

ANALISIS STRUKTUR OMAH SOKO PAPAT DI BLITAR TERHADAP RISIKO BEBAN GEMPA

Anisah Nur Fajarwati, Yehezkiel Septian Yoganata, Kharisma Nur Cahyani, Aulia Rahman, Achendri M. Kurniawan

Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang
anisah_nur_f@polinema.ac.id

Abstrak

Omah Soko Papat merupakan salah satu arsitektur tradisional Jawa yang memiliki karakteristik struktur empat pilar utama (soko guru) berbahan kayu, mencerminkan adaptasi terhadap kondisi lingkungan, termasuk risiko gempa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan struktur Omah Soko Papat terhadap beban gempa dan beban sendiri, dengan fokus pada tiang soko guru sebagai elemen kritis. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak STAAD Pro v8i dan pendekatan metode respon spektrum untuk menentukan gaya-gaya dalam, serta mengevaluasi kapasitas kayu jati sebagai material utama.

Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan kombinasi tekan sebesar $123,34 \text{ kg/cm}^2$ dan tegangan geser sebesar $0,83 \text{ kg/cm}^2$ masih berada di bawah batas izin masing-masing $150,75 \text{ kg/cm}^2$ dan $20,1 \text{ kg/cm}^2$. Selain itu, sambungan struktur dengan baut berdiameter $12,7 \text{ mm}$ memenuhi syarat kekuatan sambungan, dengan kebutuhan minimum empat baut per sambungan.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa Omah Soko Papat memiliki kekuatan struktural yang memadai sebagai konstruksi tahan gempa, sekaligus mempertahankan nilai estetika dan kearifan lokal. Integrasi prinsip desain tradisional dengan teknologi modern dapat menjadi model pengembangan konstruksi berkelanjutan yang adaptif terhadap bencana alam. Hasil ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi konstruksi berbasis kearifan lokal untuk wilayah rawan gempa.

Kata kunci: Omah Soko Papat, analisis struktur, konstruktursi tahan gempa

Abstract

Omah Soko Papat is a traditional Javanese architectural structure characterized by four main wooden pillars (soko guru) that reflect its adaptability to environmental conditions, including earthquake risks. This study aims to analyze the structural strength of Omah Soko Papat under seismic and self-weight loads, focusing on the soko guru as a critical element. The analysis employed STAAD Pro v8i software and the response spectrum method to calculate internal forces and evaluate the capacity of teak wood as the primary material.

The findings indicate that the combined compressive stress of 123.34 kg/cm^2 and shear stress of 0.83 kg/cm^2 remain below the allowable limits of 150.75 kg/cm^2 and 20.1 kg/cm^2 , respectively. Furthermore, structural joints using 12.7 mm diameter bolts satisfy the required strength criteria, with a minimum of four bolts per joint.

This study concludes that Omah Soko Papat demonstrates sufficient structural integrity as an earthquake-resistant construction while preserving aesthetic and cultural values. Integrating traditional design principles with modern technology provides a sustainable construction model adaptable to natural disasters. These results are expected to contribute to developing locally inspired, earthquake-resistant construction technologies suitable for seismic-prone regions.

Keywords: Omah soko papat, structure analysis, earthquake resistance construction.

Pendahuluan

Omah Soko Papat, salah satu bentuk arsitektur tradisional Jawa, mencerminkan keindahan desain yang selaras dengan budaya dan lingkungan setempat. Rumah ini didesain menggunakan struktur kayu utama berbentuk empat pilar (soko) yang menopang rangka atap. Pendekatan desain tersebut, yang sering kali memanfaatkan material lokal seperti kayu jati, tidak hanya merepresentasikan nilai estetika dan kearifan lokal, tetapi juga strategi adaptif terhadap kondisi alam, termasuk gempa bumi. Arsitektur tradisional Jawa telah lama dikenal dengan keunikannya dalam menggabungkan fungsi estetika dan struktur tahan gempa melalui detail sambungan dan bentuk denah yang sederhana namun efektif (Prihatmaji, 2003; Gutierrez, 2004).

Studi tentang kemampuan struktur rumah tradisional terhadap gempa menjadi semakin penting dalam konteks Indonesia yang berada di zona rawan gempa. Rumah tradisional seperti Omah Soko Papat memiliki potensi untuk beradaptasi dengan gaya lateral akibat gempa melalui mekanisme sambungan kayu fleksibel dan interlocking, yang memungkinkan struktur meredam energi gempa tanpa mengalami kerusakan signifikan (Dewi et al., 2019). Prinsip desain ini termasuk dalam konsep *indigenous knowledge* yang relevan untuk diterapkan pada bangunan modern dalam menghadapi risiko gempa (Jigyasu, 2002).

Pendekatan studi ini bertujuan untuk menganalisis struktur Omah Soko Papat dalam menghadapi beban gempa, dengan mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan desain strukturalnya. Kajian ini tidak hanya mengacu pada nilai historis dan kultural, tetapi juga mengevaluasi keberlanjutan penerapan desain tradisional dalam teknologi konstruksi modern yang lebih ramah lingkungan dan adaptif terhadap bencana alam (Yusrina et al., 2023; Subekti, 1997). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi konstruksi tahan gempa berbasis kearifan lokal.

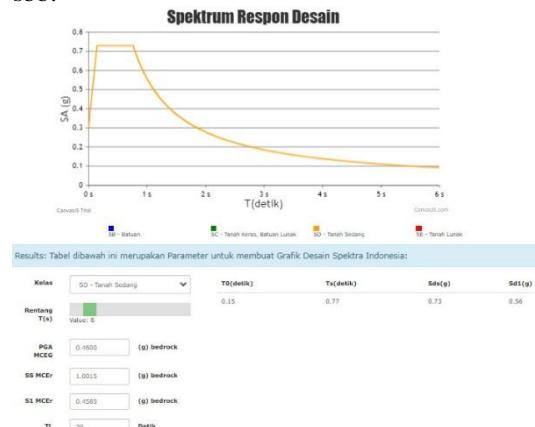
Kekuatan Struktur Omah Soko Papat

Tiang soko guru perlu dianalisis dengan beban yang paling signifikan dalam menentukan keamanan struktur, yaitu beban sendiri dan gempa. Untuk beban sendiri, digunakan beban merata bidang sebesar 50 kg/m², sesuai dengan Peraturan Muatan Indonesia 1970:

Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24	”
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14	”
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50	”
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	40	”
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng/gulung-gulung	10	”
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11	”

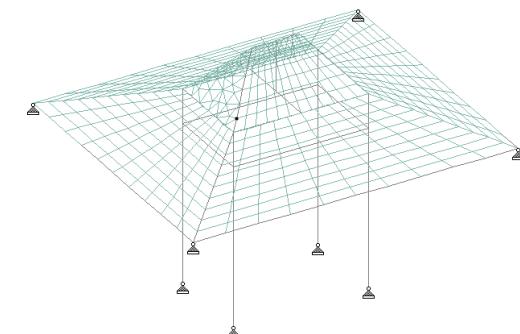
Sumber: Peraturan Muatan Indonesia (1970)

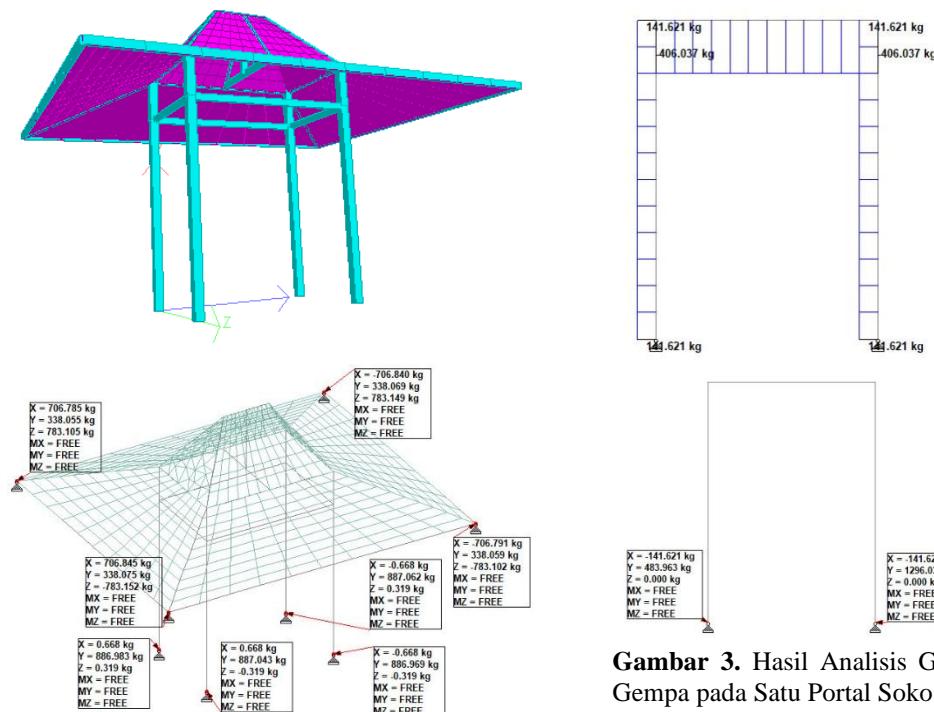
Untuk gempa, digunakan metode respon spektrum dikarenakan konstruksi terbuat dari kayu, yang mana tidak cocok dengan analisis statik ekivalen, yang lebih diperuntukkan pada struktur beton dan baja. Adapun data respon spektrum yang didapat dari Cipta Karya adalah sbb:



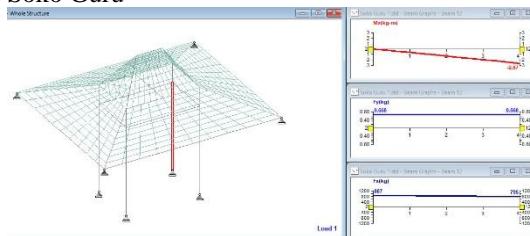
Gambar 1. Spektrum Respon Desain

Data tersebut diinput pada *software* analisis struktur STAAD pro v8i guna mendapatkan gaya-gaya dalamnya, yang kemudian akan dicek kapasitas kekuatan penampangnya. Berikut model pada *software* analisis:

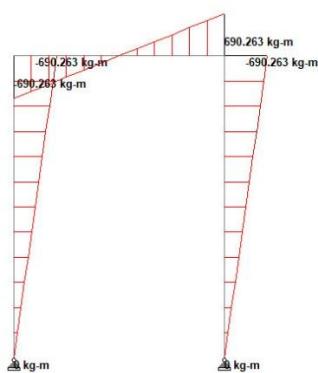




Gambar 2. Simulasi Hasil Beban yang Ditopang Soko Guru



Gambar 3. Gaya Dalam yang Ditanggung oleh Satu Pilar Soko Guru



Gambar 3. Hasil Analisis Gaya Dalam Akibat Gempa pada Satu Portal Soko Guru

Maka, gaya akhir terbesar yang ditahan oleh tiang Soko Guru adalah,

$$P \approx 1300 \text{ kg (tekan)}$$

$$D \approx 142 \text{ kg}$$

$$M \approx 691 \text{ kg.m}$$

Dari ketiga gaya dalam tersebut dilakukan perhitungan cek kekuatan penampang kayu tiang Soko Guru (16/16)

Tentukan terlebih dahulu kekuatan batas kayu Jati kelas A. Dari berbagai referensi, diasumsi berat jenis kayu Jati adalah $g = 0,67 \text{ kg/cm}^3$. Maka, berikut perhitungan kekuatan ijinnya dari berbagai arah.

$$\sigma_{lentur} = 170 \cdot g$$

$$\sigma_{lentur} = 170 \cdot (0,67) = 113,9 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{desak//} = 150 \cdot g$$

$$\sigma_{desak//} = 150 \cdot (0,67) = 100,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{desak\perp} = 40 \cdot g$$

$$\sigma_{desak\perp} = 40 \cdot (0,67) = 26,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{//} = 20 \cdot g$$

$$\tau_{//} = 20 \cdot (0,67) = 13,4 \text{ kg/cm}^2$$

Konstruksi kayu dianggap tertutup dengan beban khusus berupa getaran, maka kekuatan-kekuatan batas tersebut perlu dikalikan dengan faktor $\gamma = 1,5$. Sehingga hasil akhirnya adalah,

$$\sigma_{lentur} = 113,9 \times 1,5 = 170,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{desak//} = 100,5 \times 1,5 = 150,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{desak\perp} = 26,8 \times 1,5 = 40,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{//} = 13,4 \times 1,5 = 20,1 \text{ kg/cm}^2$$

Selanjutnya, hitung persamaan tegangan total untuk balok tertekan dan terlentur,

$$\sigma_{tot} = \frac{P}{A_{brutto}} \cdot \omega + \alpha \cdot \frac{M_{max}}{W_{netto}} \leq \sigma_{desak//}$$

A_{brutto} adalah dimensi pilar Soko Guru tanpa reduksi perlemahan, maka ukuran yang dipakai tetaplah 16/16 cm

$$A_{brutto} = 16 \times 16 = 256 \text{ cm}^2$$

W_{netto} adalah statis momen akibat reduksi perlemahan, yang dianggap sebesar 20%, maka $b = 16 \times (100\% - 20\%) = 12,8 \text{ cm}$

$$h = 16 \text{ cm (dianggap tetap)}$$

$$W = \frac{I}{y} = \frac{1/12 \cdot b \cdot h^3}{1/2 \cdot h} = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$$

$$W_{netto} = \frac{1}{6} \cdot (12,8) \cdot (16)^2 = 546,13 \text{ cm}^3$$

Adapun ω adalah faktor reduksi tekan yang diatur pada daftar III PKKI 1961, yaitu

$$i_{min} = \sqrt{\frac{I}{A_{brutto}}} = \sqrt{\frac{1/12 \cdot h^4}{h^2}} = \sqrt{\frac{1}{12} \cdot h^2}$$

$$i_{min} = \sqrt{\frac{1}{12} \cdot h^2} = \sqrt{\frac{1}{12} \cdot (16)^2} = 4,62 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{l_{tekan}}{i_{min}} = \frac{400}{4,62} = 86,58$$

Lakukan interpolasi linier pada tabel PKKI 1961 jika nilai λ tersebut tidak ada.

Daftar III (Lanjutan)					
1	2	3	4	5	6
72	1,92	68	44	31	23
73	1,95	67	44	31	23
74	1,97	66	43	30	23
75	2,00	65	43	30	23
76	2,03	64	42	30	22
77	2,05	63	42	29	22
78	2,08	63	41	29	22
79	2,11	62	40	28	21
80	2,14	61	40	28	21
81	2,17	60	39	28	21
82	2,21	59	39	27	20
83	2,24	58	38	27	20
84	2,27	57	37	26	20
85	2,31	56	37	26	20
86	2,34	56	36	26	19
87	2,38	55	36	25	19
88	2,42	54	35	25	19
89	2,46	53	35	24	18

Maka, hasilnya adalah $\omega = 2,3632$

Parameter berikutnya adalah α yang merupakan rasio antara $\sigma_{desak//}$ dan σ_{lentur}

$$\alpha = \frac{\sigma_{desak//}}{\sigma_{lentur}} = \frac{150,75}{170,85} = 0,88$$

Sehingga, persamaan tersebut bisa dihitung,

$$\frac{1300}{256} \cdot (2,3632) + (0,88) \cdot \frac{69100}{546,13} \leq 150,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$123,344 \text{ kg/cm}^2 \leq 150,75 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OKE!}$$

Maka, dapat disimpulkan bahwa tiang Soko Guru aman dari beban gempa dan berat sendiri.

Adapun, kontrol lainnya yang perlu disertakan adalah ketahanan tiang terhadap geser, yaitu $\frac{3 \cdot D}{2 \cdot h^2} \leq \tau_{//}$

$$\frac{3 \cdot (142)}{2 \cdot (16)^2} \leq 20,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$0,83 \text{ kg/cm}^2 \leq 20,1 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OKE!!}$$

Maka, terbukti juga bahwa tiang *Soko Guru* juga aman terhadap gaya geser gempa.

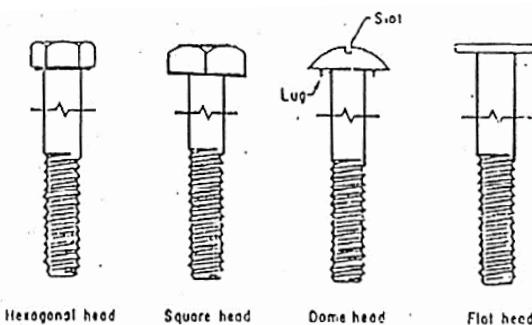
Kekuatan Komponen Struktur omah Soko Papat

Kekuatan komponen struktur ditinjau berdasarkan kekuatan sambungannya. Struktur utama Omah Soko Papat menggunakan bahan kayu dan harus diperhitungkan pola sambungan antar komponen tersebut. Umumnya sambungan pada struktur kayu menggunakan paku atau baut agar lebih mudah dalam penggerjaannya. Kayu disambung agar memperoleh panjang yang diperlukan dan membentuk suatu konstruksi tertentu. Pada suatu konstruksi, sambungan

merupakan titik terlemah sehingga dalam penyambungan harus memenuhi ketentuan dan persyaratan yang berlaku. Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada sambungan yaitu:

1. Eksentrisitas
Titik berat kelompok alat sambung harus terletak pada garis kerja gaya, jika tidak akan timbul momen yang dapat menurunkan kekuatan sambungan
2. Sesaran/slip
Sesaran yang terjadi dapat dibagi 2, yaitu sesaran awal yang diakibatkan oleh adanya lubang kelonggaran untuk mempermudah penempatan alat sambung. Setelah sesaran awal terlampaui, maka sesaran berikut berupa gaya perlawan (tahanan lateral) dari alat sambung.
3. Mata kayu
 - Adanya mata kayu dapat menurunkan kekuatan tarik dan tekan.
 - Dapat dianggap sebagai pengurangan luas tampang kayu.

Alat sambung baut umumnya terbuat dari baja lunak (*mild steel*) dengan kepala berbentuk hexagonal, square, dome atau flat seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 4.Bentuk-bentuk Baut

Diameter baut berkisar antara 12 mm sampai 30 mm. Untuk kemudahan memasang, lubang baut diberi kelonggaran 1 mm. Alat sambung baut biasanya digunakan pada sambungan dua irisan, dengan tebal minimum kayu samping 30 mm dan kayu tengah 40 mm dan dilengkapi dengan cincin penutup.

Syarat-Syarat Sambungan dengan Baut sesuai PKKI Pasal 14, yaitu:

1. Baut terbuat dari baja ST.37 atau setara
2. Kelonggaran lobang baut tidak boleh lebih dari 1,5 mm
3. Diameter (\varnothing) paling kecil 10mm (3/8"), dan untuk sambungan dengan tebal kayu > 8cm

harus memakai baut \varnothing minimum 12,7 mm (1/2").

4. Baut harus dilengkapi dengan plat ikutan (ring penutup) tebal minimum 0,3d, maksimum 5mm, dan garis tengah 3d.

Perhitungan:

Kayu jati

Berat jenis = 0,75

Nilai faktor waktu (λ) = 0,8 (untuk gedung biasa)

Ukuran kayu 16/16 cm

$P = 1300$ kg (dari data struktur)

Dicoba menggunakan baut 1/2" yang memiliki diameter $D = 12,7$ mm

Tebal kayu utama, $t_m = 160$ mm dan tebal kayu sekunder, $t_s = 80$ mm

Kuat tumpu baut, untuk diameter baut 1/2" (12,7 mm), $G = 0,75$ dan

$\theta = 0^0$; dari tabel $F_{es//} = 57,94$ N/mm²

$\theta = 90^0$; dari tabel $F_{em//} = 44,51$ N/mm²

$$R_e = \frac{F_{em}}{F_{es}} = \frac{44,51}{57,94} = 0,77$$

Kuat lentur baut, $F_{yb} = 320$ N/mm²

$$K_\theta = 1 + \frac{\theta}{360^0} = 1 + \frac{0}{360} = 1$$

$$K_\theta = 1 + \frac{\theta}{360^0} = 1 + \frac{90}{360} = 1,25$$

Tahanan lateral acuan satu baut (Z) dua irisan

- Moda kelelahan I_m

$$Z = \frac{0,83D \cdot t_m \cdot F_{em}}{K_\theta}$$

$$Z = \frac{0,83 \cdot 12,7 \cdot 160 \cdot 44,51}{1,25} = 60055 N$$

- Moda kelelahan I_s

$$Z = \frac{1,66D \cdot t_s \cdot F_{es}}{K_\theta}$$

$$Z = \frac{1,66 \cdot 12,7 \cdot 80 \cdot 57,94}{1,25} = 78175 N$$

- Moda kelelahan III_s

$$k_3 = (-1) + \sqrt{\frac{2(1 + R_e)}{R_e} + \frac{2F_{yb}(2 + R_e)D^2}{3F_{em} \cdot (t_s)^2}}$$

$$k_3 = (-1) + \sqrt{\frac{2(1 + 0,64)}{0,64} + \frac{2 \cdot 320(2 + 0,64)12,7^2}{3 \cdot 44,51 (80^2)}}$$

$$= 1,333$$

$$Z = \frac{2,08k_3D \cdot t_s \cdot F_{em}}{(2 + R_e)K_\theta}$$

$$Z = \frac{2,08 \cdot 1,333 \cdot 12,7 \cdot 80 \cdot 44,51}{(2 + 0,64)1,25}$$

$$= 47560 \text{ N}$$

- Moda kelelahan IV

$$Z = \left[\frac{2,08D^2}{K_\theta} \right] \sqrt{\frac{2F_{em} \cdot F_{yb}}{3(1 + R_e)}}$$

$$Z = \left(\frac{2,08 \cdot 12,7^2}{1,25} \right) \sqrt{\frac{2 \cdot 44,51 \cdot 320}{3(1 + 0,64)}}$$

$$= 20421 \text{ N}$$

Diambil nilai terkecil yaitu $Z = 20421 \text{ N}$

Tahanan lateral acuan terkoreksi (Z')

- Faktor koreksi aksi kelompok (C_g)
 $A_s/A_m = 1$
 $A_s = 160 \cdot 80 = 12800 \text{ mm}^2 = 19,84 \text{ in}^2$
Dari table NDS diperoleh nilai $C_g = 0,92$
- Faktor koreksi geometri (C_Δ) = 1
 $Z' = C_g \cdot C_\Delta \cdot Z$
 $Z' = (0,92) \cdot (1) \cdot (20421)$
 $Z' = 18788,2 \text{ N}$

Tahanan lateral acuan ijin (Z_u)

$$Z_u = \lambda \cdot \Phi_z \cdot Z'$$

$$Z_u = (0,8) \cdot (0,65) \cdot (18788,2)$$

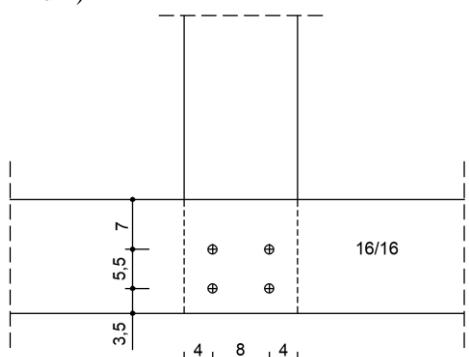
$$Z_u = 9769,856 \text{ N} = 976,98 \text{ kg}$$

Jumlah baut (n_f)

$$n_f = P / Z_u = 1300 / 975,98$$

$$= 1300 / 985,98$$

$$= 1,33 \text{ maka pakai baut 4 buah (syarat jumlah minimum)}$$



Gambar 5. Penempatan baut

Kesimpulan

Dari analisis struktur dan konstruksi Omah Soko Papat memenuhi struktur konstruksi tahan gempa, karena tegangan akhir yang dipikul Soko Guru masih berada di bawah batas yang diizinkan,

yaitu 123,344 kg/cm² tuk kombinasi tekan, dan 0,83 kg/cm² untuk kuat geser, batas ijinnya adalah 150,75 kg/cm² untuk kombinasi tekan, dan 20,1 kg/cm² untuk geser.

Struktur dan konstruksi Omah Soko Papat memenuhi struktur konstruksi ramah gempa yang tidak hanya menampilkan nilai estetika. Berdasarkan hasil analisis menggunakan software STAAD pro v8i, struktur Omah Soko Papat mampu menahan risiko gaya geser gempa dan berat sendiri struktur. Sambungan yang telah direncanakan menggunakan baut diameter 12,7 mm dengan jumlah 4 buah sesuai dengan syarat sambungan.

Saran

Melalui analisis struktur Omah Soko Papat terhadap risiko beban gempa, penelitian ini telah mengungkapkan potensi besar arsitektur tradisional Jawa dalam menghadapi tantangan bencana alam. Namun, untuk meningkatkan relevansi dan aplikasinya di masa kini, diperlukan integrasi antara prinsip desain tradisional dengan teknologi konstruksi modern, seperti penggunaan material yang lebih tahan lama dan teknik analisis struktur berbasis komputer.

Penelitian lebih lanjut dapat diarahkan pada eksplorasi elemen-elemen spesifik, seperti variasi sambungan kayu dan penggunaan material alternatif, untuk meningkatkan performa struktur terhadap gempa. Selain itu, penerapan temuan ini pada bangunan modern dapat menjadi langkah inovatif dalam menciptakan konstruksi yang ramah lingkungan, efisien, dan tetap mempertahankan nilai budaya lokal.

Upaya kolaboratif antara peneliti, arsitek, dan pembuat kebijakan juga sangat penting untuk mengimplementasikan desain ini ke dalam pembangunan masyarakat. Dengan demikian, kekayaan budaya yang dimiliki Omah Soko Papat tidak hanya lestari, tetapi juga memberikan solusi praktis bagi kebutuhan infrastruktur tahan gempa di masa depan. Dengan demikian, kekayaan budaya yang dimiliki Omah Soko Papat tidak hanya lestari, tetapi juga memberikan solusi praktis bagi kebutuhan infrastruktur tahan gempa di masa depan.

Daftar Rujukan

Dewi, N.I.K., et al. (2019). Interlocking System pada Konstruksi Knock Down Bangunan Tradisional Jawa Tajug. ResearchGate.

- Gutierrez, R. (2004). Prinsip Perancangan Rumah Tahan Gempa. Kearifan Lokal Dalam Desain Tahan Gempa.
- Park, R., Paulay, T. 1974. *Reinforced Concrete Structure*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Park, R. 1988. *Ductility Evaluation from Laboratory and Analytical Testing*. Proceedings of Ninth Conference on Earthquake Engineering. August 2-9, 1988, Tokyo-Kyoto, Japan (Vol. VIII).
- Paulay, T. 1996. *Seismic Design of Concrete Structures Present Needs of Societies*. Elsevier Science Ltd: Eleventh World Conference on Earthquake Engineering. ISBN: 0 08 042822 3.
- Paulay, T., Priestley, M. J. N. 1991. Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Prihatmaji, Y.P. (2003). Perilaku Rumah Tradisional Jawa “Joglo” Terhadap Gempa. Universitas Kristen Petra.
- Yusrina, D., et al. (2023). Analisis Elemen Struktur Tahan Gempa Pada Rumah Tradisional. PAWON Jurnal Arsitektur.