

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE MESIN PENYIANG MEKANIS PADA LAHAN DENGAN SYSTEM OF RICE INTENSIFICATION**

**DESIGN AND DEVELOPMENT PROTOTYPE OF MECHANICAL WEEDING MACHINE FOR PADDY FIELD WITH SYSTEM OF RICE INTENSIFICATION**

Elvin Hasman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh

Corresponding author

Email: elfinhasman@yahoo.com

**Abstrak.** Penelitian tentang rancang bangun prototipe mesin penyiang mekanis pada budidaya tanaman padi (*Oryza sativa* L.) system of rice intensification (SRI) dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan April 2009. Tujuan penelitian ini adalah menciptakan sebuah prototipe mesin penyiang gulma padi sawah mekanis yang efisien dan berkapasitas tinggi, sesuai dengan kebutuhan petani sehingga dapat mengatasi masalah keterbatasan tenaga kerja untuk melakukan penyiangan gulma. Penelitian ini dilaksanakan dengan metode rancang bangun yang menggunakan pendekatan hubungan sebab akibat, diagram alir proses, pembuatan model matematis. Perancangan konsep produk, dimulai dengan analisis kebutuhan, blok diagram dan analisis validasi. Analisis validasi mesin melihat kinerja mesin keseluruhan. Hasil penelitian diperoleh kapasitas efektif penyiangan 0,0547 ha/jam, efisiensi lapang 49,37 %, kehilangan waktu belok 32,03 %, tingkat kerusakan tanaman 7,7 %, gulma tidak tersiangi 3,12 %. Daya motor terpakai 2,52 Hp, tingkat kebisingan dalam batas diizinkan. Penyiangan dengan mesin tergolong kerja sedang. Hasil analisis ekenomi menunjukkan biaya pokok penyiangan per hektar Rp. 463.322,67 dengan BEP penyiangan 29,03 ha per tahun, NPV Rp. 7.139.779,01 dan B/C Ratio 1,093 pada tingkat suku bunga 10 %, yang berarti mesin layak digunakan. Agar mesin dapat diterima di masyarakat, perlu sosialisasi, penyempurnaan sistem transmisi, penggunaan material lebih ringan serta perlu pengaturan jarak dan kelurusan barisan tanam agar tercapai kinerja mesin yang optimal.

**Kata kunci:** prototipe mesin penyiang mekanis, optimalisasi kinerja mesin, analisis finansial

**Abstract.** The aim of this research was created a prototype of mechanical weeding machine in paddy field, efficiently and high capacities, that was required by farmer to overcome their problems, especially limited labour for weeding. The approach of causality, Flow chart process, and mathematical model were used in the research. The prototype of mechanical weeder machine was created, with performance were effective capacity of weeding 0.0547 ha/hour, the field efficiency was 49,37 %, the percentage time losing of turning was 32.03 %, the damage level of crop was 7,7 %, the unweeding was 3,12 %. The power applied was 2.52 HP, the noise level was permitted. The weeding by machine was middle activity. The financial analysis showed that operating cost/hectare Rp. 463,322.67 with BEP 29.03 ha/year, NPV Rp.7,139,779.01 and net B/C Ratio 1.093, at rate of interest level 10 %. The machine will be accepted, for their optimal performance needed desimitation process, upgrading of transmission system, use lighter material and also spacing and straightness of plantation must be uniform.

**Keywords:** *Prototype of mechanical weeding machine, financial analysis, optimizing machine performance.*

## **Pendahuluan**

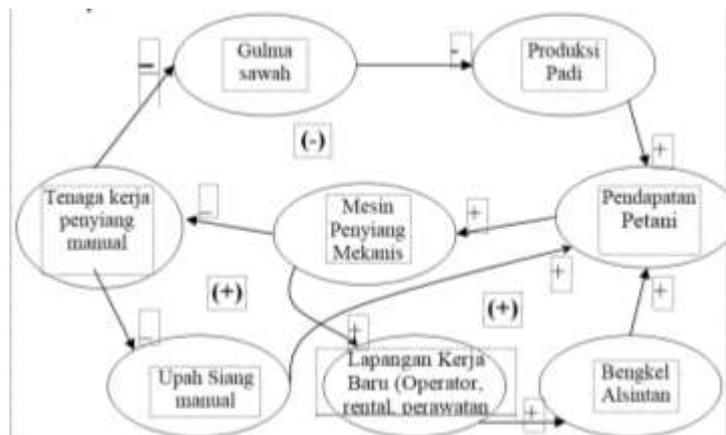
Keberhasilan penerapan metode padi tanam sebatang atau *system of rice intensification* (SRI) pada budidaya tanaman padi yaitu penanaman satu bibit per lubang dan dilakukan pada waktu bibit berumur 7–10 hari dengan jarak tanam rengang serta pengaturan pemberian air, masih menyisakan permasalahan lain yaitu pertumbuhan gulma yang cepat di areal persawahan melebihi cara tanam konvensional[1]. Kecepatan perkembangan gulma di areal persawahan sistem SRI dua kali lebih cepat dibandingkan dengan areal sawah secara konvensional sehingga penyiangan di sawah sistem SRI lebih sering dilakukan.[2]

Proses penyiangan pada sawah sistem SRI tidak bisa dilakukan dengan membenamkan gulma ke dalam lumpur. Tetapi harus dilakukan dengan mencabut gulma karena tanah sawah sistem SRI ini cukup keras dan kering. Akibatnya proses penyiangan gulma memerlukan tenaga lebih besar daripada cara penyiangan biasa. Peralatan untuk melakukan penyiangan gulma sawah sistem SRI tidak tersedia. Alat mesin pertanian untuk penyiangan yang ada seperti *Landak*, *Power Weeder* tidak cocok untuk areal sawah sistem SRI. Sedangkan penyiang *Brush Cutter BG-328* kurang memadai karena sangat rendah kapasitasnya[3].

Penyusutan tenaga kerja tani terus terjadi dan cenderung makin bertambah, sedangkan diperlukan jumlah tenaga kerja yang cukup besar untuk melakukan penyiangan dengan frekuensi serta volume penyiangan lebih tinggi dibandingkan dengan sawah konvensional. Akibat dari semua permasalahan adalah upah untuk melakukan penyiangan jadi besar. Kondisi inilah yang mendorong untuk menerapkan prototipe mesin penyiang mekanis yang tepat dan cocok untuk lahan sawah sistem SRI. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menciptakan sebuah prototipe mesin penyiang gulma padi sawah yang efisien dan berkapasitas tinggi, sesuai dengan kebutuhan petani sehingga dapat mengatasi masalah keterbatasan tenaga kerja untuk melakukan penyiangan gulma.

Sasaran yang ingin dicapai dari penelitian adalah agar dapat menunjang percepatan peningkatan taraf ekonomi petani. Hal ini didapat dengan cara menekan biaya yang harus dikeluarkan untuk penyiangan gulma sawah. Disisi lain, mesin ini diharapkan dapat mengatasi kekurangan ketersediaan tenaga kerja penyiangan pada

setiap musim tanam. Kemampuan mesin penyiang untuk menggantikan penggunaan tenaga kerja selama musim tanam akan menghemat biaya produksi padi [4]. Di samping itu, diharapkan dengan terciptanya mesin ini akan mendorong munculnya bengkel yang akan memproduksi alat dan mesin pertanian terapan sehingga akan membuka lapangan kerja baru. Diagram sebab akibat (*causal loop*) penyiangan ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram *causal loop* penyiangan gulma secara mekanis

Pada Gambar tersebut terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya mesin penyiang mekanis maka gulma sawah akan menurun, produksi padi akan meningkat, maka pendapatan petani naik dan jumlah tenaga kerja penyaing manual akan menurun, sehingga upah siang manual yang harus dibayarkan juga menurun dan akan meningkatkan pendapatan petani[5].

### Metode Penelitian

Secara umum simulasi diartikan sebagai menirukan suatu sistem atau kegiatan tanpa harus menampilkannya secara nyata. Teknik simulasi menjadi pilihan ketika cara analisa lain tidak mungkin atau tidak dilakukan. Berbagai kombinasi dan alternatif dapat dipelajari melalui simulasi sebelum penerapannya di lapangan. Hal ini akan mengurangi terjadinya kesalahan yang berakibatkan biaya yang sangat besar dalam penerapannya[6].

Simulasi merupakan suatu aktivitas yang memungkinkan pengkaji dapat menarik kesimpulan-kesimpulan tentang perilaku dari suatu sistem, melalui penelaah perilaku model yang selaras, hubungan sebab akibatnya sama dengan atau seperti yang ada pada sistem yang sebenarnya[7].

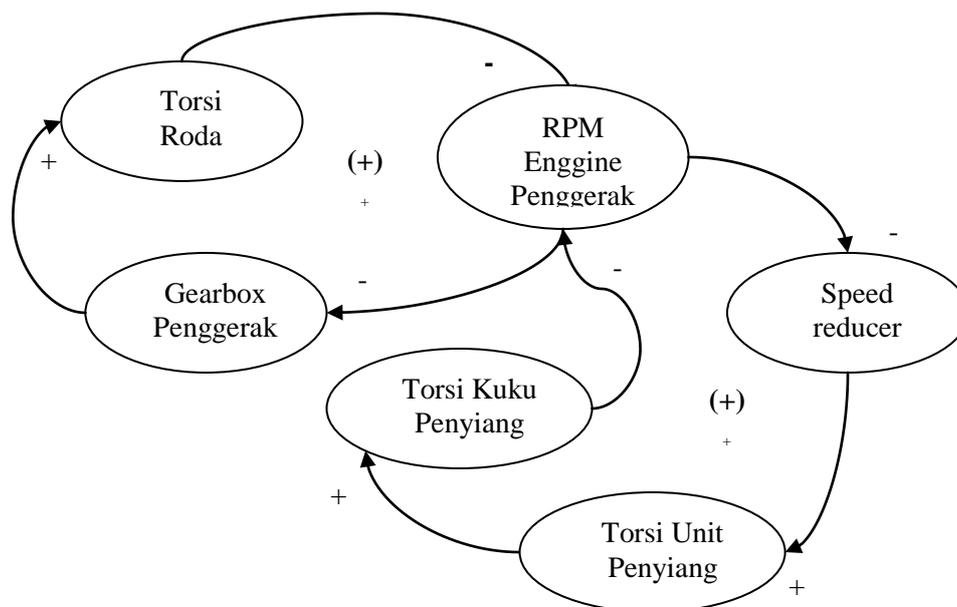
Beberapa keuntungan yang bisa diperoleh dengan memanfaatkan simulasi adalah :  
 (a) menghemat waktu, (b) dapat mengawasi sumber-sumber yang bervariasi, (c)

mengoreksi kesalahan-kesalahan perhitungan, (d) dapat dihentikan dan dijalankan kembali, dan (e) mudah diperbanyak.

### Diagram Sebab Akibat (*Causal Loop*) Mesin Penyiangan Mekanis

Penggunaan mesin siang gulma mekanis yang menggunakan sumber tenaga penggerak dari *engine* dan diteruskan ke *gearbox* dan *speed reducer*. Dari *gearbox* tenaga diteruskan ke roda dan dari *speed reducer* tenaga diteruskan ke penyiang. Diagram sebab akibat (*causal loop*) mesin penyiangan ini dapat dilihat pada Gambar 5. Pada Gambar tersebut terlihat bahwa:

- Tenaga penggerak yang berasal dari *engine* akan diturunkan RPM-nya oleh *gear box* penggerak. *Gear box* akan menurunkan RPM *engine*, tetapi meningkatkan *torsi* yang diteruskan ke roda penggerak.
- Tenaga dari *engine* diturunkan RPM-nya oleh *speed reducer*, diterima oleh *gear box* unit penyiang lalu ke kuku penyiang.

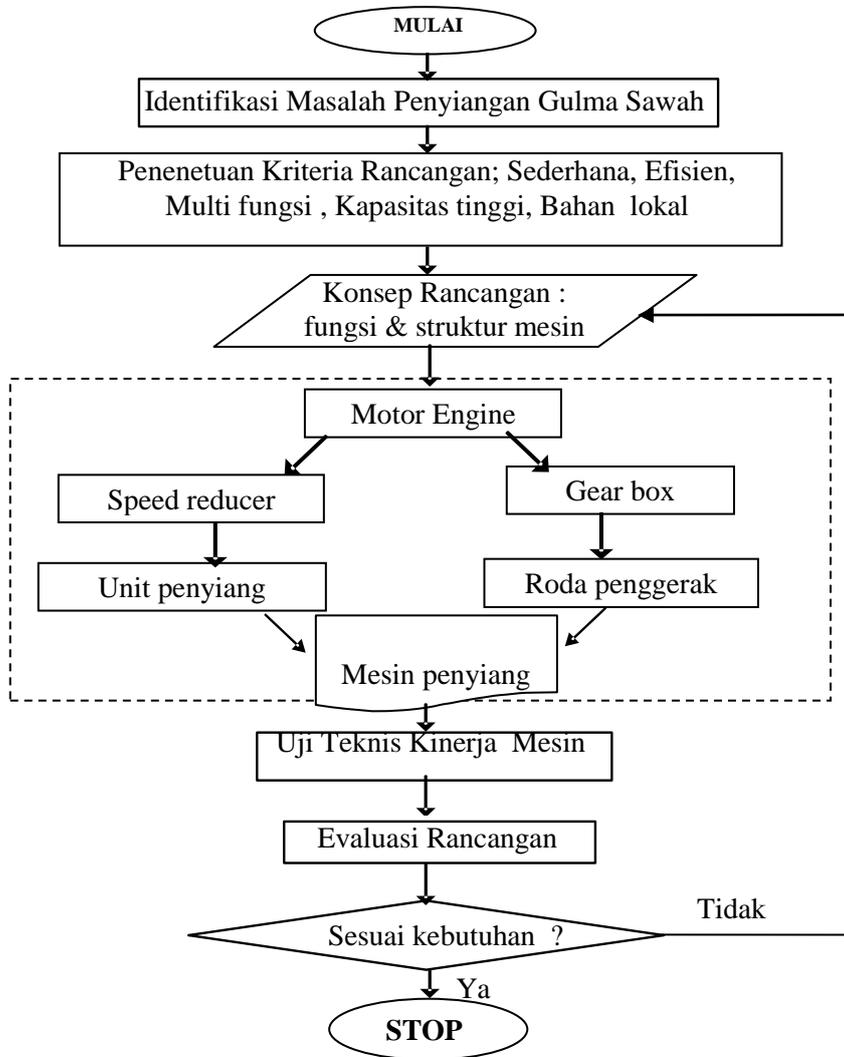


Gambar 2. Diagram *Causal Loop* Mesin Penyiang Mekanis

### Tahapan Penelitian

Proses penelitian dimulai dengan pengidentifikasian masalah yang ada pada sawah sistem SRI yaitu gulma sangat padat dan cepat berkembang, namun tidak bisa diatasi dengan dibenam saja akan tetapi harus dicabut atau disiangi dengan mesin siang mekanis. Selanjutnya menentukan kriteria rancangan yaitu; rancangan harus sederhana namun efisien, kapasitas tinggi, menggunakan bahan yang tersedia lokal serta diharapkan mesin multi fungsi yaitu implemen bisa diganti dengan implemen lain (pemupuk dan pemanen)[8].

Tahap berikutnya adalah membuat konsep rancangan dengan memperhatikan fungsi dan struktur yang diperlukan dari mesin. Setelah ini uji kinerja mesin dan evaluasi apakah mesin sesuai dengan yang dibutuhkan. Apabila ya dapat diikuti dengan tahap pengaplikasian mesin pada masyarakat. Diagram alir tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir tahapan penelitian

### Model Matematis Mesin Penyiang Mekanis

Secara matematis kemampuan yang dapat dicapai oleh mesin penyiang mekanis ini merupakan fungsi dari daya *engine*, RPM, lebar kerja, kecepatan kerja dan kerapatan gulma. Kapasitas kerja mesin untuk melakukan penyiangan dapat dihitung dengan cara berikut :

$$\pi_1 = f(\pi_2) \dots\dots\dots(1)$$

$$\pi_1 = KKe / (Wt \times V) \dots\dots\dots(2)$$

$$\pi_2 = \text{Luas penutupan gulma (m}^2\text{)} / \text{Luas total jalur penyiangan (m}^2\text{)} \dots\dots(3)$$

dengan :

KKe = Kapasitas kerja mesin (m<sup>2</sup>/detik)

Wt = Lebar kerja penyiang (m)

V = Kecepatan kerja mesin (m/detik)

$\pi_2$  = Koefisien kerapatan gulma (tanpa satuan)

Hubungan antara kapasitas kerja mesin dengan tingkat kerapatan gulma, secara matematis dapat dilihat hubungannya sebagai berikut :

$$\pi_1 = \frac{KKe}{Wt \times V} = \frac{m^2/detik}{m \times m/detik}$$

$$\pi_1 = f(\pi_2) = a\pi_2^b$$

$$\frac{KKe}{Wt \times V} = a\pi_2^b$$

$$KKe = a \times Wt \times V \times \pi_2^b$$

Model matematis yang bekerja pada masing komponen mesin penyiangan adalah sebagai berikut:

1. Daya untuk menggerakkan roda mesin penyiang (HP) :

$$P = C_r \times W \times V / 75 \dots\dots\dots(4)$$

$C_r$  = Koefisien tahanan guling roda mesin penyiang

W = Berat total mesin penyiang (kg)

V = Kecepatan mesin penyiang (m/dtk).

2. Daya penyiangan (HP) mesin :

$$P = T_s \times d \times L \times \text{RPM} \times 2\pi / (75 \times 60) \dots\dots\dots(5)$$

$T_s$  = Torsi spesifik tanah (kg.m/cm<sup>2</sup>)

d = Kedalaman penyiangan (cm)

L = Lebar kerja penyiangan (cm)

3. RPM (putaran/menit) pada speed reducer :

$$\text{RPM}_1 = N_1 / N_2 \times \text{RPM}_2 \dots\dots\dots(6)$$

RPM = Putaran poros; (1) output, (2) input

N = Jumlah gigi pada gear; (1) output, (2) input.

4. Daya putar poros (watt) pada gear box :

$$P = \sigma \times 2 \times \pi \times \text{RPM} / 60 \dots\dots\dots(7)$$

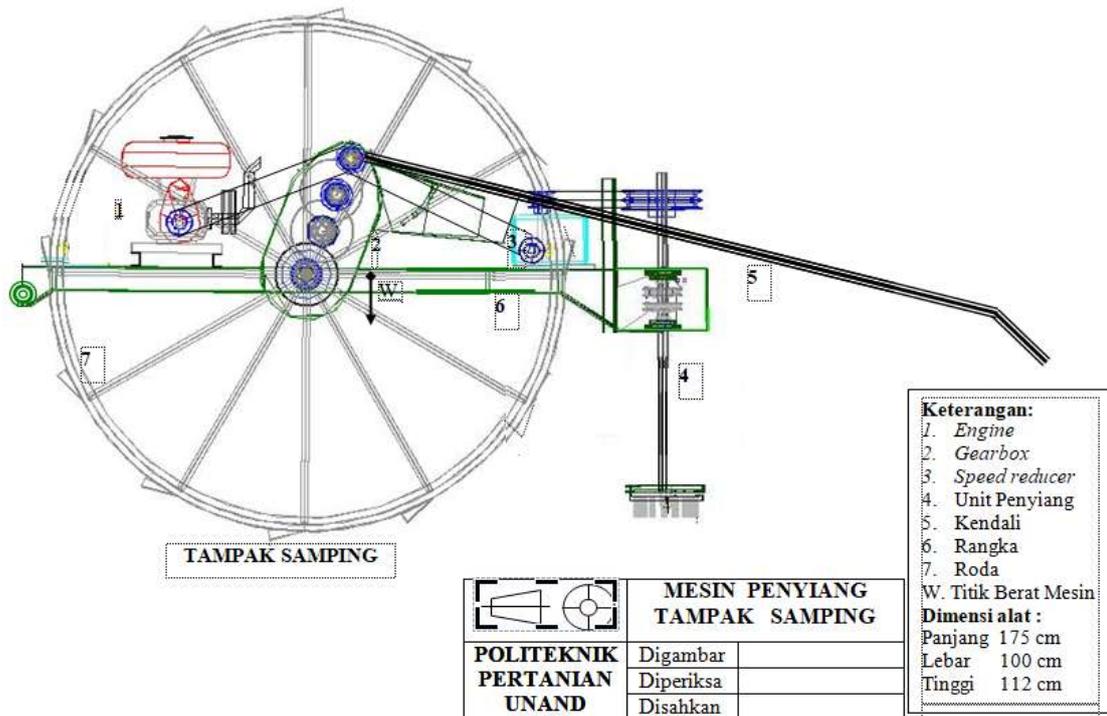
$\sigma$  = Torsi ( N.m)

## Hasil dan Pembahasan

### Desain Alat



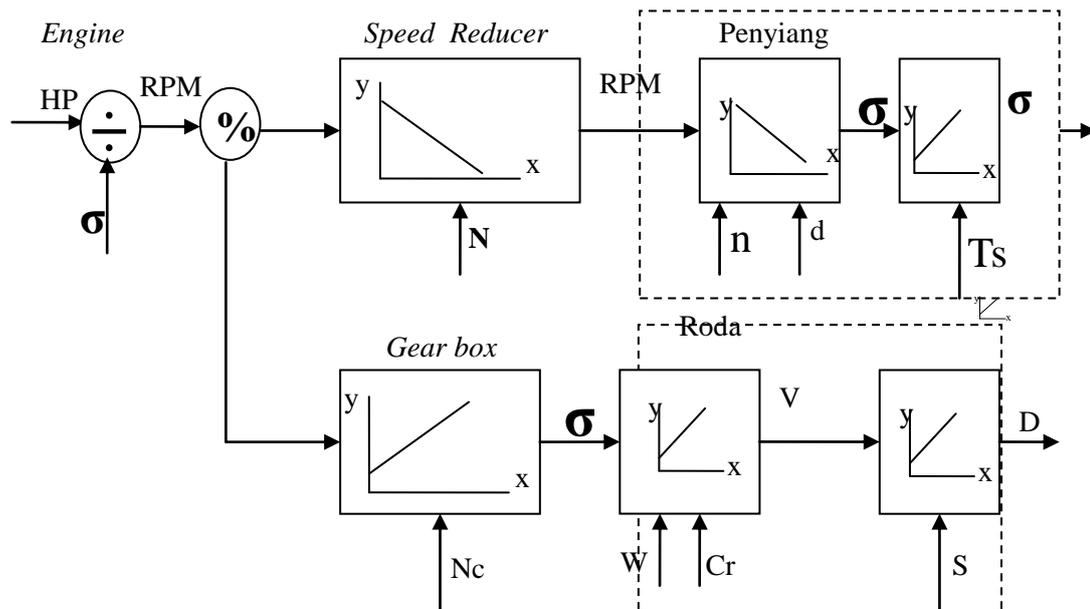
Gambar 4. Alat penyang padi



Gambar 5. Desain alat penyang

### Blok Diagram Mesin Penyang

Diagram blok mesin penyang ini pada Gambar 6.



Gambar 6. Blok diagram mesin penyiang

Keterangan :

- HP = Daya engine
- $\sigma$  = Torsi
- N = Perbandingan jumlah gigi
- Nc = Jumlah pasangan roda gigi
- n = Jumlah unit penyiang (Lebar kerja = L)
- d = Kedalaman siangan
- Ts = Torsi spesifik tanah ( $\text{kg.m/cm}^2$ )
- W = Berat mesin total
- Cr = Koefisien tahanan guling roda
- V = Kecepatan penyiangan
- S = Jarak tempuh lintasan
- D = Diameter roda

### Rekapitulasi Hasil Uji Kinerja Penyiangan

Rekapitulasi data hasil penyiangan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi kinerja penyiang mekanis dan alat penyiang lainnya

No	Parameter	Penyiang Mekanis	Brush Cutter BG-328	Power Weeder	Landak
1	Kapasitas Efektif (ha/jam)	0,0547	0,022	0,037	0,01
2	Kapasitas Teoritis (ha/jam)	0,1107	0,027	----	----
3	Efisiensi Lapang (%)	49,37	83,75	----	----
4	Kehilangan Waktu Belok (%)	32,03	22,24	----	----
5	Kerusakan Tanaman (%)	7,7	3,9	----	----
6	Gulma Tidak Tersiang (%)	3,12	2,9	----	----
7	Biaya Pokok (Rp/ha)	463.322,67	426.360,03	130.000	----
8	Titik Impas – BEP (Ha/th)	29,03	----	----	----
9	B/C Ratio	1,093	----	----	----
10	NPV (Rp)	7.139.779	----	----	----
11	Daya Operator (Watt)	47,96	34,76	----	----
12	Daya Motor Terpakai (HP)	2,52	1,33	----	----
13	Daya Motor Tersedia (HP)	7	1,5	1,5	----
14	Tingkat Kebisingan Engine (dB)	94,46	----	----	----

15	Ketahanan operator bekerja terus menerus (jam)	4	4	----	----
16	Berat (kg)	177	9	21	6
17	Lebar kerja (cm)	75	15	40	16
18	Lebar alat (cm)	100	30	60	30
19	Panjang alat (cm)	175	190	130	120
20	Tinggi alat (cm)	112	160	80	80

Berdasarkan rekapitulasi hasil penyiangan di atas, maka didapatkan perbandingan antara mesin penyiang mekanis dengan alat penyiang lainnya. Kapasitas efektif dan kapasitas teoritis mesin penyiang mekanis lebih baik dari alat penyiang yang ada. Sedangkan jumlah gulma yang tidak tersiangi dan lama operator tahan mengoperasikan mesin secara terus menerus antara mesin penyiang mekanis sama dengan alat penyiang *brush cutter* BG-328. Namun tingkat efisiensi, kehilangan waktu belok dan kerusakan tanaman, mesin penyiang kurang bagus dibandingkan dengan alat penyiang. Hal ini lebih disebabkan karena bobot total mesin penyiang sangat tinggi.

Apabila dibandingkan dengan kapasitas teoritis, kapasitas efektif lapang ini masih rendah hal ini disebabkan karena bobot total mesin yang tinggi yakni 177 kg, dan kerapatan gulma yang cukup tinggi yakni 72 %.

### Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi yang dilakukan pada mesin penyiang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisa ekonomi yang dilakukan pada mesin penyiang

No	Komponen	Harga
1	Harga alat	Rp. 17.000.000
2	Umur ekonomis	5 tahun
3	Jam kerja pertahun	800 jam
4	Nilai akhir	Rp. 1.700.000
5	Suku bunga	0,1 %
6	Kapasitas mesin	0,0547
7	Upah	Rp. 500.000
8	Biaya tetap	
	a. Penyusutan	Rp. 3.060.000
	b. Bunga modal	Rp. 935.000
	Total biaya tetap	Rp. 3.995.000
9	Biaya tidak tetap	
	a. Biaya perbaikan	Rp. 3.060
	b. Biaya operator	Rp. 17.000.000
	c. BBM	Rp. 10.000
	d. Oli	Rp. 90
	Total biaya tidak tetap	Rp. 20.350

Cost = BT + (BTT x Jam kerja/tahun)

Cost = Rp. 20,275,000

Benefit = kapasitas alat x jam kerja / tahun x upah

Benefit = 21,880,000

Tabel 3. Aliran kas

Tahun	Harga	Keuntungan	DF	Harga sekarang	Keuntungan sekarang
1	20,275,000	21,880,000	0.9090909	18,431,818	19,890,909
2	20,275,000	21,880,000	0.8264463	16,756,198	18,082,645
3	20,275,000	21,880,000	0.7513148	15,232,908	16,438,768
4	20,275,000	21,880,000	0.6830135	13,848,098	14,944,334
5	20,275,000	23,580,000	0.6209213	12,589,180	14,641,325
			Total	76,858,202	83,997,981

NPV = Total Benefit sekarang - Total cost sekarang

NPV = 7,139,779.01

### Daya Operator

Denyut jantung operator rata-rata setelah melakukan penyiangan sebesar 117 kali per menit. Jadi penyiangan dengan menggunakan mesin penyaing mekanis ini termasuk kedalam tingkat pekerjaan sedang dengan kebutuhan tenaga input operator berkisar 0,4796 kW. Apabila tingkat efisiensi *thermal* 10 %, maka daya *uotput* operator adalah 0,04796 kW atau 47,96 W.

### Daya Motor Terpakai

Hasil perhitungan, terhadap daya motor yang terpakai, diperoleh bahwa daya penyiangan terpakai adalah sebesar 2,52 HP. Daya yang tersedia pada motor berdasarkan spesifikasi adalah 7 HP. Jadi, daya tersedia pada motor penggerak masih cukup besar untuk dapat digunakan untuk penyiangan gulma tanaman padi. Hal ini berarti bahwa kinerja mesin dapat ditingkatkan lagi seperti meningkatkan lebar kerja mesin.

### Tingkat Kebisingan *Engine*

Hasil pengukuran terhadap tingkat kebisingan mesin yang diukur dengan menggunakan alat pendeteksi suara *sound level meter*, didapat tingkat kebisingan mesin sebesar 94,48 dB. Berdasarkan pada ketentuan tingkat kebisingan yang diizinkan pada pengoperasian mesin. Penyiangan dengan mesin penyang mekanis dapat dioperasikan selama 4 jam tanpa memberikan pengaruh buruk pada operator. Namun demikian setelah bekerja selama 4 jam operator harus istirahat.

### Program Simulasi Mesin Penyang

Program aplikasi yang dihasilkan pada penelitian ini sangat mudah digunakan. Disain program aplikasi yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Desain Program Aplikasi Mesin Penyiang Mekanis

### Kesimpulan

Kapasitas efektif penyiangan diperoleh 0,0547 ha/jam, efisiensi lapang 49,37 %, kehilangan waktu belok 32,03 %, tingkat kerusakan tanaman 7,7 %, gulma tidak tersiangi 3,12 %. Daya motor terpakai 2,52 Hp, tingkat kebisingan dalam batas diizinkan. Penyiangan dengan mesin tergolong kerja sedang. Hasil analisis ekenomi menunjukkan biaya pokok penyiangan per hektar Rp. 463.322,67 dengan BEP penyiangan 29,03 ha per tahun, NPV Rp. 7.139.779,01 dan B/C Ratio 1,093. Namun mesin perlu dikembangkan lebih lanjut agar dihasilkan kinerja yang lebih baik dan konstruksi yang lebih sederhana, penyempurnaan sistem transmisi, pembelokan dan pengurangan bobot total mesin serta menambah lebar kerja penyiangan. Lebih lanjut sosialisasi pada masyarakat agar jarak tanam dan kelurusan barisan tanam adalah penting agar tercapai kinerja optimal mesin.

### Daftar Pustaka

- [1] M. Antralina, “karakteristik gulma dan komponen hasil tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.) Sistem sri pada waktu keberadaan gulma yang berbeda,” *CEFARS J. Agribisnis dan Pengemb. Wil.*, vol. 3, no. 2, pp. 9–17, 2012.
- [2] A. Gani, T. Kadir, Jatiharti, I. Wardhana, and I. Las, “The system of rice intensification in Indonesia. In Assessments of the System of Rice Intensification (SRI),” in *Proceedings of an international conference*, 2002, pp. 58–63.
- [3] Santosa, M.Imran, and Andasuryani, “Pengembangan dan Uji Teknis Mata penyiang Padi (*Oryza sativa*) di Lahan Sawah dengan Penggerak mesin Potong

- Rumput Tipe Sandang (Brush Cutter) BG-328,” 2007.
- [4] Darmawan and I. Agung, “Rancang Bangun Mesin Penyiang Gulma Padi (Power Weeder),” Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya., 2016.
  - [5] Kasim. M, *Percobaan Plot tentang Penerapan SRI dan Cara Tradisional*. Padang: Universitas Andalas, 2004.
  - [6] K. Kasda and B. Albayan, “Analisis Rangka Penyiang Gulma Menggunakan Metoda Elemen Hingga,” *J. MESA*, vol. 3, no. 1, pp. 17–22, 2018.
  - [7] Eriyanto, *Ilmu Sistem*. Institut Pertanian Bogor, 1996.
  - [8] Dwi Rahmawati, Suharjono, and A. Bahariawan, “Alat Penyiang Gulma Sistem Landak Bermotor,” *J-DINAMIKA*, vol. 1, no. 1, pp. 43–47, 2016.