

PERENCANAAN ULANG GEDUNG LABORATORIUM TEKNO ENTREPRENEURSHIP UNIVERSITAS BRAWIJAYA DENGAN SISTEM STRUKTUR DIAGRID

Muhammad Thomas Andhika^{1*}, Akhmad Suryadi², Bobby Asukmajaya R.³

Mahasiswa Program Diploma IV-Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Program Diploma IV-Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Program Diploma IV-Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³
thomasandhika15@gmail.com^{1*}, akhmad.suryadi@polinema.ac.id², bobbyasukma@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Saat ini sektor konstruksi di Indonesia tergolong cukup tinggi. Sistem struktur diagrid diyakini mampu menahan beban lateral dan gravitasi, serta meredam dampak gempa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja struktur diagrid pada perencanaan ulang Gedung Laboratorium Tekno Entrepreneurship Universitas Brawijaya. Data yang digunakan adalah gambar kerja dan harga satuan bahan, upah dan alat untuk kota Malang tahun 2022. Perencanaan ini menggunakan metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) dan mengacu pada SNI 1727:2020, SNI 1726:2019, SNI 1729:2020, SNI 2847:2019, serta standar lainnya yang masih berlaku dan relevan. Perencanaan ini juga menggunakan bantuan *software* STAAD.Pro connect edition untuk analisa struktur dan *Software* Idea Statica untuk desain sambungan. Berdasarkan hasil perhitungan struktur didapatkan hasil perencanaan yang meliputi tebal pelat komposit 120 mm. Profil balok digunakan profil IWF 600x300x12x20 untuk balok induk dan Profil IWF 350x175x7x11 untuk balok anak. Sedangkan pada kolom digunakan profil IWF 900x350x19x40 untuk kolom vertikal, profil IWF 350x175x7x11 untuk kolom lift, dan profil Pipe 30" – 10 untuk kolom diagrid.. Shear connector pada pelat lantai digunakan stud connector pada balok IWF 600x300x12x20 dipakai 2Ø16 – 400 dan pada balok IWF 350x175x7x11 dipakai 2Ø16 – 200 dengan tinggi stud connector 100 mm. Sambungan didesain menggunakan bantuan *software* Idea Statica dan didapatkan berat keseluruhan untuk pelat sambung sebesar 2624,90 kg dan berat baut sebesar 5366,06 kg. Dari keseluruhan struktur Gedung Laboratorium Tekno Entrepreneurship Universitas Brawijaya diperlukan biaya sebesar Rp. 53.130.000.000.

Kata kunci : struktur diagrid, perencanaan ulang, STAAD.Pro, gempa, LRFD

ABSTRACT

At present, the construction industry in Indonesia is experiencing significant growth. The diagrid structural system is believed to be able to withstand lateral and gravity loads, and reduce the impact of earthquakes. This study aims to analyze the performance of the diagrid structure in the redesign of the Techno Entrepreneurship Laboratory Building of Universitas Brawijaya. The data used are working drawings and unit prices of materials, wages and tools for Malang city in 2022. This planning uses the Load and Resistance Factor Design (LRFD) method and refers to SNI 1727: 2020, SNI 1726: 2019, SNI 1729: 2020, SNI 2847: 2019, and other standards that are still valid and relevant. This planning also uses the help of STAAD.Pro connect edition software for structural analysis and Idea Statica Software for connection design. Based on the results of structural calculations, the planning results include a composite plate thickness of 120 mm. The beam profile used IWF 600x300x12x20 profiles for the main beam and IWF 350x175x7x11 profiles for the secondary beam. While the columns used IWF 900x350x19x40 profiles for vertical columns, IWF 350x175x7x11 profiles for elevator columns, and Pipe 30" - 10 profiles for diagrid columns. Shear connectors on the floor slab were used stud connectors on IWF 600x300x12x20 beams using 2Ø16-400 and on IWF 350x175x7x11 beams using 2Ø16-200 with stud connector height of 100 mm. The connection was designed using the help of Idea Statica software and obtained an overall weight for the connecting plate of 2624.90 kg and the weight of the bolt of 5366.06 kg. The overall structure of the Techno Entrepreneurship Laboratory Building of Universitas Brawijaya required a cost of Rp. 53,130,000,000.

Keywords: diagrid structure, redesign, STAAD.Pro, gempa, LRFD

1. PENDAHULUAN

Saat ini sektor konstruksi di Indonesia tergolong cukup tinggi. Menurut Badan Pusat Statistik nilai konstruksi pada tahun 2020 mencapai 1311,42 triliun rupiah. Meskipun terdapat penurunan dari tahun sebelumnya sebesar 17,74% tetapi nilai tersebut masih tergolong cukup tinggi. Hal tersebut membuat para jasa konstruksi harus terus berupaya meningkatkan inovasi untuk mengembangkan berbagai teknik agar pengembangan sektor konstruksi terus mengalami peningkatan. Dari segi sistem struktur terbaru yang saat ini sedang ramai adalah sistem struktur diagrid.

Sistem struktur diagrid menurut Bhat & Danish (2021:826) adalah rangkaian kerangka yang dibuat berpotongan secara diagonal membentuk struktur mirip belah ketupat. Hal ini membuat struktur dapat menahan beban lateral maupun beban gravitasi yang membuatnya dapat membantu menahan beban gempa sehingga mengurangi efek deformasi juga dapat mengurangi beban dari struktur sendiri (Terán-Gilmore, et al, 2021:14).

Dari hal tersebut sistem struktur diagrid direncanakan menjadi sistem struktur pada perencanaan ulang struktur Gedung Laboratorium Tekno Entrepreneurship Universitas Brawijaya.

2. METODE

Metode yang digunakan untuk perencanaan ini adalah sebagai berikut.

1. Mengumpulkan data meliputi gambar, mutu bahan, dan data pendukung yang diperlukan
2. Melakukan *preliminary design* untuk menentukan profil baja yang akan digunakan dalam perencanaan.
3. Perhitungan pembebanan meliputi beban mati, beban hidup, dan beban angin yang mengacu pada SNI 1727:2020, serta beban gempa SNI 1726:2019.
4. Pemodelan dan analisis struktur menggunakan *software* STAAD.Pro dilakukan untuk memperoleh perilaku struktur saat diberi beban dan untuk mendapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur.
5. Desain elemen struktur baja mengacu pada SNI 1729:2020 untuk Balok dan kolom, serta perencanaan beton bertulang untuk pelat lantai mengacu pada SNI 2847:2019.
6. Desain sambungan dilakukan dengan bantuan *software* Idea Statica dengan memasukkan gaya-gaya dalam yang didapatkan dari STAAD.Pro.
7. Rencana anggaran biaya mengacu pada harga satuan dasar upah, bahan, dan alat Kota Malang Tahun 2022 dan PERMEN PUPR No.1 tahun 2022.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Preliminary Design

Pada tahap awal, dimensi penampang profil yang dibutuhkan ditentukan sesuai persyaratan. Estimasi penampang balok dan kolom yang akan digunakan dalam tahap pra-analisis ini menggunakan profil baja yang tersedia dari PT. Gunung Garuda.

a. Pelat lantai

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup} &= 3,83 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Beban hidup} &= 390,545 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Luas pelat} &= 3,6 \text{ m} \times 3,6 \text{ m} \\ \text{Luas pelat} &= 12,96 \text{ m}^2 < 37,16 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka beban hidup pelat tidak perlu direduksi, Tebal pelat diperoleh 120 mm dengan tebal *floordeck* 0,70 mm.

b. Balok

$$\begin{aligned} \text{Total } q &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 3525,836 \text{ kg/m} \\ M_{\text{ult}} &= \emptyset \cdot Z_x \cdot f_y \\ Z_x &= 0,0006405 \text{ m}^3 = 404,800 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel profil baja PT. Gunung Garuda dipakai profil baja IWF 600x300x12x20 dengan nilai $Z_x = 4020 \text{ cm}^3 > 404,800 \text{ cm}^3$ dan profil balok anak dipakai IWF 350x175x7x11.

c. Kolom

$$P_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 427717,223 \text{ kg}$$

Dengan menggunakan persamaan berikut:

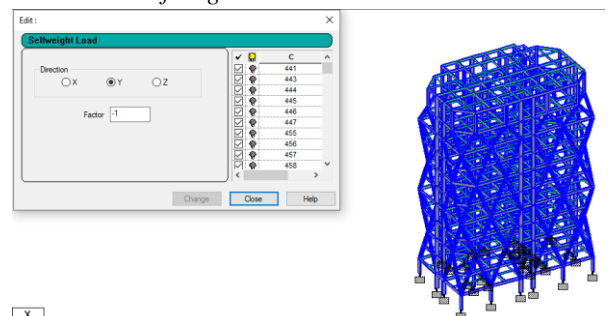
$$A_g = \frac{P_u}{0,6\emptyset c f_y} = 189,452 \text{ cm}^2$$

Sehingga untuk kolom dipakai profil baja IWF 900x350x28x40 dengan $A = 435,8 \text{ cm}^2 > 189,452 \text{ cm}^2$. Untuk kolom diagrid dipakai profil pipe 30"-10 dan kolom lift dipakai profil IWF 350x175x7x11.

Perhitungan Pembebanan

1. Beban mati

- a. Berat sendiri struktur yang direncanakan adalah *full deadload loading* pada STAAD.Pro dengan beban *Selfweight* -1.



Gambar 2. Input Beban Mati Pada *Software* STAAD.Pro

Sumber: Dokumen Pribadi

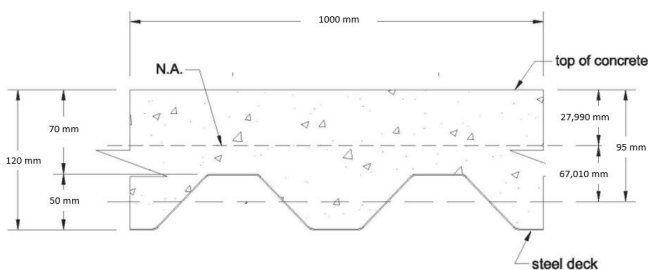
- b. Beban mati tambahan pada pelat lantai sebesar 130 kg/m^2 Pada balok induk (B1) tepi sebesar 695

kg/m pada lantai semi *basement*, 870 kg/m pada lantai 1 – 9, dan 1070 kg/m pada lantai 10. Beban lift didistribusikan terpusat pada kolom lift sebesar 651,875 kg pada kolom lift tepi dan 1303,750 kg pada kolom lift tengah.

2. **Beban hidup**
 Beban hidup untuk Laboratorium dibagi menjadi beberapa beberapa bagian diantaranya ruang laboratorium, koridor, ruang kantor, atap, air hujan, dan lift dengan nilai berturut-turut sebesar 2,87 kN/m², 3,83 kN/m², 2,4 kN/m², 0,96 kN/m², 0,98 kN/m² dan 2700 kg.
3. **Beban angin**
 Menurut HB 212-2002, wilayah-wilayah di Indonesia yang berada di sekitar garis ekuator diklasifikasikan sebagai level I dengan kecepatan angin dasar sebesar 32 m/s untuk desain beban angin pada kondisi layan (*serviceability design*) dan 40 m/s pada kondisi batas (*strength design*). Dalam *software* STAAD.Pro Connect Edition, untuk menentukan beban angin, kecepatan angin pada kondisi batas dapat langsung dimasukkan ke dalam pemodelan struktur bangunan menggunakan fitur *wind definition*.
4. **Beban gempa**
 Beban gempa dimasukkan secara otomatis ke dalam *software* STAAD.Pro dengan memasukkan data *S_s*, *S₁*, *T_L*, *R*, *F_a*, dan *F_v* daerah Kota Malang berturut-turut sebesar 0,8679; 0,4055; 20; 7; 1,153; dan 1,895 yang didapatkan dari data puskim.
5. **Beban Kombinasi**
 Beban kombinasi yang digunakan sesuai dengan SNI 1727:2020 dan kombinasi beban yang dipengaruhi oleh beban gempa sesuai dengan 1726:2019.

Desain Struktur Komposit

Hasil perhitungan pelat lantai didapatkan jumlah tulangan yang seragam untuk tualangan arah-X tualangan pasang D10-200, tualangan arah-Y tualangan pasang D10-200, dan tualangan susut pasang D10-250. Floordeck digunakan *floordeck* Union New Floordeck W-1000 dengan tebal 0,7 mm dinilai aman karena nilai momen *floordeck* lebih dari momen pelat *ultimate* 26,192 > 5,18.



Gambar 4. Potongan Pelat Lantai Komposit Dengan *Floordeck*

Sumber: Dokumen Pribadi

Desain Struktur Baja

1. **Balok**
 Untuk penampang sayap kompak dan badan kompak, maka kondisi batas yang harus diterapkan adalah kondisi leleh dan tekuk torsi lateral.
 Kondisi leleh :
 $M_n = M_p = 1766653920 \text{ Nmm}$
 Kondisi tekuk torsi lateral :
 $M_n = f_{cr} \cdot S_x \leq M_p$
 $M_n = 1161618616 \text{ Nmm} \leq M_p$
 Kuat geser :
 $V_n = 0,6f_y \cdot A_w \cdot C_{v1} = 1735776 \text{ N}$
 $\phi V_n = 0,9 \cdot 1735776 = 1562198,4 \text{ N}$
 Kontrol penampang balok terhadap momen dan gaya geser dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi Kontrol Kondisi Leleh Balok

Balok	Beban	Profil pakai	Kontrol Leleh		
			ϕM_n (Nmm)	Mu (Nmm)	R=Mu / ϕM_n
B1	13	IWF 600x300x12x20	1589988528	541446000	0,341
B2	13	IWF 350X175X7X11	310272543	168418000	0,543

Sumber: Dokumen Pribadi

Tabel 4. Rekapitulasi Kontrol Kondisi Tekuk Torsi Lateral Balok

Balok	Beban	Profil pakai	Kontrol Tekuk Torsi Lateral		
			ϕM_n (Nmm)	Mu (Nmm)	R=Mu / ϕM_n
B1	13	IWF 600x300x12x20	1045456754	541446000	0,518
B2	13	IWF 350X175X7X11	310272543	168418000	0,543

Sumber: Dokumen Pribadi

Tabel 5. Rekapitulasi Kontrol Kondisi Kuat Geser Balok

Balok	Beban	Profil pakai	Kontrol Kuat Geser		
			ϕV_n (Nmm)	Vu (Nmm)	R=Vu / ϕV_n
B1	13	IWF 600x300x12x20	1562198,4	276416	0,176940394

B2	13	IWF 350X175X7X11	542430	76811	0,14160536 8
----	----	---------------------	--------	-------	-----------------

Sumber: Dokumen Pribadi

2. Kolom

Perhitungan kolom berdasarkan gaya aksial, momen, aksial lentur, dan gaya geser sebagai berikut.

- Kolom diagrid

Kontrol kuat tekan :

$$P_n = f_{cr} \cdot A_e = 8718624,86 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 0,9 \cdot P_n = 7846762,36 \text{ N}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{2638297}{7846762,36} = 0,336$$

Kontrol Momen :

$$\phi M_n = 0,9 \cdot f_{cr} \cdot S_x = 3417420175 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$5621309100 \geq 229613000 \rightarrow \text{OK}$$

Berdasarkan kriteria aksial lentur, maka :

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{2638297}{7846762,36} = 0,336 \geq 0,2, \text{ maka}$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) = 0,54 \leq 1 \rightarrow \text{OK}$$

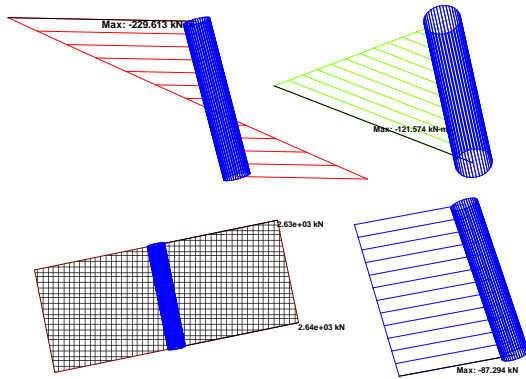
Kontrol kuat geser :

$$V_n = \frac{f_{cr} \cdot A_e}{2} = 2520793,89 \text{ N}$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 2520793,89 = 2268714,50 \text{ N}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$2268714,50 \text{ N} \geq 87294 \text{ N} \rightarrow \text{OK}$$



Gambar 5. Gaya Dalam Kolom Diagrid

Sumber: Dokumen Pribadi

Kontrol penampang kolom terhadap gaya aksial, momen, aksial lentur, dan gaya geser dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 6. Rekapitulasi Kontrol Kondisi Kuat Tekan Kolom

Kolom	Beban	Profil pakai	Kontrol Gaya Aksial		
			ϕP_n (N)	P_u (N)	$R = P_u / \phi P_n$
K1	13	IWF 900x350x19x40	15016500,9	6740650	0,449

Interior					
K1	26	IWF 900x350x19x40	15016500,9	5539101	0,369
Eksterior					
K2	26	Pipe30"x10	7846762,36	2638297	0,336
IWF					
K3	13	350x175x7x11	2299286,11	614805	0,267

Sumber: Dokumen Pribadi

Tabel 7. Rekapitulasi Kontrol Kondisi Aksial Lentur Kolom

Kolom	Profil pakai	Kontrol Kombinasi Aksial Lentur		
		P_r/P_c	$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1$	Kontrol
K1	IWF 900x350x19x40 Interior	0,449	0,683	OK
K1	IWF 900x350x19x40 Eksterior	0,369	0,560	OK
K2	Pipe30"x10	0,336	0,509	OK
K3	IWF 350x175x7x11	0,267	0,539	OK

Sumber: Dokumen Pribadi

Tabel 8. Rekapitulasi kontrol Kondisi Kuat Geser Kolom

Kolom	Beban	Profil pakai	Kontrol Gaya Geser		
			ϕV_n (N)	V_u (N)	$R = V_u / \phi V_n$
K1	33	IWF 900x350x19x40 Interior	3785940	193135	0,05
K1	18	IWF 900x350x19x40 Eksterior	3785940	431336	0,11
K2	26	Pipe30"x10	2268715	87294	0,04
K3	18	IWF 350x175x7x11	542430	14817	0,03

Sumber: Dokumen Pribadi

3. Shear connector

Perhitungan *shear connector* didesain menggunakan jenis angkur baja berkepala. Perhitungan dilakukan pada setiap jenis profil balok dengan tinggi *stud connector* 100 mm dan diperoleh jarak *stud connector* pada balok IWF 600x300x12x20 dipakai 2Ø16 – 400 dan pada balok IWF 350x175x7x11 dipakai 2Ø16 – 200.

4. Sambungan

Sambungan didesain menggunakan *software* Idea Statica dengan cara memasukkan gaya-gaya dalam yang didapatkan dari STAAD.Pro untuk dianalisa. Dengan kontrol perhitungan terhadap kuat geser dan tarik baut sebagai berikut.

Kuat geser baut

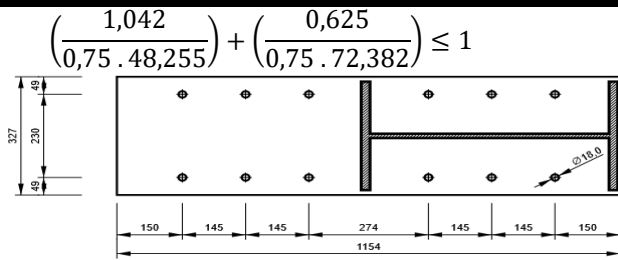
$$R_{nv} = 0,5 f_u \cdot A_b = 48254,863 \text{ N}$$

Kuat Tarik baut

$$R_{nt} = 0,5 f_u \cdot A_b = 72382,295 \text{ N}$$

Kontrol gabungan kuat geser dan tarik baut

$$\left(\frac{R_{uv}}{\phi R_{nv}} \right) + \left(\frac{R_{ut}}{\phi R_{nt}} \right) \leq 1$$



Gambar 6. Perletakan baut pada sambungan

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Berikut merupakan aspek yang diperlukan untuk memperoleh nilai rencana anggaran biaya.

1. Menghitung *bill of quantity* (BOQ)

Diambil sampel profil IWF 900x350x19x40 untuk perhitungan *bill of quantity* sebagai berikut.

- Panjang profil = 624,6 m
- Berat profil = 345,510 kg/m
- Berat total = Panjang profil . berat profil
- Berat total = 624,6 . 345,510 = 214556,2 kg

2. Menentukan Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP)

Diambil sampel pekerjaan perakitan baja kolom IWF 900x350x19x40 untuk perhitungan analisa harga satuan pekerjaan sebagaimana berikut.

Tabel 10. Analisa Harga Satuan Pekerjaan 1 kg Baja Profil

Pekerjaan 1 kg Perakitan Baja Profil						
No	Uraian	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
A Tenaga Kerja						
1	Pekerja	0,060	OH	Rp 122.400,00	Rp	7.344,00
2	Tukang Besi	0,060	OH	Rp 149.400,00	Rp	8.964,00
3	Kepala Tukang	0,006	OH	Rp 157.400,00	Rp	944,40
4	Mandor	0,003	OH	Rp 165.900,00	Rp	497,70
					Jumlah Harga Tenaga Kerja	Rp 17.750,10
B Bahan						
1	Baja Profil	1,150	kg	Rp 22.880,00	Rp	26.312,00
					Jumlah Harga Bahan	Rp 26.312,00
C Peralatan						
	Sewa alat crane	0,800	Jam	Rp 34.034,29	Rp	27.227,43
					Jumlah Harga Peralatan	Rp 27.227,43
D	Jumlah Harga Tenaga + Bahan + Peralatan (A+B+C)				Rp	71.289,53
E	Overhead 10%				Rp	7.128,95
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)				Rp	78.418,49

Sumber: Dokumen Pribadi

3. Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB)

Rekapitulasi rencana anggaran biaya perencanaan ulang struktur Gedung Laboratorium Tekno

Entrepreneurship Universitas Brawijaya sebagaimana tabel berikut.

Tabel 11. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No	Nama pekerjaan	Satuan	Kuantitas	Harga satuan	Total harga
1 Pekerjaan pelat lantai					
a	Floordeck	m2	3352,22	Rp 328.674	Rp 1.101.786.386
b	Besi tulangan	kg	20683,20	Rp 15.938	Rp 329.653.216
c	Beton	m3	402,27	Rp 1.428.671	Rp 574.706.235
2 Pekerjaan Kolom-Balok					
a	IWF 900x350x19x40	kg	214556,22	Rp 78.418	Rp 16.825.174.455
b	Pipe 30" - 10	kg	85621,35	Rp 78.418	Rp 6.714.296.753
c	IWF 350x175x7x11	kg	54217,76	Rp 78.418	Rp 4.251.674.690
d	IWF 600x300x12x20	kg	232007,27	Rp 78.418	Rp 18.193.659.166
3 Pekerjaan sambungan					
a	Baut	kg	5366,06	Rp 40.052	Rp 214.924.038
d	Plate	kg	2624,90	Rp 35.649	Rp 93.574.986
TOTAL					Rp 48.299.449.924
PPN 10%					Rp 4.829.944.992
TOTAL+PPN 10%					Rp 53.129.394.916
PEMBULATAN					Rp 53.130.000.000

Sumber: Dokumen Pribadi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan ulang Gedung Laboratorium Tekno Entrepreneurship Universitas Brawijaya didapatkan untuk desain pelat lantai menggunakan pelat dengan tebal 120 mm, tebal floordeck 0,70 mm, dan tulangan utama D10-200, serta tulangan susut D10-250. Balok digunakan profil IWF 600x300x12x20 untuk balok induk dan Profil IWF 350x175x7x11 untuk balok anak. Pada kolom digunakan profil IWF 900x350x19x40 untuk kolom vertikal, profil IWF 350x175x7x11 untuk kolom lift, dan profil Pipe 30" – 10 untuk kolom diagrid. *Shear connector* pada pelat lantai digunakan *stud connector* pada balok IWF 600x300x12x20 dipakai 2Ø16 – 400 dan pada balok IWF 350x175x7x11 dipakai 2Ø16 – 200 dengan tinggi stud connector 100 mm. Desain Sambungan menggunakan software Idea Statica dan didapatkan berat keseluruhan untuk pelat sambung sebesar 2624,90 kg dan berat baut sebesar 5366,06 kg. Dari keseluruhan struktur Gedung Laboratorium Tekno Entrepreneurship Universitas Brawijaya diperlukan biaya sebesar Rp. 53.130.000.000.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik. (2022). STATISTIK INDONESIA 2022. Direktorat Diseminasi Statistik, Jakarta.
- [2] Badan Standarisasi Nasional. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. (SNI 1726:2019).
- [3] Badan Standarisasi Nasional. (2020). Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain. (SNI 1727:2020).
- [4] Badan Standarisasi Nasional. (2020). Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. (SNI 1729:2020).
- [5] Baskoro, I. A. (2019). Perancangan Ulang Gedung Dinas Pendidikan Yogyakarta Menggunakan Struktur Baja Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (Redesign Educational Department of Yogyakarta Building Using Steel Structure With Special Moment Resisting Frame System Method).
- [6] Boake, T. M. (2014). Diagrid structures: systems, connections, details. Walter de Gruyter.
- [7] Heshmati, M., Khatami, A., & Shakib, H. (2020, June). Seismic performance assessment of tubular diagrid structures with varying angles in tall steel buildings. In *Structures* (Vol. 25, pp. 113-126).
- [8] Holmes, J. D., & Weller, R. (2002). Design wind speeds for the Asia-Pacific region. *Standards Australia International*.
- [9] Labò, S., Passoni, C., Marini, A., & Belleri, A. (2020). Design of diagrid exoskeletons for the retrofit of existing RC buildings. *Engineering Structures*, 220, 110899.
- [10] Lestari, A. K. (2020). PERENCANAAN FONDASI TIANG PANCANG PADA GEDUNG KORIDOR FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS BRAWIJAYA (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Malang).
- [11] Liptack R. J. (2013). Motion Based Seismic Design and Loss Estimation of Diagrid Structures, Department of Civil and Environmental Engineering. Master Thesis, Massachusetts Institute of Technology.
- [12] Liu, C., Fang, D., Zhao, L., & Zhou, J. (2022). Seismic fragility estimates of steel diagrid structure with performance-based tests for high-rise buildings. *Journal of Building Engineering*, 52, 104459.
- [13] PT. Kosa Matra Graha (2021). DED ARSITEKTURAL GEDUNG LABORATORIUM ENTERPRENEURSHIP TERPADU UB. Malang:PT. Kosa Matra Graha.
- [14] Putra, K. Y. M., Nada, I. M., Wirawan, I. P. A. P., & Wibawa, I. M. S. (2022). Perbandingan Gaya-Gaya Dalam dan Berat Baja dengan Sistem Struktur Diagrid dan Konvensional pada Bangunan Asimetris. *Jurnal Ilmiah Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar (JITUMAS)*, 2(2), 48-55.
- [15] Sadeghi, S., & Rofooei, F. R. (2018). Quantification of the seismic performance factors for steel diagrid structures. *Journal of Constructional Steel Research*, 146, 155-168.
- [16] Scaramozzino, D., Albitos, B., Lacidogna, G., & Carpinteri, A. (2022). Selection of the optimal diagrid patterns in tall buildings within a multi-response framework: Application of the desirability function. *Journal of Building Engineering*, 54, 104645.
- [17] Setiawan, Agus. 2008. Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD Berdasarkan. SNI 03-1729-2002. Erlangga : Jakarta
- [18] Steel Deck Institute, 2011, Composite Steel Floor Deck – Slabs, Amerika Serikat.
- [19] Sulaeman, F. S., & Permana, I. H. (2021). Sistem Monitoring Penerapan Rencana Anggaran Biaya Berbasis Web. *IKRAITH-Teknologi*, 5(1), 24-31.
- [20] Terán-Gilmore, A., Roeslin, S., Tapia-Hernández, E., & Cuadros-Hipólito, E. (2021). Displacement-based design of tall earthquake-resistant diagrid systems. *Journal of Building Engineering*, 35, 102022.