

## Optimasi Spasi Baut terhadap Kuat Geser Sambungan Baut Ganda pada Pelat Baja Berdasarkan Uji Eksperimental

Dehana Brilliani<sup>1\*</sup>, Salsabila Maharani<sup>2</sup>, Shofy Azzahra<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Departemen Teknik Sipil, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

\*Penulis korespondensi, email: [dehana.brilliani@mail.ugm.ac.id](mailto:dehana.brilliani@mail.ugm.ac.id)

### Abstrak

Sambungan baut merupakan elemen penting dalam konstruksi baja yang berfungsi menyalurkan beban antar elemen struktur. Kesalahan dalam perencanaan spasi baut dapat menurunkan kekuatan sambungan dan meningkatkan risiko kegagalan struktur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi spasi baut terhadap kuat geser sambungan baut ganda pada pelat baja serta menentukan spasi optimal berdasarkan hasil uji eksperimental. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium menggunakan mesin uji tarik pada lima variasi spasi baut, yaitu 20 mm, 40 mm, 60 mm, 80 mm, dan 100 mm, dengan masing-masing kelompok terdiri dari empat sampel. Data beban puncak digunakan untuk menentukan nilai kuat geser rata-rata sambungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat geser sambungan mengalami fluktuasi pada setiap variasi spasi baut, dengan nilai rata-rata berkisar antara 21962,50 N hingga 23725,00 N. Berdasarkan analisis regresi kuadratik (trendline), diperoleh spasi baut optimal sebesar 69,746 mm dengan kuat geser maksimum rata-rata sebesar 23533,797 N. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan nonlinier antara spasi baut dan kuat geser sambungan. Kesimpulannya, penentuan spasi baut yang tepat dapat meningkatkan efisiensi dan kekuatan sambungan pada struktur baja. Penelitian ini memberikan implikasi penting dalam perencanaan sambungan baut pada konstruksi baja agar lebih optimal, aman, dan ekonomis sesuai ketentuan SNI 1729:2015. Disarankan agar penelitian lanjutan mempertimbangkan variasi diameter baut dan ketebalan pelat untuk mendapatkan model optimasi yang lebih komprehensif.

**Kata kunci:** sambungan baja, baut, kuat geser, optimasi.

*This article is licensed under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.*

### 1. Pendahuluan

Konstruksi baja merupakan salah satu sistem struktur yang paling banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur karena memiliki keunggulan berupa kekuatan tinggi, efisiensi material, serta kemudahan dalam proses fabrikasi dan pemasangan. Dalam sistem struktur baja, sambungan menjadi elemen krusial yang berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya dalam antar elemen struktur sehingga kestabilan keseluruhan sistem sangat bergantung pada kinerja sambungan tersebut [1], [2]. Salah satu jenis sambungan yang paling umum digunakan adalah sambungan baut, yang hingga saat ini masih menjadi pilihan utama dalam berbagai aplikasi konstruksi baja modern [3], [4].

Secara umum, permasalahan utama dalam perencanaan sambungan baut adalah ketidaktepatan dalam menentukan konfigurasi geometrik, termasuk spasi antar baut. Spasi baut yang terlalu rapat dapat menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan yang berlebihan, sedangkan spasi yang terlalu jauh dapat

mengurangi efektivitas distribusi beban pada sambungan [5], [6]. Kondisi ini berpotensi menurunkan kapasitas geser sambungan sehingga meningkatkan risiko kegagalan struktur [7], [8].

Pada tingkat yang lebih spesifik, perencanaan sambungan baut pada pelat baja sering kali hanya mengikuti batasan minimum dan maksimum yang ditentukan oleh standar tanpa mempertimbangkan kondisi optimal terhadap kapasitas geser aktual. Padahal, penelitian menunjukkan bahwa variasi dimensi dan konfigurasi sambungan, termasuk jumlah dan jarak baut, memiliki pengaruh signifikan terhadap perilaku mekanis sambungan [9], [10]. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan desain berbasis optimasi masih diperlukan untuk meningkatkan efisiensi sambungan.

Urgensi penelitian ini terletak pada pentingnya memperoleh konfigurasi spasi baut yang tidak hanya memenuhi standar SNI 1729:2015, tetapi juga mampu menghasilkan kapasitas geser maksimum pada sambungan pelat baja. Hal ini relevan mengingat sambungan merupakan titik kritis dalam struktur baja yang sangat menentukan kinerja keseluruhan struktur [3], [12]. Selain itu, pemahaman yang lebih baik mengenai perilaku sambungan juga diperlukan untuk mendukung praktik rekayasa yang lebih aman dan ekonomis [11], [13].

Novelty dari penelitian ini terletak pada pendekatan optimasi spasi baut berbasis eksperimen laboratorium dengan analisis kurva trendline untuk memperoleh nilai spasi optimum yang menghasilkan kuat geser maksimum pada sambungan baut ganda pelat baja. Pendekatan ini memberikan kontribusi dalam pengembangan desain sambungan berbasis data empiris yang dapat melengkapi pendekatan teoritis dalam standar perencanaan [14], [15], [16].

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi spasi baut terhadap kuat geser sambungan baut ganda pada pelat baja serta menentukan nilai spasi baut yang optimal berdasarkan hasil uji eksperimen. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam perencanaan sambungan baja yang lebih efisien, aman, dan ekonomis sesuai dengan ketentuan SNI 1729:2015.

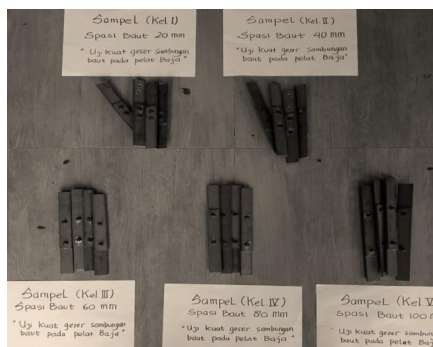
## 2. Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen melalui pengujian langsung di laboratorium terhadap sambungan baut ganda pada pelat baja menggunakan mesin uji tarik. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data kuantitatif berupa nilai beban puncak yang merepresentasikan kuat geser sambungan pada setiap variasi spasi baut.

Sampel penelitian terdiri atas lima kelompok berdasarkan variasi spasi antar baut, yaitu 20 mm, 40 mm, 60 mm, 80 mm, dan 100 mm. Setiap kelompok terdiri dari empat sampel uji untuk memperoleh data yang lebih representatif. Spesimen berupa sambungan baut ganda pada pelat baja dengan ketebalan 3 mm. Baut yang digunakan adalah baut berulir penuh dengan diameter ulir luar 5,9 mm sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Pelat baja yang digunakan sebagai material sambungan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Baut yang digunakan pada penelitian



Gambar 2. Pelat baja yang digunakan pada penelitian

Nilai kuat geser sambungan ditentukan berdasarkan nilai beban puncak hasil pengujian tarik pada masing-masing sampel. Selanjutnya, nilai tersebut dirata-ratakan untuk setiap kelompok spasi baut. Data hasil pengujian kemudian diolah menggunakan perangkat lunak spreadsheet untuk menghasilkan grafik hubungan antara spasi baut dan kuat geser sambungan.

Berdasarkan grafik tersebut, dilakukan analisis regresi kuadratik untuk memperoleh persamaan garis kecenderungan (trendline) dalam bentuk persamaan polinomial. Persamaan ini digunakan untuk menentukan nilai spasi baut optimal yang menghasilkan kuat geser maksimum. Penentuan nilai optimum dilakukan dengan metode diferensial, yaitu dengan menyamakan turunan pertama persamaan trendline dengan nol, sehingga diperoleh nilai spasi baut yang memberikan kondisi maksimum pada kuat geser sambungan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian diperoleh dari pengujian eksperimental sambungan baut ganda pada pelat baja dengan variasi spasi baut. Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan spasi baut terhadap nilai kuat geser sambungan. Data hasil pengujian berupa beban puncak pada masing-masing sampel yang kemudian digunakan sebagai representasi kuat geser sambungan.

Hasil pada Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai beban puncak pada setiap sampel dalam satu kelompok memiliki variasi yang cukup signifikan. Fluktuasi ini dipengaruhi oleh kondisi material, proses pengujian, serta distribusi tegangan pada sambungan baut selama pembebanan. Selanjutnya, nilai beban puncak rata-rata setiap kelompok digunakan untuk menggambarkan kecenderungan umum perilaku sambungan terhadap variasi spasi baut.

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa kuat geser sambungan tidak meningkat atau menurun secara linier terhadap perubahan spasi baut, melainkan menunjukkan pola fluktuatif. Nilai rata-rata tertinggi terjadi pada kelompok dengan spasi menengah, yang mengindikasikan adanya rentang spasi tertentu yang memberikan kinerja sambungan lebih optimal dibandingkan variasi lainnya. Untuk memperjelas kecenderungan hubungan antara spasi baut dan kuat geser rata-rata, dilakukan pemetaan data ke dalam bentuk grafik sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel 1. Nilai kuat geser dari hasil eksperimen pada tiap kelompok/sampel

Kelompok	Nomer Uji	Spasi Baut (mm)	Beban Puncak (N)
I	I-1	20	20600
	I-2	20	22850
	I-3	20	20850
	I-4	20	23550
II	II-1	40	18900
	II-2	40	23650
	II-3	40	25800

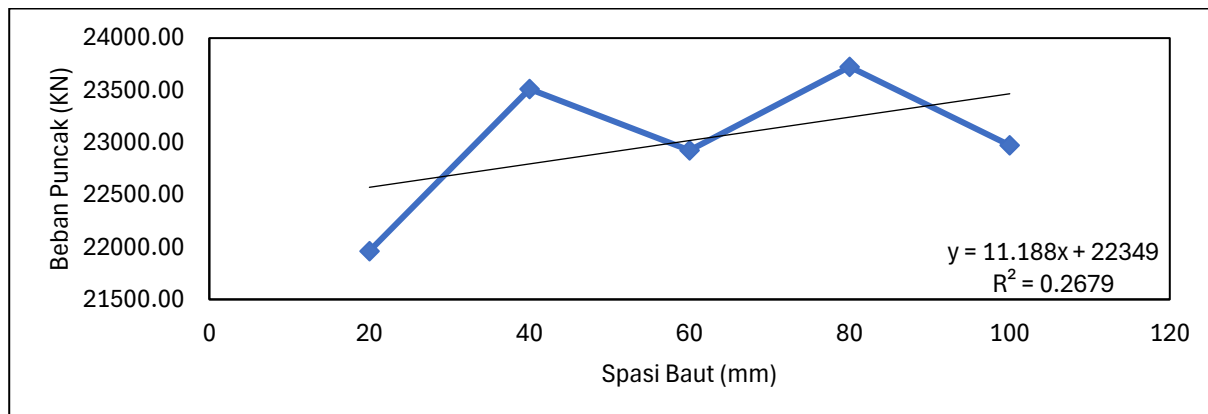
Kelompok	Nomer Uji	Spasi Baut (mm)	Beban Puncak (N)
III	II-4	40	25700
	III-1	60	23300
	III-2	60	21600
	III-3	60	22000
	III-4	60	24800
IV	IV-1	80	24700
	IV-2	80	24000
	IV-3	80	23200
	IV-4	80	23000
V	V-1	100	24950
	V-2	100	24650
	V-3	100	23500
	V-4	100	18800

Tabel 2. Nilai kuat geser rata-rata sistem sambungan baut ganda pada sampel

Kelompok	Nomer Uji	Spasi Baut (mm)	Beban Puncak (N)	Beban Puncak Rata-rata (N)
I	I-1	20	20600	21962,50
	I-2	20	22850	
	I-3	20	20850	
	I-4	20	23550	
II	II-1	40	18900	23512,50
	II-2	40	23650	
	II-3	40	25800	
	II-4	40	25700	
III	III-1	60	23300	22925,00
	III-2	60	21600	
	III-3	60	22000	
	III-4	60	24800	
IV	IV-1	80	24700	23725,00
	IV-2	80	24000	
	IV-3	80	23200	
	IV-4	80	23000	
V	V-1	100	24950	22975,00
	V-2	100	24650	
	V-3	100	23500	
	V-4	100	18800	

Hasil pada Gambar 3 menunjukkan bahwa hubungan antara spasi baut dan kuat geser rata-rata membentuk pola kurva dengan kecenderungan adanya titik maksimum pada rentang spasi tertentu. Pola ini mengindikasikan bahwa peningkatan spasi baut pada awalnya memberikan kontribusi terhadap peningkatan kapasitas geser sambungan, namun setelah melewati nilai tertentu, penambahan spasi justru tidak lagi memberikan peningkatan yang signifikan dan cenderung menurun. Kondisi tersebut menunjukkan adanya keseimbangan antara distribusi beban pada pelat dan efektivitas kerja masing-masing baut dalam menahan gaya geser. Fenomena ini memperlihatkan bahwa terdapat konfigurasi spasi baut yang lebih optimal dibandingkan variasi lainnya dalam menghasilkan kapasitas geser sambungan yang lebih tinggi. Keberadaan titik optimum tersebut menunjukkan bahwa desain sambungan tidak dapat hanya mengandalkan batas minimum dan maksimum standar, tetapi juga perlu mempertimbangkan perilaku mekanis aktual berdasarkan hasil eksperimen. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi spasi baut berpengaruh terhadap kuat geser sambungan pelat baja. Penerapan spasi yang tepat dapat meningkatkan efisiensi sambungan sekaligus meminimalkan risiko

kegagalan akibat distribusi tegangan yang tidak merata serta meningkatkan kinerja struktural sambungan secara keseluruhan.



Gambar 3. Grafik nilai kuat geser rata-rata tiap kelompok sampel

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi spasi baut terhadap kuat geser sambungan baut ganda pada pelat baja, dapat disimpulkan bahwa spasi baut memiliki pengaruh signifikan terhadap kapasitas geser sambungan. Nilai kuat geser yang diperoleh dari hasil pengujian menunjukkan kecenderungan fluktuatif pada setiap variasi spasi baut, yang mengindikasikan bahwa tidak semua perubahan jarak antar baut memberikan peningkatan kapasitas sambungan secara linier.

Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat rentang spasi tertentu yang memberikan kinerja sambungan lebih optimal dibandingkan variasi lainnya. Hal ini disebabkan oleh keseimbangan antara distribusi tegangan pada pelat dan efektivitas transfer beban antar baut dalam sistem sambungan.

Berdasarkan hasil pengolahan data eksperimen, diperoleh bahwa spasi baut optimum berada pada nilai tertentu yang menghasilkan kuat geser maksimum pada sambungan baut ganda pelat baja. Nilai tersebut masih berada dalam batasan yang diizinkan oleh standar perencanaan sambungan baja yang berlaku, sehingga secara teknis masih memenuhi persyaratan desain.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penentuan spasi baut yang tepat tidak hanya penting untuk memenuhi ketentuan standar, tetapi juga berperan dalam meningkatkan efisiensi dan kapasitas sambungan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis eksperimen dapat digunakan sebagai dasar tambahan dalam optimasi desain sambungan baut pada struktur baja.

#### Daftar Pustaka

- [1] Setiawan, A., *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Jakarta, Indonesia: Erlangga, 2008.
- [2] W. Dewobroto, *Struktur Baja: Perilaku, Analisis & Desain - AISC 2010*. Jakarta, Indonesia: Lumina Press, 2015.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015)*. Jakarta, Indonesia, 2015.
- [4] Departemen Pekerjaan Umum RI, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)*. Jakarta, Indonesia, 2002.
- [5] W. Dewobroto, *Fenomena Curling Pelat Sambungan Dan Jumlah Baut Minimum*, Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Mutakhir Pemanfaatan Material Baja dalam Industri Konstruksi, Universitas Katolik Parahyangan, 2009.

- [6] K. M. Aminuddin, A. Saggaff, M. M. Tahir, and M. Firdaus, “Sambungan Balok Kolom Baja Canai Dingin (Teori, Perhitungan, Dan Pengujian Sambungan),” Deepublish, 2021.
- [7] J. Suryono, A. Putrawirawan, and R. R. Allo, “Studi Eksperimental Dan Analitis Kekuatan Tarik Pada Sambungan Pelat Baja,” *Jurnal Inersia*, vol. 14, no. 1, pp. 33–42, 2022.
- [8] S. Octavia, A. Awaludin, and U. Wusqo, “Tahanan Lateral Sambungan Geser Ganda Kayu Karet FJLB–Pelat Besi Dengan Alat Sambung Baut,” *Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret*, vol. 6, no. 1, pp. 22–32, 2022.
- [9] H. Mahdisra and M. A. Saputra, “Studi Analisis Variasi Dimensi Baut Dan Pelat Sambungan Balok–Kolom Baja Prakuifikasi SNI 7279:2020,” *Jurnal Teknik SILITEK*, vol. 5, no. 01, pp. 515–528, 2025.
- [10] N. Sulandari, A. Kristianto, and Y. A. Pranata, “Prequalified Connections Analysis for Moment Frames: Bolted Flange Plate (BFP) and Double-Tee Connection,” *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, vol. 21, no. 4, pp. 345–354, 2023.
- [11] F. Mahmud et al., “Pembinaan Tukang Mengenai Sambungan Baja Pada Bangunan Gedung di Kecamatan Sekarbela Kota Mataram,” *Jurnal Gema Ngabdi*, vol. 5, no. 1, pp. 136–140, 2023.
- [12] R. A. Fitrah and R. Nofriyandi, “Desain Sambungan Baut Rangka Atap Baja Ringan Bentang Panjang Tipe Parallel Chord,” *Rang Teknik Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 99–103, 2020.
- [13] V. A. Assa and S. S. Peginusa, *Praktik Kerja Baja*. Indonesia: Switly Peginusa, 2025.
- [14] I. G. L. B. Eratodi, *Perilaku Sambungan Struktur Aplikasi pada Rekayasa Kayu dan Bambu*. Indomedia Pustaka, 2020.
- [15] D. Iman and J. Jafar, “Perbandingan Performa Lentur Balok Beton Bertulang dengan Sambungan Lewatan dan Mekanis Tipe Clamp,” *Teknika*, vol. 19, no. 1, pp. 92–102, 2024.
- [16] S. N. Ahmad et al., “Pemanfaatan material alternatif (sebagai bahan penyusun konstruksi),” Tohar Media, 2021.