

RANCANGAN ULANG MESIN PENGUPAS BIJI MELINJO BERKAPASITAS 90 KG/JAM

Syawaluddin, Eri Diniardi, M.Alogo
Jurusan Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta

Abstrak. Melinjo (*Gnetum gnemon*) adalah merupakan salah satu tanaman pangan, maka dengan ini penulis membuat perancangan mesin pengupas biji melinjo dimana dalam perancangan ini kecepatan linier yang direncanakan adalah sekitar 0,300 – 0,740 m/s dengan kapasitas kerja mesin 1,5 kg permenit atau 90 kg/jam dengan putaran mesin 71 rpm dengan lama pemanasan biji antara 5 – 8 menit banyaknya biji terkupas adalah sebesar 80 % dan sisanya adalah biji yang rusak.

Karena banyaknya permasalahan yang timbul, maka penulis membatasi perhitungan hanya pada beberapa komponen mesin pengupas biji melinjo (*Gnetum gnemon*) saja, yang meliputi perhitungan hopper, baut dan rangka pada perancangan mesin ini hopper yang didukung $F = 39,2 \text{ N}$.

Beban perbaut (w) = 75 N yang merupakan komponen pengikat pada rangka mesin pengupas biji melinjo.

Kata kunci: mesin pengupas biji melinjo, hopper

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Sehubungan dengan tuntutan perkembangan teknologi yang semakin tinggi, perlu kiranya sumber daya yang mampu menciptakan atau merancang sesuatu dalam memenuhi tuntutan tersebut. Mengingat kebutuhan perancangan alat dan mesin bagi masyarakat pengguna teknologi terutama dalam mengembangkan disain alat dan perancangan mesin supaya dapat menghasilkan sesuatu dengan mudah dan cepat.

Melinjo (*Gnetum Gnemon*) adalah merupakan salah satu tanaman pangan yang banyak dikonsumsi di Indonesia, antara lain digunakan sebagai bahan penganan sayur asam dan emping sehingga mempunyai arti ekonomis, hingga saat ini teknik pembuatan emping masih dilakukan baik dari penyangraian biji, pengupas biji hingga penumpukan biji sebelum diproses menjadi emping.

Kerupuk emping yang dibuat dengan cara memipihkan biji melinjo hingga saat ini bisa dikatakan merupakan makanan yang cukup tinggi produksinya tidak terbatas hanya konsumsi domestik tapi juga sudah memasuki pasaran ekspor. Berdasarkan data dari beberapa pasar di Jakarta harga emping rata-rata tidak pernah kurang dari Rp. 25.000 per kg bahkan pada bulan puasa harganya bisa meningkat hingga Rp.40.000 per kg.

Hingga saat ini pengembangan mesin pengolahan biji melinjo tersebut belum sempurna dan masih memerlukan modifikasi – modifikasi, karena ternyata kualitas yang dihasilkan belum memadai seperti emping masih kurang tipis, rasa emping yang dihasilkan masih sedikit agak pahit. Untuk itu penelitian dan perancangan akan sangat bermanfaat terutama dalam membantu upaya mengembangkan potensi pengolahan melinjo di Indonesia.

Disini Penulis merancang ulang mesin pengupas biji melinjo dengan menggunakan mekanisme gerakan dan tekanan yaitu gaya gerakan dari dua buah rol silinder yang berputar berlawanan arah. Kedua rol silinder diberi jarak antara disesuaikan dengan besar kecilnya ukuran biji melinjo rata-rata. Untuk memperbesar pengaruh gaya gesekan dan juga menambah gaya.

LANDASAN TEORI

Berdasarkan klasifikasi atau pengelompokkan tanaman, tanaman melinjo (*Gnetum gnemon*) termasuk tanaman berbiji terbuka atau Gymnospermae. Ini terlihat dari bijinya yang tidak terbungkus daging melainkan terbungkus oleh kulit luar saja. Dilihat dari bentuk tajunya tanaman melinjo dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu : tanaman melinjo bertajuk kerucut dan tanaman melinjo bertajuk piramida. Dengan tinggi tanaman bisa mencapai 25 m, cabang dan rantingnya tidak berhubungan kuat, daun berbentuk bulat telur dan meruncing di

ujungnya serta berwarna kuning kecoklatan bila muda dan hijau bila sudah agak tua. Daun dan buahnya digunakan sebagai bahan sayuran atau buahnya seringkali dibuat emping.

Tanaman melinjo tidak memerlukan persyaratan tumbuh yang khusus, namun tidak tahan pada tanah yang berkadar asam terlalu tinggi atau tanah yang terlalu banyak airnya (tergenang). Tanaman ini dapat tumbuh dari dataran rendah hingga ketinggian 1200 m di atas permukaan laut.

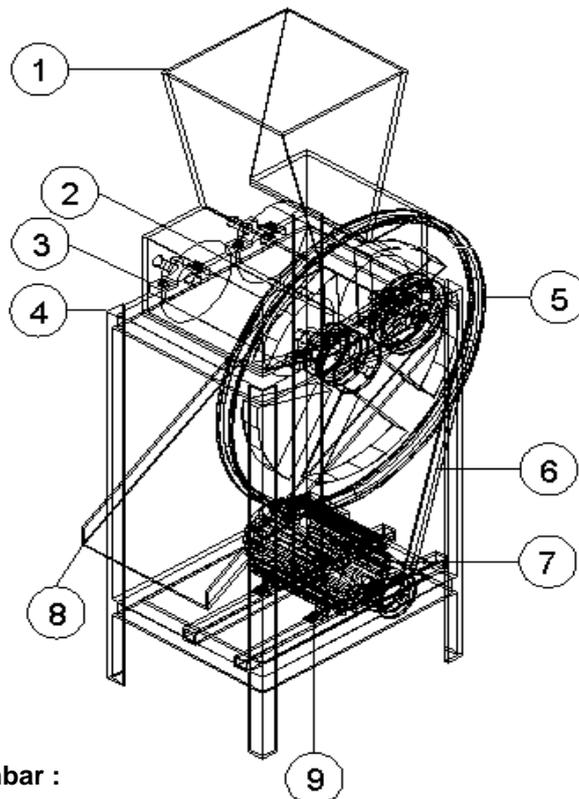
Budidaya tanaman melinjo biasanya dilakukan melalui bibit cangkokan, bibit okulasi, penyambungan atau tempelan, untuk mendapatkan tanaman dengan menggabungkan pohon jantan dan pohon betinanya.

Buah melinjo ini ketika muda berwarna hijau dan semakin tua akan berwarna kekuning-kuningan atau oranye/merah tua. Bijinya terbungkus oleh tiga lapisan, yaitu lapisan kulit luar yang lunak, lapisan agak keras yang berwarna kekuning-kekuningan atau kecokelatan dan lapisan kulit tipis yang berwarna putih (gading) dan di bawah lapisan ini terdapat biji berwarna putih agak kekuning-kuningan.

Ada beberapa varietas melinjo yang banyak dibudidayakan diantaranya ialah : varietas kerikil, varietas ketan, dan varietas gentong (yang paling disukai).

Banyak manfaat yang dapat diperoleh dari melinjo ini, hampir seluruh bagian tanaman dapat dimanfaatkan. Bagian batang tanaman melinjo dapat dimanfaatkan untuk bahan bangunan, tali dan kertas.

KOMPONEN-KOMPONEN MESIN PENGADUK ADONAN ROTI



Keterangan Gambar :

1. Hopper
2. Silinder
3. Bantalan Luncur
4. Rangka
5. Pulli
6. Belt
7. Motor listrik
8. Saluran pembuangan
9. Baut

HOPPER

Hopper pada mesin pengupas biji melinjo ini berbentuk cotong dengan alas berbentuk segi empat untuk memudahkan biji melinjo masuk ke dalam mesin.

Unit pemasukan biji (hopper) dimasukkan untuk memudahkan proses pemasukan biji melinjo ke dalam silinder pengupas. Bentuk bagian atas berupa segi empat sedangkan bagian bawahnya dibuat menyudut untuk mempercepat dan memudahkan masukan biji ke dalam silinder pengupas dan juga dimaksudkan untuk mengurangi pengaruh gaya tahanan yang ditimbulkan oleh gaya gesekan antara biji dengan dinding saluran.

Saluran Pengeluaran dibawah ini berfungsi untuk pengeluaran dari biji-biji melinjo yang keluar setelah proses penekanan dalam poros silinder, sehingga biji-biji yang keluar tidak tercecer ke segala arah dan dapat menghasilkan pengeluaran yang bersih.

- Berat beban yang didukung, F (N)
 $F = m \cdot g$
- Gaya geser tegak maksimum, Q (N.m)

$$Q = \frac{F}{2}$$

- Momen lentur maksimum, M (N.m)

$$M = \frac{Fxl}{12}$$

- Tegangan normal berasal dari momen lentur
Untuk penampang segi empat

$$I_x = \frac{bh^3}{12} (mm^4)$$

$$I_y = \frac{hb^3}{12} (mm^4)$$

Momen tahanan, W_b (m)

$$W_{bx} = \frac{hb^2}{12} (mm^3)$$

$$W_{by} = \frac{hb^2}{12} (mm^2)$$

Tegangan maksimum hopper, σ_b (N/mm)

$$\sigma_{bx} \max = \frac{Mxg}{I_x}$$

Keterangan :

b1 = Panjang hopper

l = Lebar hopper

H = Tinggi

m = massa hopper

g = percepatan gravitasi = 9,81 m/s²

Q = Gaya geser tegak maksimum

M = Momen lentur maksimum

BAUT

Untuk memasang berbagai komponen mesin, ada sebagian yang disambung atau diikat untuk menghindari gesekan terhadap sesama. Baut adalah salah satu cara untuk menyambung berbagai macam komponen mesin. Baut digolongkan menurut bentuk kepalanya, segi enam, soket segienam, dan kepala persegi.

Baut untuk pemakaian khusus baut penjepit dapat berupa :

- (a) Baut pondasi, untuk memasang mesin atau bangunan pada pondasinya. Dibaut ini ditanam pada pondasi beton, dan jepitan pada bagaian mesin atau bangunan diketatkan dengan mur.
- (b) Baut penahan, untuk menahan dua bagian dalam jarak yang tetap.

- (c) Baut mata atau baut kait, dipasang pada badan mesin sebagai kait untuk alat pengangkat.
- (d) Baut T, untuk mengikat benda kerja atau alat pada meja, yang mempunyai alur T sehingga letaknya dapat diatur.
- (e) Baut kereta, banyak dipakai pada badan kendaraan, bagian persegi bawah kepala dimasukan dalam lubang persegi yang pas sehingga baut tidak ikut berputar pada waktu mur ketatkan atau dilepaskan.
- (f) Disamping baut khusus yang telah disebut diatas. Tapi disini tidak akan dikemukakan semuanya

MUR

Pada umumnya mur mempunyai bentuk segi enam. Tetapi untuk pemakaian khusus dapat dipakai mur dengan bentuk yang bermacam-macam, seperti mu bulat, mur flen, mur tutu, mur mahkota dan mur kuping.

Bila terdapat gaya geser murni W (kg), tegangan geser yang terjadi masih dapat diterima selama tidak melebihi harga yang diizinkan. Jadi $(W/(\pi/4)d^2) \leq \tau_a$, untuk suatu penampang yang mendapatkan beban geser . seperti yang telah diterangkan dimuka, tegangan geser yang diizinkan diambil sebesar $\tau_a = (0,5 - 0,75)\sigma_a$, dimana σ_a adalah tegangan tarik yang diizinkan, dan juga perlu diperhatikan bahwa beban geser harus ditahan oleh bagian badan baut yang tidak berulir, sehingga gaya geser yang ada dibagi oleh luas penampang berdiameter d .

Baut yang mendapat beban tumbukan dapat putus karena adanya konsentrasi tegangan pada akar profil ulir. Dengan demikian diameter inti baut harus diambil cukup besar untuk mempertinggi faktor kemanannya.

Baut khusus untuk menahan tumbukan biasanya dibuat panjang dan bagian yang tidak berulir dibuat dengan diameter yang lebih kecil dari pada diameter intinya, atau diberi lubang pada sumbunya sepanjang bagian yang tak berulir.

Untuk memasang berbagai komponen mesin ada sebagian yang harus disambung. Salah satunya adalah baut. Adapun yang direncanakan adalah rumah bantalan.

Adapun yang direncanakan adalah :

1. Beban seluruh baut :
Beban per satu baut

$$Wd = \frac{\text{beban seluruhnya}}{\text{jumlah baut}}$$

2. Diameter inti ulir, d^i (mm)

$$d_i = \sqrt{\frac{2.W}{\sigma_a}}$$

3. Jumlah ulir mur

$$z = \frac{W}{\pi \cdot d_2 \cdot H \cdot qa}$$

4. Tegangan geser ulir baut, τ_b (N/mm²)

$$\tau_b = \frac{W}{\pi \cdot d_1 \cdot k \cdot p \cdot z}$$

5. Tegangan geser akar ulir mur, τ_m (N/mm²)

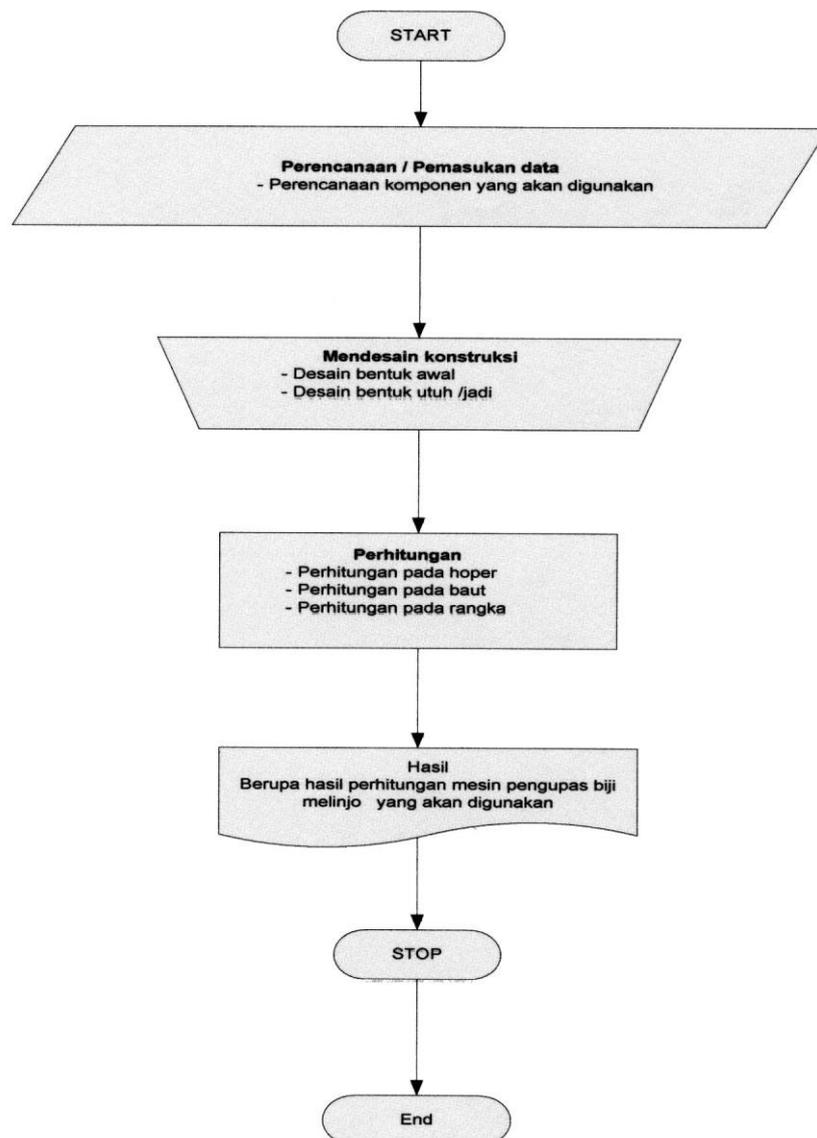
$$\tau_m = \frac{W}{\pi \cdot d_1 \cdot j \cdot p \cdot z}$$

Keterangan :

- Wd = Beban baut (N)
- D_1 = Diameter baut (mm)
- z = Jumlah ulir

- q_a = Bahan mur S30C
- H = Tinggi mur (mm)
- τ_b = Tegangan geser (N/mm^2)
- k . p = Tebal akar ulir luar
- j . p = Tebal akar ulir pada mur

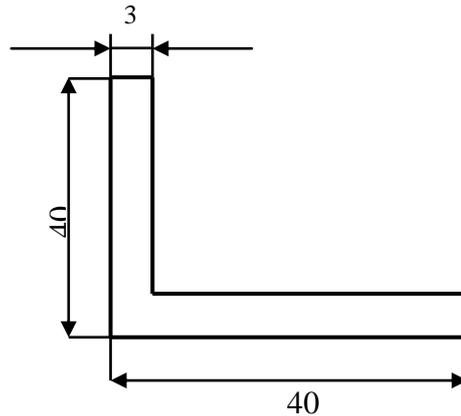
METODOLOGI PENELITIAN



ANALISA DAN PEMBAHASAN

RANGKA

Rangka utama merupakan bagian penting dalam konstruksi mesin pengupas biji melinjo Karena tugas utamanya adalah menahan beban. Untuk menahan beban selama proses pemasukan biji melinjo rangka utama harus. Dibuat kaku dan kuat. Bahan yang digunakan untuk membuat rangka utama mesin pengupas biji melinjo adalah profil siku dengan ukuran 40 x 40 x 3 mm.



Gambar Siku Profil "L"

Rangka pada mesin pengupas biji melinjo ini memiliki dimensi dengan panjang 400 mm, lebar 310 mm dan tinggi 700 mm terbuat dari besi profil siku. Rangka utama untuk motor penggerak dan poros merupakan bagian paling penting dalam konstruksi mesin pengupas biji melinjo karena tugas utamanya adalah menahan beban. Untuk menahan beban selama motor penggerak dan puli bekerja konstruksinya harus dibuat kaku dan kuat. Pemilihan jenis materialnya yang perlu diperhatikan pada pemilihan bahan sebuah komponen adalah fungsi, pembebanan dan umur lalu kemampuan dibentuk dan diproduksi. Konstruksi untuk motor penggerak terbuat dari profil stal 25 x 25 600mm 2 Pcs. Berikut merupakan kostruksi mesin pengupas biji melinjo.

Rangka bawah pada konstruksi motor penggerak dan poros 4 buah baja siku profil "L" dengan panjang masing-masing 400 mm kemudian disambungkan menggunakan las. Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros perbeban, sehingga gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman dan panjang umur. Untuk menahan beban dari bantalan konstruksinya harus kuat. Motor penggerak merupakan salah satu elemen mesin yang sangat penting karena fungsinya untuk menggerakkan pulley yang kemudian ditransmisikan ke poros. Untuk itu pembuatan konstruksi ini diperlukan pengalaman supaya dalam pengelasan bisa rapi. Elektroda yang digunakan adalah E6013 yang mempunyai :

- a. kekuatan tarik = 47,1 kg/mm² atau 462,051 N/mm²
- b. kekuatan luluh = 38,7 kg/mm² atau 379,647 N/mm²

Untuk semua pengelasan ini diambil faktor keamanan 4 sehingga tegangan ijinnya untuk pengelasan adalah $\frac{379,647}{4} = 94,911 \text{ N/mm}^2$

RANGKA BAWAH

Konstruksi rangka bawah pada mesin pengupas biji melinjo ini harus dibuat kaku dan kuat karena harus mampu menerima getaran dari putaran mesin pada saat pengupasan biji melinjo. Hasil desain untuk rangka bawah difungsikan untuk menahan gaya yang bekerja. Untuk konstruksi rangka bawah ini menggunakan empat buah baja siku yang ukurannya masing-masing adalah 400mm berat total rangka bawah adalah :

$$WA \text{ Total} = 4 \times LA \times WA$$

Dimana :

- WA Total = Berat Total Rangka Bawah (N)
- LA = Panjang siku 0,4 m
- WA = Massa teoritis 20,11 N/m

Maka :

$$WA \text{ Total} = 4 \times LA \times WA = 4 \times 0,4 \text{ m} \times 20,11 \text{ N/m} = 32,17 \text{ N}$$

Penjelasan pada rangka dibawah ini menyambungkan empat buah siku yang dilas menggunakan las busur listrik. Elektroda yang digunakan adalah E 6013

Dimana tebal las 5 mm, panjang pengelasan adalah 40 mm dan alur las yang digunakan adalah las sudut.

Gaya yang terjadi pada rangka bawah adalah

$$P_b = W_A + F = 32,17 + 51,9 = 84,07 \text{ N}$$

Dimana :

P_b = Gaya yang terjadi pada rangka bawah (N)

F = Gaya yang direncanakan proses pengupasan biji melinjo (N)

Maka tegangan dari sambungan profil tersebut adalah

$$\sigma_t = \frac{P}{hxl}$$

Dimana :

σ_t = Tegangan (N/mm²), h = Tebal Las = 5 mm

p = Gaya = 84,07 N l = Panjang Pengelasan 40 mm

$$\sigma_t = \frac{p}{hxl} = \frac{84,07 \text{ N}}{5 \times 40} = \frac{84,07}{200} = 0,42 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan sambungan perhitungan lebih kecil daripada tegangan yang diijinkan maka pengelasan tersebut aman

$$\sigma_t < \sigma_a$$

$$0,42 \text{ N/mm}^2 < 94,91 \text{ N/mm}$$

RANGKA TENGAH

Didesain untuk rangka tengah difungsikan sebagai tiang yang mampu menahan gaya dan beban pengumpan, beban rangka motor penggerak. Untuk konstruksi rangka tengah ini menggunakan dua buah profil yang berukuran masing-masing 600 mm.

Berat total rangka tengah adalah :

$$WB_{\text{total}} = 2 \times L_b \times WB$$

Dimana :

WB_{total} = Berat Total Rangka Tengah

L_b = Panjang Siku 0,4 m

WB = Massa Teoritis 20,11 N/m

Maka :

$$WB_{\text{total}} = 2 \times L_b \times WB = 2 \times 0,4 \times 20,11 \text{ N/m} = 16,08 \text{ N}$$

Pengelasan pada rangka tengah ini menyambungkan empat buah siku yang dilas menggunakan las busur listrik.

Dimana tebal las 5 mm, panjang pengelasan adalah 40 mm dan alur yang digunakan adalah alur las sudut.

Gaya yang terjadi pada rangka tengah (P_t) adalah

$$P_t = W_b \text{ total} + F = 16,08 + 51,9 = 67,98 \text{ N}$$

Tegangan dari sambungan profil tersebut adalah

$$\sigma = \frac{P}{hxl} < 94,911 \text{ N/mm}^2$$

Dimana :

σ = tegangan (N/mm²)

P = Gaya = 67,98 N

h = Tebal las = 5 mm

l = panjang pengelasan 40 mm

$$\sigma = \frac{p}{hxl} = \frac{67,98}{5 \times 40} = \frac{67,98}{200} = 0,33 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan sambungan perhitungan lebih kecil dari pada tegangan yang diijinkan maka pengelasan tersebut aman.

$$\sigma_t < \sigma_a$$

$$0,33 \text{ N/mm}^2 < 94,91 \text{ N/mm}$$

Berat Total Rangka Tengah adalah :

$$W_c \text{ total} = 2 \times L_c \times W_c$$

Dimana :

$W_c \text{ total}$ = Berat Total Rangka Tengah (N)

L_c = Panjang Siku 0,3 m

W_c = Massa Teoritis 20,11 N/m

Maka :

$$Wc \text{ total} = 2 \times Lc \times Wc = 2 \times 0,33 \times 20,11 \text{ N/m} = 13,27 \text{ N}$$

Pengelasan pada rangka tengah ini, menyambung empat buah siku yang dilas menggunakan las busur listrik.

Dimana tebal las 5 mm, panjang pengelasan adalah 40 mm dan alur yang digunakan adalah alur las sudut.

Gaya yang terjadi pada rangka tengah adalah

$$Pt = Wc \text{ total} + F = 13,27 + 51,9 = 65,17 \text{ N}$$

Maka tegangan dari sambungan profil tersebut adalah

$$\sigma = \frac{p}{hxl}$$

Dimana

$$\sigma = \text{Tegangan Sambungan Profil (N/mm}^2\text{)}, \quad pt = \text{Gaya} = 65,17 \text{ N}$$

$$h = \text{Tebal las} = 5 \text{ mm}, \quad l = \text{Panjang Pengelasan} = 40 \text{ mm}$$

$$\sigma = \frac{p}{hxl} = \frac{65,17}{5 \times 40} = \frac{65,17}{200} = 0,32 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan sambungan perhitungan dari pada tegangan yang diijinkan lebih mana pengelasan tersebut aman.

$$\sigma t < \sigma a$$

$$0,32 \text{ N/mm}^2 < 94,91 \text{ N/mm}^2$$

RANGKA MOTOR PENGGERAK

Hasil desain untuk rangka motor penggerak atau rangka bawah difungsikan sebagai pondasi yang menahan berat rangka motor penggerak. Untuk konstruksi motor penggerak ini material yang digunakan adalah dua buah pipa S tal 25 x 25 600 mm.

Berat total rangka motor penggerak adalah :

$$WD \text{ total} = 2 \times LD \times WD$$

Dimana :

$$WD \text{ total} \quad : \text{ Berat Total Rangka Motor penggerak (N)}$$

$$LD \quad : \text{ Panjang siku } 0,4 \text{ m}$$

$$WD \quad : \text{ Masa Teoritis } 20,11 \text{ N/mm}$$

Maka :

$$WD \text{ total} \quad = 2 \times LD \times wD = 2 \times 0,4 \text{ m} \times 20,11 \text{ N/m} = 16,08 \text{ N}$$

Pengelasan pada rangka motor penggerak ini menyambungkan dua buah siku yang dilas menggunakan las busur nyala.

Dimana tebal las 5 mm, panjang 40 mm dan alur yang digunakan adalah alur sudut.

Gaya yang terjadi pada rangka motor penggerak (Pm) adalah

$$Pm = WD \text{ total} + F = 16,08 + 51,9 = 67,98 \text{ N}$$

Maka tegangan dari sambungan profil tersebut adalah :

$$\sigma = \frac{p}{hxl}$$

Dimana :

$$\sigma = \text{Tegangan Sambungan Profil (N/mm}^2\text{)}$$

$$p = \text{Gaya} = 67,98 \text{ N}$$

$$h = \text{Tebal Las} = 5 \text{ mm}$$

$$l = \text{Panjang Pengelasan} = 40 \text{ mm}$$

$$\sigma = \frac{p}{hxl} = \frac{67,98}{5 \times 40} = \frac{67,98}{200} = 0,33 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan sambungan perhitungan daripada tegangan yang di iijinkan lebih maka pengelasan tersebut aman.

$$\sigma 1 < \sigma a$$

$$0,33 \text{ N/mm}^2 < 94,91 \text{ N/mm}^2$$

Untuk diameter baut antara rangka motor penggerak dan rangka atas motor penggerak gaya yang terjadi pada rangka adalah 51,9 W maka :

$$\tau = \frac{F}{A} < \tau$$

Dimana material yang digunakan adalah ST.37.11, faktor keamanan diambil 4 dan baut yang digunakan untuk menjepit motor penggerak dan rangka adalah 4 buah maka

$$\tau = \frac{51,9N}{\frac{4}{\pi d^2}} < 0,707 \times \frac{362,97N/mm^2}{4} = 64,16 N/mm^2$$

$$\sqrt{\frac{51,9N}{\pi \times 64,16n/mm^2}} = 0,507$$

Didapat diameter minimum untuk baut ini adalah 0,507 mm, tetapi dalam perancangan ini baut menjepit antara motor penggerak dan rangka adalah M10.

KESIMPULAN

1. Dari hasil bangun mesin pengupas biji melinjo dengan kapasitas yang direncanakan adalah 30 kg/jam.
2. Bahan yang digunakan untuk silinder adalah SC 37 dengan diameter 150 mm.
3. Rangka menggunakan besi siku profil "L" dengan ukuran 40x40x3 mm, mempunyai dimensi dengan panjang 400 mm, lebar 310 mm dan tinggi 700 mm.
4. Komponen penggerak yang digunakan adalah motor dengan daya 1 Hp, n1 = 1420 rpm dan n2 = 934 rpm.
5. Diameter puli penggerak (dp) = 50,8 mm, diameter puli yang digerakkan (Dp) = 508 mm dan poros dengan beban punter (T) adalah 6019 Nmm dan diameter poros (ds) adalah 19 mm.
6. Baut dan mur yang digunakan adalah M8 dan M10.
7. Bantalan yang digunakan adalah bantalan luncur dan umur nominal bantalan adalah (lh) = 80939,4 jam.
8. Tegangan pengelasan rangka bawah adalah 0,42 N/mm²
9. Tegangan pengelasan rangka tengah adalah 0,32 N/mm²
10. Tegangan pengelasan rangka motor adalah 0,3 N/mm²
11. Tegangan pengelasan rangka saluran keluar adalah 0,37 N/mm²

DAFTAR PUSTAKA

1. SULARSO KIYOKATSU " **DASAR PERENCANAAN DAN PEMILIHAN ELEMEN MESIN** " Penerbit PRADNYA PARAMITA 1991.
2. Khurmi, R. S & J.K. Gupta " **A TEXT BOOK OF MACHINE DESIGN** " New Delhi, Eurisia Publishing House (PVT) Penerbit RAMNGER 1982.
3. Prof. Dr. Ir. Harsono, Prof. Dr. T. Okumura " **TEKNOLOGI PENGELASAN LOGAM** " Penerbit PRADNYA PARAMITA 1985.
4. Ferdinand L. Singer, Andrew Pytel, Darwin Sembayang " **ILMU KEKUATAN BAHAN** " Penerbit ERLANGGA Jakarta 1995.
5. Lawrence H. Van Vlack " **ILMU DAN TEKNOLOGI BAHAN** " Penerbit ERLANGGA Jakarta 1987.