



Jurnal Artikel

PENGARUH VARIASI JARAK DAN LETAK HOLE JOINT PADA KEKUATAN SAMBUNGAN BAUT

Marga Rizqi Wilano^{1*}, Kardiman², Aripin³

^{1,2,3}Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang

¹matiusnapiun1@gmail.com, ²Email

*Corresponding author – Email : 1910631150098@student.unsika.ac.id

Artikel Info - : Received : ; Revised : ; Accepted:

Abstrak

Variasi dalam sambungan baut telah menjadi fokus utama dalam industri manufaktur dan rekayasa struktural. Sambungan baut merupakan elemen penting dalam menghubungkan komponen struktural, dan pemahaman yang baik tentang variasi sambungan baut sangat penting untuk memastikan keamanan dan kehandalan struktur. Analisis variasi sambungan baut umum digunakan dalam praktek konstruksi, termasuk sambungan baut vertikal, horizontal, dan zig-zag. Variasi dalam geometri, ukuran baut, dan material dapat mempengaruhi kinerja sambungan tersebut. Beban aksial, momen lentur, dan gaya geser adalah faktor-faktor yang mempengaruhi ketegangan dan deformasi dalam sambungan baut. Penelitian ini melakukan analisis terhadap kinerja sambungan baut dengan konfigurasi vertikal, horizontal, dan zig-zag melalui pengujian tarik dan simulasi menggunakan perangkat lunak solidworks. Pengujian tarik dilakukan untuk mengevaluasi beban maksimum yang dapat ditahan oleh sambungan baut dalam setiap konfigurasi, dan data beban dan deformasi direkam untuk memahami perilaku sambungan saat terkena beban tarik. Simulasi solidworks digunakan untuk memodelkan kondisi beban dan menganalisis respons sambungan secara virtual, dengan mempertimbangkan kekuatan material, dimensi geometris, dan gaya beban yang diterapkan. Hasil dari pengujian dan simulasi menunjukkan bahwa sambungan baut dengan konfigurasi horizontal memiliki kinerja terbaik dalam menahan beban tarik, diikuti oleh konfigurasi zig-zag dan vertikal. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai panduan dalam merancang dan memilih konfigurasi sambungan baut yang optimal sesuai dengan kebutuhan struktural yang efektif.

Kata Kunci: Variasi, sambungan, konstruksi.

Abstract

Variations in bolt connections have become a primary focus in the manufacturing and structural engineering industry. Bolt connections are crucial elements in connecting structural components, and a good understanding of the variations in bolt connections is essential to ensure the safety and reliability of structures. Analysis of various bolt connection variations is commonly used in construction practices, including vertical, horizontal, and zig-zag bolt connections. Variations in geometry, bolt size, and material can influence the performance of these connections. Axial loads, bending moments, and shear forces are factors that affect the stress and deformation in bolt connections. This research analyzes the performance of bolt connections with vertical, horizontal, and zig-zag configurations through tension testing and simulations using SolidWorks software. Tension tests are conducted to evaluate the maximum load that can be sustained by bolt connections in each configuration, and load and deformation data are recorded to understand the behavior of the connections under tension. SolidWorks simulations are used to model the load conditions and analyze the virtual response of the connections, taking into account material strength, geometric dimensions, and applied load forces. The results of the testing and simulations demonstrate that bolt connections with a horizontal configuration have the best performance in resisting tensile loads, followed by zig-zag and vertical configurations. Therefore, these research findings can be used as a guide in designing and selecting optimal bolt connection configurations according to effective structural requirement

Keywords: Variation, joint, construction

1. PENDAHULUAN

Sambungan baut adalah elemen penting dalam industri manufaktur dan rekayasa struktural. Mempertahankan kekuatan sambungan baut merupakan aspek krusial dalam memastikan keamanan dan kinerja struktur yang optimal. Kapasitas sambungan yang terdapat pada sebuah sambungan dapat diketahui melalui metode analitis kapasitas dan kegagalan pada sambungan (Hardianti et al., 2018). Jarak baut yang tidak direncanakan dengan baik dapat menyebabkan sistem sambungan menjadi tidak efektif sehingga penggunaan baut lebih banyak pada satu titik sambungan (Sumantri, 2020). Perbedaan jarak dan tata letak suatu sambungan dapat menyebabkan perbedaan kekuatan sambungan (Alvian et al., 2020).

Menurut (Romanov et al., 2021) Sambungan pada batang tarik dapat menyebabkan kegagalan terbesar dari banyak kejadian kegagalan sambungan yang terjadi. Terdapat variabel pada sambungan yang mempengaruhi kinerja sambungan antara lain adalah jenis alat untuk sambungan, jarak antar alat dengan sambungan, konfigurasi alat penyambung dan luasan bidang yang akan disambungkan. Variasi jarak dan formasi pada sambungan memberikan hasil kuat tarik sambungan dan kekuatan geser sambungan yang berbeda (Devtrina & Setiyarto, 2020). Sehingga fokus utama pada penelitian ini adalah untuk mengetahui konfigurasi sambungan yang memiliki ketahanan dalam menahan suatu beban tertentu. Dan mengetahui faktor apa saja yang cukup krusial dalam mempengaruhi kekuatan sebuah sambungan baut.

Konfigurasi sambungan baut memiliki peran kritis dalam menentukan kemampuan sambungan untuk menahan beban tarik. Dalam praktek konstruksi, variasi konfigurasi baut yang umum digunakan meliputi konfigurasi vertikal, *horizontal*, dan zig zag. Setiap konfigurasi memiliki karakteristik unik yang mempengaruhi kekuatan, distribusi beban, dan deformasi sambungan. Sambungan dapat bekerja secara efektif jika proses penyambungan maksimal dan dapat meningkatkan kekuatan suatu sambungan (Kristiyanto & Yuntoro, 2021). Sehingga struktur baja baut terdapat elemen penunjang yang wajib diperkirakan pada saat perancangan sebuah struktur baja agar sambungan dapat bekerja secara maksimal (Pramono et al., 2018).

Untuk menganalisis kinerja sambungan baut dalam berbagai konfigurasi, pengujian tarik dan simulasi numerik digunakan sebagai metode evaluasi

yang efektif. Pengujian tarik dilakukan untuk mengevaluasi beban maksimum yang dapat ditahan oleh sambungan baut dalam masing-masing konfigurasi. Data beban dan deformasi direkam selama pengujian untuk memahami perilaku sambungan baut saat terkena beban tarik. Oleh karena itu sifat kekuatan baut menentukan kekuatan pada sambungan. Parameter memiliki korelasi positif dengan kekakuan sambungan sehingga pengaruh parameter dapat diurutkan sebagai berikut, jarak pengukur, panjang antar lubang, dan kemiringan baut (Cabrera et al., 2021).

Selain pengujian tarik, simulasi numerik dengan *solidworks* juga memainkan peran penting dalam memodelkan kondisi beban yang berbeda pada sambungan baut. Dengan menggunakan *solidworks*, dimensi geometris, kekuatan material, dan gaya beban dapat dimodelkan dengan akurat. Simulasi ini memungkinkan analisis lebih lanjut terhadap respons sambungan baut dalam kondisi beban tertentu. Pada penelitian ini melakukan analisis terhadap kekuatan sambungan dengan simulasi. Penelitian ini dilakukan membandingkan rasio beban baut yang diprediksi dengan metode yang ada dengan metode modifikasi pada simulasi. Ditemukan bahwa jumlah baut bertambah pada suatu sambungan maka nilai absolut σ meningkat. Berdasarkan simulasi *solidworks* jumlah baut tidak secara signifikan mempengaruhi kekuatan pada sambungan namun semakin dekat letak sambungan dengan tepi objek akan secara signifikan akan mempengaruhi kekuatan pada sambungan (Zhao et al., 2019). Sehingga disarankan untuk melakukan analisis area konsentrasi *hole joint* sebelum memasang sambungan karena semakin dekat sambungan dengan tepi tumpang tindih, semakin baik kinerja sambungan (Zhang et al., 2021).

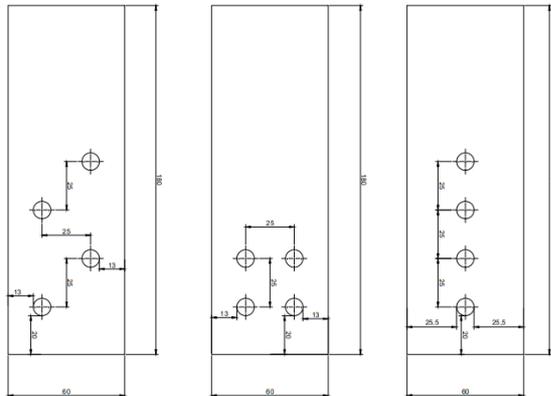
Pada penelitian yang telah dilakukan untuk menganalisis variasi konfigurasi baut dengan konfigurasi vertikal, horizontal, dan zig zag melalui pengujian tarik dan simulasi *solidworks*. Dan dapat membantu untuk memahami kinerja sambungan baut dalam berbagai konfigurasi dan menentukan konfigurasi yang optimal untuk kebutuhan manufaktur maupun struktural. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sebuah acuan dalam perancangan sambungan baut yang efisien dan efektif.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan

pendekatan kuantitatif (Sudianto, 2019). Metode eksperimen yang digunakan adalah dengan pengujian tarik dengan mesin uji tarik dan simulasi *solidworks*. Uji tarik pada penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik mekanis suatu bahan, seperti beban tarik, batas elastis, regangan, dan sifat lainnya. Simulasi *solidworks* pada sambungan baut digunakan untuk menganalisis kekuatan dan kestabilan sambungan baut dalam menahan suatu beban yang bekerja. Simulasi ini membantu untuk mengetahui nilai dari *yield strength*, *stress* dan *displacement* pada komponen yang diteliti. Data yang diperoleh dari penelitian ini akan menjadi rujukan dalam perancangan sambungan baut yang baik dan efektif.

Desain sampel penelitian digunakan sebagai acuan saat penelitian berlangsung baik sebagai acuan desain sampel uji tarik maupun simulasi *solidworks*. Desain sampel penelitian dibagi menjadi beberapa konfigurasi antara lain *horizontal*, *vertikal*, dan *zig-zag*. ukuran sampel penelitian disesuaikan merujuk pada aturan SNI 03-1729-2002 pasal 13.4 mengenai tata letak baut. Hasil desain sampel penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Sampel Penelitian

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon ASTM A500. Material ASTM A500 dipilih sebagai objek penelitian karena merupakan material yang umum digunakan untuk konstruksi mesin atau konstruksi struktur. Rincian spesifikasi material ASTM A500 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi material

No	Keterangan	Nilai	Satuan
1	<i>Tensile Strength, Ultimate</i>	425	MPa
2	<i>Tensile Strength, Yield</i>	315	MPa
3	<i>Elongation</i>	23	%
4	<i>Bulk Modulus</i>	160	Gpa
5	<i>Shear Modulus</i>	80	GPa

Uji Tarik

Uji tarik sambungan baut adalah metode pengujian yang digunakan untuk mengevaluasi kekuatan dan kualitas sambungan baut dalam struktur atau komponen. Hasil dari uji tarik dapat membantu untuk mengevaluasi jenis sambungan yang memiliki ketahanan lebih baik terhadap beban tarik. Dengan uji tarik memungkinkan identifikasi jenis kegagalan yang terjadi pada sambungan baut. Proses pengujian tarik dengan mesin uji tarik dapat dilihat pada gambar 2.

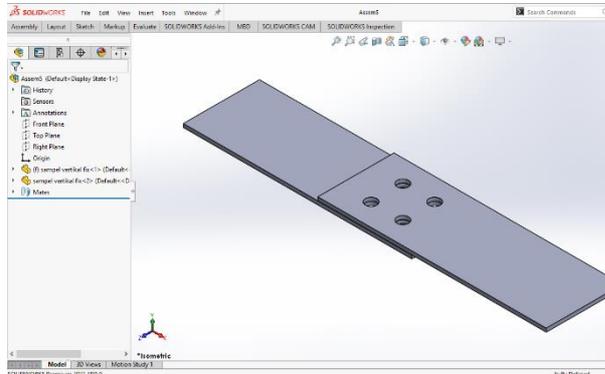


Gambar 2. Proses Uji Tarik

Simulasi *Solidworks*

Simulasi *solidworks* sambungan baut adalah proses menggunakan perangkat lunak *solidworks* untuk menganalisis kekuatan, kestabilan, dan performa sambungan baut dalam suatu struktur atau komponen. Metode yang dilakukan pada simulasi *solidworks* ini menggunakan simulasi *von misses*. Simulasi ini digunakan untuk menganalisis tegangan dan kekuatan pada sambungan baut dengan mempertimbangkan tegangan geser yang terjadi.

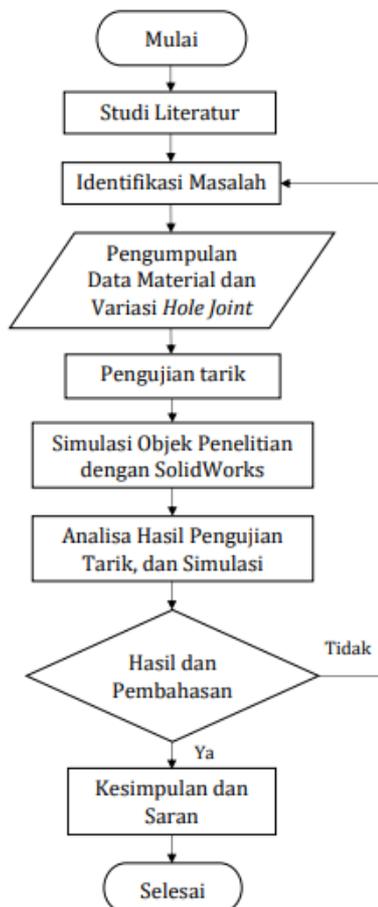
Metode ini membantu dalam memprediksi kondisi kegagalan potensial pada sambungan baut. Objek penelitian yang digunakan pada simulasi *solidworks* divisualisasikan seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Visualisasi salah satu objek penelitian pada simulasi *solidworks*

Diagram Alir

Diagram Alir adalah digunakan untuk menggambarkan urutan langkah-langkah atau proses dalam suatu sistem, algoritma, atau prosedur (Syamsiah, 2019). Adapun tahapan yang dimaksud dapat dilihat pada skema pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahapan ini diperoleh data dari hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya antara lain hasil uji tarik dan hasil simulasi *von misses* pada software *solidworks*. Hasil uji tarik yang telah dilakukan didapatkan nominal beban maksimal yang dapat ditahan oleh suatu sambungan baut. Sedangkan pada hasil simulasi *solidworks* didapatkan tagangan maksimal yang bekerja pada suatu sambungan baut. Hasil tersebut nantinya akan menjadi acuan dalam menyimpulkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

Hasil Uji Tarik

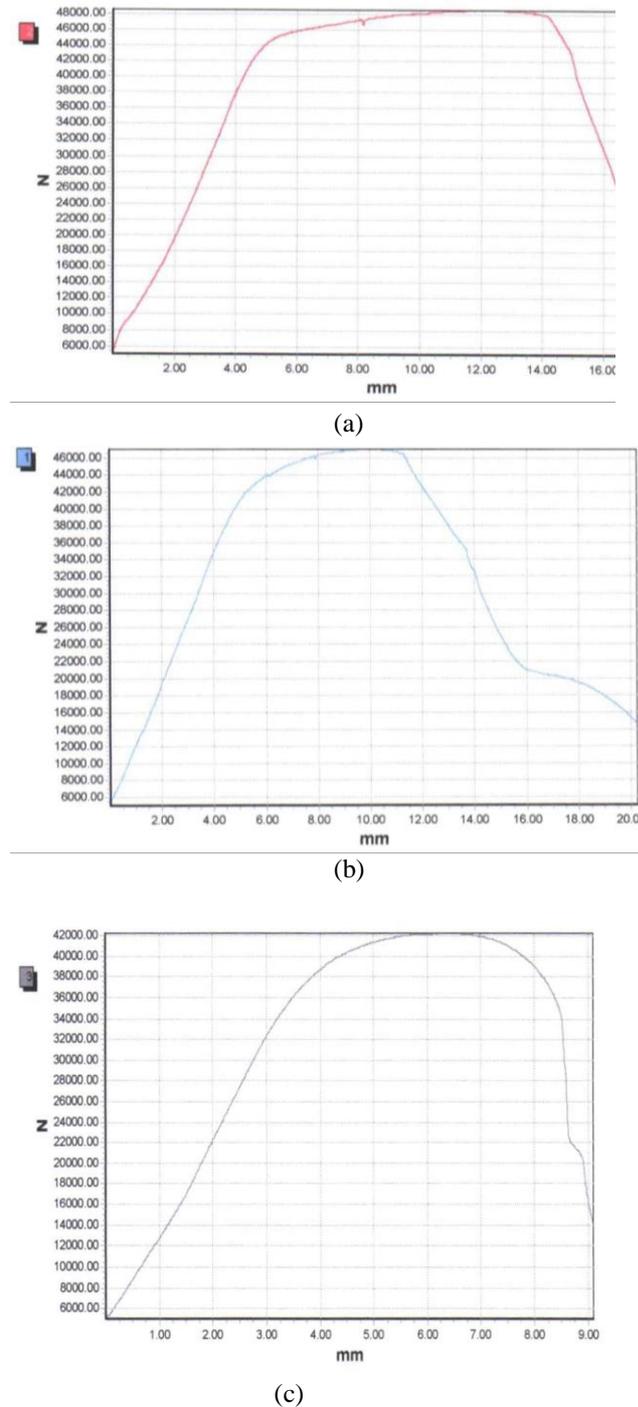
Pengujian tarik pada penelitian ini menggunakan mesin JTM (*Jig Testing Machine*) dimana hasil yang didapatkan dari pengujian tarik tersebut adalah nominal beban maksimal yang didapat ditahan oleh suatu sambungan baut. Metode pada pengujian tarik dilakukan hingga sambungan baut mengalami fraktur atau deformasi plastis secara permanen. Objek penelitian yang diuji pada penelitian ini berjumlah 3 spesimen dengan konfigurasi sambungan baut yang berbeda antara lain sambungan baut secara zig-zag, *horizontal*, dan vertikal. Hasil fraktur uji tarik pada sambungan baut dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil pengujian tarik

Hasil pengujian tarik yang dilakukan pada penelitian ini dapat diketahui nilai beban maksimal yang dapat ditahan oleh sebuah sambungan baut. Pada hasil pengujian tersebut nilai konfigurasi

sambungan baut *horizontal* memiliki nilai tertinggi dalam menagani suatu beban tarik sebesar 48479,6 N diikuti dengan konfigurasi sambungan baut zig-zag sebesar 47002,3 dan sambungan baut vertikal sebesar 42234,2 N. Detail proses uji tarik dari kondisi normal hingga fraktur dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik hasil uji tarik sambungan *horizontal* (a), Grafik hasil uji tarik sambungan zig-zag (b), Grafik hasil uji tarik sambungan vertikal (c)

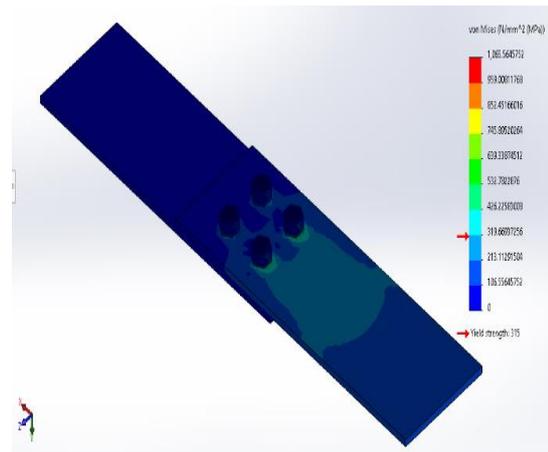
Dari hasil pengujian tarik didapatkan nilai beban maksimal yang dapat ditahan oleh suatu sambungan baut. Hasil tersebut nantinya akan menjadi salah satu acuan dalam menentukan jenis konfigurasi sambungan apakah yang paling efektif dalam menahan beban tarik yang bekerja di sebuah sambungan. Untuk detail hasilnya sendiri dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 2. Hasil pengujian uji tarik sambungan baut

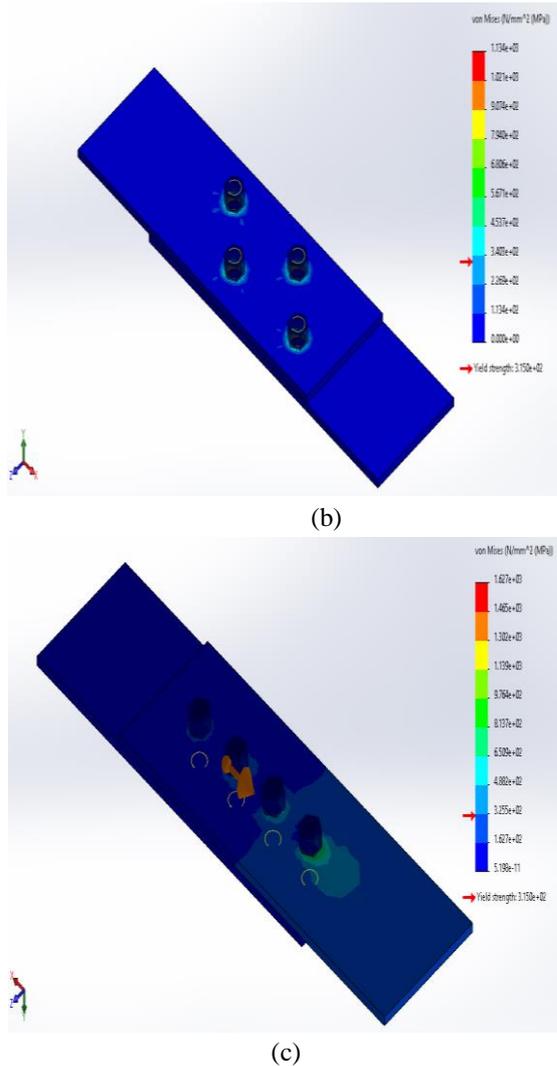
Tipe Sambungan Baut	Beban Maksimal Uji Tarik (N)
Zig Zag	47002,3
<i>Horizontal</i>	48479,6
Vertikal	42234,2

Hasil Simulasi *Solidworks*

Analisis simulasi *solidworks* pada konfigurasi sambungan baut menggunakan simulasi kekuatan *von mises* untuk mengetahui kekuatan sambungan baut yang dianalisis. Dengan simulasi ini diharapkan dapat mengevaluasi kekuatan sambungan baut dan memprediksi kemungkinan kegagalan dan deformasi permanen. Pada hasil simulasi ini disajikan visualisasi konfigurasi objek sambungan baut *horizontal*, zig-zag, dan vertikal yang telah disimulasi dan dapat diketahui area sambungan yang diprediksi akan mengalami fraktur atau deformasi total. Hasil simulasi objek sambungan baut secara visual dapat dilihat pada gambar 6.



(a)



Gambar 6. Hasil simulasi von mises sambungan baut vertikal (a), Hasil simulasi von mises sambungan baut zig-zag (b), Hasil simulasi von mises sambungan baut horizontal (c)

Pada Tabel 3 dapat diperhatikan nilai maksimum sebuah tegangan yang bekerja sebuah sambungan. Dari beberapa uji sampel konfigurasi sambungan baut didapatkan bahwa sambungan baut secara horizontal memiliki ketahanan lebih baik daripada sambungan baut zig-zag dan vertikal.

Tabel 3. Hasil simulasi von mises sambungan baut

Tipe Sambungan Baut	Simulasi (Von Misses) MPa
Zig Zag	823 MPa
Horizontal	648 MPa
Vertikal	400 MPa

Safety factor sambungan adalah perbandingan antara kapasitas beban oleh sambungan dengan

beban yang diterapkan pada sambungan tersebut. Safety factor memberikan batas keamanan yang diperlukan agar sambungan baut memiliki kekuatan yang memadai dalam ketika diberikan pembebanan.

Tipe Sambungan Baut	Safety Factor
Zig Zag	1,08
Horizontal	1,31
Vertikal	2,1

Tabel 4. Safety Factor Sambungan Baut

4. PENUTUP

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan didapatkan hasil bahwa pengaruh konfigurasi sambungan baut memberikan beberapa pengaruh sebagai berikut:

1. Pada pengujian tarik menggunakan mesin JTM didapatkan hasil konfigurasi baut secara horizontal sebesar 48479,6 N yang dimana hasil tersebut lebih baik daripada hasil uji tarik konfigurasi baut secara zig-zag sebesar 47002,3 dan vertikal sebesar 42234,2. Perbedaan hasil tersebut dipengaruhi oleh luas penampang bruto daerah tidak berulir dari sambungan tersebut dimana sambungan baut horizontal memiliki penampang bruto lebih besar dari pada sambungan baut zig-zag dan vertikal sehingga konfigurasi sambungan baut secara horizontal memiliki efektifitas lebih baik dalam menahan beban maksimal daripada konfigurasi sambungan lain.
2. Pada simulasi solidworks dengan von mises hasil dapat diketahui bahwa konfigurasi sambungan baut secara horizontal memiliki kekuatan lebih baik daripada konfigurasi baut zig-zag dan vertikal. Dimana hasil simulasi von mises sendiri sambungan baut horizontal memiliki kekuatan sebesar 823 MPa sedangkan sambungan baut zig-zag hanya sebesar 648 MPa dan sambungan baut vertikal sebesar 400 Mpa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa konfigurasi horizontal memiliki efektifitas dalam menahan suatu beban yang lebih baik daripada konfigurasi sambungan baut vertikal atau zig-zag.
3. Nilai safety factor yang diperoleh juga menunjukkan bahwa safety factor pada konfigurasi sambungan baut horizontal, zig zag,

dan vertikal memiliki nilai safety factor yang cenderung baik dan dapat di kategorikan cukup aman ketika diaplikasikan. Nilai safety factor yang didapatkan sendiri antara lain pada sambungan baut horizontal sebesar 1,08, sambungan baut zig zag sebesar 1,31 dan sambungan baut vertikal sebesar 2,08.

4. Berdasarkan hasil pengujian tarik dan simulasi *von misses solidworks* dapat disimpulkan bahwa konfigurasi sambungan baut yang efektif diaplikasikan pada material ASTM A500 adalah konfigurasi sambungan baut *horizontal*. Hal tersebut dibuktikan juga dari data penelitian baik hasil uji tarik maupun hasil pengujian yang menunjukkan bahwa sambungan baut *horizontal* memiliki efektifitas lebih baik daripada konfigurasi sambungan baut lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvian, L., Hanifi, R., & Fitri, M. (2020). Analisis Pengaruh Letak Sekrup Terhadap Kekuatan Sambungan Baja Ringan Menggunakan Metode Analitik Dan Metode Uji Tarik. *AME (Aplikasi Mekanika Dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 6(2), 69.
- Cabrera, M., Tizani, W., & Ninic, J. (2021). A review and analysis of testing and modeling practice of extended Hollo-Bolt blind bolt connections. *Journal of Constructional Steel Research*, 183, 106763.
- Devtrina, F. S., & Setiyarto, Y. D. (2020). Studi Eksperimental Penggunaan Sekrup Tipe Self Drilling Screw Pada Sambungan Baja Ringan (Cold Formed Steel). *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, 1(1), 1–8.
- Hardianti, D., Herbudiman, B., & Diredja, N. V. (2018). Studi Eksperimental Batang Tarik Sambungan Baut pada Plat Baja. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 4(4), 118.
- Kristiyanto, H., & Yuntoro, A. (2021). Komparasi Biaya Penggunaan Kayu Dan Baja Ringan Untuk Kontruksi Kuda-Kuda. *CivETech*, 15(2), 11–23.
- Pramono, H. S., Sutrisno, W., & Yasin, I. (2018). Analisis Sambungan Baut Pada Titik Buhul Jembatan Rangka Baja Menggunakan Metode Elemen Hingga. *RENOVASI: Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, 3(2), 52–63.
- Romanov, V. S., Heidari-Rarani, M., & Lessard, L. (2021). A parametric study on static behavior and load sharing of multi-bolt hybrid bonded/bolted composite joints. *Composites Part B: Engineering*, 217(April), 108897.
- Sudianto, S. (2019). Perbandingan Pemahaman Matematika Siswa antara yang Menggunakan Adobe Flash CS3 dengan Software iMindMap™ pada Pokok Bahasan Limit Fungsi. *Didactical Mathematics*, 2(1), 1.
- Sumantri, A. (2020). Variasi Spasi Baut terhadap Kuat Geser Sambungan Baut pada Pelat Baja. *Bentang: Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 8(2), 71–78.
- Syamsiah, S. (2019). Perancangan Flowchart dan Pseudocode Pembelajaran Mengenal Angka dengan Animasi untuk Anak PAUD Rambutan. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 4(1), 86.
- Zhang, H., Zhang, L., Liu, Z., Qi, S., Zhu, Y., & Zhu, P. (2021). Numerical analysis of hybrid (bonded/bolted) FRP composite joints: A review. *Composite Structures*, 262(January), 113606.
- Zhao, L., Fang, Z., Liu, F., Shan, M., & Zhang, J. (2019). A modified stiffness method considering effects of hole tensile deformation on bolt load distribution in multi-bolt composite joints. *Composites Part B: Engineering*, 171(November 2018), 264–271.