

RANCANG BANGUN MESIN PENCACAH RUMPUT GAJAH

Syahrir Arief

Jurusan Mesin Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Email:syah.aries@mail.pisulsel.org

ABSTRAK

Pencacahan rumput gajah yang dilakukan oleh peternak kebanyakan masih bersifat tradisional, yaitu memotong secara manual dengan menggunakan sabit atau pisau golok. Bagi peternak kecil cara ini masih dianggap memadai. Namun bagi peternak sedang dan besar, cara ini kurang efektif karena memakan waktu dan tenaga yang lebih banyak, dan memakai sabit atau sejenis benda tajam lainnya dianggap kurang aman. Melihat situasi ini penulis mencoba melakukan rekayasa alat atau mesin pencacah rumput gajah yang akan mempermudah proses pencacahan. Mesin yang mampu memotong kecil-kecil pakan rumput gajah sesuai dengan yang dibutuhkan, Mesin pencacah rumput gajah adalah alat yang digunakan untuk membantu peternakan ruminansia (kuda, kerbau, dll) dalam hal penyediaan makanannya. Tanaman rumput gajah yang akan dicacah dimasukkan melalui sebuah saluran masuk, dicacah dalam sebuah box pencacahan, dan keluar berupa potongan yang berukuran kecil. (Direktorat Jendral peternakan 2008). Sistem mesin perajang rumput gajah ini berawal dari daya dengan sumber Motor bensin yang ditransmisikan melalui puli dan sabuk untuk memutar poros. Poros akan memutar pisau yang akan merajang tanaman rumput gajah yang masuk ke dalam box, sehingga dihasilkan potongan yang kecil. Tujuan utama dalam pembuatan mesin pencacah rumput gajah ini adalah untuk membantu peternak tradisional sehingga penulis merancang suatu penelitian dengan judul: **Rancang Bangun Mesin Pencacah Rumput Gajah**. Dari hasil perancangan mesin pencacah rumput gajah ini didapat kecepatan putaran pencacahan 330 rpm untuk mencapai kapasitas pencacahan 200kg/jam. Daya mesin yang dibutuhkan untuk menggerakkan mesin dengan kapasitas 200kg/jam adalah $> 0,673$ kW. Hasil pengujian menghasilkan rumput gajah tercacah dengan panjang rata-rata 2 cm.

Kata kunci : merancang, pembuatan, pencacah, rumput gajah

Latar belakang

Manusia selaku makhluk hidup harus mampu beradaptasi terhadap lingkungannya dimanapun dia berada serta senantiasa mempertahankan dan meningkatkan kualitas hidupnya. Dalam upaya mempertahankan hidup manusia selalu menjaga ketersediaan kebutuhannya baik primer maupun sekunder. Salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi manusia adalah protein hewani.

Pencacahan rumput gajah yang dilakukan oleh peternak kebanyakan masih bersifat tradisional, yaitu memotong secara manual dengan menggunakan sabit atau pisau golok. Bagi peternak kecil cara ini masih dianggap memadai. Namun bagi peternak sedang dan besar, cara ini kurang efektif karena memakan waktu dan tenaga yang lebih banyak, dan memakai sabit atau sejenis benda tajam lainnya dianggap kurang aman

. Tanaman rumput gajah yang akan dicacah dimasukkan melalui sebuah saluran masuk, dicacah dalam sebuah box pencacahan, dan keluar berupa potongan yang berukuran kecil. (Direktorat Jendral peternakan 2008). Sistem mesin perajang rumput gajah ini berawal dari daya dengan sumber Motor bensin yang ditransmisikan melalui puli dan sabuk untuk memutar poros. Poros akan memutar pisau yang akan merajang tanaman rumput gajah yang masuk ke dalam box, sehingga dihasilkan potongan yang kecil. Tujuan utama dalam pembuatan mesin pencacah rumput gajah ini adalah untuk membantu peternak tradisional sehingga penulis merancang suatu penelitian dengan judul: **Rancang Bangun Mesin Pencacah Rumput Gajah**.

1. Kajian Teori:

A. Pengertian Mesin Pencacah Rumput Gajah

Mesin pencacah rumput gajah adalah alat yang digunakan untuk membantu peternakan ruminansia(sapi, kerbau kuda,kambing,dan domba dalam hal penyediaan makanannya. Tapi tanaman rumput gajah yang akan, dicacah dimasukkan melalui sebuah saluran masuk,dicacah dalam sebuah boks pencacahan,dan keluar berupa potongan-potongan kecil.(Direktorat Jendral Peternakan ,2008)



Gambar 1.

Contoh Mesin Pencacah rumput gajah

Sumber :<http://bhagawanta.indonetwork.co.id>

B. Motor

Motor sebagai penggerak daya utama merupakan salah satu bagian penting dalam alat ini,serta sebagai alat yang digunakan untuk menggerakkan poros dalam silinder,dimana penyambung putaran tersebut menggunakan puli. Dengan adanya motor maka mesin dapat dioperasikan. Pada pembuatan ini menggunakan motor bensin yang tersedia dipasaran.

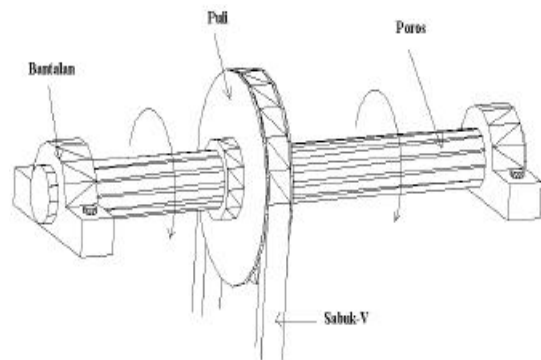
Mesin bensin atau mesin otto dari nikolaus otto adalah sebuah tipe mesin pembakaran dalam yang menggunakan nyala busy untuk proses untuk proses pembakaran,dirancang untuk menggunakan bahan bakar bensin atau yang sejenis. Rumus yang digunakan dalam perencanaan daya dan momen torsi motor (G.Nieman 1992).

$$P = T \cdot n \dots (kW) \dots \dots \dots (1)$$

- Dimana : P = daya (kW)
- T = torsi (kg mm)
- n = putaran mesin (rpm)

C. Poros

Secara istilah poros adalah elemen mesin yang berbentuk batang dan umumnya berpenampang lingkaran yang berfungsi untuk memindahkan putaran atau mendukung sesuatu beban dengan atau tanpa meneruskan daya. Beban yang didukung oleh poros pada umumnya adalah roda gigi, roda daya (flywheel), pulli, roda gesek, dan lain lain. Poros hampir terdapat pada setiap kontruksi mesin dengan fungsi yang berbeda-beda dilihat dari fungsinya .



Gambar 2: Poros

Sumber :<http://arsakursusmekanik.com>

Berikut adalah perhitungan yang digunakan dalam mendesain sebuah beban yang mengalami beban lentur maupun puntir(sularso,1991)sebagai berikut:

- a. Menghitung daya rencana

$$Pd = fc \cdot P \dots (kW) \square$$

Keterangan:

- Pd = daya rencana (kW)
- fc = faktor koreksi
- P = daya nominal (kW)

- b. Menghitung daya yang terjadi pada poros

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{Pd}{n}$$

Keterangan: (1)

- T = Torsi rencana (kg mm)
- n = Putaran poros (rpm)
- pd = Daya rencana (kW)

c Mencari tegangan geser yang diizinkan (Sularso & Kiyokatsu Suga, 1991)

$$\tau_a = \sigma_B / (Sf_1.Sf_2)$$

Keterangan:

τ = tegangan geser yang diizinkan (kg/mm²)

σ = kekuatan tarik (kg/mm²)

Sf1, Sf2 = faktor keamanan

Faktor koreksi yang ditinjau dari keadaan momen puntir dinyatakan dengan Kt dengan harga 1,0-3,0 faktor tersebut ditinjau apakah poros dikenai beban secara halus, sedikit kejutan atau tumbukan besar. Jika diperkirakan akan terjadi momen lentur maka dipertimbangkan pemakaian faktor Cb yang harganya 1,2 sampai 2,3 jika diperkirakan tidak terjadi pembebanan lentur maka Cb diambil 1,0.

d. Menentukan diameter poros

$$ds \geq \left(\frac{5,1}{\tau \alpha} K_t C_b T \right)^{\frac{1}{3}}$$

Keterangan:

ds = Diameter Poros (mm)

Cb = faktor koreksi momen lentur

Kt = faktor koreksi momen puntir

T = momen puntir (kg.mm)

D. Puli

Puli *Vbelt* merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk mentransmisikan daya seperti halnya sproket rantai dan rodagigi. Bentuk puli adalah bulat dengan ketebalan tertentu ditengah-tengah puli terdapat lubang poros. Puli pada umumnya dibuat dari besi cor kelabu FC 30, dan adapula terbuat dari baja.

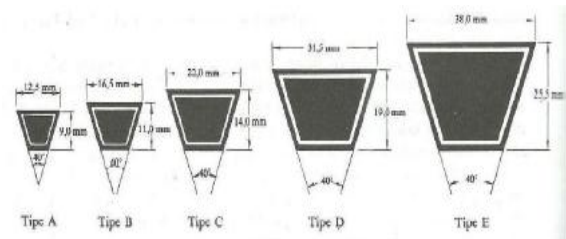


Gambar 3: Puli

E. Transmisi Sabuk-V (V-belt)

Jarak yang cukup jauh yang memisahkan antara dua buah poros

mengakibatkan tidak memungkinkannya menggunakan transmisi langsung dengan roda gigi. Sabuk v merupakan sebuah solusi yang dapat digunakan. Sabuk-V adalah salah satu transmisi penghubung terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Dalam penggunaan sabuk-V dibelitkan mengelilingi alur V pula. Bagian sabuk yang membelit pada puli akan mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar. (Sularso & Kiyokatsu Suga, 1991).



Gambar 4. Penampang Sabuk V

Sumber : Sularso dan Kiyokatsu Suga, 1980

F. Pengelasan

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan serta dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang *continue*.

Berikut 2 metode pengelasan yang dilakukan dalam perancangan mesin rumput gajah:

1. Las Listrik

Las busur listrik adalah salah satu cara menyambung logam dengan jalan menggunakan nyala busur listrik diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung.

2. Las Karbit (Gas)

Las gas adalah proses penyambungan logam dengan logam (pengelasan) yang menggunakan gas karbit (gas aseteline = C₂H₂) sebagai bahan bakar, prosesnya adalah membakar bahan bakar yang telah dibakar gas dengan O₂ sehingga menimbulkan nyala api dengan suhu yang dapat mencairkan logam induk dan logam pengisi.

2. Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan:

A. Waktu dan Tempat

Desain dan pembuatan telah dilakukan pada bulan maret 2014 dilaboratorium Teknologi Mekanik Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

3. Alat dan Bahan

A. Alat

a. Mesin

- 1.Mesin bubut untuk membubut poros
- 2.Mesin las untuk menyambung bagian rangka mesin
- 3.Mesin gerinda untuk memotong rangka dan plat
- 4.Mesin bor untuk melubangi rangka profil

b.Peralatan

- 1.Mistar untuk mengukur bahan sebelum dipotong
- 2.Kongkol penggores untuk melakukan penggoresan pada lembaran plat
- 3.Ragum untuk menjepit benda kerja
- 4.Gergaji untuk memotong bahan.

B. Bahan

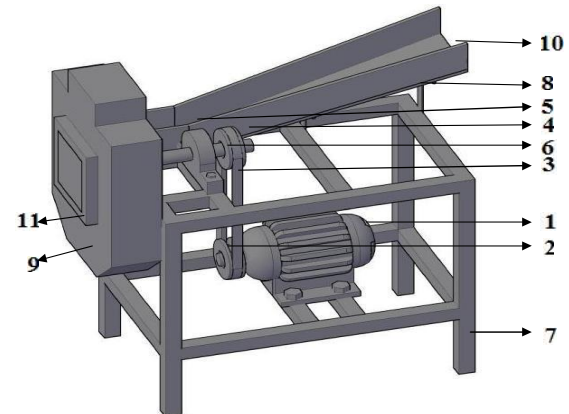
- a.Baja Profil L: Sebagai bahan pembuatan rangka mesin
- b.Poros: Meneruskan putaran dari motor ke pisau
- c.Pelat besi: Sebagai bahan untuk membuat casing
- d.Bearing: Untuk mengurangi getaran pada saat poros berputar
- e.Motor Penggerak: Untuk memutar pisau pada mesin pencacah
- f.Baut dan Mur M12 : Sebagai bahan untuk menyatukan rangkaian mesin
- g.Elektroda:Sebagai bahan las untuk melakukan pengelasan

4. Prosedur desain dan pembuatan

- a.Menggambar layout desain mesin pencacah
- b.Menghitung komponen-komponen mesin
- c.Menyediakan alat dan bahan
- d.Memotong bahan yang berupa rangka profil atau besi plat sesuai dengan gambar desain.
- e.Membentuk bagian bagian rangka dengan pengelasan, dan bagian mesin lain dengan pembubutan.

f.Merakit/menyatukan keseluruhan bagian mesin yang telah dibentuk menjadi satu sesuai dengan hasil desain.

g.Melakukan pengujian terhadap mesin.



Gambar 5. *Mesin pencacah rumput gajah*

Keterangan gambar:

- 1.Motor
2. Puli I
3. V-belt
4. Poros
5. Bearing
6. Puli II
7. Rangka
8. Dudukan saluran masuk makan
9. Saluran keluar hijauan
10. Saluran masuk rumput gajah
11. Casing perajang

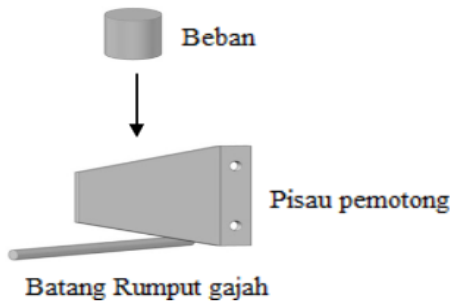
5. Hasil dan Pembahasan:

A. Perhitungan

1. Menghitung gaya potong

Gaya potong adalah data yang harus diketahui untuk memulai perhitungan pembuatan mesin pencacah rumput gajah selanjutnya perhitungan akan menggunakan gaya potong rumput gajah ini. Sesuai dengan pendekatan pragmatis yang di gunakan,di lakukan uji potong pada rumput gajah dengan beberapa kali percobaan sederhana sehingga diperoleh data yang dapat digunakan dalam perhitungan.Caranya dengan meletakkan pisau dengan arah vertikal setinggi 1 meter. Sebelumnya beban yang dijatuhkan ditimbang terlebih dahulu menggunakan neraca untuk mengetahui beban potong rumput gajah tersebut. Batang rumput gajah yang dipilih

adalah bagian pangkal sebab paling besar dan keras, dengan rata-rata diameter batang 2,5 cm



Gambar 6:..Analisa Gaya Potong Hijauan

Percobaan	Beban (kg)	Status
I	1,57	Terpotong
II	1,55	Terpotong
III	1,54	Terpotong
IV	1,53	Tidak Terpotong sempurna

Tabel : 1 Percobaan Gaya Potong

Pada Rumput Gajah (gaya potong untuk satu batang rumput)

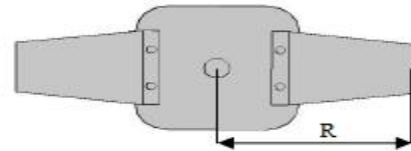
Hasil dari percobaan gaya potong terhadap batang rumput gajah di atas diketahui gaya potong maksimal (F) adalah 1,54 kg atau 154 gram = 15 Newton. Dalam sekali pencacahan, mesin pencacah rumput gajah dapat memotong 5 batang rumput sekaligus jadi total gaya potong rumput gajah dalam sekali potong adalah 7,7 kg.

2. Menghitung daya rencana

Berdasarkan perhitungan gaya potong rumput gajah yang telah diketahui maka selanjutnya bisa diperkirakan daya rencana yang dibutuhkan. Untuk menghitung daya rencana (P), terlebih dahulu dihitung torsi yang dihasilkan dari gaya potong rumput gajah yang terjadi (T) yaitu:

$$T = F \times R \dots\dots\dots$$

Keterangan: F = gaya potong rumput gajah
R = jari jari lingkaran perajangan



Gambar 7. Jari-jari lingkaran perajangan

$$T = 7,7 \text{ kg} \times 230 \text{ mm} = 1771 \text{ kg.mm}$$

Setelah torsi diketahui selanjutnya kita melakukan percobaan untuk mengetahui putaran perajangan yang di butuhkan untuk mencapai kapasitas mesin 200 kg/jam.

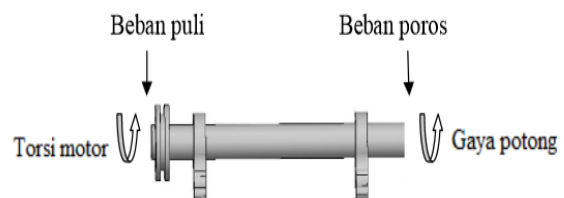
Batang	Berat
I	0,0021 kg = 2,1 gram
II	0,0020 kg = 2 gram
III	0,0019 kg = 1,9 gram
IV	0,0018 kg = 1,8 gram

Tabel II Berat rata-rata batang rumput gajah yang sudah di potong

Jadi rata-rata berat rumput gajah adalah 2 gram atau 0,0020 kg. Dalam sekali potong, saluran masuk dapat memuat 5 batang sekaligus rumput gajah, hasil potong rata-rata 2 cm dengan berat satuan 2 gram atau berat total mencapai 10 gram = 0,01 Kg dalam sekali potong.

3. Perencanaan Poros

Poros ini memiliki panjang 314 mm dengan ditopang oleh dua buah bearing dengan jarak 90 mm dan 84 mm dari tiap ujung poros (Gambar 7).



Gambar 8. Analisa gaya-gaya pada poros

pada gambar 7 di atas terlihat bahwa poros bagian torsi motor lebih panjang dibandingkan bagian poros gaya potong.

Hal ini dikarenakan poros bagian gaya potong tidak boleh lebih panjang dari poros torsi motor (tempat pully dan *v belt*) karena dapat mengakibatkan getaran saat poros berputar pada kecepatan tertentu.

a. Faktor koreksi

Daya yang ditransmisikan	Fc
-Data rata-rata yang diperlukan	1,2 - 2,0
-Data maksimum yang diperlukan	0,8 – 1,2
-Daya normal	1,0 – 1,5

Tabel III. Jenis jenis faktor koreksi berdasarkan daya yang ditransmisikan

Sumber: *Sularso & Kiyokatsu Suga (1991)*

b. Daya rencana untuk penghitungan poros

$$P_d = f_c \cdot P$$

$$= 1,2 \cdot 0,600$$

Fc 1,2 karena p merupakan daya output (Sularso,1991) = 0,720 kW

c. Momen puntir rencana

$$k_t = 9,74 \times 10^{-4} n_1$$

$$= 9,74 \times 10^{-4} \cdot 2125$$

$$= 2125 \text{ kgmm}$$

d. Tegangan Geser yang diijinkan

Bahan poros pada mesin perajang ini menggunakan ST 50 dengan kekuatan tarik (τ_t) = 62 kg/mm² (tabel JIS G3123) dan sesuai dengan standar ASME dengan bahan SC maka faktor keamanan yang diambil S_f adalah 6,0.

Ditinjau dari apakah poros akan diberi alur pasak atau dibuat bertangga (karena pengaruh konsentrasi tegangan yang cukup besar), dan pengaruh kekasaran permukaan yang juga perlu diperhatikan mempunyai harga sebesar 1,3 sampai 2,0.

e. Diameter Poros

$K_t = 2,0$ karena dikenai kejutan besar

$C_b = 2,0$ karena diperkirakan terjadi pembebanan lentur

Diameter Poros

$$d \geq 20,3 \text{ mm}$$

Disesuaikan dengan bantalan yang tersedia di pasaran, yaitu $d_s = 20 \text{ mm}$

4. Perencanaan Bantalan

Berdasarkan diameter poros 20 mm, maka jenis bantalan yang sesuai untuk digunakan dalam mendesain mesin pencacah rumput gajah ini adalah bantalan gelinding dengan nomor bantalan 6304ZZ, ukuran diameter dalam (d) = 30 mm, diameter luar (D) = 52 mm, lebar (B) = 15 mm, jari jari bola (r) = 2mm

b. Beban Aksial

$F_a = 0$, Karena tidak ada pembebanan yang

a. Beban Radial (F_r)

$$F_r = W_{Pisau} + W_{Puli} + W_{Sabuk} + F_{Sabuk}$$

$$\text{Dimana : } F_{Sabuk} = \frac{k_t}{R_{puli 2}} = \frac{2125}{37,9} = 56,06$$

$$\text{Maka : } F_r = 1,4 \text{ kg} + 0,3 \text{ kg} + 0,15 + 56,06$$

$$= 57,91 \text{ kg}$$

terjadi secara horizontal.

c. Beban Ekuivalen

Menurut Sularso-Kiyokatsu suga (1991)

jika $\frac{F_a}{V \times F_r}$ lebih kecil dari e maka,

$V \times F_r$ lebih kecil dari e maka

$$X=1, Y=0$$

$$= (1 \times 57,91) + (0 \times 0)$$

$$= 57,91 \text{ Kg}$$

d. Umur Nominal Bantalan

$$= 1318 \text{ Juta putaran}$$

$$= 10$$

$$= 73239 \text{ Jam}$$

5. Daya motor penggerak

Maka sesuai dengan perhitungan, motor penggerak yang cocok digunakan untuk mengoperasikan mesin pencacah rumput

gajah ini adalah $P_m > 0,763$ kW, serta untuk memutar pisau 330 rpm. Kami memilih motor dengan daya 1,5 HP atau 1,1 kW dengan pertimbangan bahwa efisiensi motor yang kami gunakan hanya berkisar 80% dari daya motor. Berarti daya maksimal yang dapat dikeluarkan motor yaitu berkisar 0,881 kW yang berarti sudah cukup untuk menggerakkan seluruh sistem mesin untuk mencapai kapasitas yang diinginkan.

6. Perencanaan Puli

Sistem transmisi yang ada akan menurunkan kecepatan putaran poros dari 450 rpm menjadi 300 rpm sesuai dengan kebutuhan mesin. Mekanisme yang bekerja pada sistem transmisi ini berawal dari motor bensin di transmisikan ke puli 1 yang kemudian menggunakan belt ditransmisikan ke puli 2 yang selanjutnya didistribusikan ke poros yang akan memutar pisau.

$$\frac{D_{pm}}{D_p} = \frac{n_{poros}}{n_{motor}}$$

Dimana :

$D_{pm} = 50,08$ mm (diameter puli motor sudah diketahui)

$n_{poros} =$ Putaran poros = 330 rpm

$n_{motor} =$ Putaran Motor = 450 rpm

Jadi puli yang digunakan untuk mentransmisikan putaran 500 rpm menjadi 330 rpm $D_{p1} = 50,08 \approx 2$ inch dan $D_{p2} = 68,6 \approx 3$ inch.

7. V-belt

V-belt akan digunakan untuk mereduksi putaran dari putaran mesin sebesar 450 rpm. Dengan variasi beban cukup tinggi dan diperkirakan waktu kerja mesin berkisar 3-5 jam sehari maka faktor koreksinya (f_c) adalah 1,5

2). Puli yang digunakan berukuran $D_{p1} = 50,08 = 2''$ dan $D_{p2} = 75,8 = 3''$ dengan jarak antar pusat poros (c) sebesar 429 mm. Dari hasil perancangan mesin pencacah rumput gajah ini didapat kecepatan putaran

pencacahan 330 rpm untuk mencapai kapasitas pencacahan 200kg/jam. Daya mesin yang dibutuhkan untuk menggerakkan mesin dengan kapasitas 200 kg/jam adalah $> 0,673$ kW. Hasil pengujian menghasilkan rumput gajah tercacah dengan panjang rata-rata 2 cm.

Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

Hasil desain dan pembuatan mesin pencacah rumput gajah untuk pakan ternak didapat kesimpulan sebagai berikut:

- 1 Metode yang digunakan mesin ini adalah pemotongan tunggal dengan 2 buah pisau.
2. Desain pisau menggunakan pisau mesin pemotong rumput yang dimodifikasi dan dipertajam, dengan sudut kemiringan mata pisau 24° .
3. Gaya potong rumput gajah yang didapat dari uji gaya potong adalah 1,54 kg.
4. Sistem transmisi mesin perajang rumput gajah pakan ternak ini meneruskan putaran motor sebesar 450 rpm.
5. Komponen transmisi berupa 2 buah puli dimana puli poros berdiameter 68,8 mm dan puli motor berdiameter 50,08 mm,
6. Sabuk yang digunakan adalah *V-belt* type A- 40.
7. Poros yang digunakan berdiameter 20 mm dengan bahan ST 50.
8. Desain mesin perajang rumput gajah untuk pakan ternak ini membutuhkan daya 0,763 kW
9. Untuk menghasilkan kapasitas mesin yang direncanakan, maka digunakan motor dengan daya 1.5 HP (1,1 kW)
10. Hasil dari uji kinerja memperlihatkan bahwa mesin bekerja cukup baik.
11. Dari hasil perancangan mesin pencacah rumput gajah ini didapat kecepatan putaran pencacahan 330 rpm untuk mencapai kapasitas pencacahan 200kg/jam. Daya mesin yang dibutuhkan untuk menggerakkan mesin dengan kapasitas 200kg/jam adalah $> 0,673$ kW. Hasil pengujian menghasilkan

rumput gajah tercacah dengan panjang rata-rata 2 cm.

2.Saran

Desain mesin pencacah rumput gajah ini masih dengan kapasitas yang kecil. Oleh karena itu, untuk dapat menyempurnakan rancangan mesin ini diperlukan adanya pemikiran yang lebih jauh dengan segala pertimbangannya. Saran kami bagi yang ingin melakukan pengembangan terhadap alat yang telah kami buat, mungkin dapat mendesain alat yang memiliki kapasitas lebih besar daripada yang telah kami buat.

Daftar Pustaka

- [1] Anonim, 1983. **Rumput Gajah Makanan Ternak Potong, Kerja dan Perah**. Kanisius, Yogyakarta.
- [2] Anonim, 1992. **Laporan Lima Tahunan Puslitbang Peternakan**. Puslitbang Peternakan Jawa Barat, Jawa Barat.
- [3] Harsokusoemo, Darmawan, (1999). **Pengantar Perancangan Teknik**. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Jakarta.
- [4] M.Z., Emrizal, 2006. **Membaca dan Memahami Gambar Teknik Mesin**. Yudhistira, Bogor.
- [5] Mott, Robert L., Rines, 2009. **Elemen-Elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis(terjemahan)**. Andi, Yogyakarta:
- [6] Niemann, G., Joko Darmanto, 1999. **Elemen Mesin (terjemahan)**. Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- [7] Sugeng, Bambang Y., 1993. **Sapi Potong**. Penebar Swadaya, Jakarta.
- [8] Sularso, Kiyokatsu Suga, (2002). **Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin**. Pradnya Paramita, Jakarta.