

Perilaku Sambungan Baut dan Sambungan Las Pada Struktur Baja

Riza Fahlevi¹, Edison Hatoguan Manurung²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Mpu Tantular, Indonesia

E-mail: rizal.arthamas@yahoo.com¹, edisonmanurung2010@yahoo.com²

Article Info

Article history:

Received January 10, 2026

Revised January 15, 2026

Accepted January 19, 2026

Keywords:

Steel Structures, Bolted Connections, Welded Connections, Structural Behavior, Connection Failure

ABSTRACT

Connections are critical components in steel structural systems as they function to transfer internal forces between structural members. The overall performance of steel structures is highly dependent on the type and behavior of the connections employed. The two most commonly used connection methods in steel construction are bolted connections and welded connections. Each type exhibits distinct characteristics in terms of load transfer mechanisms, stiffness, ductility, and potential failure modes. This paper presents a comprehensive discussion on the behavior of bolted and welded connections in steel structures based on theoretical studies and literature review. The discussion covers load transfer mechanisms, responses to static and dynamic loading, failure modes, as well as the advantages and limitations of each connection type. A comparative table is also provided to support decision-making in selecting appropriate connection types during structural design. This study is expected to serve as an academic and practical reference for students, designers, and practitioners in the field of structural engineering.

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



Article Info

Article history:

Received January 10, 2026

Revised January 15, 2026

Accepted January 19, 2026

Kata Kunci:

Struktur Baja, Sambungan Baut, Sambungan Las, Perilaku Struktur, Kegagalan Sambungan

ABSTRACT

Sambungan merupakan bagian yang sangat penting dalam sistem struktur baja karena berfungsi sebagai media penyalur gaya antar elemen struktur. Kinerja struktur baja secara keseluruhan sangat dipengaruhi oleh jenis dan perilaku sambungan yang digunakan. Dua metode sambungan yang paling umum diterapkan dalam konstruksi baja adalah sambungan baut dan sambungan las. Masing-masing jenis sambungan memiliki karakteristik mekanisme kerja, tingkat kekakuan, daktilitas, serta potensi kegagalan yang berbeda. Artikel ini membahas perilaku sambungan baut dan sambungan las pada struktur baja secara komprehensif melalui kajian teoritis dan studi pustaka. Pembahasan meliputi mekanisme penyaluran gaya, respons terhadap pembebanan statis dan dinamis, mode kegagalan, serta kelebihan dan keterbatasan masing-masing sambungan. Selain itu, disajikan pula tabel perbandingan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas dalam pemilihan jenis sambungan yang sesuai dengan kebutuhan perencanaan struktur. Diharapkan artikel ini dapat menjadi referensi akademik dan praktis bagi mahasiswa, perencana, serta praktisi di bidang teknik sipil khususnya struktur baja.



Corresponding Author:

Riza Fahlevi

Universitas Mpu Tantular

Email: rizal.arthamas@yahoo.com

PENDAHULUAN

Struktur baja merupakan salah satu sistem struktur yang banyak digunakan dalam pembangunan gedung, jembatan, dan infrastruktur lainnya. Penggunaan baja sebagai material struktural didukung oleh sifat mekaniknya yang unggul, seperti kekuatan tarik yang tinggi, daktilitas yang baik, serta keseragaman mutu material. Namun demikian, keberhasilan kinerja struktur baja tidak hanya ditentukan oleh elemen utamanya, seperti balok dan kolom, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh sistem sambungan yang menghubungkan elemen-elemen tersebut. Sambungan dalam struktur baja berfungsi untuk meneruskan gaya internal berupa gaya aksial, gaya geser, momen lentur, maupun kombinasi dari gaya-gaya tersebut. Kesalahan dalam perencanaan atau pelaksanaan sambungan dapat menyebabkan penurunan kinerja struktur, bahkan berpotensi menimbulkan kegagalan struktural. Oleh karena itu, pemahaman mengenai perilaku sambungan menjadi aspek yang sangat penting dalam rekayasa struktur baja.

Perilaku sambungan sangat dipengaruhi oleh jenis sambungan, detail konstruksi, serta kondisi pembebanan yang bekerja. Pada struktur yang menerima beban dinamis seperti gempa dan angin, sambungan dituntut untuk memiliki kemampuan deformasi yang memadai agar tidak terjadi kegagalan getas. Oleh karena itu, pemahaman mengenai karakteristik perilaku sambungan menjadi aspek penting dalam perencanaan struktur baja yang andal dan aman.

Secara umum, metode penyambungan pada struktur baja dapat dibedakan menjadi sambungan baut dan sambungan las. Sambungan baut banyak digunakan karena kemudahan pemasangan, fleksibilitas, serta kemudahan dalam inspeksi dan perawatan. Di sisi lain, sambungan las menawarkan kontinuitas struktur dan kekakuan yang lebih tinggi. Perbedaan karakteristik tersebut menyebabkan perbedaan perilaku struktur yang signifikan, terutama ketika struktur menerima beban dinamis seperti gempa dan angin.

TINJAUAN PUSTAKA**a. Peran Sambungan dalam Sistem Struktur**

Sambungan merupakan elemen kunci dalam sistem struktur baja yang berfungsi menghubungkan satu elemen dengan elemen lainnya sehingga membentuk suatu kesatuan struktur yang stabil. Sambungan harus mampu menyalurkan gaya internal tanpa menyebabkan konsentrasi tegangan yang berlebihan. Oleh karena itu, perencanaan sambungan tidak hanya mempertimbangkan kekuatan, tetapi juga kekakuan dan kemampuan deformasi. Dalam analisis struktur, sambungan sering diasumsikan sebagai sendi atau jepit. Namun dalam kondisi nyata, sebagian besar sambungan bersifat semi-kaku. Sifat semi-kaku ini menyebabkan sambungan

memiliki kontribusi tertentu terhadap distribusi momen dan deformasi struktur, sehingga perlu diperhitungkan secara cermat dalam perencanaan.

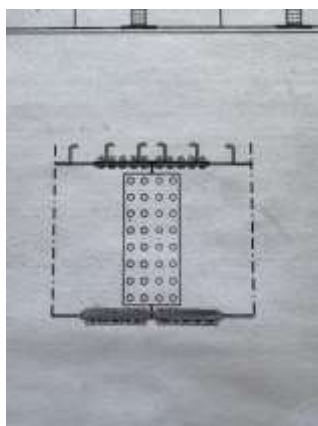
b. Klasifikasi Sambungan Berdasarkan Perilaku

Berdasarkan perilakunya, sambungan struktur baja dapat diklasifikasikan menjadi sambungan kaku, sambungan semi-kaku, dan sambungan sendi. Sambungan kaku memiliki kemampuan tinggi dalam menahan momen lentur, sedangkan sambungan sendi hanya dirancang untuk menyalurkan gaya aksial dan geser. Sambungan semi-kaku berada di antara kedua kondisi tersebut dan banyak dijumpai pada praktik konstruksi. Pemilihan jenis sambungan ini akan memengaruhi respons struktur terhadap beban, khususnya dalam hal lendutan dan distribusi gaya dalam. Oleh karena itu, pemahaman terhadap perilaku sambungan menjadi sangat penting dalam tahap perencanaan awal.

c. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perilaku Sambungan

Perilaku sambungan struktur baja dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain jenis sambungan yang digunakan, mutu material, detail geometri sambungan, metode pelaksanaan, serta kondisi pembebanan. Faktor lain yang tidak kalah penting adalah kualitas pengerjaan di lapangan, terutama untuk sambungan las yang sangat bergantung pada keahlian tenaga kerja. Selain itu, pengaruh lingkungan seperti korosi dan temperatur juga dapat memengaruhi kinerja jangka panjang sambungan. Oleh karena itu, sambungan harus dirancang dengan mempertimbangkan aspek ketahanan dan durabilitas.

SAMBUNGAN BAUT PADA STRUKTUR BAJA



Sumber : PT. Artha Mas Graha Andalan

a. Pengertian dan Klasifikasi Sambungan Baut

Sambungan baut merupakan sambungan mekanis yang menggunakan baut, mur, dan ring sebagai alat pengikat. Berdasarkan mekanisme penyaluran gaya, sambungan baut dapat diklasifikasikan menjadi sambungan tumpu (bearing connection) dan sambungan gesek (slip-critical connection).

b. Mekanisme Penyaluran Gaya

Pada sambungan tumpu, gaya geser diteruskan melalui kontak langsung antara baut dan tepi lubang pada pelat sambung. Sementara itu, pada sambungan gesek, gaya ditahan oleh gaya gesek yang timbul akibat gaya prategang pada baut. Mekanisme ini memungkinkan terjadinya perbedaan perilaku deformasi awal pada sambungan.

c. Perilaku Sambungan Baut terhadap Beban

Sambungan baut umumnya menunjukkan perilaku nonlinier akibat adanya celah antara baut dan lubang. Pada tahap awal pembebanan, dapat terjadi slip kecil hingga baut bersentuhan dengan pelat. Setelah itu, sambungan bekerja secara lebih kaku. Keunggulan utama sambungan baut adalah kemampuannya untuk mengalami deformasi plastis sebelum kegagalan, sehingga memberikan peringatan dini terhadap kegagalan struktur.

d. Mode Kegagalan Sambungan Baut

Beberapa mode kegagalan yang sering terjadi pada sambungan baut meliputi kegagalan geser baut, kegagalan tarik baut, kerusakan tumpu pada pelat, kegagalan sobek blok (block shear), serta kegagalan akibat slip berlebihan. Mode kegagalan ini sangat dipengaruhi oleh konfigurasi sambungan dan mutu material.

SAMBUNGAN LAS PADA STRUKTUR BAJA



Sumber : PT. Artha Mas Graha Andalan

a. Pengertian Sambungan Las

Sambungan las adalah sambungan permanen yang dihasilkan melalui proses peleburan logam pengisi dan logam induk sehingga membentuk satu kesatuan yang monolit. Sambungan ini banyak digunakan pada fabrikasi struktur baja di pabrik maupun di lapangan.

b. Jenis-Jenis Sambungan Las

Jenis sambungan las yang umum digunakan antara lain las sudut (fillet weld), las tumpul (groove weld), las sumbat (plug weld), dan las celah (slot weld). Pemilihan jenis las disesuaikan dengan fungsi sambungan dan jenis gaya yang bekerja.

c. Mekanisme Kerja Sambungan Las

Sambungan las menyalurkan gaya melalui luas penampang efektif las. Tegangan yang terjadi dapat berupa tegangan tarik, tekan, geser, maupun kombinasi. Kualitas sambungan las sangat bergantung pada prosedur pengelasan, kondisi material, serta keahlian tenaga kerja.

d. Perilaku Sambungan Las terhadap Beban

Sambungan las memiliki kekakuan yang relatif tinggi dan deformasi yang kecil. Namun, sambungan ini cenderung kurang daktil dibandingkan sambungan baut. Pada pembebanan siklik atau dinamis, sambungan las yang tidak direncanakan dengan baik berpotensi mengalami retak atau kegagalan getas, terutama pada daerah pengaruh panas.

e. Mode Kegagalan Sambungan Las

Kegagalan sambungan las dapat berupa retak pada logam las, kegagalan pada daerah pengaruh panas (Heat Affected Zone), kegagalan logam induk, serta kegagalan akibat cacat las seperti porositas dan incomplete fusion.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur (literature review) dengan pendekatan deskriptif-analitis untuk mengkaji perilaku sambungan baut dan sambungan las pada struktur baja. Metodologi ini dipilih karena bertujuan untuk merangkum, membandingkan, dan menganalisis berbagai temuan ilmiah yang telah dipublikasikan sebelumnya terkait kinerja sambungan struktur baja.

Tahapan penelitian meliputi beberapa langkah utama. Pertama, dilakukan pengumpulan referensi dari buku teks internasional, standar desain struktur baja, serta artikel jurnal nasional dan internasional yang relevan dengan topik sambungan baut dan sambungan las. Referensi yang digunakan dipilih berdasarkan relevansi topik, kredibilitas penerbit, dan keterkinian publikasi.

Kedua, dilakukan klasifikasi materi kajian berdasarkan jenis sambungan, mekanisme penyaluran gaya, respons terhadap pembebanan statis dan dinamis, serta mode kegagalan yang dominan. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman sistematis mengenai karakteristik masing-masing sambungan.

Ketiga, dilakukan analisis komparatif antara sambungan baut dan sambungan las dengan meninjau aspek kekakuan, daktilitas, kemudahan konstruksi, kontrol mutu, serta kinerja

terhadap beban gempa. Hasil analisis kemudian disajikan dalam bentuk uraian deskriptif dan tabel perbandingan untuk memudahkan interpretasi.

PEMBAHASAN

a. Analisis Perilaku Sambungan Baut

Sambungan baut pada struktur baja menunjukkan karakteristik perilaku yang dipengaruhi oleh interaksi antara baut, pelat sambung, dan elemen struktur yang dihubungkan. Pada tahap awal pembebanan, deformasi sambungan umumnya didominasi oleh adanya kelonggaran antara baut dan lubang baut. Kondisi ini menyebabkan terjadinya slip awal sebelum sambungan mencapai kondisi kerja penuh. Fenomena tersebut sering dianggap merugikan, namun dalam konteks struktur tahan gempa, slip awal justru dapat berperan sebagai mekanisme disipasi energi.

Seiring dengan bertambahnya beban, sambungan baut mulai bekerja secara efektif melalui mekanisme tumpu atau gesek, tergantung pada jenis sambungan yang digunakan. Pada sambungan tumpu, gaya geser diteruskan melalui kontak langsung antara baut dan pelat, sedangkan pada sambungan gesek gaya ditahan oleh gaya gesek akibat prategang baut. Perbedaan mekanisme ini menghasilkan respons kekakuan yang berbeda, di mana sambungan gesek umumnya menunjukkan deformasi yang lebih kecil dibandingkan sambungan tumpu.

Dari sudut pandang daktilitas, sambungan baut memiliki keunggulan karena kegagalannya cenderung bersifat bertahap. Leleh baut atau deformasi plastis pelat sambung memberikan indikasi awal sebelum terjadi kegagalan total. Hal ini sangat menguntungkan dalam desain struktur yang memerlukan tingkat keselamatan tinggi, karena memberikan waktu bagi struktur untuk beradaptasi terhadap beban ekstrem.

b. Analisis Perilaku Sambungan Las

Berbeda dengan sambungan baut, sambungan las membentuk hubungan yang bersifat monolit antara elemen-elemen struktur baja. Karakteristik ini menyebabkan sambungan las memiliki kekakuan yang relatif tinggi dan deformasi yang kecil pada tahap awal pembebanan. Sambungan las sangat efektif dalam menyalurkan gaya aksial dan momen lentur, sehingga sering digunakan pada struktur yang menuntut kontinuitas dan kekakuan tinggi. Namun demikian, kekakuan yang tinggi tersebut juga dapat menjadi kelemahan apabila tidak diimbangi dengan detailing yang tepat. Pada kondisi pembebanan dinamis, khususnya gempa, sambungan las berpotensi mengalami konsentrasi tegangan yang tinggi pada daerah tertentu, seperti daerah pengaruh panas. Apabila kualitas pengelasan tidak memenuhi standar, risiko terjadinya retak atau kegagalan getas akan meningkat.

Perilaku pasca-leleh sambungan las umumnya lebih terbatas dibandingkan sambungan baut. Kegagalan sering terjadi secara tiba-tiba tanpa deformasi yang signifikan, sehingga kemampuan memberikan peringatan dini relatif rendah. Oleh karena itu, sambungan las memerlukan pengendalian mutu yang ketat serta inspeksi menyeluruh untuk memastikan kinerjanya tetap andal.

c. Respons Sambungan terhadap Beban Dinamis dan Gempa

Dalam struktur yang dirancang untuk menahan beban gempa, sambungan memegang peranan penting dalam mekanisme disipasi energi. Sambungan baut dengan daktilitas tinggi cenderung mampu menyerap energi gempa melalui deformasi plastis bertahap. Mekanisme ini membantu mengurangi gaya internal yang diteruskan ke elemen utama struktur. Sebaliknya, sambungan las memerlukan pendekatan desain khusus agar dapat berperilaku daktil. Penerapan konsep strong column–weak beam serta pengendalian lokasi sendi plastis menjadi strategi penting dalam mengoptimalkan kinerja sambungan las pada struktur tahan gempa. Tanpa detailing yang memadai, sambungan las berpotensi menjadi titik lemah yang mengalami kegagalan dini.

d. Pengaruh Metode Konstruksi terhadap Perilaku Sambungan

Metode konstruksi juga memberikan pengaruh signifikan terhadap perilaku sambungan struktur baja. Sambungan baut umumnya lebih toleran terhadap variasi pelaksanaan di lapangan karena pemasangannya relatif sederhana dan mudah dikontrol. Selain itu, sambungan baut memungkinkan proses pembongkaran dan penyesuaian ulang apabila diperlukan. Sebaliknya, sambungan las sangat bergantung pada kondisi lapangan, peralatan, dan keterampilan tenaga kerja. Variasi kecil dalam proses pengelasan dapat berdampak besar terhadap kualitas sambungan. Oleh karena itu, sambungan las lebih sesuai untuk pekerjaan fabrikasi di pabrik dengan pengendalian mutu yang lebih baik dibandingkan pengelasan di lapangan.

e. Evaluasi Kinerja Jangka Panjang Sambungan

Dalam jangka panjang, kinerja sambungan struktur baja dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti korosi, perubahan temperatur, dan kelelahan akibat beban berulang. Sambungan baut memiliki keuntungan karena komponen yang mengalami kerusakan relatif mudah diganti. Sementara itu, perbaikan pada sambungan las umumnya lebih sulit dan memerlukan prosedur khusus. Evaluasi kinerja jangka panjang ini menunjukkan bahwa pemilihan jenis sambungan tidak hanya harus mempertimbangkan kekuatan awal, tetapi juga aspek pemeliharaan dan keberlanjutan struktur. Pendekatan ini sejalan dengan konsep desain modern yang menekankan efisiensi siklus hidup struktur.

PENGARUH PEMILIHAN SAMBUNGAN TERHADAP KINERJA STRUKTUR

Pemilihan jenis sambungan pada struktur baja tidak hanya berpengaruh terhadap kekuatan lokal sambungan, tetapi juga memengaruhi kinerja struktur secara global. Sambungan dengan kekakuan tinggi cenderung meningkatkan kekakuan struktur secara keseluruhan, namun dapat mengurangi kemampuan disipasi energi apabila tidak direncanakan dengan baik. Pada struktur tahan gempa, sambungan yang memiliki daktilitas tinggi lebih diutamakan karena mampu menyerap energi gempa melalui deformasi plastis. Dalam konteks ini, sambungan baut sering dianggap lebih menguntungkan dibandingkan sambungan las, terutama apabila terjadi kegagalan bertahap yang masih memberikan waktu peringatan sebelum keruntuhan total.

Sebaliknya, sambungan las lebih sesuai digunakan pada struktur yang menuntut kontinuitas dan kekakuan tinggi, seperti struktur jembatan atau rangka industri. Namun, sambungan ini memerlukan pengendalian mutu yang ketat untuk menghindari kegagalan getas

akibat cacat las atau konsentrasi tegangan. Dengan demikian, pemilihan jenis sambungan harus dilakukan secara menyeluruh dengan mempertimbangkan fungsi struktur, kondisi pembebanan, metode konstruksi, serta aspek keselamatan jangka panjang. Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan struktur baja yang tidak hanya kuat, tetapi juga andal dan berkelanjutan.

PERBANDINGAN SAMBUNGAN BAUT DAN SAMBUNGAN LAS

Aspek Perbandingan	Sambungan Baut	Sambungan Las
Sifat Sambungan	Tidak permanen	Permanen
Kekakuan	Sedang	Tinggi
Daktilitas	Tinggi	Sedang hingga rendah
Kemudahan Pemasangan	Relatif mudah	Membutuhkan keahlian khusus
Kontrol Mutu	Mudah diinspeksi	Memerlukan inspeksi ketat
Perawatan	Mudah dibongkar	Sulit di perbaiki
Kinerja Gempa	Lebih baik	Perlu detailing khusus

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sambungan baut dan sambungan las memiliki karakteristik perilaku yang berbeda dalam struktur baja. Sambungan baut menunjukkan keunggulan dari sisi daktilitas dan kemampuan deformasi, di mana kegagalan umumnya terjadi secara bertahap melalui mekanisme leleh baut atau deformasi pelat sambung. Karakteristik ini menjadikan sambungan baut lebih toleran terhadap ketidakpastian pembebanan, khususnya pada struktur yang menerima beban dinamis seperti gempa. Selain itu, kemudahan pemasangan dan inspeksi juga menjadi nilai tambah yang signifikan dalam praktik konstruksi.

Di sisi lain, sambungan las menawarkan kekakuan dan kontinuitas struktur yang lebih tinggi dibandingkan sambungan baut. Sambungan ini sangat efektif dalam menyalurkan gaya aksial dan momen lentur sehingga banyak digunakan pada struktur yang menuntut kinerja kekakuan tinggi. Namun, keunggulan tersebut diiringi dengan keterbatasan berupa sensitivitas terhadap kualitas pelaksanaan dan risiko kegagalan getas, terutama apabila terjadi cacat las atau konsentrasi tegangan pada daerah pengaruh panas. Oleh karena itu, sambungan las memerlukan pengendalian mutu yang ketat serta detailing yang cermat agar kinerjanya tetap andal.

Secara keseluruhan, pemilihan jenis sambungan pada struktur baja harus mempertimbangkan keseimbangan antara kekuatan, kekakuan, daktilitas, serta aspek pelaksanaan dan pemeliharaan. Sambungan baut lebih sesuai untuk struktur yang memerlukan fleksibilitas dan kemampuan disipasi energi, sedangkan sambungan las lebih tepat digunakan pada struktur dengan tuntutan kontinuitas dan kekakuan tinggi. Pendekatan pemilihan sambungan yang tepat diharapkan mampu meningkatkan kinerja dan keselamatan struktur baja secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

AISC. 2017, *Steel Construction Manual*. American Institute of Steel Construction.



- AISC. 2020, *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. American Institute of Steel Construction.
- Manurung, Edison Hatoguan, Kerlima, H., Dizzy, P., 2025, *Analisis Efisiensi Material Baja Dalam Struktur Kuda-Kuda Atap Pada Bangunan Komersial*, Jurnal Riset Ilmiah Universitas Mpu Tantular, Jakarta.
- Manurung, Edison Hatoguan, Maret, J.S., 2025, *Perencanaan Struktur Baja Gedung 7 Lantai*, Jurnal Multidisiplin Saintek Universitas Mpu Tantular, Jakarta.
- Salmon, C. G., Johnson, J. E., & Malhas, F. A. 2009, *Steel Structures: Design and Behavior*. Pearson Education.
- Subramanian, N. 2010, *Steel Structures: Design and Practice*. Oxford University Press.
- SNI 1729 : 2020, *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1726 : 2019, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Badan Standardisasi Nasional.