DESAIN DAN UJI KINERJA MESIN PENCACAH RUMPUT GAJAHTIPE REEL

Design and Test Performance Of Cutter Machines Reel Type for Elephant Grass

Wahyu K Sugandi¹⁾, Asep Yusuf¹⁾, Muhammad Saukat¹⁾

1)Departemen Teknik Pertaniandan Biosistem, FTIP, Universitas Padjajaran Jalan Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor 40600 Email: sugandiwahyu@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan rumput gajah untuk pakan ternak di daerah Lembang terus meningkat tetapi panjang potongan masih ada yang diatas 5 cmpadahal standar untuk silase (pakan ternak) mempunyai ukuran potongan rumput 1-5 cm. Penelitian ini yaitu metode rekayasa dengan tahapan penelitian sebagai berikut: (1) Pengukuran karakteristik rumput gajah, (2) Analisis desain mesin pencacah rumput gajah yang meliputi desain silinder pisau pencacah, desain hoper, rangka dan sistem transmisi (3) Pembuatan prototipe mesin pencacah rumput gajah, (4) Uji fungsional mesin pencacah rumput gajah (5) Uji kinerja mesin pencacah rumput dan (6) Pengukuran panjang potongan rumput.Hasil penelitian menunjukkan bahwa rumput gajah memiliki rata – rata panjang daun 99,4 cm, lebar daun 2,65 cm, tebal daun 0,23 cm, berat daun 7,8 gram.Mesin hasil rancangan memiliki dimensi panjang 800 mm, lebar 750 mm dan tinggi 104 mm. Daya yang dibutuhkan untuk mencacah rumput gajah adalah 1,6 kW dan kapasitas mesin adalah 1988 kg/jam. Panjang hasil pemotongan terhadap rumput gajah adalah 1 – 3 cm.

Kata Kunci : Rumput Gajah, Uji Kinerja Mesin, Daya Pemotongan

ABSTRACT

Demand with grass forage at Lembang has been increasing. But the quality did not yet to needs of cutting fodder where long pieces of shredded result there are more than 5 cm. Therefore there was needs to be a studied of technology cutting of elephant grass in accordance with SNI standard. The purpose of this research was developed a machine capable of chopping grass with a precision cutting mechanism at the level of the required size (1-5 cm). The method used in this research was the method of engineering with research stages as follows: (1) Measurement characteristics of elephant grass, (2) design analysis elephant grass covering chopper blade cylinder design include design hoper, chassis and transmission systems (3) The built machine chopper (4) functional test machine (5)test performance machine and (6) length measurement Tests on engine design results showed that the physical characteristics of grass measurement results obtained the following data: average - the average length of 99.4 cm leaf, leaf width 2.65 cm, 0.23 cm thick leaves, leaf weight 7.8 grams. The dimensions of the machine were the length of 800 mm, width 750 mm and height of 104. Power needed for chopped cane was 1.6 kW and machine capacity was 1988 kg / hr. The length of the grass cutting results was 1-3 cm.

Keyword: Grass elephant, Test Performance Machine, Cutting Power

Diterima: 23 Juni 2016; Disetujui: 15 Agustus 2016; Online Published: 31 Oktober 2016

PENDAHULUAN

Hijauan Makanan Ternak (*Forages*) merupakan pakan utama ternak serta

merupakan dasar dalam usaha pengembangan peternakan terutama untuk ternak ruminansia termasuk didalamnya sapi perah, sapi potong (pedaging). Untuk meningkatkan produktivitas ternak, salah satu faktor penting yang harus diperhatikan adalah penyediaan pakan hijauan sepanjang tahun baik kualitas dan kuantitas yang cukup agar pemenuhan kebutuhan zat-zat makanan ternak untuk mempertahankan kelestarian hidup dan keutuhan alat tubuh ternak (kebutuhan hidup pokok) dan tujuan produksi (kebutuhan produksi) dapat berkesinambungan. Hal ini dimungkinkan bila kita mampu mengelola strategi penyediaan pakan hijauan baik rumput maupun legum.

Indonesia, dengan kondisi iklim dan tanah yang subur, membuat peternak tidak pernah memikirkan dan merencanakan penyediaan pakan hijauan yang cukup baik kualitas maupun kuantitasnya. Sebagian besar peternak umumnya belum memiliki lahan yang cukup untuk budidaya hijauan, bahkan ada yang tidak memiliki lahan kebun rumput. Keterbatasan lahan untuk penanaman hijauan merupakan kendala bagi peternak. Disamping itu para peternak belum mengupayakan lahan kebun rumputnya dikelola secara baik dan sehingga produktivitasnya efektif belum optimal.

Produksi dari kebun rumput bila dipelihara secara optimum pada bulan basah akan menghasilkan hijauan yang maksimum, tetapi hasil ini perlu ditangani secara baik dan benar untuk dijadikan cadangan pada musim sehingga dapat memenuhi kemarau. kebutuhan hijauan untuk ternaknya baik secara kuantitas maupun kualitas. Hal ini dapat dilakukan jika sistem pengelolaan penyediaan hijauan dari pemotongan kemudian pencacahan dan diberikan langsung kepada ternak atau disimpan terlebih dahulu di gudang hijauan baru diberikan kepada ternak. Perubahan ini tidak mudah tetapi jika dicoba akan memberikan hasil yang efisien dan efektif dengan memfungsikan gudang pakan sebagai sentral manajemen pakan. Pada lingkup gudang pakan inilah perencanaan pakan peternak bermula, dari mulai panen hijauan hingga prosesing hijauan untuk persediaan dimusim sulit pakan. Salah satu sistem penyediaan hijauan pengelolaan adalah dengan cara pembuatan silase. Silase adalah pakan yang telah diawetkan yang diproduksi atau dibuat dari tanaman yang dicacah, pakan hijauan, limbah dari industri pertanian dan lainlain dengan kandungan air pada tingkat tertentu yang diisikan dalam sebuah silo. Salah satu syarat dalam pembuatan silase adalah hijauan dalam hal ini adalah rumput gajah telah tercacah dengan baik dengan ukuran 1 – 5 cm setelah itu lalu dimasukkan kedalam silo yang dicampurkan dengan dedak dalam kondisi anaerob selama 21 hari untuk proses fermentasi.

Data yang diperoleh dari Perum Perhutani KPH Bandung Utara pada bulan Desember 2011 kebutuhan hijauan makanan ternak mencapai 600 ton/hari. Kebutuhan ini merupakan kebutuhan para peternak sapi yang tergabung dalam Koperasi Peternak Sapi Bandung Utara (KPSBU). Mengingat besarnya kuantitas rumput yang akan dicacah, kegiatan pencacahan hanya mungkin dilakukan dengan mekanisasi. Spesifikasi mesin pencacah juga harus memenuhi kebutuhan dan kondisi peternak sapi yang ada di Indonesia. Beberapa penelitian berhubungan yang seperti Mekanisme dengan pencacahan Pemotong Rumput Tipe Rotary (Suharyatun, 2002), Rancang Bangun Perajang Tembakau (Supriyadi, 2011), Alat Pencacah Kompos (Sudrajat, 2006), **Analisis** Mekanisme Pemotongan Pelepah dan Tandan Sawit (Yazzid,2003) telah dilakukan tetapi penelitian yang khusus mengenai pencacah rumput gajah dengan menggunakan pisau tipe reel ada. Sehingga perlu dilakukan belum pencacahan penelitian tentang teknologi rumput gajah.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun dan mengkaji kinerja mesin pencacah rumput gajah yang meliputi rancangan fungsional, desain mesin rancangan struktual, kapasitas mesin, daya pemotongan, kecepatan putar (rpm) dan hasil pemotongan. Sedangkan panjang kegunaan dari penelitian ini diharapkan dapat mambantu para peternak terutama kualitas cacahan rumput gajah yang dibutuhkan oleh ternak.

METODOLOGI PENELITIAN

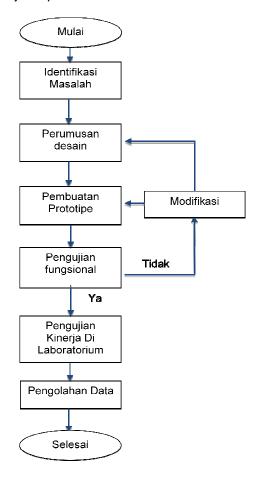
Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumput gajah, benda kerja berupa besi siku, poros, plat, dan besi behel. Peralatan

yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan kerja bengkel, timbangan digital, timbangan gantung, stopwatch, tachometer, soundlevel meter, vibration meter, clampmeter, sabuk dan puli, bearing, oven dan motor listrik.

Tahapan Penelitian

Adapun Tahapan penelitian seperti yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

- a. Identifikasi masalah. Permasalahan yang dihadapi oleh peternak sapi di daerah Lembang adalah masalah kualitas rumput gajah untuk pakan ternak. Hal ini disebabkan panjang potongan rumput gajah yang belum memenuhi standar SNI yaitu sekitar 1 – 5 cm.
- Perumusan disain. Berdasarkan masalah yang ada kemudian dirumuskan kriteria mesin pencacah yang sesuai dengan kebutuhan. Setelah kriteria perancangan

- ditetapkan kemudian proses perancangan yang dimulai dengan perancangan fungsional, bentuk dasar mesin dan melakukan analisa teknik untuk menentukan komponen komponen mesin.
- Pembuatan mesin. Pembuatan mesin dan uji kinerja dibuat di Bengkel Bahagia Jaya dan Laboratorium Alat dan Mesin Pertanian, FTIP, UNPAD.
- d. Pengujian fungsional. Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah mesin dapat berfungsi atau melakukan tugas yang diinginkan atau tidak. Bila ya maka dilanjutkan pada uji kinerja mesin, bila tidak maka dilakukan modifikasi mesin.
- e. Modifikasi. Hal ini dilakukan bila terdapat ketidaksesuaian antara rancangan funsional dengan operasional mesin pada saat dijalankan.
- f. Uji Kinerja Mesin. Kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui spesifikasi dari mesin itu sendiri. Seperti kapasitas, tingkat getaran mesin, tingkat kebisingan, daya pemotongan dan lain – lain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kriteria Rancangan

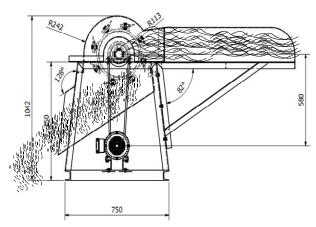
- Kapasitas Mesin pencacahan yang direncanakan adalah 300 – 500 kg/jam. Hal ini di dasarkan atas kebutuhan pakan ternak akan rumput gajah hingga mencapai 600 ton/bulan
- 2. Mekanisme Pemotongan menggunakan tipe reel mengingat sifat rumput gajah yang liat dan *bulky*.
- Jumlah pisau yang dipasang pada reel adalah sebanyak 8 buah dengan harapan dapat memotong rumput gajah hingga panjang potongan 1 – 5 cm.

Proses Pencacahan Rumput Gajah

Secara umum proses pencacahan (Gambar 2) dimulai dengan memasukkan rumput gajah kedalam hoper dengan cara didorong secara manual oleh tangan.

Silinder pencacah berputar searah jarum jam kemudian mengambil dan mencacah rumput gajah kedalam pisau pencacah yang akhirnya bahan dikeluarkan melalui unit pengeluaran sudah berbentuk potongan – potongan kecil.

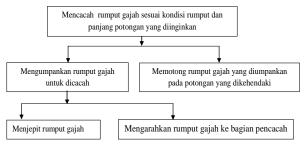
Pada bagian pencacah inilah diharapkan rumput gajah dapat memotong rumput gajah hingga panjang potongan 1-5 cm.



Gambar 2. Mekanisme Gerakan mesin

Rancangan Fungsional

Fungsi utama dari pencacahan rumput gajah adalah untuk mencacah rumput gajah sesuai kondisi rumput gajah dan panjang potongan yang diinginkan. Untuk memenuhi fungsi utama maka diperlukan fungsi penunjang yaitu mengumpankan rumput gajah untuk dicacah dan memotong rumput gajah yang diumpankan dengan panjang potongan yang dikehendaki. Pada fungsi pengumpanan diperlukan fungsi menjepit rumput gajah dan pengarah rumput gajah sehingga rumput gajah bisa masuk ke bagian silinder pencacah seperti yang disajikan pada Gambar 3.



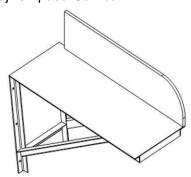
Gambar 3.Skema Rancangan Fungsional

Desain dan Uji Kinerja Mesin Pencacah Rumput Gajah Untuk Pakan Ternak

Hasil rancang bangun dan uji kinerja mesin pencacah rumput gajah untuk pakan ternak dengan menggunakan pisau tipe reel dibagi menjadi 4 bagian yaitu Rancangan Unit Pemasukkan Bahan, Rancangan Unit Pencacahan Bahan, Rancangan Sistim Transmisi dan Rancangan Unit Rangka Mesin. Setelah rancangan keempat unit mesin tersebut selesai maka kemudian digabung menjadi satu kesatuan mesin dengan harapan dapat menghasilkan cacahan rumput gajah dengan panjang potongan berkisar antara 1 – 5 cm

Rancangan Unit Hoper

Unit pemasukkan (hopper) merupakan bagian dari mesin pencacah yang berfungsi untuk memasukkan rumput gajah kedalam silinder pencacah. Pengumpanan rumput gajah dilakukan secara manual dengan arah horizontal. Adapun posisi operator adalah sebelah kanan mesin dengan tujuan agar tidak terkena percikkan hasil cacahan rumput gajah. Spesifikasi dari hopper adalah panjang 1000 mm lebar 400 mm dan tinggi 550 mm seperti yang disajikan pada Gambar 4

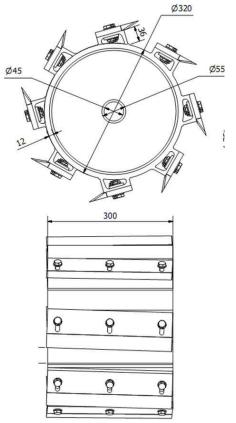


Gambar4. Desain Hopper

Rancangan Unit Pencacah

Pisau yang dipakai adalah pisau tipe reel yang ditempatkan pada dudukan pisau yang berbentuk silinder yang berfungsi sebagai pemotong rumput gajah. Tipe ini dipakai karena sifat rumput gajah yang liat dan bulkydengan harapan hasil potongannya bisa merata. Pada konstruksi silinder pencacah, pisau bergerak (movable blade) dipasang sebanyak 8 buah dan pisau diam (stasioner blade) dipasang sebanyak 1 buah. Bahan pisau terbuat dari bahan baja yang dikeraskan (heat treatment). Posisi pisau bergerak (movable) ditempatkan pada silinder berdiameter 320 mm dengan berat silinder 50 kg. Untuk meneruskan sistem transmisi pada rangkaian

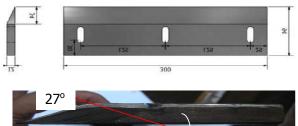
unit pencacah perlu direncanakan diameter poros silinder sehingga sistem pengoperasian pencacahan dapat berjalan dengan baik. Berdasarkan hasil perhitungan diameter poros minimal silinder pencacah adalah 40 mm. Untuk faktor keamanan maka diameter poros silinder yang dipakai adalah 45 mm. Hal ini disesuaikan dengan ukuran yang ada di pasaran. Adapun rancangan diameter poros dan silinder pencacah seperti yang disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain Pisau Pencacah

Posisi penempatan pisau pada silinder pemotong dibuat miring sekitar 3° sehingga diharapkan dapat memotong (*shear*) rumput gajah menjadi ukurun kecil. Cara kerja dari pisau pencacah ini bergerak secara berputar kearah pisau diam (*bedknife*). Mengingat jenis pisau yang dipasang adalah pisau lurus maka ketinggian dudukan pisau antara ujung pisau dibuat tidak sama yaitu 15 mm dan 37 mm. Hal ini dilakukan agar pada saat pemotongan berlangsung titik pisau dari ujung ke ujung dapat bertemu dengan pisau diam dengan

jarak 1 mm. Untuk kepentingan pengujian skala laboratoriun sumber putaran diambil dari motor listrik melalui poros pisau pencacah. Adapun bentuk pisau pencacah seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Posisi Pisau.

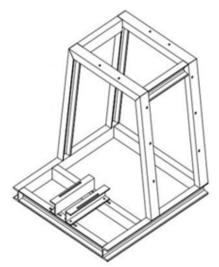
Bentuk pisau dibuat panjang dengan sudut mata pisau adalah 27°, panjang pisau 30 cm, lebar pisau 9.4 cm, ketebalan pisau 1.2 cm dan berat pisau 1,5 kg. Untuk mendapatkan panjang pemotongan 1 cm dengan kecepatan linier rumput gajah pada pengumpanan adalah1.4 m/s, jumlah pisau yang dipasang sebanyak 8 buah maka kecepatan putar yang dihasilkan adalah 1050 rpm.

Analisis Rangka

berfungsi Rangka mesin untuk menopang mesin pencacah rumput gajah secara keseluruhan. Pengukuran dimensi rangka sudah mempertimbangkan aspek eraonomi dan anthropometrik untuk Adapun kenyamanan operator. dimensi rangka mesin pencacah rumput gajah adalah panjang 800 mm, lebar 750 mm dan tinggi 750 mm seperti yang disajikan pada Gambar 7. Bahan baku untuk pembuatan rangka adalah menggunakan besi siku dengan harapan bisa menopang mesin secara keseluruhan dan besi kanal dipasang di bawah rangka selain menahan getaran juga diharapkan dapat menahan beban terutama unit pencacah.

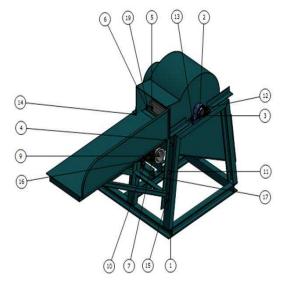
Bagian – bagian komponen tersebut kemudian di rakit dan disambungkan menggunakan mur baut, bantalan, puli dan belt. Hasil rakitan mesin pencacah rumput gajah dapat di bongkar pasang dengan tujuan mudah dalam perawatan bila terjadi kerusakan. Khusus untuk pisau pencacah secara berkala dapat dicopot dan diasah

kembali sesuai kebutuhan.



Gambar 7. Desain Rangka

Secara keseluruhan desain mesin pencacah rumput gajah bila digambar secara isometrik seperti yang dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Rancangan Konstruksi Mesin Pencacah Rumput Gajah

Karakteristik Fisik Rumput Gajah

Pengukuran karakteristik rumput gajah telah dilakukan di laboratorium Alat dan Mesin Pertanian, FTIP Unpad seperti yang disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengukuran Karakteristik Fisik Rumput Gajah

Dari hasil pengukuran terhadap rumput gajah diperoleh data – data seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran Karakteristik Fisik Rumput Gajah

Karakteristik	Rata –	Kisaran
	rata	
Panjang daun (cm)	99,4	63 – 139,8
Lebar daun (cm)	2,65	1,4 - 4,8
Tebal daun (cm)	0,23	0,23
Berat daun (gram)	7,8	4,2 - 11,4

Dari data tersebut diperoleh rata – rata panjang daun adalah 99, 4 cm, lebar daun adalah 2,65 cm, tebal daun adalah 0,23 cm dan berat daun adalah 7,8 gram. Data – data tersebut sangat diperlukan khususnya dalam mendesain mesin pencacah rumput gajah. tebal daun adalah 0.23 cm (2.3 mm) maka jarak antara pisau pemotong rumput gajah tidak boleh lebih dari 2.3 mm.

Bulk Density Rumput Gajah

Pengukuran kerapatan isi (bulk density) rumput gajah dilakukan di Laboratorium Alat dan Mesin Pertanian dengan bantuan bak kayu sebagai pengukur seperti yang disajikan pada Gambar 10.

Berdasarkan hasil pengukuran kerapatan isi rata-rata 157 kg/m³. kerapatan isi akan sangat mempengaruhi mekanisme, pengaliran rumput gajah menuju bagian pencacah. Data tersebut juga bermanfaat untuk menentukan bentuk dan ukuran unit hoper dan unit pencacah serasah tebu.



Gambar 10. Pengukuran Bulk Density

Pembuatan Mesin Pencacah Rumput Gajah

Secara keseluruhan proses pembuatan prototipe mesin pencacah serasah tebu didasarkan pada gambar kerja hasil rancangan. Adapun proses pembuatan dimulai dari pembuatan hoper, pembuatan rangka, silinder pencacah, sistim transmisi, dan lubang pengeluaran. Dengan mengikuti kaidah kaidah dalam mendisain suatu khususnya mesin - mesin pertanian pada akhirnya desain mesin pencacah rumput gajah dapat di pabrikasi. Secara struktural mesin pencacah rumput gajah dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar11. Prototipe Mesin Pencacah Rumput Gajah Dengan Menggunakan PisauTipe Reel

Uji Kinerja Mesin Pencacah Rumput Gajah

Uji kinerja secara stasioner (off farm) terhadap mesin pencacah rumput gajah telah dilakukan dengan bahan umpan adalah rumput gajah. Tujuan utama dalam uji kinerja ini adalah untuk mengetahui kemampuan mengalirkan bahan uji dalam hal ini adalah

rumput gajah sekaligus mencacahnya menjadi potongan – potongan kecil (Gambar 12). Selain itu juga untuk mengetahui kapasitas aktual pada mesin tersebut dan hasil cacahannya.



Gambar 12. Proses Pengujian Mesin Pencacah Rumput Gajah

Berdasarkan hasil pengukuran kapasitas aktual mesin rumput gajah adalah 1988 kg/jam. Waktu yang diukur pada saat pengujian dimulai dari rumput gajah masuk hoper kemudian diteruskan pada bagian pencacah dan akhirnya keluar pada bagian pengeluaran. Tetapi panjang potongan dari rumput gajah masih jauh dari harapan lebih dari 4 cm dan hasil potongannya tidak seragam. Hal ini dikarenakan pemotongan dari pisau pemotong tidak seragam, jarak antara pisau yang bergerak dengan pisau diam kurang rapat sekitar 1 - 2 Untuk mendapatkan mm. hasil yang diharapkan telah dilakukan perbaikan khususnya pada sudut pemotongan yang diseragamkan sebesar 3°. memperbaiki kerapatan antara pisau bergerak dengan pisau diam dengan jarak 0.5 mm. Adapun untuk pengukuran daya pencacahan, kecepatan putar tingkat kebisingan dan tingkat getaran seperti yang disajikan pada Tabel 2. Yang menjelaskan bahwa daya untuk mencacah rumput gajah adalah 1,4 kW. Kecepatan putar menurun sekitar 942 rpm karena ada beban. Tingkat kebisingan dan tingkat getaran menaik ketika rumput gajah dimasukkan kedalam mesin pencacah rumput tetapi nilai tersebut masih dibawah ambang batas yang disarankan oleh KEPMENAKER yaitu 80 dB.

Tabel 2. Data Pengujian Mesin Pencacah Rumput Gajah

Item Penguj	ian	Beban Kosong	Beban
Kapasitas M (Kg/jam)	lesin	-	1988
Daya M Pencacah (kW	lesin)	0,2	1,4
Kecepatan F (RPM)	Putar	1003	942
Tingkat Get (mm/s)	aran	3,35	18,23
Tingkat Kebisingan (dE	3)	78,11	78,91

Hasil Potongan Rumput Gajah

Jika dilihat secara keseluruhan terhadap hasil pemotongan rumput gajah. Maka terlihat bahwa pemotongan terhadap rumput gajah dengan menggunakan mesin pencacah rumput gajah tipe *reel* mendapatkan hasil potongan yang cukup rapih dan seragam. Adapun beberapa daun yang tidak tercacah disebabkan daun tersebut berbentuk pipih dan biasanya melilit pada silinder pencacah. Hasil cacahan rumput gajah pada mesin pencacah dapat dilihat pada Gambar 13



Gambar 13. Hasil Pemotongan Rumput Gajah

Adapun hasil pemotongan serasah setelah posisi pisau diperbaiki yaitu berkisar antara 1 - 3 cm mendekati perhitungan secara teoritis seperti yang terlihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Panjang Potongan Rumput Gajah

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Karakteristik fisik dari rumput gajah hasil pengukuran diperoleh data sebagai berikut: rata - rata panjang daun 99,4 cm, lebar daun 2,65 cm, tebal daun 0,23 cm, berat daun 7.8 gram. Kerapatan isi(bulk density) rumput gajahadalah 157 kg/m³ dengan kadar air bahan 81,1%. Dimensi mesin adalah panjang 800 mm, lebar 750 mm dan tinggi 1042. Jumlah pisau sebanyak 8 buah. Sistem transmisi menggunakan belt dan puli dengan ratio reduksi 1:1,4 dari motor penggerak ke unit pencacah. Kapasitas Mesin adalah 1988 Kg/jam. dibutuhkan Daya yang untuk mencacah serasah tebu adalah 1,6 kW. Tingkat getaran mesin 18,23 mm/s. Tingkat kebisingan mesin 78,11 dB. Panjang rata - rata pemotongan yang dihasilkan antara 1 – 3. cm.

Saran

Untuk mendapatkan hasil potongan yang optimal disarankan untuk menggunakan pisau tipe helix. Perlu adanya tingkat clearance yang bisa diatur antara pisau diam (bed knife) dengan pisau bergerak.

DAFTAR PUSTAKA

Abbas.1996. Usaha Ternak Sapi. Kanisius. Yogyakarta

Anonimous. 2001. Pengawetan Hijauan Pakan Ternak (Silase). Proyek Peningkatan Sapi Perah Dirjen Peternakan – JICA Japan. Dinas Peternakan Jawa Barat

- Hunt, D. 1983. Farm Power and Machinery Managemet 8th Ed. Iowa State University Press Ames, Iowa.
- Khurmi, R.S. 2002. Strength of Materials. S Chand & Company Ltd. Ram Nagar, New Delhi.
- Persson, Sverker. 1987. Mechanics of Cutting Plant Material. An ASAE Monograph Number 7 in a series published by American Society of Agricultural Engineers. Michigan
- Srivastava.1993 Engineering Prinsiple of Agricultural Machine.ASAE Textbook Number 6 Published by American Society of Agricultural Engineers.

- Sitkey, G. 1986. Mechanics Of Agricultural Matrial. Elsevier, Amsterdam.
- Sakai, RG Sitompul, E.Namaken, Radite PAS, N Suastawa. 1998. Traktor 2 Roda. Laboratorium Alat dan Mesin Budidaya Pertanian. Jurusan Teknik Pertanian Fateta IPB Bogor.
- Sudrajat. 2006. Mengelola Sampah Perkotaan. Penebar Swadaya. Jakarta
- Suharyatun. 2002. Mekanisme Pemotong Rumput Tipe Rotary. (Tesis). Sekolah Pasca Sarjana IPB. Bogor
- Supriyadi. 2011. Rancang Bangun Perajang Tembakau (Skripsi). Institut Teknologi Surabaya