



Kapasitas Struktur Baja pada Gedung Parkir Institut Teknologi Garut

Yusril Ihya¹, Eko Walujodjati²

Jurnal Konstruksi
Institut Teknologi Garut
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia
Email : jurnal@itg.ac.id

¹1611070@itg.ac.id

²eko.walujodjati@itg.ac.id

Abstrak – Tempat parkir merupakan tempat dimana kendaraan disimpan untuk sementara waktu. Dalam perencanaan lahan parkir yang menggunakan struktur baja terdapat pada SNI 03-1729-2002 yang menerangkan bahwa sesuai dengan proses perencanaan struktur baja, maka hal perlu dilakukan adalah menciptakan struktur bangunan yang stabil, cukup kuat, tahan lama dan memenuhi tujuan lain seperti efisiensi ekonomi dan kemudahan pelaksanaan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kuantitatif dengan menggunakan data sekunder berupa data dari perencana gedung parkir, sedangkan data primer yang dikumpulkan untuk skripsi ini adalah berupa foto dokumentasi, dan wawancara langsung dengan perencana gedung parkir untuk mengetahui profil yang digunakan pada struktur baja pada gedung parkir. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada balok dan kolom dengan profil WF 250.175.7.11 secara manual maka dapat ditarik kesimpulan bahwa semua balok dan kolom dikategorikan aman untuk menahan gaya-gaya yang bekerja dan mampu menahan kapasitas parkirnya akan tetapi profil yang digunakan bisa dikatakan boros. Oleh karena itu perencana diharapkan telah memiliki feeling engineering dan pengetahuan tentang perhitungan struktur secara tepat dan mengacu pada perhitungan Standar Nasional Indonesia terbaru tentang perencanaan suatu struktur.

Kata Kunci – Balok; Kolom; Keamanan Profil Baja; Kapasitas Parkir.

I. PENDAHULUAN

Institut Teknologi Garut merupakan satu-satunya perguruan teknik di kabupaten garut ketersediaan petak parkir di Institut Teknologi Garut pada saat ini tidak sebanding dengan bertambahnya jumlah mahasiswa yang membawa motor karena keterbatasan luas lahan parkir yang tersedia, oleh karena itu desain parkir dipilih sebagai solusi untuk mengatasi parkir di Institut Teknologi Garut. Karena itu direncanakan membangun gedung parkir bertingkat untuk mengakomodasi peningkatan kebutuhan parkir di kampus Institut Teknologi Garut. [1]

Melihat fenomena seperti ini yang kemudian timbul pikiran untuk merencanakan tempat parkir dengan lahan yang tidak begitu luas namun bisa menampung banyak kendaraan bermotor. Perencanaan bangunan bertingkat menjadi satu satunya solusi satu-satunya solusi karena berkaitan dengan lahan yang sempit, yaitu dengan perencanaan pembangunan gedung parkir diari kontruksi baja. Perencanaan gedung parkir bertingkat yang pada umumnya hanya tempat untuk parkir kendaraan yang tidak dengan memperhitungkan estetika bangunan [2]

Perkembangan perekonomian yang pesat di indonesia akhir-akhir ini memicu pertumbuhan dan pembangunan ekonomi yang pesat, pembangunan tersebut ditandai dengan banyaknya dibangun gedung-gedung bertingkat, dimana bangunan tersebut merupakan bangunan tingkat tinggi. Hal tersebut mendorong para perencana

bangunan untuk membuat bangunan tingkat tinggi yang tahan gempa. Dimana berdasarkan geografis, Indonesia terletak di antara dua lempeng dunia yang aktif, yaitu Eurasia dan Australia. Hal ini mengakibatkan Indonesia merupakan daerah rawan gempa [3].

Tempat parkir merupakan tempat dimana kendaraan disimpan untuk beberapa saat. Dalam perencanaan lahan parkir yang menggunakan struktur baja terdapat pada SNI 03-1729-2002 yang menerangkan bahwa struktur baja bangunan menciptakan struktur yang stabil, cukup kuat, tahan lama, dan memenuhi tujuan lain seperti ekonomi dan kemudahan pelaksanaan. Profil baja adalah material struktur bangunan sipil (jembatan, dermaga, gedung dan lain-lain) sehingga berdasarkan sifat dan penggunaannya memerlukan faktor keamanan dan keselamatan. Menurut Setiawan (2008), baja merupakan perpaduan antara besi dan karbon serta memiliki keunggulan mampu menyerap gaya tarik yang tinggi tanpa memerlukan volume yang besar, sehingga dipilih struktur baja sebagai struktur utama bangunan. Selain itu, pemasangan baja ditempat lebih mudah dan lebih cepat dari pada struktur beton. Penelitian ini dilakukan hanya pada struktur atas, perhitungan yang di analisis meliputi balok dan kolom, analisis struktur dilakukan dengan bantuan salah satu program komputer untuk menghitung beban, momen dan kekuatan suatu bangunan [4].

Menurut Direktur Jenderal Perhubungan Darat (1996), parkir merupakan keadaan tidak bergerak suatu kendaraan yang bersifat sementara. Parkir merupakan suatu kebutuhan bagi pemilik kendaraan dan menginginkan kendaraannya parkir di tempat, dimana tempat tersebut mudah untuk dicapai. Menurut Hobbs (1995), penyediaan tempat-tempat parkir menjadi bagian yang tidak bisa dipisahkan dalam perencanaan transportasi. Karena lalu lintas menuju suatu tempat tujuan dan setelah mencapai tempat tersebut kendaraan harus diparkir, sementara pengendaranya melakukan berbagai urusan, misalnya keperluan pribadi, keperluan umum, rekreasi, dan sebagainya [5].

Perencanaan struktur baja merupakan suatu alternatif yang menguntungkan dalam pembangunan gedung dan struktur yang lainnya baik dalam skala kecil maupun skala besar. Material baja mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan bahan konstruksi lain. Bila dibandingkan dengan beton konvensional, baja memiliki beberapa keunggulan yang perlu diperhatikan dalam pembangunan yang saat ini sedang berkembang pesat, selain awet dan kuat, berat yang dimiliki lebih ringan, specific strength yang lebih tinggi serta waktu pengerjaan yang lebih cepat dapat mempercepat pengerjaan konstruksi. Dan material baja memiliki keseragaman material yang lebih terjamin karena dibuat secara fabrikasi (Rakhman, 2011) [6].

II. URAIAN PENELITIAN

A. Umum

Konstruksi merupakan objek keseluruhan bangunan yang terdiri dari bagian-bagian struktur, konstruksi baja adalah sebuah konstruksi atau rangka baja yang terdiri dari susunan beberapa batang-batang baja yang disambung pada pertemuan simpul menggunakan baut, las lumer dan juga paku keling. Baja merupakan bahan material bangunan yang sangat kuat dan memiliki keunggulan fleksibilitas dibandingkan struktur rangka beton. Baja dapat dibengkokkan tanpa menjadi patah sehingga banyak dipakai pada bangunan tinggi, bila terjadi dorongan akibat terpaan angin kencang maupun goyangan akibat gempa, maka bangunan struktur baja memiliki toleransi lentur yang lebih baik dibanding struktur beton yang kaku. Kelebihan lainnya adalah tidak akan langsung patah atau retak seperti kaca tetapi secara perlahan menjadi bengkok terlebih dahulu. Kegagalan struktur pada rangka baja tidak berlangsung tiba-tiba dan jarang sekali ambruk, baja dalam beberapa kasus menunjukkan kualitas yang lebih baik pada kejadian gempa bumi dibandingkan dengan material bangunan yang lain [7].

Tujuan dari perencanaan struktur menurut spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015) adalah menghasilkan suatu struktur yang stabil, kuat, mampu layan, awet, dan memenuhi tujuan-tujuan lainnya seperti ekonomi dan kemudahan pelaksanaan. Suatu struktur dianggap stabil jika tidak mudah terguling, miring, atau tergeser selama umur rencana bangunan. Resiko terhadap kegagalan struktur dan

hilangnya kemampulayanan selama umur rencana dapat diminimalisir dalam batas-batas yang masih dapat diterima. Saat ini banyak tersedia profil baja yang memungkinkan perencana menaikkan kekuatan bahan pada daerah tegangannya, sehingga tidak perlu memperbesar ukuran dimensi batang [8].

Desain mengenai kekuatan harus dilakukan sesuai dengan ketentuan Desain Faktor Beban dan Ketahanan atau dengan ketentuan Desain Kekuatan Izin [9]. LRFD adalah penelitian yang dilakukan oleh Advisory Task Force yang dipimpin oleh T.V. Galambos. Gagasan Pankham dan Hansell, Galambos dan Revindra dan Wiesner menyajikan formula baru yang diusulkan untuk keadaan batas [10].

B. Analisis Kolom

Kolom adalah elemen penting yang ikut mendukung gaya tekan aksial pada suatu bangunan. Keuntungan pemakaian kolom baja sebagai bahan konstruksi adalah kolom baja memiliki nilai kesatuan yang tinggi per satuan berat, memiliki keseragaman bahan serta memiliki daktilitas yang tinggi. Gaya aksial tekan merupakan gaya yang utama dalam menyebabkan tekuk batang (kolom) [11].

Perhitungan Centre of Gravity pada kolom [3]

Nilai dari Centre of Gravity pada baja profil setengah I dapat dihitung persamaan sebagai berikut:

$$C_x = \frac{(B \cdot \frac{t}{2}) + (\frac{d}{2} - t) t_w \left[\left(\frac{\frac{d}{2} - t}{2} \right) + \right] + (2 \left(1 - \frac{n}{4} \right) r^2 (0,2234 \cdot r + t))}{(B \cdot t) + \left[\left(\frac{d}{2} - t \right) t_w \right] + (2 \left(1 - \frac{n}{4} \right) r^2)}$$

$$Z_x = 0,5 \cdot A \cdot a$$

Cek Z_x terhadap S_x

$$\frac{Z_x}{S_x} = < 1,5 \text{ (Ok)}$$

Cek kekompakan profil

$$\lambda = \frac{b}{2 \cdot t_f}$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Profil Kompak) Badan (Webb)}$$

$$\frac{N_u}{\phi b N_y} = < 0,125 \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{250}} \cdot \left(1 - \frac{2,75 \cdot N_u}{\phi b N_y} \right)$$

$$\frac{665}{\sqrt{f_y}} = 42,06$$

$$\lambda_p = > 42,06$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Maka Profil tersebut kompak)}$$

Cek kapasitas berdasarkan Flange Local Buckling

$$M_n = M_p$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot M_p$$

Sehingga kuat rencana berdasarkan FLB ϕM_n :

$$> M_u \text{ (OK)}$$

Faktor Pembesaran Momen

$$\frac{k_x \cdot L}{I_{r_x}}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A_g}{\left(\frac{kL}{r} \right)^2}$$

$$C_m = 1,0$$

$$\delta = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{N_{cr}}} = 1,001 > 1,0$$

Momen Maksimum Terfaktor

$$M_{ntu} = M_u + M_{itu} = 0$$

$$M_u = \delta_b M_{ntu} + \delta_s M_{itu}$$

Menentukan Parameter Kelangsingan

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{L_k}{r_y} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$C_G = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c}$$

Menentukan $N_u / \phi N_n$

$$N_n = A_g \cdot \frac{f_y}{W}$$

$$\phi N_n = 0,85 \cdot N_n$$

$$\frac{N_u}{\phi N_n}$$

Interaksi aksial momen

Berdasarkan rasio antara beban aksial maksimum profil, dengan mengacu padapasal yang terdapat pada SNI 1726:2002, maka digunakan:

Karena $\frac{N_u}{\phi N_n} > 0,2$ maka SNI mensyaratkan:

$$\frac{N_u}{\phi N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

< 1.0 (profil aman)

C. Analisis Balok

Balok adalah komponen struktur yang memikul beban – beban gravitasi, seperti beban mati dan beban hidup. Diasumsikan bahwa balok tidak akan bengkok karena beberapa elemen yang tertekan tarik seluruhnya dikelilingi oleh sumbu kuat atau sumbu lemah [12].

Perhitungan centre of gravity pada balok [3]

$$C_x = \frac{\left(B \cdot t \cdot \frac{t}{2} \right) + \left(\frac{d}{2} - t \right) t_w \left[\left(\frac{\frac{d}{2} - t}{2} \right) + \right] + (2 \left(1 - \frac{\pi}{4} \right) r^2 (0,2234 \cdot r + t))}{\left(B \cdot t \right) + \left[\left(\frac{d}{2} - t \right) t_w \right] + (2 \left(1 - \frac{\pi}{4} \right) r^2)}$$

$$Z_x = 0,5 \cdot A \cdot a$$

Cek Z_x terhadap s_x

$$\frac{Z_x}{s_x}$$

Cek Kekompakan Profil

$$\lambda = \frac{b}{2 \cdot t_f}$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Profil Kompak)}$$

Cek Kapasitas berdasarkan Flange Local Buckling

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap tekuk lokal pada sayap.

$$M_n = M_p$$

$$= 250 \cdot z_x \cdot 10^6$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot M_n$$

Sehingga kuat rencana berdasarkan FLB $\phi M_n > M_u$ (OK)

Cek kapasitas berdasarkan Local Torsional Buckling

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \text{mm}$$

$$F_1 = 175 \text{ Mpa}$$

$$I_w = \frac{I_y}{2} \cdot \frac{h^2}{2}$$

$$J = \frac{2 \cdot (B \cdot t^3)}{3}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \cdot \sqrt{\frac{E G J A}{2}}$$

$$X_2 = 4 \cdot \left(\frac{S_x}{G J} \right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_y}$$

$$L_r = r_y \frac{X_1}{f_1} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2} \cdot f_1^2}$$

$$L = \text{mm}$$

$$L_p < L < L_r$$

Maka balok merupakan bentang menengah.

Kuat Lentur Nominal pada kondisi Local Torsional Buckling

$$M_n = C_b \cdot \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right] \leq 1,00$$

Simple beam

$$C_b = 1$$

$$M_r = (f_y - f_r) \cdot S_x$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot M_n$$

$$= > M_u$$

Sehingga kuat lentur nominal memenuhi (aman).

Geser

Cek nilai banding h dan t_w

$$\frac{h}{t_w} = < 1,10 \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}}$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$$

Maka :

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w$$

$$\frac{h}{t_w} = < 1,10 \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}}$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot V_n$$

$$\phi V_n > V_u \text{ (Aman)}$$

Lendutan

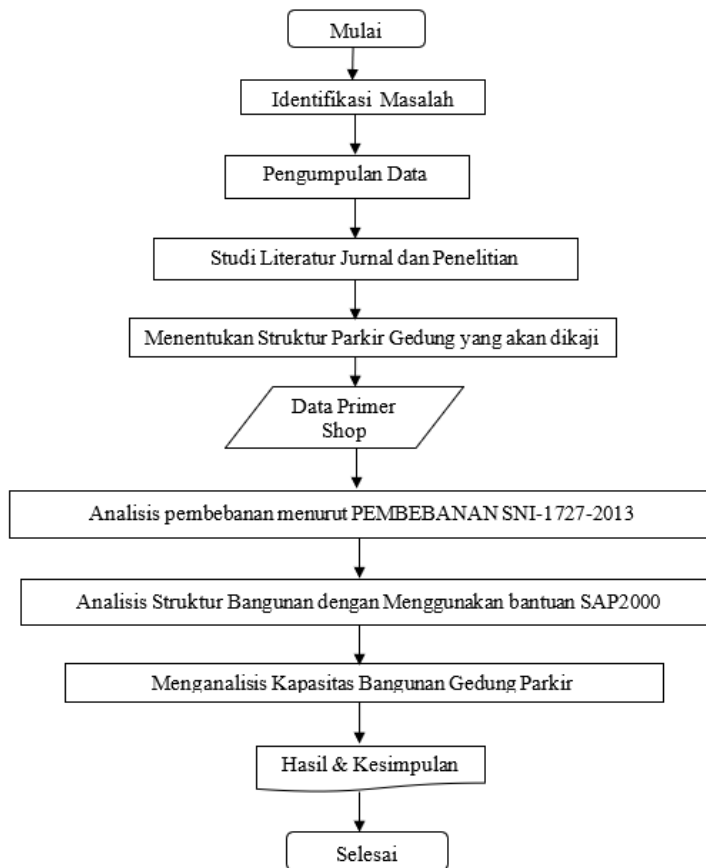
$$\delta_{\text{maks}} = \frac{L}{240} = \text{mm}$$

$$\delta_{\text{maks}} = \text{mm} > \delta$$

D. Metode Penelitian

1. Tahapan Penelitian

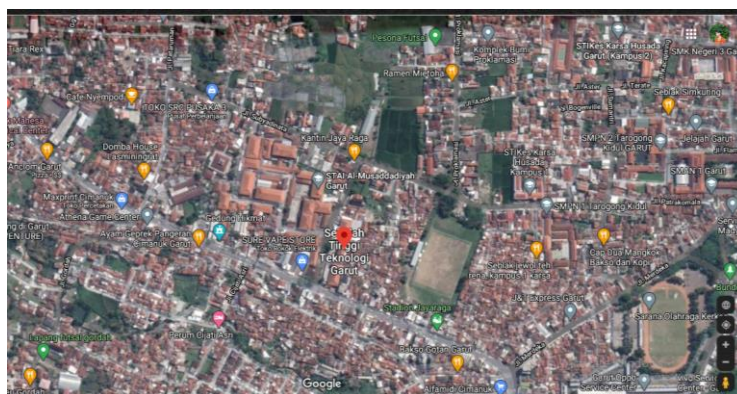
Dalam melaksanakan penelitian perlu adanya perencanaan yang menjadi acuan pengerjaan penelitian mulai dari tahap awal hingga memperoleh hasil. Tahapan Penelitian yang dilakukan dapat diamati pada gambar 3.1.



Gambar 1: Bagan Alir Metode Penelitian

2. Lokasi Penelitian

Lokasi gedung parkir berada di kampus Institut Teknologi Garut.



Gambar 2: Peta Lokasi Gedung Parkir
Sumber: google 2020

3. Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini terdiri dari:

a. Studi literatur

Studi literatur merupakan metode pengumpulan data pustaka dengan pengkajian berbagai sumber tertulis seperti buku, jurnal, artikel, pedoman atau peraturan, laporan penelitian dan lain sebagainya untuk mengumpulkan data yang diperlukan.

b. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung di lapangan dengan pengamatan secara detail dan aktual di lapangan. Data primer yang dikumpulkan untuk skripsi ini adalah berupa foto dokumentasi, dan wawancara langsung dengan perencana gedung parkir dan profil yang digunakan pada struktur baja pada gedung parkir.

4. Analisis Data

Analisis yang dilakukan dalam skripsi ini meliputi dua tahapan yaitu sebagai berikut:

a. Analisis stuktur baja

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kondisi struktur baja yang digunakan pada parkir Institut Teknologi Garut. Data dimensi dan profil baja dipergunakan sebagai bahan pemodelan yang berdasarkan pedoman SNI 03-1729:2002 tentang Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD.

b. Analisis pembebanan pada struktur baja

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh beban terhadap struktur dan untuk mengetahui beban apa saja yang diterima oleh struktur berdasarkan pedoman Pembebanan SNI-1727-2013.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Data Umum

Data umum dari bangunan yang dikaji adalah sebagai berikut:

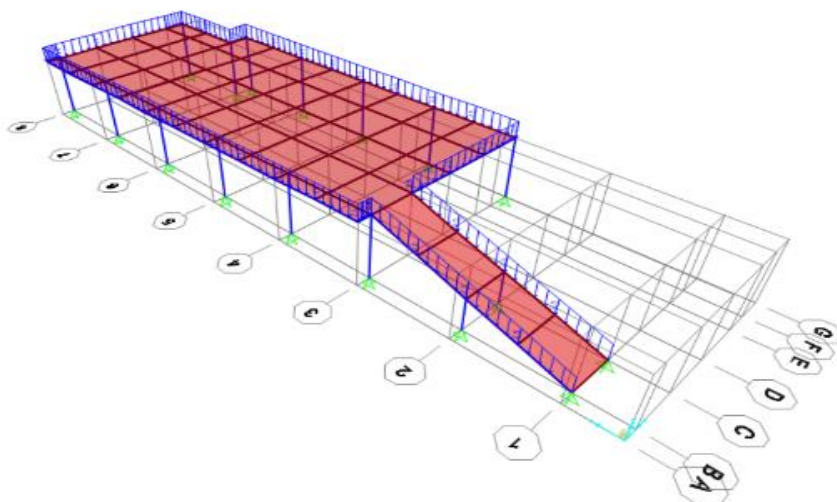
1. Kegunaan Bangunan: Tempat Parkir
2. Tebal plat: 200 mm
3. Profil yang dipakai:
4. Kolom: WF 250.175.7.11 Balok Induk: WF 250.175.7.11 Balok anak: WF 200.150.6.9

B. Pemodelan dan Pembebanan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan software sap2000 (Trial) dengan input data beban sebagai berikut:

1. Berat beton bertulang: 2400 kg/m^3 (24 kN/m^3)
2. Berat Bondeks: $7,4 \text{ kg/m}^2$ ($0,074 \text{ kN/m}^2$)
3. Beban dinding bata: 250 kg/m^2 ($2,5 \text{ kN/m}^2$)
4. Beban rangka baja ringan per m^2 : 12 kg/m^2 ($0,12 \text{ kN/m}^2$)
5. Beban penutup atap spandeks per m^2 : 5 kg/m^2 ($0,05 \text{ kN/m}^2$)
6. Beban hidup: 192 kg/m^2 ($1,92 \text{ kN/m}^2$) sesuai SNI 1727-2013 untuk Garasi/Parkir
7. Beban hidup atap: 96 kg/m^2 ($0,96 \text{ kN/m}^2$)
8. Beban mati (qD):
Beban rangka baja: $12 \times (8 \times 20) = 1920 \text{ kg}$
Beban penutup atap: $5 \times (8 \times 20) = 800 \text{ kg}$
qD: 2720 kg ($27,2 \text{ kN}$)
9. Beban hidup (qL): $96 \times (8 \times 20) = 15360 \text{ kg}$ ($153,6 \text{ kN}$)
10. Beban atap terfaktor satu titik:
qD : $2720/6 = 453,33 \text{ kg}$ ($4,534 \text{ kN}$)
qL : $15360/6 = 2260 \text{ kg}$ ($22,6 \text{ kN}$)

Dengan model bangunan sebagai berikut:



Gambar 3: Pemodelan Dengan SAP2000

C. Output Pemodelan Analisis SAP2000

Tabel 1: Perhitungan Analisis Sap2000

TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	Vu	V3	T	M2	Mu	FrameElem	ElemStation
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m
B19	0	1,2D+1,6L	Combination	-0.172	0.153	-0.038	-5.99E-05	-0.0077	26.9939	B19-1	0
B36	1	1,2D+1,6L	Combination	1.054	81.763	-0.692	0.1459	0.1018	51.8327	B36-3	0.2
K10	3.5	1,2 D+1,6L	Combination	-128,17	10,84	0,641	0	-2.2433	37.9668	K10-1	3.5

D. Perhitungan Balok

Dalam menentukan data-data profil maka digunakan tabel profil baja (dalam skripsi ini digunakan tabel profil kontruksi baja Ir. Rudy Gunawan), diketahui data profil sebagai berikut:

$A_g = 5624 \text{ mm}^2$ $H = 250 \text{ mm}$ $I_x = 61200000 \text{ mm}^4$ $B = 175 \text{ mm}$ $I_y = 9840000 \text{ mm}^4$ $T_w = 7 \text{ mm}$ $S_x = 502000 \text{ mm}^3$ $T_f = 11 \text{ mm}$ $S_y = 113000 \text{ mm}^3$ $r_x = 104 \text{ mm}$ $r_y = 418 \text{ mm}$ $r = 16 \text{ mm}$ $M_u = 26,99 \text{ kN.m}$ $V_u = 81,76 \text{ kN.m}$ $q_L = 22,6 \text{ kN kN.m}$

Material baja (berdasarkan data perencanaan) bj – 41
 $F_y = 250 \text{ Mpa}$ $E = 200000 \text{ Mpa}$ $G = 80000 \text{ Mpa}$ $F_r = 70 \text{ Mpa}$ $L = 4000 \text{ mm}$

Perhitungan centre of gravity

$$C_x = 20,36 \text{ mm}$$

$$Z_x = 588495,36$$

Cek z_x terhadap s_x

Berdasarkan SK SNI 03 - 1729 – 2002 tentang “Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung” Disebutkan bahwa Kuat lentur plastis M_p momen lentur yang menyebabkan seluruh penampang mengalami tegangan leleh harus diambil yang lebih kecil dari $Z f_y$ atau $1,5 M_y$, dan Z adalah modulus penampang plastis, berikut perhitungannya :

$$\frac{Z_x}{S_x} = 1,17 < 1,5 \text{ (Ok)}$$

Cek kekompakan profil

Dalam langkah perhitungan struktur profil baja langkah awal yaitu menentukan rasio batas kekompakan guna

mengetahui profil tersebut telah kompak, tidak kompak ataupun langsing, kekompakan dibutuhkan sebagai informasi awal terhadap perlakuan cara perhitungan profil tersebut), berikut perhitungannya:

$$\begin{aligned}\lambda &= 6,81 \\ \lambda_p &= 10,75 \\ \lambda_r &= 27,56 \\ \lambda &< \lambda_p \text{ (Profil Kompak)}\end{aligned}$$

Cek Kapasitas Berdasarkan Lokal Pada Sayap

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap tekuk lokal pada sayap, berikut perhitungannya:

$$\begin{aligned}M_n &= M_p \\ &= 147,12 \text{ kN.m} \\ \phi M_n &= 132,41 \text{ kN.m} \\ \text{Sehingga kuat rencana berdasarkan FLB } \phi M_n &: \\ 132,41 \text{ kN.m} &> 26,99 \text{ kN.m (OK)}\end{aligned}$$

Cek kapasitas berdasarkan Tekuk Torsi Lokal

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap tekuk torsi lokal (Local Torsional Buckling), berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned}L_p &= 2080,2 \text{ mm} \\ F_l &= 175 \text{ Mpa} \\ I_w &= 0,153 \times 10^{12} \\ J &= 155283,33 \text{ mm}^4 \\ X_1 &= 16533,16 \\ X_2 &= 0,00010156267 \\ L_r &= 9166,1 \text{ mm} \\ L &= 4000 \text{ mm} \\ L_p &< L < L_r\end{aligned}$$

Maka balok merupakan bentang menengah.

Kuat Lentur Nominal pada kondisi Local Torsional Buckling

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap tekuk torsi lokal yang dipengaruhi oleh gaya Momen yang bekerja, berikut perhitungannya:

$$\begin{aligned}M_n &= C_b \cdot \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right] \leq 1,00 & M_r &= (f_y - f_r) \cdot s_x = 903,6 \text{ kN.m} \\ \text{Simple beam} & & M_n &= 352,1 \text{ kN.m} \\ C_b &= 1 \emptyset & M_n &= 316,89 \text{ kN.m} > M_u 26,99 \text{ kN.m}\end{aligned}$$

Sehingga kuat lentur nominal memenuhi (aman).

Geser

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap gaya geser yang bekerja, yaitu gaya yang bekerja tegak lurus terhadap bidang profil (gaya lintang), berikut perhitungannya :

Cek nilai banding h dan tw

$$\begin{aligned}\frac{h}{t_w} &= 35,71 \\ K_n &= 5 \\ 1,10 &= 69,57\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}V_n &= 0,6 \cdot F_y \cdot A_w = 239,400 \text{ kN} \\ \phi V_n &= 264,06 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\frac{h}{t_w} = 35,71 < 1,10 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} = 69,57$$

$$\phi V_n = 264,06 > 81,76 \text{ kN.m (Aman)}$$

Lendutan

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap lendutan yang terjadi, hanya beban hidup saja untuk memeriksa syarat lendutan dipertimbangkan, berikut perhitungannya :

$$\delta = 2,61 \text{ mm} \quad \delta_{\text{maks}} = 16,67 \text{ mm} \quad \delta_{\text{maks}} = 16,67 \text{ mm} > \delta = 2,61 \text{ mm} (\text{Aman})$$

E. Perhitungan Kolom

Langkah selanjutnya yaitu perhitungan kolom, dalam hal ini beberapa hal yang diperlukan adalah data-data profil yang diperoleh dari tabel baja serta data-data perhitungan. Dalam jurnal ini digunakan tabel profil konstruksi baja Ir. Rudy Gunawan, diketahui data profil sebagai berikut:

$$A_g = 5624 \text{ mm}^2 \quad H = 250 \text{ mm} \quad I_x = 61200000 \text{ mm}^4 \quad B = 175 \text{ mm} \quad I_y = 9840000 \text{ mm}^4 \quad T_w = 7 \text{ mm} \quad S_x = 502000 \text{ mm}^3 \quad T_f = 11 \text{ mm} \quad S_y = 113000 \text{ mm}^3 \quad r_x = 104 \text{ mm} \quad r_y = 41,8 \text{ mm} \quad r = 16 \text{ mm} \quad P_u = 278,4 \text{ kN.m} \quad M_u = 2,23 \text{ kN.m} \quad V_u = 10,84 \text{ kN} \quad q_L = 22,6 \text{ kN}$$

Material Baja (Berdasarkan Data Perencanaan) : Material=BJ -41

$$F_y = 250 \text{ Mpa} \quad E = 200000 \text{ Mpa} \quad G = 80000 \text{ Mpa} \quad f_r = 70 \text{ MPa} \quad L = 3000 \text{ mm} \quad k_c = 0,8 (\text{Tumpuan Jepit-Sendi})$$

Panjang bentang, $L = 3 \text{ m}$

Perhitungan Centre of Gravity

Nilai dari Centre of Gravity pada baja profil setengah I dapat dihitung persamaan sebagai berikut:

$$C_x = 20,36 \text{ mm} \quad Z_x = 588495,36$$

Cek Z_x terhadap S_x

Berdasarkan SK SNI 03 - 1729 - 2002 tentang "Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung" bahwa Kuat lentur plastis M_p momen lentur yang menyebabkan seluruh penampang mengalami tegangan leleh harus diambil yang lebih kecil dari Z_f atau $1,5 M_y$, dan Z adalah modulus penampang plastis, berikut perhitungannya :

$$\frac{Z_x}{S_x} = 1,17 < 1,5 (\text{Ok})$$

Cek kekompakan profil

Langkah pertama dalam perhitungan pada profil baja yaitu menentukan batas kekompakan profil tersebut, perhitungannya meliputi batas kelangsingan pada Sayap (Flange) dan pada badan (Web) profil tersebut berdasarkan persamaan berikut perhitungannya :

$$\lambda = 6,81 \quad \lambda_p = 106,25 > 42,06$$

$$\lambda_p = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p (\text{Profil Kompak})$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = 35,71$$

$$\frac{N_u}{\phi b N_y} = 0,0085 < 0,125$$

$$\lambda_p = 106,25$$

$$\frac{665}{\sqrt{f_y}} = 42,06$$

$$\lambda < \lambda_p (\text{Maka Profil tersebut kompak})$$

Cek Kapasitas Berdasarkan Tekuk Lokal Pada Sayap

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap tekuk lokal pada sayap berikut perhitungannya:

$$M_n = M_p = 147,12 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 132,4 \text{ kN.m}$$

Sehingga kuat rencana berdasarkan FLB ϕM_n :

$$132,4 \text{ kN.m} > 2,23 \text{ kN.m} (\text{OK})$$

Faktor Pembesaran Momen

Untuk memperoleh perhitungan yang memenuhi standar keamanan, maka dilakukan proses pembesaran

momen sesuai dengan pasal-pasal yang terdapat pada SNI 1726:2002, berikut perhitungannya:

$$\frac{k_x \cdot L}{I_{rx}} = 23,1 \quad \delta = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{N_{cr}}} = 1,001 > 1,0 \quad N_{cr} = 20783115,16 \text{ Kn} \quad C_m = 1,0$$

Momen Maksimum Terfaktor

Untuk memperoleh perhitungan yang memenuhi standar keamanan, maka dilakukan proses pemfaktoran momen maksimum sesuai dengan pasal-pasal yang terdapat pada SNI 1726:2002, berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} M_{sntu} &= 2,23 \text{ kN.m} + M_{itu} = 0 \\ M_u &= \delta_b M_{ntu} + \delta_s M_{itu} \\ &= 2,23 + 0 \\ &= 2,23 \end{aligned}$$

Menentukan Parameter Kelangsingan

Untuk memperoleh perhitungan yang memenuhi standar keamanan, perlu dilakukan proses penentuan parameter kelangsingan profil sesuai dengan pasal-pasal yang terdapat pada SNI 1726:2002, berikut perhitungannya :

$$\lambda_c = 0,64 \quad \phi = 1,22$$

Menentukan $N_u / \phi N_n$

Untuk mengetahui tingkat keamanan, perlu dilakukan proses penentuan rasio antara beban aksial maksimum profil, berikut perhitungannya

$$N_n = 1152,45 \text{ kN} \quad \phi N_n = 979,56 \text{ kN} \quad \frac{N_u}{\phi N_n} = 0,3 > 0,2$$

Interaksi aksial momen

Berdasarkan rasio antara beban aksial maksimum profil, dengan mengacu pada pasal yang terdapat pada SNI 1726:2002, maka digunakan:

Karena $\frac{N_u}{\phi N_n} > 0,2$ maka SNI mensyaratkan :

$$\frac{N_u}{\phi N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0 \quad 0,3 + \frac{8}{9} \left(\frac{2,23}{132,4} \right) = 0,01 \leq 1.0$$

< 1.0 (profil aman)

Jadi profil WF 250.175.7.11 mencukupi untuk memikul beban-beban tersebut, sesuai dengan desain LRFD.

Rekapitulasi Hasil Perhitungan

Tabel 2: Rekapitulasi hasil perhitungan

No	Frame	Metode perhitungan	Hasil perhitungan	FK	Ket.
1.	Balok	1. Cek zx terhadap sx	$\frac{Z_x}{S_x} = 1,17$	< 1,5	OK
		2. Cek kekompakan profil	$\lambda = 6,81$	< λ_p > M_u	OK OK
		3. Cek kapasitas berdasarkan tekuk lokal pada sayap	$\phi M_n : 132,41 \text{ kN.m}$		
		4. Cek kapasitas berdasarkan tekuk torsi lokal	$\phi M_n : 316,89 \text{ kN.m}$	> M_u	OK
		5. Geser	$\phi V_n = 264,06$	> V_u	OK
		6. Lendutan	$\delta_{maks} = 16,67 \text{ mm}$	> δ	OK
2.	Kolom	1. Cek zx terhadap sx	$\frac{Z_x}{S_x} = 1,17$	< 1,5	OK
		2. Cek kekompakan profil	$\lambda = 6,81$	< λ_p	OK
		3. Cek kapasitas berdasarkan tekuk lokal pada sayap	$\phi M_n : 132,4 \text{ kN.m}$	> M_u	OK
		4. Interaksi aksial momen	0,01	< 1.0	OK

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada balok dan kolom secara manual maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

1. Untuk balok dengan profil WF 250.175.7.11 dengan M_u sebesar 26,99 kN.m V_u sebesar 81,76 kN Setelah dilakukan proses perhitungan maka diketahui bahwa semua balok eksisting gedung struktur baja Institut Teknologi Garut dikategorikan aman untuk menahan gaya-gaya yang bekerja.
2. Untuk balok dengan profil WF 250.175.7.11 dengan M_u sebesar 2,23 kN.m dan V_u sebesar 10,84 kN Setelah dilakukan proses perhitungan maka diketahui bahwa semua kolom eksisting gedung struktur baja Institut Teknologi Garut dikategorikan aman untuk menahan gaya-gaya yang bekerja.

B. Saran

Pada proses analisis struktur baja gedung parkir Institut Teknologi Garut diperoleh hasil bahwa seluruh profil yang digunakan aman dalam memikul beban yang bekerja akan tetapi profil yang digunakan pada setiap kolom dan balok bisa dikatakan boros, oleh karena itu perencana diharapkan telah memiliki feeling engineering dan pengetahuan tentang perhitungan struktur secara tepat.

Namun dapat disarankan apabila dilakukan analisis ulang mengenai struktur baja pada parkir gedung Institut Teknologi ini, diharapkan peneliti dapat menentukan data-data perencanaan secara tepat dan gunakan Standar Nasional Indonesia mengenai perencanaan struktur yang terbaru.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. S. Empung, Iman H., "Perencanaan Gedung Parkir Motor Dari Kontruksi Baja Dengan Pelat Komposit 3 Lantai Di Universitas Siliwangi Tasikmalaya," *Akselerasi J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 42–51, 2020.
- [2] S. Soehartono, "Perencanaan Gedung Parkir Sepeda Motor 3 Lantai Dari Kontruksi Beton Di Universitas Pandanaran," *Neo Tek.*, vol. 4, no. 1, 2018, doi: 10.37760/neoteknika.v4i1.1066.
- [3] I. K. Arianta, "Analisis Struktur Portal Baja Bertingkat Gedung Pusat Kesehatan Ummat Muhammadiyah Sumbawa Besar," vol. 1, no. September, 2018, doi: 10.31227/osf.io/g3jmk.
- [4] E. Agus Setiawan, Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD, "ufvs umxnuJs WNiuUfcl," 2008.
- [5] B. Z. Muharani, "Gedung Parkir Di Kawasan Gajah Mada," *J. Online Mhs. Arsit. Univ. Tanjungpura*, vol. 6, no. 1, pp. 331–343, 2018.
- [6] B. Castellated and B. Dan, "MODIFIKASI GEDUNG PARKIR DAN KANTOR KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE PLANNING MODIFICATION OF OFFICE BUILDING AND PARKING PT PELINDO II BY USING STRUCTURE CASTELLATED STEEL BEAM AND," 2016.
- [7] A. C. Santina, S. Zuraidah, and B. Hastono, "Optimalisasi Profil Baja IWF Pada Konstruksi Bangunan Parkir Sepeda Motor 4 Lantai (Studi Kasus Gedung Spazio Tower 2, Surabaya)," *Ge-STRAM J. Perenc. dan Rekayasa Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 72–79, 2018, doi: 10.25139/jprs.v1i2.1145.
- [8] T. Lantai and D. I. Pontianak, "(1) , 2) , 2)."
- [9] BSN, "SNI 1729:2020 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural (ANSI/AISC 360-16, IDT) ICS 91.080.10; 91.120.25," no. 8, p. 311, 2020.
- [10] S. 03-1729, "Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung," *Tata Cara Perenc. Strukt. Baja Untuk Bangunan Gedung*, p. 215, 2002.
- [11] K. Pengantar, "Universitas Sumatera Utara."
- [12] M. Kuliah, "Balok Lentur."