

Perencanaan dan Analisis Struktur *Gangway* Rangka Baja Metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*)

Oleh:

Muhammad Bayu Priyanto

Hendri Hermawan

Teknik Sipil

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Juli, 2025

Pendahuluan

Salah satu fasilitas yang ada di pelabuhan dan dermaga adalah terdapat tangga akomodasi yang biasa disebut gangway sebagai akses utama penyebrangan dari pelabuhan atau dermaga ke atas kapal. Karakteristik struktur gangway sama seperti struktur jembatan pada umumnya dan dapat dikatakan sebagai jembatan penyebrangan orang. Jembatan rangka baja memiliki keunggulan yang signifikan dalam kemampuannya menahan momen lentur. Selain itu, baja juga dapat menangani deformasi yang besar tanpa mengalami kegagalan akibat tegangan tarik.

Rumusan Masalah

Didapatkan rumusan masalah dari pemaparan latar belakang diatas, antara lain:

1. Bagaimana perencanaan struktur *gangway* ?
2. Bagaimana permodelan dan analisis struktur *gangway* menggunakan perangkat lunak SAP2000?
3. Bagaimana analisis sambungan struktur *gangway* dengan perangkat lunak IDEA StatiCa.

Metode

Metode LRFD membatasi tegangan yang diizinkan yang dapat terjadi pada suatu penampang struktur, dan pendekatan LRFD adalah salah satu teknik perencanaan struktur yang bekerja berdasarkan prinsip untuk menurunkan kapasitas yang ditahan oleh suatu penampang. Metode ini dipilih karena dengan mempertimbangkan variabel desain, khususnya faktor beban dan ketahanan struktural menggunakan kriteria probabilistik, desain ini memastikan penghematan total sekaligus memberikan keamanan struktural.

Pembahasan

Urutan perencanaan penelitian ini sebagai berikut,

1. Studi Pustaka

mengumpulkan informasi dari buku-buku dan peraturan yang relevan, studi literatur berusaha untuk menentukan apa yang diperlukan untuk perencanaan struktur baja. Peraturan yang digunakan antara lain Perencanaan struktur baja (SNI 1729:2020), Perhitungan pembebanan (SNI 1727:2020), Perencanaan terhadap ketahanan gempa (SNI 1726:2019), Perencanaan dan analisis sambungan (AISC 360-16)

2. Preliminary Desain

Identifikasi awal dari struktur gangway terjadi pada proses perencanaan atau desain awal ini. Ini hanyalah asumsi dan tidak boleh dianggap sebagai hasil akhir.

Pembahasan

Proses preliminary desain terdiri dari langkah-langkah berikut:

- Menentukan ukuran utama (panjang, lebar dan tinggi)
- Menentukan area perencanaan (untuk analisis pembebanan)
- Menentukan profil struktur utama
- Gambar preliminary design

3. Perencanaan Pembebanan

Dalam penelitian ini beban desain diambil dari SNI 1727:2020 sebagai acuan dasar pembebanan. Antara lain:

- Beban Mati
- Beban Hidup → (beban orang, beban angin, beban hujan)
- Beban Gempa

Pembahasan

4. Analisis Struktur

Analisis struktur adalah langkah selanjutnya setelah menentukan beban yang bekerja pada struktur. Di antara langkah-langkah dalam proses analisis struktural adalah:

- Memodelkan struktur sesuai dengan gambar rencana yang telah dibuat pada aplikasi SAP2000
- Menginput beban-beban yang bekerja pada aplikasi SAP2000
- Menjalankan proses analisis struktur menggunakan SAP2000
- Output analisis dari SAP2000

Pembahasan

5. Kontrol Desain

Kontrol desain terhadap struktur baja adalah proses evaluasi untuk memastikan bahwa elemen struktur baja (misalnya balok, kolom, rangka) memiliki kapasitas yang cukup terhadap berbagai gaya dan momen yang bekerja padanya, sesuai dengan ketentuan standar desain (seperti SNI, AISC, atau Eurocode).

- Kontrol penampang profil

Kontrol profil terhadap gaya aksial (tarik & tekan), gaya geser dan momen lentur akibat beban.

- Kontrol lendutan

Kontrol lendutan untuk memastikan bahwa lendutan (defleksi) elemen struktur seperti balok atau pelat tidak melebihi batas yang ditentukan.

Pembahasan

6. Perencanaan Sambungan

Pada penelitian ini, proses perencanaan dan verifikasi sambungan baja dilakukan dengan bantuan perangkat lunak IDEA StatiCa, yang berbasis metode Component-Based Finite Element Model (CBFEM). Perangkat lunak IDEA StatiCa dipilih karena keandalannya dalam memodelkan berbagai jenis sambungan, baik sederhana maupun kompleks, serta kemampuannya memberikan hasil analisis yang detail dan transparan.

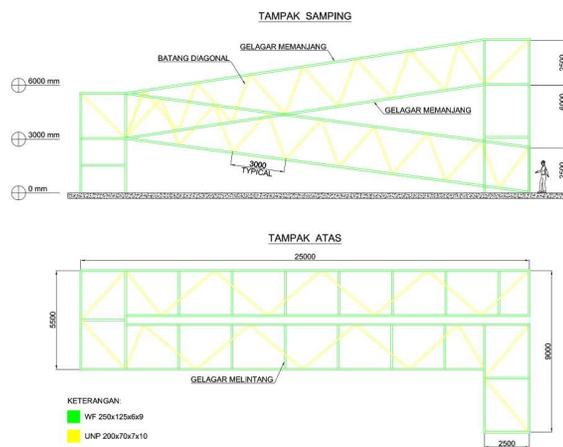
Hasil

Pada preliminary desain, diperoleh penampang profil berikut:

- Kolom : WF 250x125x6x9
- Gelagar memanjang : WF 250x125x6x9
- Gelagar melintang : WF 250x125x6x9
- Batang diagonal : UNP 200x70x7x10
- Pelat Lantai : Pelat 5mm
- Stiffener : L75x75x7

Kemudian dilakukan desain atau penggambaran untuk mempermudah analisis dan dilanjutkan pemodelan pada SAP2000.

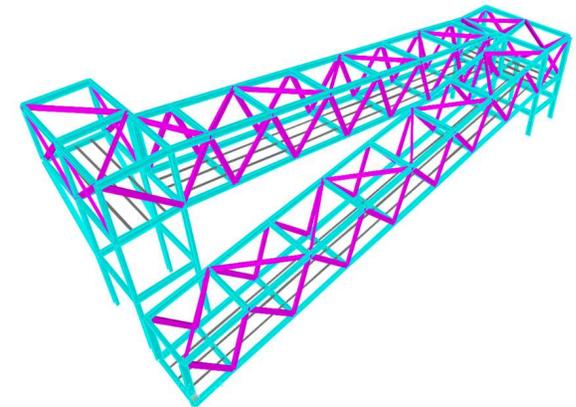
Hasil



Preliminary Desain



Simulasi 3D



Model dari SAP2000

Hasil

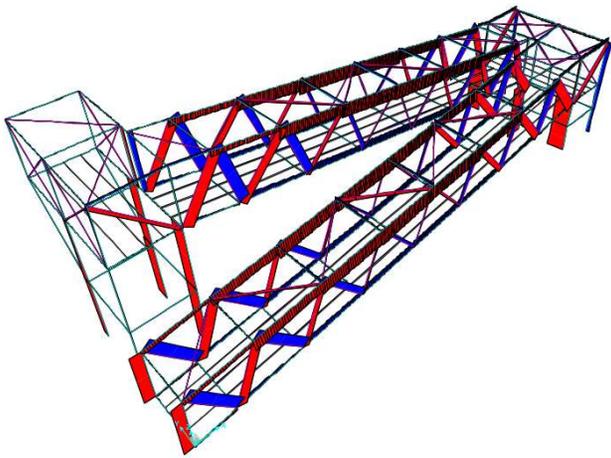
Dilakukan Input beban, sesuai hasil dari perencanaan beban pada SAP2000. Beban mati diinput otomatis dari SAP2000, beban hidup diinput secara manual dan beban gempa diinput menggunakan metode response spektrum yang telah diperoleh dari perhitungan excel sehingga otomatis membentuk grafik respon spektra pada SAP2000. Selanjutnya membuat beban kombinasi berdasarkan SNI 1727:2020.

No	Kombinasi Beban
1	1.4D
2	1.2D + 1.6L + 0.5(L _r or S or R)
3	1.2D + 1.6(L _r or S or R) + (L or 0.5W)
4	1.2D + 1.0W + L + 0.5(L _r or S or R)
5	1.2D + 1.0E + L + 0.2S
6	0.9D + 1.0W
7	0.9D + 1.0E

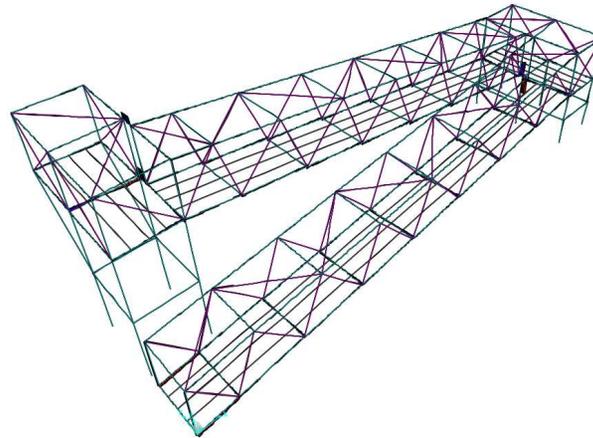
D : Beban mati
L : Beban hidup
E : Beban gempa
W : Beban angin
R : Beban hujan
S : Beban salju
L_r : Beban hidup atap

Hasil

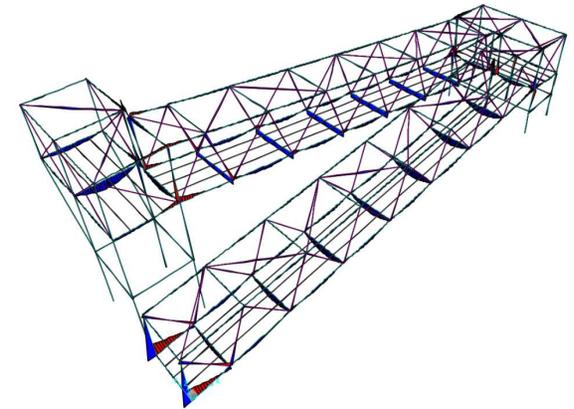
Setelah dilakukan running analysis, terjadi persebaran gaya akibat beban yang terjadi:



Aksial



Geser



Momen

Hasil

Running analysis menunjukkan:

- Gaya aksial maksimum terjadi pada elemen kolom dengan nilai sebesar 257,57 kN
- Gaya geser maksimum yang terjadi pada gelagar memanjang sebesar 21,82 kN
- Nilai momen lentur maksimum terjadi pada gelagar memanjang adalah sebesar 25,96 kNm

Hasil

Setelah diketahui gaya yang bekerja akibat beban struktur dari hasil output SAP2000, dilakukan kontrol desain untuk memastikan keamanan struktur.

Kontrol penampang profil →

Elemen	Beban Terfaktor	Kapasitas Profil	Syarat	Jenis Gaya	Status
Kolom	257.57 kN	630.332 kN	$\frac{P_{kolom}}{\phi P_n} \leq 1$	Tarik / Tekan	OK
Gelagar Memanjang	26.48 kNm	78.408 kNm	$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1$	Momen	OK
	198.513 kN	630.332 kN		Tekan / Tarik	
Gelagar Melintang	21.819 kN	180.4 kN	$\frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1$	Geser	OK
	18.503 kN	78.408 kNm	$\frac{P_{kolom}}{\phi P_n} \leq 1$	Momen	OK
	14.016 kN	630.332 kN	$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1$	Tekan / Tarik	
Batang diagonal atas	19.708 kN	180.4 kN	$\frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1$	Geser	OK
Batang diagonal	38.29 kN	352.259 kN	$\frac{P_u}{\phi P_n} \leq 1$	Tarik / Tekan	OK
Batang diagonal	132.869 kN	352.259 kN	$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1$	Tarik / Tekan	OK
Samping	3.92 kNm	41.990 kNm		Momen	

Hasil

Kontrol Lendutan pada balok (gelagar memanjang dan melintang)

Digunakan syarat $f_{ijin} = \frac{L}{240}$

Dari output sap diperoleh defleksi maksimum

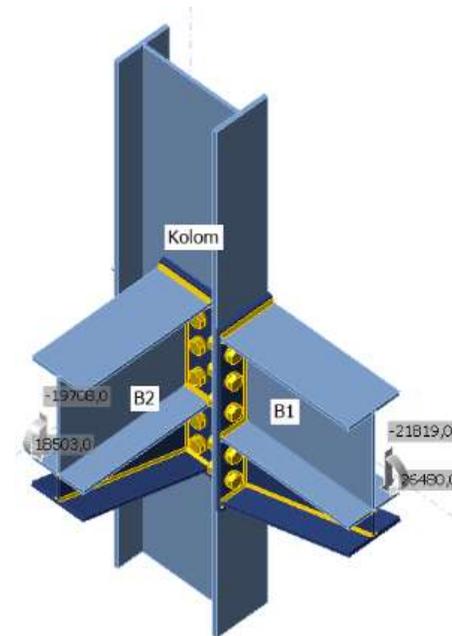
- Pada gelagar memanjang 0,559 mm masih dibawah batas izin yakni 12,5 mm
- Pada gelagar melintang 0,351 mm masih dibawah batas izin yakni 10,4 mm

Hasil

Perencanaan dan analisis sambungan

- Sambungan 1

1. Sambungan 1 merupakan pertemuan antara kolom, gelagar melintang dan gelagar memanjang dengan menggunakan baut D16 A325M dan pengelasan dengan Throat thickness of weld (T_h) 4.2 mm dan Leg size of weld (L_s) 6 mm dengan tambahan haunch menggunakan potongan profile WF 250x125x6x9 serta tambahan end plate dan stiffener pelat tebal 10mm. Untuk gelagar memanjang yang terdapat kemiringan 9 derajat keatas dan kebawah telah dilakukan analisis tetapi dikarenakan hasilnya tidak jauh berbeda sehingga desainnya sama seperti sambungan 1.

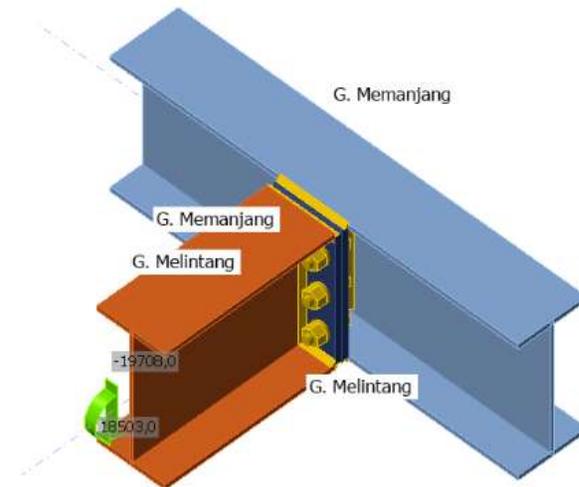


Hasil

Perencanaan dan analisis sambungan

- Sambungan 2

Pada sambungan 2 merupakan sambungan antara gelagar melintang dan gelagar memanjang. Dengan menggunakan baut D16 A325M dan pengelasan dengan Throat thickness of weld (Th) 5.7 mm dan Leg size of weld (Ls) 8 mm dengan tambahan end plate 10mm dan stiffener menggunakan pelat 12mm.

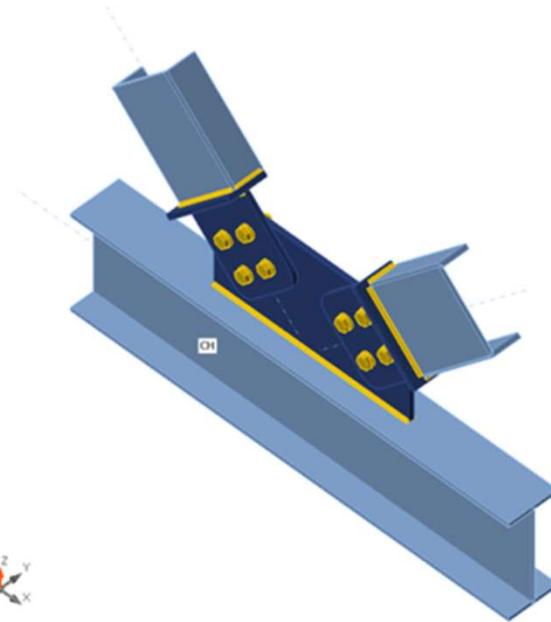


Hasil

Perencanaan dan analisis sambungan

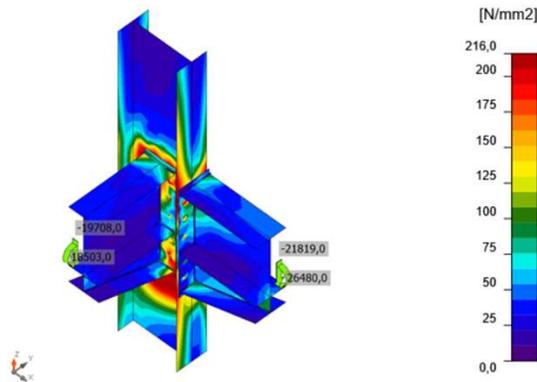
- Sambungan 3

Pada sambungan 3 3 merupakan sambungan antara batang diagonal dan gelagar memanjang. Dengan menggunakan baut D16 A325M dan pengelasan dengan Throat thickness of weld (T_h) 4.2 mm dan Leg size of weld (L_s) 6 mm dengan tambahan end plate 12mm dan bracket menggunakan pelat 12mm.



Hasil

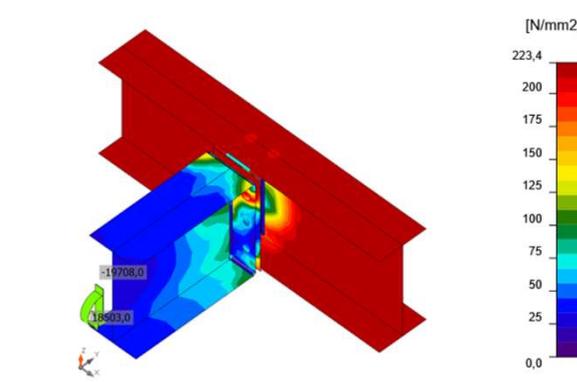
Stress yang terjadi pada sambungan.



Equivalent stress, LE1

Name	Value	Check status
Analysis	100,0%	OK
Plates	2,0 < 5,0%	OK
Bolts	81,5 < 100%	OK
Welds	75,0 < 100%	OK

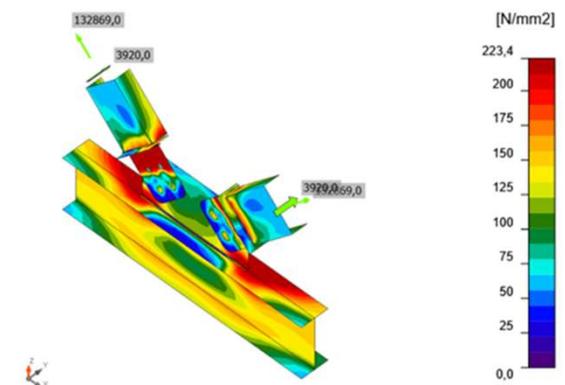
Sambungan 1



Equivalent stress, LE1

Name	Value	Check status
Analysis	100,0%	OK
Plates	4,9 < 5,0%	OK
Bolts	55,5 < 100%	OK
Welds	94,9 < 100%	OK

Sambungan 2



Name	Value	Check status
Analysis	100,0%	OK
Plates	1,8 < 5,0%	OK
Bolts	61,1 < 100%	OK
Welds	82,3 < 100%	OK

Sambungan 3

Kesimpulan

Struktur gangway yang direncanakan menggunakan metode LRFD ini memiliki kekuatan konstruksi yang telah sesuai dengan spesifikasi, sesuai dengan hasil perencanaan dan analisis. Karena rasio kapasitas pada struktur gangway kurang dari 1 (satu), sesuai dengan hasil analisis struktur yang dilakukan dengan perangkat lunak SAP2000.

Berdasarkan hasil perhitungan, kontrol desain struktur gangway terhadap gaya-gaya yang bekerja menunjukkan bahwa semua nilai masih berada di bawah batas yang diizinkan. Nilai momen lentur maksimum yang terjadi pada gelagar memanjang adalah sebesar 25,96 kNm, yang masih lebih kecil dibandingkan momen izin sebesar 78,408 kNm. Selain itu, gaya geser maksimum yang terjadi sebesar 21,82 kN juga berada jauh di bawah batas gaya geser izin sebesar 180,4 kN.

Gaya aksial maksimum terjadi pada elemen kolom dengan nilai sebesar 257,57 kN, yang masih berada di bawah kapasitas nominal profil kolom sebesar 630,332 kN. Lendutan maksimum yang terjadi pada gelagar memanjang adalah sebesar 0,559 mm, yang lebih kecil dibandingkan lendutan izin sebesar 12,5 mm. Sementara itu, lendutan maksimum pada gelagar melintang tercatat sebesar 0,351 mm, yang juga masih memenuhi batas lendutan izin sebesar 10,4 mm

Berdasarkan hasil analisis menggunakan perangkat lunak IDEA StatiCa sambungan yang dianalisis menggunakan metode Component-Based Finite Element Method (CBFEM) terbukti aman terhadap beban-beban yang diterapkan. Dengan menggunakan baut D16 A325M, baut mengalami tegangan kritis pada sambungan 4, dengan tingkat utilisasi tertinggi sebesar 82,3%, namun masih berada dalam batas aman. Las atau Weld paling kritis terjadi pada sambungan 2 dengan utilisasi 94,9% menggunakan Throat thickness of weld (Th) 5.7 mm dan Leg size of weld (Ls) 8 mm.

Temuan Penting Penelitian

1. Struktur gangway yang dianalisis mampu menahan kombinasi beban maksimum (beban mati, hidup, angin, dan gempa) sesuai SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019, dengan nilai rasio kapasitas terhadap permintaan (Demand/Capacity Ratio) < 1 pada seluruh elemen utama struktur.
2. Kombinasi beban terkontrol dengan baik dalam metode LRFD, sehingga struktur tetap dalam batas elastis.
3. Hasil evaluasi lendutan maksimum berada di bawah batas izin $L/240$, menunjukkan bahwa struktur memenuhi persyaratan serviceability.

Manfaat Penelitian

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu teknik sipil, khususnya dalam perencanaan dan analisis struktur menggunakan metode LRFD (Load and Resistance Factor Design).
2. Menjadi referensi bagi peneliti lain dalam melakukan kajian perencanaan struktur rangka baja yang aman, efisien, dan sesuai standar yang berlaku.
3. Memberikan solusi desain gangway yang optimal dari segi kekuatan, kestabilan, dan efisiensi material, sehingga dapat diaplikasikan pada proyek-proyek infrastruktur pelabuhan, industri, dan fasilitas serupa.
4. Mengurangi potensi kegagalan struktur dengan penerapan metode analisis yang lebih andal, sehingga meminimalkan biaya pemeliharaan dan perbaikan jangka panjang.

Referensi

- [1] S. Ega Agustin, "ANALISIS STRUKTUR DAN REDESIGN TOWER CRANE POTAIN MD 900," Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh November, 2018.
- [2] M. Izzul Fikri Hidayah and H. Soeroso, "Perancangan Accommodation Ladder And Gangway Portable Kapasitas 1 Ton Sebagai Sarana Penunjang Akses Akomodasi Kapal," 2019.
- [3] S. Fadli, "ANALISIS DAN DESAIN KONSTRUKSI BAJA METODE LRFD/DFBK (LOAD and RESISTANCE FACTOR DESIGN/DESAIN FAKTOR BEBAN dan KETAHANAN) BERDASARKAN SNI 1729:2015 MENGGUNAKAN PROGRAM MICROSOFT EXCEL," Tugas Akhir, 2018.
- [4] I. W. Artana and I. P. Sutajaya, "ANALISIS PERBANDINGAN PERENCANAAN STRUKTUR BAJA BERDASARKAN METODE DESAIN KEKUATAN IJIN (DKI) DENGAN DESAIN FAKTOR BEBAN DAN KETAHANAN (DFBK) SESUAI SNI- 1729:2015," Widya Teknik, vol. 011, no. 1, pp. 93–104, Apr. 2018.
- [5] D. M. Karim, E. Setiadi, and Y. Yulianto, "Analisis Struktur Pembangunan Pasar Ampera Menggunakan Metode LRFD," MESA, vol. 7, no. 2, pp. 48–60, 2023.
- [6] G. Irawan, D. Gregorius, and S. Sentosa, "ANALISIS DESAIN SOIL NAILING MENGGUNAKAN LOAD & RESISTANCE FACTORED DESIGN DIBANDINGKAN DENGAN ALLOWABLE STRESS DESIGN," JMST: Jurnal Mitra Teknik Sipil, vol. 5, no. 1, pp. 209–222, Feb. 2022.
- [7] J. M. Guci and F. Putri Yastari, "Analisis Penggunaan Balok Rafter Honeycomb Untuk Struktur Gudang Tahan Gempa Dengan Metode LRFD," Jurnal Bangunan, Konstruksi & Desain, vol. 2, no. 4, pp. 243–253, Dec. 2024, doi: 10.25077/jbkd.2.4.243-253.2024.
- [8] M. Fadzilah, H. Riakara Husni, and M. Isneini, "Evaluasi Kekuatan Struktur Gedung Bertingkat Akibat Pengaruh Beban Gempa Menggunakan Analisis Dinamik Respon Spektrum (Studi Kasus: Gedung B Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro)," JRSDD, vol. 9, no. 4, pp. 885–898, Dec. 2021.
- [9] Badan Standardisasi Nasional (BSN), SNI 1726:2019 – Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, Jakarta, Indonesia: BSN, 2019.
- [10] Badan Standardisasi Nasional (BSN), SNI 1727:2020 - Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lainnya, Jakarta, Indonesia: BSN, 2020.
- [11] Badan Standardisasi Nasional (BSN), SNI 1729:2020 - Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural, Jakarta, Indonesia: BSN, 2020.
- [12] American Institute of Steel Construction, Specification for Structural Steel Buildings (AISC 360-16), Chicago, IL: AISC, 2016.

