

PENGARUH PERUBAHAN DIMENSI DAN JENIS MATERIAL TERHADAP UMUR WORM SCREW PRESS TYPE AP-17 PADA PTPN V SEI. GARO

Apri Setiawan¹, Syafri²

Laboratorium Teknologi Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

¹apri.setiawan35@yahoo.co.id, ²pri_00m022@yahoo.com,³

ABSTRACT

PTPN V Sei. Garo uses the recommended worm screw for about 1000 hours of work, but because of the often unexpected things sometimes the age of worm screw is always lower. To anticipate these problems then modified the material and dimensions are required. The purpose of this study is to determine the effect of material changes and dimensions on the age of worm screw. Then do a simulation using Autodesk Inventor to know the maximum and maximum deflection. After the calculation manually, based on data worm screw type AP-17 screw life worms obtained about 777 hours of work (± 1 month). The modifications were made for the addition of age: modified thick screw and pitch distance was obtained age of 1388 working hours and 920 hours of work, after the simulation using Autodesk Inventor was obtained maximum voltage 3.1 of Mpa and 6.3 Mpa with maximum deflection of 0.01 mm. However, by increasing the thickness and spacing of the screw pitch resulted in reduced screw press capacity, consequently impacting the capacity of the plant. There were many disadvantages from the modification of the dimensions, therefore the modification of material from AISI 1020 to AISI 1080 was obtained the screw worm life age of about 2190 hours of work, after simulation using Autodesk Inventor was obtained maximum voltage of 6.4 MPa with maximum deflection worth of 0.01 mm.

Key words: Screw Worm Age, Modified Dimension, Modified Material, Autodesk Inventor Simulation

1. Pendahuluan

Screw press adalah suatu alat di unit pengempaan pada pabrik kelapa sawit yang berfungsi untuk mengeluarkan minyak dari daging buah dengan cara pengepresan, sehingga memiliki peranan penting dalam industri minyak sawit. Kondisi setiap screw press sangat menentukan kualitas hasil pengepresan buah sawit. Setiap pabrik screw press biasanya memberikan rekomendasi masa pakai worm screw (*life time*), karena alat tersebut sangat rentan dengan keausan maupun patah. Pada pabrik kelapa sawit PTPN V Sei. Garo direkomendasikan sekitar 1000 jam kerja. Namun terkadang umur pemakaian worm screw selalu lebih rendah.

Menurut (Budiwanto dan Hermawan), melakukan analisis dengan menggunakan metode Elemen Hingga pada perangkat lunak MSC Nastran ver. 4.5. Dimana tampak bahwa pada bagian kritis, jumlah elemen lebih banyak dan rapat dibandingkan dengan jumlah elemen pada bagian yang dianggap tidak terlalu kritis.

Pada penelitian (Sitepuh. 2010), tekanan kempa yang semakin tinggi akan mengurangi umur pemakaian screw press, maka dapat disimpulkan bahwa umur pemakaian pada screw press berpengaruh terhadap tegangan kempa yang di alami terus menerus.

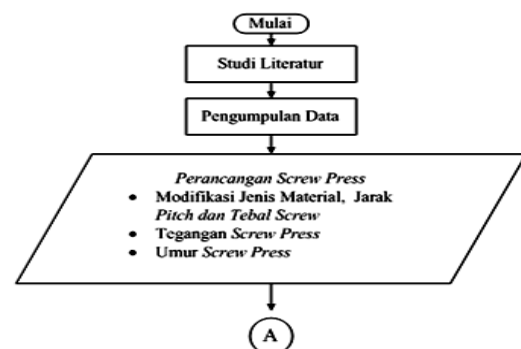
Untuk mengantisipasi permasalahan tersebut, pada penelitian ini dilakukan modifikasi dimensi dan penggantian material worm screw agar diperoleh

umur pakai yang lebih lama. Adapun modifikasi yang dilakukan antara lain yaitu menambah ketebalan screw, dan memperpendek jarak *pitch*. Hasil modifikasi dan dimensi dan pengantian material selanjutnya di simulasikan dengan Autodesk Inventor 2015 untuk melihat tegangan maksimum serta defleksi maksimum yang terjadi akibat pembebanan.

Penelitian ini akan difokuskan pada pengaruh perbedaan jenis material, jarak *pitch* dan tebal worm screw menggunakan Autodesk Inventor 2015.

2. Metodologi

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yang ditunjukkan dengan menggunakan diagram alir seperti pada Gambar 1.



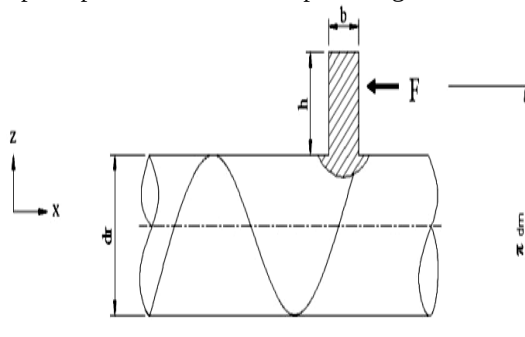
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



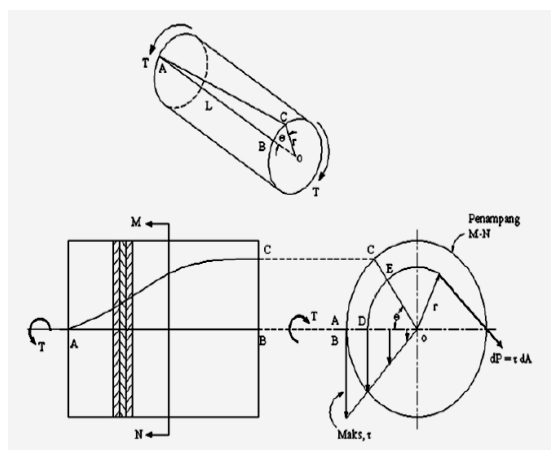
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

2.1 Tegangan pada Screw Press

Bentuk tegangan yang terjadi pada screw, yaitu tegangan lentur dan tegangan geser. Besarnya tegangan geser yang terjadi pada poros akibat torsi yang berkerja pada screw dari *worm screw press* dapat diperoleh berdasarkan perhitungan berikut:



Gambar 2. Geometri dari screw press (Sitepu. 2010)



Gambar 3. Deformasi pada Poros (Sinambela. 2010)

Pada Gambar 3 terlihat torsi yang berkerja pada ujung poros bulat padat, serat AB yang semula lurus akan memuntir menjadi heliks AC karena

poros punter sebesar θ . Sehingga deformasi total (δ) sama dengan DE. Panjang deformasi ini adalah busur lingkaran dengan jari-jari r dan berhadapan dengan sudut θ radial, (Sinambela. 2010).

$$\Delta_s = DE = r\theta \quad (1)$$

Regangan geser satuan

$$\gamma = \frac{\delta_s}{L} = \frac{r\theta}{L} \quad (2)$$

dengan persamaan tegangan geser dari hukum Hooke :

$$\tau = G\gamma = \left(\frac{G\theta}{L}\right) r \quad (3)$$

luas penampang diferensial M-N pada jarak radial r dari sudut sumbu poros menghasilkan beban tahanan diferensial $dP = \tau dA$.

Dengan kondisi keseimbangan statis.

$$\sum M = 0 \quad (4)$$

Dimana torsi yang bekerja sama dengan torsi tahanan dari poros (T_r).

$$T = T_r \int r dP = \int r (\tau dA) \quad (5)$$

Substitusi dari persamaan (5) sehingga

$$T = \frac{G\theta}{L} \int r^2 dA \Rightarrow \int r^2 dA = J \quad (6)$$

$$T = \frac{G\theta}{L} J \quad (7)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (3) ke persamaan (7) diperoleh.

$$\tau = \frac{Tr}{J} \Rightarrow J = \frac{\pi r^4}{2} \quad (8)$$

$$\tau = \frac{T \cdot r}{\frac{\pi r^4}{2}} = \frac{2T}{\pi \cdot d^3} \quad (9)$$

Diperoleh rumus tegangan maksimum terhadap poros padat, yaitu:

$$\tau_{maks} = \frac{2T}{\pi \cdot r^3} = \frac{16T}{\pi \cdot d^3} \quad (10)$$

Momen inersian polar (J) untuk poros berongga, yaitu:

$$J = \frac{\pi r}{2} (R^4 - r^4) \quad (11)$$

Sehingga rumus tegangan geser maksimum terhadap poros berongga, yaitu:

$$\tau_{maks} = \frac{16TD}{\pi (D^4 - d^4)} \quad (12)$$

tegangan geser nominal T dimana torsi bekerja pada dasar screw dapat dihitung dengan :

$$\tau_{nom} = \frac{16TD}{\pi (Dr^4 - dr^4)} \quad (13)$$

Tegangan aksial σ pada dasar screw akibat beban F ialah :

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi (Dr^2 - dr^2)} \quad (14)$$

Dimana luas penampang sebuah screw diperoleh (Ugural. 2003):

$$A = \pi d b n \quad (15)$$

Torsi (T) pada screw adalah:

$$T = \frac{Fdm}{2} \left(\frac{P + \mu dm}{\pi dm + \mu p} \right) \quad (16)$$

2.3 Umur Screw Press

Hubungan antara kekuatan specimen akibat beban dengan jumlah putaran sampai terjadi patah lelah sempurna. Adapun tegangan pada spesimen di suatu titik tertentu dengan *type* pembebanan

cantilever ditentukan dengan rumus berikut (Shigley, dkk. 1995).

$$S_c = \frac{McY_c}{Ic} \quad (17)$$

Dimna :

S_c = tegangan pada titik c dipermukaan spesimen

M_c = momen pada titik c akibat beban pada spesimen

Y_c = jarak maksimum dari titik pusat spesimen ke arah titik c pada permukaan spesimen

I_{zx} = momen inersia polar spesimen = $\frac{\pi}{64} d_c^4$

d_c = diameter pada titik c spesimen

Hubungan antara kekuatan spesimen akibat beban dengan jumlah putaran sampai terjadi patah lelah sempurna, (Shigley, dkk. 1995).

$$S_f = 10N^b \quad 10^3 \leq N \leq 10^6 \quad (18)$$

dimana :

S_f = Kekuatan lelah (MPa)

N = Jumlah siklus tegangan

$$b = -\frac{1}{3} \log \frac{0,8 S_{ut}}{S_e} \quad (19)$$

$$c = \log \frac{(0,8 S_{ut})^2}{S_e} \quad (20)$$

$$S_e = ka, kb, kd, ke, S_e' \quad (21)$$

Keterangan:

S_e' = batas ketahanan (endurancelimit) dari spesimen = 0,504 (S_{ut})

S_{ut} = kekuatan tarik maksimum (MPa)

ka = faktor permukaan

kb = faktor ukuran

kd = faktor suhu

ke = faktor modifikasi terhadap pemusatan tegangan

Sebaliknya bila diketahui S_f dan N yang dicari, maka persamaan (18) menghasilkan

$$N = 10^{-C/b} S_f^{1/b} \quad 10^3 \leq N \leq 10^6 \quad (22)$$

3. Hasil

3.1 Hasil Perhitungan

Setelah dilakukan perhitungan secara manual dan simulasi dengan *AutoDesk Inventor 2015* maka diperoleh hasil berupa umur pakai *worm screw*, tegangan dan defleksi maksimum yang terjadi pada *screw press*. Adapun hasil-hasil tersebut dapat dilihat pada Table 1 Dari perhitungan yang dilakukan secara manual diperoleh umur *worm screw* pada *screw press type AP-17* sekitar 777 jam (± 1 bulan). Hal masih di bawah angka rekomendasi pabrikan yang bernilai minimal sekitar 1000 jam (41 hari kerja). Kondisi sangat tidak menguntungkan, karena sangat berpotensi

menyebabkan mesin berhenti pada saat proses produksi minyak kelapa swait sedang berlangsung.

Tabel1. Hasil dari Perhitungan Umur dan Simulasi *Autodesk Inventor 2015*

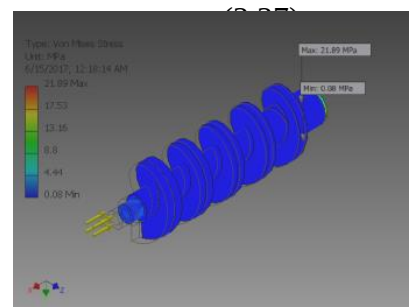
No	Worm Screw	Umur Perhitungan Matrial (jam)
1	Original	777,20
2	Tebal 50 mm	1388,94
3	Jarak <i>picth</i> 170 mm	920,85
4	AISI 1080	2190

3.2 Worm Screw Standar Menggunakan *Autodesk Inventor 2015*

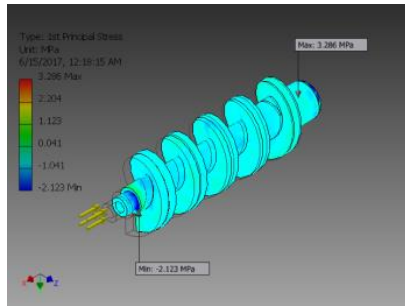
Pada tahapan pemilihan material *Worm screw* meliputi perhitungan pada tiap-tiap material untuk mengetahui material yang memiliki nilai *life time* yang sesuai dengan keinginan dan kebutuhan pabrik kelapa sawit PTPN V Sei.Garo. Ada pun matrial yang dipakai pada pabrik kelapa sawit yaitu baja AISI 1020.

Tabel 2. Analisa *Worm Screw* dengan Baja AISI1020 dan Ketebalan *screw* 40 mm Menggunakan *Autodesk Inventor 2015*

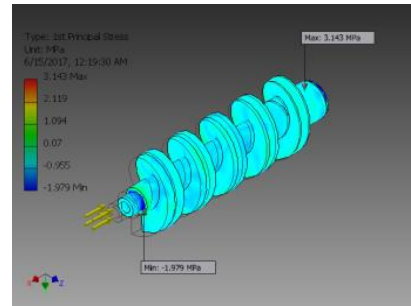
No	worm screw	Baja AISI 1020					
		Von mises stress (MPa)		Principal stress (MPa)		Displacement (mm)	
		max	min	max	min	max	min
1	Tebal 40	21,99	0,08	3,286	-2,123	0,01105	0



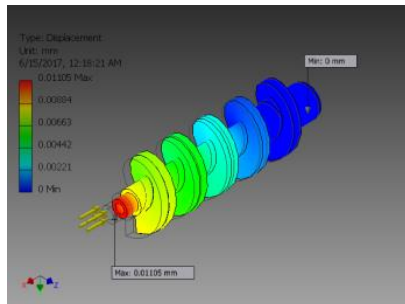
Gambar 4. Tegangan yang Terjadi pada Von Mises Stress



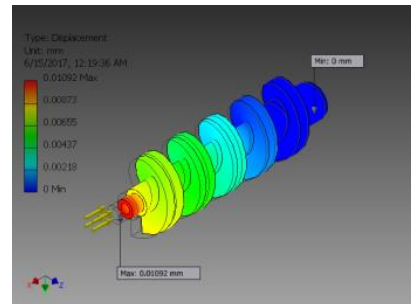
Gambar 5. Tegangan yang Terjadi pada *Principal Stress*



Gambar 8. Tegangan yang Terjadi pada *Principal Stress*



Gambar 6. Tegangan yang Terjadi pada *Displacement*

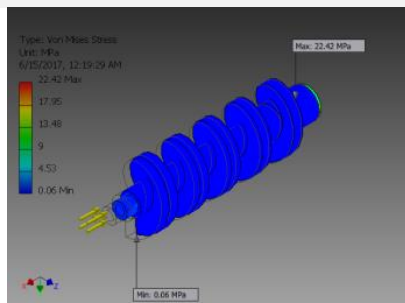


Gambar 9. Tegangan yang Terjadi pada *Displacement*

3.3 Dengan Modifikasi Ketebalan Worm Screw Dengan Ketebalan Awal 40 mm Dirubah Menjadi 50 mm

Tabel 3. Analisa Worm Screw Dengan Baja AISI 1020 Dan Ketebalan screw 50 mm Menggunakan Autodesk Inventor 2015

No	worm screw	Baja AISI 1020					
		Von mises stress (MPa)		Principal stress (MPa)		Displacement (mm)	
		max	min	max	min	max	min
2	Tebal 50	22,42	0,06	3,143	-1,979	0,01092	0

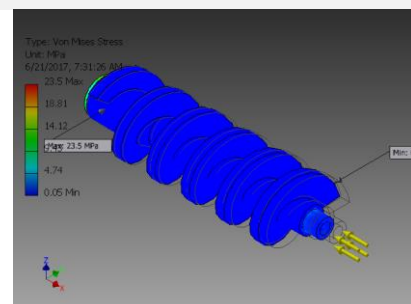


Gambar 7. Tegangan yang Terjadi pada *Von Mises Stress*

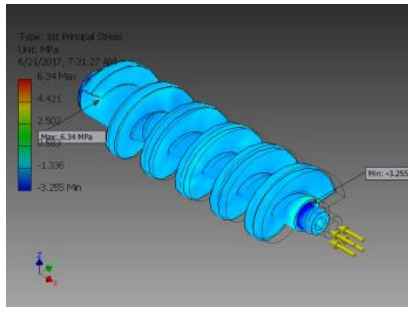
3.4 Dengan Modifikasi Ketebalan Worm Screw Dengan Jarak Picth Awal 185 mm Dirubah Menjadi 170 mm

Tabel 4. Analisa Worm Screw Dengan Baja AISI 1020 Dan Jarak Picth 170 mm Menggunakan Autodesk Inventor 2015

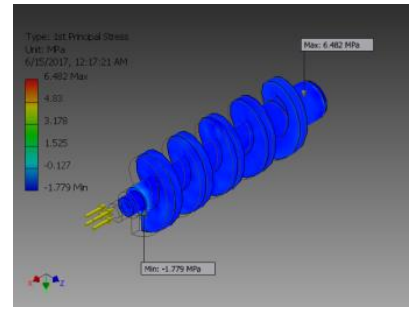
No	worm screw	Baja AISI 1020					
		Von mises stress (MPa)		Principal stress (MPa)		Displacement (mm)	
		max	min	max	min	max	min
3	Jarak picth 170, tebal 40	23,5	0,05	6,339	-3,182	0,01135	0



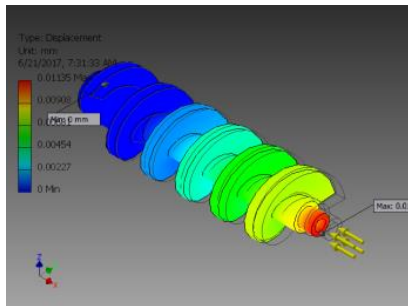
Gambar 10. Tegangan yang Terjadi pada *Von Mises Stress*



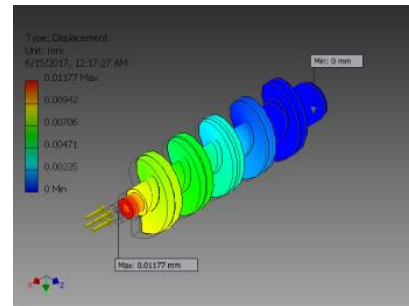
Gambar 11. Tegangan yang Terjadi pada *Principal Stress*



Gambar 14. Tegangan yang Terjadi pada *Principal Stress*



Gambar 12. Tegangan yang Terjadi pada *Displacement*



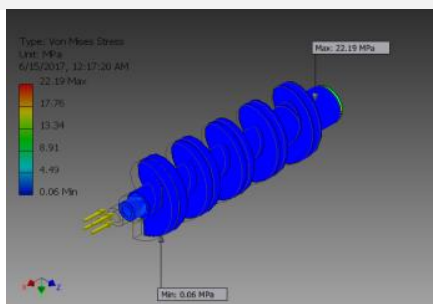
Gambar 15. Tegangan yang Terjadi pada *Displacement*

3.5 Analisa Worm Screw Dengan Modifikasi Material Dari AISI 1020 Menjadi AISI 1080

Pada tahapan pemilihan material *Worm screw* sesuai perhitungan pada baja AISI 1080 dengan ketebalan screw 40 mm.

Tabel 5. Analisa Worm Screw Baja AISI 1080 Dengan Ketebalan Screw 40 mm

No	worm screw	Baja AISI 1080					
		Von mises stress (MPa)		Principal stress (MPa)		Displacement (mm)	
		max	min	max	min	max	min
1	Standar, Tebal 40	22,19	0,06	6,482	-1,779	0,01177	0



Gambar 13. Tegangan yang Terjadi pada *Von Mises Stress*

4. Pembahasan

Dari hasil modifikasi dimensi dan pergantian material pada *worm screw*, umur pakai (*life time*) *worm screw* relatif menjadi lebih lama apabila dibandingkan dengan kondisi yang sebelumnya. Kondisi ini dapat menjadi salah satu alternatif untuk dapat memperpanjang masa pakai *worm screw* yang ada di PTPN V Sei. Garo yang relatif kurang dari 1000 jam. Adapun perincian modifikasi yang dilakukan untuk menambah umur pakai *worm screw* tersebut antara lain.

1. Modifikasi pertama pada *worm screw* yang dilakukan adalah dengan merubah dimensi tebal screw dari 40 mm menjadi 50 mm pada *worm screw press type AP-17*. Setelah dilakukan perhitungan secara manual maka diperoleh penambahan umur (*life time*) hampir dua kali lipat nya menjadi 1300 jam (± 2 bulan). Hal ini jelas sangat menguntungkan karena masa pakai *worm screw* menjadi bertambah lama.

Setelah dilakukan simulasi pembebanan dengan *AutoDesk Inventor 2015* diperoleh *von mises* maksimum sebesar 22,42 MPa, tegangan maksimum sebesar 3,143 MPa dengan defleksi maksimum senilai 0,0092 mm. Itu artinya *worm screw* masih dalam kondisi aman akibat adanya pembebanan.

Namun dengan menambah ketebalan screw mengakibatkan berat screw secara keseluruhan menjadi bertambah, akibatnya umur bering yang digunakan menjadi berkurang. Solusi terbaiknya adalah modifikasi ukuran screw diikuti dengan penggantian bearing yang sesuai sehingga umur mesin screw press bisa menjadi

lebih lama. Tapi tentu saja, mengganti bearing dengan kemampuan menahan beban radial yang lebih besar akan menambah biaya investasi yang cukup besar pula.

2. Modifikasi dimensi yang dilakukan selanjutnya adalah merubah dimensi jarak *pitch worm screw* dari 185 mm menjadi 170 mm, dengan ketebalan dan material sesuai dengan yang sudah ada pabrik kelapa sawit PTPN V Sei. Garo. Dilakukan perhitungan secara manual maka di peroleh umur (life time) berkisar 920 jam. Hal ini jelas sangat menguntungkan karena masa pakai *worm screw* menjadi bertambah lama.

Setelah dilakukan simulasi pembebanan dengan *AutoDesk Inventor 2015* diperoleh *von mises stress* maksimum sebesar 23,5 MPa, tegangan maksimum sebesar 6,339 Mpa dengan defleksi maksimum senilai 0,01135 mm. Itu artinya kondisi *worm screw* masih dalam kondisi aman akibat adanya pembebanan. Namun dengan menambah jarak *pitch screw* mengakibatkan kapasitas *screw press* berkurang, akibatnya berdampak pada kapasitas pabrik.

3. Dari beberapa perhitungan yang dilakukan peneliti mencoba mengganti material dengan baja AISI 1080. Dengan ketebalan dan jarak *pitch* sesuai dengan standar *screw press type AP-17*. Diperoleh penambahan umur (life time) sekitar 2190 jam (± 3 bulan). Hal ini di jelaskan sangat menguntungkan karna masa. pakai *worm screw* menjadi bertambah lama. Setelah dilakukan simulasi pembebanan dengan *AutoDesk Inventor 2015* diperoleh *von mises stress* sebesar 22,19 MPa, tegangan maksimum sebesar 6,482 MPa dengan defleksi maksimum senilai 0,01177 mm. Itu artinya bahwa umur *screw* bertambah menjadi 2019 jam. Namun dengan mengganti material mengakibatkan umur bertambah tanpa mengurangi kapasitas pabrik. Tapi tentu saja, mengganti material berdampak pada biaya pembelian investasi yang cukup besar pula.

5. Simpulan

Setelah melakukan perhitungan umur *worm screw* dan pembahasan di dapat kesimpulan antara lain.

1. Umur *worm screw* yang didapat setelah melakukan perhitungan dari dimensi standar, dengan baja AISI 1020 dengan kekuatan tarik 380 MPa didapat umur *worm screw* 777,20 jam (± 1 bulan).
2. Setelah dilakukan modifikasi dimensi tebal *screw* (b) dari 40 mm menjadi 50 mm didapat umur 1388,94 jam dan modifikasi dimensi jarak *pitch* (p) dari 185 mm menjadi 170 mm di dapat umur 920,85 jam. Dari semua modifikasi yang di lakukan berpengaruh pada kapasitas. Maka dari itu untuk tidak mengurangi kapasitas

dilakukan modifikasi pengantian material dari AISI 1020 dengan kekuatan tarik 380 MPa menjadi AISI 1080 dengan kekuatan tarik 517 MPa dari dimensi standar didapat umur 2090 jam, namun berdampak biaya investasi yang cukup besar pula.

3. Dari simulasi menggunakan *AutoDesk Inventor 2015* dengan demensi standar dan modifikasi pada tebal *screw*, jarak *pitch* dan jenis material yang dilakukan pada *worm screw* didapat tegangan maksimum dan defleksi maksimum dapat dilihat pada Table 6.

Tabel 6. Simulasi Menggunakan *Autodesk Inventor 2015*

No	Worm Screw	Simulasi Autodesk Inventor	
		Tegangan Max (MPa)	Defleksi max (mm)
1	Original	3,286	0,01105
2	Tebal 50 mm	3,143	0,01092
3	Jarak <i>pitch</i> 170 mm	6,339	0,01135
4	AISI 1080	6,482	0.01177

6. Daftar Pustaka

Budiwantoro, B. dan Hermawan, A.T. Desain Geometri Screw Press Dengan Metode Numerik Elemen Hingga. *Mesin*. XVII. No. 2. Teknik Mesin ITB: Bandung

Shigley, J.E. Mitchell. dan Larry, D. 1995. *Perencanaan Teknik Mesin jilid 1*. Trans. Ir. Gandhi Harahap, M, Eng. Edisi keempat, PT.Erlangga, Jakarta,. pp : 277-326

Sitepu, T. 2010. Analisa Umur Pemakaian *ScrewPress* Pada Mesin Pengekstraksi Minyak Menta Kelapa Sawit. *Jurnal Dinamis* Vol. I, No.7, Juni 2010, Universitas Sumatera Utara.

Sinambela, A.P. 2010. Analisa Kegagalan Pada *Worm Screw Press* Dengan Kapasitas Olah 10 Ton TBS/JAM.

Ugural, A.C. 2003. *Mechanical Design : an integrated approach*. New York. McGraw-Hill Book Company.

Alchazin, Syaipul A.B. 2011. *Modul Training Autodesk Inventor 2012*. Bogor. Lapan Pusat Teknologi Roket Rumpin.