersebut menerima gaya lebih besar dari kapasitas yang dimiliki ( melewati batas Ref = 1,0). Dengan kata lain struktur tersebut memerlukan perkuatan.

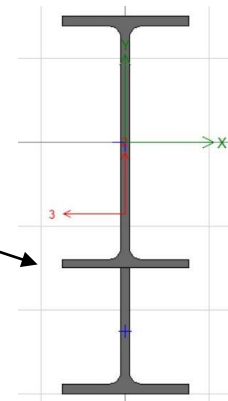
Setelah diketahui struktur yang memerlukan perkuatan, selanjutnya dilakukan percobaan dengan menambahkan baja profil pada sisi lemah struktur baja sehingga dimensi struktur berubah menjadi lebih besar dari sebelumnya. Sebagai contoh pada struktur baja B5 (WF 250x125x6x9 mm) ditambahkan baja profil T 125x125x6x9 mm sedemikian rupa pada sisi lemahnya sehingga penampang struktur mengalami perubahan dimensi dan menunjukkan rasio yang memenuhi syarat. Penambahan baja profil juga dilakukan pada penampang struktur RB5 (WF 150x75x5x7 mm), ditambahkan dengan baja profil T 75x75x5x7 mm. Hasil desain penambahan baja profil pada balok B5 bisa dilihat pada Gambar 13 dan balok RB5 bisa dilihat pada Gambar 14, selanjutnya perubahan rasio bisa dilihat pada Tabel 2.



Gambar 13. Perkuatan pada B5

Tambahan dimensi baja profil T 125x125x6x9 mm

Tambahan dimensi baja profil T 75x75x5x7 mm



Gambar 14. Perkuatan pada RB5

Tabel 2. Hasil Desain Struktur Setelah Diperkuat Pada Balok B5 dan RB5

Penampang Struktur	PMM Ratio	P Ratio	M Major Ratio	M Minor Ratio	V Major Ratio	V Minor Ratio
<b>K5</b> (30x45 + WF350)	0,24	0,021	0,116	0,128	0,05	0,011
<b>K7</b> (WF350x175x7x11)	0,955	0,238	0,464	0,54	0,293	0,059
<b>K9</b> (King Cros ) (350x175x7x11)	0,663	0,077	0,308	0,458	0,051	0,164
<b>B4</b> (WF350x175x7x11)	0,694	0,091	0,688	0,022	0,443	0,001
<b>B5</b> (WF 250x125x6x9)	0,825	0,072	0,823	0,004	0,23	0
<b>RB5</b> (WF 150x75x5x7)	0,569	0,417	0,319	0,087	0,026	0,002
<b>GD</b> (CNP 125x65x6x8)	0,94	0,043	0,764	0,529	0,098	0,046

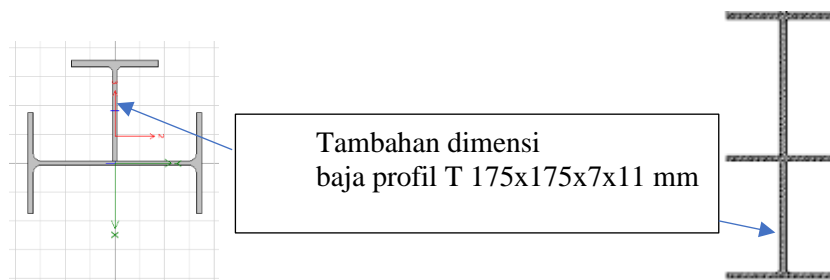
## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian simpulan yang didapat, adalah sebagai berikut:

- a. Pada bangunan-bangunan gedung dengan struktur baja yang dibangun pada tahun yang sama dengan bangunan bengkel Suzuki yaitu tahun 1993 yang masih berdiri hingga saat ini maupun yang direncanakan akan tetap dioperasikan sampai beberapa waktu kedepan, sangat perlu dilakukannya analisa kelaikan struktur. Hal tersebut dilakukan agar diketahui apakah bangunan gedung masih aman maupun layak untuk dioperasikan, jika tidak layak maka diketahui struktur mana saja yang memerlukan perkuatan.
- b. Pada elemen struktur baja bangunan bengkel kapasitas yang dimiliki lebih kecil dari pada gaya yang diterima, diantaranya adalah :
  - Balok B5 memiliki rasio interaksi gaya aksial dan lentur sebesar 1,215 dan rasio lentur pada sumbu kuat sebesar 1,124
  - Balok RB5 memiliki rasio interaksi gaya aksial dan lentur sebesar 2,602 dan rasio lentur pada sumbu kuat sebesar 2,556

Karena kapasitas yang dimiliki lebih kecil dari pada gaya yang diterima, maka penampang struktur baja B5 dan RB 5 memerlukan perkuatan

- c. Salah satu metode perkuatan yang dapat diterapkan pada struktur baja eksisting adalah dengan penambahan baja profil. Metode ini dilakukan dengan cara menambahkan suatu baja profil sedemikian rupa pada bagian lemah struktur terpasang, sehingga terjadi perkuatan pada bagian lemah dan dimensi penampang struktur berubah menjadi lebih besar. Sebagai contoh suatu kolom



struktur baja profil WF350 x 175 memiliki rasio kapasitas pada sumbu lemahnya melewati ref (1,0). Perkuatan yang bisa disarankan berupa penambahan baja profil T 175 dengan cara dilas pada sisi lemah kolom, sehingga dimensi kolom berubah menjadi Queen Cross WF 350.

Gambar 13. Contoh perkuatan dengan penambahan baja profil

## DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction. 2011. "AISC Steel Construction Manual 14th Ed." *Chicago (Illinois)*.
- Badan Standarisasi Nasional SNI 1726:2019. 2019. "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung." *Jakarta*, no. 8.
- Badan Standarisasi Nasional SNI 1727:2020. 2020. "Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain." *Jakarta*, no. 8: 1–336.
- Badan Standarisasi Nasional SNI 1729:2020. 2020. "Spesifikasi Untuk Bangunan Baja Struktural." *Jakarta*, no. 8: 1–336.
- Liang, Qing Quan. 2015. "Analysis and Design of Steel and Composite Structures." *CRC Press*, no. October: 1–430. <https://doi.org/10.1201/9781315274843>.
- Menteri PUPR RI. 2018. "Permen PUPR RI No 27/PRT/M/2018 Tentang Sertifikat Laik Fungsi Bangunan Gedung." *Permen PUPR RI Nomor 27/PRT/M/2018*.
- Presiden Republik Indonesia. 2021. "Peraturan Pemerintah No 16 Tahun 2021 Tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung." *Presiden Republik Indonesia*, no. 087169: 406.

Tubuh, I Ketut Diartama Kubon. 2019. “Studi Perbandingan Perilaku Stuktur Gedung Dengan Kolom Beton Bertulang, Kolom Baja, Dan Kolom Komposit.” *Jurnal Bakti Saraswati* 08 (02): 140–49.