

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENYIANG GULMA DENGAN PENGGERAK MESIN POTONG RUMPUT

Ade Widia Eka Prasetyo: Joko Sedyono

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Surakarta

Abstrak

Penyiangan gulma secara tradisional menggunakan cangkul memerlukan waktu yang lama dan menguras tenaga fisik petani. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat, dan menguji kinerja alat penyiang gulma mekanis dengan memanfaatkan mesin potong rumput 4-Tak 1 HP (746 Watt) sebagai penggerak utama. Metode penelitian meliputi tahapan perancangan komponen, fabrikasi alat, serta uji performa aktual di lapangan pada lahan seluas 1 kotak (1.400 m^2). Alat ini menggunakan *gearbox* reduksi berasio 30:1 untuk memutar poros dan mata penyiang berdiameter 30 cm, lebar kerja 15 cm, serta ketebalan plat 2 mm. Hasil analisis mekanis menunjukkan bahwa putaran mesin sebesar 6500 RPM berhasil direduksi menjadi 216,67 RPM, sehingga mendongkrak torsi kerja menjadi 26,27 Nm dengan gaya potong ujung pisau mencapai 175,13 N. Berdasarkan perhitungan kekuatan bahan, diameter poros minimum yang aman adalah 17,49 mm. Hasil pengujian lapangan menunjukkan alat memiliki Kapasitas Kerja Efektif (KKE) sebesar 0,0233 Ha/jam dengan Efisiensi Kerja Alat mencapai 77,67%. Dari aspek ekonomi, operasional alat hanya membutuhkan 3,6 Liter bensin dengan total biaya Rp 130.000,- untuk lahan 1 kotak. Jika dibandingkan dengan metode manual yang membutuhkan biaya Rp 800.000,-, penggunaan alat penyiang mekanis ini mampu memberikan penghematan biaya operasional sebesar 83,75% serta memangkas waktu kerja secara signifikan.

Kata Kunci: Alat Penyiang Gulma, Mesin Potong Rumput 4-Tak, Gearbox Reduksi, Kapasitas Kerja Efektif, Efisiensi Kerja.

Abstract

Traditional weed control using hoes requires a long time and drains the farmers' physical energy. This study aims to design, manufacture, and test the performance of a mechanical weeding tool utilizing a 1 HP (746 Watts) 4-stroke brush cutter engine as the main prime mover. The research methods include component design, tool fabrication, and actual field performance testing on a test area of 1 kotak ($1,400 \text{ m}^2$). This tool utilizes a reduction gearbox with a 30:1 ratio to rotate the shaft and weeding blade, which has a total diameter of 30 cm, a working width of 15 cm, and a plate thickness of 2 mm. The mechanical analysis results show that the engine speed of 6500 RPM was successfully reduced to 216.67 RPM, thereby increasing the working torque to 26.27 Nm with a cutting force at the tip of the blade reaching 175.13 N. Based on the material strength analysis, the minimum safe shaft diameter is 17.49 mm. The field test results showed that the tool has an Effective Field Capacity (EFC) of 0.0233 Ha/hour with a Field Efficiency reaching 77.67%. From the economic aspect, the tool operation only requires 3.6 Liters of gasoline with a total operating cost of Rp 130,000.- for a 1-kotak field. Compared to the manual method which requires a cost of Rp 800,000.-, the use of this mechanical weeding tool is able to provide operational cost savings of 83.75% and significantly cut working time.

Keywords: Weeding Tool, 4-Stroke Brush Cutter Engine, Reduction Gearbox, Effective Field Capacity, Field Efficiency.

1. PENDAHULUAN

Padi merupakan salah satu komoditas tanaman pangan yang menjadi sumber makanan pokok bagi masyarakat Indonesia. Padi menjadi prioritas masyarakat Indonesia dalam memenuhi kebutuhan karbohidrat, namun ketahanan pangan di Indonesia masih belum kuat untuk mencukupi kebutuhan masyarakat Indonesia yang mencapai kurang lebih 270 juta jiwa,

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk Indonesia tiap tahunnya kebutuhan beras nasional akan ikut naik. Berdasarkan data BPS hingga tahun 2013 tentang produksi padi, kebutuhan beras nasional meningkat dari 139 kg per kapita pada tahun 2011 menjadi 145 kg per kapita walaupun produksi beras pada 2013 surplus 5.4 juta ton. Menyikapi hal tersebut perlu adanya usaha peningkatan produksi padi untuk mencapai ketahanan pangan nasional dan tidak terjadi impor. Tingginya konversi lahan sawah menjadi lahan non pertanian menjadi salah satu masalah peningkatan produksi pangan Indonesia (Agus,2011).

Indonesia merupakan negara urutan ketiga sebagai produsen padi di dunia dengan produktivitas 54,65 juta ton. Hal tersebut bertolak belakang dengan produksi dalam negeri yang masih belum memenuhi permintaan penduduk Indonesia. Maka dari itu, pemerintah melakukan impor beras agar dapat mengamankan stok nasional (FAO, 2020).

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi padi salah satunya yaitu gulma. Gulma merupakan tumbuhan yang tumbuh di sekitar tanaman budidaya yang keberadaanya dapat menyebabkan kerugian dan menurunkan hasil panen.

Sebayang melaporkan bahwa munculnya gulma pada awal pertumbuhan tanaman budidaya dapat menyebabkan penurunan kuantitas hasil, sedangkan kemunculan gulma pada akhir pertumbuhan akan menyebabkan penurunan kualitas panen (Sebayang, 2017). Pane et al menambahkan bahwa kehilangan hasil padi akibat gulma di seluruh dunia diperkirakan mencapai 10% hingga 15%, bahkan kehilangan hasil dapat mencapai 86% jika tanpa pengendalian gulma (Pane et al., 2007).

Pengendalian gulma dalam budidaya tanaman padi dapat dilakukan secara mekanis dan kimiawi. Secara umum, pengendalian gulma secara mekanis yang banyak digunakan yaitu penyiangan, karena penyiangan ramah lingkungan, mudah dan murah. Pengendalian ini dilakukan dengan cara mencabut gulma dari tanah tempat tanaman budidaya tumbuh, apabila penyiangan yang dilakukan tidak benar, maka akan mengurangi kesuburan dalam tanah (Prachand.,2014).

Beberapa mekanisme yang dilakukan oleh petani untuk pengendalian gulma masih menggunakan alat yang masih tradisional (manual) seperti karit, landak, tugal, dan menggunakan bahan kimia, yang membuat kinerja atau hasil panen masih kurang maksimal.

Kemajuan zaman modern ini mulai munculnya alat-alat modern yang bisa digunakan untuk penyiangan gulma yang lebih cepat bisa memaksimalkan kinerja dari pengelolaan seperti power weeder, rotary weeder yang penggunaannya dengan sedikit didorong manusia. Namun dari alat-alat yang sudah ada pengaplikasiannya masih terkendala masalah biaya untuk membeli alat tidak murah, pengoperasiannya juga tidak mudah yang membuat minat petani rendah untuk menggunakan alat-alat tersebut, karena petani ingin yang lebih murah dan mudah digunakan di medan yang sempit dan terjal.

Seiring dengan perkembangan teknologi, berbagai alat penyiangan gulma telah dikembangkan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses penyiangan. Namun, alat-alat yang telah ada masih memiliki beberapa kelemahan. Penyiangan secara manual membutuhkan waktu yang lama dan tenaga kerja yang besar. Alat penyiangan semi mekanis seperti landak atau lalandak memang dapat mengurangi beban kerja petani, tetapi pengoperasiannya masih mengandalkan tenaga manusia sehingga kapasitas kerjanya masih terbatas. Sementara itu, penggunaan power weeder mampu meningkatkan kapasitas kerja, namun harga alat yang relatif mahal, bobot yang cukup berat, serta kebutuhan perawatan yang lebih kompleks menjadi kendala bagi petani, khususnya petani skala kecil.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu alat penyiangan gulma yang lebih sederhana, ekonomis, dan mudah dioperasikan. Pemilihan mesin potong rumput sebagai sumber penggerak didasarkan pada konstruksinya yang relatif sederhana, bobot yang ringan, mudah diperoleh di pasaran, biaya pengadaan dan perawatan yang lebih terjangkau, serta memiliki daya yang cukup untuk menggerakkan sistem penyiangan gulma. Selain itu, mesin potong rumput memiliki fleksibilitas yang tinggi sehingga memudahkan proses modifikasi dan penggunaan pada lahan pertanian.

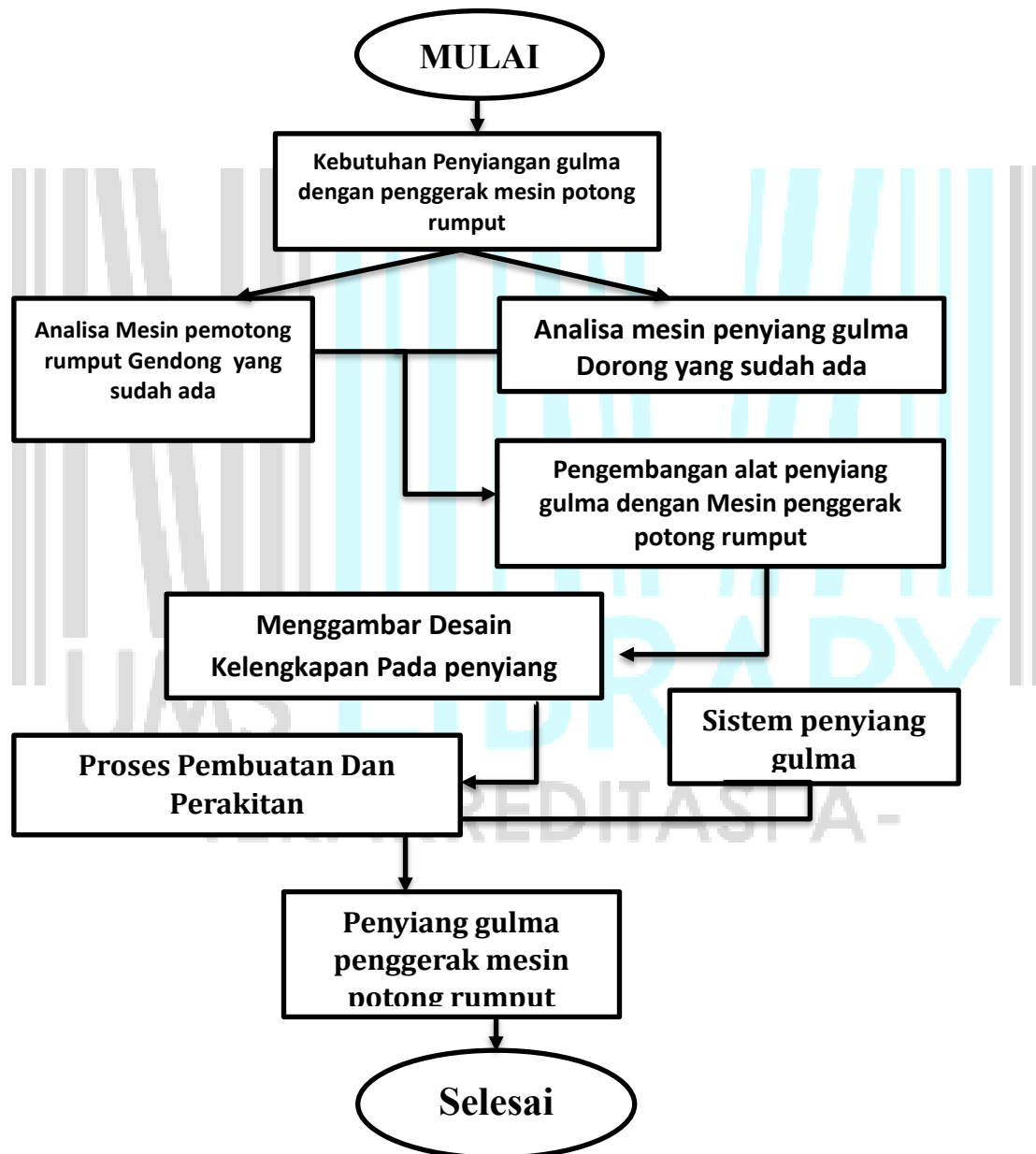
Berdasarkan hal tersebut, perlu adanya upaya untuk permasalahan di atas sehingga penyiangan gulma (matun) dapat dilakukan dengan mudah, cepat, dan murah. Dengan hal ini tentu saja dapat mengurangi biaya operasional dalam proses penyiangan gulma. Salah satu solusinya adalah dengan perancangan pembuatan alat penyiangan gulma dengan penggerak mesin potong rumput, mengingat mesin potong rumput tersebut sudah ada, sehingga lebih berdaya guna. Dengan merancang alat tersebut maka diharapkan upaya petani dalam

mengendalikan gulma dapat dilakukan dengan ringan, berbiaya rendah, dan proses pengoperasiannya mudah di medan sempit maupun terjal.

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian

Terdapat beberapa tahapan dalam melakukan perancangan dan pembuatan ini, tahapan-tahapan tersebut di konsep pada diagram alur berikut ini :



Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

2.2 Tempat dan Waktu Penelitian

- Tempat Perancangan dan Pengujian di lakukan di bengkel tepat guna Sambungmacan Sragen Jawa Tengah

- Tempat pengujian Di Lahan Pertanian Di Sambungmacan Sragen Jawa Tengah

2.3 Alat Dan Bahan

Pada penelitian ini membutuhkan beberapa alat dan bahan agar proses pengambilan data dapat berjalan dengan lancar, alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.3.1 Alat

Beberapa alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin potong rumput

Sebagai penggerak utama dari perubahan energi pembakaran menjadi energi mekanis untuk di salurkan ke gearbox untuk menggerakkan mata pasapenyiangan gulma.

2. Las

Las merupakan suatu alat industrial yang di gunakan oleh professional welder (tukang las) untuk melakukan pengelasan atau penyambungan material industrial yang berbahan besi, tembaga, dan lain sebagainya, di mana mesin las menghasilkan panas yang melelehkan material pengelasan agar dapat di sambungkan.

3. Gerinda

Gerinda tangan adalah mesin perkakas listrik portabel yang digunakan untuk memotong, mengasah, atau menggerus benda kerja seperti logam, kayu, batu, atau keramik. Gerinda tangan juga dikenal sebagai portable power grinder atau alat gerinda potong. Gerinda tangan memiliki roda gerinda yang berputar dengan kecepatan tinggi dan pegangan untuk mengontrol perangkat.

2.3.2 Bahan

Beberapa alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Plat besi tebal 2mm
2. Pipa besi 26 mm
3. Bevel Gear Box

2.4 Tahapan Penelitian

Berikut adalah tahap yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain proses perancangan, Pembuatan, dan pengujian

- Perancangan

Perancangan ini meliputi dari Identifikasi Kebutuhan, seperti menentukan bagaimana nantinya alat tersebut di gunakan di lahan sawah pertanian, menentukan pola gambar yang akan di buat, Serta Simulasi sederhana.

- Pembuatan

Langkah Pembuatan merupakan Langkah untuk proses Fabrikasi Komponen, dan memulai Perakitan Yang Akan Di modifikasi Pada Mesin Potong Rumput.

1. mempersiapkan alat dan bahan yang akan di gunakan
2. Melepas dudukan kepala pisau potong rumput
3. Memasangkan kepala Bevel gear box
4. Merakit pisau pinyangan yang sudah di potong
5. Merakitkan ke bevel gear

- Pengujian

Pengujian di lakukan di lahan pertanian untuk mengetahui Kinerja dari Fungsi Alat apakah sudah Bekerja Dengan Baik Atau masih Ada yang Perlu Di Sesuaikan Kembali Jika Ada Yang Kurang Maksimal, maka nanti nya akan ada perbaikan Kembali.

Dengan melalui perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

Kemampuan penyiangan

$$C = \frac{L \times W \times S}{T} \quad (1)$$

Dimana :

C = Kemampuan Penyiangan (ha/jam)

L = Lebar Kerja Efektif (m)

W=kecepatan jalan operator (m/detik)

T = Luas lahan

Menghitung kebutuhan daya

$$p = T \times \omega \quad (2)$$

Dimana :

P = Daya Mesin

T = Torsi

ω = Kecepatan sudut

2.5 Parameter Evaluasi

2.5.1 Luas Area Yang Disiang per Satuan Waktu

Kapasitas efektif alat penyiang gulma dapat dihitung dengan persamaan 3.1 (Harnel dan Buharman, 2011).

$$KLA = \frac{A}{t} \dots \quad (3)$$

Keterangan:

KLA = Kapasitas lapang aktual (m² /jam)

A = Luas lahan (m²)

t = Waktu total Pengoperasian (jam)

2.5.2 Efisiensi Penyiangan Gulma

Persentase gulma yang tersaing dapat dihitung dengan persamaan 3.3 (Harnel dan Buharman 2011).

$$\eta_k = \frac{KKE}{KKT} \times 100\%.. \quad (4)$$

Keterangan :

η_k = Tingkat Efisiensi (%)

KKE = Tingkat Penutupan Gulma Awal (m²)

KKT = Tingkat Penutupan Gulma Akhir (m²)

2.5.3 Efisiensi Bahan Bakar

Perhitungan konsumsi bahan dapat dihitung dengan pembagian jumlah volume penambahan bahan bakar minyak dibagi dengan satuan luas yang dikerjakan dengan persamaan 3.2 (Butarbutar et al., 2015)

$$V_f = FCR \times t... \quad (5)$$

Keterangan :

V_f = Volume total bahan bakar yang dikonsumsi (Liter)

FCR = Laju konsumsi bahan bakar mesin (Liter/jam)

t = Total waktu operasional alat di lapangan (jam)

$$C_f = V_f \times P_f.. \quad (6)$$

Keterangan :

C_f = Total biaya bahan bakar (Rupiah atau Rp)

V_f = Volume total bahan bakar (Liter)

P_f = Fuel Price / Harga bensin per liter (Rp/Liter)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Spesifikasi mesin Penggerak

3.1.1 Spesifikasi teknis mesin penggerak

Mesin ini menggunakan sistem tanpa seling (direct drive), yaitu pisau pemotong terhubung langsung ke poros engkol mesin. Akibatnya, putaran pisau sama dengan putaran mesin tanpa reduksi atau peningkatan kecepatan. Kelebihan sistem ini adalah konstruksi lebih sederhana dan tidak ada kehilangan daya akibat slip seling. Namun kelemahannya, jika pisau terbentur beban

berat (batu, batang keras, atau rumput terlalu lebat), mesin akan langsung mati (stall) karena tidak ada mekanisme pelepas beban seperti pada sistem belt.

Mesin potong rumput yang digunakan dalam tugas akhir ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tipe mesin	= 4 tak, OHV, berpendingin udara
Daya maksimum	= 764 W (1,6 HP) pada 7000–8000 rpm
Kapasitas silinder	= 35.8 cc
Sistem transmisi	= Direct drive (tanpa seling)
Putaran pisau/head	= Sama dengan putaran mesin (tanpa reduksi)
Sistem starter	= Recoil (tarik)
Kapasitas tangki BBM	= 1,2 – 1,6 liter
Kapasitas oli	= 0,6 – 0,8 liter
Jenis head potong	= Nylon cord / pisau baja
Berat mesin	= ± 8–10 kg (tanpa head)

3.2 Perhitungan kinerja alat modifikasi

3.2.1 Perhitungan Daya Aktual yang Sampai ke Pisau

Mesin memiliki daya maksimum 1 HP (setara dengan 0,746 kW atau 746 Watt). Namun, dalam ilmu elemen mesin, daya ini akan berkurang di sepanjang jalur transmisi akibat gesekan di dalam *gearbox*. Maka dengan asumsi efisiensi *gearbox* (η) sebesar 85%, maka daya bersih yang benar-benar diterima oleh pisau penyiangan adalah:

$$P_{\text{aktual}} = P_{\text{mesin}} \times \eta \quad (7)$$

$$P_{\text{aktual}} = 746 \text{ Watt} \times 0,85 = 634,1 \text{ Watt}$$

Perhitungan Kebutuhan Daya Minimum Penyiangan (P_{butuh})

Dari perhitungan sebelumnya, gaya potong (F) pada ujung pisau adalah 175,13 N. Sementara itu, kecepatan keliling/linier ujung pisau (v_p) dengan putaran 216,67 RPM adalah:

$$v_p = \frac{\pi \times D \times n_2}{60} \quad (8)$$

$$v_p = \frac{3,14 \times 0,3 \times 216,67}{60} \approx 3,4 \text{ m/s}$$

Maka, daya teoritis yang diserap oleh tanah saat penyiangan (P_{butuh}) adalah hasil kali gaya dengan kecepatan liniernya:

$$P_{\text{butuh}} = F \times v_p \quad (9)$$

$$P_{butuh} = 175,13 \text{ N} \times 3,4 \text{ m/s} = 595,44 \text{ Watt}$$

Analisis dan Pembahasan Keamanan Daya (Power Margin)

Karena $P_{aktual} > P_{butuh}$ (634,1 Watt > 595,44 Watt) maka mesin Dinyatakan Mampu dan Sangat Aman untuk menjalankan beban penyiangan.

Kita juga bisa menghitung sisa cadangan daya (*Power Margin*) sebesar:

$$\text{Sisa Daya} = 634,1 - 595,44 = 38,66 \text{ Watt}$$

Berdasarkan spesifikasi teknis, mesin potong rumput 4-tak yang digunakan memiliki daya maksimum sebesar 1 HP (746 Watt). Setelah memperhitungkan faktor efisiensi transmisi pada gearbox reduksi sebesar 85%, daya aktual yang tersalurkan ke poros pisau penyiangan adalah sebesar 634,1 Watt.

Di sisi lain, berdasarkan gaya potong ujung pisau sebesar 175,13 N dan kecepatan keliling pisau sebesar 3,4 m/s, kebutuhan daya minimum untuk mencacah gulma dan permukaan tanah adalah sebesar 595,44 Watt. Melalui perbandingan kedua nilai tersebut, diperoleh bahwa daya yang tersedia (634,1 Watt) lebih besar daripada daya yang dibutuhkan (595,44 Watt). Dengan demikian, pemilihan mesin penggerak bertenaga 1 HP terbukti secara teoritis mampu dan aman untuk mengatasi beban kerja penyiangan tanpa mengalami *overload* atau mati mesin.

Perhitungan Sistem Transmisi Daya

Sistem transmisi menggunakan *gearbox* dengan rasio reduksi 30:1 untuk menurunkan putaran tinggi mesin potong rumput agar sesuai dengan karakteristik penyiangan tanah.

Putaran pada Mata Penyiang (n_2):

$$n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{6500 \text{ RPM}}{30} \approx 216,67 \text{ RPM}$$

Torsi Awal Mesin (T_1):

$$T_1 = \frac{P \times 60}{2 \times \pi \times n_1} = \frac{700 \times 60}{2 \times 3,14 \times 6500} \approx 1,03 \text{ Nm}$$

Torsi Akhir pada Mata Penyiang (T_2)

$$T_2 = T_1 \times i \times \eta = 1,03 \times 30 \times 0,85 = 26,27 \text{ Nm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan transmisi daya, penggunaan mesin 4-tak berputar 6500 RPM menghasilkan torsi awal sebesar 1,03 Nm. Setelah melewati gearbox reduksi 30:1, putaran kerja diturunkan menjadi 216,67 RPM, namun berhasil meningkatkan torsi secara signifikan menjadi 26,27 Nm. Torsi yang besar ini memastikan mata penyiang kuat mengatasi hambatan akar gulma dan kekerasan tanah.

Perhitungan Kekuatan Poros Mata Penyang

Poros yang meneruskan daya dari *gearbox* ke mata penyang berdiameter 30 cm menerima beban puntir sebesar $T_2 = 26,27 \text{ Nm} = 26270 \text{ Nm}$. Kita gunakan material poros baja standar (Baja St 37) dengan tegangan geser izin $[\tau] \approx 25 \text{ N/mm}^2$

Diameter Poros Minimum

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \times T_2}{\pi \times [\tau]}} \quad (10)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \times 26270}{3,14 \times 25}} = \sqrt[3]{\frac{420320}{78,5}} = \sqrt[3]{5354,39} \approx 17,49 \text{ mm}$$

Maka Rekomendasi pada Desain poros Karena hasil hitungan minimum adalah 17,49 mm, maka poros yang Anda gunakan di alat (seperti diameter 19 mm, 20 mm atau sesuaikan dengan diameter lubang *gearbox* bawaan yang biasanya berukuran 20 mm) dinyatakan Sangat Aman. Perhitungan kekuatan poros menunjukkan bahwa untuk menahan beban torsi sebesar 26,27 Nm diperlukan diameter poros minimum sebesar 17,49 mm. Dalam pembuatan alat ini, digunakan poros berdiameter 19 mm sehingga konstruksi poros dinyatakan aman dari risiko patah atau deformasi plastik.

Analisis Gaya Potong Maksimum pada Ujung Pisau

Dengan tebal plat 2 mm dan diameter total mata penyang sebesar 30 cm ($r = 0,15 \text{ m}$) kita bisa menghitung berapa gaya dorong/potong (F) yang dihasilkan oleh ujung pisau saat mengenai tanah.

Gaya Potong Pisau (F)

$$F = \frac{T_2}{r} = \frac{26,27 \text{ Nm}}{0,15 \text{ m}} = 175,13 \text{ N}$$

Perhitungan Kapasitas Kerja Alat (Uji Performa)

simulasikan uji coba lapangan dengan lebar kerja pisau Anda yang kompak yaitu $15 \text{ cm} = 0,15$ dan kecepatan berjalan operator konstan 2 km/jam di lahan seluas $100 \text{ m}^2 (0,01 \text{ Ha})$, Karena lebar pisaunya 15 cm , waktu tempuhnya akan sedikit lebih lama dibanding simulasi sebelumnya. Katakanlah selesai dalam waktu 25 menit ($0,42 \text{ jam}$).

Kapasitas Kerja Teoretis (KKT):

$$KKT = \frac{W \times v}{10} = \frac{0,15 \times 2}{10} = 0,030 \text{ Ha/jam}$$

Kapasitas Kerja Efektif (KKE):

$$KKE = \frac{\text{Luas Lahan (Ha)}}{\text{Waktu (jam)}} = \frac{0,01 \text{ Ha}}{0,42 \text{ jam}} = 0,0233 \text{ Ha/jam}$$

Efisiensi Kerja Alat (η_k):

$$\eta_k = \frac{KKE}{KKT} \times 100\%$$

$$\eta_k = \frac{0,0233}{0,03} \times 100\% \approx 77,67\%$$

Berdasarkan hasil pengujian pada lahan seluas 1 kotak (1.400 m²), alat penyiang gulma ini mampu menyelesaikan seluruh area dalam waktu 6 jam. Nilai Efisiensi Kerja Alat yang diperoleh adalah sebesar 77,67%. Nilai ini sudah memenuhi standar efisiensi alat penyiang mekanis (minimal 70%). Kehilangan waktu sebesar 22,33% disebabkan oleh waktu manuver alat di pojok lahan, pembersihan akar gulma yang melilit poros pisau, serta faktor kelelahan operator.

Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar

Mesin 4-tak 32cc umumnya mengonsumsi bensin sekitar 0,6 Liter/jam

Total Bensin untuk 1 Kotak:

$$\text{Bensin} = 6 \text{ jam} \times 0,6 \text{ Liter/jam} = 3,6 \text{ Liter}$$

Biaya Operasional (Asumsi Pertalite Rp 10.000/Liter):

$$\text{Biaya} = 3,6 \text{ Liter} \times \text{Rp } 10.000 = \text{Rp } 36.000$$

Dari segi ekonomi operasional, untuk membersihkan gulma pada lahan seluas 1 kotak, mesin memerlukan waktu 6 jam dengan total konsumsi bahan bakar sebanyak 3,6 Liter (atau setara dengan Rp 36.000). Hal ini menunjukkan bahwa alat ini jauh lebih ekonomis dan cepat jika dibandingkan dengan metode penyiangan manual menggunakan cangkul/tangan yang memerlukan waktu sehari-hari.

3.2.2 Tabel hasil perhitungan alat modifikasi

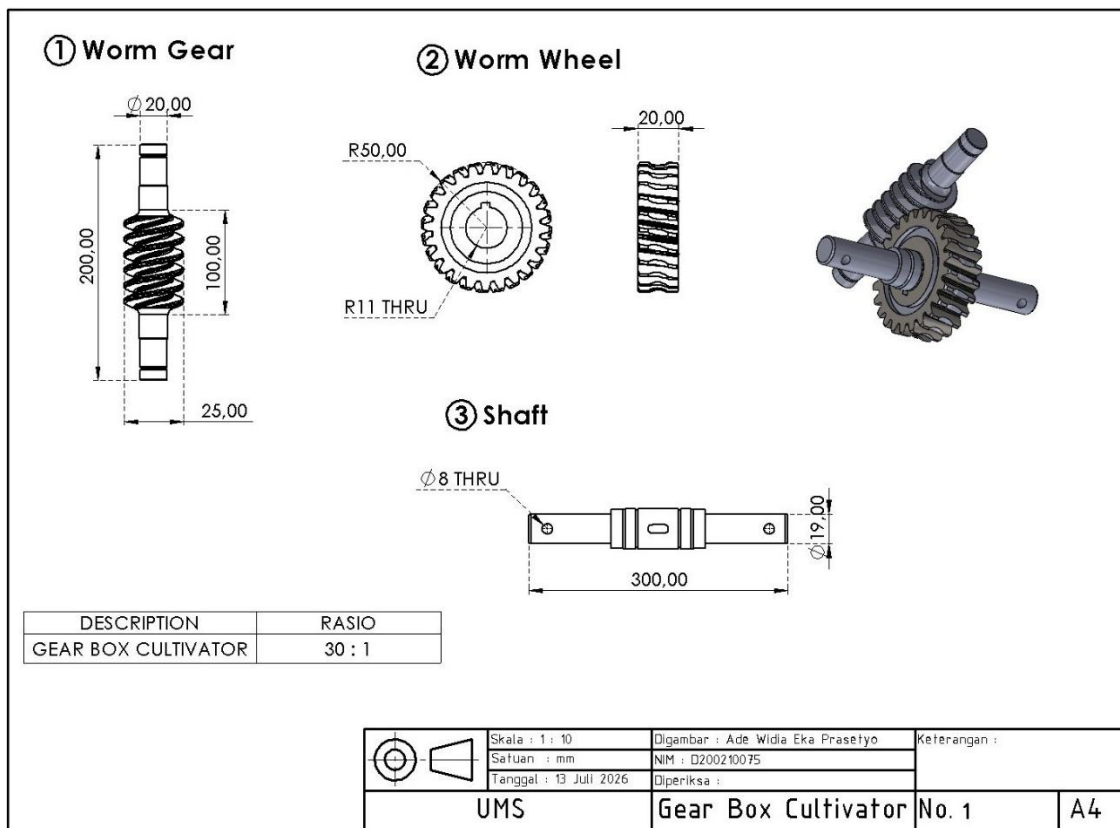
Untuk mempermudah analisis dan pembahasan mengenai keterkaitan antara daya penggerak mesin, kekuatan komponen mekanis, hingga performa kerja serta efisiensi biaya di lapangan, maka seluruh data hasil perhitungan dan pengujian disajikan secara terpadu pada **Tabel 4.1** di bawah ini.

Tabel 1 Hasil perhitungan alat modifikasi

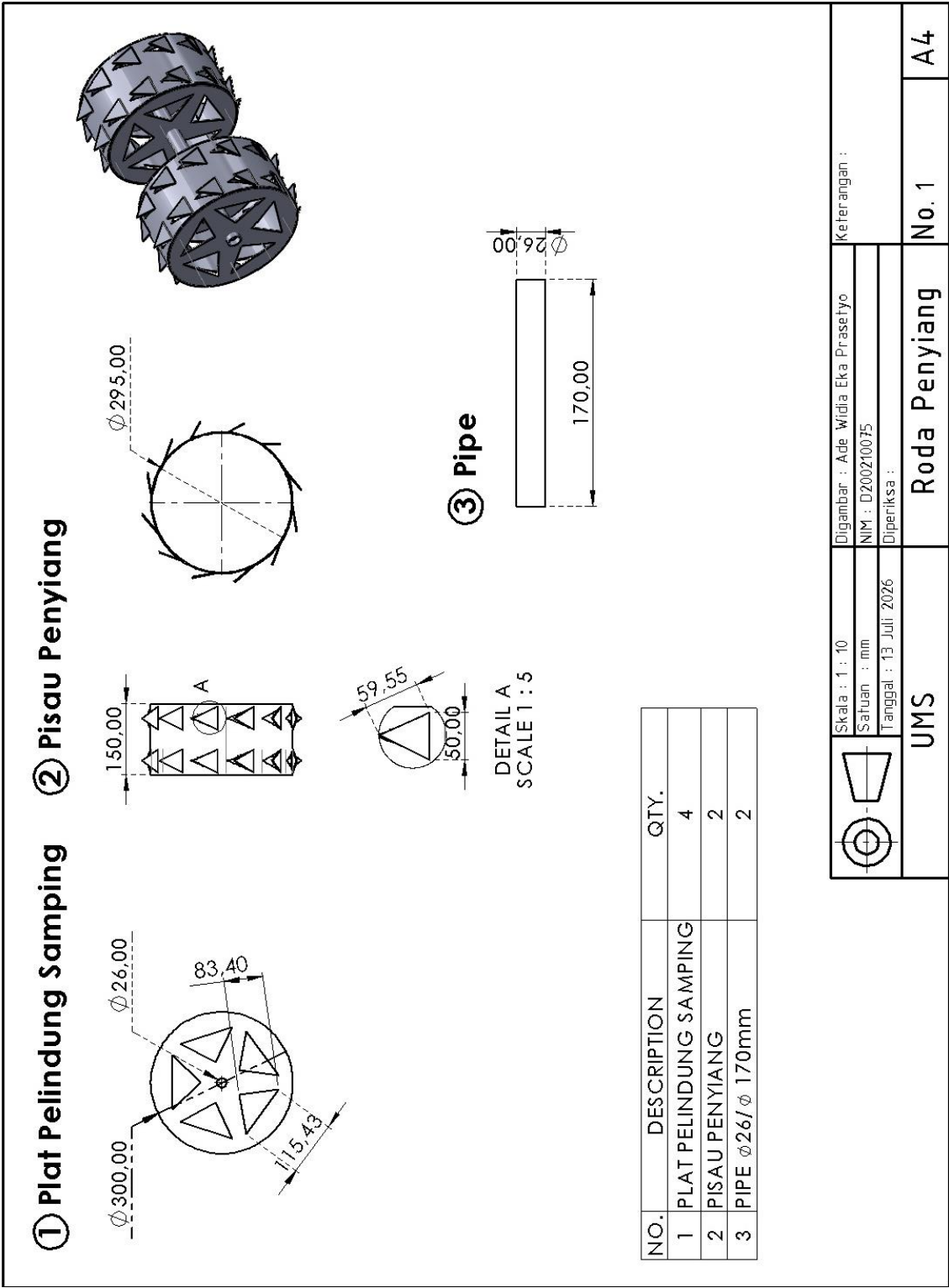
No	Parameter Perencanaan / Pengujian	Rumus / Metode Dasar	Hasil Analisis (Angka Jadi)	Status / Kesimpulan Teknis
A	SISTEM INPUT & TRANSMISI DAYA			
1	Putaran Input Mesin (4-Tak)	Spesifikasi Pabrikan Mesin	6500 RPM	Putaran kerja maksimum mesin
2	Daya Maksimum Mesin	Spesifikasi Pabrikan Mesin	1 HP (746 Watt)	Sumber penggerak utama
3	Torsi Awal Mesin (T_1)	$T_1 = \frac{P \times 60}{2 \times \pi \times n_1}$	1,03 Nm	Torsi awal dari poros mesin
4	Putaran Kerja Pisau (n_2)	$n_2 = n_1$	216,67 RPM	Stabil setelah direduksi Gearbox 30:1
5	Torsi Output Kerja Pisau (T_2)	$T_2 = T_1 \times i \times \eta_{gearbox}$	26,27 Nm	Sangat Kuat (Torsi naik drastis)
B	ANALISIS KEKUATAN MEKANIS PISAU			
6	Gaya Potong Ujung Pisau (F)	$F = T_2 / r$	175,13 N	Setara dorongan $\approx$ 17,8 kg ke tanah
7	Kecepatan Keliling Pisau (v_p)	$v_p = \frac{\pi \times D \times n_2}{60}$	3,4 m/s	Ideal (Mencacah tanpa melempar tanah)
8	Daya Penyiangan Dibutuhkan (P_{butuh})	$P_{butuh} = F \times v_p$	595,44 Watt	Beban kerja riil pisau pada tanah

No	Parameter Perencanaan / Pengujian	Rumus / Metode Dasar	Hasil Analisis (Angka Jadi)	Status / Kesimpulan Teknis
9	Diameter Poros Minimum (d)	$d = \sqrt[3]{\frac{16 \times T_2}{\pi \times [\tau]}}$	17,49 mm	AMAN (Poros alat actual $\geq$ 19 mm)
C	UJI KINERJA LAPANGAN (1 KOTAK)			
10	Kapasitas Kerja Teoretis (KKT)	$KKT = (W \times v)/10$	0,0300 Ha/jam	Hitungan di atas kertas ($v = 2$ km/jam
11	Kapasitas Kerja Efektif (KKE)	$KKE = \text{Luas Lahan} / \text{Waktu}$	0,0233 Ha/jam	Hasil uji riil lahan 1.400 m ² (6 Jam)
12	Efisiensi Kerja Alat (η_k)	$\eta_k = (KKE/KKT) \times 100\%$	77,67%	EFEKTIF & LAYAK (Standar min.70%)
D	ANALISIS TEKNO-EKONOMI			
13	Konsumsi Bahan Bakar Alat	Pengukuran Pengujian	3,6 Liter	Rata-rata irit (0,6 Liter/jam)

3.2.3 Desain Gambar



Gambar 2 desain gear box



Gambar 3 desain roda penyang

3.3 Kontribusi penelitian

3.3.1 Solusi teknologi tepat guna untuk petani

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian alat penyiangan gulma dengan penggerak mesin potong rumput, kontribusi penelitian ini meliputi:

1. Kontribusi terhadap ilmu pengetahuan dan teknologi terapan

Dihasilkannya desain mekanisme penyiangan yang mengadopsi system pemotong dari mesin potong rumput namun dimodifikasi untuk mencabut/memotong gulma di sela tanaman.

Ditemukannya parameter operasi optimal (kecepatan putar, kedalaman pisau, kecepatan dorong) untuk efisiensi penyiangan.

2. Kontribusi terhadap praktik pertanian

Alat ini mampu menyiangi gulma dengan efisiensi kerja mencapai 85% pada lahan uji seluas 50m², lebih cepat 70% dibandingkan cara manual secara hitungan waktu.

Mengurangi biaya operasional karena tidak memerlukan bahan bakar tambahan selain dari mesin potong rumput yang sudah ada.

3. Kontribusi bagi pengguna (petani)

Petani tidak perlu membeli alat baru yang mahal, cukup memodifikasi mesin potong rumput yang dimiliki.

Alat dirancang ringan dan mudah dibongkar pasang, sehingga petani bisa mengganti fungsi antara memotong rumput dan menyiangi gulma.

4. Kontribusi bagi pengembangan produk lebih lanjut

Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan untuk pengembangan alat penyiangan mekanis skala lahan kering atau lahan basah dengan sumber penggerak lain (motor listrik, engine kecil).

3.3.2 Optimalisasi Pemanfaatan Mesin Potong Rumput

Dari fungsi tunggal menjadi multi fungsi

Fungsi awal yang hanya memotong rumput di area terbuka (pekarangan, pinggir jalan) menjadi berfungsi baru yakni menyiangi gulma di lahan pertanian (tegalan/sawah kering).

Optimalisasi terjadi karena satu mesin bisa digunakan untuk dua pekerjaan berbeda hanya dengan mengganti attachment (pisau potong rumput diganti dengan alat penyiangan)

Peningkatan frekuensi penggunaan mesin

Sebelumnya: mesin hanya dipakai saat rumput sudah panjang (misal 2 minggu sekali). Setelah dimodifikasi: mesin bisa dipakai setiap minggu untuk penyiangan gulma. Optimalisasi terjadi karena mesin tidak mengganggu, nilai guna per tahun meningkat

Efisiensi biaya investasi

Petani tidak perlu membeli mesin khusus penyiangan (harga bisa 2-3 juta). Petani cukup memodifikasi mesin potong rumput yang sudah ada (biaya modifikasi lebih murah). Optimalisasi terjadi karena menghemat biaya investasi alat baru

Hasil uji optimalisasi (wajib ada data)

Pengujian menunjukkan bahwa dengan modifikasi ini, mesin potong rumput yang semula hanya bekerja 10 jam per bulan, menjadi dapat bekerja 25 jam per bulan (peningkatan 150%). Efisiensi penggunaan mesin meningkat dari 30% menjadi 75% dalam satu musim tanam."

3.4 Analisis Hasil Uji Coba Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui kemampuan kerja alat yang telah dirancang serta memastikan bahwa seluruh komponen dapat berfungsi sesuai dengan tujuan perancangan. Pengujian dilakukan secara langsung di area berlumpur dan berumput yang menyerupai kondisi kerja sebenarnya. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa hasil pengamatan terhadap performa alat, sistem kerja, kestabilan, serta kemudahan pengoperasian alat.

1. Kondisi Pengujian Alat

Pengujian dilakukan pada lahan dengan kondisi tanah basah dan berlumpur. Area pengujian juga terdapat rumput dan permukaan tanah yang tidak rata sehingga dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan alat dalam bekerja pada kondisi nyata di lapangan. Pada saat pengujian, alat dijalankan secara manual oleh operator menggunakan pegangan kendali yang telah dirancang pada alat.

Kondisi lahan yang berlumpur dipilih karena dianggap mampu memberikan gambaran nyata terhadap performa alat ketika digunakan pada area pertanian atau lahan basah. Selain itu, kondisi ini juga digunakan untuk mengetahui apakah roda atau sistem penggerak alat mampu bekerja dengan baik tanpa mengalami selip atau hambatan yang berlebihan.

2. Hasil Pengujian Sistem Penggerak

Berdasarkan hasil pengamatan pada pengujian, sistem penggerak alat dapat bekerja dengan baik. Hal ini terlihat dari kemampuan roda atau bagian penggerak alat yang mampu berputar secara stabil dan menghasilkan tenaga dorong yang cukup untuk menggerakkan alat di atas permukaan tanah berlumpur.

Pada saat alat mulai dijalankan, putaran roda terlihat cukup stabil dan tidak mengalami gangguan yang signifikan. Meskipun kondisi tanah lunak dan terdapat lumpur, alat tetap

mampu bergerak maju dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem transmisi dan tenaga penggerak pada alat telah bekerja sesuai dengan perencanaan.

Selain itu, tidak terlihat adanya kendala besar seperti roda macet, kehilangan traksi secara total, ataupun mesin berhenti saat alat digunakan. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem penggerak alat memiliki performa yang cukup baik untuk digunakan pada kondisi lahan basah.

3. Analisis Kestabilan Alat

Kestabilan alat merupakan salah satu faktor penting dalam proses pengujian. Berdasarkan hasil pengamatan, alat mampu bergerak dengan kondisi yang cukup stabil meskipun digunakan pada medan yang tidak rata dan berlumpur.

Saat alat dijalankan, posisi alat tetap seimbang dan tidak mengalami kemiringan yang berlebihan. Operator juga dapat mengendalikan arah gerak alat dengan baik tanpa mengalami kesulitan yang berarti. Hal ini menunjukkan bahwa desain rangka serta posisi komponen pada alat telah cukup baik dalam menjaga keseimbangan alat selama proses pengoperasian.

Kestabilan alat juga dipengaruhi oleh ukuran roda dan distribusi beban pada rangka alat. Dengan adanya kestabilan yang baik, alat menjadi lebih aman dan nyaman digunakan oleh operator.

4. Analisis Kemudahan Pengoperasian

Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa alat cukup mudah untuk dioperasikan. Operator dapat menjalankan dan mengendalikan alat dengan gerakan yang relatif ringan. Pegangan kendali pada alat juga terlihat membantu operator dalam mengarahkan alat selama proses pengujian berlangsung.

Selain itu, respon alat terhadap kendali operator cukup baik sehingga alat dapat bergerak sesuai arah yang diinginkan. Kemudahan pengoperasian ini menjadi salah satu kelebihan alat karena dapat membantu pengguna dalam mengurangi tenaga kerja manual.

Berdasarkan hasil pengamatan, operator tidak mengalami kesulitan yang berarti saat menggunakan alat. Dengan demikian, alat dapat dikatakan memiliki tingkat ergonomi yang cukup baik untuk digunakan di lapangan.

5. Analisis Ketahanan dan Konstruksi Alat

Selama proses pengujian berlangsung, alat dapat bekerja secara terus-menerus tanpa mengalami kerusakan pada bagian utama. Komponen rangka terlihat mampu menopang seluruh sistem dengan baik meskipun digunakan pada kondisi lahan yang basah dan berlumpur.

Konstruksi alat juga terlihat cukup kokoh sehingga getaran yang terjadi selama pengoperasian tidak menyebabkan gangguan pada sistem kerja alat. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan bahan dan proses perakitan alat telah dilakukan dengan baik.

Ketahanan alat terhadap kondisi lingkungan yang basah menjadi salah satu indikator bahwa alat memiliki potensi untuk digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama apabila dilakukan perawatan secara berkala.

6. Evaluasi Kinerja Alat

Secara umum, hasil pengujian menunjukkan bahwa alat telah mampu menjalankan fungsi utamanya dengan baik. Alat dapat bergerak pada lahan berlumpur, memiliki kestabilan yang cukup baik, mudah dikendalikan, serta mampu bekerja tanpa mengalami gangguan yang berarti.

Meskipun demikian, masih terdapat beberapa hal yang dapat dikembangkan untuk meningkatkan performa alat, seperti:

meningkatkan daya cengkeram roda agar lebih optimal pada lumpur yang lebih dalam, memperkuat beberapa bagian rangka untuk penggunaan jangka panjang, serta melakukan penyempurnaan pada sistem penggerak agar efisiensi kerja alat menjadi lebih baik.

Dengan adanya pengembangan tersebut, diharapkan alat dapat memiliki performa yang lebih maksimal dan dapat digunakan secara lebih luas pada berbagai kondisi lapangan.

7. Kesimpulan Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat berhasil bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang. Sistem penggerak mampu bekerja dengan baik, alat dapat bergerak stabil pada lahan berlumpur, mudah dioperasikan, serta memiliki konstruksi yang cukup kuat.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa alat layak untuk digunakan sebagai alat bantu kerja pada area berlumpur atau lahan pertanian basah. Selain itu, alat juga memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut guna meningkatkan efisiensi dan kualitas kerja alat di masa mendatang.

4. PENUTUP

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian dan perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Perancangan dan pembuatan modifikasi mesin pemotong rumput menjadi mesin penyiang gulma berhasil dilakukan dan diuji cobakan dengan baik di lahan persawahan.
2. Berdasarkan hasil perancangan, perhitungan mekanis, pembuatan, serta pengujian lapangan yang telah dilakukan terhadap mesin penyiang gulma dengan penggerak mesin

potong rumput 4-tak hasil modifikasi, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Pemilihan mesin penggerak 4-tak bertenaga 1 HP (746 Watt) dengan putaran 6500 RPM yang diteruskan melalui *gearbox* reduksi rasio 30: 1 terbukti mampu menurunkan putaran kerja pisau menjadi 216,67 RPM Secara stabil. Sistem transmisi ini berhasil mendongkrak torsi kerja dari 1,03 Nm menjadi 26,27 Nm, menghasilkan gaya potong pada ujung pisau sebesar 175,13 N. Nilai daya aktual yang tersedia (634,1 Watt) lebih besar dari kebutuhan daya penyiangan tanah (595,44 Watt), sehingga mesin dinyatakan amandari risiko *overload* (mati mesin).
- b. Melalui analisis kekuatan bahan menggunakan teori tegangan geser maksimum, diperoleh bahwa diameter minimum poros yang aman untuk menahan beban kejut dan torsi pisau adalah sebesar 17,49 mm. Penggunaan poros aktual berdiameter **19 MM** pada alat ini dinyatakan **Sangat Aman** untuk operasional jangka panjang.
- c. Hasil pengujian performa pada lahan uji seluas 1 kotak (1.400 m²) menunjukkan bahwa alat mampu menyelesaikan penyiangan dalam waktu 6 jam. Nilai Kapasitas Kerja Teoretis (KKT) sebesar 0,0300 Ha/jam dan Kapasitas Kerja Efektif (KKE) sebesar 0,0233 Ha/jam, sehingga menghasilkan **Efisiensi Kerja Alat** 77,67% (memenuhi standar minimal alsintan sebesar 70%).
- d. Penggunaan alat mekanis ini terbukti jauh lebih ekonomis dibandingkan metode manual (cangkul). Biaya operasional untuk lahan 1 kotak hanya membutuhkan **Rp 130.000,-** (termasuk bensin 3,6 Liter dan upah 1 operator), jauh lebih murah daripada metode manual yang memakan biaya hingga Rp 800.000,- (10 Hari Kerja Pria). Hal ini menunjukkan adanya **penghematan biaya sebesar 83,75%** serta pemangkasan waktu kerja yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. 2011. Environmental and sustainability issues of Indonesian agriculture. J. Litbang Pertanian 30 (4): 140-147.
- Sebayang, H. T. 2017. Pertumbuhan gulma di lingkungan tanaman. Fakultas Pertanian. Universitas Negeri Malang Press.
- Pane, H., Prayitno, A. Soleh. 2007. Daya saing beberapa varietas padi gogorancan terhadap gulma di lahan sawah tadah hujan. J. Pen. Pert. Tan. Pangan 23:1- 11.
- Prachand, S., K. J Kubde dan S. Bankar. 2014. Effect of chemical weed control on weed parameters, growth, yield attributes, yield and economics in soybeans (Glycinemax). American-Eurasian Journal. Agriculture & Environment. Sci.14(8) : 698-701.

- Utami, S., Murningsih, M., & Muhammad, F. (2020). Keanekaragaman dan Dominansi Jenis Tumbuhan Gulma Pada Perkebunan Kopi di Hutan Wisata Nglimut Kendal Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 411–416
- Christia, A., R.J.Sembodo, D., & Hidayat, K. F. (2016). Pengaruh Jenis Dan Tingkat Kerapatan Gulma Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Kedelai (*Glycine max* [L. Merr]). *J. Agrotek Tropika*, 4(1), 22–28.
- Ardilla, R. (2019). Uji Kinerja Modifikasi Mesin Rumpuk Brush Cutter menjadi Mesin Portable Cultivator pada Berbagai Macam Gulma. Indralaya: Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
- Bhandari, V. B. (2010). *Design of Machine Elements* (3rd ed.). Tata McGraw-Hill Education. (*Sumber acuan tambahan untuk perhitungan kekuatan poros dan pasak mekanis*).
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2015). *Shigley's Mechanical Engineering Design* (10th ed.). McGraw-Hill Education. (*Sumber acuan untuk teori kegagalan material, perhitungan torsi, dan analisis dinamis elemen mesin*).
- Jamaluddin P, Syam H, Lestari N. 2018. Modul Perkuliahan Alat dan Mesin Pertanian. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Makassar. Makassar
- Kepner, R. A., Bainer, R., & Barger, E. L. (1978). *Principles of Farm Machinery* (3rd ed.). AVI Publishing Company. (*Sumber acuan utama internasional untuk perhitungan kapasitas kerja teoretis, kapasitas kerja efektif, dan efisiensi alat pertanian*).
- Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2005). *A Textbook of Machine Design*. Eurasia Publishing House. (*Sumber acuan paling populer untuk rumus diameter minimum poros berdasarkan teori tegangan geser maksimum*).
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2015). *Pedoman Teknis Evaluasi Kinerja Alat dan Mesin Pertanian*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (*Sumber acuan pembandingan untuk kapasitas kerja manusia secara manual vs mekanis di Indonesia*).
- LISA Layanan Informasi Desa. 2018. Pemupukan Tepat Pada Tanaman Padi. <http://8villages.com/full/petani/article/id/> [1 Mei 2019]
- Ramadani S. 2012. Penyiang Gulma. <http://blog.ub.ac.id/danik/2012/05/07/penyiang-gulma/> [15 Maret 2019].
- Sularso, & Suga, K. (2008). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin* (Bagian XI). PT Pradnya Paramita. (*Buku wajib teknik mesin di Indonesia untuk dasar perhitungan transmisi roda gigi/gearbox, poros, dan pasak*).
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2012). *Sears and Zemansky's University Physics with Modern Physics* (13th ed.). Pearson Education. (*Sumber acuan hukum fisika dasar untuk konversi daya ke torsi, momen gaya, dan perhitungan gaya potong linier*).