Desain Mesin Penghancur (*Shredder Machine*) Batang Kelapa Sawit Berbasis Metode *Design For Manufacture and Assembly* (DFMA)

Roni Wandra[1], Yohanes[2], Mustafa Akbar[3]
Laboratorium Teknologi Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
1)rwhandra@gmail.com2)Yohanes_tmesin@yahoo.com3)akbarmst@yahoo.com

Abstract

DFMA is defined as the design of a product or component which can facilitate the process of manufacturing and assembly process with other components to become a unified product. The utilization of palm oil is only limited to the fruit to produce oil, and to a certain extent the utilization of fiber fruit bunches and fronds to produce fiber. Utilization in the form of particle board using oil palm trunk. From basic research on the utilization of oil palm trunk, then it needs tools to process oil palm trunk into raw material that will be processed to be particle board, paper materials and cattle food. There are several steps to design a shredder machinei.e DFMA methods for determining the shredder machine design with easy assembly and manufacture, calculations to determine the motor power is using, and the simulation of structural strength testing using Autodesk Inventor to get the value of the safety factor of the frame and the shaft. The results obtained efficiency values assembly design is 3.14% .Then, the calculation results of the machine element motor power required is 3 Hp at 1400 rpm rotation for oil palm trunk with a surface area of 1 cm x 10 cm. The analysis result of the frame structure and shaft used Autodesk Inventor to obtain the safety factor value of the frame is 6.41 and the shaft is 4.3.

Keywords: DFMA, Shredder Machine, Oil Palm Trunk, Safety Factor, Assembly Efficiency.

1. Pendahuluan

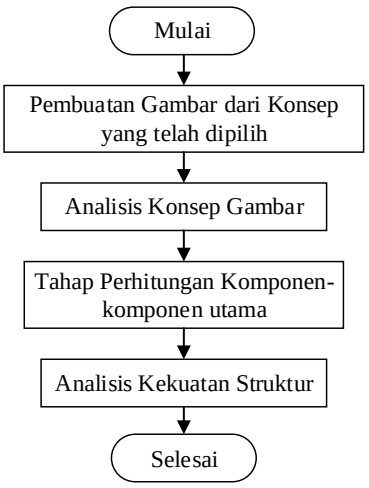
Khusus di Provinsi Riau, kelapa sawit merupakan komoditas primadona yang banyak diusahakan oleh masyarakat maupun badan usaha. Berdasarkan data Dinas Perkebunan Provinsi Riau pada tahun 2013, perkembangan luas areal perkebunan kelapa sawit meningkat secara tajam, yakni 966.786 ha pada tahun 2000 meningkat menjadi 2.372.402 ha pada tahun 2013[1].

Pemanfaatan limbah sudah mulai diteliti dan dieksplorasi. Pemanfaatannya berupa pembuatan papan partikel [2], papan lamina [3] dengan menggunakan batang kelapa sawit sebagai bahan baku. Batang kelapa sawit memiliki potensi yang cukup tinggi untuk menutupi permintaan masyarakat yang tinggi akan produk- produk yang berbahan dasar kayu.Sifat-sifat yang dimiliki kayu kelapa sawit tidak berbeda jauh dengan kayu-kayu yang biasa digunakan untuk perabot rumah tangga sehingga berpeluang untuk dimanfaatkan secara luas [4].

Berdasarkan jurnal hasil penelitian mengenai batang kelapa sawit yang dapat dimanfaatkan tersebut, maka dibutuhkan alat untuk proses batang kelapa sawit menjadi bahan baku yang akan diproses untuk menjadi papan partikel, bahan baku kertas dan pakan ternak dengan menggunakan metode DFMA. Alat ini bertujuan untuk menghancurkan batang kelapa sawit menjadi partikel yang berbentuk serat.Metode DFMA bertujuan untuk menentukan desain produk yang dapat meningkat kualitas produk dan memudahkan proses perakitan [5].

2. Metode

Penelitianinidilakukandenganbeberapa tahapan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Tahapan desain mesin *shredder* batang kelapa sawit

1) Pembuatan Gambar dari konsep yang telah dipilih

Tahap ini merupakan tahapan dilakukannya pembuatan Gambar mesin dengan dimensi yang sesuai untuk dibuat dengan menggunakan *Software Autodesk Inventor*.

2) Analisis konsep Gambar alat

Tahap ini merupakan tahapan perhitungan jumlah waktu perakitan dan efisiensi perakitan dari desain alat dengan menggunakan rumus dari metode *Design For Manufacturing and Assembly* (DFMA).

3) Tahap perhitungan komponen- komponen utama

Tahap ini merupakan tahapan penyesuaian perhitungan daya motor dengan dimensi dan ukuran desain yang telah dibuat.

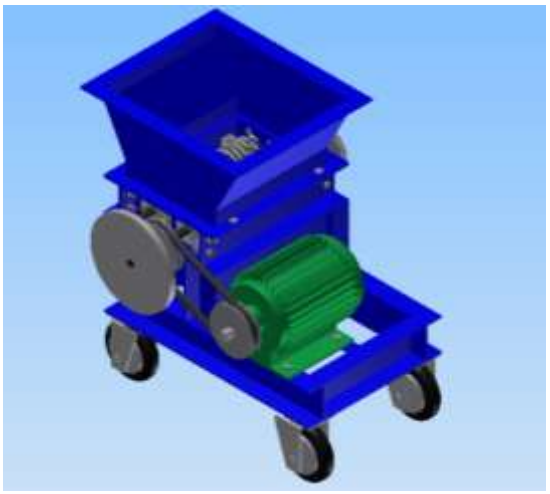
4) Analisis kekuatan struktur

Tahap ini merupakan tahap menganalisis kekuatan pada struktur alat dengan menggunakan *SoftwareAutodesk Inventor*. Dari hasil analisis akan menghasilkan nilai *Safety Factor* untuk mengetahui apakah struktur alat tersebut aman atau tidak.

3. Hasil

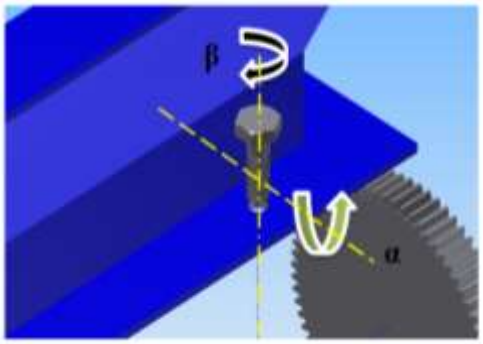
1) Analisis DFMA mesin shredder batang kelapa sawit

Analisis terhadap mesin penghancur (*shredder*) batang kelapa sawit dilakukan untuk mendapatkan waktu dan efisiensi perakitan. Bentuk dari desain alat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Hasil Desain Alat

Waktu total perakitan *(tma)* seluruh *part* secara teori adalah 955,05 detik atau 15,91 menit. Salah satu perhitungan estimasi waktu perakitan secara teori yang dibahas di bawah ini yaitu perhitungan estimasi waktu perakitan baut *hopper*seperti pada Gambar3.



Gambar3 Perakitan Baut Hopper

Untuk menentukan total waktu perakitan dari seluruh komponen dibutuhkan perhitungan berdasarkan spesifikasi dari setiap komponen sehingga menghasilkan Handling Code (HC) dan Insertion Code (IC) seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Total waktu perakitan komponen

Items Name	*Number of item (RP)*	*Handling Time(s)(TH)*	*Insertion Time (s) (TI)*	*Total Time (s)(RP)*(TH+TI)*
1. Rangka	1	4		4
2. Rangka *part 1*	2	1,8	5,5	14,6
3. *Hopper* atas	1	1,8	5,5	7,3
4. *Hopper* bawah	1	1,95	5,5	7,45
5. Baut *Hopper*	6	1,5	6	45
6. Baut rangka *part 1*	8	1,5	5,5	56
7. Mur *Hopper*	6	1,5	5,5	42
8. Mur rangka *part 1*	8	1,5	5,5	56
9. Poros 1	1	1,84	7	8,84
10. Poros 2	1	1,84	7	8,84
11. Mata Pisau 1	6	1,5	5,5	42
12. Mata Pisau 2	6	1,5	5,5	42
13. Mata Pisau 3	6	1,5	5,5	42

Items Name	*Number of item (RP)*	*Handling Time(s)(TH)*	*Insertion Time (s) (TI)*	*Total Time (s)(RP)*(TH+TI)*
14. Mata Pisau 4	6	1,5	5,5	42
15. Mata Pisau 5	6	1,5	5,5	42
16. *Bushing*	34	1,5	5,5	238
17. Motor	1	1,95	5,5	7,45
18. Baut Kedudukan Motor	4	1,5	6	30
19. Roda	4	1,13	5,5	26,52
20. Roda gigi	2	1,5	5,5	14
21. Roda Gila	1	1,43	6	7,43
22. *Pulley* sama besar	1	1,5	5,5	7
23. *Bearing*	4	1,13	6,5	30,52
24. *V-Belt*	1	1,5	6	7,5
25. Baut kedudukan rumah *bearing*	16	1,5	5,5	112
26. Mur poros	2	1,8	5,5	14,6
Total				955,05

Perhitungan Efisiensi Waktu *Assembly* Mesin *Shredder* batang kelapa sawit

Perhitungan efisiensi waktu *assembly* Mesin *Shredder* batang kelapa sawit proses pemasangan *part* sebagai berikut [6] :

Waktu dasar perakitan per *part* (t_a) = 3 detik
Minimum of part (N_{min}) = 10 *part*,
Waktu total perakitan (t_{ma}) = 955,05 detik

$$E_{ma} = \frac{N_{min} \times t_a}{t_{ma}} \text{ .....(1)}$$

$$E_{ma} = \frac{10\ x\ 3}{955,05} = 0,0314 \text{ atau } 3,14\ \%$$

Jadi, nilai efisiensi perakitan *(E_{ma})*Mesin *Shredder* batang kelapa sawit secara teori adalah 3,14%.

2) Perhitungan Elemen Mesin

Mata pisau mesin *Shredder* batang kelapa sawit

Berdasarkan dari beberapa referensi dan tinjauan ulang Gambar rancangan, maka didapatkan bentuk mata pisau dari desain yang telah dirancang dengan diameter 150 mm dan ketebalan 10 mm seperti pada Gambar 4.

Gambar4 Mata Pisau

Motor Penggerak

Daya pada motor pennggerak dipengaruhi oleh besarnya pembebanan komponen yang akan digerakkan, semakin besar beban yang akan digerakkan maka akan semakin besar pula daya motor yang dibutuhkan [7].

Beban yang akan diambil adalah nilai rata2 *Inner Zone* (IZ) hasil data dari kekuatan geser sejajar yaitu sebesar 14,0864 kg/cm^2.

Luas permukaan batang kelapa sawit :
= 1 cm×10 cm = 10 cm^2

Untuk gaya yang terjadi pada poros dapat dihitung dengan persamaan.
F = m×g (N).....(2)

Dimana :
m = Massa (kg)
F = Gaya yang terjadi pada poros (N)
g = Gaya gravitasi (m/s^2)

m = 14,0864 kg/cm^2 × 10 cm^2
m = 140,86 kg

Sehingga gaya yang terjadi pada poros adalah :
F = 140,86 kg × 9,81 m/s^2
F = 1381,87 N

Dikarenakan jumlah mata pisau yang sejajar pada saat pemotongan berjumlah 3, maka untuk pembebanan total adalah 3×1381,78 N = 4145,34 N, maka besarnya torsi dapat dihitung dengan

menggunakan Persamaan puli penggerak dengan diameter 50 mm, r_p =25 mm = 0,025 m.

$T = F \times r_p$(N.m).....(3)

Dimana :
T = Torsi (N.m)
F = Gaya yang terjadi pada poros (N)
r_p= Jari-jari puli (m)
ω = Kecepatan sudut (rad/s),

sehingga,
T = 4145,34 N×0,025 m
T = 103,63 N.m

Kecepatan sudut (ω) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan.

$$\omega = \frac{2.\pi.n}{60} \text{ (rad/s).....(4)}$$

Dimana :
n = jumlah putaran per menit (rpm),
maka,
ω = (2 x 3,14 x200)/60
ω = 20,93 rad/s

Maka daya motor dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan.

$P = T \times \omega$ (kW).....(5)

P = 103,63 N.m×20,93 rad/s
P = 2169,32 W
P = 2,169 kW

Untuk nilai factor koreksi yang digunakan adalah 1,2. Nilai ini diambil dikarenakan oleh berbagai pertimbangan yaitu sumber tenaga untuk menggerakkan 2 batang mata pisau berasal dari satu motor penggerak, sehingga dipilih factor koreksi yaitu 1,2[8].

$Pd = fc \times P$(kW).....(6)

Dimana :
Pd = daya rencana (kW)
fc = Faktor koreksi.
P = daya motor (kW),

sehingga,
Pd = 1,2 × 2,169 kW
Pd = 2,169 kW
Pd = 2,908 Hp

Dari hasil survei motor penggerak yang ada di pasaran, bahwa kecepatan putaran motor listrik dengan daya 3 Hp adalah 200 rpm.

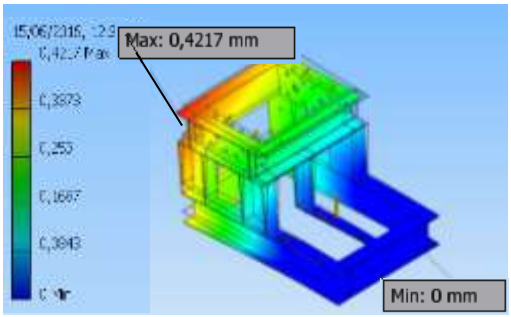
4. Pembahasan

Sebelum melakukan analisis, telah dilakukan perhitungan untuk menentukan beban dimana untuk beban rangka sebesar 10223,4 N dan beban untuk poros sebesar 4343,1 N.

(1) Rangka

a. Displacement

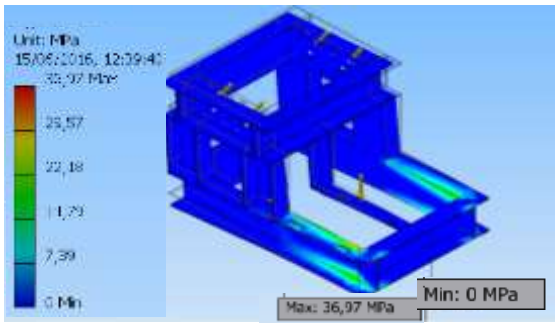
Hasil simulasi seperti pada Gambar 5 menunjukkan bahwa total *displacement*maksimum berada pada bagian ujung rangkadari rangka mesin*shredder*, yaitu sebesar 0,4217 mm, dan total *displacement* terkecil ada pada bagian ujung bawah rangka sebesar 0 mm.



Gambar 5*Displacement* rangka

b. Von Mises Stress

Tegangan salah satu *post-proccessor*adalah hasil perhitungan hubungan tegangan – regangan pada model benda, regangan diperoleh dari deformasi yang dialami model. Tegangan ekivalen yang digunakan adalah *Von Mises Stress.*Tegangan maksimum yang terjadi pada bagian rangka sebagai tempat keudukan motor penggerak seperti pada Gambar 6.

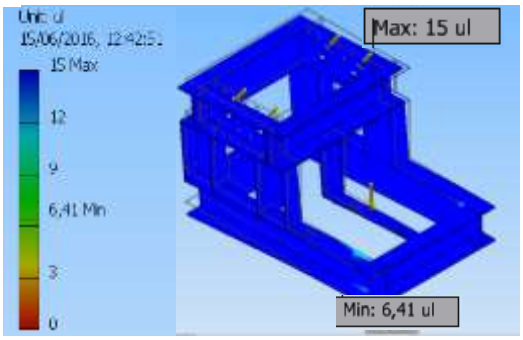


Gambar6*Von Mises Stress* rangka

Besar tegangan maksimum yang terjadi sebesar 36,97 Mpa dan tegangan minimum yang terjadi berada pada posisi bagian ujung belakang rangka dengan nilai tegangan sebesar 0 Mpa.

c. *Safety Factor*

Faktor keamanan atau *safety factor*diperhitungkan dengan acuan pada hasil bagi dari besar tegangan ijin *(yield strength)* dibagi dengan besar tegangan yang terjadi seperti yang dijelaskan pada Gambar 7.



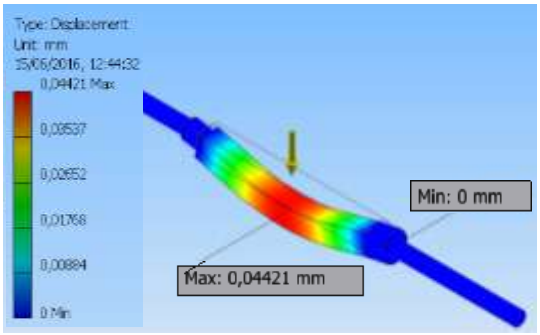
Gambar 7*Safety Factor*rangka

Terlihat pada Gambar 7 bahwa angka keamanan terendah yang diperoleh dari analisa tersebut adalah sebesar 6,41 maka dari itu dapat dinyatakan bahwa rangka mesin *shredder* tersebut berada pas di batas aman material.

(2) Poros

a. Displacement

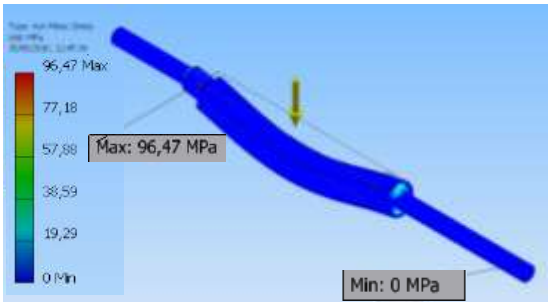
Hasil simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 8 bahwa total *displacement* maksimum berada pada bagian tengah poros mata pisau mesin*shredder*, yaitu sebesar 0,04421 mm, dan total *displacement* terkecil ada pada bagian kedudukan *bearing* depan poros sebesar 0 mm.



Gambar 8*Displacement* poros

b. *Von Mises Stress*

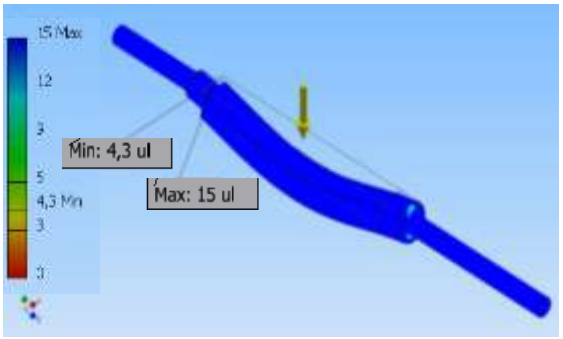
Hasil simulasi seperti yang terlihat pada Gambar 9 bahwa total *von mises stress*maksimum berada pada bagian ulir murdari poros mata pisau mesin*shredder*, yaitu sebesar 96,47 MPa, dan total *von mises stress*terkecil ada pada bagian ujung poros sebesar 0 MPa.



Gambar 9*Von Mises Stress* poros

c. *Safety Factor*

Faktor keamanan atau *safety factor*diperhitungkan dengan acuan pada hasil bagi dari besar tegangan ijin *(yield strength)* dibagi dengan besar tegangan yang terjadiyang diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar10*Safety Factor* poros

Terlihat pada Gambar 10 bahwa angka keamanan terendah yang diperoleh dari analisa tersebut adalah sebesar 4,3 maka dari itu dapat dinyatakan bahwa poros mesin *shredder* tersebut berada pas di batas aman material.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perancangan mesin Shredder batang kelapa sawit berbasiskan Design For Manufacturing and Assembly (DFMA), maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

(1) Nilai efisiensi perakitan secara teori mesin shredder batang kelapa sawit adalah 3,14 %.

(2) Berdasarkan hasil perhitungan daya motor, Jenis motor yang dipilih adalah motor listrik dengan daya 3 Hp dan putaran 1400 rpm.

(3) Hasil simulasi pengujian rangka dan poros pada alat dinyatakan aman, karena angka keamanan minimum pada rangka bernilai 6,41 terjadi berada bagian atas rangka dan angka

keamanan minimum pada poros bernilai 4,3 yang terjadi pada bagian ulir poros.

Daftar Pustaka

[1] Syahza. A dan Suarman. 2014. Penataan Kelembagaan Kelapa Sawit dalam Upaya Memacu Percepatan Ekonomi di Pedesaan. Program Studi Agribisnis , Universitas Riau, Pekanbaru.

[2] Azhar, I. 2009, Potensi Pemanfaatan Limbah batang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) sebagai Pengganti papan di Sumatra Utara, Program Studi Megister Pengolahan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Tesis Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatra Utara.

[3]Lubis, A. A. 2008. Potensi Pemanfaatan Batang Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dan Kelapa (*Cocos nucifera* L) : Sifat Fisis dan Mekanis Balok Laminasi pada Berbagai Variasi. Departemen Kehutanan, Skripsi Fakultas Pertanian, Unversitas Sumatra Utara. Tidak dipublikasikan.

[4] Fauzi, Y., Y. E. Widyastuti, I. Sayawibawa, R. Hartono . 2008. Kelapa Sawit (Budi Daya Pemanfaatan Hasil & Limbah Analisis Usaha & Pemasaran) . Edisi Revisi . Cetakan XXIII, Penebar Swadaya ,Bogor.

[5] Libyawati, Wina.2011.*Penggabungan DFMA Dalam Kompleksitas Produk Dan Proses Untuk Sand Casting – Studi Kasus : Flange Yoke*, Universitas Indonesia, Jakarta.

[6] Boothroyd, G. Dewhurst, P. Knight, W. 2011. *Product design for manufacture and assembly*. Third Edition. Taylor & Francis Group, USA.

[7] Pranata Angga. 2015. Perancangan Mesin Pengupas Buah Pinang Berbasiskan Metode *Quality Function Deployment* (QFD). Universitas Riau, Pekanbaru

[8]Sularso, Suga, Kiyokatsu, 2004, Dasar Perencanaa dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta : Pradnya Paramita.