

Desain Ulang Rangka Baja Mendukung Struktur Switchgear Berinsulasi Gas Hibrid Bushing 170kv

Redesain Struktur Frame Steel Support Bushing Hybrid Gas Insulated Switchgear 170kv

¹Alfian Ady Saputra, ²Pungkas Prayitno, ³Sabiqunassabiqun

^{1,2}*Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pamulang Serang Kota Serang
Jl. Raya Jakarta Km 5 No.6, Kalodran, Kec. Walantaka, Kota Serang, Banten 42183*

email : alfianadys@gmail.com, mesinserang@unpam.ac.id

ABSTRAK

Rangka baja untuk penyangga bushing dalam Hybrid Gas Insulated Switchgear (GIS) yang berada pada gardu induk PLN berfungsi untuk menopang bushing yang beratnya dapat mencapai 1 ton dengan ketinggian 6 meter dituntut untuk stabil dan kuat, sebab ketidakstabilan konstruksi dapat mengakibatkan kerusakan dengan menimpa ke konstruksi yang sampingnya. Oleh sebab itu, dalam analisis ini, kami analisis selain kuat dan stabil juga mempunyai profil yang ekonomis. Metode yang kami pakai dalam analisis ini adalah mengukur ukuran-ukuran yang sudah terpasang kemudian dianalisis kekuatannya dengan menganalisis besarnya beban kritis pada kolom dan lendutan pada balok. Dari hasil analisis tersebut, dapat dilihat apakah struktur itu terlalu kelebihan kapasitas atau tidak. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur terlalu kuat dengan hasil analisis faktor ekonomi atau profil yang ekonomis dan kuat, untuk itu kami hitung ulang dengan menggunakan kolom dengan ukuran dan spesifikasi SS-HM 100x100x6 dan balok dengan spesifikasi ukuran SS-LM 100x100x10 .

Kata Kunci : Buckling, Lendutan, Profil.

ABSTRACT

The steel frame for bushing supports in the Hybrid Gas Insulated Switchgear (GIS) located at the PLN substation functions to support bushings which can weigh up to 1 ton with a height of 6 meters and is required to be stable and strong, because construction instability can cause damage by falling on the existing construction. beside him. Therefore, in this analysis, we analyze that apart from being strong and stable, it also has an economic profile. The method we use in this analysis is to measure the dimensions that have been installed and then analyze their strength by analyzing the magnitude of the critical load on the column and the deflection on the beam. From the results of this analysis, it can be seen whether the structure is too overcapacity or not. The results of the analysis show that the structure is too strong according to the results of economic factor analysis or an economical and strong profile, for this reason we recalculated using columns with the SS-HM size and specifications of 100x100x6 and beams with the SS-LM size specifications of 100x100x10.

Keywords : Buckling, Deflection, Profile.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan yang begitu cepat dan pesat dalam dunia industri khususnya industri manufaktur peralatan listrik tegangan tinggi, mengakibatkan meningkatnya pemakaian alat listrik tegangan tinggi yang digunakan sebagai salah satu komponen utama pada sistem distribusi dan transmisi energi listrik. Sistem isolasi merupakan bagian yang sangat penting dalam sistem tegangan tinggi yang berguna untuk memisahkan dua

buah penghantar listrik yang berbeda potensial, sehingga hubung singkat atau percikan listrik (spark over) dapat dihindari. Maka sangat perlu untuk menjaga dan memelihara sistem isolasi supaya selalu dalam kondisi yang baik dan tidak mengalami kerusakan. Dalam hal ini sangat dituntut suatu sistem isolasi yang handa Hybrid Gas Insulated Switchgear(H-GIS) yang merupakan komponen utama dalam sistem tersebut terbentuk dari sebuah rancangan dimana memadukan antara unsur mekanik serta unsur elektrik. Kerusakan pada sistem isolasi dapat terjadi jika sistem isolasi mengalami tekanan medan listrik yang tinggi. Medan listrik yang tinggi pada bahan isolasi dapat memicu terjadinya peluahan lokal atau yang dikenal dengan peluahan sebagian (partial discharge). Meskipun kerusakan isolasi tidak selalu didahului oleh terjadinya peluahan sebagian, namun diyakini bahwa peluahan sebagian yang terjadi pada isolasi akan mengurangi kekuatan isolasi tersebut. Sehingga kondisi kesehatan isolasi peralatan listrik, seperti isolasi transformator, dapat dimonitoring dengan mendeteksi peluahan sebagian yang terjadi pada bahan isolasi tersebut. Unsur mekaniknya sendiri diantaranya adalah sebuah konstruksi penyangga beban atau disebut juga dengan frame steel yang berfungsi sebagai penyangga(support) dari bus unit bushing yang terdapat pada konstruksi total H-GIS. Konstruksi frame steel yang kokoh serta terbentuk dari beberapa material penyusun yang banyak turut mempengaruhi terhadap kekuatan dalam menahan beban.

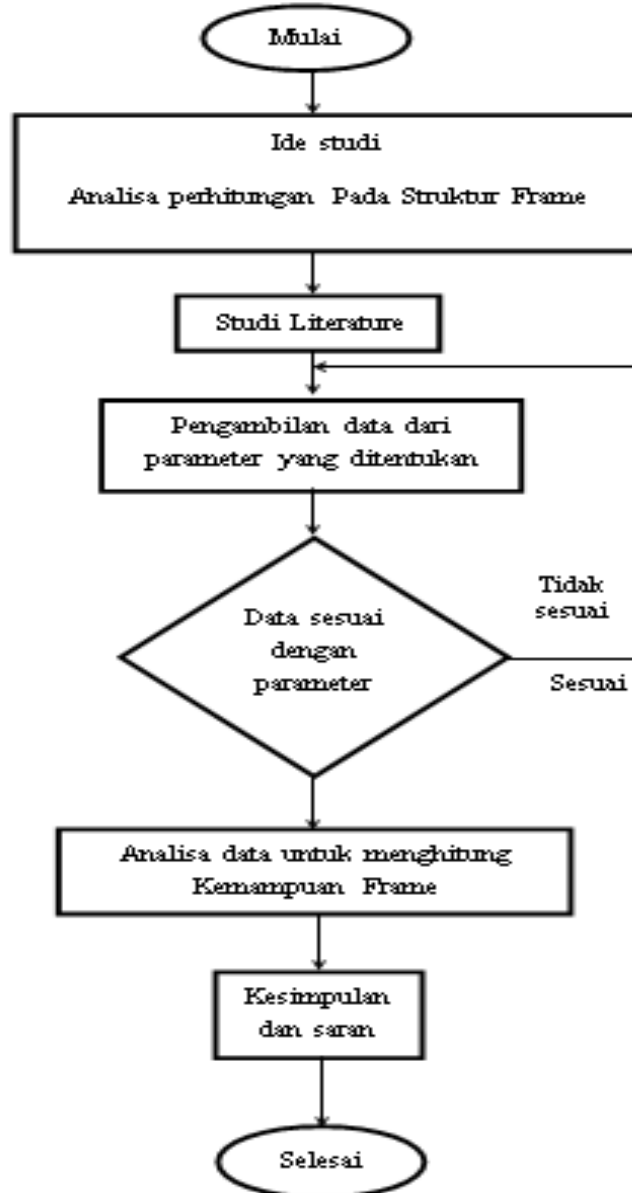
II. METODE PELAKSANAAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan. “Metode penelitian dan pengembangan atau dalam bahasa Inggrisnya research and development adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut”

Adapun Macam-macam Metode Penelitian mengacu pada bentuk penelitian, tujuan, sifat masalah dan pendekatannya. Ada empat macam metode penelitian:

1. Metode Eksperimen(mengujicobakan) Metode penelitian untuk menguji apakah variabel-variabel eksperimen efektif atau tidak.
2. Metode Verifikasi(pengujian) Metode penelitian untuk menguji seberapa jauh tujuan yang sudah digariskan itu tercapai sesuai atau cocok dengan harapan atau teori yang sudah baku).
3. Metode Deskriptif : Metode yang digunakan untuk mencari unsur-unsur, ciri-ciri, sifat-sifat suatu fenomena.

4. Metode Historis(merekonstruksi) Metode penelitian yang meneliti sesuatu yang terjadi di masa lampau, dalam penerapannya, metode ini dapat dilakukan dengan suatu bentuk studi yang bersifat komparatif historis, yuridis dan bibliografik



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Konstruksi Frame Steel

- a) Tinggi frame keseluruhan (from ground floor) : 2585mm
- b) Tinggi frame 1: 1830mm
- c) Tinggi frame 2: 715mm

- d) Beban kerja pada frame : 8000N (dari pengurangan berat keseluruhan pada total assy bus unit)
- e) Surface Treatment : Hot Dipped Galvanized
- f) Material Kolom : SS-LM 150x150x12 (JIS G3192:2008)
- g) Material Balok : SS-HM 150150x7(JIS G3192:2008)

• **Konstruksi Frame Steel**

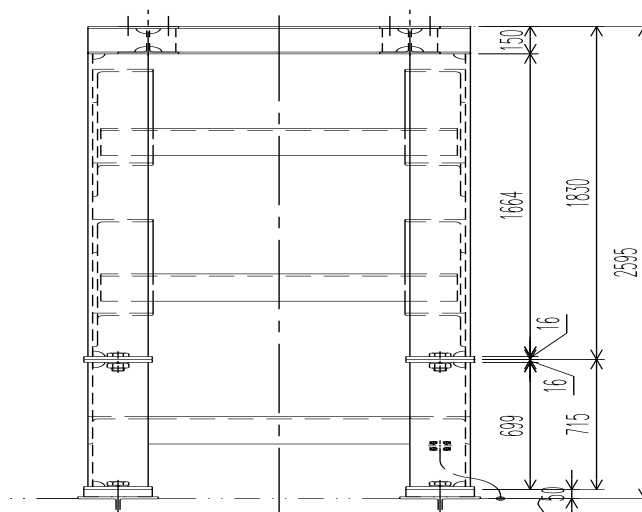
Dalam gambar 2 berikut merupakan Konstruksi hybrid adalah proses konstruksi yang memanfaatkan berbagai bahan baku dan teknik arsitektur. Konstruksi tersebut diciptakan untuk mengatasi berbagai masalah yang muncul dalam proses pembuatan bangunan secara efisien, terlihat pada gambar 2 berikut



Gambar 2. Konstruksi aktual Hybrid GIS 170kV Hitachi

• **Beban Kritis EULER**

Material pembentuk kolom pada frame yang menggunakan SS-HM 150x150x7 dengan panjang efektif kolom 1664 mm seperti pada gambar, nilai modulus elastisitas 200 Gpa serta nilai momen inersia pada profil 740cm⁴ dengan kondisi kedua ujungnya tetap maka beban kritisnya, pada gambar 3 berikut



Gambar 3 Konstruksi Frame

Diketahui

$$E = 200Gpa = 200 \times 10^9 N / m^2$$

$$I = 740cm^4 = 740 \times 10^{-8} m^4$$

$$L = \frac{1}{2} L = 0.5 \times 1.664 = 0.832m$$

Maka
$$P = \frac{EI\pi^2}{L^2}$$

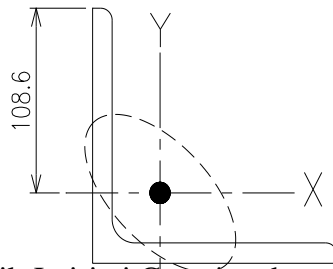
$$P = \frac{(200 \times 10^9)(740 \times 10^{-8})\pi^2}{0.832^2}$$

$$P = \frac{14607014.51}{0.692}$$

$$p = 21101571N = 21101kN$$

Jadi beban kritisnya adalah 21101kN

pada gambar 4 berikut merupakan Titik Jari-jari Gyration pada material SS-LM 150x12



Gambar 4. Titik Jari-jari Gyration pada material SS-LM 150x12

Diketahui $L = 1830mm$ dan $r = 108.6mm$ Maka $L/r = 1830/108.6 = 16.85$

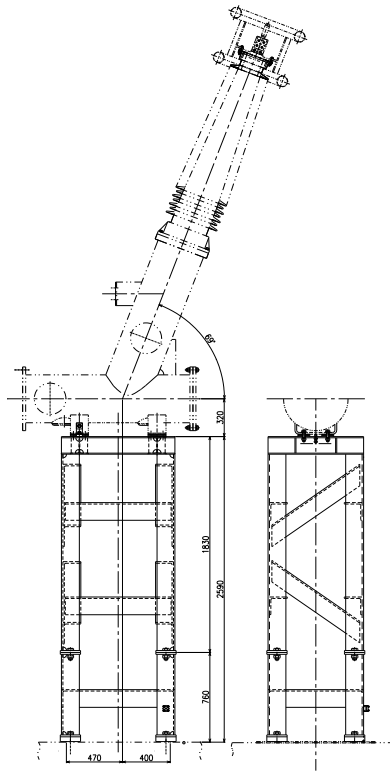
Karena nilai $L/r < 100$ maka **rumus Euler tidak berlaku** dan tegangan kritis adalah batas proporsional.

$$\frac{L}{r} > 100$$

$$\frac{1830}{108.6} (= 16.85) < 100$$

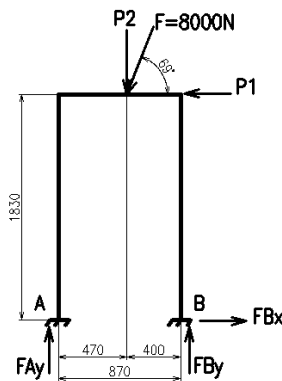
- **Perhitungan Tegangan Kritis Kolom**

Pada gambar 6 berikut merupakan Konstruksi Frame Steel



Gambar 6. Konstruksi Frame Steel

- **Diagram Benda Bebas**
pada gambar 7, merupakan Skema Konstruksi Frame Steel



Gambar 7 Skema Konstruksi Frame Steel

Sehingga bila diuraikan maka gaya-gaya yang terjadi adalah:

- **Persamaan Kesetimbangan**

$$P1 = Px = 8000 \times \cos 69^\circ = 2867N$$

$$P2 = Py = 8000 \times \sin 69^\circ = 7468N$$

$$+\uparrow Fy = 0$$

$$FAy + FBy - P2 = 0$$

$$FAy + FBy - 7468 = 0$$

$$FAy + FBy = +7468N$$

$$+\curvearrowright \Sigma MA = 0$$

$$(-P2 \times 0.47) + (P1 \times 1.83) + (FBy \times 0.87) = 0$$

$$(-7468 \times 0.47) + (2867 \times 1.83) + (FBy \times 0.87) = 0$$

$$-3509.96 + 5246.61 + (FBy \times 0.87) = 0$$

$$FBy \times 0.87 = -1736.65$$

$$FBy = \frac{-1736.65}{0.87} = -1996N$$

Sehingga jika dimasukkan pada persamaan yang pertama menjadi:

$$FAy + FBy = 7468$$

$$FAy - 1996 = 7468$$

$$FAy = 7468 - 1996 = +5472N$$

Sehingga diperoleh

$$FAy = 5472N \uparrow$$

$$FBy = 1996N \downarrow$$

- **Tegangan Kritis**

Berdasarkan luas penampang untuk profil SS-LM 150x150x12 adalah 34.77cm² maka tegangan kritisnya adalah:

$$\sigma_c FAy = \frac{FAy / 2}{A}$$

$$\sigma_c FAy = \frac{5472 / 2}{3477}$$

$$\sigma_c FAy = 0.78N / mm^2$$

$$\sigma_c FAy = 0.78Mpa$$

Sehingga tegangan kritis yang terjadi pada batang kolom A adalah 0.78Mpa.

- **Tegangan Ijin Tekan Material**

Adapun standar material yang digunakan mengacu pada standard JIS G3101:2010 dengan spesifikasi material SS400 dengan kekuatan tekan batas bahan liat bisa diambil

sebagai titik mulur (*yield point*) yaitu besarnya 245Mpa dengan faktor keamanan 4 dari nilai *yield point*.

$$\sigma_{ijin} = \frac{245}{4} = 61.25Mpa$$

Karena $\sigma_{ijin} \geq \sigma_e$ Sehingga diperoleh $61.25 Mpa \geq 0.78Mpa$. Atau perbandingannya adalah $\frac{61.25}{0.78} = 78.5$

Sehingga diperoleh kesimpulan konstruksi yang ada saat ini Sangat Kuat dengan faktor keamanan 78.5 dari tegangan kritis yang terjadi pada batang kolom.

- **Penampang Ekonomis Profil Kolom**

Berdasarkan untuk faktor keamanan jenis steel dengan dengan steady live ditentukan 4 sehingga diperoleh: Sehingga tegangan kritis pada kolom yang dibutuhkan adalah 15.3Mpa untuk memperoleh

$$\frac{\sigma_{ijin}}{Sf} = \frac{61.25}{4} = 15.3Mpa$$

faktor keamanan 4.

Sehingga luas penampang yang memenuhi kriteria tersebut adalah:

$$\begin{aligned}\sigma_c FAy &= \frac{FAy}{A} \\ 15.3 &= \frac{2736}{A} \\ A &= \frac{2736}{15.3} = 178.82mm^2 = 1.78cm^2\end{aligned}$$

Dengan pertimbangan ukuran material yang sering digunakan pada perusahaan dengan ukuran terkecil 50x50x6 serta pertimbangan sambungan yang digunakan untuk mengikat *frame steel ke bushing GIS 145kV* maka dipilih ukuran profil material menggunakan SS-LM 100x100x10. Dengan luas penampang 1900mm².

Sehingga tegangan kritisnya adalah

$$\begin{aligned}\sigma_c FAy &= \frac{FAy}{A} \\ \sigma_c FAy &= \frac{2736}{1900} = 1.44N / mm^2 = 1.44Mpa\end{aligned}$$

Dan perbandingan dengan tekanan ijin dari materialnya adalah: Sehingga didapat faktor

$$\text{keamanan} = 42.53 \cdot \frac{61.25}{1.44} = 42.53$$

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari perhitungan yang dilakukan kita peroleh kesimpulan antara lain sebagai berikut :

1. Konstruksi frame steel yang sudah ada dengan profil pembentuk utama SS-HM 150x150x12 dengan menggunakan rumus Euler didapatkan beban kritis 21101kN.
2. Sesuai dengan Slenderness ratio $L/r < 100$, dan rasio yang didapat 16.85 untuk profil SS-LM 150x12 maka rumus Euler tidak berlaku dan batas proporsional diambil sebagai tegangan kritis.
3. Tegangan kritis yang terjadi pada batang kolom yang mempunyai tegangan tekan kritis tertinggi adalah 0.78Mpa dan tegangan yang diijinkan untuk material pembentuk adalah 61.25Mpa. sehingga didapat faktor keamanannya 78.5 dan dapat disimpulkan konstruksi tersebut over capacity.
4. Dengan menentukan standar faktor keamanan untuk steel structure dengan mencari luas penampang ekonomis dari profil diperoleh ukuran penampang ekonomis untuk kolom adalah **SS-LM 40x40x3**.
5. Untuk konstruksi balok pada frame steel yang menggunakan SS-HM 150x150x7 Tegangan lentur yang terjadi pada balok tersebut adalah 16.25Mpa. dan safety faktor yang didapat adalah 15.
6. Lendutan Maksimum yang terjadi pada balok SS-HM 150x15x7 adalah 0.031mm dengan rasio kerampingan yang didapat dari persamaan $L/600$ diperoleh 1.45, karena $0.031 < 1.45$ maka dapat disimpulkan konstruksi balok sangat kuat.
7. Penampang Ekonomis pada balok dengan mempertimbangkan nilai momen inersia pada profil baja dengan ketentuan nilai lendutan maksimum harus sama atau mendekati rasio $L/600$ maka diperoleh bentuk profil ekonomis adalah SS-HM 100x100x6 dengan memperhatikan tabel Sesuai dengan JIS Standard G3192:2012.
8. Kontruksi baru yang dibuat menggunakan profil untuk kolom SS-LM 100x10 dan profil untuk balok SS-HM 100x100x6.
9. Nilai faktor keamanan dari kontruksi baru yang dibuat adalah 47.8 untuk kolom dan 5.76 untuk balok.

10. Sesuai dengan standar nilai kemanan yang sudah ditetapkan, konstruksi frame steel yang baru yang menopang beban 8000N dinyatakan aman.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih saya ucapkan kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Pamulang kampus Serang, serta Tim peneliti dari Teknik Mesin dan Semua Pihak yang sudah berperan aktif dan sudah berkontribusi dan mendukung baik secara moral ataupun material

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Saipul, and Mulyadi Mulyadi. "Pengaruh Media Pendingin terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan SMAW Pegas Daun Mitsubishi PS 120." *Innovative Technologica: Methodical Research Journal* 3, no. 2 (2024): 11-11.
- Bayliss, Colin., and Brian Hardy. 2017. *Transmission and Distribution Electrical Engineering*. Oxford:Elsevier Ltd.
- Callister,Jr., William D. 2021. *Fundamentals of Materials Science and Engineering*. New York:Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Fachrudin, A. R., Astuti, F. A. F., Martawati, M. E., & Hanif, A. (2021). Pelatihan Pengelasan Smaw Bagi Karang Taruna Kelurahan Temas Kecamatan Batu Kota Batu. *Jurnal Abdimas Bina Bangsa*, 2(1), 14-19.
- J.L.Meriam., and LG. 2016 . *Static*. New York:Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Ginting, Berta Br. "Analisa Kekuatan Tarik Pengelasan SMAW pada Material Baja Hardox Steel 450." *Jurnal Pendidikan Tambusai* 7, no. 2 (2023): 7584-7590.
- Khurmi, RS., and J.K Gupta. 2005. *A Textbook of Machine Design*. New Delhi:Eurasia Publishing House(PVT.) Ltd.
- L.Singer.,Ferdinand., and Andrew Pytel. 1985. *Kekuatn Bahan(Strength of Material)*, Jakarta :Erlangga.
- Mulyadi, Dodi, Khoirudin Khoirudin, Salman Fahrizal Gymanstiar, and Luay Raihan Dhawy. "Pelatihan Pengelasan SMAW untuk Pembuatan Konstruksi Sederhana di Desa Tegalsawah Karawang Timur." *Joong-Ki: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 3, no. 2 (2024): 404-408.
- Setiawan.,Agus.2018. *Perencanaan Struktur Baja dengan metode LRFD*, Jakarta:Erlangga.
- Sularso., dan Kiyokatsu Suga. 2019 . *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin* Jakarta:PT. Pradnya Paramita.