

Re-Disain Profil Baja Pada Sistem Portal *Frame* Bangunan Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi

^{*)} Dadang Dwi Pranowo^{1,2}, Enny Widawati³, Anthon deFretes⁴

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

²Politeknik Negeri Banyuwangi

³Program Studi Teknik Industri, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

⁴Program Studi Teknik Mesin, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

^{*)}Email: dadang.202204070094@student.atmajaya.ac.id

ABSTRACT

Laboratories are generally used for experiments, measurements, lectures, research or scientific research. To support lecture activities, the Civil Engineering Department of Banyuwangi State Polytechnic has built a Road and Bridge Engineering Technology Laboratory building in 2021. The laboratory building's structural system is in the form of a portal frame using IWF profile steel material. In the planning stage, the main column dimensions used are the IWF 200.100.7.10 profile, while the rafter trusses use IWF 150.75.5.5.9.5. The obstacle that occurred during the construction implementation stage was the availability of profile steel material at the work site. The contractor proposes changes to the IWF profile design for column elements and trusses according to the availability of profile steel on the market. The purpose of redesigning steel profiles is to determine the safety and reliability of building structures against workloads. The method used is modeling using computer applications. The design of steel profiles is based on SNI 03-2847-2002 and SNI 03-1726-2012 Procedures for Designing Earthquake Resistance for Buildings. The results of the analysis are column compressive stress (σ_x) of 360.69 kg/cm² and (σ_y) of 2,392.16 kg/cm². This value is smaller than the allowable stress of 2,500 kg/cm². The deflection value of the steel profile for the truss element is 2.39 cm. This condition meets the allowable deflection of 2.83 cm. Steel profiles IWF 200.100.5.5.8 and IWF 150.75.5.7 have sufficient strength and can be used as structural materials.

Keywords: laboratory, redesign, profile steel, sawhorses

ABSTRAK

Laboratorium pada umumnya digunakan untuk kegiatan percobaan, pengukuran, perkuliahan, penelitian atau riset ilmiah. Untuk menunjang kegiatan perkuliahan, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi telah membangun gedung Laboratorium Teknologi Rekayasa Jalan dan Jembatan pada tahun 2021. Sistem struktur bangunan laboratorium berupa portal frame menggunakan material baja profil IWF. Tahap perencanaan dimensi kolom utama yang digunakan yaitu profil IWF 200.100.7.10 sedangkan kuda-kuda rafter menggunakan IWF 150.75.5.5.9.5. Kendala yang terjadi saat tahap pelaksanaan konstruksi yaitu ketersediaan bahan baja profil di lokasi pekerjaan. Kontraktor mengajukan perubahan disain profil IWF untuk elemen kolom dan kuda-kuda sesuai ketersediaan baja profil dipasaran. Tujuan re- disain baja profil untuk mengetahui keamanan dan kehandalan struktur bangunan terhadap beban kerja. Metode yang digunakan adalah pemodelan menggunakan aplikasi komputer. Perancangan baja profil didasarkan pada SNI 03-2847-2002 dan SNI 03-1726- 2012 Tata Cara Perancangan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. Hasil analisis yaitu tegangan tekan kolom (σ_x) sebesar 360,69 kg/cm² dan (σ_y) sebesar 2.392,16 kg/cm². Nilai tersebut lebih kecil dari tegangan ijin sebesar 2.500 kg/cm². Nilai lendutan profil baja untuk elemen kuda-kuda sebesar 2,39 cm. Kondisi ini memenuhi lendutan ijin sebesar 2,83 cm. Profil baja IWF 200.100.5.5.8 dan IWF 150.75.5.7 mempunyai kekuatan yang cukup dan dapat digunakan sebagai material struktur.

Kata kunci: laboratorium, re-disain, baja profil, kuda-kuda

1. PENDAHULUAN

Laboratorium merupakan tempat untuk melaksanakan percobaan, pengukuran, penelitian atau riset ilmiah yang berhubungan dengan ilmu sains (kimia, fisika, biologi) dan ilmu-ilmu lainnya. Laboratorium juga digunakan untuk mengaplikasikan teori keilmuan, pengujian teoritis, pembuktian ujicoba, penelitian dan sebagainya dengan menggunakan alat bantu yang menjadi kelengkapan dari fasilitas dengan kuantitas dan kualitas yang memadai. Sebuah laboratorium bisa berupa ruangan yang tertutup seperti kamar atau ruangan terbuka seperti kebun dan lain-lain. Secara fisik gedung laboratorium merujuk pada ruangan tertutup, kamar atau ruangan terbuka. Laboratorium juga harus dilengkapi dengan berbagai sarana prasarana untuk kebutuhan percobaan. Pada tahun 2021, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi telah melaksanakan pembangunan gedung laboratorium untuk menunjang kegiatan perkuliahan mahasiswa dan penelitian dosen. Pada tahapan perencanaan, sistem struktur yang digunakan adalah portal *frame* dengan bahan material baja profil IWF. Pertimbangan pemilihan material baja dikarenakan untuk mempercepat durasi waktu pelaksanaan konstruksi. Berdasarkan data perencanaan, akan digunakan profil baja IWF 200.100.7.10 untuk elemen struktur kolom. Sedangkan IWF 150.75.5.5.9.5 dipakai untuk kuda-kuda rafter. Saat tahap pelaksanaan pekerjaan konstruksi, kontraktor mengalami kendala ketersediaan baja profil dilokasi pekerjaan. Dengan demikian, maka diusulkan profil baja pengganti yaitu IWF 200.100.5.5.8 untuk elemen kolom dan IWF 150.75.5.7. Berdasarkan

kondisi ini maka dibutuhkan pemodelan ulang dan analisa struktur menggunakan dimensi baja profil yang baru. Sehingga selanjutnya akan diketahui tingkat keamanan dan keandalan struktur portal *frame* baja tersebut.

2. LANDASAN TEORI

Tinjauan umum

Kebutuhan bangunan laboratorium dengan bahan baja profil saat ini menjadi meningkat. Salah satu penyebabnya yaitu perkembangan pasar retail yang semakin bertambah. Selain itu tuntutan durasi masa pelaksanaan pekerjaan yang lebih cepat terutama untuk proyek pemerintah. Konstruksi baja umumnya menggunakan struktur jenis baja dengan profil pipa, kanal C (*Channel*), dan I/WF (*Wide Flange*). Dengan demikian dibutuhkan bangunan baja yang dapat mengakomodir keperluan ini dengan stabil, kuat, mampu layan, awet, ekonomis dan mudah dalam pelaksanaan.

Material baja

Baja merupakan bahan bangunan yang sering digunakan dan terus berkembang pesat. Keuntungan baja adalah kekuatan dan pelaksanaan pengerjaannya lebih cepat sehingga diminati untuk bahan konstruksi baik struktur gedung maupun jembatan. Material baja sebagai elemen struktural yang dapat mempengaruhi sifat-sifat mekanis baja sebagai bahan konstruksi diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya, sifat tariknya, dan metode pembuatannya seperti baja karbon (*carbon steel*), baja kekuatan tinggi rendah alumunium (*high-strength low-alloy*) HSLA, baja karbon dengan perlakuan panas (*heat-treated carbon steel*), dan baja alumunium konstruksi perlakuan panas (*heat-treated constructional alloy steel*).

Sifat mekanis baja

Sifat mekanis baja penting dalam penentuan kekuatan baja dalam menerima beban. Sifat mekanis suatu bahan adalah kemampuan setiap bahan dalam memberikan perlawanan terhadap beban. Sifat mekanis baja struktural diperlukan dalam setiap perencanaan bangunan meliputi tegangan leleh, tegangan putus (tegangan ultimit), modulus elastisitas, modulus geser, nisbah *Poisson*, serta koefisien pemuaian. Pada SNI 03-1729-2002, karakteristik mekanis beberapa mutu baja yang beredar di pasaran dijelaskan pada Tabel 2.1. Dengan nilai tegangan leleh (f_y) dan tegangan putus (f_u) yang tidak boleh melebihi nilai yang telah ditetapkan pada Tabel 1. Nilai mekanis yang secara umum akan dijelaskan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Sifat Mekanis Baja Berdasarkan Mutunya

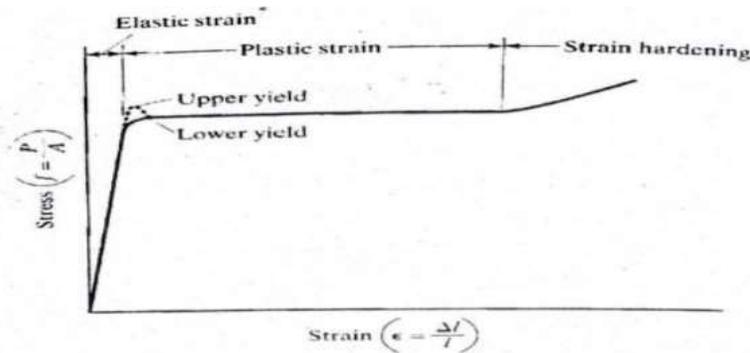
Jenis baja	Tegangan putus minimum, f_u (MPa)	Tegangan leleh minimum, f_y (MPa)	Regangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Tabel 2. Sifat Mekanis Baja Struktural Secar Umum

Sifat mekanis	Simbol	Nilai	Satuan
Modulus elastisitas	E	200.000	MPa
Modulus geser	G	80.000	MPa
Nisbah poisson	μ	0,3	-
Koefisien pemuaian	α	12×10^{-6}	/°C

Karakteristik tarik baja

Karakteristik atau sifat material akan sangat diperlukan agar dapat memahami perilaku dari setiap struktur baja. Diagram tegangan-regangan akan dapat memberikan informasi berharga untuk memahami bagaimana perilaku baja pada kondisi tertentu. Uji tekan pada baja struktur jarang digunakan karena titik leleh dan modulus elastisitas yang diperoleh dari pengujian tarik dan tekan mempunyai nilai yang hampir sama. Diagram tersebut digambarkan pada Gambar 1. Merupakan grafik hubungan antara tegangan-regangan baja tipikal untuk baja struktural dengan kadar karbon yang rendah pada temperatur ruang. Berdasarkan grafik tersebut, terdapat beberapa kondisi di antaranya adalah elastisitas plastis serta *strain-hardening*.



Gambar 1. Grafik Tegangan-Regangan Baja Tipikal untuk Baja Struktural dengan Kadar Karbon Rendah pada Temperatur Ruang.

- a. Pembatasan kelangsingan berdasarkan SNI 1729:2020, menjelaskan bahwa komponen struktur sesuai tarik rasio kelangsingan L/r disarankan nilainya tidak lebih dari 300, dengan L merupakan panjang batang yang mengalami tarik, dan r merupakan jari-jari girasi minimum suatu penampang.

- b. Tahanan Nominal Tarik

Ada tiga jenis keruntuhan yang mungkin akan terjadi pada batang tarik, yaitu diantaranya sebagai berikut:

1. Keruntuhan leleh, dimana keruntuhan terjadi pada batang tarik yang berada pada daerah yang jauh dari sambungan sehingga yang dapat menentukan adalah luas penampang *bruto* (atau tanpa pengurangan luas akibat lubang baut).
2. Keruntuhan fraktur, dimana keruntuhan terjadi pada sambungan, yang ditentukan oleh luas penampang *netto* akibat adanya pengurangan luas akibat lubang baut pada daerah sambungan.
3. Keruntuhan geser blok, dimana keruntuhan terjadi akibat adanya daerah sambungan yang sobek pada elemen pelat (baik elemen pelat penyambung atau pelat profil yang disambung) yang akan mengalami tarik.

Berdasarkan SNI 1729:2020 pada metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) kekuatan tarik desain, $\phi_t P_n$ dari komponen struktur tarik harus nilai terendah yang diperoleh berdasarkan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang *bruto* dan keruntuhan tarik pada penampang *netto*.

$$P_u \leq \phi_t P_n$$

Keterangan: P_u = Gaya tarik aksial terfaktor (N), P_n = Tahanan nominal penampang (N), ϕ_t = Faktor tahanan tarik

Besarnya nilai ϕ_t dan P_n ditentukan sebagai berikut:

1. Untuk keruntuhan leleh pada penampang *bruto*:

$$P_n = F_y A_g$$

Keterangan: $\phi_t = 0,9$; A_g = Luas *bruto* dari komponen struktur (mm²); F_y = Tegangan leleh minimum yang disyaratkan (MPa)

2. Untuk keruntuhan fraktur pada penampang *netto*:

$$P_n = F_u A_e$$

Keterangan: $\phi_t = 0,9$; A_e = Luas *netto* efektif (mm²); F_u = Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan (MPa)

- c. Luas *Netto*

Luas *netto* (A_n) merupakan luas penampang yang setelah dikurangi dengan luas lubang baut. Untuk komponen struktur tanpa lubang (misalnya: sambungan las) maka $A_n = A_g$. Perhitungan luas penampang *netto* dipengaruhi oleh konfigurasi lubang baut terhadap potongan melintang pada penampang. Ada dua konfigurasi mengenai konfigurasi baut, yaitu sebagai berikut:

1. Lubang baut segaris

$$A_n = A_g - n \times d \times t$$

Keterangan: A_n = Luas penampang *netto* (mm²), A_g = Luas penampang *bruto* (mm²), n = Jumlah baut segaris, d = Diameter lubang baut (mm), t = Tebal penampang (mm)

2. Baut Tidak Segaris (*Staggered*)

$$A_n = A_g - n \times d \times t + \sum \frac{s^2 t}{4g}$$

Keterangan: A_n = Luas penampang *netto* (mm²), A_g = Luas penampang *bruto* (mm²), n = Jumlah baut segaris, d = Diameter lubang baut (mm), diambil 1/16 in., (2 mm) lebih dari diameter baut, t = Tebal penampang (mm), s = Jarak antar baut dalam arah sejajar gaya (mm), g = Jarak antar baut dalam arah tegak lurus gaya (mm)

d. Luas *Netto* Efektif

Luas *netto* efektif dari komponen struktur tarik harus ditentukan berdasarkan:

$$A_e = A_n U$$

Dimana: U = faktor *shear lag* yang dapat ditentukan berdasarkan Tabel D3.1 SNI 1729:2020 (lampiran), yang beberapa dijelaskan sebagai berikut:

1. Semua komponen tarik beban tariknya disalurkan secara langsung ke setiap elemen profil yang melintang dengan sambungan las, maka $U = 1$
2. Semua komponen tarik, kecuali pada pelat dan profil struktur berongga (PSR) beban tariknya disalurkan ke beberapa tapi tidak semua dari elemen profil yang melintang melalui pengencang atau las longitudinal dalam kombinasi dengan las transversal, maka: $U = 1 - \tilde{x}l$, di mana \tilde{x} adalah eksentrisitas sambungan atau jarak titik berat penampang ke sambungan (mm).
3. Semua komponen struktur tarik beban tariknya hanya disalurkan melalui las transversal ke beberapa tetapi tidak semua elemen profil melintang, $U = 1$
4. Pelat, siku, kanal, T dan profil WF yang memiliki elemen sambung beban tarik disalurkan hanya melalui las longitudinal, maka $U = 3l_2/3l_2 + w_2 (1 - \tilde{x}l) \times l$

e. Geser Blok (*Block Shear*)

Keruntuhan yang mekanismenya merupakan kombinasi antara geser dengan tarik serta melewati lubang - lubang baut pada komponen struktur tarik disebut dengan kekuatan geser blok. Kekuatan geser blok umumnya terjadi pada sambungan baut terhadap pelat badan yang tipis pada komponen struktur tarik. Keruntuhan umumnya dijumpai pada sambungan pendek, yaitu pada sambungan dengan menggunakan dua baut atau kurang pada garis yang searah dengan bekerjanya suatu gaya. Pada keruntuhan geser blok memiliki dua bidang keruntuhan, yaitu bidang yang mengalami gaya geser, di mana bidang sejajar dengan arah gaya dan bergerak di sepanjang baut serta bidang tarik yang tegak lurus terhadap gaya tarik yang bekerja pada sambungan. Sesuai dengan desain LRFD berdasarkan SNI 1729:2020, maka syaratnya kekuatan batasnya adalah:

$$R_u \leq \phi R_n$$

Keruntuhan geser blok merupakan penjumlahan antara tarik leleh (atau tarik fraktur) dengan geser fraktur (atau geser leleh). Dengan tahanan nominal ditentukan oleh:

$$R_n = 0,6 \times F_u \times A_{nv} + U_{bs} \times F_u \times A_{nt} \leq 0,6 \times F_y \times A_{gv} + U_{bs} \times F_u \times A_{ntA}$$

Keterangan: R_u = Gaya tarik aksial terfaktor yang terjadi pada sambungan (N), $\phi = 0,75$; R_n = Kekuatan nominal dari sambungan (N), F_u Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan (MPa), F_y = Tegangan leleh minimum yang disyaratkan (MPa), A_{nv} = Luas *netto* elemen yang menahan gaya geser (mm²), A_{nt} = Luas *netto* elemen menahan gaya tarik (mm²), A_{gv} = Luas *bruto* elemen menahan gaya geser (mm²), ϕ = Faktor ketahanan = 0,75 ; $U_{bs} = 1$, bila tegangan tarik rata, $U_{bs} = 0,5$, bila tegangan tarik tidak rata

Karakteristik geser baja

Tegangan geser dengan regangan geser memiliki perbandingan pada kondisi elastis yang disebut dengan modulus geser G . berdasarkan teori elastis, nilai dari modulus tersebut berhubungan erat dengan modulus elastis E dan *Poisson's ratio* ν , di mana:

$$G = E / (2 (1 + \nu))$$

Di mana nilai minimum G adalah 11 x 103 ksi. *Poisson's ratio* merupakan rasio antara regangan transversal dengan regangan longitudinal akibat beban. Rasio ini memiliki nilai yang sama disetiap baja struktur, yaitu 0,3 pada daerah elastis dan 0,5 di daerah plastis. Sedangkan untuk tegangan leleh pada kondisi geser memiliki nilai 0,57 kali tegangan leleh tariknya. Kuat geser atau tegangan geser pada saat reruntuhan di kondisi beban geser nilainya bisa $\frac{2}{3}$ sampai dengan $\frac{3}{4}$ dari kuat tarik baja.

Karakteristik tekan baja

Batang tekan ditunjukkan untuk struktur komponen yang memikul beban terpusat (sentral) pada titik berat penampangnya. Aplikasi batang tekan ini dapat dijumpai pada struktur rangka batang serta struktur kolom yang menerima gaya aksial tekan saja. Akan tetapi, realita di lapangan umumnya dapat ditemukan eksentrisitas yang disebabkan beberapa hal, misalnya ketidaklurusan batang, ketidaktepatan pembebanan maupun kekekangan pada tumpuan yang dapat menimbulkan momen. Momen yang memiliki nilai relative kecil dapat diabaikan, maka prosedur desain batang tekan dapat diaplikasikan (Dewobroto, 2016). Di lapangan, batang tekan berupa profil tunggal maupun bersusun yang terdiri dari dua atau bahkan lebih dari profil tunggal.

Persyaratan peraturan gempa SNI 1726:2019

Resiko gempa maksimum MCER dapat diambil berdasarkan periode ulang sekitar 2.500 tahun ataupun menggunakan ekuivalen gempa yang kemungkinannya terlampaui besarnya sejauh umur struktur tersebut pada 50 tahun yaitu 2%.

Kategori desain seismik

Struktur harus memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti aturan – aturan yang ada di SNI. Struktur yang memiliki kategori resiko I, II, atau III berlokasi di mana parameter respon spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_I , yang nilainya lebih besar atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai kategori desain seismik E. sedangkan kategori desain seismik F merupakan struktur yang berkategori resiko IV berlokasi di mana parameter respon spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_I , lebih besar atau sama dengan 0,75. Semua struktur harus ditetapkan kategori seismiknya berdasarkan dengan kategori resiko dan parameter respon spektral percepatan desainnya, SDS dan SDI , sesuai 0.

Konsep pembebanan

Proses dalam menentukan suatu permodelan pembebanan sangat penting bagi suatu desain struktur. Hal ini, sangat berpengaruh terhadap suatu perhitungannya dan hasil gaya dalam bidang (MDN). Oleh karena itu, dalam menganalisa desain suatu struktur perlu adanya gambaran yang jelas dan mendetail mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada suatu struktur bangunan.

1. Beban Mati

Beban mati (D) adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan yang terpasang termasuk dinding, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layanan terpasang lain termasuk berat derek dan system pengangkut material (SNI 1727:2020).

2. Beban Hidup

Beban hidup (L) adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan. Tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, hujan, gempa, banjir, atau beban mati. Beban hidup yang digunakan ialah beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan.

3. Beban Angin

Gedung maupun bangunan lainnya, masuk dalam Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU) dan seluruh Komponen dan Klading (K&K) gedung, di mana harus direncanakan dan dilakukan agar menahan beban angin seperti yang di tetapkan pada pasal 26 sampai pasal 31 pada SNI 1727:2020.

Kombinasi pembebanan

Struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus didesain sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban terfaktor dengan kombinasi di bawah ini. Adanya pengaruh satu atau lebih beban yang tidak bekerja harus ditinjau. Pengaruh yang paling menentukan dari beban – beban angin dan seismic harus ditinjau juga, tetapi beban tersebut tidak perlu ditinjau secara simultan. Lihat kombinasi di bawah ini untuk definisi khusus mengenai pengaruh beban gempa E .

1. $1,4D$

2. $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$

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

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

5. $0,9D + 1,0W$

Faktor beban untuk L pada kombinasi 3 dan 4 diizinkan diambil sama dengan 0,5 untuk semua fungsi ruang apabila beban hidup desain tak tereduksi (Lr) dalam SNI 1727, lebih kecil atau sama dengan $4,78 \text{ kN/m}^2$ kecuali garasi atau ruang pertemuan publik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinjauan umum

Perhitungan struktur dilaksanakan agar struktur gudang tersebut dapat dibangun berdasarkan kebutuhan yang diinginkan baik dari segi mutu bahan bangunan, umur rencananya, dan keamanan serta stabilitas struktur. Perhitungan struktur tersebut meliputi perhitungan pembebanan, perhitungan struktur atas, dan perhitungan struktur bawah atau fondasi.

Langkah pertama yang harus dilakukan yaitu pengumpulan data yang berisi tentang deskripsi bangunan secara lengkap, baik deskripsi umum maupun data – data yang mendukung dalam perencanaan ini. Kemudian dibuat permodelan struktur bangunan gudang yang telah direncanakan, perencanaan struktur atas menggunakan *software SAP2000v20*. Setelah didapatkan data-data dan permodelan struktur, maka dihitung pembebanan yang mempengaruhi

struktur bangunan gudang. Adapun untuk penentuan elemen struktural lainnya disesuaikan pada SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung dan penjelasannya serta SNI 2847:2019 tentang Penjelasan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Nongedung.

Perhitungan beban

1. Self weight (Berat sendiri struktur sesuai dimensi dan material)

2. Beban mati/*dead load*

-	Atap			
	Penggantung langit-langit	= 0,007 x 1	= 0,007 t/m ²	
	Penutup atap seng gelombang	= 0,010 x 1	= 0,010 t/m ² +	
			= 0,017 t/m ²	
-	Plat lantai 1			
	Pelat sendiri (10 cm)	= 2,4 x 1 x 0,10	= 0,240 t/m ²	
	Spesi penutup lantai (2 cm)	= 2,1 x 1 x 0,02	= 0,042 t/m ²	
	Floor deck			= 0,007 t/m ² +
				= 0,289 t/m ²

3. Beban hidup/*live load*

Beban untuk fasilitas umum merujuk pada peraturan PPPURG'87

-	Atap beban guna	= 100 kg/m ²	= 0,100 t/m ²
	Hujan 25°	= 40 - 0,8α	
		= 40 - 0,8 x 25 = 20 kg/m ²	= 0,020 t/m ²
		= 40 - 0,8α	
		= 40 - 0,8 x 30 = 16 kg/m ²	= 0,016 t/m ²
	Hujan 30°	= 40 - 0,8α	
		= 40 - 0,8 x 30 = 16 kg/m ²	= 0,016 t/m ²
	Beban guna plat atap	> beban hujan maka digunakan beban guna hujan terbesar di sudut 25° yaitu 0,020 t/m ²	
-	Plat lantai	= 500 kg/m ²	= 0,500 t/m ²

4. Beban angin/*wind load*

Diambil W = 40 kg/m² = 0,040 t/m² karena jauh dari laut dengan koefisien a < 65° Sudut pada atap yaitu 25°.

-	Angin tekan (W)	= ((0,02 α - 0,4) - 0,6) x W
		= ((0,02 x 25 - 0,4) - 0,6) x 0,040 = 0,004 t/m ²
	Vertikal	= Wtekan x cos α
		= 0,004 x cos 25 = 0,004 t/m ²
	Horizontal	= Wtekan x sin α
		= 0,004 x sin 25 = 0,002 t/m ²
-	Angin hisap	= 0,4 x W
		= 0,4 x 0,040 = 0,016 t/m ²
	Vertikal	= Whisap x cos α
		= 0,016 x cos 25 = 0,015 t/m ²
	Horizontal	= Whisap x sin α
		= 0,016 x sin 25 = 0,007 t/m ²

Dengan hasil pembebanan diatas maka distribusi beban tiap buhulnya sebagai berikut: P angin = P x ((a+b)/2) x c

-	Jarak antar buhul sebelumnya (a) tengah	= 3,11 m
-	Jarak antar buhul setelahnya (b) tengah	= 4,89 m
-	Jarak antar buhul sebelumnya (a) tepi	= 1,56 m
-	Jarak antar buhul setelahnya (b) tepi	= 2,45 m
-	Jarak antar usuk (c)	= 3,875 m

5. Beban gempa/*earthquake load*

Digunakan data gempa dari puskim.go.id wilayah gempa sesuai dengan daerah wilayah gempa di Indonesia.

Lokasi = Kabat, Banyuwangi

Respon spektrum

- Ss (0,2 s) = 0,827

- S1 (1s) = 0,312

- Periode = 4

- Tanah keras = C

- Faktor Keutamaan untuk rumah hunian (I) = 1

- Faktor Reduksi untuk Baja (R) = 4,50
- Percepatan gravitasi (g) = 9,80
- Scale factor = $1 \times g / R = 2,18$

Rekapitulasi dimensi profil baja dan penulangan re- disain

1. Struktur bawah bangunan

Struktur bawah meliputi pondasi dan sloof. Hasil modeling dan penulangan ditunjukkan Tabel 3 dan Tabel 4 berikut.

Tabel 3. Penulangan Pondasi (P1)

	Ukuran	Satuan
Lebar arah x	1,00	m
Lebar arah y	1,00	m
Tebal	0,35	m
Kedalaman	1,80	m
Tulangan arah x	Ø14- 200	mm
Tulangan arah y	Ø14- 200	mm
Tulangan geser	Ø10- 200	mm
Kolom pedestal	25/25	cm
Tinggi pedestal	2,80	m
Tebal selimut beton	40	mm
Tulangan utama	8PØ14	mm
Tulangan geser	Ø10- 200	mm
Angkur/ anchor bolt	M16	mm
Jumlah ankur	3x2	buah

Tabel 4. Penulangan Balok Sloof Ukuran 20/30

	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Tulangan atas	3PØ12	3PØ12	3PØ12
Tulangan bawah	3PØ12	3PØ12	3PØ12
Sengkang	P8-100	P8-100	P8-100

2. Struktur atas bangunan

Struktur atas bangunan meliputi pelat lantai, kolom, dan balok. Hasil modeling dan penulangan ditunjukkan Tabel 5 dan Tabel 6 berikut.

Tabel 5. Penulangan Pelat, Kolom, dan Balok

	Perencanaan	Re- disain	Keterangan
Pelat lantai 1	Ø8 tebal 10 cm	Ø8 tebal 10 cm	Tetap
Pelat lantai 2	Ø10 tebal 12 cm	Ø10 tebal 12 cm	Tetap
Kolom utama	IWF 200.100.7.10	IWF 200.100.5,5.8	Berubah
Balok ring	IWF 150.75.5,5.9,5	IWF 150.75.5.7	Berubah
Kuda- kuda/ rafter	IWF 150.75.5,5.9,5	IWF 150.75.5.7	Berubah
Gording	CNP 125.50.20.3,01	CNP 125.50.20.3,01	Tetap

Perbandingan hasil analisa gaya dan tegangan profil baja re-disain terhadap data perencanaan

Berdasarkan hasil analisa struktur, maka selanjutnya dibandingkan gaya dan tegangan hasil re- disain terhadap data perencanaan seperti ditunjukkan Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Analisa Struktur Atas

Elemen	Uraian	Satuan	Perencanaan	Re- disain	Syarat
Kolom	Tegangan tekan (σ_x)	kg/cm ²	360,69	327,66	< 2.500
Kolom	Tegangan tekan (σ_y)	kg/cm ²	2.392,16	2.165,69	< 2.500
Balok ring	Momen nominal (ΣMn)	kgcm	263.692,80	212.889,60	> 11.841
Balok ring	Gaya geser nominal (ΣVn)	kg	127.332,00	132.192,00	> 97,74
Balok ring	Lendutan	cm	0,22	0,11	< 1,46
Kuda- kuda	Momen nominal (ΣMn)	kgcm	263.692,80	212.889,60	> 67.971
Kuda- kuda	Gaya geser nominal (ΣVn)	kg	127.332,00	132.192,00	> 457,88
Kuda- kuda	Lendutan	cm	1,99	2,39	< 2,83

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan, didapatkan bahwa kapasitas momen nominal, gaya geser, dan lendutan profil baja baru masih mencukupi terhadap syarat/ kriteria penerimaan ijin. Nilai tegangan tekan kolom arah x mengalami reduksi sebesar 9,16% sedangkan tegangan tekan kolom arah y mengalami reduksi sebesar 9,47%.

Momen nominal baja profil IWF 150.75.5.7 sebesar 212.889,6 kgcm tereduksi sebesar 19,27%. Sedangkan gaya geser mengalami kenaikan sebesar 3,82%. Lendutan balok ring profil baja IWF 150.75.5.7 sebesar 0,11 cm masih mencukupi syarat penerimaan sebesar 1,46 cm. Nilai momen nominal baja profil IWF 150.75.5.7 untuk elemen kuda-kuda/ rafter sebesar 212.889,60 kgcm. Sedangkan lendutan yang dialami sebesar 2,39 mm lebih kecil dari syarat penerimaan sebesar 2,83 cm. Hasil pemodelan dan analisa struktur re- disain baja profil untuk elemen balok, kolom, dan kuda-kuda memberikan hasil memenuhi syarat/ kriteria penerimaan. mempunyai kekuatan yang cukup dan dapat digunakan sebagai material struktur.

DAFTAR PUSTAKA

Pranowo, Dadang Dwi. 2021. *Laporan Hasil Monitoring Pelaksanaan Konstruksi Paket Pembangunan Laboratorium Prodi Baru TRKJJ*. Banyuwangi: Politeknik Negeri Banyuwangi.

Jaya, CV. Lentera. 2021. *Laporan Perhitungan Struktur Paket Jasa Konsultan Perancangan Pembangunan Laboratorium Prodi Baru TRKJJ*. Banyuwangi: CV. Lentera Jaya.

Taqiya, Ashfa. 2021. *Laporan Tugas Akhir Perencanaan Bangunan Gudang Dengan Struktur Baja*. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung.

Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03-1729:2002 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2019. *SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2019. *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2020. *SNI 1727:2020 Peraturan Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2020. *SNI 1729:2020 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

ASTM. 2021. *ASTM International, 2016, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2019c, 2020*.

AISC. 2021. *Specification for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 360-10) – 2010*.

Arifi, E. dan Setyowulan, D. 2021. *Perencanaan Struktur Baja Berdasarkan SNI 1729:2020*. Malang: UB Press.

Sulistyo, Gunawan. 2018. *Tabel Profil Wide Flange Berdasarkan Metode Load Resistance Factor Design (LRFD) SNI 03-1729:2002*. Diakses pada April 2021, dari <https://www.slideshare.net/gnwnsulistyotabel-bajawflrfd>.

Subagio, A.S. 2017. *Modifikasi Struktur Atap Stadion Mimika-Papua Menggunakan Rangka Baja Ruang Tipe Busur*, Tugas Akhir. Surabaya: Fakultas Teknik dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.