



## Analisis Pengaruh Jarak dan Posisi Lubang Rivet Sambungan Tumpuk Terhadap Kekuatan dan Faktor Keamanan

Aldi Tio Nugraha

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang

---

### Abstract

Received: 23 Desember 2022

Revised: 26 Desember 2022

Accepted: 28 Desember 2022

Connection with plates by stacking them using rivets is generally used in construction or machine parts that have different materials. Failures that occur in these connections are generally in the plate holes that are connected to one another. The vertical or horizontal distance of the hole diameter that does not match is the cause of the failure. From the research I conducted on the pile connection model using the Ansys application, it is known that the plate riveted connection with an axial load of 20 N. The riveted stack connection will be safe at the distance between vertical holes  $L = 32$  mm and horizontal  $C = 32$  mm. The stress that occurs at 275.75 MPa is much smaller than at other distances. In terms of the factor of safety that occurs for the distances  $L$  and  $C$  mentioned above, it gives a safe value of 1.37.

**Keywords:** Vertical distance, horizontal distance, force, stress, factor of safety

(\*) Corresponding Author: [aldi@gmail.com](mailto:aldi@gmail.com)

**How to Cite:** Nugraha, A. (2023). Analisis Pengaruh Jarak dan Posisi Lubang Rivet Sambungan Tumpuk Terhadap Kekuatan dan Faktor Keamanan. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(2), 31-39. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7563524>

---

## PENDAHULUAN

Penyambungan batang atau beam persegi dengan menggunakan kampuh banyak ditemukan pada konstruksi atau pabrikasi. Contoh yang paling banyak digunakan pada konstruksi jembatan, Menara maupun konstruksi rangka bangunan. Bagian yang disambungkan dengan kampuh merupakan dua bagian yang sama atau berbeda dengan bahan dasarnya. Pada sambungan seperti ini menggunakan kampuh dan paku keling (rivet) atau baut sebagai pengikatnya. Proses penyambungan bagian-bagian dilakukan tidak harus selalu bahan yang sama atau sejenis.

Pada dasarnya penyambungan tipe ini sangat mudah yaitu dengan cara membuat lubang-lubang pada bagian yang akan disambungkan. Penyambungan dapat dilakukan secara tumpuk atau dapat menggunakan kampuh. Kemudian mengikatnya dengan baut atau rivet pada lubang-lubang tersebut. Susunan lubang-lubang yang dibuat harus benar-benar kuat dan aman untuk digunakan. Dalam beberapa penggunaannya susunan lubang yang dibuat harus ditentukan terlebih dahulu, Ukuran lubang atau baut yang akan digunakan juga menentukan berapa jarak antar lubang yang harus dibuat.

Adanya tegangan yang terjadi dalam sambungan dan perubahan bentuk dari bahan yang akan disambungkan mempengaruhi konsentrasi tegangan terhadap lubang-lubang yang dibuat. Semakin banyak lubang dan susunan baut yang digubakan akan semakin menyulitkan jarak dan letak antar lubang tersebut. Perubahan jarak dan posisi lubang dapat menimbulkan perbedaan tegangan yang

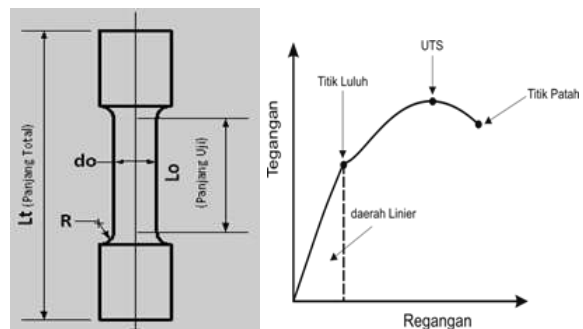


akan terjadi pada sambungan.

Melihat kondisi yang terjadi seperti di atas, penulis bermaksud meneliti pengaruh yang terjadi bila posisi lubang divariasikan. Petersons menganjurkan nilai konsentrasi tegangan agar sambungan yang mengalami gaya aksial tetap berada dalam area aman.

### Tegangan Tarik

Pengujian tarik adalah menguji spesimen uji dengan cara memberikan gaya tarikan pada garis sumbu spesimen hingga mengalami deformasi elastis maupun plastis. Pada bahan logam baik ferro maupun non ferro akan memberikan garik yang hampir serupa. Daerah yang terjadi terdiri dari daerah elastis, daerah plastis dan daerah patah. Pengujian untuk logam ferro berdasarkan standar dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 1. Spesimen dan grafik uji tarik

Pada daerah elastis, grafik menunjukkan linier hingga mencapai  $\sigma_{yp}$ . Selanjutnya grafik menunjukkan peningkatan tegangan, terjadi reduksi area dan strain hardening pada daerah-daerah yang kritis, ini disebut dengan daerah plastis. Untuk daerah elastis perubahan dimensi ditunjukkan dengan pertambahan panjang dalam arah aksial yaitu sebesar :

$$\varepsilon = \frac{La - Lo}{Lo}$$

Tegangan yang terjadi pada daerah elastis adalah :

$$\sigma = E \varepsilon$$

$La - Lo$  adalah pertambahan panjang dalam arah aksial

$La$  = panjang akhir (mm)

$Lo$  = Panjang awal (mm)

Besarnya gaya yang diperlukan sebesar :

$$F = \sigma A$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 1, 2 dan 3 diperoleh besarnya pertambahan panjang sebesar :

$$La - Lo = \Delta L = \frac{F Lo}{E A}$$

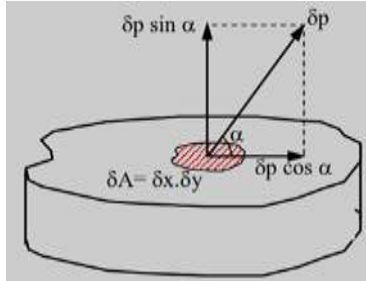
$E$  = modulus elastisitas bahan

$\sigma$  = Tegangan tarik

$A$  = luas penampang penarikan dalam arah aksial

### • Tegangan

Tegangan dapat didefinisikan sebagai besarnya gaya-gaya yang bekerja pada tiap satuan luas tampang benda yang dikenai suatu besaran gaya tertentu. Tegangan dan regangan hubungannya selalu dipermasalahkan, dihitung dan ditentukan. Hal ini sudah ada sejak hukum Hook dicanangkan, besaran yang menjadi penyambungannya dikenal dengan Modulus Elastis.

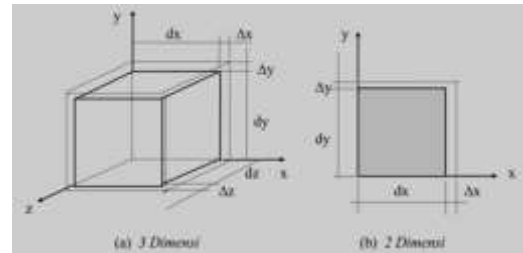


Gambar 1. Potongan balok yang menerima beban normal dan geser

Besar tegangan rata-rata pada suatu bidang dapat didefinisikan sebagai intensitas gaya yang bekerja pada bidang tersebut.

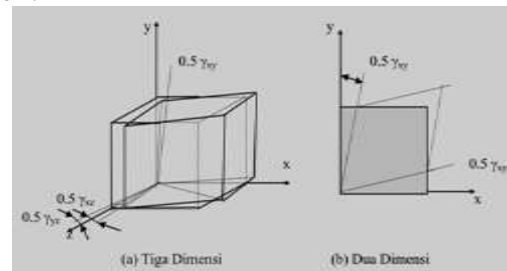
• **Regangan**

Seperti halnya tegangan, regangan juga merupakan tensor derajat dua. Dengan demikian keadaan regangan ruang, tiga dimensi, pada suatu titik dapat dideskripsikan dengan kesembilan komponennya. Pada sistem koordinat sumbu silang, regangan tersebut adalah  $\epsilon_{xx}, \epsilon_{yy}, \epsilon_{zz}, \epsilon_{xy}, \epsilon_{yx}, \epsilon_{xz}, \epsilon_{zx}, \epsilon_{yz}$  dan  $\epsilon_{zy}$ , sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Keadaan regangan normal suatu titik

Regangan juga dapat diklasifikasikan menjadi dua, yakni regangan normal, dengan notasi  $\epsilon_{ij}, i = j$ , serta regangan geser dengan simbol  $\gamma_{ij}, i \neq j$ . Sebagaimana dengan tegangan,  $\gamma_{xy} = \gamma_{yx}, \gamma_{xz} = \gamma_{zx}$  dan  $\gamma_{yz} = \gamma_{zy}$ , maka keadaan regangan ruang pada suatu titik dapat dinyatakan oleh enam komponen, yakni  $\epsilon_{xx}, \epsilon_{yy}, \epsilon_{zz}, \gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$ . Sedangkan regangan bidang, dua dimensi, dapat dideskripsikan dengan 2<sup>2</sup> komponennya, dan karena  $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$  maka regangan bidang pada suatu titik dapat dideskripsikan dengan hanya tiga komponen.



Gambar 3. Kondisi regangan geser pada suatu titik

Regangan normal merupakan perubahan panjang spesifik. Regangan normal rata-rata dinyatakan oleh perubahan panjang dibagi dengan panjang awal, atau secara matematis dapat dituliskan :

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\Delta L_i}{L_i} = \frac{U_i}{L_i}$$

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan, yaitu maret s.d agustus 2022. Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Singaperbangsa Karawang dan Penelitian ini memiliki beberapa tahapan yang diantaranya :

### Material Model

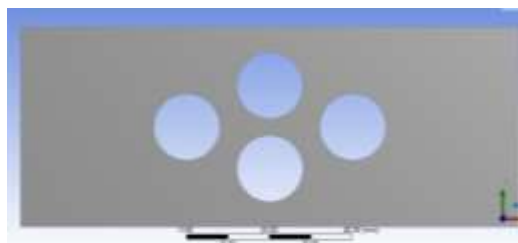
Material uji yang akan disimulasikan adalah material structural steel dengan kekuatan tarik luluh 362 MPa. Data teknis material dapat dilihat dalam table 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Karakteristik Mekanik Spesimen

No	Deskripsi	Simbol	Nominal
1	Tensile yield strenght	$\sigma_y$	362 MPa
2	Compressive yield strenght	$\sigma_c$	362 MPa
3	Tensile ultimate strenght	$\sigma_u$	460 MPa
4	Density	$\rho$	7850 kg/m <sup>3</sup>

### Data Eksperimen Geometri Lubang Sambungan

Geometri lubang sambungan digunakan adalah 4 buah dengan susunan 2 buah mendatar dan 2 buah vertical. Variasi jarak yang dirubah adalah pada arah mendatar dan vertical. Gaya yang bekerja sejajar dengan plat



Gambar 1. Susunan sambungan plat

Variasi jarak lubang mendatar ditentukan sebesar 1.5D, 1.75D dan 2D terhadap garis tengah lubang vertical. Untuk gaya penarikan digunakan gaya sebesar  $F = 20$  kN arah mendatar. Diameter lubang sambungan ditentukan sebesar 16 mm dengan ketebalan plat 6 mm sebagai parameter tetap.



### Pengolahan Data

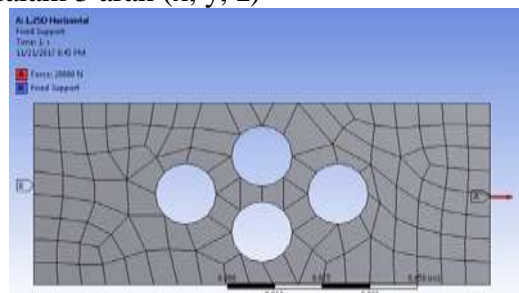
Konsep dari analisis ini adalah mencari pengaruh masing-masing *level* dari *variable* bebas terhadap nilai rata-rata parameter yang dihitung

Tabel 2. Respon atau pengaruh variable-variable

No	Uraian	Sf	$\sigma_{mak}$
A	Pengaruh jarak 1.5D dalam arah X	√	√
B	Pengaruh jarak 1.75D dalam arah X	√	√
C	Pengaruh jarak 2D dalam arah X	√	√
D	Pengaruh jarak 1.5D dalam arah Y	√	√
E	Pengaruh jarak 1.75D dalam arah Y	√	√
F	Pengaruh jarak 2D dalam arah Y	√	√
G	Pengaruh F = 20 kN	√	√

### Prinsip Dasar Eksperimen

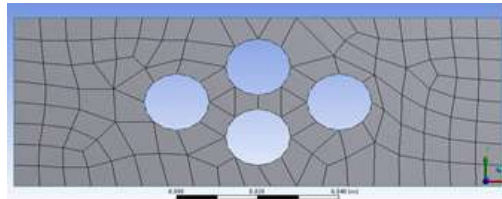
Prinsip dasar dari eksperimen adalah memberikan beban tarik dengan nilai sudut takik  $\square$  variasi dibuatkan dalam bentuk simulasi dari Ansys 14.5 untuk structural static. Ujung salah satu plat hasil sambungan diberi variasi beban F dan ujung lainnya ditahan dalam 3 arah (x, y, z)



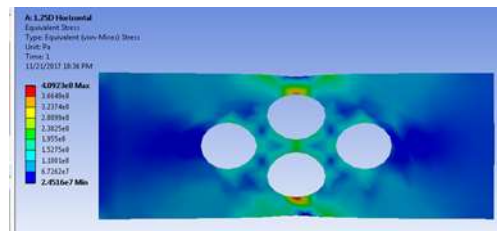
Gambar 2. Beban tarik pada sambungan plat 4 lubang  
Beban F adalah beban yang diberikan pada material uji sebesar F = 20 kN.

### Model, Mesh Setup dan Solution

Tahap ini adalah tahap membuat model, diskritisasi pemilihan analisis dan hasil yang akan dihitung.



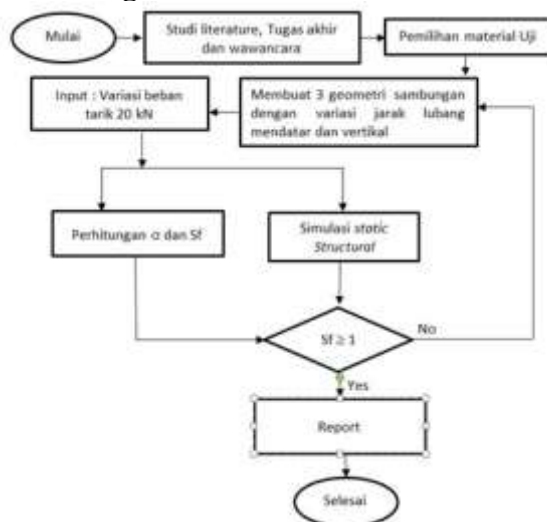
Gambar 3.9 Mesh plat 4



Gambar 4. Tegangan maksimum dan minimum pada plat

Gambar 4 adalah salah satu hasil results dan report yang diperoleh dari hasil simulasi. Setelan dasar untuk warna merah memiliki nominal paling besar (maksimum) dan warna biru memiliki angka nominal kecil (minimum).

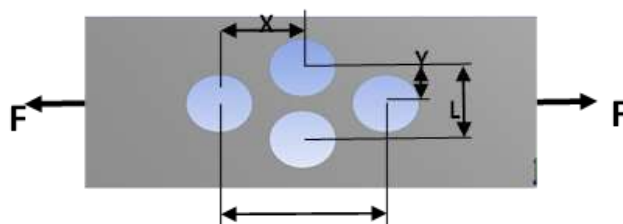
### Diagram Alir



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Konsentrasi Tegangan

Jarak antar lubang yang dimaksud adalah jarak lubang mendatar yang searah sumbu masing-masing. Dalam gambar 4.1 jarak dalam arah mendatar dengan notasi C dan arah vertical dengan notasi L.



Gambar 5. Jarak antar lubang L dan C

Dengan demikian posisi lubang arah mendatar dengan panjang jarak masing-masing lubang mendatar terhadap garis vertical sebanyak C, lihat table 4.1 berikut. Maka jarak lubang sebelah kanan terhadap garis vertical pada C = 1,5D adalah :

$$C = 1,5 D$$

$$C = 1,5 (16) \text{ mm}$$

$$C = 24 \text{ mm}$$

Untuk nilai L pertama adalah 1.5D. Sehingga untuk jarak lubang dalam arah vertical adalah :

$$L = 1.5 D$$

$$L = 1,5 (16) \text{ mm}$$

$$L = 24 \text{ mm}$$

Perbandingan D/L dan L/C adalah :

$$D/L = 16 \text{ mm} / 24 \text{ mm}$$

$$D/L = 0.667$$

$$L/C = 20 \text{ mm} / 24 \text{ mm}$$

$$L/C = 1$$

**2. Tegangan Tarik Nominal dan Maksimum**

tegangan tarik nominal yang terjadi adalah :

Tegangan plat tanpa lubang pada :

$$\sigma_n = \frac{F}{t b}$$

$$\sigma_n = \frac{20 \text{ kN}}{(64 \text{ mm})(6 \text{ mm})}$$

$$\sigma_n = 52.08 \text{ MPa}$$

Sehingga tegangan maksimum yang terjadi pada plat berlubang akibat konsentrasi tegangan pada nomor uji 1 adalah :

$$\sigma_{mak} = K_{tg} \sigma_n$$

$$\sigma_{mak} = 35 (52.08) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{mak} = 1822.8 \text{ MPa}$$

No	L (mm)	C (mm)	$\sigma_n$ (MPa)	$\sigma_{mak}$ (MPa)
1	24	24	52.08	1822.80
2	24	28	52.08	781.20
3	24	32	52.08	416.64
4	28	24	52.08	624.96
5	28	28	52.08	520.80
6	28	32	52.08	374.976
7	32	24	52.08	2083.2
8	32	28	52.08	624.96
9	32	32	52.08	364.56

Jika dilihat dari tegangan maksimum yang paling besar, maka posisi lubang yang mengalami tegangan paling besar adalah pada posisi dan jarak mendatar dengan jarak L = 40 dan C = 40 mm sebesar 1822.8 MPa



### 3. Faktor Keamanan

Faktor keamanan yang terjadi pada plat berlubang dihitung terhadap kekuatan bahan atau material yang digunakan. Pada penelitian ini material yang akan digunakan menggunakan st 37 yang memiliki kekuatan tarik sebesar 362 MPa. Berdasarkan pada hasil perhitungan di atas, maka faktor keamanan pada pengujian pertama adalah :

$$Sf = \frac{S}{\sigma_{mak}}$$

$$Sf = \frac{362 \text{ MPa}}{1822.8 \text{ MPa}}$$

$$Sf = 0.19$$

Faktor keamanan dari posisi lubang yang paling kecil diperoleh pada posisi lubang arah mendatar sebesar C = 24 mm dan L = 24 mm dengan Sf sebesar 0.19. Faktor keamanan bahan yang paling besar diperoleh sebesar 0.99 yaitu untuk posisi L = 32 mm dan C = 32 mm atau L = 48 mm dan C = 56 mm.

### 4. Perbandingan Tegangan Maksimum

Perbandingan tegangan hasil simulasi dengan perhitungan tangan digunakan sebagai pendekatan dalam analisa.

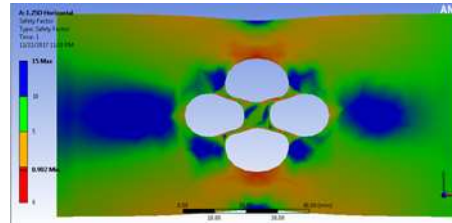
Tabel 4. Perbandingan hasil tegangan

No	Perhitungan	Simulasi	Selisih
1	1822.80	399.11	0.78
2	781.20	338.64	0.57
3	416.64	339.95	0.18
4	624.96	435.39	0.30
5	520.80	330.57	0.37
6	374.976	301.84	0.20
7	2083.2	296.71	0.86
8	624.96	271.6	0.57
9	364.56	275.75	0.24

Table perbandingan antar perhitungan dan simulai untuk posisi L = 24 dengan C = 24 hampir 78%. artinya bahwa tegangan yang terjadi sudah melebihi kemampuan bahan yang digunakan. Posisi yang paling baik dan aman digunakan adalah pada tegangan maksimum yang palin kecil yaitu pada L = 24 mm dan C = 32 mm.

### 5. Perbandingan Faktor Keamanan Bahan

Faktor keamanan bahan yang diperoleh dari perhitungan selanjutnya dibandingkan dengan faktor keamanan dari hasil simulasi. Berikut adalah gambar simulasi faktor keamanan untuk L = 24 mm dan C = 24 mm dengan nilai sebesar 0.9



Gambar 6. Faktor keamanan pada  $L = 24$  mm dan  $C = 24$  mm

## KESIMPULAN

Penyambungan dengan menggunakan baut atau rivet masih banyak digunakan untuk konstruksi maupun pabrikasi. Pemilihan jarak lubang atau baut yang akan digunakan menjadi salah satu pertimbangan dalam penyambungan tersebut..

Berdasarkan hasil penelitian yang kami lakukan pada sebuah plat berlubang dengan berukuran lebar 64 mm, panjang 120 mm dengan ketebalan 6 mm diberi beban sebesar 20 kN. Lubang yang digunakan mempunyai susunan bentuk genjang dengan arah vertical jarak 1.5D, 1.75D dan 2D. sedangkan arah datar menggunakan ukuran yang sama tetapi dikombinasikan. hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa jarak yang aman untuk pemasangan baut atau lubang adalah dengan jarak paling besar yaitu  $L = 32$  mm dan  $C = 32$  mm dan paling rendah adalah  $L = 24$  dengan  $C = 32$ . Faktor keamanan yang diperoleh mempunyai nilai diatas 1.

## DAFTAR PUSTAKA

- Popov, E, P, dan Astamar Zainul, "Mekanika Teknik", Edisi kedua Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991.
- Shigley, Joseph and Mischke, Charles, "Standard Handbook of Machine Design", Second Edition, Mic Graw Hill, NY, 1996
- Spotts, F, M, "Design Of Machine Elements" Third Edition, Prentice-Hall inc, England.
- Suga, Kiyokatsu dan Sularso, "Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin" Cetakan kesebelas, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2013