

# EVALUASI DESAIN OVERHEAD CRANE DOUBLE GIRDER KAPASITAS 25 TON

**Yandi Septian Kenedi**

Magister Teknik Mesin, Fakultas Pasca Sarjana Universitas Pasundan (UNPAS) Bandung, Jl. Sumatera No.41, Babakan Ciamis, Kec. Sumur Bandung, Kota Bandung, Jawa Barat 40117.

Email: yandi.218070002@mail.unpas.ac.id

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan solusi dalam menghindari terjadinya retakan pada daerah kritis *girder overhead crane*. Penelitian dilakukan melalui perhitungan dan simulasi di daerah kritis dengan pada dua titik pembebanan ( $X_1$  dan  $X_2$ ). Hasil yang diperoleh dari penelitian adalah ditentukannya desain baru dengan memberikan penambahan pelat pengaku (*stiffener*) pada sambungan *girder*. Penambahan *stiffener* dapat meningkatkan kekuatan sambungan las dengan menambah luas penampang lasan, sehingga nilai tegangan geser pada lasan akibat pembebanan semakin kecil. Penambahan *stiffener* juga mempengaruhi nilai tegangan pada struktur. Tegangan normal pada  $X_1$  dari 49,41 N/mm<sup>2</sup> menjadi 44,14 N/mm<sup>2</sup>, pada  $X_2$  dari 213,66 N/mm<sup>2</sup> menjadi 189,89 N/mm<sup>2</sup>. Tegangan geser pada  $X_1$  dari 33,37 N/mm<sup>2</sup> menjadi 33,35 N/mm<sup>2</sup>, pada  $X_2$  dari 94,18 N/mm<sup>2</sup> menjadi 91,24 N/mm<sup>2</sup>. Tegangan utama 1 pada  $X_1$  dari 58,58 N/mm<sup>2</sup> menjadi 58,07 N/mm<sup>2</sup>, pada  $X_2$  dari 214,29 N/mm<sup>2</sup> menjadi 198,39 N/mm<sup>2</sup>. Tegangan utama 2 pada  $X_1$  dari 13,71 N/mm<sup>2</sup> menjadi 13,34 N/mm<sup>2</sup>, pada  $X_2$  dari 58,71 N/mm<sup>2</sup> menjadi 56,64 N/mm<sup>2</sup>. Tegangan utama 3 pada  $X_1$  dari 9,75 N/mm<sup>2</sup> menjadi 9,47 N/mm<sup>2</sup>, pada  $X_2$  dari 48,52 N/mm<sup>2</sup> menjadi 46,77 N/mm<sup>2</sup>. Tegangan von Mises pada  $X_1$  dari 93,79 N/mm<sup>2</sup> menjadi 93,86 N/mm<sup>2</sup>, pada  $X_2$  dari 279,18 N/mm<sup>2</sup> menjadi 281,41 N/mm<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil tersebut, performa *crane* yang tangguh dapat diperoleh dengan penambahan *stiffener*, meskipun hasilnya tidak signifikan. Penelitian lebih lanjut mengenai retakan pada sambungan girder dapat dilakukan melalui pengujian di laboratorium untuk menentukan penyebab retakan dari sisi material.

**Kata kunci :** *Girder, Overhead Crane, Analisa Tegangan, Stiffener.*

## Abstract

*This research aims to determine solutions to avoid cracks in critical areas in overhead crane girders. The research was conducted through calculations and simulations in critical area at two loading points ( $X_1$  and  $X_2$ ). The result obtained from the research is the determination of a new design by providing the addition of stiffener at the girder plate connection. The addition of stiffener plates can increase the strength of welded joints by increasing the cross-sectional area of the weld, so that the shear stress value in the weld due to loading is getting smaller. The addition of stiffener plates also affects the stress value in the structure. Normal stress at  $X_1$  from 49.41 N/mm<sup>2</sup> to 44.14 N/mm<sup>2</sup>, at  $X_2$  from 213.66 N/mm<sup>2</sup> to 189.89 N/mm<sup>2</sup>. Shear stress at  $X_1$  from 33.37 N/mm<sup>2</sup> to 33.35 N/mm<sup>2</sup>, at  $X_2$  from 94.18 N/mm<sup>2</sup> to 91.24 N/mm<sup>2</sup>. Principal Stress 1<sup>st</sup> at  $X_1$  from 58.58 N/mm<sup>2</sup> to 58.07 N/mm<sup>2</sup>, at  $X_2$  from 214.29 N/mm<sup>2</sup> to 198.39 N/mm<sup>2</sup>. Principal Stress 2<sup>nd</sup> at  $X_1$  from 13.71 N/mm<sup>2</sup> to 13.34 N/mm<sup>2</sup>, at  $X_2$  from 58.71 N/mm<sup>2</sup> to 56.64 N/mm<sup>2</sup>. Principal Stress 3<sup>rd</sup> at  $X_1$  from 9.75 N/mm<sup>2</sup> to 9.47 N/mm<sup>2</sup>, at  $X_2$  from 48.52 N/mm<sup>2</sup> to 46.77 N/mm<sup>2</sup>. Von Mises stress at  $X_1$  from 93.79 N/mm<sup>2</sup> to 93.86 N/mm<sup>2</sup>, at  $X_2$  from 279.18 N/mm<sup>2</sup> to 281.41 N/mm<sup>2</sup>. Base on these results, a tough crane performance can be obtained by adding stiffener, although the results do not have a significant impact. Further research on cracks at the joint girder can be carried out through laboratory testing to determine the causes of cracks from the material side.*

**Keywords:** *Girder, Overhead crane, Stress analysis, Stiffener.*

## **Ringkesan**

Panalungtikan ieu miboga tujuan pikeun nangtukeun solusi nyingkahkeun rengat diwewengkon kritis anu lumangsung dina girder overhead crane. Panalungtikan dipigawe kalayan ngalakukeun itungan jeung simulasi diwewengkon kritis dina dua titik beban ( $X_1$  jeung  $X_2$ ). Hasil tina panalungtikan nya éta dicindékeunna desain anyar pikeun girder kunambahkeun pelat stiffener diwewengkon kritis dina sambungan pelat girder. Ku nambahkeun pelat stiffener ieu tiasa ningkatkeun kakuatan sambungan las ku cara ningkatkeun area cross-sectional las. Ku kituna, nilai tegangan geser dina lasan alatan beban janten langkung alit. Panambahan pelat stiffener ogé mangaruhan ka nilai tegangan dina struktur. Tegangan normal dina  $X_1$  ti 49,41 N/mm<sup>2</sup> jadi 44,14 N/mm<sup>2</sup>, pada  $X_2$  ti 213,66 N/mm<sup>2</sup> jadi 189,89 N/mm<sup>2</sup>. Tegangan geser dina  $X_1$  ti 33,37 N/mm<sup>2</sup> jadi 33,35 N/mm<sup>2</sup>, dina  $X_2$  ti 94,18 N/mm<sup>2</sup> jadi 91,24 N/mm<sup>2</sup>. Tegangan Utama (Principal Stress) 1<sup>st</sup> dina  $X_1$  ti 58,58 N/mm<sup>2</sup> jadi 58,07 N/mm<sup>2</sup>, dina  $X_2$  ti 214,29 N/mm<sup>2</sup> jadi 198,39 N/mm<sup>2</sup>. Tegangan Utama (Principal Stress) 2<sup>nd</sup> dina  $X_1$  ti 13,71 N/mm<sup>2</sup> jadi 13,34 N/mm<sup>2</sup>, dina  $X_2$  ti 58,71 N/mm<sup>2</sup> jadi 56,64 N/mm<sup>2</sup>. Tegangan Utama (Principal Stress) 3<sup>rd</sup> dina  $X_1$  ti 9,75 N/mm<sup>2</sup> jadi 9,47 N/mm<sup>2</sup>, dina  $X_2$  ti 48,52 N/mm<sup>2</sup> jadi 46,77 N/mm<sup>2</sup>. Tegangan von Mises dina  $X_1$  ti 93,79 N/mm<sup>2</sup> jadi 93,86 N/mm<sup>2</sup>, dina  $X_2$  ti 279,18 N/mm<sup>2</sup> jadi 281,41 N/mm<sup>2</sup>. Dumasar kana hasil ieu, kinerja crane anu tangguh tiasa ditampi kalayan nambahkeun pelat stiffener sanajan hasilna teu mibeunkeun dampak anu signifikan. Panalungtikan salajengna ngeunaan rengat dina sambungan girder tiasa dipigawe ngaliwatan pangujian di laboratorium pikeun nangtukeun cukang lantaran rengat ti sisi bahan material.

**Kecap konci :** Girder, Overhead crane, Analisa Tegangan, Stiffener.

## **I. PENDAHULUAN**

Pada tahun 2020, ditemukan kegagalan retakan pada sambungan las *girder* di 6 unit *overhead cranes* kapasitas 25 ton dan 15 ton disalah satu perusahaan pemotongan pelat yang berakibat terganggunya kondisi operasional di lini produksi. Temuan ni dijadikan sebagai objek penelitian pada penelitian ini, dan akan dilakukan analisis perhitungan matematis area lasan pada sambungan *girder* untuk melihat kemampuan bidang lasan dalam menahan beban yang bekerja sehingga dapat menjawab pengaruh terbesar terhadap retakan pada lasan tersebut, apakah di pengaruhi oleh desain struktur *girder* secara keseluruhan atau desain lasan pada sambungan dan itu adanya faktor lain seperti adanya inisiasi retak (*crack initiation*) seperti adanya *residual stress* atau tegangan sisa pada area lasan yang terjadi pada saat proses fabrikasi.

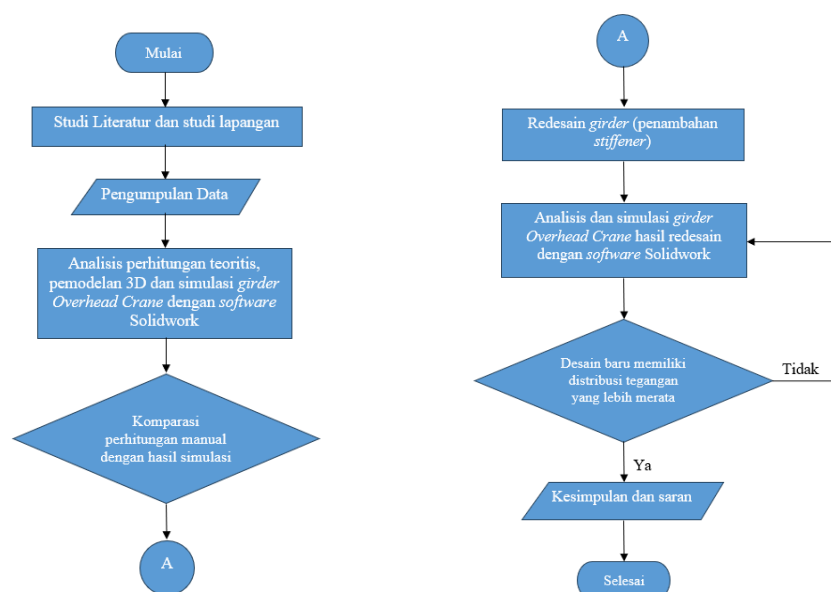
Penelitian mengenai *crane* telah banyak dilakukan sebelumnya, disebutkan bahwa kualitas *crane* dipengaruhi oleh optimisasi desain pada *girder* (Tian et al., 2012). Selanjutnya pengaruh pengaku tambahan mejadi pertimbangan dalam mengendalikan beban tekuknya, hasilnya orientasi pengaku tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai yang dihasilkan, defleksi minimum dapat dicapai dengan membagi pengaku horisontal secara merata di sepanjang tinggi *girder*, penggunaan pengaku baik horisontal maupun vertikal sangat disarankan untuk

mengontrol beban tekuk longitudinal dan lateral dan dapat meningkatkan kekuatan *girder* (Abid et al., 2015). Penelitian lain menyebutkan bahwa tegangan setelah redesain sudah aman menurut *Soderberg failure line* tetapi belum aman dengan angka keamanan pada *girder* (Sunainah & Sutantra, 2018). Lebih jauh terkait dengan keretakan pada *girder* dikemukakan bahwa penyebab keretakan adalah kondisi tingkat keausan yang tinggi pada *girder*, serta pengoperasian yang melampaui dasar desain berkontribusi terhadap akumulasi kerusakan (Moskvichev & Chaban, 2019).

Berdasarkan hal diatas, maka perlu dilakukan analisis kekuatan (*stress analysis*) untuk mendapatkan performa *overhead crane* yang tangguh serta memiliki distribusi tegangan yang merata. Sehingga dapat menentukan solusi agar peristiwa serupa tidak terulang.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan studi literatur mengenai *girder overhead crane*, pengumpulan data dan pemodelan *girder overhead crane* pada *crane* yang mengalami kegagalan retak dengan menggunakan software. Langkah berikutnya melakukan simulasi menggunakan *software*, menganalisis hasil simulasi, dan melakukan uji komparasi antara hasil simulasi dengan hasil perhitungan secara manual, menentukan rancangan desain penguat untuk daerah kritis pada *overhead crane*. Langkah terakhir yaitu menarik kesimpulan serta saran.



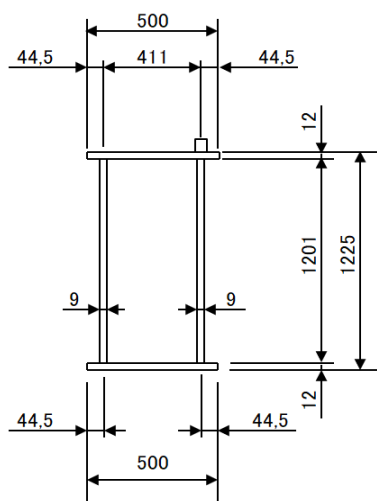
Gambar II-1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

### A. Data Spesifikasi *Overhead Crane*

Spesifikasi umum *overhead crane* yang menjadi objek penelitian ditunjukkan pada tabel (2.1), dan penampang melintang dari struktur *girder* yang menjadi objek penelitian ditunjukkan pada gambar (2.2).

OHC General Specification	
Capacity	25 T
Span	25650 mm
Hoist Type	ZKKE EZDH 1063 H16 F10
Hoist Wheel Base	1252 mm
Lifting Speed	6 m/min
Weight of Hoist	2096 kg
Hoist Rail Gauge	2800 mm
Wheel Load/wheel	6838 kg (67053 N)

Tabel Error! No text of specified style in document.-1 Spesifikasi Teknis Overhead Crane



Gambar II-2 Penampang Melintang Girder

### B. Pemodelan 3D *Girder*

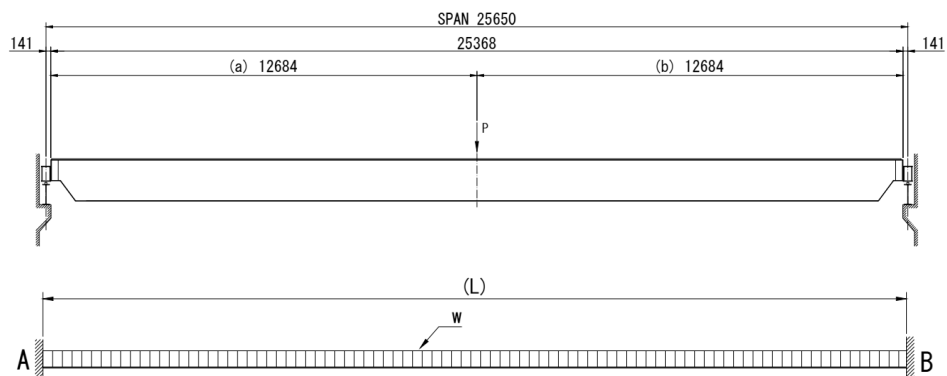
Pemodelan didalam tesis ini adalah model 3D *girder overhead crane* berdasarkan data dimensi dan geometri hasil studi lapangan. Dimensi dan bentuk pemodelan akan ditunjukkan pada bab selanjutnya. Elemen yang digunakan untuk simulasi ini adalah *plate element*.

### C. Input Gaya Yang Bekerja Pada *Girder*

Sesuai dengan penjelasan pada bab sebelumnya, untuk gaya-gaya yang bekerja pada *girder* adalah berupa gaya berat *girder*, gaya berat hoist dan *safe weight load (SWL)*. Data berat *girder* dan SWL dapat dihitung dengan merujuk pada spesifikasi teknis pada gambar (2.1) dan dimensi penampang *girder* pada gambar (2.2), sehingga dapat diperoleh berat *girder* secara keseluruhan.

### D. Tumpuan Pada *Girder*

Untuk *overhead crane* jenis tumpuan yang digunakan adalah tumpuan jepit, dimana pada jenis tumpuan ini dapat memberikan reaksi pada gaya horisontal, gaya vertikal dan reaksi gaya putaran momen. *Girder* pada *crane* mempunyai massa yang akan menjadi gaya berat dengan dikalikan dengan percepatan gravitasi. Gaya berat pada *girder* diasumsikan sebagai beban merata seperti ditunjukkan pada gambar.



Gambar II-3 Tumpuan dan Distribusi Beban Merata pada *Girder*

Menurut (American Forest and Paper Association, 2007) untuk mendapatkan nilai momen pada titik A dan B digunakan persamaan :

$$M_{max} = \frac{w l^2}{12} ; M_{AB} = M_{BA} \quad (2.1)$$

Perhitungan momen jepit pada tumpuan A dan B diperoleh dengan persamaan:

- Jarak (a) sama dengan jarak (b).

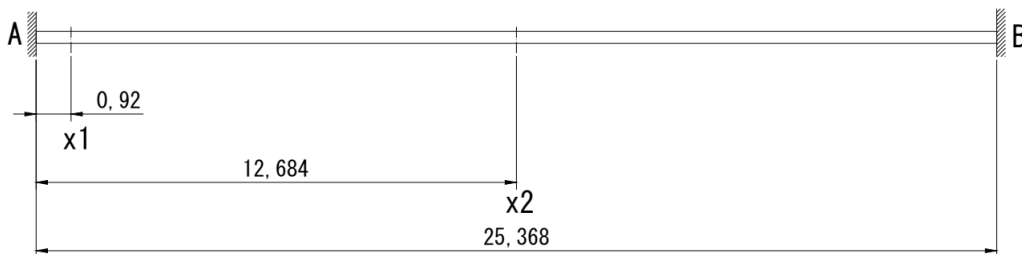
$$M_{max} = \frac{P l}{8} ; M_A = M_B \quad (2.2)$$

- Jarak (a) tidak sama dengan jarak (b).

$$M_A = \frac{P a^2 b}{L^2} ; \text{ (jika } a > b \text{)} \quad (2.3)$$

$$M_B = \frac{P a b^2}{L^2} ; \text{ (jika } a < b \text{)} \quad (2.4)$$

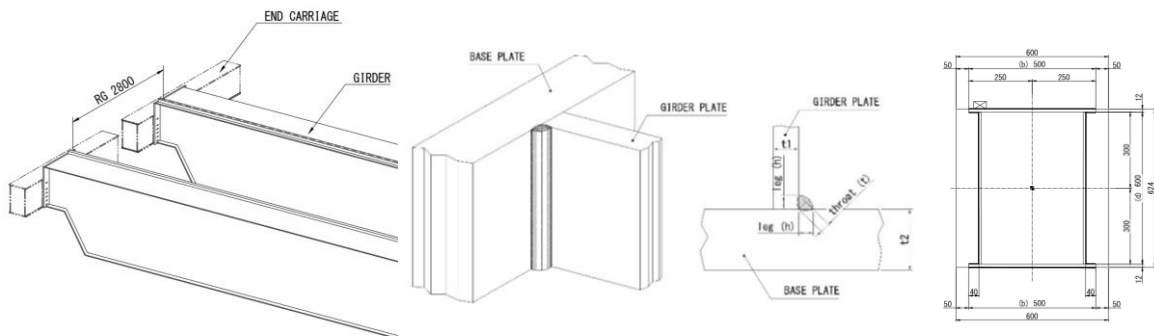
Gaya-gaya ini diletakan pada dua titik, pertama pada jarak  $X_1 = 0,920$  m (*minimum hook approach*) dan  $X_2 = 12,684$  m (*center girder*).



*Gambar II-4 Jarak Posisi X Terhadap Panjang Girder*

### E. Perhitungan Sambungan Las pada Penampang Girder

*Girder overhead crane* merupakan struktur utama yang ditopang oleh *end carriage* di kedua ujungnya. Bagian ujung dari *girder* merupakan pelat yang akan dilekatkan kepada *end carriage* dengan metode baut. Sedangkan pada bagian pelat penutup ujung *girder* dilakukan proses penyambungan dengan pengelasan.



*Gambar II-5 Tumpuan dan Distribusi Beban Merata pada Girder*

Tegangan lasan yang dihitung merupakan tegangan lasan fillet pada lokasi sambungan antara pelat tutup *girder* (*base plate*) dengan pelat *girder* (*web plate girder*), penampang dari lasan seperti ditunjukkan pada gambar (2.5), sedangkan gaya-gaya yang bekerja

akan diletakan pada dua titik, pertama pada jarak  $X_1 = 0,920$  m (*minimum hook approach*) dan  $X_2 = 12,684$  m (*maximum hook approach (center girder)*) seperti ditunjukkan pada gambar (2.4).

Propertis penampang lasan *girder* berdasarkan gambar (2.5):

Gaya yang bekerja, P	=	134100 N
Panjang las vertikal, d	=	600 mm
Panjang las horizontal, b	=	500 mm
$\bar{x}$ , (b/2)	=	250 mm
$\bar{y}$ , (d/2)	=	300 mm
Legs, h	=	7 mm
Throat, t	=	$0,707 \cdot 7 = 4,95$ mm
Throat area, A	=	$1,414 h (b + d)$ $= 1,414 \cdot 7 \cdot (500 + 600) = 10887,8$ mm <sup>2</sup>
Tegangan geser ijin pada beban statis (AWS D.1.1), $\tau_a$	=	94 N/mm <sup>2</sup>

- Kekuatan sambungan las pada jarak  $X_1$

a. Tegangan geser pada lasan (Bhandari, 2016)

$$\tau' = \frac{P}{A} \quad \text{Dimana: } P = \text{Gaya yang bekerja (N)}$$

$$A = \text{Penampang melintang lasan (throat area)}$$

Maka,

$$\tau' = \frac{134100}{10887,8} \quad \tau' = 12,3 \text{ N/mm}^2$$

b. Tegangan geser pada lasan akibat momen lentur

- Momen pada jarak  $X_1$

$$M = \left( \frac{2Px_1^2(L-x_1)^2}{L^3} \right) \quad M = \left( \frac{2 \cdot 134100 \cdot 0,920^2 \cdot 24,448^2}{25368^3} \right) \quad M = 8311174,8 \text{ Nmm}$$

- *Second moment of area* pada lasan

$$I_u = 0,707 \cdot h \cdot \left( \frac{d^2}{6} \right) \cdot (3b + d) ; I_u = 0,707 \cdot 7 \cdot \left( \frac{600^2}{6} \right) \cdot ((3 \cdot 500) + 600)$$

$$I_u = 623574000 \text{ mm}^4$$

- Tegangan geser pada lasan akibat momen lentur

$$\tau'' = \frac{M \cdot \bar{y}}{I_u} \quad \text{Dimana: } M = \text{momen (Nmm)}$$

$$\bar{y} = \text{jarak dari centeroid lasan}$$

$$I_u = \text{second moment of area}$$

$$\text{Maka, } \tau'' = \frac{8311174,8 \cdot 300}{623574000} \quad \tau'' = 3,99 \text{ N/mm}^2$$

c. Tegangan geser maksimum pada seluruh lasan (Bhandari, 2016)

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\tau''}{2}\right)^2 + (\tau')^2} \quad \tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{3,99}{2}\right)^2 + (12,3)^2}$$

$$\tau_{max} = 12,5 \text{ N/mm}^2$$

- Kekuatan sambungan las pada jarak  $X_2$

a. Tegangan geser utama pada lasan (Bhandari, 2016)

$$\tau' = \frac{P}{A} \quad \text{Dimana: } P = \text{Gaya yang bekerja (N)}$$

$$A = \text{Penampang melintang lasan (throat area)}$$

Maka,

$$\tau' = \frac{134100}{10887,8} \quad \tau' = 12,3 \text{ N/mm}^2$$

b. Tegangan geser pada lasan akibat momen lentur

- Momen pada jarak  $X_2$

$$M = \left(\frac{PL}{8}\right) \quad M = \left(\frac{134100 \cdot 25368}{8}\right) \quad M = 425231100 \text{ Nmm}$$

- *Second moment of area* pada lasan

$$I_u = 0,707 \cdot h \cdot \left(\frac{d^2}{6}\right) \cdot (3b + d) ; I_u = 0,707 \cdot 7 \cdot \left(\frac{600^2}{6}\right) \cdot ((3 \cdot 500) + 600)$$

$$I_u = 623574000 \text{ mm}^4$$

- Tegangan geser pada lasan akibat momen lentur

$$\tau'' = \frac{M \cdot \bar{y}}{I_u} \quad \text{Dimana: } M = \text{momen (Nmm)}$$

$$\bar{y} = \text{jarak dari centeroid lasan}$$

$$I_u = \text{second moment of area}$$

Maka:

$$\tau'' = \frac{M \cdot \bar{y}}{I_u} \quad \tau'' = \frac{425231100 \cdot 300}{623574000}$$

$$\tau'' = 204,6 \text{ N/mm}^2$$

c. Tegangan geser maksimum pada seluruh lasan (Bhandari, 2016)

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\tau''}{2}\right)^2 + (\tau')^2} \quad \tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{204,6}{2}\right)^2 + (12,3)^2}$$

$$\tau_{max} = 103 \text{ N/mm}^2$$



## F. Pemodelan 3D dan Simulasi dengan Software

- Spesifikasi material

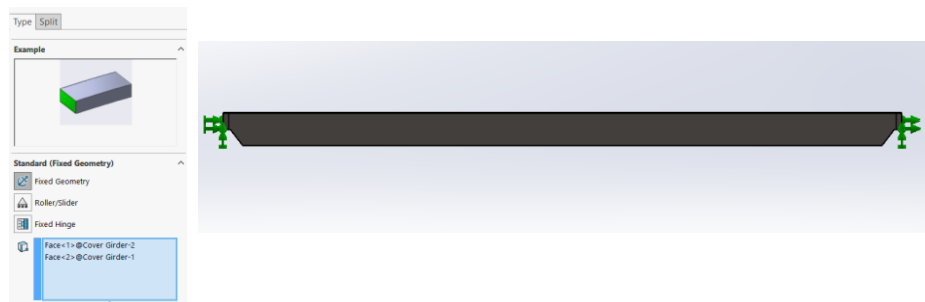
Material yang digunakan pada struktur *girder* ini adalah material JIS-SS400 atau equivalen dengan material ASTM-A36. Properti material yang digunakan pada pemodelan dengan Solidworks diperlihatkan pada tabel:

<i>Name:</i>	ASTM A36 Steel
<i>Model type:</i>	Linear Elastic Isotropic
<i>Default failure criterion:</i>	Max Von Mises Stress
<i>Yield strength:</i>	250 N/mm <sup>2</sup>
<i>Tensile strength:</i>	400 N/mm <sup>2</sup>
<i>Elastic modulus:</i>	200000 N/mm <sup>2</sup>
<i>Poisson's ratio:</i>	0.26
<i>Mass density:</i>	7850 kg/m <sup>3</sup>
<i>Shear modulus:</i>	79300 N/mm <sup>2</sup>

*Tabel II-2 Hasil Perhitungan Kekuatan Las*

- Kondisi Batas

Kondisi batas merupakan lokasi penempatan tumpuan. Tumpuan yang digunakan pada simulasi ini adalah tumpuan jepit



*Gambar II-6 Kondisi Batas pada Simulasi*

- Penempatan Gaya

Gaya ditempatkan pada dua titik, yaitu di titik  $X_1$  dan di titik  $X_2$  seperti ditunjukkan pada gambar 2.4. Besar gaya yang diberikan sesuai dengan data sebesar 134,1 kN.

- Meshing

Pada simulasi ini *meshing* yang digunakan adalah *meshing* dengan tipe *solid mesh* dengan ukuran elemen maksimum 100 mm dan minimum 20 mm. Detail mesh diperlihatkan pada tabel 4.8.

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used	Curvature -based mesh
Max. Element Size	100 mm
Min. Element Size	20 mm
Mesh Quality	High
Total Nodes	162021
Total Elements	75857

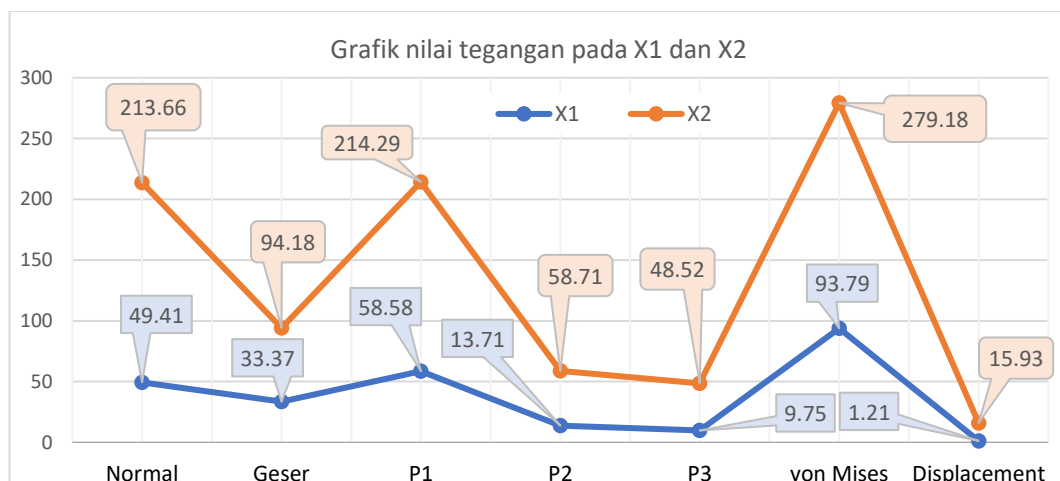
Tabel II-3 Detail Mesh

- Hasil simulasi

Hasil dari pemodelan diperlihatkan dalam tabel 2.4.

	Posisi X <sub>1</sub>	Posisi X <sub>2</sub>	Unit
Tegangan Normal	49,41	213,66	N/mm <sup>2</sup>
Tegangan Geser	33,37	94,18	N/mm <sup>2</sup>
Principal Stress (1 <sup>st</sup> )	58,58	214,29	N/mm <sup>2</sup>
Principal Stress (2 <sup>nd</sup> )	13,71	58,71	N/mm <sup>2</sup>
Principal Stress (3 <sup>rd</sup> )	9,75	48,52	N/mm <sup>2</sup>
Tegangan von Mises	93,79	279,18	N/mm <sup>2</sup>
Displacement	1,21	15,93	mm

Tabel II-4 Hasil Simulas Kondisi Awal



Gambar II-7 Grafik Nilai Tegangan Kondisi Awal

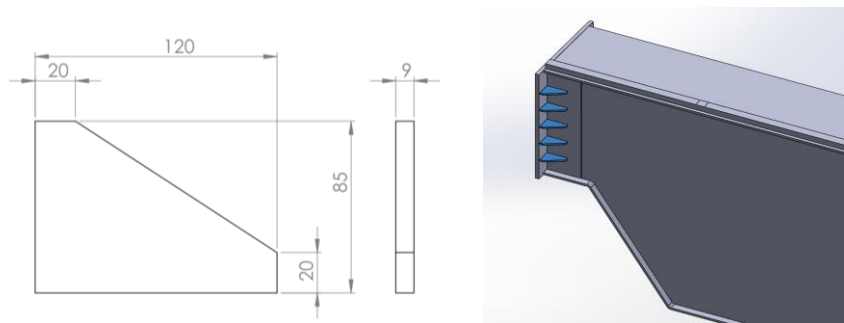
### III. HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS

Hasil perhitungan kekuatan las seperti ditunjukkan pada tabel 3.1 memperlihatkan bahwa area lasan tidak dapat menahan beban geser akibat momen lentur pada posisi X<sub>2</sub> (tegangan geser ijin pada beban statis (AWS D 1.1)).

Item	X <sub>1</sub> 0,920 m	X <sub>2</sub> 12,684 m	Tegangan ijin AWS D.1.1
Tegangan geser pada lasan, $\tau'$	12,3 N/mm <sup>2</sup>	12,3 N/mm <sup>2</sup>	< 94 N/mm <sup>2</sup>
Tegangan geser akibat momen lentur pada lasan, $\tau''$	3,99 N/mm <sup>2</sup>	204,6 N/mm <sup>2</sup>	< 94 N/mm <sup>2</sup>
Tegangan geser maksimum pada seluruh lasan, $\tau_{max}$	12,5 N/mm <sup>2</sup>	103 N/mm <sup>2</sup>	< 94 N/mm <sup>2</sup>

Tabel III-2 Hasil Perhitungan Kekuatan Las

Langkah berikutnya yaitu mendesain ulang area sambungan girder dengan menambahkan *stiffener* yang ditempatkan antara web girder dengan tutup girder seperti ditunjukkan pada gambar 3.1, kemudian dilakukan perhitungan ulang kekuatan las pada posisi X<sub>1</sub> dan X<sub>2</sub>.



Gambar III-1 Desain dan Posisi Stiffener

Hasil dari perhitungan ulang kekuatan las pada posisi X<sub>1</sub> dan X<sub>2</sub> setelah redesain diperlihatkan pada tabel 3.2.

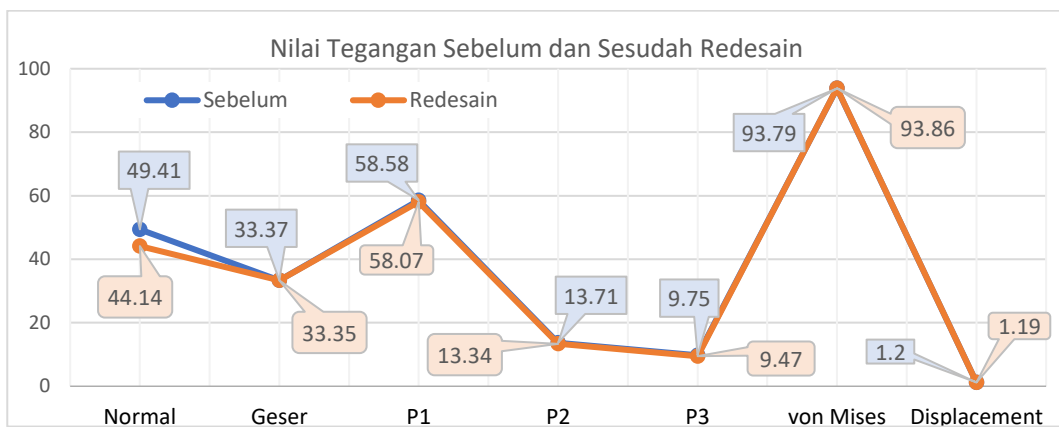
Item	X <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>2</sub>
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Tegangan geser pada lasan, $\tau'$	12,3 N/mm <sup>2</sup>	6,95 N/mm <sup>2</sup>	12,3 N/mm <sup>2</sup>	6,95 N/mm <sup>2</sup>
Tegangan geser akibat momen lentur pada lasan, $\tau''$	3,99 N/mm <sup>2</sup>	1,80 N/mm <sup>2</sup>	204,6 N/mm <sup>2</sup>	92,4 N/mm <sup>2</sup>
Tegangan geser maksimum pada seluruh lasan, $\tau_{max}$	12,5 N/mm <sup>2</sup>	7,0 N/mm <sup>2</sup>	103 N/mm <sup>2</sup>	46,72 N/mm <sup>2</sup>

Tabel III-2 Hasil Perhitungan Kekuatan Las

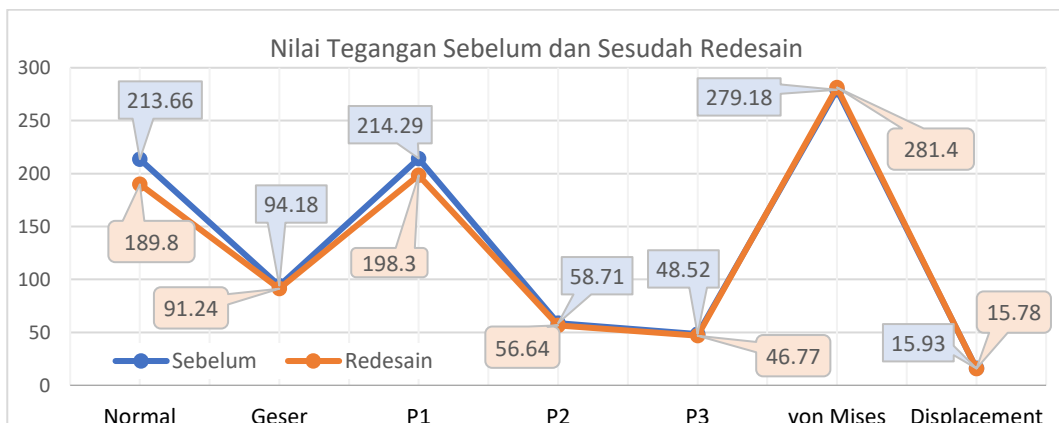
Dapat dilihat bahwa penambahan stiffener pada sambungan antara girder dan tutup girder dapat meningkatkan luas area penampang lasan sehingga tegangan geser pada area lasan dapat berkurang. Selanjutnya adalah melakukan re-simulasi girder setelah diberikan stiffener pada area sambungan web girder, hasilnya seperti ditunjukkan pada tabel 3.3.

	X <sub>1</sub> Sebelum	X <sub>1</sub> Sesudah	X <sub>2</sub> Sebelum	X <sub>2</sub> Sesudah	Unit
Tegangan Normal	49,41	44,14	213,66	189,89	N/mm <sup>2</sup>
Tegangan Geser	33,37	33,35	94,18	91,24	N/mm <sup>2</sup>
Principal Stress (1 <sup>st</sup> )	58,58	58,07	214,29	198,39	N/mm <sup>2</sup>
Principal Stress (2 <sup>nd</sup> )	13,71	13,34	58,71	56,64	N/mm <sup>2</sup>
Principal Stress (3 <sup>rd</sup> )	9,75	9,47	48,52	46,77	N/mm <sup>2</sup>
Tegangan von Mises	93,79	93,86	279,18	281,41	N/mm <sup>2</sup>
Displacement	1,21	1,19	15,93	15,78	mm

Tabel III-3 Tegangan pada Girder Sebelum dan Sesudah Redesain



Gambar III-2 Grafik Perbandingan pada Posisi X<sub>1</sub>



Gambar III-3 Grafik Perbandingan pada Posisi X<sub>2</sub>

Dari data simulasi setelah redesain pada grafik (gambar 3.2 dan gambar 3.3) terdapat penurunan nilai tegangan baik pada tegangan normal, geser, tegangan utama, maupun tegangan von Mises meskipun tidak signifikan.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa retak lasan pada sambungan girder disebabkan oleh ketidakmampuan lasan dalam menerima beban geser akibat momen lentur. Penambahan pelat pengaku (*stiffener*) pada area sambungan girder dapat menambah luas penampang lasan sehingga meningkatkan kemampuan lasan menerima beban geser akibat momen lentur. Penambahan *stiffener* juga dapat meningkatkan performa *crane* lebih tangguh meskipun hasilnya tidak memberikan dampak yang signifikan.

##### Saran

Penelitian ini masih terbatas pada analisis tegangan dan hanya dengan pengamatan secara visual tanpa pengujian di laboratorium, penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan melakukan pengujian di laboratorium mengenai retakan yang terjadi pada *girder*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abid, M., Akmal, M. H., & Wajid, H. A. (2015). Design Optimization of Box Type Girder of an Overhead Crane. *IJST, Transactions of Mechanical Engineering*, 39, 101–112.
- American Forest and Paper Association. (2007). American Forest and Paper Association Home. In *Beam Formulas with Shear and Moment Diagram* (2007th ed., p. 20). American Forest & Paper Association, Inc.
- Bhandari, V. B. (2016). *Design of Machine Elements* (3rd ed.). Tata McGraw Hill Education Private Limited.
- Moskvichev, V., & Chaban, E. A. (2019). Analysis of Propagation of Fatigue Cracks in Crane Girders. *Inorganic Materials*, 55(15), 1496–1502.  
<https://doi.org/10.1134/S0020168519150123>

Sunainah, A., & Sutantra, I. N. (2018). Analisis dan Redesign Kekuatan Struktur pada Girder Overhead Crane 6.3 Ton. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), 46–51.  
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i1.29586>

Tian, G. F., Zhang, S. Z., & Sun, S. H. (2012). The Optimization Design of Overhead Traveling Crane's Box Girder. *Advanced Materials Research*, 538–541, 2850–2855.  
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.538-541.2850>