

## ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN ARAH HORIZONTAL DENGAN SAMBUNGAN BAIT PADA PELAT TARIK MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR

Kritananda Tantra Halim<sup>1</sup> dan Sunarjo Leman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta  
*kritananda.325190106@stu.untar.ac.id*

<sup>2</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta  
*sunarjo@ft.untar.ac.id*

Masuk: 14-07-2023, revisi: 29-07-2023, diterima untuk diterbitkan: 13-08-2023

### ABSTRACT

*Steel a crucial element that is often used in construction because of its efficient workmanship and high tensile strength. Several types of connections will affect the modeling and analysis of the structure in the early stages of planning. The distribution in steel bolted joints will vary depending on plate dimensions and bolt arrangement. The stress that occurs in the steel plate will affect the distribution of stress on each bolt. This study analyzes the distribution of forces in tension bolt connections using the FEM Autodesk Inventor. This research conducted using steel plate ( $f_y=780\text{Mpa}$  and  $E=205000\text{MPa}$ ) and bolt ISO 4010, nut ISO 4032, washer ISO 7090. The results showed that compressive stress distribution in horizontal direction on plates and bolts is in the form of a parabolic curve with the outermost edge having a value compressive stress which is greater than the inner edge compressive stress with a difference of about 30% -45%. On the outer edges of the plate there is a considerable tensile stress of 300% -500%. This study produced an equation for the distribution of horizontal compressive stresses for each bolt configuration. Increasing number of bolts, the compressive stress in the horizontal direction will be more evenly distributed.*

*Keywords: Stress Distribution; Compressive Stress; FEM; Autodesk Inventor*

### ABSTRAK

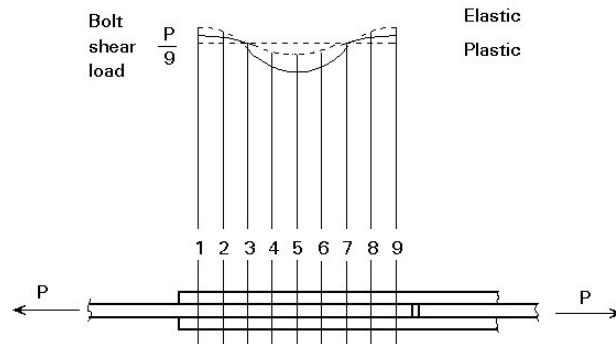
Baja merupakan elemen krusial yang sering digunakan dalam konstruksi karena pengerjaannya yang efisien dan memiliki kuat tarik yang cukup tinggi. Beberapa tipe sambungan akan mempengaruhi permodelan dan analisis struktur pada tahap awal perencanaan. Distribusi pada sambungan baut baja tentu akan bervariasi bergantung pada dimensi pelat dan susunan baut. Besaran tegangan yang terjadi pada pelat baja akan mempengaruhi juga distribusi tegangan pada setiap bautnya. Penelitian ini menganalisis distribusi gaya pada sambungan baut tarik menggunakan metode elemen hingga dengan menggunakan Autodesk Inventor (2023). Penelitian ini dilakukan menggunakan pelat baja dengan  $f_y=780\text{Mpa}$  dan  $E=205000\text{MPa}$  dan jenis baut ISO 4010, mur ISO 4032, washer ISO 7090. Hasil penelitian menunjukkan bentuk distribusi tegangan tekan arah horizontal pada pelat dan baut berbentuk kurva parabolik dengan tepi terluar yang memiliki nilai tegangan tekan yang lebih besar dari tegangan tekan tepi dalam dengan perbedaan sekitar 30%-45. Pada bagian tepi terluar kiri maupun kanan pelat terjadi tegangan tarik yang cukup besar sebesar 300%-500%. Penelitian ini juga menghasilkan persamaan distribusi tegangan tekan arah horizontal pada setiap konfigurasi baut dan pelat. Dengan bertambahnya jumlah susunan baut maka tegangan tekan arah horizontal akan terdistribusi lebih merata.

Kata kunci: Distribusi Tegangan; Tegangan Tekan; FEM; Autodesk Inventor

## 1. PENDAHULUAN

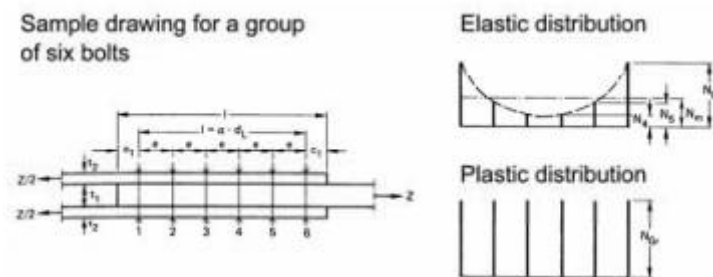
Pada era modern ini perkembangan infrastruktur sangat pesat, dan baja digunakan sebagai elemen yang krusial. Material baja memiliki berbagai karakter yang membuatnya efisien saat digunakan dan memiliki fungsi yang beraneka (Maulinda & Wuryanto, 2018). Struktur baja terdiri dari rangkaian elemen elemen kecil yang disatukan agar menjadi kesatuan membentuk elemen yang lebih besar. Pembuatan susunan elemen tersebut dilaksanakan dengan system sambungan yang sangat penting pada sebuah elemen. Sambungan selain berperan sebagai menggabungkan elemen menjadi satu, juga berperan sebagai titik tumpu beban. Penentuan tipe sambungan akan mempengaruhi pemodelan dan analisis struktur (Dewobroto, 2015). Kekuatan dan ketahanan struktur baja sangat bergantung kepada sambungannya, dikarenakan sambungan digunakan untuk memindahkan gaya dari suatu elemen ke elemen lainnya. Sambungan baut umum digunakan karena kemudahan dalam fabrikasi, *buldability* dan kemampuan untuk mengakomodasi perubahan kecil di lapangan. Secara teori jika sebuah sambungan baja yang dihubungkan dengan

sebuah jajaran baut telah diberikan tarikan beban akan memberikan tegangan yang merata kepada semua bautnya, namun pada gambar berikut mengilustrasikan bahwa pembebanan tidak merata. Pembebanan yang dialami baut akan lebih besar di baut tepi dari pada baut tengah, seperti Gambar 1 (Freitas, 2005).



Gambar 1. Distribusi beban geser baut pada sambungan panjang (Rentang Elastis - Garis Penuh; Rentang Plastik - Garis Putus-Putus) (Freitas, 2005)

Dengan bertambahnya tinggi kelas nilai dari sebuah pelat dan baui, maka nilai resistensinya terhadap deformasi akan menjadi sedikit lebih rendah (Primoz Moze, 2014). Dikarenakan keuletan dari baja ringan sekelompok pengencang dalam sambungan beban geser dapat mencapai distribusi plastis penuh dari gaya dalamnya. Digunakan HSS pai dengan kelas s690 emiliki kapasitas deforasi yang cukup untuk mencapai distribusi plastis yang penuh dari gaya dalam pada ketiga sambungan baut (Ungermann & Schneider, 2008).



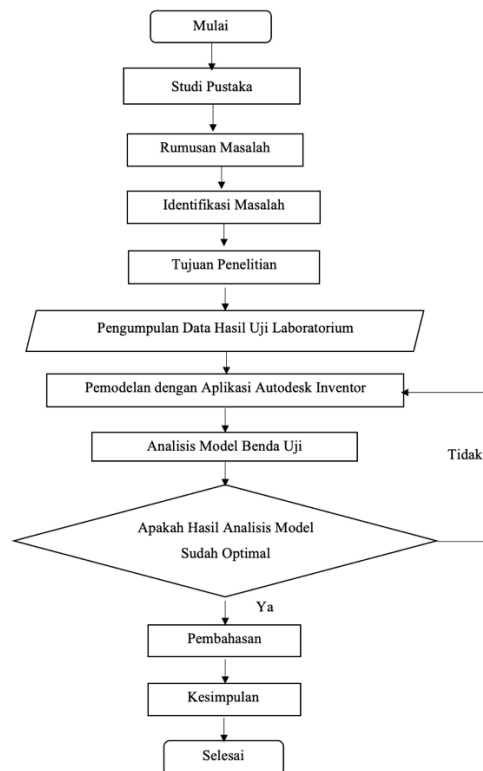
Gambar 2 Distribusi gaya dalam pada sambungan beban geser (Ungermann & Schneider, 2008)

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis distribusi gaya pada sambungan baut tarik menggunakan metode lemen hingga. Percobaan yang dilakukan akan mengamati tegangan ecarah horizontal pada baut pada beberapa susunan baut dengan menggunakan software Autodesk Inventor.

Rumusan masalah pada percobaan ini adalah bagaimana bentuk distribusi tegangan horizontal yang dihasilkan oleh beberapa variasi model susunan baut dan pelat menggunakan metode elemen hingga. Bagaimana bentuk distribusi tegangan vertikal yang dihasilkan oleh beberapa variasi model susunan baut dan pelat menggunakan metode elemen hingga. Bagaimana persamaan distribusi dari grafik distribusi susunan baut berdasarkan hasil yang didapat pada metode elemen hingga.

Pada percobaan ini tujuan penelitiannya adalah untuk mengetahui bentuk distribusi tegangan horizontal yang dihasilkan oleh beberapa variasi model susunan baut dan pelat menggunakan metode elemen hingga. Untuk mengetahui bentuk distribusi tegangan vertikal yang dihasilkan oleh beberapa variasi model susunan baut dan pelat menggunakan metode elemen hingga. Untuk mengetahui persamaan distribusi dari grafik distribusi susunan baut berdasarkan hasil yang didapat pada metode elemen hingga.

## 2. METODE PENELITIAN



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Penelitian ini akan disusun menggunakan studi literatur dan studi kasus berdasarkan pengujian secara FEM (Gambar 3). Studi literatur dilakukan untuk memahami teori yang berkaitan dengan penelitian ini sehingga dapat menjadi dasar untuk menyusun tinjauan pustaka, kerangka berpikir, menentukan hipotesis, melakukan analisis dan menentukan kesimpulan yang dapat diambil. Studi literatur juga akan dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga sesuai prosedur desain standar acuan. Studi kasus menjadi sarana pembuktian antara studi literatur dengan hasil analisis yang terjadi. Tahapan pada penelitian dilaksanakan mulai dari studi literatur dan kajian pustaka menggunakan berbagai sumber seperti dari buku, jurnal artikel ilmiah, SNI 1729:2020 agar mendapatkan referensi teori dan konsep pada percobaan yang akan dilakukan. Langkah selanjutnya adalah mengumpulkan serta menentukan jenis sambungan, dimensi dan material yang akan digunakan pada percobaan. Berikutnya adalah membuat model susunan sambungan baut agar dapat membuat analisis pada metode elemen hingga Autodesk Inventor. Berdasarkan data dari percobaan analisis dapat dibuat grafik dari setiap susunan baut untuk menarik kesimpulan dan juga persamaan kurva dari distribusi tegangan tekan pada sambungan pelat baja. Menggunakan hasil data dari analisis yang telah didapatkan pada FEM, menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah diterapkan.

### Tahap penentuan dimensi dan material benda uji

Pada tahap ini, penulis akan menentukan material dan dimensi yang akan digunakan pada penelitian ini. Terdapat 21 sample ini yang memiliki susunan baut dan dimensi yang bervariasi, namun memiliki material pelat dan juga baut yang sama. Percobaan dilakukan pada 3 seri yang berbeda berdasarkan jumlah baris lubang horizontal yang terdapat pada sambungan pelat. Pada seri 1 dimana konfigurasi pelat dimulai dari 1x1 hingga 7x1, menunjukkan dimana lubang bervariasi dari satu lubang saja hingga 1 baris lubang berisi 7 lubang secara horizontal. Susunan baut 7x2 dan 7x3 juga mengikuti konfigurasi tersebut dimana lubang akan sampai 7 memanjang.

Table 1. Dimensi pelat dan baut uji

No	Test ID	Baut	t	h	L	d	Do	E1	P1	E2	P2	E1/d0	P1/d0	E2/d0	P2/d0
1	k-20-1x1	1x1	7	120	240	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
2	k-20-2x1	2x1	7	120	400	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
3	k-20-3x1	3x1	7	120	560	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
4	k-20-4x1	4x1	7	120	720	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
5	k-20-5x1	5x1	7	120	880	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
6	k-20-6x1	6x1	7	120	1040	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
7	k-20-7x1	7x1	7	120	1200	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
8	k-20-1x2	1x2	7	200	240	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
9	k-20-2x2	2x2	7	200	400	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
10	k-20-3x2	3x2	7	200	560	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
11	k-20-4x2	4x2	7	200	720	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
12	k-20-5x2	5x2	7	200	880	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
13	k-20-6x2	6x2	7	200	1040	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
14	k-20-7x2	7x2	7	200	1200	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
15	k-20-1x3	1x3	7	280	240	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
16	k-20-2x3	2x3	7	280	400	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
17	k-20-3x3	3x3	7	280	560	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
18	k-20-4x3	4x3	7	280	720	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
19	k-20-5x3	5x3	7	280	880	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
20	k-20-6x3	6x3	7	280	1040	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4
21	k-20-7x3	7x3	7	280	1200	20	20	60	80	60	80	3	4	3	4

Table 2. Material properties

Material Pelat	Fy(Mpa)	E(Mpa)
<i>Steel Plate</i>	780	205000

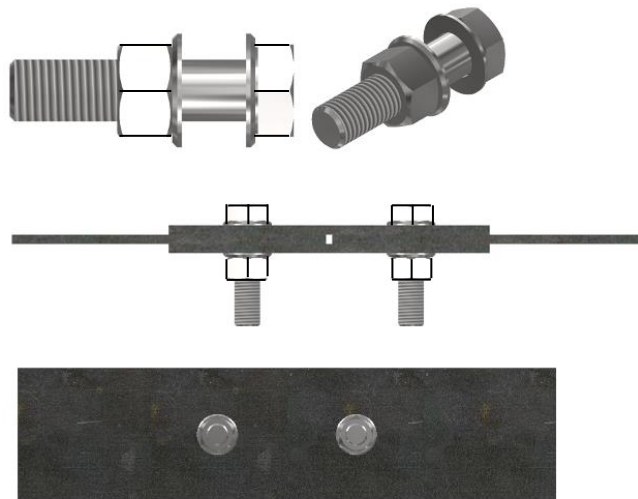
Table 3 Tipe baut

Komponen Baut	Tipe Baut
Baut	ISO 4014
Mur	ISO 4032
Washer	ISO 7090

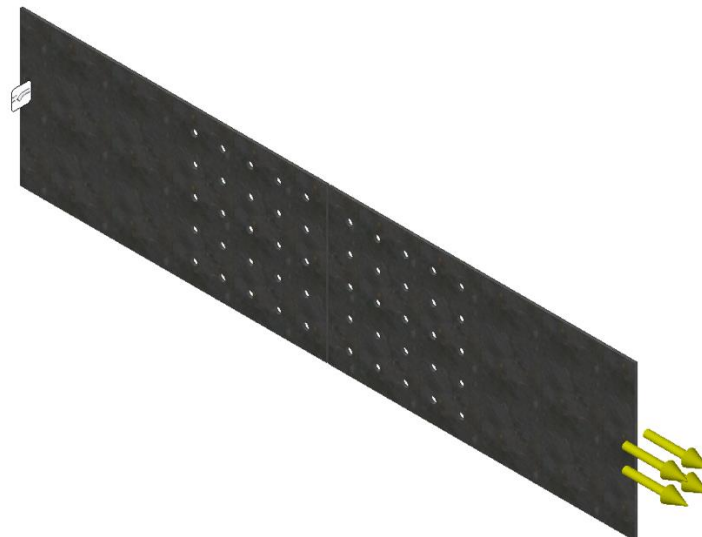
### Pemodelan autodesk inventor

penelitian ini menganalisis distribusi tegangan pada pelat dan juga baut dari sambungan dengan menggunakan tipe sambungan *double shear*, menggunakan aplikasi Inventor sebagai aplikasi utama dalam mendapatkan hasil data. Pemodelan dilakukan secara 3 dimensi dan baut dipasangkan menggunakan aplikasi dengan pemodelan baut yang sudah terdapat pada database Inventor. Hasil yang didapat akan terdapat menjadi dua yaitu tegangan yang terjadi pada pelat dan juga tegangan yang terjadi pada baut. Percobaan yang dilakukan akan menggunakan beberapa jenis konfigurasi yang terbagi pada setiap baris horizontalnya. Setelah hasil dari distribusi tegangan akan digunakan juga untuk mendapatkan persamaan distribusi tegangan. Ilustrasi gambaran distribusi tegangan tekan pada susunan baut dapat diperoleh pada percobaan ini, sehingga dapat dibandingkan dengan distribusi tegangan pada tumpang elastis teoritis.

Percobaan ini model sambungan pelat menggunakan baut dengan tipe *double shear*, yaitu dua pelat yang disambung akan dijepit dengan pelat luar sebagai penyambungannya. Pada setiap pelat akan terdapat konfigurasi lubang-lubang yang bertujuan untuk memasukan baut. Ukuran diameter baut dengan diameter lubang pada pelat adalah 20 mm. Terdapat jarak sebesar 5 mm diantara kedua pelat yang ingin disambungkan. Pelat yang digunakan memiliki ketebalan yang sama sebesar 7 mm pada pelat penyambung dan juga pelat yang disambung. Terdapat jarak sebesar 5 mm di antar kedua pelat yang disambung.



Gambar 4. Model pelat dan baut



Gambar 5. Sambungan pelat dengan *boundary condition* jepit dan gaya beban merata

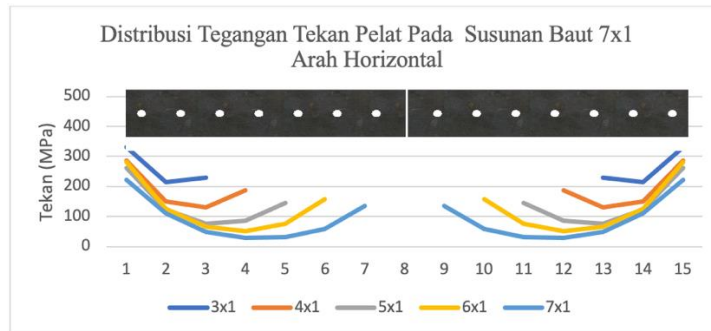
Elemen pemodelan yang digunakan pada penelitian ini adalah tetrahedron, pada saat melakukan *mashing* bentuk dari mash tersebut adalah persegi 5. Pemodelan ini memiliki beberapa *boundaries*, dimana pelat yang disambung sebelah kiri akan terdapat sendi jepit dan pelat yang disambung sebelah kanan mendapatkan gaya tarik merata sebesar 100 MPa. Terdapat tiga macam *contact* dari setiap komponen yaitu *bonded*, *saperate* dan *sliding no-saperation*. Komponen baut, mur dan washer akan menggunakan jenis *contact bonded* yang mana komponen tersebut tidak dapat terpisah dengan satu sama lain. *Contact* antar pelat dengan komponen baut seperti washer menggunakan jenis *saperate*, dimana pelat terpisah seutuhnya dari baut sehingga saat dilaksanakan percobaan baut dapat bergerak bebas pada pelat, agar didapatkan hasil tekan pada pelat yang relevan, baut hanya akan memberikan gaya pada bagian pelat yang tersentuh. Hubungan antar pelat adalah *sliding no-saperation* pelat dapat bergeser dengan bebas, namun tidak dapat berpisah atau lepas dengan pelat yang menempel.

Setelah dilakukan analisis pada sambungan pelat baja, akan didapatkan hasil distribusi tegangan tekan pada setiap susunan baut. Nilai dari tegangan tekan ini akan disusun untuk mendapatkan grafik dan juga koordinat untuk menghasilkan persamaan distribusi tegangan pelat pada setiap susunannya.

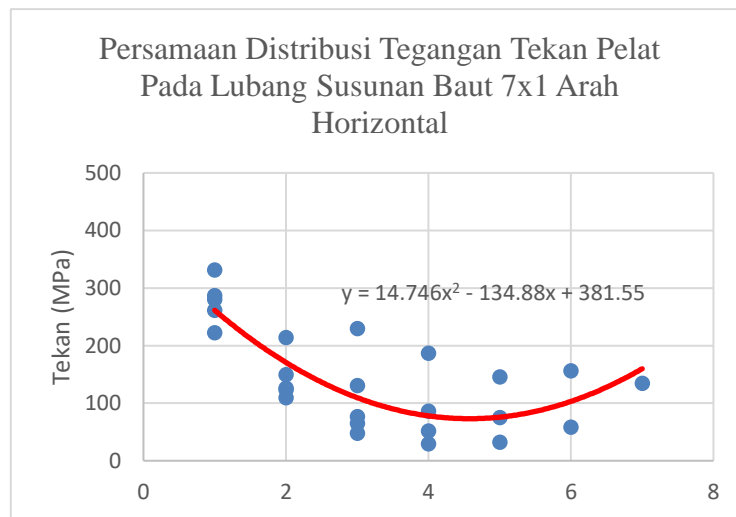
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, dapat didapat bentuk grafik distribusi tegangan tekan arah horizontal pada setiap susunan. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat penyebaran distribusi tegangan tekan pada susunan sambungan pelat yang berbentuk kurva parabolik.

#### Susunan baut 7x1

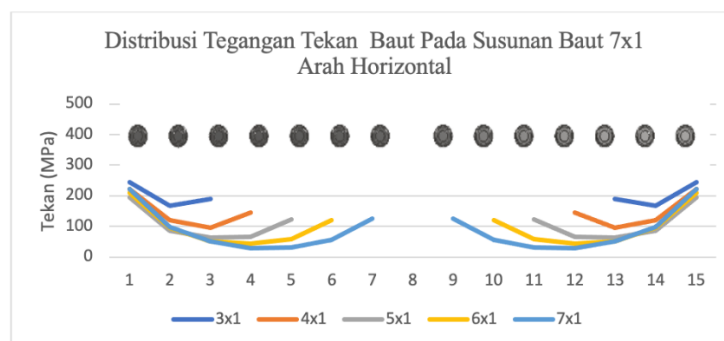


Gambar 6. Distribusi tegangan tekan pelat pada susunan 7x1 arah horizontal

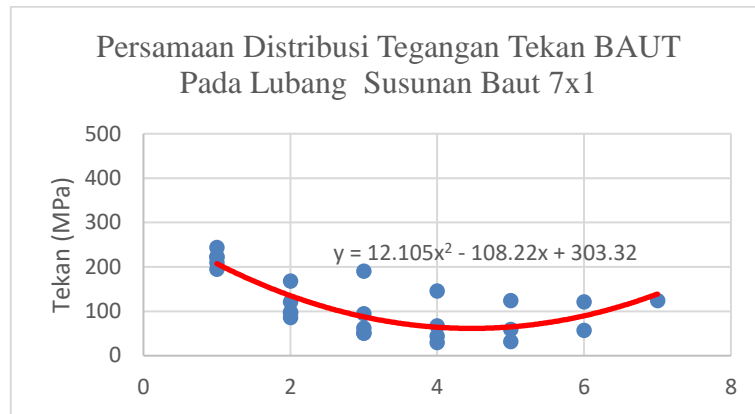


Gambar 7. Persamaan distribusi tegangan tekan pelat pada lubang susunan baut 7x1 arah horizontal

Berdasarkan data-data tegangan yang terjadi pada baut 7x1 pada gambar 7 dapat diperoleh persamaan distribusi tegangan tekan pelat pada lubang susunan baut 7x1 adalah  $Y=14,746x^2-134,88x+381,55$



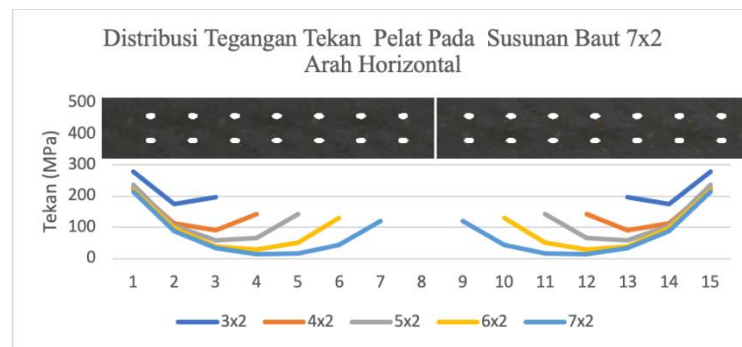
Gambar 8. Distribusi tegangan tekan baut pada susunan 7x1 arah horizontal



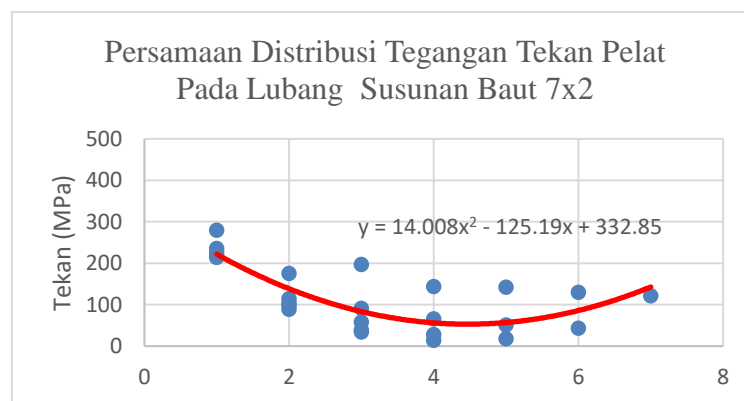
Gambar 9. Persamaan distribusi tegangan tekan baut pada lubang susunan baut 7x1

Berdasarkan data-data tegangan yang terjadi pada baut 7x1 pada gambar 9 dapat diperoleh persamaan distribusi tegangan tekan baut pada lubang susunan baut 7x1 adalah  $Y=12,105x^2-108,22x+303,32$

**Susunan baut 7x2**

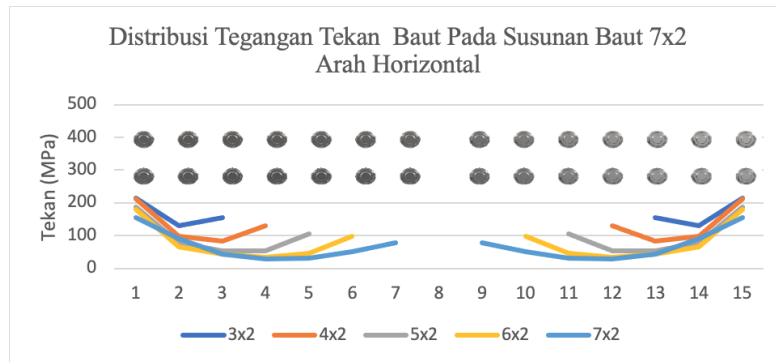


Gambar 10. Distribusi tegangan tekan pelat pada susunan 7x2 arah horizontal

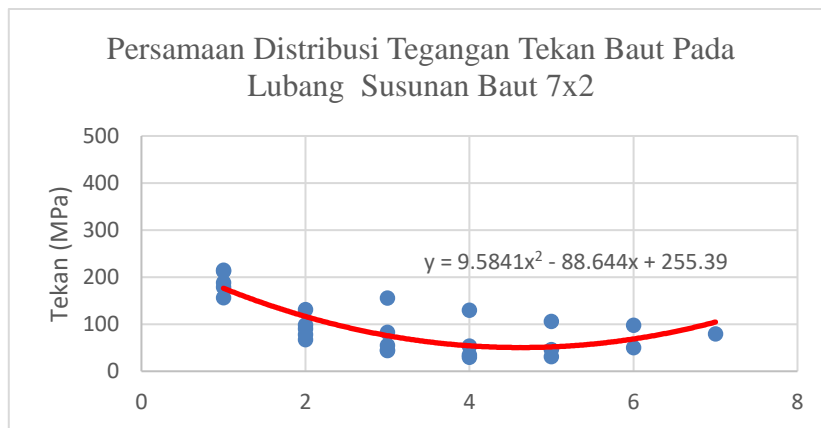


Gambar 11. Persamaan distribusi tegangan tekan pelat pada lubang susunan baut 7x2

Berdasarkan data-data tegangan yang terjadi pada baut 7x2 pada gambar 11 dapat diperoleh persamaan distribusi tegangan tekan pelat pada lubang susunan baut 7x2 adalah  $Y=14,008x^2-125,19x+332,85$



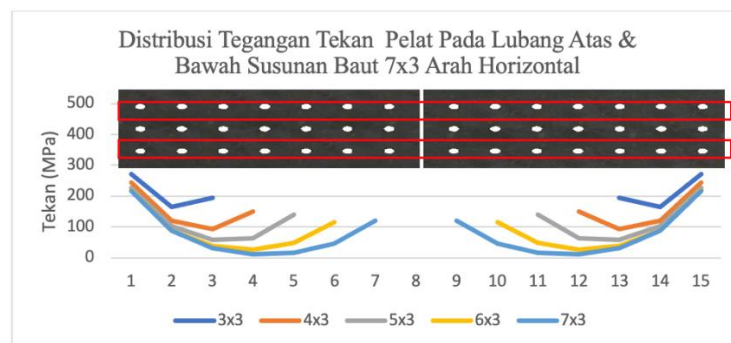
Gambar 12. Distribusi tegangan tekan baut pada susunan 7x2 arah horizontal



Gambar 13. Persamaan distribusi tegangan tekan baut pada lubang susunan baut 7x2

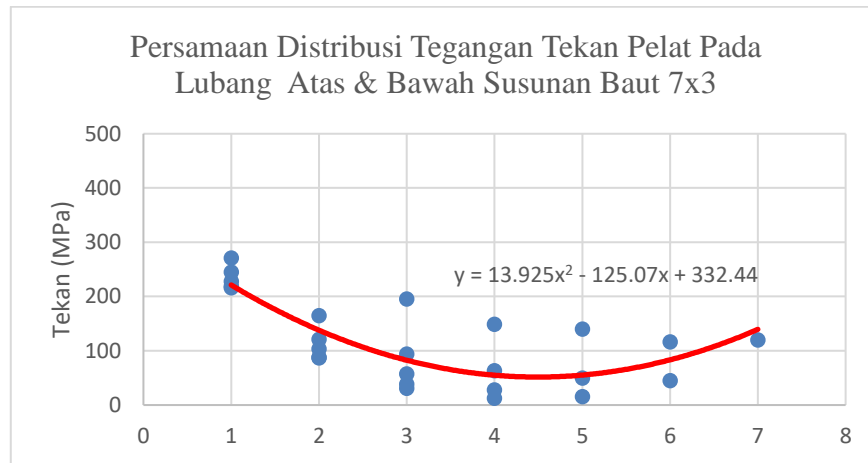
Berdasarkan data-data tegangan yang terjadi pada baut 7x2 pada gambar 13 dapat diperoleh persamaan distribusi tegangan tekan baut pada lubang susunan baut 7x2 adalah  $Y=9,5821x^2-88,644x+255,39$ .

### Susunan baut 7x3



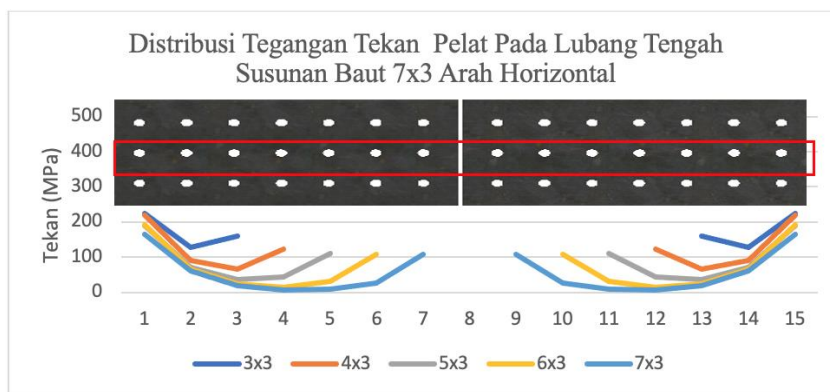
Gambar 14. Distribusi tegangan tekan pelat pada lubang atas dan bawah susunan 7x3 arah horizontal



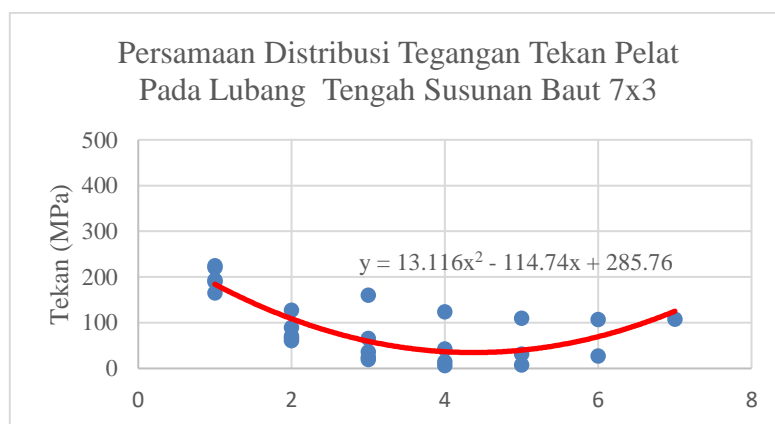


Gambar 15. Persamaan distribusi tegangan tekan baut pada lubang atas dan bawah susunan baut 7x3

Berdasarkan data-data tegangan yang terjadi pada pelat 7x3 pada gambar 15 dapat diperoleh persamaan distribusi tegangan tekan pelat atas dan bawah pada lubang susunan baut 7x3 adalah  $Y=13,925x^2-125,07x+332,44$

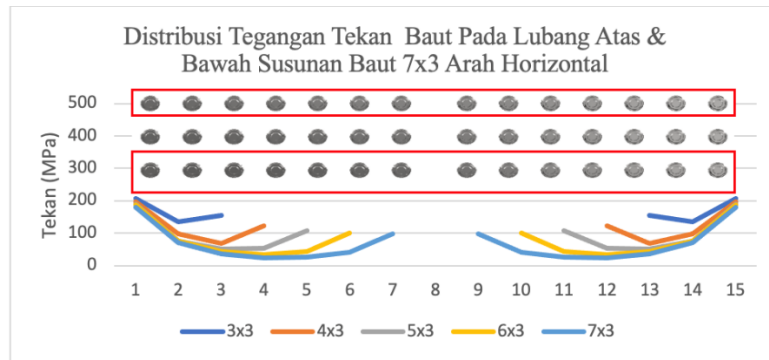


Gambar 16. Distribusi tegangan tekan pelat pada lubang tengah susunan 7x3 arah horizontal

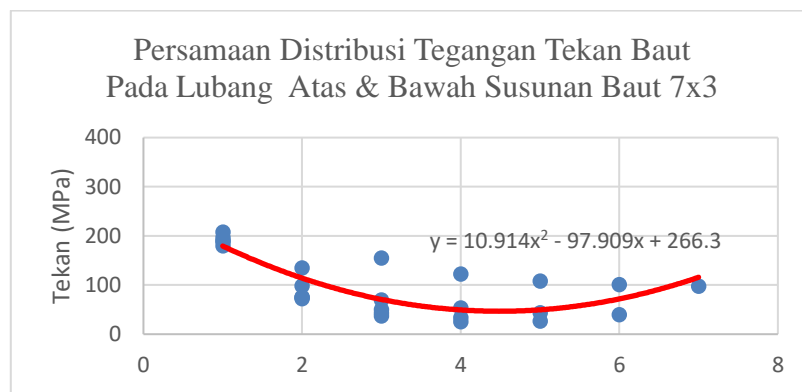


Gambar 17. Persamaan distribusi tegangan tekan baut pada lubang tengah susunan baut 7x3

Berdasarkan data-data tegangan yang terjadi pada pelat 7x3 pada gambar 17 dapat diperoleh persamaan distribusi tegangan tekan pelat tengah pada lubang susunan baut 7x3 adalah  $Y=13,116x^2-114,74x+285,76$

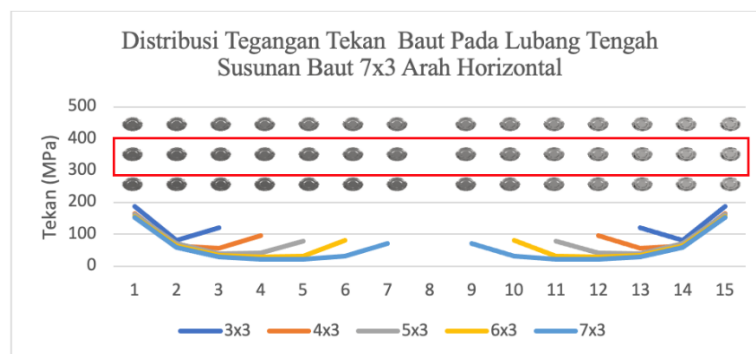


Gambar 18. Distribusi tegangan tekan baut pada lubang atas dan bawah susunan 7x3 arah horizontal

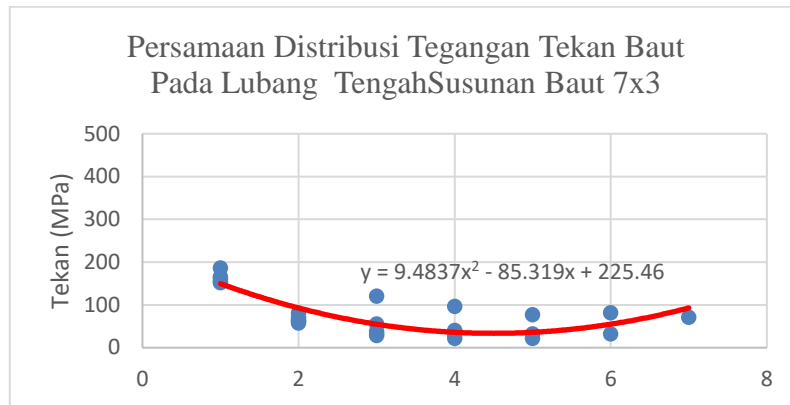


Gambar 19. Persamaan distribusi tegangan tekan baut pada lubang atas dan bawah susunan baut 7x3

Berdasarkan data-data tegangan yang terjadi pada baut 7x3 pada gambar ... dapat diperoleh persamaan distribusi tegangan tekan baut pada lubang susunan baut 7x3 adalah  $Y=10,914x^2-97,909x+266,3$



Gambar 20. Distribusi tegangan tekan baut pada lubang tengah susunan 7x3 arah horizontal

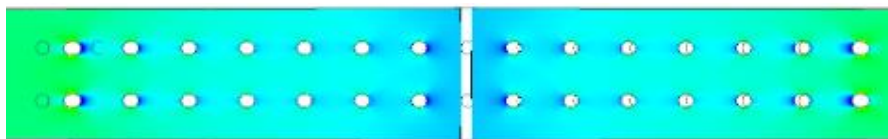


Gambar 21. Persamaan distribusi tegangan tekan baut pada lubang tengah susunan baut 7x3

Berdasarkan data-data tegangan yang terjadi pada baut 7x3 pada gambar 4.19 dapat diperoleh persamaan distribusi tegangan tekan baut pada lubang susunan baut 7x3 adalah  $Y=9,4837x^2-85,319x+225,46$ .

**Detail tegangan pelat**

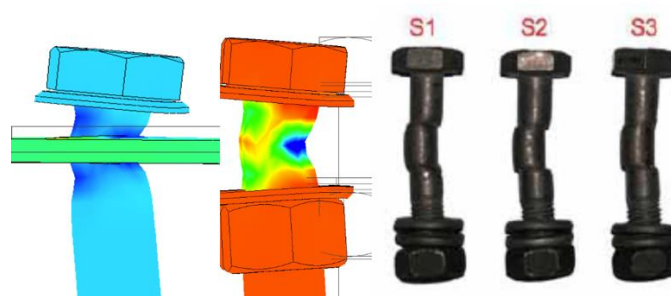
Pada percobaan yang telah dilaksanakan, terdapat 2 jenis tegangan yaitu tegangan tekan dan tegangan tarik. Tegangan tekan terjadi pada saat pelat mengalami gaya ke suatu arah dan baut menahan pelat pada arah yang berlawanan, hal tersebut menyebabkan tegangan tekan pada titik temu antara baut dan pelat. Tegangan tarik terjadi pada saat pelat mengalami gaya yang menyebabkannya untuk berdeformasi.



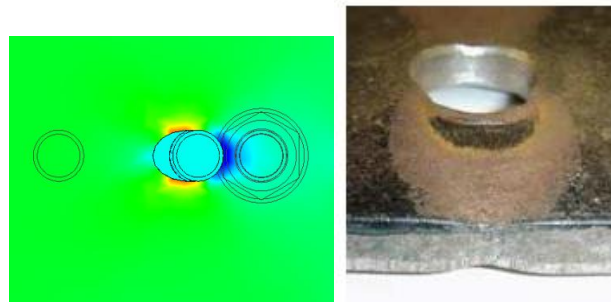
Gambar 22. Pelat 7x2 pada saat stress XX

**Detail deformasi pelat**

Pada percobaan ini menunjukkan deformasi yang terjadi pada pelat sambungan dan juga pada baut. Hasil yang terjadi pada percobaan ini relative sama dengan jurnal referensi



Gambar 23. Deformasi baut arah XX dan deformasi baut kelas 10 (Ungermann & Schneider, 2008)



Gambar 24. Deformasi pelat dan baut pada gaya arah XX serta deformasi dari specimen pelat VI (Ungermann & Schneider, 2008)

### Hasil analisis

Hasil percobaan ini menunjukkan bentuk distribusi tegangan pada sambungan baut arah horizontal tidak sama dengan teori distribusi gaya dalam pada sambungan elastis. Berdasarkan data yang diperoleh, menunjukkan grafik distribusi tegangan tekan pada sambungan baut dan pelat secara horizontal berbentuk kurva parabolik. Hasil percobaan ini tidak sama persis dengan teori, nilai hasil tegangan pada lubang tepi terluar memiliki nilai tegangan yang lebih besar dari tepi dalam. Sebagai contoh pada pelat susunan 5x4, lubang atas tepi terluar adalah 227,75 MPa dan tepi terdalam adalah 133,275 Mpa dengan selisih sebesar 39%.

Pada percobaan ini diperoleh hasil selain tegangan tekan, yaitu tegangan tarik. Nilai tegangan tarik yang terjadi pada lubang tepi memiliki hasil yang cukup tinggi, namun tegangan tarik tersebut tidak terlihat di bagian lain selain tepi vertical terujung lubang pada pelat sambungan kiri maupun kanan.

Dari hasil percobaan terlihat bahwa ada kecenderungan dengan bertambahnya jumlah susunan baut berbanding tebal dengan nilai tegangan tekan yang terjadi pada masing-masing baut tersebut. Dengan bertambahnya jumlah lubang dan baut yang digunakan, maka nilai tegangan yang terjadi akan berkurang. Hal ini dikarenakan gaya pada pelat akan terbagi dengan bertambahnya jumlah baut. Dengan bertambahnya jumlah baut atau lubang yang ada, maka distribusi konsentrasi tegangan akan lebih merata di antara setiap lubang pelat maupun bautnya. Oleh karena itu selisih antara setiap baut maupun pelat akan berkurang dengan bertambahnya jumlah susunan baut.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan dan analisis yang telah dilaksanakan pada beberapa susunan pelat baut sambungan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Distribusi tegangan horizontal membentuk lengkung parabolik dengan tepi terluar pelat memiliki nilai tegangan yang lebih besar sekitar 30%-45% dibandingkan tepi dalam pelat.
2. Pada arah vertical distribusi tegangan yang di hasilkan tidak linear, melainkan membentuk lengkungan kurva dimana tegangan tekan akan lebih besar di tepi atas maupun bawah dan nilai tegangan tekan terendah pada baris tengah. Pada lubang tepi atas memiliki nilai tegangan tekan yang lebih besar sekitar 14%-19% dibandingkan lubang tengah.
3. Persamaan parabolic pada setiap susunan konfigurasi arah horizontal dimana pada susunan baut 7x1 adalah  $Y=12,105x^2-108,22x+303,32$ , susunan baut 7x2 adalah  $Y=9,5821x^2-88,644x+255,39$ , susunan baut 7x3 adalah  $Y=9,4837x^2-85,319x+225,46$ , susunan baut 5x4  $Y=24,291x^2-164,76x+313,35$  dan susunan baut 5x5 adalah  $Y=23,882-162,23x+306,84$ .
4. Terdapat tegangan tarik dengan nilai yang cukup besar pada lubang tepi terluar vertical pelat pada setiap susunan konfigurasi.
5. Jumlah susunan baut bertambah maka tegangan akan terdistribusi lebih banyak yang menyebabkan turunnya tegangan tekan pada setiap bautnya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Autodesk. (2023). Autodesk. Diambil kembali dari company: [www.Autodesk.com/company](http://www.Autodesk.com/company)
- Dewobroto, W. (2015). *Struktur Baja–Perilaku, Analisis & Desain–AISC 2010*. Jurusan Teknik Sipil UPH, Tangerang.
- Freitas, S. T. (2005). Experimental research project on bolted connections in bearing for high strength steel. *Delft University of Technology*, 2.
- de Freitas, S. T., de Vries, P., & Bijlaard, F. S. (2005). Experimental research on single bolt connections for high strength steel S690. In V Congresso de construação metálica e mista, Lisboa, Portugal (pp. II-679). cmm-associacao Portuguesa de construação metálica e mista.
- Maulinda, N. S., & Wuryanto, Y. D. (2018). *Konstruksi Baja Konvensional Pada Bangunan Industri*. Universitas Persada Indonesia.
- Može, P., & Beg, D. (2014). A complete study of bearing stress in single bolt connections. *Journal of Constructional Steel Research*, 95, 126-140.
- Ungermann, D., & Schneider, S. (2008). Experimental Research On Bolted Joints In High Strength Steel Members. *Connections In Steel Structures VI*, 31.

