

ANALISA KOMPUTASIONAL SIFAT MEKANIK DAN FAKTOR KESELAMATAN PADA *CONNECTING JOINT* ALAT PEMANAN KELAPA SAWIT

Agung Bosar P Manik^{1*}, Muhammad Sabri², Arif Fadillah Nasution³

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

Jalan Dr. T. Mansyur No. 9, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20222, Indonesia

*Email: agungmanik16@yahoo.com

ABSTRAK

Connecting joint berfungsi menyambungkan tiap batang pada alat pemanen kelapa sawit. *Connecting joint* dirancang memiliki dua jenis yaitu *connecting joint* otomatis dan *connecting joint* manual. *Connecting joint* dapat diatur kemiringannya. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pola dan nilai dari *stress*, *strain*, dan *safety factor* pada *connecting joint*. Prosedur Analisa dilakukan dengan cara simulasi pada *connecting joint* menggunakan aplikasi *Autodesk inventor*. Dari hasil simulasi yang dilakukan didapat kesimpulan semakin kemiringan *joint* mendekati 0°, Pola *stress* dari *joint* semakin meningkat, *stress* terbesar pada titik *connecting joint* manual sebesar 10,4 MPa dan pada *connecting joint* otomatis sebesar 6.6 MPa sedangkan tegangan izinya 110 MPa sehingga masih dalam keadaan aman, Semakin kemiringan *joint* mendekati 0°, pola *strain* dari *joint* juga akan semakin meningkat, *strain* terbesar pada titik *connecting joint* manual sebesar 0,00015 dan pada *connecting joint* otomatis sebesar 0,000093. Semakin kemiringan *joint* mendekati 0°, pola *safety factor* dari *joint* tetap berada pada nilai maksimum sehingga masih dalam keadaan aman.

Kata kunci: *Connecting joint*, *Stress*, *Strain*, *Safety factor*, *Autodesk inventor*

ABSTRACT

The *connecting connection* serves to connect each stem with the oil palm harvester. There are two types of connection connection, namely automatic connection connection and manual connection connection. The Connections are tiltable. The purpose of this study was to determine the patterns and values of *stress*, *strain*, and *safety factors* at the joint joints. The analysis procedure is performed by simulating the *connecting connection* using the *Autodesk inventor* application. From the simulation results it can be concluded that the slope of the connection is getting closer to 00, the voltage pattern of the connection increases, the largest stress on the manual connection is 10.4 MPa and the automatic connection is 6.6 MPa, while the permitting voltage is 110 MPa so that it is still in a safe condition, the more slope When the connection approaches 00, the strain pattern of the joint will also increase, the greatest strain at the manual connection point is 0.00015 and at the automatic connection point it is 0.000093. The more the slope of the connection approaches 00, the pattern of the connection security factor remains at its maximum value so that it is still in a safe state.

Keywords: *Connecting joint*, *Stress*, *Strain*, *Safety factor*, *Autodesk inventor*

PENDAHULUAN

Salah satu faktor yang paling banyak mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas kelapa sawit ini adalah faktor panen. Untuk memenuhi kebutuhan panen ini dibutuhkan sebuah peralatan sebagai sarana penunjang pekerjaan dalam hal pemanenan buah kelapa sawit, maka perlu adanya suatu alat bantu pemanenan untuk mempermudah pekerjaan yang dilakukan dan tentunya dengan mempertimbangkan masalah kesehatan dan keselamatan kerja serta ramah terhadap lingkungan. Sebelumnya memang sudah ada inovasi-inovasi mengenai peralatan pemanenan buah kelapa sawit ini tetapi masih banyak terdapat kelemahan-kelemahan. Oleh sebab itu peneliti merancang sebuah *connecting joint* pada alat pemanenan buah kelapa sawit untuk dapat mengatur kemiringan alat panen dengan mudah.

Pada pembuatan alat pemanen kelapa sawit ini, penulis menganalisa alat ini dengan sistem bongkar pasang. Dimana batang galah tersebut dibagi menjadi 3 batang. Batang yang pertama memiliki panjang 3 meter, batang yang ke 2 memiliki panjang 2 meter, batang yang ke 3 memiliki panjang 1 meter. Setiap batang tersebut dihubungkan oleh *connecting joint*. *Connecting joint* tersebut dibagi menjadi dua.

Pertama ialah *connecting joint* yang menghubungkan batang satu dan batang dua. *Connecting joint* yang pertama ini dapat diatur secara manual kemiringan nya dengan 3 lobang poros. Sedangkan *connecting joint* yang kedua ialah yang menghubungkan batang yang ke dua dengan batang yang ke tiga. *Connecting joint* ini digerakkan oleh motor listrik, dan dapat diatur kemiringan nya dengan menekan tombol yang ada di gagang alat tersebut.

TEORI DASAR

2.1 Motor Listrik

Mekanisme kerja motor listrik untuk seluruh jenis motor secara umum sama ^[1] Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya, jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran / loop, maka kedua sisi loop, yaitu pada sudut kanan dari medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan, pasangan gaya menghasilkan tenaga putar / torque untuk memutar kumparan, Motor-motor memiliki beberapa loop pada dinamanya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

2.2 Momen Gaya/ Torsi

Momen gaya gerak translasi dan gerak rotasi pada sebuah benda hanya dapat terjadi jika ada gaya memengaruhi benda. Apabila gaya yang bekerja berupa tarikan atau dorongan yang diberikan pada arah poros maka gaya tersebut hanya mengakibatkan pergeseran pada benda atau disebut translasi. Apabila garis gaya tidak melalui poros atau titik tengah dari pusat rotasi menyebabkan suatu benda berotasi dan dapat menghasilkan momen gaya/torsi. Torsi merupakan hasil kali gaya dengan jarak titik terhadap gaya. Torsi merupakan besaran vektor. Secara umum, untuk menghitung torsi dapat menggunakan persamaan berikut [2]:

$$\tau = \mathbf{F} \cdot \mathbf{r} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

τ = Torsi (Nm)

\mathbf{F} = Gaya (N)

\mathbf{r} = Jarak (m)

2.3 Tegangan (*Stress*)

Tegangan dalam suatu elemen mesin adalah besarnya gaya yang bekerja tiap satuan luas penampang. Pada umumnya tegangan adalah gaya dalam yang bekerja pada luasan yang kecil tak hingga pada sebuah potongan dan terdiri dari bermacam-macam besaran dan arah ^[3]. Tegangan dapat diketahui dengan melakukan pengujian, dan besarnya kekuatan sangat tergantung pada jenis material yang diuji.

2.3.1 Tegangan Normal

Tegangan normal adalah intensitas gaya yang bekerja normal (tegak lurus) terhadap irisan yang mengalami tegangan ^[4]. Bila gaya gaya luar yang bekerja pada suatu batang yang sejajar terhadap sumbu utamanya dan potongan batang penampang tersebut konstan, tegangan internal yang dihasilkan adalah sejajar pada sumbu-sumbu tersebut.

Kekuatan dari gaya tarik dapat diperoleh dengan melakukan percobaan uji tarik terhadap spesimen yang mempunyai luas penampang A dan panjang L , seperti Spesimen dijepit pada mesin uji, lalu diberikan gaya tarik berlawanan arah, hingga spesimen tersebut putus. Spesimen tersebut akan mengalami yang disebut pertambahan panjang (ΔL) dan pengecilan luas penampang pada bagian yang memiliki kekuatan yang lebih besar.

2.3.2 Tegangan Geser

Tegangan geser adalah tegangan yang bekerja sejajar dengan bidang pembebanan ^[4]. Tegangan geser terjadi jika suatu benda bekerja dengan dua gaya yang berlawanan arah, tegak lurus sumbu batang, tidak segaris gaya namun pada penampangnya tidak terjadi momen. Tegangan ini banyak terjadi pada konstruksi.

2.4 Regangan (*Strain*)

Perpanjangan per satuan luas disebut regangan (*strain*). Regangan adalah besaran yang tidak berdimensi, tetapi lebih baik kita memberinya memiliki dimensi meter per meter atau m/m ^[5]. Besaran regangan ϵ sangat kecil, kecuali untuk beberapa bahan seperti karet. Bila regangan tersebut diketahui,

maka deformasi total dari pembebanan aksial adalah ϵL . Hubungan ini berlaku untuk setiap panjang ukur sampai beberapa deformasi lokal mengambil bagian pada skala yang cukup besar.

Pada kebanyakan logam, deformasi elastis hanya terjadi sampai regangan 0.005. Jika bahan berdeformasi melewati batas elastis, tegangan tidak lagi proporsional terhadap regangan.

2.5 Faktor Keamanan (*Safety factor*)

Safety factor adalah faktor yang menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan teknik menerima beban dari luar, yaitu beban tekan maupun tarik. Gaya yang diperlukan agar terjadi tingkat optimal bahan di dalam menahan beban dari luar sampai akhirnya menjadi pecah disebut dengan beban *ultimate* (*ultimate load*). Dengan membagi beban *ultimate* ini dengan luas penampang, kita akan memperoleh kekuatan *ultimate* (*ultimate strength*) atau tegangan *ultimate* (*ultimate stress*) dari suatu bahan. Untuk desain bagian-bagian struktur tingkat tegangan disebut tegangan ijin (*allowable stress*) dibuat benar – benar lebih rendah dari pada *kekuatan ultimate* yang diperoleh dari pengujian “statis”. Hal ini penting untuk berbagai pertimbangan. Karena tegangan dikalikan luas sama dengan gaya, maka tegangan ijin dari *ultimate* dapat diubah dalam bentuk gaya atau beban yang diijinkan dan *ultimate* yang dapat ditahan. Tingkat ketidakpastian juga merupakan hal penting yang menentukan nilai faktor keamanan yang digunakan. Ada beberapa tingkat ketidakpastian yang harus dipertimbangkan untuk elemen yang mendapatkan beban statis yaitu tingkat ketidakpastian beban, tingkat ketidakpastian kekuatan material, tingkat ketidakpastian desain dan analisis, konsekuensi kegagalan keamanan manusia dan ekonomi. Selain itu faktor ekonomi atau biaya yang dibutuhkan juga merupakan pertimbangan utama dalam menentukan faktor keamanan. Angka numerik faktor keamanan yang disarankan sesuai dengan beberapa parameter dan tingkat ketidakpastian akan ditunjukkan pada Tabel 2.1.

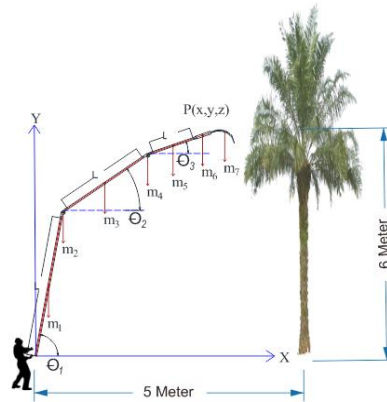
Tabel 2.1 Faktor Keamanan Yang Disarankan Dalam Perancangan ^[6]

No	Faktor Keamanan disarankan	Parameter dan tingkat ketidakpastian
1	Sf=1,25-1,5	Kondisi terkontrol dan tegangan yang bekerja dapat ditentukan dengan pasti.
2	Sf=1,5-2,0	Bahan yang sudah diketahui, kondisi lingkungan beban dan tegangan yang tetap dan dapat ditentukan dengan mudah.
3	Sf=2,0-2,5	Bahan yang beroperasi secara rata-rata dengan Batasan beban yang diketahui.
4	Sf=2,5-3,0	Bahan yang diketahui tanpa mengalami tes. Pada kondisi beban dan tegangan rata-rata.
5	Sf=3,0-4,5	Bahan yang sudah diketahui. Kondisi beban, tegangan dan lingkungan yang tidak pasti.
6	Beban berulang: angka angka yang disarankan diatas dapat digunakan tetapi dengan endurance limit sebagai significant strength.	
7	Beban impak: angka-angka yang disarankan di atas dapat digunakan tetapi factor impak harus dimasukkan.	
8	Materia getas: angka-angka yang disarankan di atas dikalikan dua untuk material getas, dimana faktor	

keamanan dihitung terhadap ultimate strength.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Besar Gaya Pada Simulasi *Connecting joint*



Gambar 3.1 Sketsa Alat Pemanen Kelapa Sawit

Tabel 3.1 Data Massa Dari Komponen *Connecting Joint*

NO.	NAMA KOMPONEN	HASIL PENGUKURAN
1	Pipa Galah Teleskopik (3 meter)	1500 gr
2	<i>Connecting joint</i> manual	1300 gr
3	Pipa Galah Teleskopik (2 meter)	950 gr
4	<i>Connecting joint</i> otomatis	2065 gr
5	Pipa Galah Teleskopik (1 meter)	425 gr
6	<i>Linear Actuator</i>	1800 gr
7	Pisau Egrek Sabit (Sickle)	700 gr



Gambar 3.2 Letak Gaya Pada Simulasi *Connecting joint* Otomatis

Seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1 terdapat 3 benda yang mempengaruhi torsi pada *joint* yaitu pisau dengan massa m^7 , linear actuator dengan massa m^6 dan batang 1 meter dengan massa m^5 . Nilai masing-masing m dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Dengan menggunakan persamaan (2.1) diperoleh total torsi yang diinput pada *joint* otomatis.

$$\tau = (r_5 \cdot F_5 \cos \theta) + (r_6 \cdot F_6 \cos \theta) + (r_7 \cdot F_7 \cos \theta)$$

$$\tau = (r_5 \cdot m_5 \cdot g \cos \theta) + (r_6 \cdot m_6 \cdot g \cos \theta) + (r_7 \cdot m_7 \cdot g \cos \theta)$$

$$\tau = (0,5 \cdot 0,425 \cdot 9,81 \cdot \cos \theta) + (1,17 \cdot 1,8 \cdot 9,81 \cdot \cos \theta) + (1,5 \cdot 0,7 \cdot 9,81 \cdot \cos \theta)$$

$$\tau = (2,08 \cdot \cos \theta) + (20,66 \cdot \cos \theta) + (10,30 \cdot \cos \theta)$$

$$\tau = \cos \theta ((2,08) + (20,66) + (10,30))$$

$$\tau = \cos\theta (33,04) \text{ Nm}$$



Gambar 3.3 Letak Gaya Pada Simulasi *Connecting joint Manual*

Pada *joint* manual terdapat 2 load yang diinput yaitu berat dari *joint* otomatis dan torsi. Seperti ditunjukkan Gambar 3.1 terdapat 4 benda yang mempengaruhi torsi pada *joint* yaitu pisau dengan massa m_7 , linear actuator dengan massa m_6 , batang 1meter dengan massa m_5 , dan berat dari *joint* otomatis dengan m_4 . Nilai masing-masing m dapat dilihat pada Tabel 3.1.

$$\begin{aligned} F_4 &= m_4 \cdot g \\ F_4 &= 2,0625 \cdot 9,81 \\ F_4 &= 20,23 \text{ N} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan (2.1) torsi yang diinput pada *joint* manual sama dengan torsi yang diinput pada *joint* otomatis yaitu:

$$\tau = (0,5 \cdot 0,425 \cdot 9,81 \cdot \cos\theta) + (1,17 \cdot 1,8 \cdot 9,81 \cdot \cos\theta) + (1,5 \cdot 0,7 \cdot 9,81 \cdot \cos\theta)$$

$$\tau = (2,08 \cdot \cos\theta) + (20,66 \cdot \cos\theta) + (10,30 \cdot \cos\theta)$$

$$\tau = \cos\theta ((2,08) + (20,66) + (10,30))$$

$$\tau = \cos\theta (33,04) \text{ Nm}$$

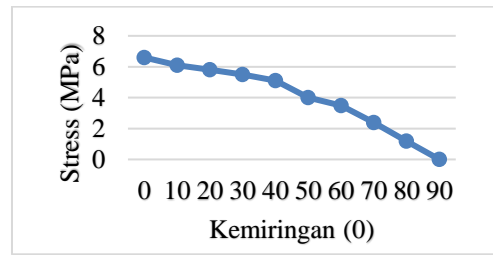
3.2 Hasil Pengujian dan Analisis

3.2.1 Stress

Stress yang diperhatikan pada *connecting joint* adalah 1st principal *stress* atau yang biasa disebut dengan tegangan tarik akibat adanya pembebanan.

Tabel 3.2 Stress Analisis Pada Titik *Connecting joint Otomatis*

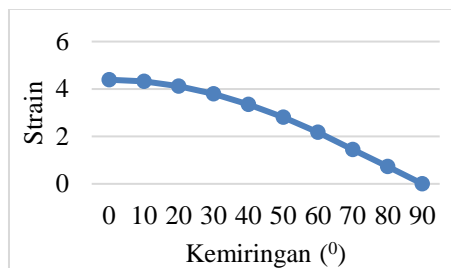
Kemiringan ($^{\circ}$)	Stress (Mpa)
0	6,60
10	6,10
20	5,80
30	5,50
40	5,10
50	4,01
60	3,49
70	2,38
80	1,18
90	0,001



Gambar 3.4 Grafik Stress Analisis Pada Bagian Atas *Connecting joint* Otomatis

Tabel 3.3 Stress Analisis Bagian Atas *Connecting joint* Manual Pada Sudut 90°

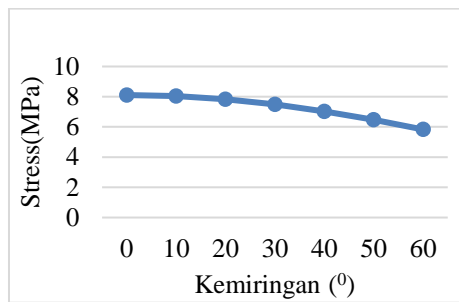
Kemiringan <i>Connecting joint</i> Otomatis (°)	Stress (Mpa)
0	4,39
10	4,32
20	4,12
30	3,80
40	3,35
50	2,81
60	2,18
70	1,44
80	7,36
90	1,20



Gambar 3.5 Grafik Stress Analisis Bagian Atas *Connecting joint* Manual Pada Sudut 90°

Tabel 3.4 Stress Analisis Pada Bagian Atas *Connecting joint* Manual Kemiringan 60°

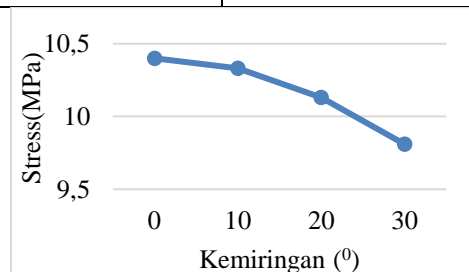
Kemiringan <i>Connecting joint</i> Otomatis (°)	Stress (Mpa)
0	8,11
10	8,04
20	7,82
30	7,49
40	7,03
50	6,48
60	5,83



Gambar 3.6 Grafik Stress Analisis Bagian Atas Connecting joint Manual Kemiringan 60°

Tabel 3.5 Stress Analisis Pada Bagian Atas Connecting joint Manual Dengan Kemiringan 30°

Kemiringan Connecting joint Otomatis (°)	Stress (Mpa)
0	10,40
10	10,33
20	10,13
30	9,81



Gambar 3.7 Grafik Stress Analisis Pada Bagian Atas Connecting joint Manual Dengan Kemiringan 30°

Hasil dari simulasi *stress* dapat ditentukan *stress* terbesar dan terkecil pada bagian atas *connecting joint* manual dan bagian atas *connecting joint* otomatis.

1. *Stress* Tertinggi
 - a. Bagian atas *Connecting joint* otomatis
Stress Tertinggi berada pada kemiringan 0° yaitu 6,6 MPa.
 - b. Bagian Atas *Connecting joint* Manual
Stress tertinggi berada saat *joint* manual berada pada lubang ke 3 yaitu kemiringan 30° dan pada saat bersamaan *connecting joint* otomatis memiliki kemiringan 0° yaitu 10,4 MPa.
2. *Stress* Terendah
 - a. Bagian atas *Connecting joint* otomatis
Stress Terendah berada pada kemiringan 90° yaitu 0,001 MPa
 - b. Bagian Atas *Connecting joint* Manual
Stress tertinggi berada saat *joint* manual berada pada lubang ke 1 yaitu kemiringan 90° dan pada saat bersamaan *connecting joint* otomatis memiliki kemiringan 90° yaitu 0,0012 MPa.

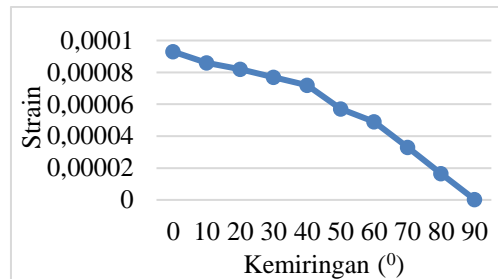
3.2.2 Strain Analisis

Strain yang diperhatikan pada *connecting joint* adalah 1st *principal strain* atau yang biasa disebut dengan regangan Tarik akibat adanya pembebanan.

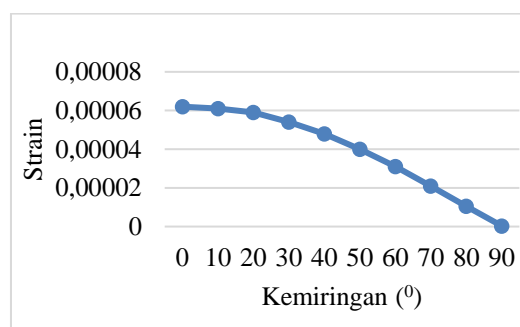
Tabel 3.6 Strain Analisis Pada Bagian Atas Connecting joint Otomatis

Kemiringan (°)	strain
0	0,000093
10	0,000086
20	0,000082
30	0,000077

40	0,000072
50	0,000057
60	0,000049
70	0,000033
80	0,00001658
90	0,0000002903

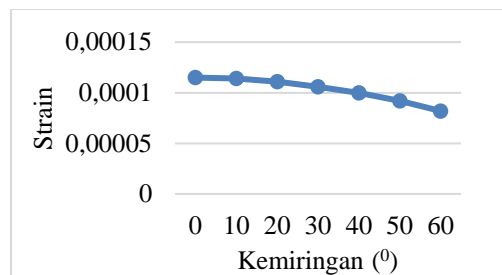
Gambar 3.8 Grafik *Strain* Analisis Pada Bagian Atas *Connecting joint* OtomatisTabel 3.7 *Strain* Analisis Bagian Atas *Connecting joint* Manual Pada Sudut 90°

Kemiringan <i>Connecting joint</i> Otomatis (°)	<i>Strain</i>
0	0,000062
10	0,000061
20	0,000059
30	0,000054
40	0,000048
50	0,00004
60	0,000031
70	0,000021
80	0,00001047
90	0,0000003561

Gambar 3.9 Grafik *Strain* Analisis Bagian Atas *Connecting joint* Manual Pada Sudut 90°Tabel 3.8 *Strain* Analisis Pada Bagian Atas *Connecting joint* Manual Kemiringan 60°

Kemiringan <i>Connecting joint</i> Otomatis (°)	<i>Strain</i>
0	0,000115
10	0,000114
20	0,000111
30	0,000106

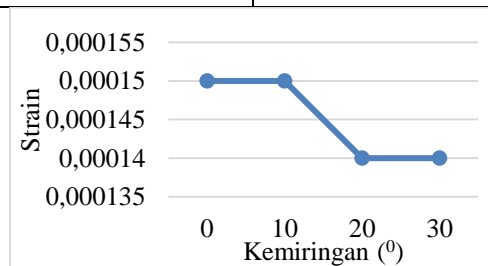
40	0,0001
50	0,000092
60	0,000082



Gambar 3.10 Grafik Strain Analisis Pada Bagian Atas Connecting joint Manual Kemiringan 60°

Tabel 3.9 Strain Analisis Pada Bagian Atas Connecting joint Manual Dengan Kemiringan 30°

Kemiringan Connecting joint Otomatis (°)	Strain
0	0,00015
10	0,00015
20	0,00014
30	0,00014



Gambar 3.11 Grafik Strain Analisis Pada Bagian Atas Connecting joint Manual Dengan Kemiringan 30°

Dari hasil simulasi dapat ditentukan *strain* terbesar dan terkecil pada bagian atas *connecting joint* manual, bagian atas *connecting joint* otomatis sebagai berikut:

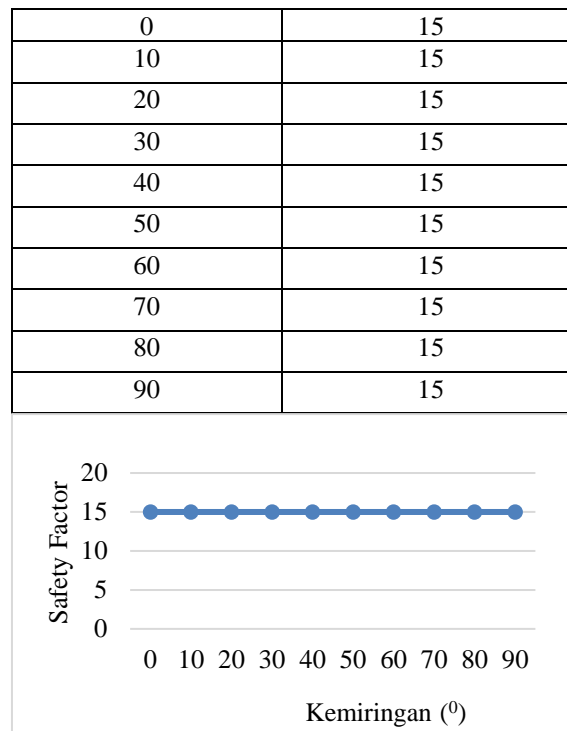
1. *Strain* Tertinggi
 - a. Bagian atas *Connecting joint* otomatis *Strain* Tertinggi berada pada kemiringan 0° yaitu 0,000093.
 - b. Bagian Atas *Connecting joint* Manual
Strain tertinggi berada saat *joint* manual berada pada lubang ke 3 yaitu kemiringan 30° dan pada saat bersamaan *connecting joint* otomatis memiliki kemiringan 0° yaitu 0,00015.
2. *Stress* Terendah
 - a. Bagian atas *Connecting joint* otomatis
Strain Terendah berada pada kemiringan 90° yaitu 0,0000002903.
 - b. Bagian Atas *Connecting joint* Manual
Strain tertinggi berada saat *joint* manual berada pada lubang ke 1 yaitu kemiringan 90° dan pada saat bersamaan *connecting joint* otomatis memiliki kemiringan 90° yaitu 0,0000003561.

3.2.3 Safety factor

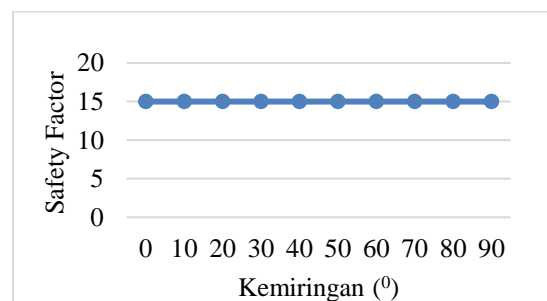
Dengan mendapatkan nilai *safety factor* dari titik yang telah ditentukan sebelumnya kita dapat mengetahui tingkat keamanan dari benda tersebut. *Safety factor* dinilai dari 0-15 dengan 0 nilai terendah dan 15 nilai tertinggi.

Tabel 3.10 Safety factor Pada Bagian Atas Connecting joint Otomatis

Kemiringan (°)	Safety factor
----------------	---------------

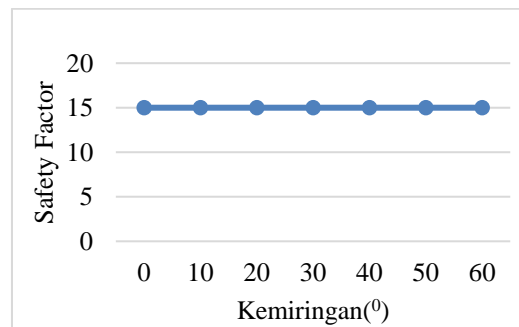
Gambar 3.12 Grafik *Safety factor* Pada Bagian Atas *Connecting joint* OtomatisTabel 3.11 *Safety factor* Bagian Atas *Connecting joint* Manual Pada Sudut 90°

Kemiringan <i>Connecting joint</i> Otomatis (°)	<i>Safety factor</i>
0	15
10	15
20	15
30	15
40	15
50	15
60	15
70	15
80	15
90	15

Gambar 3.13 Grafik *Safety factor* Bagian Atas *Connecting joint* Manual Pada Sudut 90°Tabel 3.12 *Safety factor* Pada Bagian Atas *Connecting joint* Manual Dengan Kemiringan 60°

Kemiringan <i>Connecting joint</i>	<i>Safety factor</i>
------------------------------------	----------------------

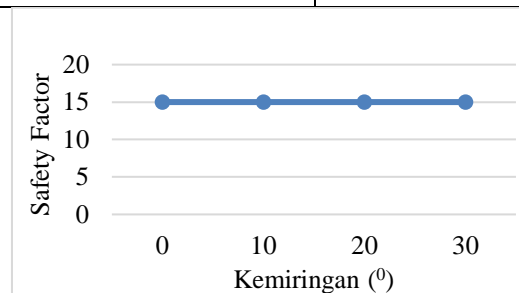
Otomatis ($^{\circ}$)	
0	15
10	15
20	15
30	15
40	15
50	15
60	15



Gambar 3.14 Grafik *Safety factor* Pada Bagian Atas *Connecting joint* Manual Dengan Kemiringan 60°

Tabel 3.13 *Safety factor* Pada Bagian Atas *Connecting joint* Manual Dengan Kemiringan 60°

Kemiringan <i>Connecting joint</i> Otomatis ($^{\circ}$)	<i>Safety factor</i>
0	15
10	15
20	15
30	15



Gambar 3.15 Grafik *Safety factor* Pada Bagian Atas *Connecting joint* Manual Dengan Kemiringan 30°

Dari hasil simulasi dapat kita tentukan *safety factor* pada titik *connecting joint* manual dan titik *connecting joint* otomatis selalu berada pada titik maksimum.

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan analisa pada *connecting joint* pada alat pemanen kelapa sawit, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin kemiringan *joint* mendekati 0° , Pola *stress* dari *joint* semakin meningkat, *stress* terbesar pada titik *connecting joint* manual sebesar 10,4 MPa dan pada *connecting joint* otomatis sebesar 6.6 MPa sedangkan tegangan izinnya 110 MPa sehingga masih dalam keadaan aman.

2. Semakin kemiringan *joint* mendekati 0^0 , pola *strain* dari *joint* juga akan semakin meningkat, *strain* terbesar pada titik *connecting joint* manual sebesar 0,00015 dan pada *connecting joint* otomatis sebesar 0,000093.
3. Semakin kemiringan *joint* mendekati 0^0 , pola *safety factor* dari *joint* tetap berada pada nilai maksimum sehingga masih dalam keadaan aman.

4.2 Saran

Dalam suatu penelitian pasti mengalami kendala dalam pengerjaannya, Adapun saran untuk penelitian yaitu:

1. Dalam menggambar usahakan ukuran sedetail mungkin dengan benda
2. Dalam melakukan simulasi usahakan agar load yang diinput dapat semaksimal mungkin agar hasil yang didapatkan lebih baik
3. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil simulasi dan eksperimental berbeda, diantaranya ialah cuaca, maupun proses mate. Hal tersebut perlu diperhatikan dalam dalam pengujian untuk mendapat hasil yang maksimal.

REFERENSI

- [1] C.R. Nave, *Department of Physics and Astronomy, Georgia State University. How does an electric motor work? In: Hyperphysics, Electricity and Magnetism.* 2005
- [2] Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika/Edisi Kelima Jilid 1.* Jakarta : Erlangga.
- [3] Jatmiko, S., Saptadi 2011. Analisa Kekuatan Deck Tongkang Muatan Tiang Pancang 750 DWT Dengan Software Berbasis Metode Elemen Hingga. Fakultas Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro. Semarang.
- [4] AK, Candra. 2016. Analisis Tegangan, Defleksi, Pemeriksaan Kebocoran Pada Flange Perbandingan Gaya Dan Momen Pada Nozzle Pipa Discharge Feed Water Takuma Boiler Milik PT. Suparma. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- [5] Popov, E.P. 1978. *Mechanics of Material*, 2nd edition, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs. New Jersey. USA Kubota, S. & Takigawa. 2001. *Diesel Engine Performance.* Prentice Hall, New Jersey.
- [6] Satria, Dhimas. 2014. *Dasar-Dasar Perancangan Mesin.* Terbita: Untirta Press.