



## Analisis Tekno-Ekonomi Mesin Pencacah Hijauan (*Chopper*) Tipe Vertikal di Kelompok Tani Harapan Sejahtera Aie Pacah dengan Perlakuan Ragam Bahan Uji

Santosa<sup>1\*</sup>, Iriwad Putri<sup>2</sup>, Fahmi Fitrio Fauzi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas

<sup>2</sup> Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai analisis tekno-ekonomi mesin pencacah hijauan (*chopper*) tipe vertikal di kelompok tani Harapan Sejahtera Aie Pacah dengan perlakuan ragam bahan uji. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis teknis dan analisis ekonomi mesin pencacah (*chopper*) tipe vertikal dengan perlakuan ragam bahan uji yaitu rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung. Pengamatan analisis teknis yang dilakukan adalah kapasitas kerja mesin, perubahan frekuensi putaran poros motor penggerak dan poros pencacah, konsumsi bahan bakar, daya mesin, torsi motor, tingkat kebisingan mesin, kecepatan angin keluaran, dan hasil cacahan terbaik mesin. Pengamatan analisis ekonomi yang dilakukan adalah biaya pokok dan titik impas mesin. Pengamatan mesin pencacah menggunakan 3 ragam bahan uji, didapatkan hasil bahwa ragam bahan uji berbeda nyata terhadap kapasitas kerja, frekuensi putaran, debit bahan bakar, daya motor, torsi motor, tingkat kebisingan, dan titik impas mesin. Didapatkan nilai kapasitas kerja mesin menggunakan bahan rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung secara berurutan yaitu 1302 kg/jam dengan rendemen 86,9 %; 1380,8 kg/jam dengan rendemen 92,1 %; dan 1412 kg/jam dengan rendemen 94,1 %. Nilai biaya pokok mesin untuk rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung secara berurutan adalah Rp 45,05/kg; Rp 43,3/kg; dan Rp 42,58/kg.

### KATA KUNCI

Mesin pencacah hijauan (*chopper*); pakan hijauan; ragam bahan uji; analisis teknis; analisis ekonomi

### PENULIS KORESPONDEN

Alamat e-mail penulis koresponden: [santosa@ae.unand.ac.id](mailto:santosa@ae.unand.ac.id)

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris dengan kemampuan lingkungan dalam mendukung perkembangbiakan dan pertumbuhan tumbuhan, dan hewan yang beragam. Dengan kemampuan tersebut, pertanian dan peternakan menjadi suatu sektor yang mendominasi dalam menjadi sumber pendapatan penduduk Indonesia, baik sebagai petani maupun peternak. Menurut dalam buku Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan 2021, terlihat bahwa populasi ternak mengalami peningkatan pada tahun 2020 dibandingkan tahun 2019, dengan populasi sapi potong sebesar 17,4 juta ekor atau meningkat 3,01 persen, sapi perah 568 ribu ekor atau meningkat 0,53 persen, kerbau 1,2 juta ekor atau meningkat 1,80 persen, dan kuda 384,1 ribu atau meningkat 2,55 persen. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya tingkat produksi hewan ternak, maka diperlukan peran teknologi dalam peternakan untuk mengoptimalkan tingkat produksi yang dilakukan.

Pakan merupakan menjadi salah satu faktor yang menentukan tingkat keberhasilan peternakan sapi. Para peternak menggunakan pakan campuran beberapa jenis pakan hijauan, campuran pakan hijauan dengan bahan lain seperti konsentrat, maupun hanya memberi satu jenis pakan hijauan. Diperlukan proses pengecilan ukuran hijauan sebelum diberikan kepada hewan ternak, agar mempermudah proses pencernaan dan penyerapan nutrisi yang dibutuhkan ternak. Dengan menggunakan mesin pencacah (*chopper*) dapat membantu peternak dalam mengoptimalkan pakan ternaknya, namun perlu juga diperhatikan tingkat efisiensi dan keamanan operator dalam penggunaan mesin pencacah (*chopper*) tersebut.



Peternak memanfaatkan teknologi dalam memaksimalkan keuntungan atau meminimumkan harga yang dibutuhkan dalam pengolahan peternakannya. Salah satu teknologi yang digunakan dalam membantu peternak dalam mengolah pakan ternaknya yaitu mesin pencacah (*chopper*) yang digunakan untuk mencacah pakan hijauan ternak. Dengan penggunaan *chopper* ini dapat mengoptimalkan proses produksi yang dilakukan baik dalam mengoptimalkan waktu, tenaga kerja maupun biaya yang dibutuhkan dalam proses produksi. Kelompok Tani Harapan Sejahtera Aie Pacah, merupakan salah satu kelompok tani yang terdapat anggotanya melakukan usaha peternakan sapi indukan yang memanfaatkan teknologi berupa mesin pencacah (*chopper*) dalam mengolah pakan hewan ternak.

Berdasarkan uraian tersebut maka penulis melakukan penelitian terhadap mesin pencacah hijauan (*chopper*) pada Kelompok Tani Harapan Sejahtera Aie Pacah dengan judul “Analisis Tekno-Ekonomi Mesin Pencacah Hijauan (*Chopper*) Tipe Vertikal di Kelompok Tani Harapan Sejahtera Aie Pacah dengan Perlakuan Ragam Bahan Uji”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan pengujian terhadap mesin pencacah hijauan (*chopper*) sesuai SNI 7785.1:2013 dengan perlakuan bahan uji berupa rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui konstruksi mesin, spesifikasi teknis, bahan konstruksi, kapasitas kerja, tingkat keamanan kerja, serta perhitungan biaya pokok mesin pencacah hijauan (*chopper*) tipe vertikal pada setiap jenis bahan yang digunakan.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk melakukan analisis teknis dan analisis ekonomi terhadap mesin pencacah hijauan (*chopper*) tipe vertikal terhadap ragam jenis pakan hijauan.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat mengetahui tingkat efisiensi, keselamatan operator dalam mengoperasikan mesin pencacah hijauan (*chopper*), dan mengetahui biaya produksi penggunaan mesin dalam melakukan pencacah terhadap beberapa jenis hijauan, sehingga dapat dilakukan tindakan yang dapat meningkatkan kapasitas kerja dalam penggunaan mesin pencacah hijauan (*chopper*).

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai dengan September 2022 di Kelompok Tani Harapan Sejahtera Aie Pacah, Kecamatan Koto Tangah, Kota Padang.

### 2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu, mesin pencacah (*chopper*) tipe vertikal, *sound level meter* (SLM), *tachometer*, timbangan, *stopwatch*, meteran, literan, laptop, dan *software IBM SPSS statistic 26*. Untuk bahan yang digunakan yaitu hijauan dengan jenis rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung.

### 2.3 Metode Penelitian

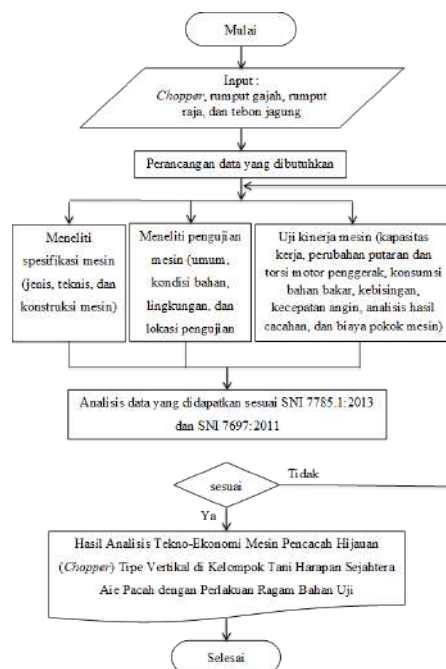
Berdasarkan fungsinya penelitian ini menggunakan metode penelitian evaluatif karena dilakukan suatu pengukuran manfaat atau kelayakan suatu produk. Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan acak lengkap dengan



menggunakan 3 perlakuan (rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung) dengan masing-masing perlakuan dilakukan 3 kali pengulangan tiap jenis uji. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan melakukan kegiatan mengontrol, kegiatan memanipulasi, dan observasi.

## 2.4 Pelaksanaan Kegiatan

Penelitian ini dilakukan berdasarkan mekanisme yang telah ditentukan sebelumnya. Pelaksanaan penelitian dari awal hingga akhir dapat dijelaskan secara rinci pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

**2.4.1 Persiapan Alat dan Bahan Uji.** Alat berupa mesin pencacah (*chopper*) tipe vertikal, *sound level meter* (SLM), *tachometer*, timbangan, *stopwatch*, meteran, literan, laptop, dan *software* IBM SPSS *statistic* 26 terlebih dahulu dipersiapkan sesuai dengan uji yang dilakukan. Pastikan setiap alat ukur dalam keadaan normal dan tidak terdapat kerusakan agar tidak terjadinya kesalahan saat pengambilan data. Sebelum pengujian dilakukan, mesin pencacah (*chopper*) dipanaskan terlebih dahulu dengan cara menghidupkannya tanpa beban selama 2-3 menit, sehingga putaran motor penggerak berputar dengan stabil dan dapat dipastikan keadaan motor penggerak dalam keadaan normal. Jika motor penggerak mengalami kendala maka diperlukan perbaikan terlebih dahulu. Mesin pencacah (*chopper*) yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Nama	:	Mesin Pencacah ( <i>chopper</i> )
Merek Dagang	:	Citra Dragon
Panjang	:	120-13 cm
Lebar	:	85 cm
Tinggi	:	125 cm
Kapasitas	:	600 – 1.000 kg/jam



Berat Kosong	:	136 kg
Bahan Bakar	:	Diesel
Daya Motor Penggerak	:	7,5 HP

Bentuk mesin yang digunakan pada penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Mesin Pencacah (*Chopper*) Kelompok Tani Harapan Sejahtera Aie Pacah

Sedangkan untuk bahan yang digunakan sebagai ragam bahan pengujian disiapkan terlebih dahulu. Bahan berupa rumput gajah, rumput raja dan tebon jagung disiapkan sesuai dengan karakteristik bahan yang dibutuhkan. Rumput gajah dan rumput raja yang digunakan berumur kurang lebih 2 bulan, di mana pada umur ini tingkat kandungan nutrisi dan tekstur batang yang paling baik untuk pakan ternak. Sedangkan untuk tanaman jagung yang digunakan adalah tebon jagung, termasuk batang, daun, dan buah jagung muda dengan umur 45-65 hari. Pada satu unit observasi digunakan sebanyak 150 kg pada setiap jenis bahan, dengan rincian jumlah bahan yang diperlukan adalah:

- Rumput gajah =  $3 \text{ ulangan} \times 150 \frac{\text{kg}}{\text{ulangan}} = 450 \text{ kg}$
- Rumput raja =  $3 \text{ ulangan} \times 150 \frac{\text{kg}}{\text{ulangan}} = 450 \text{ kg}$
- Tebon jagung =  $3 \text{ ulangan} \times 150 \frac{\text{kg}}{\text{ulangan}} = 450 \text{ kg}$

**2.4.2 Pendataan Spesifikasi Mesin.** Dalam melakukan pengujian, dilakukan pendataan spesifikasi mesin sesuai dengan SNI 7785.1:2013. Dilakukan pendataan spesifikasi dalam bentuk tiga kelompok, dengan rincian sebagai berikut:

A. Keterangan mesin yang diuji

Dilakukan pendataan mesin yang diujikan, data yang dibutuhkan untuk mengetahui keterangan mesin yang diuji sesuai dengan SNI 7785.1:2013, yaitu alat/mesin yang diuji, merek dagang mesin, model mesin, tipe mesin, negara asal mesin, sumber daya penggerak mesin, lembaga uji, tanggal pengujian, dan nomor surat permohonan.

B. Spesifikasi teknis

Dimensi (panjang, lebar, dan tinggi) mesin yang diukur. Dalam melakukan pengukuran dimensi, mesin diukur menjadi 3 jenis, yaitu dimensi unit keseluruhan mesin, dimensi motor penggerak, dan dimensi bagian pencacah. Untuk mengetahui dimensi mesin, dan kelas mesin pencacah maka dilakukan pengukuran menggunakan meteran. Hasil pengukuran akan menjadi pedoman dalam melakukan



klasifikasi mesin pencacah (*chopper*) hijauan. Pembagian kelas mesin pencacah dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi Teknis Mesin Pencacah Hijauan Pakan Ternak

Parameter	Satuan	Persyaratan mesin pencacah		
		Kelas A	Kelas B	Kelas C
Motor penggerak				
- Daya	kW	< 5	5 - 7	7 - 12
- Daya kontinyu	kW	< 4	4 - 6	6 - 11
Dimensi:				
- Panjang	mm	1000 - 1200	1201 - 1400	1400 - 1500
- Lebar	mm	500 - 700	701 - 900	901 - 1200
- Tinggi	mm	1000 - 1250	1251 - 1500	1501 - 1750
Bobot operasi mesin pencacah	kg	< 150	150 - 250	> 250
Jumlah pisau	Buah		2 - 4	
Tebal pisau minimum	Mm		4	
Jarak renggang pisau	Mm		1 - 3	
Kekerasan pisau minimum	HRC atau HV		45 HRC atau 500 HV	
Putaran poros mesin pencacah	Rpm		1000 - 1500	

Sumber: SNI 7785.1:2013

### C. Konstruksi Mesin

Penelitian ini yang dilakukan pendataan dan menjelaskan komponen mesin pencacah hijauan (*chopper*), fungsi, serta jenis bahan dan dimensi dari tiap komponen pada mesin pencacah hijauan (*chopper*) yang digunakan.

**2.4.3 Pendataan Pengujian.** Dalam melakukan pengujian, dilakukan pendataan pengujian mesin sesuai dengan SNI 7785.1:2013. Pada pendataan pengujian berisikan informasi umum pengujian, kondisi bahan dan lingkungan uji, dan lokasi pengujian. Informasi umum pengujian memberikan informasi mengenai nama instansi, alamat instansi, nomor telepon, informasi umum, tahun pembuatan, model/tipe, nomor seri, lembaga penguji, tanggal penguji, dan nama penguji. Untuk data kondisi bahan dan lingkungan uji berisikan informasi jenis bahan, kadar air bahan, suhu lingkungan, dan kelembaban. Informasi yang tersedia pada data lokasi pengujian berisikan nama dusun/kampung, desa/kelurahan, kecamatan, kabupaten, dan provinsi tempat dilakukannya pengujian.

**2.4.4 Uji Kinerja Mesin.** Uji kinerja mesin dilakukan untuk mengetahui pengaruh setiap perlakuan (ragam hijauan) terhadap parameter yang diukur. Setiap data parameter yang didapatkan, dilakukan pengolahan data dengan mencari nilai rata-rata, simpangan baku dan koefisien variasi. Rata-rata dicari untuk mendapatkan nilai yang mewakili tiap perlakuan terhadap parameter, sedangkan mencari nilai simpangan baku bertujuan untuk mengetahui sebaran data dalam sampel dan mengetahui kedekatan tiap data terhadap rata-rata sampelnya, dan mencari koefisien variasi data dilakukan untuk mengetahui variasi data atau sebaran rata-rata hitung, di mana jika koefisien variasi semakin kecil, maka datanya semakin seragam, (homogen), dan begitu juga sebaliknya, jika koefisien variasi semakin besar, maka variasi datanya semakin besar (semakin heterogen).



Untuk mencari nilai rata-rata, simpangan baku, dan koefisien variasi dapat digunakan persamaan (Santosa, 2021):

$$X_{\text{mean}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots(1)$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{\text{mean}})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2)$$

$$CV = \frac{SD}{X_{\text{mean}}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Dengan:

- $X_{\text{mean}}$  = Rata-rata hitung
- $X_i$  = Data ke i
- $n$  = Banyaknya data
- $SD$  = Simpangan baku
- $CV$  = Koefisien variasi

Parameter yang diteliti pada analisis kinerja mesin pencacah hijauan (*chopper*) adalah:

A. Kapasitas kerja mesin

Penelitian kapasitas kerja mesin dibagi menjadi dua, yaitu pengukuran kapasitas mesin berdasarkan masukan bahan dan pengukuran kapasitas mesin Digunakan ragam bahan uji pada penelitian ini agar diketahui dampak bahan terhadap kapasitas kerja mesin pencacah (*chopper*). Dalam mengukur kapasitas kerja mesin dilakukan dengan awalan menyiapkan bahan (rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung) masing-masing sebanyak tiga ikat, dengan seikat rumput memiliki berat 150 kg (W0), hidupkan *chopper* sampai putaran optimal, hidupkan *stopwatch* dan mulai memasukkan bahan, dengan cara memasukkan bahan secara perlahan dan konstan agar cacahan sesuai dengan kebutuhan dan hasil cacahan seragam. Tampung hasil cacahan mesin dengan *box* penampung, setelah *stopwatch* menunjukkan waktu 6 menit, hentikan *stopwatch* dan hentikan pencacahan. Timbang hijauan yang tersisa sehingga didapatkan jumlah hijauan yang mengalami pencacahan selama 6 menit untuk mengetahui kapasitas mesin berdasarkan masukan bahan, dan timbang hijauan yang tertampung pada *box* penampung untuk mengetahui kapasitas kerja mesin berdasarkan keluaran bahan. Pengukuran kapasitas kerja mesin dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pada setiap jenis bahan. Pengujian ini akan diketahui klasifikasi mesin pencacah pakan hijauan (*chopper*) yang diteliti pada setiap jenis bahan yang digunakan. Pembagian kelas mesin pencacah pakan hijauan (*chopper*) menurut SNI 7785.1:2013 dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Persyaratan Unjuk Kerja Mesin Pencacah Hijauan Pakan Ternak

Parameter	Satuan	Persyaratan pencacah		
		Kelas A	Kelas B	Kelas C
Kapasitas pencacah	kg/jam	300 – 800	801 - 1500	>1500
Persentase bobot hasil cacahan minimum yang panjangnya 20-50 mm	%		80	

Sumber: SNI 7785.1:2013

Untuk menghitung kapasitas kerja mesin pencacah dapat digunakan persamaan (SNI 7785.1:2013):



$$C = 3600 \frac{W}{t} \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{Rendemen} = \frac{W}{W_0} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

dengan:

- C = Kapasitas kerja (kg/jam)
- W<sub>0</sub> = Bobot awal bahan (kg)
- W = Bobot tercacah (kg)
- t = Waktu pencacahan (detik)

B. Perubahan putaran poros motor penggerak, dan poros pencacah

Digunakan *tachometer* untuk mengukur frekuensi putar poros pada poros motor penggerak dan poros pencacah. Pengukuran dilakukan saat mesin dalam keadaan tanpa beban dan saat mesin dalam keadaan dengan beban sehingga diketahui perubahan frekuensi putar pada poros motor penggerak dan poros pencacah. Digunakan ragam bahan uji agar diketahui dampak ragam bahan terhadap perubahan kecepatan putar pada mesin pencacah. Pengukuran perubahan frekuensi putar mesin dimulai dengan menyiapkan mesin, *tachometer* dan bahan uji berupa rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung. Pastikan motor pada mesin sudah dipanaskan dan kecepatan putar motor terlihat stabil. Saat keadaan mesin tanpa beban, gunakan *tachometer* untuk menghitung kecepatan putar dan torsi motor penggerak dan poros pencacah, lakukan 3 kali pengulangan.

Untuk pengukuran kecepatan putar motor penggerak dan poros pencacah saat terjadi beban diawali dengan menyiapkan mesin yang sudah dipanaskan, *tachometer*, dan bahan uji berupa rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung. Masukkan bahan ke dalam mesin secara perlahan dan konstan, dan gunakan *tachometer* untuk menghitung frekuensi putar poros motor penggerak dan poros pencacah. Hitung dan catat frekuensi putar dan torsi poros motor penggerak dan poros pencacah yang terlihat pada *tachometer*. Lakukan pengukuran saat terjadi beban sebanyak 3 kali pengulangan pada setiap jenis bahan.

C. Konsumsi bahan bakar

Pengukuran konsumsi bahan bakar untuk mengetahui banyaknya bahan bakar yang diperlukan dalam melakukan pencacahan tiap waktu pemakaian, dan mengetahui biaya bahan bakar yang dibutuhkan pada mesin pencacah (*chopper*). Pengukuran konsumsi bahan bakar dimulai dengan mengisi penuh tangki bahan bakar motor penggerak sebelum memulai penggilingan. Setelah dilakukan penggilingan, dilakukan penambahan bahan bakar untuk mengisi penuh tangki bahan bakar motor penggerak seperti semula. Jadi bahan bakar yang terpakai yang terpakai selama proses pencacahan adalah total bahan bakar yang ditambahkan setelah selesai melakukan pencacahan.

Untuk mencari debit kebutuhan bahan bakar dan daya yang terpakai dalam pengoperasian mesin pencacah hijauan dapat dicari dengan persamaan (Santosa, 2017):

$$Q = \frac{60 \times Vol}{1000 \times T} \dots\dots\dots(6)$$

$$P_k = Q \times \rho_{solar} \times N_{BB} \times 4,2 / (3.600 \times 735) \dots\dots\dots(7)$$

$$P_m = \eta_{solar} \times P_k \dots\dots\dots(8)$$



dengan:

Q	=	Debit pemakaian bahan bakar (liter/jam)
Vol	=	Volume pemakaian bahan bakar terpakai (mL)
T	=	Waktu operasional mesin pencacah (menit)
60	=	Konversi satuan, 1 jam = 60 menit
1000	=	Konversi satuan, 1 liter = 1000 mL
P <sub>k</sub>	=	Daya kimia bahan bakar (HP)
ρ <sub>solar</sub>	=	Densitas bahan bakar solar (0,74 kg/liter)
N <sub>BB</sub>	=	Nilai kalori bahan bakar solar (10.000.000 kalori/kg)
4,2	=	Konversi satuan, 1 kalori = 4,2 joule
3.600	=	Konversi satuan, 1 jam = 3.600 detik
735	=	Konversi satuan, 1 HP = 735 watt
P <sub>m</sub>	=	Daya mekanis motor (HP)
η <sub>solar</sub>	=	Efisiensi termal motor bakar diesel (0,33)

Dengan diketahui frekuensi putar motor dan daya mekanis yang dihasilkan motor pada tiap jenis perlakuan atau jenis hijauan, maka dapat dicari nilai torsi yang dihasilkan oleh motor penggerak untuk melakukan pencacahan pada tiap jenis perlakuan atau jenis hijauan. Untuk mencari torsi poros motor penggerak dapat digunakan persamaan:

$$P_m = \frac{\tau \times 2 \times \pi \times RPM}{60} \dots\dots\dots(9)$$

$$\tau = \frac{P_m \times 60}{2 \times \pi \times RPM} \dots\dots\dots(10)$$

dengan:

RPM	=	Frekuensi putaran poros motor diesel (rpm)
τ	=	Torsi motor penggerak (N.m)
P <sub>m</sub>	=	Daya mekanis (HP)

#### D. Kebisingan

Pengukuran tingkat kebisingan mesin ditujukan untuk mengetahui tingkat keamanan operator yang terpapar kebisingan saat menggunakan mesin pencacah hijauan (*chopper*). Dalam melakukan pengukuran tingkat kebisingan dilakukan pengukuran saat kondisi mesin tanpa beban, dan saat kondisi mesin dengan beban. Pengukuran dimulai dengan menyiapkan mesin pencacah, *sound level meter*, dan bahan uji berupa rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung. Pastikan mesin dipanaskan terlebih dahulu sehingga putaran motor penggerak terlihat stabil. Dilakukan pengukuran tingkat kebisingan tanpa beban menggunakan *sound level meter* dengan jarak yang bervariasi jarak antar alat ukur dan mesin pencacah (*chopper*) yaitu dengan jarak 1 meter, 2 meter, dan 3 meter. Untuk pengujian tingkat kebisingan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan tiap variasi jarak. Untuk pengukuran tingkat kebisingan dengan beban, dilakukan pengukuran kebisingan dengan 3 jenis perlakuan berupa ragam bahan dan variasi jarak antara alat ukur dengan mesin pencacah (*chopper*) yaitu dengan jarak 1 meter, 2 meter, dan 3 meter pada setiap jenis bahan yang digunakan. Pada pengujian tingkat kebisingan dengan beban dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali pengulangan pada setiap variasi jarak tiap bahan yang digunakan. Menurut SNI 7785.1:2013, kebisingan kerja tidak boleh lebih dari 90 dB.

#### E. Kecepatan angin

Pengukuran kecepatan angin dilakukan pada bagian tempat keluaran bahan, sehingga dapat diketahui tingkat kecepatan angin yang dihasilkan untuk mengeluarkan bahan yang telah melewati proses pencacahan





pada mesin. Pengukuran kecepatan angin dilakukan pada saluran keluaran bahan sebanyak 3 jenis perlakuan dengan 3 kali pengulangan. Kecepatan angin diukur dengan menggunakan *anemometer*.

#### F. Analisis hasil cacahan

Hasil cacahan uji menjadi pertimbangan dalam menyatakan kelayakan dan standar optimasi penggunaan mesin. Maka dilakukan percobaan dengan melihat hasil persentase panjang cacahan pada tiap jenis bahan. Keluaran hasil cacahan ditampung pada *box* penampung sebanyak 3 sampel tiap jenis bahan, dengan berat tiap sampel sebesar 1 kg, lalu dilakukan analisis terhadap masing-masing sampel dengan mengelompokkan hasil cacahan menjadi 2 kelompok menurut panjang hasil yaitu, panjang cacahan 20 mm – 50 mm, dan < 20 mm, >50mm.

Rumus persentase panjang cacahan (Sari et al., 2018):

$$Ppk = 100 \% \frac{W_1}{W_1+W_2} \dots\dots\dots(11)$$

dengan:

- Ppk = Persentase keluar hasil cacahan terbaik (%)
- W<sub>1</sub> = bobot keluaran hasil cacahan yang panjangnya 20 mm – 50 mm (g)
- W<sub>2</sub> = bobot keluaran hasil cacahan yang panjangnya lebih pendek dari 20 mm dan yang lebih panjang dari 50 mm (g)

#### G. Biaya pokok *chopper*

Dilakukan analisis biaya pokok pada mesin pencacah (*chopper*) untuk mengetahui biaya pokok yang dibutuhkan pada setiap kali unit beroperasi dan memproduksi untuk tiap jenis bahan yang dilakukan pencacahan. Biaya pokok merupakan biaya yang dibutuhkan untuk mencacah tiap satu kilogram tiap jenis bahan.

Menurut Maghfirah dan Syam (2016), biaya pokok terdiri atas biaya tetap (*fixed cost*) dan biaya variabel (*variable cost*). Biaya tetap (*fixed cost*) merupakan total biaya dalam rentang relevan (*relevant range*) tetapi per-unit berubah. Biaya yang dianalisis pada perhitungan biaya tetap yaitu, biaya penyusutan rata-rata, biaya bunga modal dan asuransi, biaya pajak, dan biaya gudang. Biaya penyusutan dapat dihitung dengan persamaan (Santosa, 2010):

$$D = \frac{P-S}{N} \dots\dots\dots(12)$$

$$S = 10\% \times P \dots\dots\dots(13)$$

dengan:

- D = Biaya penyusutan (Rp/tahun)
- P = Harga awal mesin atau alat (Rp)
- S = Nilai jual mesin (Rp)
- N = Umur ekonomis mesin (tahun)

Biaya bunga modal dapat dihitung dengan persamaan (Santosa, 2010):

$$I = \frac{r(P+S)}{2} \dots\dots\dots(14)$$

dengan:

- I = Bunga modal (Rp/tahun)
- r = Suku bunga modal di bank (misalnya, r = 6,5 %/tahun)
- P = Harga awal mesin atau alat (Rp)
- S = Nilai jual mesin (Rp)

Biaya tetap (*fixed cost*) dapat dihitung dengan persamaan:



$$BT = D + I \dots\dots\dots(15)$$

dengan:

BT	=	Biaya tetap (Rp/tahun)
D	=	Biaya Penyusutan (Rp/tahun)
I	=	Bunga modal (Rp/tahun)

Biaya variabel (*variable cost*) merupakan biaya total berubah sebanding dengan aktivitas atau volume produksi dalam rentang relevan tetapi per-unit bersifat tetap. Biaya variabel yang dianalisis pada perhitungan biaya pokok mesin yaitu, biaya perbaikan dan perawatan, upah operator, pelumas, dan bahan bakar. Biaya perbaikan dan perawatan mesin dihitung dengan persamaan (Santosa, 2010):

$$PP = \frac{1,2\%}{100 \text{ jam}} P \dots\dots\dots(16)$$

dengan:

PP	=	Biaya perbaikan dan perawatan (Rp/jam)
1,2%	=	Faktor perbaikan
P	=	Harga awal mesin atau alat (Rp)

Biaya operator per jam dapat diambil dari gaji operator harian dibagi jam kerja per hari, yaitu dengan persamaan (Santosa, 2010):

$$Bo = \frac{Wop}{Wt} \dots\dots\dots(17)$$

dengan:

Bo	=	Biaya operator (Rp/jam)
Wop	=	Upah operator kerja tiap hari (Rp/hari)
Wt	=	Jam kerja tiap hari (jam/hari)

Biaya pelumas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Nugraha et al., 2017) :

$$O = (0,01 - 0,02 \text{ liter/HP/jam}) \times Pm \times Mp \dots\dots(18)$$

dengan:

O	=	Biaya pelumas (Rp/jam)
Pm	=	Daya mekanis motor (HP)
Mp	=	Harga pelumas (Rp/liter)

Biaya bahan bakar dapat dihitung dengan mengalikan total bahan bakar yang dibutuhkan tiap satuan waktu dikali dengan harga bahan bakar menggunakan persamaan:

$$BB = Q \times Hbb \dots\dots\dots(19)$$

dengan:

BB	=	Biaya bahan bakar (Rp/jam)
Q	=	Debit pemakaian bahan bakar (liter/jam)
Hbb	=	Harga bahan bakar (Rp/liter)

Untuk menghitung biaya tidak tetap (BTT) dapat dihitung dengan persamaan :

$$BTT = BPP + O + Bo + BB \dots\dots\dots(20)$$



Untuk menghitung biaya pokok *chopper* dapat menggunakan persamaan:

$$BP = \frac{(BT/n)+BTT}{C} \dots\dots\dots(21)$$

dengan:

BP	=	Biaya pokok <i>chopper</i> (Rp/kg)
BT	=	Biaya tetap (Rp/tahun)
N	=	Jumlah jam kerja dalam satu tahun (jam/tahun)
BTT	=	Biaya tidak tetap (Rp/jam)
C	=	Kapasitas kerja mesin pencacah (kg/jam)

### H. Titik impas (*break event point*)

Titik impas atau BEP (*Break Event Point*) merupakan kondisi mesin dalam suatu operasi tidak mengalami keuntungan atau kerugian (impas) dalam biaya atau penghasilan. Titik impas ditentukan berdasarkan kapasitas kerja dalam satu tahun dan titik impas berdasarkan jam kerja dalam satu tahun. Titik impas diukur dengan menggunakan persamaan berikut (Santosa, 2010):

$$BEP \text{ kapasitas kerja} = \frac{BT}{1,1 BP - (\frac{BTT}{C})} \dots\dots\dots(22)$$

$$BEP \text{ jam kerja} = (\frac{BT}{1,1 BP - (\frac{BTT}{C})}) / C \dots\dots\dots(23)$$

dengan:

BT	=	Biaya Tetap (Rp/tahun)
BP	=	Biaya Pokok (Rp/kg)
BTT	=	Biaya Tidak Tetap (Rp/jam)
C	=	Kapasitas kerja (kg/jam)
1,1	=	Koefisien yang menunjukkan bahwa sewa alat dengan keuntungan 10% dari biaya pokok

## 2.5 Analisis Statistik

Uji analisis statistik dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan yaitu jenis hijauan yang digunakan terhadap parameter pengamatan mesin pencacah (*chopper*). Uji analisis statistik ini dilakukan menggunakan *software IBM SPSS statistics 26*. Uji statistik yang dilakukan terdiri dari dua hipotesis yaitu:

H0 = Tidak ada pengaruh perlakuan atau jenis hijauan yang dicacah terhadap parameter pengamatan mesin pencacah (*chopper*)

H1 = Ada pengaruh perlakuan atau jenis hijauan yang dicacah terhadap parameter pengamatan mesin pencacah (*chopper*)

Penggunaan *software IBM SPSS statistic 26* akan didapatkan nilai signifikansi (Sig.). Nilai signifikansi berguna untuk mengetahui kebenaran dari hipotesis. Ketentuan dari signifikansi sebagai berikut :

- Jika signifikansi > 0,05, maka perlakuan atau jenis hijauan tidak berpengaruh nyata terhadap parameter pengamatan mesin pencacah (*chopper*). Sehingga H0 diterima, H1 ditolak.



- Jika signifikansi  $\leq 0,05$  tetapi  $> 0,01$ , maka perlakuan atau jenis hijauan berpengaruh nyata terhadap parameter pengamatan mesin pencacah (*chopper*). Sehingga  $H_0$  ditolak,  $H_1$  diterima.  
Jika signifikansi  $\leq 0,01$ , maka perlakuan atau jenis hijauan sangat berpengaruh nyata terhadap parameter pengamatan mesin pencacah (*chopper*). Sehingga  $H_0$  ditolak,  $H_1$  diterima.

Ketika hasil dari uji analisis statistik jenis pakan hijauan berpengaruh terhadap parameter pengukuran mesin pencacah (*chopper*), maka dilakukan uji lanjut duncan. Uji lanjut duncan dilakukan untuk mengetahui tingkat perbedaan nilai parameter pengukuran yang didapatkan pada setiap jenis hijauan yang dicacah.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pendataan Spesifikasi Mesin

- 3.1.1** Keterangan Mesin yang Uji (Test Report). Setelah dilakukan pengamatan didapatkan informasi mengenai keterangan mesin yang diuji. keterangan mesin yang diuji dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Keterangan Hasil Uji (Test Report)

Alat/mesin yang diuji	: Pencacah ( <i>chopper</i> )
Merek dagang	: CV. Citra Dragon
Model	: -
Tipe	: Vertikal
Negara asal	: Indonesia
Lembaga uji	: Universitas Andalas
Tanggal pengujian	: Juli s/d November 2022
Nomor surat permohonan	: B/192/UN16.11.D/PT.01.04/2022

Mesin pencacah (*chopper*) digunakan untuk memudahkan petani dalam mengolah hijauan dalam memenuhi kebutuhan pakan ternak hewan ruminansia, sehingga waktu dan tenaga yang dibutuhkan relatif lebih sedikit dibandingkan mengolah hijauan secara manual. Penelitian dilakukan dengan mengamati kinerja mesin pencacah (*chopper*) tipe vertikal rakitan dari bengkel pertanian CV. Citra Dragon. Penelitian dilakukan pada bulan Juli – November 2022 di Kelompok Tani Harapan Sejahtera Aie Pacah, Kota Padang.

Mesin pencacah (*chopper*) tipe vertikal yang diuji memiliki rangka utama terbuat dari besi siku dengan ketebalan 0,4 cm. Mesin dilengkapi dengan 3 roda untuk memudahkan transportasi atau pemindahan posisi mesin. Bentuk mesin pencacah (*chopper*) tipe vertikal yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Mesin Pencacah (*Chopper*) Sebelum Dilakukan Penelitian

**3.1.2** Spesifikasi Teknis. Setelah dilakukan pengukuran pada mesin menggunakan meteran didapatkan dimensi (panjang, lebar, dan tinggi) mesin pencacah (*chopper*) dengan 3 jenis pengelompokan ukuran. Hasil pengukuran dimensi mesin pencacah (*chopper*) dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Spesifikasi Teknis Mesin Pencacah Hijauan Pakan Ternak

Uraian	Dimensi mesin (mm)			Berat (kg)
	Panjang	Lebar	Tinggi	
Unit keseluruhan mesin	1120	700	800	249
Motor penggerak	680	300	440	124
Bagian pencacah	700	700	700	125

Dari data pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa untuk unit keseluruhan memiliki dimensi sebesar 112 cm x 70 cm x 80 cm, dimensi motor penggerak sebesar 68 cm x 30 cm x 44 cm, dan dimensi bagian pemotong sebesar 70 cm x 70 cm x 70 cm. Berdasarkan dengan SNI 7785.1:2013 ukuran dimensi mesin pencacah (*chopper*) yang diteliti memiliki ukuran yang relatif kecil atau masuk ke dalam spesifikasi kelas A sesuai persyaratan spesifikasi mesin yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Dimensi mesin pencacah (*chopper*) dirancang berdasarkan data antropometri masyarakat Indonesia. Data yang diambil yaitu data pada persentil 50. Data antropometri orang Indonesia dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Data Antropometri Indonesia, Jenis Kelamin Laki-laki dan Perempuan, Tahun 2017, Usia 20 s/d 40 Tahun



Dimensi	Keterangan	5th	50th	95th	SD
D1	Tinggi tubuh	148.39	162.83	177.27	8.78
D2	Tinggi mata	138.09	151.5	164.91	8.15
D3	Tinggi bahu	126.08	137.17	148.25	6.74
D4	Tinggi siku	84.37	100.5	116.63	9.81
D5	Tinggi pinggul	82.32	93.5	104.68	6.79
D6	Tinggi tulang ruas	68.56	72.67	76.77	2.49
D7	Tinggi ujung jari	56.74	62.33	67.93	3.4
D8	Tinggi dalam posisi duduk	78.51	88.83	99.16	6.28
D9	Tinggi mata dalam posisi duduk	70.8	79.33	87.86	5.19
D10	Tinggi bahu dalam posisi duduk	54.24	62.33	70.43	4.92
D11	Tinggi siku dalam posisi duduk	15.36	23.5	31.64	4.95
D12	Tebal paha	10.46	14.33	18.21	2.36
D13	Panjang lutut	48.24	53.67	59.09	3.3
D14	Panjang popliteal	40.28	42.33	44.39	1.25
D15	Tinggi lutut	47.29	50.67	54.05	2.05
D16	Tinggi popliteal	38.48	40.17	41.86	1.03
D17	Lebar sisi bahu	31.48	43.67	55.85	7.41
D18	Lebar bahu bagian atas	16.45	34.17	51.89	10.77
D19	Lebar pinggul	31.45	35	38.55	2.16
D20	Tebal dada	17.31	20	22.69	1.63
D21	Tebal perut	12.4	20.53	28.66	4.94
D22	Panjang lengan atas	30.08	32.5	34.92	1.47
D23	Panjang lengan bawah	38.22	43.17	48.12	3.01
D24	Panjang rentang tangan ke depan	68.91	75.67	82.43	4.11
D25	Panjang bahu-genggaman tangan ke depan	55.57	62.33	69.09	4.11
D26	Panjang kepala	15.94	17.8	19.66	1.13
D27	Lebar kepala	13.09	15.1	17.11	1.22
D28	Panjang tangan	15.73	17.67	19.61	1.18
D29	Lebar tangan	7.12	8.67	10.22	0.94
D30	Panjang kaki	21.67	23.83	25.99	1.31
D31	Lebar kaki	8.66	10	11.34	0.82
D32	Panjang rentangan tangan ke samping	144.74	163.83	182.93	11.61
D33	Panjang rentangan siku	77.72	86.67	95.61	5.44

**Sumber:** Perhimpunan Ergonomi Indonesia (2018)

Data antropometri yang digunakan merupakan data antropometri masyarakat Indonesia pada usia produktif, yaitu pada usia 20 - 40 tahun (Aprilyanti, 2017). Dimensi mesin yang dipertimbangkan yaitu posisi tinggi corong pemasukan (*hopper*), berdasarkan dimensi tinggi siku masyarakat Indonesia dalam posisi berdiri (D4) persentil ke-50 yaitu sebesar 100,5 cm. Posisi siku sedikit lebih tinggi daripada corong pemasukan (*hopper*) sehingga memudahkan operator dalam memasukkan bahan yang akan dilakukan pencacahan, gerakan operator saat melakukan kerja akan nyaman dan mengurangi risiko terjadinya cedera atau kecelakaan kerja. Posisi operator saat melakukan kerja dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Posisi Operator Saat Melakukan Pencacahan

**3.1.3** Konstruksi Mesin. Setelah dilakukan pengamatan, didapatkan data berupa konstruksi mesin yang terdiri dari konstruksi motor penggerak dan bagian pencacah.

**3.1.3.1** Motor Penggerak. Dari data lapangan yang didapatkan informasi mengenai motor penggerak yang digunakan pada mesin pencacah (*chopper*) tipe vertikal yang dilakukan penelitian. Mesin pencacah (*chopper*) yang diteliti menggunakan sumber penggerak berupa mesin generator dengan bahan bakar diesel. Mesin generator ini di produksi oleh PT. Yanmar Diesel Indonesia, dengan merek Yanmar model TF 85 MLYS-di tipe Engine Diesel, 4-Stroke Horizontal, *Air Cooling System*. Motor penggerak yang digunakan memiliki dimensi panjang 680 cm, lebar 300 cm, dan tinggi 440 cm. Bentuk mesin yang digunakan pada mesin pencacah (*chopper*) yang diteliti dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Motor Penggerak Yanmar Model TF 85 MLYS-di

Kapasitas tangki bahan bakar pada motor penggerak disediakan cukup besar yaitu sebesar 10,5 Liter dan menggunakan bahan bakar berupa solar, kapasitas tangki tersebut dapat membuat motor penggerak melakukan kerja yang cukup lama. Sistem penyalaan (*starter*) mesin masih dilakukan secara manual (engkol). Sistem pendinginan mesin menggunakan radiator. Diperlukan persiapan sebelum melakukan kerja pada motor penggerak dengan memastikan ketersediaan air pada radiator, agar tidak terjadinya *overheat* atau panas yang berlebih pada motor penggerak sehingga tidak terjadinya kerusakan atau kelainan saat dilakukan kerja. Menurut literatur daya yang dihasilkan motor penggerak Yanmar model TF 85 MLYS-di tipe *Engine Diesel, 4-Stroke Horizontal, Air Cooling System* sebesar 2200 rpm dengan sistem transmisi daya penggerak yang digunakan mesin berupa *pulley* dan *belt*. Ukuran *pulley* yang digunakan pada poros motor penggerak



sebesar 11 cm, sedangkan ukuran *pulley* yang digunakan pada poros pencacah sebesar 15 cm. *Belt* yang digunakan yaitu *v-belt* B-50 dengan merk Mitsuboshi. Data spesifikasi motor penggerak yang digunakan pada mesin pencacah (*chopper*) yang diuji dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Spesifikasi Teknis Motor Penggerak

Nama, jenis	: Mesin Generator
Tipe/model	: TF 85 MLYS-di/ Engine Diesel, 4-Strok Horizontal, Air cooling system
No. Seri	: 1 Cylinder
Pembuat	: PT. Yanmar Diesel Indonesia
Alamat pembuat	: Jalan Raya Jakarta Bogor KM.34,8, Sukamaju Cilodong, Kec. Cilodong, Kota Depok, Jawa Barat
Negara Asal	: Indonesia
Daya/rpm	: 2200
Bahan bakar	: Solar
Sistem penyalaaan (starter)	: Manual (engkol)
Sistem pendinginan	: Radiator
Sistem penerusan daya	: Pulley

**3.1.3.2** Bagian Pencacah. Setelah dilakukan pengamatan data lapangan didapatkan informasi mengenai bagian pencacah mesin pencacah (*chopper*) tipe vertikal yang diteliti. Informasi bagian pencacah yang didapatkan dari data hasil lapangan dan literatur dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 7.** Spesifikasi Teknis Bagian Pencacah

Tipe/jenis	: Mesin pencacah ( <i>chopper</i> ) tipe vertikal
Bobot operasi mesin pencacah	: 600 - 1 ton/jam
Jumlah mata pisau pencacah	: 21
tebal pisau pencacah	: 5 mm
jenis bahan pisau pencacah	: Plat baja
kekerasan pisau pencacah	: 51 hrc
jarak antara pisau pencacah	: 4,3 - 6,5 cm
Tebal penutup ruang pencacah	: 0,3 cm
Diameter poros pencacah	: 6,5 cm
Jarak renggang antara pisau dan landasan	: 0,5
jarak renggang poros ke dinding samping	: 1 cm
kemiringan meja pengumpan	: 40°
kemiringan lubang keluaran	: 25°

*Sumber:* Data Hasil Lapangan

Bagian dalam silinder pencacah terdapat mata pisau dan pelontar cacahan. Mata pisau merupakan bagian yang berfungsi sebagai pemotong bahan yang akan dicacah dan pelontar cacahan merupakan bagian yang berfungsi sebagai pelontar bahan yang telah dicacah keluar dari silinder pencacah. Mata pisau dan pelontar





cacahan terpasang pada poros pencacah, di mana poros pencacah memiliki ukuran diameter sebesar 6,5 cm. Pada poros pencacah terpasang sebanyak 21 mata pisau, dengan posisi mata pisau terbagi menjadi 3 baris yang mengelilingi poros pencacah. Jumlah baris mata pisau akan mempengaruhi kecepatan dalam pencacahan dan ukuran hasil cacahan, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hamarung dan Jasman (2019) menyatakan bahwa semakin banyak jumlah mata pisau yang digunakan pada mesin pencacah, maka frekuensi pemotongan akan semakin besar dan panjang rumput yang dihasilkan dari pencacahan akan semakin kecil.

Selain jumlah mata pisau, jarak antar pisau juga mempengaruhi hasil cacahan. Jarak antar pisau mesin pencacah (*chopper*) yang diteliti memiliki jarak yang beragam yaitu mulai dari 4,3 cm sampai dengan 6,5 cm. Jarak pisau yang terlalu kecil dapat mengakibatkan penumpukan atau penyumbatan pada silinder pencacah, yang akan mengakibatkan frekuensi putar poros menurun bahkan dapat berhenti. Maka diperlukan pertimbangan dalam mengatur jarak antar pisau agar proses pencacahan dapat berjalan dengan baik dan hasil cacahan sesuai dengan harapan.

Pada bagian luar silinder pencacah (*chopper*) yang diteliti terdapat lubang pemasukan (*hooper*) atau meja pengumpan dan lubang keluaran. Lubang pemasukan (*hooper*) atau meja pengumpan berfungsi sebagai tempat pasukan bahan yang akan dilakukan pencacah. Tingkat kemiringan meja pengumpan sebesar  $40^\circ$ , sehingga membuat bahan meluncur ke dalam silinder pencacah tanpa perlu dilakukan dorongan oleh operator untuk memasukkan bahan. Sedangkan lubang keluaran berfungsi sebagai tempat keluarnya bahan yang telah dilempar keluar oleh kipas pelontar. Tingkat kemiringan lubang keluaran sebesar  $25^\circ$ . Tingkat kemiringan lubang keluaran ini akan memperkecil kemungkinan tumpukan hasil cacahan pada lubang keluaran atau bahan dapat keluar dari silinder dengan mudah. Bentuk bagian luar silinder mesin pencacah (*chopper*) yang diteliti dapat dilihat pada Gambar 6 dan bentuk bagian dalam silinder mesin pencacah (*chopper*) yang diteliti dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 6.** Bagian Luar Silinder Pencacah



**Gambar 7.** Bagian Dalam Silinder Pencacah

### 3.2 Pendataan Pengujian



Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan informasi dan pengujian untuk memenuhi kebutuhan data yang dibutuhkan. Pendataan berupa informasi umum, kondisi bahan dan lingkungan, lokasi pengujian, dan data-data hasil pengujian.

**3.2.1 Umum.** Penelitian dilakukan di Kelompok Tani Harapan Sejahtera Aie Pacah. Kelompok Tani Harapan Sejahtera Aie Pacah menggunakan mesin pencacah (*chopper*) tipe vertikal yang merupakan mesin yang diproduksi oleh PT. Citra Dragon. CV Citra Dragon merupakan salah satu industri perbengkelan yang memproduksi alat dan mesin pertanian yang berada di Sumatera Barat. Untuk hasil pendataan informasi umum dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Pendataan Umum Mesin Pencacah (*chopper*)

Nama perusahaan	: CV. Citra Dragon
Alamat	: Jl. Raya Sicincin Pariaman KM. 8, Sungai Sarik
Nomor telepon/fax	: (0751) 675633
Informasi umum	: Industrial Perbengkelan
Tahun pembuatan	: 2021
Model/tipe	: Tipe vertikal
Nomor seri	: -
Lembaga penguji	: Universitas Andalas
Tanggal pengujian	: 8 Juli s/d 23 Juli 2022
Nama petugas penguji	: Fahmi Fitrio Fauzi

### 3.2.2 Kondisi Bahan dan Lingkungan Uji

**3.2.2.1 Kondisi Bahan.** Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah hijauan dengan jenis rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung. Pada setiap satu unit observasi digunakan sebanyak 150 kg dan dilakukan 3 kali pengulangan. Hijauan yang digunakan masih dalam keadaan segar karena diambil langsung dari ladang petani. Gambar bahan pada penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 8.



a. Rumput gajah

b. Rumput raja



c. Tebon jagung

**Gambar 8.** Bahan Penelitian



Kadar air pada setiap jenis hijauan dicari terlebih dahulu untuk mengetahui kondisi kadar air hijauan. Pengukuran kadar air dilakukan di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian, Universitas Andalas. Untuk mengetahui kadar air bahan digunakan metode oven, di mana pada setiap bahan diambil 5 sampel. Pada setiap sampel digunakan 10g bahan dalam cawan. pengujian dilakukan dengan suhu oven 105°C, dan bahan dikeringkan sampai berat sampel konstan. Data hasil pengukuran kadar air pada setiap jenis hijauan dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Kadar Air Bahan

No	Jenis Bahan	Ulangan	Kadar Air (%)	Rata-rata (%)
1	Rumput Gajah	1	50,75	49,09
		2	43,25	
		3	53,9	
		4	48,09	
		5	49,44	
2	Rumput Raja	1	79,89	70,26
		2	68,13	
		3	54,37	
		4	71,31	
		5	77,61	
3	Tebon Jagung	1	67,98	70,53
		2	76,10	
		3	68,75	
		4	72,06	
		5	67,77	

Dari Tabel 9 dapat dilihat tingkat kadar air tiap jenis hijauan yang digunakan. Tebon jagung memiliki kadar air yang paling tinggi dengan rata-rata 70,53%, lalu kadar air rumput raja dengan rata-rata 70,26% dan kadar air rumput gajah dengan rata-rata 49,09%. Selain kadar air bahan, tingkat kekerasan bahan terlebih dahulu diukur, dikarenakan tingkat kekerasan bahan akan mempengaruhi laju pencacahan.

Pengukuran tingkat kekerasan bahan diukur di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian, Universitas Andalas menggunakan alat ukur *force gauge* dengan diameter penampang 2 cm. Pengukuran tingkat kekerasan bahan dibutuhkan 5 sampel pada setiap jenis hijauan. Kekerasan bahan yang diukur terdiri dari 4 titik dari sampel yang mewakili ulangan dari setiap sampel. Empat titik pengambilan pengukuran diambil dalam satu keliling lingkaran bagian batang bahan yaitu atas, bawah, kiri, dan kanan. Data hasil pengukuran tingkat kekerasan pada setiap jenis hijauan dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Tingkat Kekerasan Bahan



No	Jenis Bahan	Ulangan	Kekerasan (N)	Rata-rata (N)
1	Rumput Gajah	1	58,1	61,7
		2	60,5	
		3	62,9	
		4	63,4	
		5	63,5	
2	Rumput Raja	1	47,4	46,9
		2	48	
		3	46,3	
		4	47,2	
		5	45,4	
3	Tebon Jagung	1	38,6	41,3
		2	41,7	
		3	40,9	
		4	44,4	
		5	40,7	

Pada Tabel 10, dapat dilihat bahwa rumput gajah memiliki tingkat kekerasan yang tinggi dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 61,7 N, lalu kekerasan rumput raja rata-rata sebesar 46,9 N dan kekerasan bahan terkecil pada tebon jagung sebesar rata-rata 41,5 N. Rumput gajah memiliki tingkat kekerasan tertinggi dikarenakan pada bagian kulit terluar batang rumput gajah memiliki lapisan yang sangat keras dan tebal, di mana kekerasannya menyerupai kulit tebu, sedangkan pada kulit rumput raja dan batang jagung relatif lebih tipis, lunak, dan berair. Tingkat kekerasan bahan akan mempengaruhi laju pencacahan dan frekuensi putar pada poros motor dan poros pisau mesin pencacah, hal ini dibuktikan pada percobaan uji kinerja dan frekuensi putar mesin pencacah.

**3.2.2.2** Kondisi Lingkungan. Pengujian dilakukan di Kelompok Tani Harapan Sejahtera Aie Pacah. Kondisi lingkungan yang diuji pada penelitian ini berupa suhu dan tingkat kelembaban lingkungan tempat dilakukannya pengujian mesin pencacah yang diteliti. Pengujian suhu dan kelembaban lingkungan digunakan alat ukur berupa *thermohygro*. Setelah dilakukan pengukuran didapatkan hasil pengukuran yang dapat dilihat pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Suhu dan Kelembaban Lingkungan

Ulangan	Suhu °C	Kelembaban (%)
1	30,3	76,9
2	30,5	77,3
3	30,2	73,9
4	30,4	75,3
5	30,3	77,3
<b>Rata-rata</b>	<b>30,34</b>	<b>76,14</b>
<b>Standar Deviasi</b>	<b>0,10</b>	<b>1,34</b>
<b>CV (%)</b>	<b>0,34</b>	<b>1,76</b>

Pada Tabel 14 dapat dilihat bahwa rata-rata suhu lingkungan tempat dilakukannya penelitian sebesar 30,34°C. Untuk nilai tingkat kelembaban lingkungan didapatkan nilai hasil pengukuran rata-rata sebesar 76,14%. Pada nilai koefisien keseragaman (CV) pada data suhu dan kelembaban didapatkan nilai di bawah 15%, sehingga dapat dikatakan bahwa data suhu dan kelembaban lingkungan yang diambil telah seragam.

### 3.3 Uji Kinerja Mesin

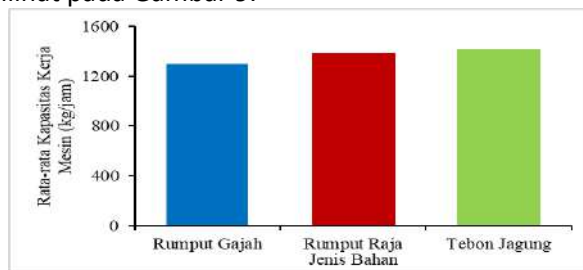


Setelah dilakukan pengamatan dan pengukuran data di lapangan untuk mengetahui kinerja mesin pencacah (*chopper*) terhadap tiga jenis hijauan berupa rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung, dapat diketahui kinerja dari mesin pencacah (*chopper*) yang diteliti. Parameter uji kinerja mesin yang didapatkan berupa kapasitas kerja mesin, perubahan frekuensi putar poros motor penggerak dan poros pencacah, torsi poros motor penggerak dan poros pencacah, konsumsi bahan bakar, tingkat kebisingan, kecepatan angin keluaran, analisis hasil cacahan, biaya pokok, dan titik impas mesin pencacah (*chopper*). Akan diketahui pengaruh dari setiap perlakuan atau jenis hijauan terhadap parameter yang diuji dan akan diketahui jenis hijauan terbaik terhadap kinerja mesin pencacah (*chopper*) tipe vertikal.

### 3.3.1 Kapasitas Kerja Mesin

**3.3.1.1 Kapasitas Kerja Mesin Pencacah.** Menghitung kapasitas kerja mesin pencacah (*chopper*) didapatkan data berupa kemampuan mesin dalam melakukan pencacahan pada setiap jenis hijauan tiap satu jam kerja. Ketika kapasitas kerja mesin diketahui, maka dapat diketahui berapa banyak hasil output yang dapat dilakukan oleh mesin pencacah. Semakin tinggi nilai kapasitas mesin tingkat efisiensi waktu yang dibutuhkan mesin untuk melakukan pencacahan juga semakin tinggi. Mengetahui kapasitas kerja mesin juga menjadi suatu pertimbangan dalam menentukan harga dari mesin pencacah (*chopper*) dan mengetahui jenis hijauan terbaik terhadap kapasitas kerja mesin. Harga mesin akan semakin tinggi jika nilai kapasitas mesin semakin tinggi.

Untuk mendapatkan nilai kapasitas mesin dilakukan dengan membagi berat bahan tercacah dengan lama waktu yang dibutuhkan untuk mencacah bahan tersebut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan tingkat kapasitas kerja mesin yang berbeda pada setiap jenis hijauan yang digunakan. Perhitungan untuk kapasitas kerja mesin dapat dilihat pada Lampiran 3. Rata-rata kapasitas kerja mesin pencacah untuk masing-masing jenis bahan dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Grafik Rata-rata Kapasitas Kerja Mesin Pencacah (*chopper*)

Berdasarkan Gambar 9, rata-rata kapasitas kerja mesin tertinggi terdapat pada saat melakukan pencacah hijauan berupa tebon jagung yaitu sebesar 1412 kg/jam. Nilai rata-rata kapasitas kerja mesin terendah pada saat menggunakan hijauan berupa rumput gajah sebesar 1302,9 kg/jam. Berdasarkan Tabel 5, mesin pencacah (*chopper*) tipe vertikal ini termasuk ke dalam kelas B. Sesuai dengan persyaratan mesin pencacah kelas B harus memiliki kapasitas kerja mesin sebesar 801– 500 kg/jam.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan Putri dan Andasuryani (2017) rata-rata kapasitas kerja mesin pencacah menggunakan bahan batang jagung adalah 217,39 kg/jam, sedangkan rata-rata kapasitas kerja mesin pada penelitian ini menggunakan bahan tebon jagung adalah 1412 kg/jam. Pada penelitian Novianda et al. (2019) menggunakan mesin pencacah yang sama dengan Putri dan Andasuryani (2017) mendapatkan nilai kapasitas kerja mesin pencacah dengan menggunakan bahan rumput gajah yang adalah 523,48 kg/jam, sedangkan rata-rata kapasitas kerja mesin pada penelitian ini menggunakan bahan



rumpun gajah adalah 1302,9 kg/jam. Perbedaan kapasitas kerja mesin ini dipengaruhi oleh jenis mesin dan jumlah mata pisau pada mesin yang digunakan. Pada penelitian Novianda et al. (2019) dan Putri dan Andasuryani (2017) menggunakan 7 mata pisau pada mesin pencacah yang digunakan, sedangkan pada penelitian ini digunakan mesin pencacah menggunakan 21 buah mata pisau, hal ini sesuai dengan Hamarung dan Jasman (2019) menyatakan bahwa semakin banyak jumlah mata pisau yang digunakan pada mesin pencacah, maka frekuensi pemotongan akan semakin besar sehingga kapasitas kerja mesin semakin tinggi. Untuk perbandingan kapasitas kerja mesin pencacah berdasarkan jenis hijauan, tingkat kapasitas kerja mesin yang didapatkan berbeda dengan penelitian sebelumnya, di mana tingkat kapasitas kerja mesin pencacah pada mesin pencacah yang digunakan oleh Putri dan Andasuryani (2017) dan Novianda et al. (2019) nilai kapasitas kerja dalam mencacah rumput gajah lebih besar dibandingkan kapasitas kerja mesin dalam melakukan pencacahan bahan berupa tebon jagung, sedangkan kapasitas kerja mesin yang diteliti didapatkan kapasitas kerja mesin menggunakan bahan rumput gajah lebih rendah dibandingkan kapasitas kerja mesin dalam melakukan pencacahan tebon jagung. Perbedaan perbandingan kapasitas kerja mesin yang didapatkan dengan penelitian sebelumnya diakibatkan oleh beberapa faktor, seperti bedanya operator dalam melakukan pengambilan data yang memiliki tingkat keterampilan berbeda dalam melakukan pencacah menggunakan mesin pencacah (*chopper*), jenis mesin dan jenis motor penggerak yang digunakan.

Untuk mengetahui pengaruh ragam bahan terhadap kapasitas kerja mesin pencacah (*chopper*) maka dilakukan analisis statistik menggunakan SPSS ANOVA satu arah. Hasil analisis statistik untuk melihat apakah perlakuan atau jenis hijauan berpengaruh terhadap kapasitas kerja mesin dapat dilihat pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Hasil Analisis ANOVA Kapasitas Kerja Mesin

	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Perlakuan	18944,660	2	9472,330	11,444	0,009
Galat	4966,140	6	827,690		
Total	23910,800	8			

Dari hasil analisis data pada Tabel 15 terlihat bahwa nilai signifikannya 0,009. Berdasarkan hipotesis jika nilai signifikan  $\leq 0,01$ , maka dapat disimpulkan bahwa jenis bahan sangat berpengaruh nyata terhadap kapasitas kerja mesin pencacah (*chopper*), sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Pernyataan ini sesuai dengan Pijar, et al. (2022) menyatakan bahwa jenis bahan berpengaruh terhadap kapasitas pencacahan. Untuk mengetahui lebih lanjut pengaruh setiap jenis bahan terhadap kapasitas kerja mesin pencacah, maka dilakukan uji lanjut duncan. Uji lanjut duncan dapat dilihat pada Tabel 13.

**Tabel 13.** Hasil Analisis Duncan Kapasitas Kerja Mesin Pencacah

Jenis Bahan	N	Subset for alpha = 0,05	
		1	2
Rumput Gajah	3	1302,900	
Rumput Raja	3		1380,800
Tebon Jagung	3		1412,000
Sig.		1,000	0,232

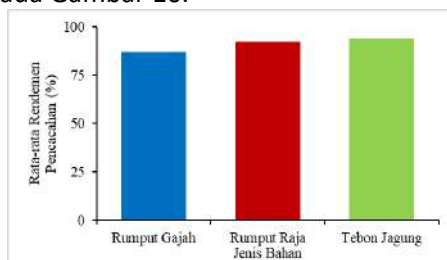
Berdasarkan hasil uji duncan yang dapat dilihat pada Tabel 13, ketika mesin pencacah (*chopper*) digunakan untuk mencacah rumput gajah memiliki pengaruh nyata terhadap rumput raja dan tebon jagung dalam hal kapasitas kerja mesin. Rumput raja dan tebon jagung tidak berpengaruh nyata dalam hal kapasitas kerja mesin, dapat dilihat rumput raja dan tebon jagung berada pada kolom subset yang sama. Perbedaan



pengaruh jenis hijauan terhadap kapasitas kerja mesin ini dapat dikarenakan karakteristik bahan yang berbeda.

Rumput gajah memiliki tekstur yang keras dibandingkan tekstur rumput raja dan tebon jagung, hal ini akan membuat kapasitas kerja mesin menurun. Kadar air bahan juga mempengaruhi kapasitas kerja mesin. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Iswandi et al. (2017) yang menyatakan bahwa semakin besar kadar air maka kapasitas kerja mesin juga akan semakin besar. Tingginya kadar air bahan akan membuat bobot bahan semakin tinggi, sehingga dalam melakukan pencacahan, operator mampu menggenggam jumlah satu jenis hijauan yang sama dengan jenis-jenis yang lainnya namun memiliki bobot yang berbeda pada setiap jenis hijauan.

**3.3.1.2 Rendemen Pencacahan.** Selain kapasitas kerja, rendemen pencacahan juga harus dihitung untuk mengetahui apakah alat efektif digunakan atau tidak pada setiap jenis hijauan yang dicacah. Rendemen pencacahan didapatkan dengan membandingkan bobot bahan setelah dicacah dengan bobot awal bahan sebelum dicacah atau output per bobot awal kali 100 yang dinyatakan dalam persen. Rata-rata rendemen pencacah untuk setiap jenis bahan dapat dilihat pada Gambar 10.



**Gambar 10.** Rata-rata Rendemen Pencacahan

Berdasarkan Gambar 10, nilai rendemen tertinggi terdapat pada saat melakukan pencacahan tebon jagung yaitu sebesar 94,1%, dan rendemen pencacahan terkecil pada pencacahan hijauan rumput gajah sebesar 86,9%. Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan informasi bahwa mesin pencacah (*chopper*) tipe vertikal yang diteliti efektif pada ketiga jenis hijauan yang digunakan (rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung). Di mana tingkat efektif tertinggi pada saat menggunakan mesin untuk mencacah tebon jagung, dan tingkat efektif terendah pada saat menggunakan mesin untuk mencacah rumput gajah. Perbedaan rendemen pada setiap jenis hijauan yang digunakan dapat disebabkan oleh faktor tingkat kekerasan bahan, keterampilan operator, dan laju pemasukan bahan. Untuk mengetahui apakah jenis bahan mempengaruhi rendemen pencacahan atau tidak, maka dilakukan analisis statistik rendemen pencacahan. Hasil analisis statistik pengaruh jenis bahan terhadap rendemen pencacahan dapat dilihat pada Tabel 14.

**Tabel 14.** Hasil Analisis ANOVA Rendemen Pencacahan

	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Perlakuan	84,198	2	42,099	11,444	0,009
Galat	22,072	6	3,679		
Total	106,270	8			

Dari hasil uji statistik pada Tabel 14 terlihat bahwa nilai signifikannya 0,009. Berdasarkan hipotesis jika nilai signifikan  $\leq 0,01$ , maka dapat disimpulkan bahwa jenis bahan sangat berpengaruh nyata terhadap rendemen pencacahan (*chopper*), sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Pernyataan ini sesuai dengan Perry (1998) dalam



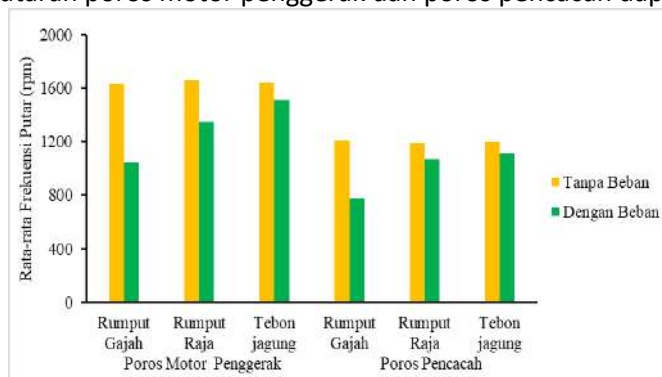
Iswandi et al. (2017) menyatakan bahwa rendemen pencacahan dipengaruhi oleh tenaga dalam melakukan pencacahan, frekuensi putar poros mesin dan pencacah, ukuran, bentuk dan kapasitas bahan yang digunakan. Di mana semakin lunak dan mudah bahan untuk dicacah, maka semakin tinggi rendemen pencacahan yang dilakukan. Untuk mengetahui lebih lanjut pengaruh setiap jenis bahan terhadap rendemen pencacah, maka dilakukan uji lanjut duncan. Uji lanjut duncan dapat dilihat pada Tabel 15.

**Tabel 15.** Hasil Analisis Duncan Rendemen Pencacahan

Jenis Bahan	N	Subset for alpha = 0,05	
		1	2
Rumput Gajah	3	86,860	
Rumput Raja	3		92,053
Tebon Jagung	3		94,133
Sig.		1,000	0,232

Berdasarkan hasil uji duncan pada Tabel 15, ketika mesin pencacah (*chopper*) digunakan untuk mencacah rumput gajah memiliki pengaruh nyata terhadap rumput raja dan tebon jagung dalam hal rendemen pencacahan. Rumput raja dan tebon jagung tidak berpengaruh nyata dalam hal rendemen pencacahan, dapat dilihat rumput raja dan tebon jagung berada pada kolom subset yang sama. Dapat dikatakan tingkat efektif mesin ketika digunakan untuk mencacah rumput raja dan tebon jagung tidak berbeda nyata, sedangkan untuk mencacah rumput gajah berbeda nyata terhadap rumput raja dan tebon jagung dalam hal rendemen pencacahan. Perbedaan kapasitas kerja mesin ini dapat dikarenakan karakteristik bahan yang berbeda, baik ukuran, bentuk, kekerasan, dan kadar air bahan.

**3.3.2** Perubahan Frekuensi Putaran Motor Penggerak, dan Poros Pencacah. Frekuensi putar mesin pencacah (*chopper*) tipe vertikal diukur menggunakan alat *tachometer*. Pengukuran frekuensi putar diukur ketika keadaan mesin tanpa beban dan keadaan mesin saat melakukan kerja pada setiap jenis bahan. Rata-rata hasil pengukuran frekuensi putaran poros motor penggerak dan poros pencacah dapat dilihat pada Gambar 16



**Gambar 16.** Rata-rata Frekuensi Putaran Poros Motor Penggerak dan Poros Pencacah

Pada Gambar 16 dapat dilihat bahwa frekuensi putar poros motor penggerak tanpa beban lebih tinggi dibandingkan dengan frekuensi poros motor penggerak saat terjadi pencacahan. Pada saat melakukan pencacahan terhadap setiap perlakuan atau jenis hijauan, frekuensi putar poros motor penggerak mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan frekuensi putar dipengaruhi oleh beban yang diberikan. Terlihat bahwa pencacahan hijauan berupa rumput gajah memberi pengaruh paling besar terhadap perubahan frekuensi putar poros motor penggerak terhadap saat tanpa beban yaitu dengan selisih sebesar 588,67 rpm. Untuk





jenis hijauan yang memberi pengaruh perubahan paling kecil terhadap frekuensi putar poros pada saat tanpa beban yaitu hijauan berupa tebon jagung, dengan selisih rata-rata frekuensi putar poros motor sebesar 126,67 rpm.

Perbedaan frekuensi putar poros motor penggerak dan poros pencacah dikarenakan ukuran pulley yang digunakan pada kedua poros berbeda, di mana frekuensi putar pada poros pencacah lebih rendah daripada frekuensi putar poros motor penggerak, dikarenakan ukuran pulley poros motor penggerak memiliki ukuran sebesar 11 cm lebih kecil dibandingkan pulley poros pencacah yang memiliki ukuran 15 cm. Sesuai dengan Putri dan Andasuryani (2017) menyatakan bahwa Perbandingan pulley menentukan frekuensi putar yang pada poros pencacah, semakin kecil perbandingan poros pencacah terhadap poros motor penggerak, maka semakin cepat frekuensi yang dihasilkan dan sebaliknya perbandingan ukuran pulley poros pencacah semakin besar maka frekuensi putar akan semakin lambat.

Frekuensi putar poros pencacah saat tanpa beban juga tidak signifikan dengan frekuensi putar poros pencacah saat dengan beban seperti yang dapat dilihat pada Gambar 16. Frekuensi poros pencacah saat tanpa beban mengalami penurunan dibandingkan saat terjadinya beban. Perubahan frekuensi putar poros pencacah terbesar terjadi saat melakukan pencacahan bahan berupa rumput gajah dengan nilai selisih sebesar 428,67 rpm, sedangkan penurunan frekuensi putar poros perajangan terkecil terjadi saat menggunakan bahan berupa tebon jagung dengan nilai selisih sebesar 87 rpm. Untuk mengetahui tingkat apakah jenis bahan berpengaruh terhadap frekuensi putar poros motor dan pencacah, maka dilakukan analisis statistik. Hasil analisis statistik pengaruh jenis bahan terhadap frekuensi putar poros motor dan pencacah dapat dilihat pada Tabel 16.

**Tabel 16.** Hasil Analisis ANOVA Frekuensi Putaran Poros

		<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Poros Motor	Perlakuan	341904,889	2	170952,444	296,392	0
	Galat	3460,667	6	576,778		
	Total	345365,556	8			
Poros Pencacah	Perlakuan	196483,556	2	98241,778	30,809	0,001
	Galat	19132,667	6	3188,778		
	Total	21561,222	8			

Dari hasil analisis statistik yang terlihat pada Tabel 16, didapatkan informasi bahwa pada pengaruh bahan terhadap frekuensi putar poros motor penggerak memiliki nilai signifikan sebesar 0,000 dan pada pengaruh bahan terhadap frekuensi putar poros pencacah memiliki nilai signifikan sebesar 0,001. Berdasarkan hipotesis jika nilai signifikan  $\leq 0,01$ , maka H0 ditolak dan H1 diterima. Dapat disimpulkan bahwa jenis bahan sangat berpengaruh nyata terhadap frekuensi putar motor penggerak dan poros pencacah. Penurunan frekuensi putar poros motor dan poros pencacah saat terjadi beban dikarenakan kerja mesin lebih berat, di mana beban bahan menyebabkan frekuensi putar poros menjadi lambat. Jenis bahan yang dimasukkan ke ruang silinder akan mempengaruhi frekuensi putar poros yang dihasilkan. Untuk mengetahui pengaruh setiap jenis bahan terhadap frekuensi putar poros motor dan poros pencacah, maka dilakukan uji lanjut duncan. Hasil uji lanjut duncan frekuensi putar poros motor penggerak dapat dilihat pada Tabel 17.

**Tabel 17.** Hasil Analisis Duncan Frekuensi Putar Poros Motor Penggerak



Jenis Bahan	N	Subset for alpha = 0,05		
		1	2	3
Rumput Gajah	3	1044,333		
Rumput Raja	3		1349,000	
Tebon Jagung	3			1515,000
Sig.		1,000	1,000	1,000

Dari hasil analisis duncan pada Tabel 17, dapat dilihat bahwa ketiga jenis hijauan berada pada kolom subset yang berbeda. Rumput gajah masuk ke dalam kolom 1, rumput raja masuk ke kolom 2, dan tebon jagung masuk ke dalam kolom 3. Ini mengindikasikan bahwa ketiga jenis hijauan ini berpengaruh nyata dengan memiliki perbedaan yang signifikan dalam hal perubahan frekuensi putar poros motor penggerak. Untuk uji lanjut duncan untuk frekuensi putar poros pencacah dapat dilihat pada Tabel 18

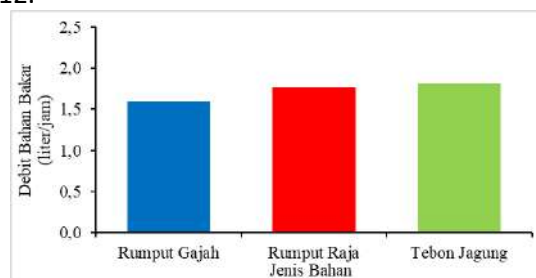
**Tabel 18.** Hasil Analisis Duncan Frekuensi Putar Poros Pencacah

Jenis Bahan	N	Subset for alpha = 0,05	
		1	2
Rumput Gajah	3	780,333	
Rumput Raja	3		1067,000
Tebon Jagung	3		1115,000
Sig.		1,000	0,338

Pada Tabel 18, dapat dilihat bahwa ketika mesin pencacah (*chopper*) digunakan untuk mencacah rumput gajah memiliki pengaruh nyata terhadap rumput raja dan tebon jagung dalam hal perubahan frekuensi putar poros penggerak. Rumput raja dan tebon jagung tidak berpengaruh nyata dalam hal perubahan frekuensi putar poros penggerak, dapat dilihat rumput raja dan tebon jagung berada pada kolom subset yang sama. Pengaruh antara jenis hijauan ini dalam hal frekuensi putar poros dipengaruhi oleh sifat fisik, dan bentuk bahan. Semakin tinggi tingkat kekerasan bahan yang dicacah, maka saat melakukan pencacahan frekuensi putar poros ikut menurun. Selain tingkat kekerasan bahan, jumlah bahan yang dimasukkan ke dalam silinder pencacah juga mempengaruhi frekuensi putar poros motor penggerak dan poros pencacah. Semakin banyak bahan yang dimasukkan ke dalam silinder pencacah maka frekuensi putar poros akan semakin menurun dikarenakan beban yang diterima mesin semakin tinggi. Sesuai dengan Santosa (2017) yang menyatakan bahwa pengukuran data rpm dengan beban dipengaruhi oleh jumlah atau bobot bahan yang masuk ke dalam mesin tidak seragam.

### 3.3.3 Konsumsi Bahan Bakar

**3.3.3.1 Debit Bahan Bakar.** Perhitungan konsumsi bahan bakar diperlukan untuk mengetahui banyaknya bahan bakar yang dibutuhkan dalam melakukan pengoperasian mesin pencacah pada setiap perlakuan atau jenis hijauan tiap waktu pemakaian. Mengetahui konsumsi bahan bakar bertujuan untuk mengetahui apakah jenis hijauan berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar atau tidak, dan mengetahui kemampuan motor dalam melakukan kerja atau tidak menggunakan motor penggerak sampai bahan bakar habis agar mesin dapat terawat dengan baik. Dengan mengetahui konsumsi bahan bakar juga bertujuan untuk mengetahui biaya yang diperlukan dalam melakukan pencacah pada setiap jenis bahan. Konsumsi bahan bakar diukur dengan melihat banyaknya bahan bakar yang berkurang pada setiap melakukan pencacahan selama 6 menit pada setiap ulangan, pengukuran bahan bakar dilakukan dengan menggunakan gelas ukur. Perhitungan debit bahan bakar dapat dilihat pada Lampiran 6 dan rata-rata debit bahan bakar pada setiap jenis bahan dapat dilihat pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Rata-rata Debit Aliran Bahan Bakar

Dari Gambar 12 dapat dilihat bahwa debit bahan bakar terendah terjadi pada saat mesin melakukan pencacahan bahan berupa rumput gajah yang membutuhkan bahan bakar sebanyak 1,6 liter untuk mengolahnya selama satu jam. Untuk pemakaian bahan bakar terbanyak terjadi saat menggunakan mesin untuk melakukan pencacahan bahan berupa tebon jagung dengan debit bahan bakar yang dibutuhkan dalam satu jam sebanyak 1,817 liter. Berdasarkan SNI 7580:2013 berdasarkan konsumsi bahan bakar, mesin pencacah (*chopper*) dikelompokkan menjadi 3 kelas, yaitu kelas A dengan konsumsi bahan bakar < 2 liter/jam, kelas B dengan konsumsi bahan bakar 2-3 liter/jam dan kelas C dengan konsumsi bahan bakar > 3 liter/jam. Sehingga berdasarkan konsumsi bahan bakar, mesin pencacah (*chopper*) yang diteliti untuk mencacah rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung dikelompokkan pada kelas A. Untuk melihat apakah jenis bahan berpengaruh terhadap banyaknya bahan bakar yang digunakan untuk mengolah bahan, maka dilakukan analisis statistik debit bahan bakar. Hasil uji analisis statistik dapat dilihat pada Tabel 19.

**Tabel 19.** Hasil Analisis ANOVA Debit Bahan Bakar

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Perlakuan	0,077	2	0,039	27,800	0,001
Galat	0,008	6	0,001		
Total	0,086	8			

Dari hasil pada Tabel 22 dapat dilihat pengaruh jenis bahan terhadap debit bahan bakar yang diperlukan untuk pencacahan tiap jenis bahan didapatkan nilai signifikan sebesar 0,001. Berdasarkan hipotesis jika nilai signifikan  $\leq 0,01$  maka dapat dinyatakan bahwa jenis bahan sangat berpengaruh nyata terhadap debit bahan bakar yang dibutuhkan untuk melakukan pencacahan, sehingga  $H_0$  ditolak, dan  $H_1$  diterima. Sesuai dengan Pijar et al. (2022) yang menyatakan bahwa jenis bahan dan kecepatan putar pencacahan berpengaruh



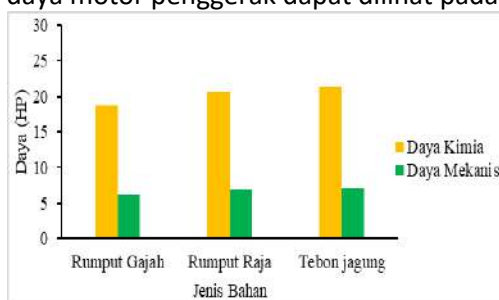
nyata terhadap konsumsi bahan bakar. Dikarenakan jenis bahan berpengaruh nyata terhadap debit bahan bakar yang digunakan, maka dilakukan uji lanjut untuk melihat pengaruh atau tingkat signifikan debit bahan bakar yang diperlukan tiap jenis hijauan. Hasil uji lanjut Duncan pengaruh jenis hijauan terhadap debit bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 20.

**Tabel 20.** Hasil Analisis ANOVA Debit Bahan Bakar

Jenis Bahan	N	Subset for alpha = 0,05	
		1	2
Rumput Gajah	3	1,600	
Rumput Raja	3		1,767
Tebon Jagung	3		1,817
Sig.		1,000	0,151

Dari data hasil uji lanjut pada Tabel 20 didapatkan informasi bahwa ketika mesin pencacah (*chopper*) digunakan untuk mencacah rumput gajah memiliki pengaruh nyata terhadap rumput raja dan tebon jagung dalam hal debit bahan bakar. Rumput raja dan tebon jagung tidak berpengaruh nyata dalam hal debit bahan bakar, dapat dilihat rumput raja dan tebon jagung berada pada kolom subset yang sama.

**3.3.3.2 Daya Motor Penggerak.** Dengan diketahui banyaknya bahan bakar yang terpakai dalam melakukan pencacahan tiap jenis hijauan, maka didapatkan nilai daya kimia dan daya mekanis yang dihasilkan motor penggerak. Hasil perhitungan daya motor penggerak dapat dilihat pada Gambar 13.



**Gambar 13.** Rata-rata Daya Motor Penggerak

Pada Gambar 13 dapat dilihat bahwa nilai daya terbesar terdapat pada saat melakukan pencacahan tebon jagung dengan nilai daya kimia sebesar 21,34 HP dan daya mekanis sebesar 7,04 HP. Untuk daya terkecil terjadi saat melakukan pencacahan rumput gajah dengan daya kimia sebesar 18,79 HP dan daya mekanis sebesar 6,2 HP. Perbedaan daya tiap perlakuan atau jenis hijauan terjadi dikarenakan bedanya tenaga yang dihasilkan motor penggerak untuk dapat memotong hijauan yang memiliki tingkat kekerasan yang berbeda. Bobot bahan yang masuk ke dalam ruang silinder mempengaruhi daya yang dihasilkan motor, sesuai dengan pernyataan Hidayat et al. (2006) menyatakan bahwa beban yang terkena pada poros pencacah akan mempengaruhi besarnya daya yang digunakan. Daya yang digunakan bernilai sama jika terjadi volume bahan yang sama yang dicacah. Bobot bahan yang tercacah tiap satuan waktunya lebih tinggi, maka diperlukan daya yang lebih besar. Untuk mengetahui apakah jenis bahan akan mempengaruhi daya yang digunakan, maka dilakukan analisis statistik. Hasil analisis statistik pengaruh perlakuan atau jenis hijauan terhadap daya yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 21.



**Tabel 21.** Hasil Analisis ANOVA Daya Motor

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Daya Kimia	Perlakuan	10,560	2	5,325	28,008	0,001
	Galat	1,141	6	0,190		
	Total	11,791	8			
Daya Mekanis	Perlakuan	1,158	2	0,579	27,401	0,001
	Galat	0,127	6	0,021		
	Total	1,285	8			

Berdasarkan Tabel 21 didapatkan nilai informasi nilai signifikan pengaruh jenis hijauan terhadap daya kimia bernilai 0,001 dan terhadap daya mekanis bernilai 0,001. Nilai signifikan tersebut  $\leq 0,01$  sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Dapat dikatakan bahwa jenis hijauan sangat berpengaruh nyata atau mempengaruhi besarnya daya kimia dan mekanis yang dihasilkan motor penggerak untuk melakukan pencacahan. Dilakukan uji lanjut duncan untuk mengetahui besarnya perbedaan nilai atau pengaruh tiap jenis bahan terhadap daya yang dibutuhkan. Uji duncan pengaruh jenis hijauan terhadap daya kimia dapat dilihat pada Tabel 22.

**Tabel 22.** Hasil Analisis Duncan Daya Kimia Motor

Jenis Bahan	N	Subset for alpha = 0,05	
		1	2
Rumput Gajah	3	18,7933	
Rumput Raja	3		20,7533
Tebon Jagung	3		21,3367
Sig.		1,000	0,152

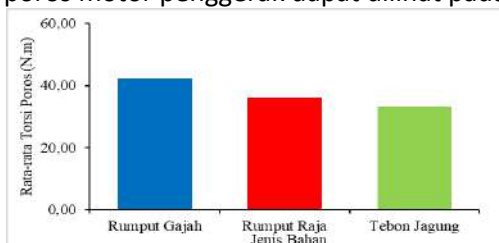
Berdasarkan Tabel 22 didapatkan informasi bahwa ketika mesin pencacah (*chopper*) digunakan untuk mencacah rumput gajah memiliki pengaruh nyata terhadap rumput raja dan tebon jagung dalam hal daya kimia motor. Rumput raja dan tebon jagung tidak berpengaruh nyata dalam hal daya kimia motor, dapat dilihat rumput raja dan tebon jagung berada pada kolom subset yang sama. Untuk pengaruh jenis hijauan terhadap daya mekanis dapat dilihat pada Tabel 23.

**Tabel 1.** Hasil Analisis Duncan Daya Mekanis Motor

Jenis Bahan	N	Subset for alpha = 0,05	
		1	2
Rumput Gajah	3	6,2033	
Rumput Raja	3		6,8467
Tebon Jagung	3		7,0433
Sig.		1,000	0,149

Berdasarkan Tabel 23 didapatkan informasi bahwa ketika mesin pencacah (*chopper*) digunakan untuk mencacah rumput gajah memiliki pengaruh nyata terhadap rumput raja dan tebon jagung dalam hal daya mekanis motor. Rumput raja dan tebon jagung tidak berpengaruh nyata dalam hal daya mekanis motor, dapat dilihat rumput raja dan tebon jagung berada pada kolom subset yang sama.

**3.3.3.3 Torsi Poros.** Untuk mengetahui besarnya gaya yang dihasilkan poros motor penggerak untuk mencacah tiap jenis perlakuan atau jenis hijauan, maka dilakukan perhitungan torsi pada poros motor penggerak. Perhitungan nilai torsi dilakukan dengan cara membandingkan daya yang dihasilkan motor penggerak dengan frekuensi putar pada poros motor penggerak dan dikonversi untuk mendapatkan nilai torsi dalam satu N.m. Nilai rata-rata torsi poros motor penggerak dapat dilihat pada Gambar 14.



**Gambar 14.** Rata-rata Torsi Putaran Motor Penggerak

Dari Gambar 14 dapat dilihat bahwa gaya yang dihasilkan poros motor penggerak memerlukan gaya yang terbesar saat melakukan pencacahan dengan perlakuan atau jenis hijauan rumput gajah sebesar 42,31 HP. Untuk gaya yang dihasilkan poros motor penggerak memerlukan gaya yang terkecil saat melakukan pencacahan dengan perlakuan atau jenis hijauan rumput tebon jagung sebesar 33,13 HP. Dari data frekuensi putar dan torsi poros dapat dikatakan nilai frekuensi putar poros berbanding terbalik dengan nilai torsi poros. Pada saat melakukan pencacahan rumput gajah, frekuensi putar poros yang dihasilkan menghasilkan nilai terendah, namun memiliki nilai torsi poros tertinggi, sedangkan pada saat melakukan pencacahan tebon jagung, nilai frekuensi putar poros yang dihasilkan tinggi, namun memiliki nilai torsi poros terendah. Sesuai dengan pernyataan Sibarani et al. (2020) menyatakan bahwa nilai torsi mempengaruhi kecepatan putar poros, di mana semakin besar nilai torsi maka semakin kecil nilai frekuensi putar dan sebaliknya semakin kecil nilai torsi maka akan semakin meningkat nilai kecepatan putar. Untuk mengetahui apakah perlakuan atau jenis hijauan berpengaruh terhadap nilai torsi poros atau tidak, maka dilakukan analisis statistik. Hasil analisis statistik dapat dilihat pada Tabel 24.

**Tabel 24.** Hasil Analisis ANOVA Torsi Poros Motor Penggerak

		<i>Sum of Squares</i>	<i>d</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Torsi Poros Motor Penggerak	Perlakuan	131,399	2	65,699	173,14	0
	Galat	2,277	6	0,379		1
	Total	133,676	8			

Dari analisis statistik yang dihasilkan Tabel 24, didapatkan informasi nilai signifikan pengaruh jenis bahan terhadap nilai torsi poros motor penggerak sebesar 0. Nilai signifikan pengaruh jenis bahan terhadap torsi kedua poros  $\leq 0,01$  dapat dikatakan  $H_0$  ditolak, dan  $H_1$  diterima. Maka jenis bahan yang dicacah sangat berbeda nyata atau sangat mempengaruhi besarnya torsi poros motor. Dikarenakan jenis bahan mempengaruhi nilai torsi poros, maka dilakukan uji lanjut duncan. Hasil uji lanjut duncan pengaruh jenis bahan terhadap torsi poros motor penggerak dapat dilihat pada Tabel 25.

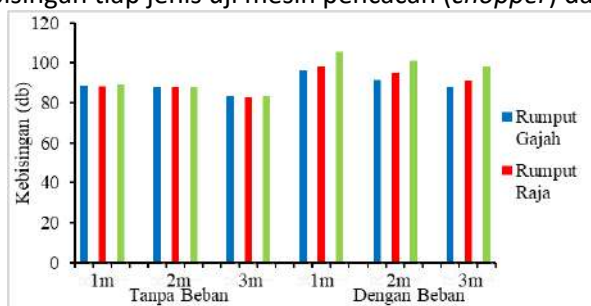
**Tabel 25.** Hasil Analisis Duncan Torsi Poros Motor Penggerak



Jenis Bahan	N	Subset for alpha = 0,05		
		1	2	3
Tebon Jagung	3	33,130		
Rumput Raja	3		36,157	
Rumput Gajah	3			42,313
Sig.		1,000	1,000	1,000

Dari Tabel 25 didapatkan informasi bahwa ketiga jenis hijauan berada pada kolom subset yang berbeda. Tebon jagung masuk ke dalam kolom 1, rumput raja masuk ke kolom 2, dan rumput gajah masuk ke dalam kolom 3. Ini mengindikasikan bahwa ketiga jenis hijauan ini berpengaruh nyata dengan memiliki perbedaan yang signifikan dalam hal torsi poros motor penggerak. Maka diperlukan pemilihan motor penggerak sesuai kebutuhan atau jenis bahan yang akan dicacah, agar motor penggerak yang digunakan dapat memenuhi kebutuhan gaya potong yang dibutuhkan. Sesuai dengan Ma'arif (2011) dalam Hamarung dan Jasman (2019) menyatakan bahwa dalam merancang mesin pencacah perlu diperhatikan besarnya gaya potong yang diperlukan dalam melakukan pencacahan, sehingga perlu dilakukan pemilihan motor penggerak yang memiliki torsi yang cukup.

**3.3.4 Kebisingan.** Tingkat kebisingan mesin diukur ketika mesin bekerja tanpa beban dan saat ada beban. Mengukur tingkat kebisingan bertujuan untuk mengetahui keselamatan kerja operator saat melakukan pencacahan, fokus utama keselamatan kerja yang diperhatikan dalam mengukur tingkat kebisingan ini adalah pendengaran operator. Tingkat kebisingan diukur menggunakan alat *sound level meter*, dengan melakukan tiga kali pengulangan pada saat mesin melakukan pencacahan tiap jenis bahan dengan jarak pengukuran 1m, 2m, dan 3m. Rata-rata kebisingan tiap jenis uji mesin pencacah (*chopper*) dapat dilihat pada Gambar 15.



**Gambar 15.** Rata-rata Tingkat Kebisingan Mesin

Berdasarkan Gambar 15 dapat dilihat bahwa semakin jauh jarak pengukuran, semakin rendah tingkat kebisingan yang diterima oleh alat ukur atau pendengaran. Saat tanpa terjadi beban, tingkat kebisingan yang dihasilkan mesin pencacah (*chopper*) lebih rendah dibandingkan saat terjadi beban, hal ini dikarenakan saat terjadi beban, akan menghasilkan suara getaran pada mesin, suara yang dihasilkan poros pisau pencacah saat melakukan pencacahan, peningkatan suara yang dihasilkan motor penggerak, dan suara bahan terhempas ke dinding silinder. Pada saat terjadi beban, tingkat kebisingan tertinggi terjadi saat mesin melakukan pencacahan tebon jagung, sedangkan tingkat kebisingan terendah terjadi saat mesin melakukan pencacahan rumput gajah. Tingkat kebisingan pada pencacahan diakibatkan oleh banyak bahan yang dicacah tiap satuan waktunya, dimana semakin banyak bahan yang tercacah maka daya yang dibutuhkan semakin besar sehingga tingkat kebisingan juga semakin tinggi, dan begitu juga sebaliknya semakin sedikit bahan yang tercacah maka daya yang dibutuhkan semakin kecil sehingga tingkat kebisingan juga semakin rendah. Hal ini sesuai dengan



Hidayat et al. (2006) menyatakan bahwa tingkat kebisingan berbeda diakibatkan oleh bobot bahan yang terpotong persatuan waktunya lebih besar sehingga daya yang diperlukan semakin besar.

Berdasarkan data lapangan saat terjadi beban tingkat kebisingan terendah terjadi pada jarak pada jarak 3 m saat melakukan pencacahan rumput gajah dengan nilai 87,7 dB. Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor Per. 13/MEN/X/2011 Tahun 2011, tingkat kebisingan memiliki nilai ambang batas (NAB) jika terpapar kebisingan 94-96 dB dengan waktu pemaparan 1 jam per hari, tingkat kebisingan 97-99 dB dengan waktu pemaparan 30 menit per hari, dan tingkat kebisingan 103-105 dB dengan waktu pemaparan 7,5 menit. Sedangkan untuk tingkat kebisingan tertinggi terjadi pada saat jarak 1 m dengan nilai tingkat kebisingan saat melakukan pencacahan tebon jagung sebesar 105,5 dB, rumput raja sebesar 98,2 dB, dan rumput gajah sebesar 96,7 dB. Maka tingkat kebisingan yang dihasilkan mesin pencacah (chopper) dapat menyebabkan bahaya yang mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan pendengaran jika melakukan pencacahan tebon jagung selama 7,5 menit per hari atau rumput raja selama 30 menit per hari atau rumput gajah selama 30 menit per hari tanpa menggunakan alat pelindung pendengaran. Tingkat kebisingan yang tinggi ini dapat mengganggu tingkat kinerja operator saat melakukan pencacahan. Agar pendengaran aman saat menggunakan mesin dengan tingkat kebisingan yang tinggi, maka digunakan alat pelindung diri (APD) seperti ear plug. Untuk mengetahui apakah jenis bahan mempengaruhi tingkat kebisingan mesin yang dihasilkan mesin pencacah, maka dilakukan analisis data ANOVA. Hasil analisis data dapat dilihat pada Tabel 26.

**Tabel 26.** Hasil Analisis ANOVA Tingkat Kebisingan

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	732.667a	8	91.583	39.406	.000
Intercept	249.177.720	1	249.177.720	107.215.911	.000
Jenis_Bahan	448.376	2	224.188	96.463	.000
Jarak	278.576	2	139.288	59.933	.000
Jenis_Bahan * Jarak	5.716	4	1.429	.615	.657
Error	41.833	18	2.324		
Total	249.952.220	27			
Corrected Total	774.500	26			

Berdasarkan Tabel 26, nilai signifikan pengaruh jenis bahan terhadap tingkat kebisingan memiliki nilai  $\leq 0,01$ , sehingga berdasarkan analisis jenis hijauan yang dicacah sangat berpengaruh nyata terhadap tingkat kebisingan yang dihasilkan mesin. Nilai signifikan pengaruh jarak pendengaran terhadap tingkat kebisingan juga  $\leq 0,01$ , dapat dianalisis bahwa jarak pengukuran sangat berpengaruh nyata terhadap tingkat kebisingan yang ditangkap pendengaran. Sedangkan pengaruh jenis hijauan dan jarak pengukuran terhadap tingkat kebisingan yang terukur memiliki nilai signifikan  $> 0,05$  sehingga berdasarkan analisis jenis hijauan yang digunakan dan jarak pengukuran tidak berpengaruh nyata terhadap tingkat kebisingan yang diterima oleh pendengaran. Untuk mengetahui pengaruh tiap jenis hijauan dan tiap jarak pengukuran terhadap tingkat kebisingan yang dihasilkan, maka dilakukan uji lanjut duncan. Hasil uji lanjut duncan pengaruh jenis bahan terhadap tingkat kebisingan dapat dilihat pada Tabel 27.

**Tabel 27.** Hasil Analisis Duncan Jenis Hijauan Terhadap Tingkat Kebisingan





Jenis Bahan	N	Subset for alpha = 0,05		
		1	2	3
Rumput Gajah	9	92,878		
Rumput Raja	9		94,733	
Tebon Jagung	9			101,859
Sig.		1,000	1,000	1,000

Berdasarkan Tabel 27 terlihat bahwa ketiga jenis hijauan berada pada kolom subset yang berbeda. Rumput gajah masuk ke dalam kolom 1, rumput raja masuk ke kolom 2, dan tebon jagung masuk ke dalam kolom 3. Ini mengindikasikan bahwa ketiga jenis hijauan ini berpengaruh nyata dengan memiliki perbedaan yang signifikan dalam hal pengaruh jenis hijauan terhadap tingkat kebisingan. Untuk Hasil uji lanjut duncan pengaruh jarak pengukuran terhadap tingkat kebisingan dapat dilihat pada Tabel 28.

**Tabel 28.** Hasil Analisis Duncan Jarak Pengukuran Terhadap Tingkat Kebisingan

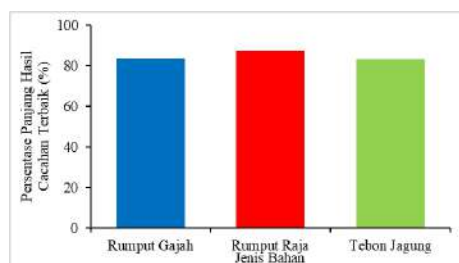
Jarak	N	Subset for alpha = 0,05		
		1	2	3
3 m	9	92,267		
2 m	9		95,811	
1 m	9			100,122
Sig.		1,000	1,000	1,000

Berdasarkan Tabel 28 terlihat bahwa ketiga jenis jarak pengukuran berada pada kolom subset yang berbeda. Jarak 1m masuk ke dalam kolom 1, jarak 2m masuk ke kolom 2, dan jarak 3m masuk ke dalam kolom 3. Ini mengindikasikan bahwa ketiga jenis jarak pengukuran ini berpengaruh nyata dengan memiliki perbedaan yang signifikan dalam hal pengaruh jenis jarak pengukuran terhadap tingkat kebisingan.



**3.3.5 Kecepatan Angin.** Pengukuran kecepatan angin bertujuan untuk mengetahui besarnya angin yang dihasilkan mesin pencacah pada bagian keluaran. Dengan mengetahui kecepatan angin keluaran mesin pencacah, maka akan diketahui kemampuan mesin dalam melakukan keluaran hasil cacahan dari ruang silinder pencacah. Kecepatan angin keluaran diukur menggunakan alat berupa *anemometer*. Pengukuran dilakukan dengan memosisikan *anemometer* tepat di depan lubang keluaran (*output*), sehingga didapatkan nilai kecepatan angin keluaran mesin. Pengukuran kecepatan angin mesin dilakukan saat mesin dalam kondisi mesin tanpa beban dan kondisi dengan beban. Dari hasil pengukuran yang dilakukan didapatkan rata-rata kecepatan angin keluaran mesin pencacah untuk mencacah rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung dalam kondisi tanpa beban secara berturut sebesar 3,03 m/s, 303 m/s, dan 2,97 m/s. Perhitungan kecepatan angin tanpa beban dapat dilihat pada Lampiran 10. Sedangkan untuk kecepatan angin keluaran mesin dalam kondisi dengan beban tidak dapat dilakukan atau mengalami kendala pada saat pengukuran. *Anemometer* yang digunakan mengalami eror dikarenakan baling-baling *anemometer* tersangkut oleh bahan yang keluar dari ruang silinder pencacah pada saat terjadi beban sehingga tidak dapat dilakukan pengukuran kecepatan angin keluaran mesin.

**3.3.6 Analisis Hasil Cacahan.** Pengamatan hasil cacahan dilakukan setelah bahan tercacah oleh mesin. Pengamatan ini dilakukan untuk menentukan pengaruh perlakuan atau jenis hijauan yang dicacah terhadap tingkat efektivitas mesin pencacah (*chopper*) terhadap hasil pencacahan. Pengamatan hasil cacahan dilihat dari keseragaman ukuran hasil cacahan dengan menghitung persentase berat cacahan. Menurut SNI 7785.1:2013 panjang hasil cacahan hijauan pakan ternak dikelompokkan menjadi panjang cacahan, 20 mm, 20 mm – 50 mm, dan > 50 mm. Menurut SNI 7785.1:2013 panjang cacahan pakan hijauan terbaik memiliki ukuran 20 mm – 50 mm, hal ini dikarenakan ukuran ini dapat mempermudah ternak mengonsumsi pakan dan mempermudah proses pencernaan ternak. maka akan dihitung persentase panjang hasil cacahan terbaik. Setelah dilakukan pengamatan didapatkan data panjang hasil cacahan terbaik yang dapat dilihat pada Gambar 16.



**Gambar 16.** Rata-rata Persentase Panjang Hasil Cacahan Terbaik

Berdasarkan Gambar 16, dapat dilihat panjang hasil cacahan terbaik dengan nilai tertinggi terjadi pada saat melakukan pencacahan rumput raja dengan rata-rata persentase 87,74%, sedangkan untuk panjang hasil cacahan terbaik dengan nilai terendah terjadi saat melakukan pencacahan rumput gajah dengan rata-rata persentase 83,47%. Perbedaan panjang hasil cacahan ini disebabkan oleh bentuk dan ukuran tiap jenis bahan yang berbeda. Banyaknya mata pisau pada poros pencacah membuat bahan menjadi ukuran yang sangat kecil bahkan hancur, sedangkan untuk bagian daun dari bahan tidak mengalami pemotongan karena memiliki bentuk yang susah untuk ditebas oleh pisau pencacah sehingga bagian daun dari bahan akan keluar dari ruang silinder pencacah dalam ukuran yang masih panjang. Hasil cacahan mesin pencacah (*chopper*) yang diteliti telah sesuai dengan syarat SNI 7785.:2013, di mana menurut SNI tersebut persentase bobot hasil cacahan yang panjangnya 20-50 mm minimum 80%, sehingga mesin pencacah (*chopper*) tipe vertikal yang diteliti layak



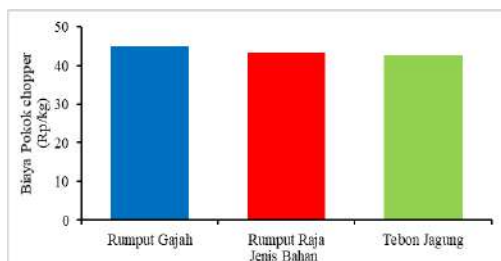
untuk digunakan dilihat dari segi hasil cacahan yang dihasilkan mesin. Untuk mengetahui apakah jenis bahan mempengaruhi persentase panjang hasil cacahan terbaik atau tidak, maka dilakukan analisis data ANOVA yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 29.

**Tabel 29.** Hasil Analisis ANOVA Hasil Cacahan Terbaik

	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Perlakuan	37,734	2	18,867	1,049	0,407
Galat	107,921	6	17,987		
Total	145,655	8			

Berdasarkan Tabel 29 diketahui bahwa pengaruh jenis hijauan yang dicacah terhadap persentase panjang hasil cacahan terbaik memiliki nilai signifikan  $> 0,05$ , sehingga berdasarkan analisis  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak. Dapat dikatakan bahwa jenis bahan tidak berpengaruh nyata terhadap persentase panjang hasil cacahan terbaik.

**3.3.7 Biaya Pokok *Chopper*.** Perhitungan biaya pokok mesin pencacah (*chopper*) dilakukan untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan untuk mencacah satu kilogram tiap jenis hijauan. Dengan mengetahui biaya pokok, maka dapat menjadi pertimbangan dalam mengatur perhitungan keuangan dalam industri yang dilakukan, dan dengan perhitungan ini dapat diketahui biaya yang dibutuhkan untuk mencacah tiap jenis hijauan. Biaya pokok terdiri atas biaya tetap dan biaya tidak tetap. Biaya yang dihitung terdiri dari biaya penyusutan dan biaya modal dengan asumsi suku bunga bank 6% per tahun dan nilai akhir alat 10% dari harga awal mesin. Biaya tidak tetap yang dihitung terdiri dari biaya perbaikan dan perawatan mesin, biaya operator, biaya pelumas, dan biaya bahan bakar. Hasil perhitungan biaya pokok mesin pencacah (*chopper*) dapat dilihat pada Gambar 17.



**Gambar 17.** Rata-rata Biaya Pokok Mesin

Berdasarkan Gambar 17 biaya pokok mesin pencacah (*chopper*) terkecil terjadi ketika mesin melakukan pencacahan tebon jagung yang membutuhkan Rp 42,58/kg, sedangkan untuk biaya pokok terbesar terjadi ketika mesin melakukan pencacahan rumput gajah yang membutuhkan biaya sebesar Rp 45,01/kg rumput gajah. Perbedaan biaya pokok mesin pencacah saat melakukan pencacah bahan yang berbeda dipengaruhi oleh biaya tidak tetap berupa perbedaan kebutuhan bahan bakar pada setiap jenis bahan. Semakin banyak bahan bakar yang dibutuhkan untuk melakukan pencacahan suatu bahan tiap satuan waktunya maka semakin besar juga biaya pokok *chopper* yang dibutuhkan untuk melakukan pencacahan bahan tersebut. Besar biaya pokok dipengaruhi oleh besarnya kapasitas kerja mesin, di mana kapasitas kerja mesin pencacah (*chopper*) berbanding terbalik terhadap biaya pokok mesin. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Syahril et al. (2016) menyatakan bahwa semakin besar kapasitas kerja mesin pada jenis bahan yang digunakan maka biaya pokok yang dibutuhkan akan semakin kecil, dan begitu juga sebaliknya semakin kecil kapasitas kerja mesin pada jenis bahan yang digunakan maka biaya pokok yang dibutuhkan akan semakin



besar. Untuk mengetahui apakah jenis bahan mempengaruhi biaya pokok mesin atau tidak, maka dilakukan analisis data ANOVA yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 30.

**Tabel 30.** Hasil analisis ANOVA Biaya Pokok *Chopper*

	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	F	<i>Sig.</i>
Perlakuan	9,632	2	4,816	3,688	0,09
Galat	7,835	6	1,306		
Total	17,467	8			

Berdasarkan Tabel 30 terlihat bahwa nilai signifikan pengaruh jenis hijauan terhadap biaya pokok *chopper* > 0,05, sehingga berdasarkan analisis H0 diterima dan H1 ditolak. Dapat dikatakan bahwa jenis bahan tidak berpengaruh nyata terhadap biaya pokok *chopper*.

**3.3.8 Titik Impas (*Break Event Point*).** Titik impas merupakan titik atau kondisi suatu produksi mesin tidak mengalami kerugian maupun keuntungan. Menghitung titik impas bertujuan untuk menunjukkan tingkat di mana penjualan sama dengan biaya, sehingga dengan melakukan perhitungan titik impas dapat menentukan biaya produksi dan biaya penjualan. Titik impas dapat dihitung dalam dua jenis, yaitu titik impas menurut bobot kerja, dan titik impas menurut jam kerja. Hasil dari perhitungan titik impas mesin pencacah (*chopper*) yang diteliti dapat dilihat pada Tabel 31.

**Tabel 31.** Rata-rata Titik impas Mesin

Bahan	BEP bobot kerja (kg/tahun)	BEP Jam Kerja (jam/tahun)
Rumput Gajah	339.217,39	260,35
Rumput Raja	357.510,23	258,91
Tebon Jagung	364.983,86	258,49

Berdasarkan Tabel 31 nilai titik impas berdasarkan bobot kerja tertinggi terjadi pada pencacahan hijauan berupa tebon jagung sebesar 364.912,67 kg/tahun, sedangkan nilai terendah terjadi pada pencacahan hijauan berupa rumput gajah sebesar 339.215,89 kg/tahun. Berdasarkan perhitungan titik impas berdasarkan bobot kerja perlakuan atau jenis hijauan yang terbaik yang digunakan adalah rumput gajah, dikarenakan memiliki nilai terendah dibandingkan jenis hijauan rumput raja dan tebon jagung. Dari perhitungan titik impas berdasarkan bobot kerja, dapat dikatakan bahwa pencacahan hijauan akan mengalami keuntungan jika mencapai bobot cacahan pertahun melebihi nilai titik impas, sedangkan apabila bobot pencacahan pertahun kecil dari nilai titik impas, maka penggunaan mesin pencacahan (*chopper*) mengalami kerugian.

Sedangkan titik impas berdasarkan jam kerja tertinggi terjadi pada perlakuan atau jenis hijauan rumput raja sebesar 260,35 jam/tahun, dan titik impas berdasarkan jam kerja terendah terjadi pada perlakuan atau hijauan tebon jagung. Penggunaan mesin akan mengalami keuntungan jika jam operasional mesin dalam satu tahun melebihi titik impas berdasarkan jam kerja, dan akan mengalami kerugian jika jam operasional mesin dalam satu tahun kurang dari titik impas berdasarkan jam kerja. Untuk mengetahui apakah jenis bahan mempengaruhi titik impas mesin atau tidak, maka dilakukan analisis data ANOVA yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 32.

**Tabel 32.** Hasil Analisis ANOVA Titik Impas Mesin



		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
BEP	Perlakuan	1.054.398.966	2	527.199.483	8,577	0,017
Bobot	Galat	368.816.229,7	6	61.469.371,61		
Kerja	Total	1.423.215.196	8			
BEP	Perlakuan	5,711	2	2,856	27,8	0,001
Jam	Galat	0,616	6	0,103		
Kerja	Total	6,328	8			

Berdasarkan Tabel 32, nilai signifikan pengaruh jenis bahan terhadap titik impas mesin berdasarkan bobot kerja  $<0,05$  dan  $>0,01$ , sehingga berdasarkan analisis  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Dapat dikatakan bahwa jenis bahan berpengaruh nyata terhadap impas mesin berdasarkan bobot kerja. nilai signifikan pengaruh jenis bahan terhadap titik impas mesin berdasarkan jam kerja  $<0,05$  dan  $<0,01$ , sehingga berdasarkan analisis  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Dapat dikatakan bahwa jenis bahan sangat berpengaruh nyata terhadap impas mesin berdasarkan kapasitas kerja. Perbedaan nilai titik impas pada setiap bahan dipengaruhi oleh biaya tidak tetap, dan kapasitas kerja mesin. Semakin tinggi biaya tidak tetap, maka semakin tinggi nilai titik impas dan begitu juga sebaliknya. Semakin tinggi kapasitas kerja mesin, maka semakin rendah nilai titik impas dan begitu juga sebaliknya. Ketiga jenis bahan yang digunakan telah memenuhi syarat untuk memperoleh keuntungan dengan asumsi jam kerja mesin pencacah (*chopper*) per tahun selama 365 jam. Hal ini mengartikan bahwa mesin ini layak untuk diproduksi untuk mendapatkan keuntungan dengan syarat minimum bobot kerja dan jam kerja per tahunnya sesuai dengan Tabel 31. Dikarenakan jenis bahan berpengaruh nyata terhadap titik impas mesin, maka dilakukan uji lanjut untuk melihat pengaruh tiap jenis bahan dalam hal titik impas mesin. Hasil uji lanjut Duncan pengaruh jenis hijauan terhadap titik impas berdasarkan bobot kerja mesin dapat dilihat pada Tabel 33.

**Tabel 33.** Hasil Analisis Duncan Titik Impas Mesin Berdasarkan Bobot Kerja (kg/tahun)

Jenis Bahan	N	Subset for alpha = 0,05	
		1	2
Rumput Gajah	3	339217,337	
Rumput Raja	3		357510,227
Tebon Jagung	3		364983,863
Sig.		1,000	0,287

Berdasarkan Tabel 33, terlihat penggunaan mesin pencacah (*chopper*) untuk mencacah rumput gajah memiliki pengaruh nyata terhadap rumput raja dan tebon jagung dalam hal titik impas mesin berdasarkan bobot kerja. Rumput raja dan tebon jagung tidak berpengaruh nyata dalam hal titik impas mesin berdasarkan bobot kerja, dapat dilihat rumput raja dan tebon jagung berada pada kolom subset yang sama. Hasil uji lanjut Duncan pengaruh jenis hijauan terhadap titik impas berdasarkan bobot kerja mesin dapat dilihat pada Tabel 34.

**Tabel 34.** Hasil Analisis Duncan Titik Impas Mesin Berdasarkan Jam Kerja (jam/tahun)

Jenis Bahan	N	Subset for alpha = 0,05	
		1	2
Rumput Gajah	3	258,487	
Rumput Raja	3	258,917	
Tebon Jagung	3		260,350
Sig.		0,151	1,000

Berdasarkan Tabel 34 terlihat penggunaan mesin pencacah (*chopper*) untuk mencacah rumput gajah dan rumput raja tidak berpengaruh nyata dalam hal titik impas mesin berdasarkan jam kerja, dapat dilihat rumput



gajah dan rumput raja berada pada kolom subset yang sama. Tebon jagung memiliki pengaruh nyata terhadap rumput gajah dan rumput raja dalam hal titik impas mesin berdasarkan jam kerja.

**3.4 Rekapitulasi Hasil Pengamatan.** Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan rekapitulasi hasil pengamatan untuk mengetahui jenis hijauan atau perlakuan terbaik dalam menggunakan mesin pencacah (*chopper*). Rekapitulasi hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 35.

**Tabel 3.** Rekapitulasi Hasil Pengamatan

No	Parameter	Perlakuan		
		Rumput Gajah	Rumput Raja	Tebon Jagung
1	Kapasitas kerja mesin (kg/jam)	1302,9	1380,8	1412
2	Rendemen (%)	86,9	92,1	94,1
3	Frekuensi (rpm)			
	a. Poros motor penggerak	1044	1349	1515
	b. Poros pencacah	780	1067	1115
4	Debit bahan bakar (liter/jam)	1,6	1,767	1,817
5	Daya (HP)			
	a. Kimia	18,79	20,75	21,34
	b. Mekanis	6,2	6,85	7,04
6	torsi (N.m)	42,31	36,16	33,13
7	Kebisingan (dB)			
	a. Jarak 1 meter	96,7	98,2	105,5
	b. Jarak 2 meter	91,3	95,1	101
	c. Jarak 3 meter	87,7	90,8	98,3
8	Hasil cacahan terbaik (%)	80	83,6	81,8
9	Biaya pokok <i>chopper</i> (Rp/kg)	45,05	43,3	42,58
10	Titik impas (BEP)			
	a. berdasarkan bobot kerja (kg/tahun)	339.217,24	357.510,23	364.983,86
	b. berdasarkan jam kerja (jam/tahun)	260,35	258,91	258,49

Keterangan:

= Perlakuan terbaik

Berdasarkan Tabel 35 perlakuan atau jenis hijauan terbaik yang dicacah menggunakan mesin pencacah (*chopper*) yaitu rumput gajah dan tebon jagung, di mana kedua jenis perlakuan atau bahan ini mendapatkan total penilaian yang sama yaitu sama-sama memiliki jumlah parameter pengukuran terbaik sebanyak 7 parameter. Pencacahan rumput gajah memiliki keunggulan pada hasil pengamatan dan perhitungan parameter debit bahan bakar, daya kimia, daya mekanis, tingkat kebisingan pada jarak 1 m, 2 m dan 3 m, dan titik impas mesin berdasarkan bobot kerja. Sedangkan tebon jagung memiliki keunggulan pada hasil pengamatan kapasitas kerja mesin, rendemen, frekuensi poros motor penggerak dan poros pencacah, torsi poros motor penggerak dan poros pencacah, biaya pokok *chopper*, dan berdasarkan jam kerja. Perlakuan atau jenis hijauan yang digunakan berpengaruh nyata terhadap kapasitas kerja mesin, rendemen, frekuensi poros motor penggerak dan poros pencacah, torsi poros motor penggerak dan poros pencacah, debit bahan bakar, daya kimia dan mekanis motor, dan tingkat kebisingan mesin dan biaya pokok *chopper* saat terjadi beban. Sedang perlakuan atau jenis hijauan tidak berpengaruh nyata terhadap hasil cacahan terbaik.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN



## 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan analisis teknis dan analisis ekonomi mesin pencacah (*chopper*) tipe vertikal dengan ragam bahan uji sebagai berikut:

### 1. Hasil analisis teknis mesin pencacah:

- Rumput raja dan tebon jagung tidak ada perbedaan nyata dalam hal kapasitas kerja, rendemen pencacahan, frekuensi putar poros pencacah, debit bahan bakar, daya kimia, dan daya mekanis.
- Rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung memiliki perbedaan yang signifikan dalam hal frekuensi putar poros motor penggerak, torsi poros motor penggerak, tingkat kebisingan berdasarkan jenis bahan, dan tingkat kebisingan berdasarkan jarak pengukuran.
- Rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung tidak berpengaruh nyata terhadap hasil keluar cacahan terbaik.

### 2. Hasil analisis ekonomi mesin pencacah:

- Rumput raja dan tebon jagung tidak ada perbedaan nyata dalam hal titik impas berdasarkan bobot kerja mesin.
- Rumput gajah dan rumput raja tidak ada perbedaan nyata dalam hal titik impas berdasarkan jam kerja mesin.
- Rumput gajah, rumput raja, dan tebon jagung tidak berpengaruh nyata terhadap biaya pokok mesin.

## 4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan saran:

- Untuk memaksimalkan kinerja mesin atau efisiensi dari pencacah (*chopper*) tipe vertikal, disarankan untuk menggunakan hijauan jenis rumput gajah dan tebon jagung, dan perlu diperhatikan tingkat kesegaran bahan sebelum melakukan pencacahan.
- Dalam melakukan pencacahan, operator disarankan untuk menggunakan alat pelindung pendengaran baik *ear plug* atau lainnya agar tidak terjadi gangguan kesehatan pendengaran karena tingkat kebisingan mesin melebihi ambang batas kebisingan.
- Peternak disarankan untuk melakukan total jam kerja dalam satu tahun selama 260,35 jam jika mencacah rumput gajah atau 258,98 jam jika mencacah rumput raja, atau 258,44 jam jika mencacah tebon jagung agar peternak tidak mengalami kerugian dalam menggunakan mesin pencacah (*chopper*) tipe vertikal.

## 5. REFERENSI

- [1] Santosa, *Pemrograman komputer Dengan Microsoft Excel*. Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia, 2021.
- [2] Santosa, *Aplikasi Keteknikan Pertanian untuk Budidaya Padi*. Padang, 2017.
- [3] N. Sari, Iqbal, and M. Achmad, "Uji Kinerja Dan Analisis Biaya Mesin Pencacah Pakan Ternak (Chopper)," *Jurnal Agritechno*, vol. 11, no. 2, pp. 113–120, 2018, doi: 10.20956/at.v11i2.115.
- [4] M. Maghfirah and F. Syam, "Analisis Perhitungan Harga Pokok Produksi Dengan Penerapan Metode Full Costing Pada Umkm Kota Banda Aceh," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Ekonomi Akuntansi (JIMEKA)*, vol. 1, no. 2, pp. 59–70, 2016.
- [5] Santosa, *Evaluasi Finansial untuk Manager, dengan Software Komputer*. Bogor: IPB Press, 2010.
- [6] D. Nugraha, R. T. Iriana, and S. Djuniati, "Analisis Biaya Dan Produktivitas Pemakaian Alat Berat Pada Kegiatan Pembangunan Jalan Akses Siak IV Pekanbaru," *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, 2017.
- [7] I. P. Ergonomi, "Rekap Data Antropometri Indonesia," *Indonesia Antropometri*. Accessed: Sep. 24, 2022. [Online]. Available: [https://antropometriindonesia.org/index.php/detail/artikel/4/10/data\\_antropometri](https://antropometriindonesia.org/index.php/detail/artikel/4/10/data_antropometri)



- [8] S. Aprilyanti, "Pengaruh Usia dan Masa Kerja Terhadap Produktivitas Kerja (Studi Kasus: PT. OASIS Water International Cabang Palembang)," *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, vol. 1, no. 2, pp. 68–72, 2017, doi: 10.30656/jsmi.v1i2.413.
- [9] M. A. Hamarung and J. Jasman, "Pengaruh Kemiringan dan Jumlah Pisau Pencacah terhadap Kinerja Mesin Pencacah Rumput untuk Kompos," *Jurnal Engine, Manufaktur, dan Material*, vol. 3, no. 2, pp. 53–59, 2019.
- [10] R. E. Putri and Andasuryani, "Pengembangan alat pencacah ( chopper ) batang jagung sebagai bahan baku silase," *Prosiding Seminar Nasional FKPT-TPI 2017*, pp. 222–229, 2017.
- [11] A. W. Novianda, R. E. Putri, and Ifmalinda, "Uji Kinerja Alat Pencacah (Chopper ) Limbah Biomassa Tipe Tep\_001 (2017) Sebagai Bahan Baku Silase," Universitas Andalas, 2019.
- [12] M. Pijar, S. Suharyatun, and M. Telaumbanua, "Jurnal Agricultural Biosystem Engineering The Performance Test of Chopping Machine Type GX 160 for Corncobs and Sugarcane Baggage," *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 61–70, 2022.
- [13] A. Iswandi, Santosa, and K. Fahmy, "STUDI TEKNO-EKONOMI MESIN PEMIPIL JAGUNG BERKELOBOT (Zea mays L.)," Universitas Andalas, 2017.
- [14] M. Hidayat, Harjono, Marsudi, and A. Gunanto, "Evaluasi kinerja teknis mesin pencacah hujauan pakan ternak," *Jurnal Enjiniring Pertanian*, vol. IV, no. 2, pp. 61–64, 2006.
- [15] J. D. Sibarani, G. M. Mangindaan, and A. H. J. Ontowijro, "Study Pengaruh Torsi Terhadap Kinerja Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan MatLab," pp. 1–11, 2020.
- [16] Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor Per. 13/MEN/X/2011, "Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja," 2011.
- [17] Syahril, Santosa, and Andasuryani, "Studi Tekno – Ekonomi Mesin Perajang Batang Pisang Untuk Pakan Ternak di CV. Anugerah Alam Farm Kota Pariaman," Universitas Andalas, 2016.