

Evaluasi Desain Struktural Hoist Crane 16 Ton di PLTM Pantan Cuaca 4,5 MW di Provinsi NAD

M. Husni Malik Hasibuan*¹, Muhammad Diaz Ariansyah², Bangun Pasaribu³

^{1,2,3} Prodi Teknik Sipil, Universitas Islam Sumatera Utara, Jln. Sisingamangaraja Teladan, Kelurahan Teladan Barat, Kecamatan Medan Kota, Indonesia

e-mail: *1husnihasibuan@ft.uisu.ac.id, 2ryan.madara@gmail.com, 3bangun@ft.uisu.ac.id

Abstrak

Power House (PH) merupakan salah satu bangunan yang berfungsi sebagai rumah produksi yang menghasilkan energi listrik. Pada umumnya struktur power house pada pembangkit listrik tenaga mini hidro (PLTM) yang ada di Indonesia menggunakan struktur baja berat. Kriteria desain dan perencanaan teknis struktur baja pada power house yang digunakan antara lain SNI 1726;2019, SNI 1727;2020, SNI 1729;2020, SNI 7860;2020, dan SNI 7972;2020. Perhitungan struktur baja pada power house menggunakan metode LRFD (Load And Resistance Factor Design) dan untuk analisis strukturnya digunakan software ETABS. Analisis struktur power house dilakukan untuk mengecek kondisi desain eksisting profil yang digunakan sedangkan analisis ulang dilakukan untuk mendapatkan profil yang aman untuk digunakan pada power house. Berdasarkan hasil analisis yang didapat bahwa baja profil WF 400x200x8x13 masih aman dipakai sebagai kolom utama pada struktur power house. Untuk balok, baja profil yang aman digunakan yaitu WF 300x150x6,5x9. Sedangkan untuk runway beam dan kolom bracket (balok konsol) masih menggunakan baja profil desain eksisting yaitu WF 500x200x10x16.

Kata kunci Power House, SNI, Baja Profil

Abstract

Power House (PH) is one of the buildings that functions as a production house that produces electrical energy. In general, the power house structure at mini hydro power plants (PLTM) in Indonesia uses heavy steel structures. The design criteria and technical planning of steel structures in the power house used include SNI 1726; 2019, SNI 1727; 2020, SNI 1729; 2020, SNI 7860; 2020, and SNI 7972;2020. The calculation of steel structures in power houses uses the LRFD (Load And Resistance Factor Design) method and for structural analysis ETABS software is used. Analysis of the power house structure is carried out to check the condition of the existing design of the profile used while re-analysis is carried out to obtain a safe profile for use in the power house. Based on the results of the analysis obtained that the WF 400x200x8x13 profile steel is still safe to use as the main column in the power house structure. For beams, the profile steel that is safe to use is WF 300x150x6.5x9. As for the runway beam and column bracket (console beam) still use the existing steel profile design, namely WF 500x200x10x16

Keywords Power House, SNI, Steel Profile

1. PENDAHULUAN

Power House (PH) merupakan salah satu bangunan yang berfungsi sebagai rumah produksi yang menghasilkan energi listrik. Pada umumnya struktur power house pada pembangkit listrik tenaga mini hidro (PLTM) yang ada di Indonesia menggunakan struktur baja berat [1], hal ini dikarenakan bentang ukuran power house yang lebar dan panjang serta ukuran ruangan terbuka

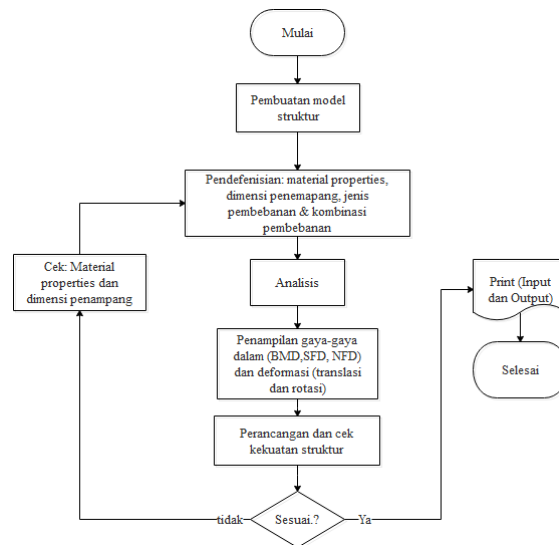
yang cukup luas tanpa ada tiang-tiang penyangga di tengah ruangan sehingga memerlukan material struktur yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi. Penggunaan struktur baja pada *power house* merupakan material yang ideal untuk gudang dan bangunan pabrik lainnya [2]. Selain ekonomis dan tahan lama juga sangat mudah dalam proses instalasinya [3]. Secara umum terdapat kategori tipe struktur bangunan baja pada *power house*/pabrik, diantaranya adalah Jika mengamati sebuah struktur bangunan gedung peruntukan industri, rangka portal (*portal frame*) yang umumnya digunakan adalah bangunan bertingkat rendah yang terdiri dari kolom dan elemen *horizontal* atau *pitched rafter* yang dihubungkan oleh sambungan penahan momen [4]. Struktur rangka portal (*portal frame*) juga bergantung pada tahanan lentur dari sambungan yang diperkuat oleh *haunch* yang sesuai atau telah dilakukan pendalaman bagian *rafter*. [5] dalam publikasinya menyebutkan bahwa setiap tipe portal *frame*. Portal *Truss* adalah sistem struktur portal yang bagian struktur horizontalnya merupakan susunan rangka batang pada satu bidang tunggal [5][6]. Susunan rangka batang harus mengakomodasi kekakuan dan kekuatan dalam sistem gaya tarik-tekan saja. Rangka batang akan menggunakan susunan konfigurasi segitiga yang secara mekanik dapat memberikan efek kekakuan dan kekangan (penahanan) yang tinggi [7]. Dengan fenomena mekanik tersebut, dibandingkan dengan sistem portal *frame*, maka Portal *Truss* dapat mengurangi efek lendutan pada bentang panjang. *Space Truss* adalah struktur kombinasi rangka yang membentuk segitiga yang secara global membentuk volume tiga dimensi [8]. Dalam *space truss*, setiap elemen terdiri dari 6 (enam) rangka batang untuk membentuk satu kesatuan struktur yang kaku dan stabil. Selain pada bangunan *warehouse*, struktur *space truss* banyak digunakan pada atap stadion bahkan hanggar pesawat terbang [9].

2. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain :

1. Metode Literatur yaitu mengumpulkan, mengidentifikasi dan mengolah data tertulis dan metode kerja yang digunakan [2]
2. Metode observasi yaitu dengan *survey* langsung ke lapangan, diharapkan dapat diketahui kondisi riil di lapangan sehingga dapat diperoleh gambaran-gambaran sebagai pertimbangan dalam merencanakan ulang desain struktur *power house*
3. Metode wawancara yaitu dengan mewawancarai narasumber, agar mendapat masukan-masukan berupa penjelasan mengenai masalah yang ditinjau, serta memperoleh data-data yang diperlukan [10]

Dalam penulisan skripsi ini digunakan metode penelitian yang berdasarkan pada objek penelitian di proyek dengan metode studi kasus. Yang dilakukan dalam metode studi kasus ini yaitu meninjau dan merencanakan kembali suatu objek penelitian sesuai dengan kondisi bangunan yang menjadi objek penelitian [11]. Perencanaan ulang struktur bangunan atas ini *power house* dianalisis menggunakan program perhitungan struktur berbasis *finite element analysis*.



Gambar 1 Flowchart Perencanaan Struktur Power House

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Umum Proyek

Berikut ini data-data pembangunan *Power House* PLTM Pantan Cuaca :

- Tipe bangunan : Gudang/Warehouse
- Lokasi bangunan : Kabupaten Gayo, Lues, Aceh
- Jenis Tanah : Tanah Lunak (SE)
- Tinggi bangunan : ± 10 meter
- Fungsi bangunan : Pembangkit Listrik
- Jumlah lantai : 1

A. Data Material Struktur

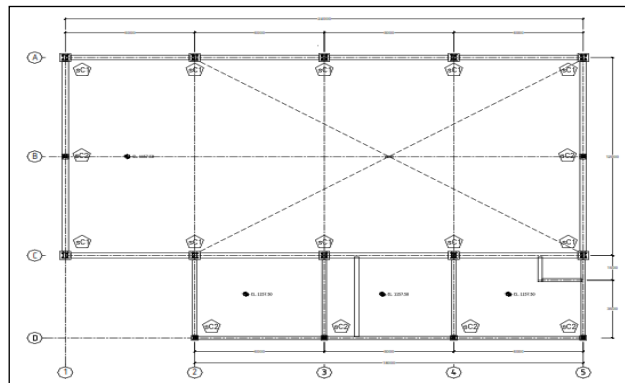
Berikut ini adalah data material struktur yang digunakan :

1. Mutu Beton,
 $f'_c = 24 \text{ MPa}$
 $E = 4700 \cdot (f'_c)^{1/2}$
 $= 23025.2 \text{ MPa}$
2. Mutu Baja,
 $F_{y1} = 240 \text{ MPa}, F_u = 370 \text{ MPa}$
 $F_{y2} = 280 \text{ MPa}, F_u = 440 \text{ MPa}$
 $E = 200000 \text{ MPa}$
3. Angkur, ASTM A307
 $F_y = 240 \text{ MPa}$
 $F_u = 370 \text{ MPa}$
4. Sambungan Baut Mutu Tinggi, ASTM A325
 $F_y = 660 \text{ MPa}$
 $F_u = 830 \text{ MPa}$
5. Pengelasan, AWS D1.1
 $F_y = 415 \text{ MPa}$
 $F_u = 495 \text{ MPa}$

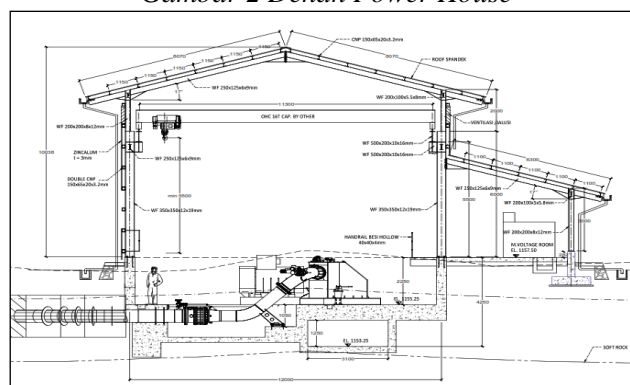
B. Data Elemen Struktur

Berikut ini adalah data elemen struktur eksisting pada *power house* PLTM Pantan Cuaca :

1. Kolom ;
SC1 = H 350x350x12x19
SC2 = H 200x200x8x12
SC3 = H 200x200x8x12
2. Balok ;
SB1 = WF 250x125x6x9
SB2 = WF 200x100x5,5x8
3. Balok Rafter ;
RB1 = WF 250x125x6x9
RB2 = WF 250x125x6x9
4. Gording ; G = CNP 150x65x20x3,2
5. Bracing ;
EA = L 100x100x10
EA = L 50x50x5
6. Balok Crane (Runway Beam) ; HC = WF 500x200x10x16
7. Kolom Bracket (Corbel) ; CB = WF 500x200x10x16
8. Ikatan Angin ; WB = $\varnothing 5/8'$



Gambar 2 Denah Power House



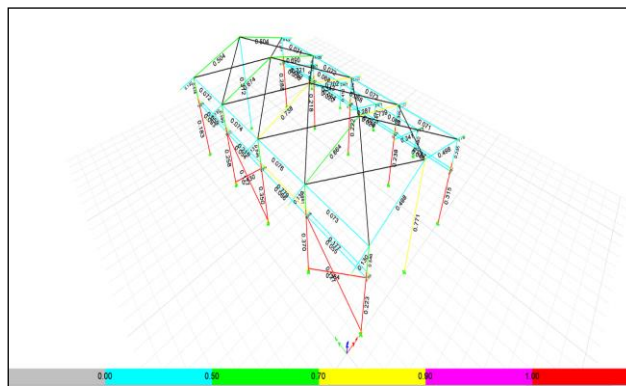
Gambar 3 Potongan Melintang Power House

3.2 Perhitungan Pembebanan Struktur Power House

1. Beban Mati : Beton = 2400 kg/m^3 , Baja = 7850 kg/m^3
2. Beban Mati Tambahan : 144 kg/m
3. Beban Hidup : 360 kg/m

4. Beban Angin :
 Pada Dinding :
 Angin Tekan = 308,16 kg/m
 Angin Hisap = -87,78 kg/m
 Pada Atap : Angin Tekan = 335,04 kg/m
 Angin Hisap = -310,68 kg/m
5. Beban Gempa : $V_x = V_y = 7629,794$ kg
6. Beban Roda Crane Pada Runaway Beam :
 Beban roda tanpa gaya *impact vertical* : 85,2 kN = 8,52 ton
 Beban roda + gaya *impact vertical* 25% : 10,65 ton
 Gaya Horizontal : 1,704 ton
 Gaya Longitudinal : 0,852 ton

3.3 Hasil Analisis Dan Pengecekan Kapasitas Struktur



Gambar 4 Hasil Stress Ratio Struktur Power House Eksisting

A. Hasil Stress Ratio Kolom

Berdasarkan hasil analisis yang didapat, untuk profil H-Beam 350x350x12x9 menunjukkan bahwa “*profil kolom merupakan profil tidak kompak sebagai elemen pemikul gaya gempa*” meskipun nilai *stress ratio* profil kolom tersebut lebih kecil dari satu (< 1). Hal ini ditunjukkan dari perhitungan kontrol penampang berikut :

$$\lambda = b/t \leq \lambda_{hd} = 0,30\sqrt{(E/Fy)} \quad (\text{Komponen Daktil Tinggi})$$

$$\lambda = b/t \leq \lambda_{md} = 0,38\sqrt{(E/Fy)} \quad (\text{Komponen Daktil Sedang})$$

$$\lambda = b/t = [(350-12)/2]/19 = 8,89$$

$$\lambda_{hd} = 0,30\sqrt{(E/Fy)} = 0,30*\sqrt{(200000/240)}$$

$$= 8,66$$

$$\lambda_{md} = 0,38\sqrt{(E/Fy)} = 0,38*\sqrt{(200000/240)}$$

$$= 10,97$$

$$\lambda_{hd} = 8,66 < \lambda = 8,89 < \lambda_{md} = 10,97 \quad (\text{Komponen Daktil Sedang})$$

Sedangkan untuk profil H-Beam 200x200x8x12 aman dan memenuhi persyaratan, namun untuk kolom utama harus diganti dan disamakan ukurannya dengan profil kolom yang ada dibawahnya.

B. Hasil *Stress Ratio* Balok, Rafter, Kolom *Bracket & Runway Beam*

Hasil analisis yang didapat menunjukkan bahwa profil WF-500x200x10x16 (*Runway Beam & Kolom Bracket*), Rafter 2 dan Rafter 3 aman dan memenuhi persyaratan sedangkan untuk profil WF-250x125x6x9, WF-200x100x5,5x8, Rafter 1 dan Rafter 4 belum memenuhi persyaratan. Maka untuk profil yang belum memenuhi persyaratan harus dilakukan perbaikan dan analisis ulang dengan cara mengganti profil balok tersebut.

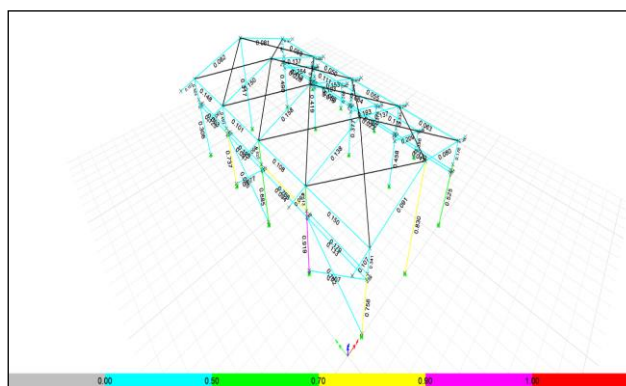
C. Hasil *Stress Ratio Bracing*

Hasil analisis yang didapat menunjukkan bahwa profil *bracing* belum memenuhi persyaratan. Maka perlu dilakukan perbaikan dan analisis ulang dengan cara mengganti profil *bracing*.

3.4 Analisis Ulang Dan Kontrol Perhitungan

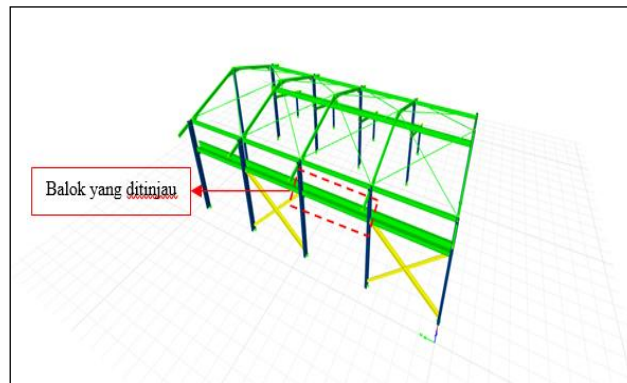
Pada analisis ulang kali ini, dicoba memakai profil sebagai berikut :

- Kolom
SC1 = WF 400x200x8x13
SC2 = H 200x200x8x12
- Balok
SB = WF 300x150x6,5x9
- Runway Beam & Kolom Bracket
RB = WF 500x200x10x16
CB = WF 500x200x10x16
- Balok Rafter
Var. Rafter 1 = WF 400x200x8x13
Var. Rafter 2 = WF 250x125x6x9
Var. Rafter 3 = WF 250x125x6x9
Var. Rafter 4 = WF 300x150x6,5x9
- Bracing
BR = L 250x250x25
- Ikatan Angin
WB = Ø5/8'



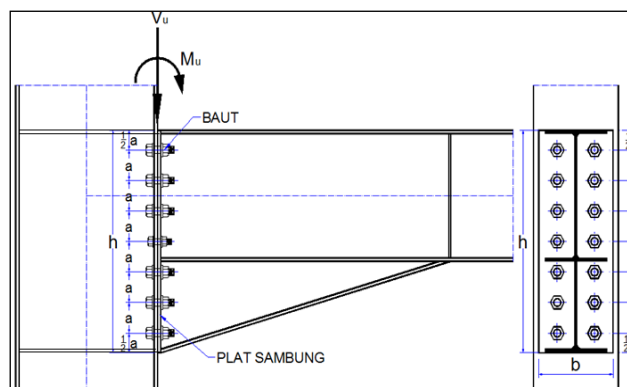
Gambar 5 Hasil *Stress Ratio* Struktur Power House Baru

Berdasarkan hasil analisis ulang yang didapat diperoleh hasil bahwa profil yang dipakai sudah memenuhi persyaratan, kecuali pada kolom *section* C3, pada *section* tersebut perlu dipasang pengaku lateral di setiap seperempat bentang arah sumbu lemah (sumbu Y).



Gambar 6 Runway Beam Yang Ditinjau

Lendutan yang terjadi pada saat beban roda + gaya *impact crane* harus lebih kecil dari lendutan izin. Pengecekan *runway beam* ditinjau pada balok yang memiliki kombinasi dan posisi terekstrem ketika beban bekerja pada struktur. Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai lendutan sebesar 4,567 mm (*Runway beam section B50*). Lendutan izin $L/240 = 6000/240 = 25$ mm $4,567$ mm $<$ 25 mm (OK)



Gambar 7 Sambungan Baut Balok-Kolom

Pengecekan perhitungan sambungan balok-kolom harus dilakukan pada kolom *bracket* (balok konsol) yang memikul *runway beam* pada saat beban roda dan *impact crane* bekerja secara maksimal (kondisi ekstrem). Profil kolom *bracket* yang dicek adalah *section B24*

- Profil Kolom : WF 400x200x8x13
- V_u : 237.684,976 N
- M_u : 71.243.482 Nmm
- Jenis baut yang digunakan : A325
- Diameter baut (d_b) : 5/8 inch
- Jarak baut ke tepi (s_1) : 25 mm
- Jumlah total baut (n) : 14 bh
- Tinggi pelat (h) : 700 mm
- Tebal pelat (t) : 10 mm
- Tegangan leleh (f_y) : 240 MPa
- Lebar pelat (b) : 200 mm

A. Gaya Tarik Maksimum Yang Terjadi Pada Baut :

Jadi gaya yang dipikul baris baut teratas yang paling besar : $T_u = \delta \alpha \sigma^2 = 52383,74 \text{ N}$
Gaya yang dipikul satu baut pada baris teratas : $T_{u1} = \frac{1}{2} T_u = 26191,87 \text{ N}$
Kuat tarik rencana satu baut adalah : $T_d = \phi_f T_n = \phi_f 0,75 f_u^b A_b = 92142,63$
Syarat : $T_{u1} \leq \phi_f T_n$
Jadi, $26191,87 \text{ N} \leq 92142,63 \text{ N}$ (Aman)

B. Gaya Geser Yang Terjadi Pada Baut :

Baut dalam kondisi geser tunggal ($m = 1$) Untuk mendapatkan tingkat keamanan yang lebih tinggi, ulir baut dianggap berada dalam bidang geser ($r_l = 0,4$)
 $V_{u1} = \frac{V_u}{n} = 16977,50 \text{ N}$
 $V_d = \phi_f V_n = \phi_f r_l f_u^b m A_b = 49142,74 \text{ N}$
Syarat : $V_{u1} \leq \phi_f V_n$
Jadi, $16977,50 \text{ N} \leq 49142,74 \text{ N}$ (Aman)

C. Gaya Tumpu Yang Terjadi :

Tebal flens kolom = 13 mm
Tebal pelat ujung balok = 10 mm
 $V_{u1} = 16977,50 \text{ N}$
 $t_p = 10 \text{ mm}$
 $R_d = \phi_f R_n = 2,4 \phi_f d_b t_p f_u = 105894 \text{ N}$
Syarat : $V_{u1} \leq \phi_f R_n$
Jadi, $16977,50 \text{ N} \leq 105894 \text{ N}$ (Aman)

D. Kombinasi Gaya Geser dan Tarik :

$f_1 = 807 \text{ MPa}$
 $f_2 = 621 \text{ MPa}$
 $r_2 = 1,9$
 $f_{uv} = \frac{V_u}{n A_b} \leq r_1 \phi_f f_u^b m = 85,50 \text{ MPa} < 247,50 \text{ MPa}$ (Aman)
 $f_t = 0,75 f_{ub} = 618,75 \text{ MPa}$
 $f_t \leq f_1 - r_2 f_{uv} \leq f_2$ $618,75 \text{ MPa} < 644,54 \text{ MPa} > 621 \text{ MPa}$
Jadi digunakan nilai $f_t = 618,75 \text{ MPa}$
 $T_d = \phi_f T_n = \phi_f f_t A_b \geq \frac{T_u}{n}$
 $92142,63 \text{ N} > 26191,87 \text{ N}$ (Aman)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang didapatkan dari hasil analisis pada bab sebelumnya, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Struktur eksisting *power house* tidak aman dalam memikul beban yang bekerja
 2. Profil kolom eksisting yang didesain untuk *power house*, H 350x350x12x19 tidak dapat menahan gaya gempa dan tidak memenuhi persyaratan sesuai dengan ketentuan yang terdapat pada AISC 341-10 Tabel D1.1 dan SNI 7860:2020.
-

3. Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa profil kolom WF 400x200x8x13 aman untuk digunakan pada struktur *power house* kecuali pada *section 3*, harus diberikan pengaku lateral disetiap seperempat bentang arah sumbu lemah (sumbu Y). Untuk profil H 200x200x8x12 dapat digunakan sebagai kolom bantu.
4. Profil balok eksisting *power house*, WF 250x125x6x9 dan WF 200x100x5,5x8 tidak dapat digunakan karena tidak memenuhi persyaratan sesuai dengan ketentuan yang terdapat pada SNI 1729:2020.
5. Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa profil balok yang aman dan memenuhi persyaratan untuk digunakan pada *power house* adalah WF 300x150x6.5x9.
6. Profil *runway beam* dan *overhang beam* eksisting *power house*, WF 500x200x10x16 aman untuk digunakan dan sudah memenuhi persyaratan sesuai dengan ketentuan yang terdapat pada SNI 1729:2020.
7. Berdasarkan hasil perhitungan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa kondisi sambungan antara kolom *bracket* (balok konsol) dan kolom aman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Widiarto and A. Samanhudi, "Rancangan pemanfaatan tenaga surya sebagai sumber energi di Gedung Power House Bandara Banyuwangi," *Knowl. J. Inov. Has. Penelit. dan Pengemb.*, vol. 3, no. 3, pp. 195–204, 2023, doi: <https://doi.org/10.51878/knowledge.v3i3.2437>.
- [2] Z. Sandy Pica, S. Syahbuddin, and E. Djatmiko, "Proses pembuatan komposit Baja ASTM A 615 M Oxide Dispersed Strengthening (ODS) berpenguat Alumina," *J. Syntax Admiration*, vol. 2, no. 4, pp. 731–745, 2021, doi: 10.46799/jsa.v2i4.206.
- [3] E. Pradipto and K. Tristanto, "Ketahanan sistem struktur bangunan terhadap angin studi kasus : Mbaru Niang di Desa Wae Rebo, Kabupaten Manggarai, NTT," *J. Arsit. Pendapa*, vol. 4, no. 1, pp. 01–07, 2021, doi: 10.37631/pendapa.v4i1.276.
- [4] F. Sustiawan and A. E. Husin, "Analisa RII (Relative Important Index) terhadap faktor-faktor yang Berpengaruh dalam mengimplementasikan BIM 4D dan M-PERT pada pekerjaan struktur bangunan hunian bertingkat tinggi," *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 19, no. 4, p. 417, 2021, doi: 10.12962/j2579-891x.v19i4.9336.
- [5] E. H. Manurung, A. Prajoko, O. Sitohang, and H. Haryanto, "Analisis biaya dan waktu pekerjaan konstruksi struktur rangka atap baja portal frame dan portal truss," *J. Rekayasa Konstr. Mek. Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 31–39, 2023, doi: 10.54367/jrkms.v6i1.2557.
- [6] R. F. Manope, H. Manalip, and B. M. M. Ointu, "Analisis portal struktur baja berdasarkan konfigurasi tipe Dan variasi panjang link sistem Ebf (Eccentrically Braced Frames)," *J. Sipil Statik*, vol. 7, no. 9, pp. 1191–1196, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jss/article/view/24614>
- [7] J. O. Simanjuntak, E. O. Zai, and V. C. Damanik, "Analisis perhitungan rangka batang dengan menggunakan metode keseimbangan titik buhul dan metode ritter (Studi Literatur)," *J. Constr.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–9, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.uhn.ac.id/index.php/construct/article/view/1273>
- [8] F. Fuad, A. Tata, and I. Imran, "Analisis struktur atap rangka ruang Space Truss," *J.*

-
- Sipilsains*, vol. 10, no. 1, pp. 53–62, 2020, doi:
<https://doi.org/10.33387/sipilsains.v10i1.2389>.
- [9] A. Arhami, I. Hasanuddin, and M. Masri, “Optimization process of the Truss Structure using Finite Element Analysis: Step by step from 2D to 3D space,” *Polimesin*, vol. 20, no. 2, pp. 121–127, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.30811/jpl.v21i4.3933>.
- [10] Z. H. Siregar, U. N. Harahap, and M. Zurairah, “Perencanaan bahan baku menggunakan metode Min-Max pada PT Pacific Palmindo Industri,” *Talent. Conf. Ser. Energy Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 756–764, 2020, doi: 10.32734/ee.v3i2.1073.
- [11] Z. H. Siregar, Mawardi, A. Ramadhan, P. Rigitta, S. P. Simorangkir, and D. Suita, “Analisis impak tegangan dan regangan pada spesimen batang marka jalan menggunakan Air Gun Compressor,” *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 6, no. 2, pp. 295–305, 2022, doi: 10.33379/gtech.v8i1.3787.
-