



Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology (JAMETECH)

Journal homepage: <https://ojs2.pnb.ac.id/index.php/JAMETECH>
p-ISSN: 2655-9145; e-ISSN: 2684-8201

Analisis Alat Tanam Padi dengan Sistem Gerak Putaran

Made Ardikosa Satria Wibawa^{1*}, Anak Agung Gede Pradnyana Diputra¹, I Wayan Suma Wibawa¹, I Wayan Marlon Managi¹, I Nyoman Suparta¹ dan I Ketut Suherman¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Badung, 80364, Indonesia
*Email: ardikosa_satrya@pnb.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan alat tanam padi dengan sistem gerak berputar (*circular motion*) yang memiliki tingkat efisiensi dan efektivitas tinggi, khususnya diaplikasikan pada lahan sawah berukuran sempit seperti yang banyak ditemukan di wilayah Bali. Alat tanam padi yang dikembangkan memiliki spesifikasi teknis utama berupa rangka berbahan besi tahan karat, sistem penggerak manual menggunakan spindle putar, sistem transmisi menggunakan rantai dan sprocket, serta mekanisme penanam menggunakan poros utama dengan sistem penjepit bibit mekanis. Sistem pengoperasian dirancang ergonomis untuk mengurangi beban kerja petani serta memudahkan proses perawatan karena tidak memerlukan sumber energi tambahan seperti bahan bakar maupun listrik. Pengujian kinerja alat dilakukan secara langsung di area persawahan Subak Ulun Suwi, Kabupaten Gianyar. Metode pengujian dilakukan dengan membandingkan waktu proses tanam padi menggunakan metode tradisional (manual) dengan penggunaan alat yang dikembangkan. Parameter pengamatan meliputi waktu kerja, kemudahan operasional, kebutuhan tenaga kerja, serta konsistensi hasil penanaman bibit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat tanam padi dengan sistem gerak circular mampu meningkatkan efisiensi waktu kerja secara signifikan. Waktu tanam rata-rata menurun dari sekitar 24 menit per 100 m² pada metode manual menjadi sekitar 13 menit per 100 m² menggunakan alat, atau terjadi peningkatan efisiensi waktu mendekati 50%. Selain itu, penggunaan alat mampu mengurangi beban kerja fisik petani karena proses penanaman tidak lagi memerlukan posisi membungkuk dalam waktu lama. Beberapa kendala teknis masih ditemukan, terutama terkait ketidakkonsistenan jumlah bibit yang tertanam pada beberapa titik lahan. Faktor yang mempengaruhi antara lain kondisi lumpur sawah, variasi ukuran bibit, serta kestabilan mekanisme penjepit selama proses penanaman berlangsung. Secara keseluruhan, alat tanam padi dengan mekanisme gerak circular memiliki potensi besar dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi proses tanam padi, khususnya pada lahan sawah sempit dan berterasering. Pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan stabilitas mekanisme penanaman dan konsistensi jumlah bibit yang ditanam sehingga alat dapat menjadi solusi mekanisasi pertanian yang terjangkau dan sesuai dengan kondisi pertanian di Bali.

Kata kunci: alat tanam padi, gerak melingkar, efisiensi, lahan sempit, Bali

Abstract: This study aims to design and develop a circular motion rice planting tool with high efficiency and effectiveness, particularly for narrow rice fields commonly found in Bali. The developed tool features a stainless steel frame, a manual drive system using a rotating spindle, a chain and sprocket transmission system, and a planting mechanism consisting of a main shaft equipped with a mechanical seedling clamp. The tool is ergonomically designed to reduce farmers' physical workload and simplify maintenance, as it does not require additional energy sources such as fuel or electricity. Performance testing was conducted directly in rice fields located in Subak Ulun Suwi, Gianyar Regency. The testing method compared the time required for rice planting using traditional manual methods and the developed tool. Observation parameters included working time, ease of operation, labor requirements, and consistency of seedling planting results. The results showed that the circular motion rice planting tool significantly improved time efficiency. The average planting time decreased from about 24 minutes per 100 m² using manual methods to approximately 13 minutes per 100 m² using the tool, indicating a time efficiency improvement of nearly 50%. Additionally, the tool reduced farmers' physical strain because the planting process no longer required prolonged bending. However, some technical challenges were still identified, particularly related to inconsistent numbers of seedlings planted at certain field points. These issues were influenced by variations in mud field conditions, differences in seedling size, and the stability of the clamping mechanism during operation. Overall, the circular motion rice planting tool shows strong potential to improve productivity and planting efficiency, especially in narrow and terraced rice fields. Further development is needed to enhance planting mechanism stability and ensure consistent seedling placement, enabling the tool to become an affordable and practical agricultural mechanization solution suitable for Bali.

Keywords: rice transplanter, circular motion, efficiency, narrow fields, Bali

1. Pendahuluan

Sumber daya manusia pertanian memiliki peran strategis dalam mewujudkan pertanian berkelanjutan. Rencana Strategis Kementerian Pertanian menekankan pembangunan pertanian berkelanjutan melalui pengelolaan optimal sumber daya alam, manusia, kelembagaan, dan teknologi untuk menjaga kesinambungan produksi serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Oleh karena itu, kualitas dan komitmen sumber daya manusia menjadi faktor kunci keberhasilan pembangunan pertanian berkelanjutan [1].

Di Bali, pertanian tidak hanya berfungsi sebagai sektor ekonomi tetapi juga bagian dari budaya yang mendukung pariwisata melalui nilai religius dan lingkungan yang sejalan dengan filosofi Tri Hita Karana. Namun, pesatnya perkembangan pariwisata memicu alih fungsi lahan pertanian menjadi kawasan non-pertanian seperti perumahan, fasilitas pariwisata, dan infrastruktur kota. Selain itu, minat generasi muda terhadap sektor pertanian menurun, daya dukung lingkungan berkurang, serta teknologi pertanian masih relatif mahal dan kurang sesuai dengan kondisi lahan sawah Bali yang umumnya sempit dan berkontur [2].

Proses penanaman padi masih banyak dilakukan secara manual melalui sistem tander, yang membutuhkan waktu lama, tenaga kerja banyak, serta menimbulkan kelelahan bagi petani. Berdasarkan observasi di Subak Ulun Suwi, penanaman padi seluas 1 are membutuhkan waktu 1–1,5 jam oleh dua orang pekerja. Kondisi ini juga meningkatkan biaya produksi, terutama untuk upah tenaga kerja.

Meskipun alat tanam padi sudah tersedia di pasaran, harganya relatif mahal dan penggunaannya cukup kompleks karena memerlukan sistem penggerak tambahan serta media tanam khusus. Oleh karena itu, diperlukan inovasi alat tanam yang lebih sederhana, ringan, dan ekonomis. Penelitian ini bermaksud membuat alat tanam yang digerakkan secara manual melalui putaran *spindle* yang ditransmisikan dengan rantai untuk menghasilkan gerakan melingkar pada mekanisme penanaman. Alat ini dirancang agar mudah dioperasikan, ringan, dan cukup dijalankan oleh satu orang petani sehingga dapat meningkatkan efisiensi waktu dan menekan biaya produksi petani.

Kebaruan produk merupakan aspek penting dalam penelitian untuk menghindari duplikasi sekaligus mengembangkan inovasi baru. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh keterbatasan ketersediaan alat pertanian berteknologi yang sesuai dengan kondisi petani. Salah satu permasalahan yang masih dihadapi adalah keterbatasan alat tanam padi yang diproduksi dan dipasarkan di Indonesia. Berdasarkan hasil observasi di beberapa wilayah Bali, alat tanam padi yang tersedia di pasaran umumnya masih berharga mahal, sebagian merupakan produk impor, serta memiliki dimensi dan bobot yang kurang sesuai dengan kondisi sawah Bali yang berpetak kecil dan memiliki kontur terasering. Selain itu, sebagian alat tanam padi memerlukan media semai khusus yang menambah biaya produksi petani. Secara umum, alat tanam padi yang tersedia masih menggunakan mekanisme poros eksentrik sebagai sistem gerak penanaman [3].

Mekansisasi pertanian menjadi solusi untuk meningkatkan efisiensi tenaga kerja, penggunaan sumber daya, produktivitas, kualitas hasil panen, serta mendukung

keberlanjutan lingkungan dan peningkatan kesejahteraan petani. Penelitian ini menawarkan kebaruan melalui perancangan alat tanam padi dengan mekanisme gerak *circular* (berputar) yang dilengkapi penjepit bibit pada ujung poros. Mekanisme ini bekerja secara konstan dan bergantian hingga bibit tertanam pada lahan sawah. Alat ini juga dirancang menggunakan bibit hasil persemaian tradisional tanpa memerlukan media tanam khusus [4].

Penggunaan alat tanam padi model *circular* diharapkan mampu menghemat waktu dan biaya pada proses tanam serta meningkatkan efisiensi kerja mulai dari tahap persemaian hingga penanaman. Penelitian ini bertujuan merancang alat tanam padi dengan dimensi dan desain yang sesuai dengan karakteristik lahan sawah di Pulau Bali [5].

1.1. Padi

Tanaman padi merupakan tanaman pangan utama penghasil beras yang menjadi sumber karbohidrat bagi sebagian besar penduduk dunia. Di Indonesia, sekitar 95% masyarakat mengonsumsi beras sebagai makanan pokok, sehingga kebutuhan beras terus meningkat seiring pertumbuhan jumlah penduduk. Data BPS menunjukkan bahwa tingkat konsumsi beras di Indonesia tergolong tinggi, yaitu sekitar 97,4 kg per kapita per tahun [6].

Padi menjadi komoditas pangan strategis karena kandungan nutrisinya cukup lengkap. Beras giling mengandung sekitar 78,9% karbohidrat, 6,8% protein, 0,7% lemak, serta komponen nutrisi lain dalam jumlah kecil. Dengan jumlah penduduk yang besar, Indonesia menghadapi tantangan dalam menjaga ketersediaan pangan terutama beras.

Secara umum, padi merupakan tanaman semusim yang memiliki empat fase pertumbuhan, yaitu vegetatif cepat, vegetatif lambat, reproduktif, dan pemasakan. Struktur tanaman padi terbagi menjadi bagian vegetatif dan generatif. Bagian vegetatif terdiri dari akar, batang, dan daun, sedangkan bagian generatif terdiri dari malai yang berisi bulir padi.

Dalam pertumbuhannya, tanaman padi membutuhkan unsur hara, air, dan energi matahari. Unsur hara berfungsi dalam pembentukan senyawa penting seperti hormon, enzim, dan asam nukleat. Air diperoleh dari tanah, sedangkan energi diperoleh dari proses fotosintesis. Tanaman padi termasuk kelompok Gramineae yang memiliki batang beruas-ruas dengan bagian dalam berongga. Pada setiap ruas terdapat buku yang menjadi tempat tumbuh daun pelepah. Bagian daun terdiri dari ligula (lidah daun), auricle (telinga daun), dan helaian daun. Warna ligula dan auricle dapat digunakan sebagai identifikasi varietas padi tertentu.

1.1.1. Klasifikasi tanaman padi

Secara sistematis tumbuhan, padi diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Kingdom: *Plantae*
- b. Divisi: *Spermatophyta*
- c. Sub-divisi: *Angiospermae*
- d. Kelas: *Monocotyledoneae*
- e. Ordo: *Glumiflorae*
- f. Famili: *Gramineae*
- g. Subfamili: *Oryzoideae*
- h. Genus: *Oryza*
- i. Spesies: *Oryza sativa* L

1.1.2. Morfologi tanaman padi

Tanaman padi memiliki sistem perakaran serabut. Pada fase perkecambahan muncul akar primer dan akar seminal, yang kemudian digantikan oleh akar adventif yang tumbuh dari buku batang terbawah. Batang padi tersusun atas beberapa ruas, dimana pemanjangan ruas terjadi saat memasuki fase reproduktif.

Daun padi berbentuk lanset dengan tulang daun sejajar dan permukaan ditutupi rambut halus. Pada bagian paling atas terdapat daun bendera yang berperan penting dalam proses pengisian bulir padi. Bunga padi tersusun dalam bentuk malai, dimana setiap unit bunga disebut spikelet. Bunga padi terdiri dari tangkai bunga, bakal buah, lemma, palea, benang sari, dan putik. Setiap spikelet hanya memiliki satu bunga dengan satu organ betina dan enam organ jantan.

Pertumbuhan tanaman padi terdiri dari tiga fase utama yaitu vegetatif, reproduktif, dan pemasakan. Fase vegetatif dimulai sejak awal pertumbuhan hingga pembentukan primordia. Fase reproduktif ditandai dengan pemanjangan batang dan pembentukan bunga. Fase pemasakan dimulai dari pengisian gabah hingga gabah matang. Buah padi terbentuk setelah proses penyerbukan dan pembuahan. Buah ini dilindungi oleh lemma dan palea yang membentuk sekam. Bagian dalam biji terdiri dari endosperm yang kaya pati dan embrio sebagai calon tanaman baru.

1.1.3. Syarat tumbuh tanaman padi

Tanaman padi dapat tumbuh optimal di daerah tropis dan subtropis pada lintang 45° LU hingga 45° LS. Tanaman ini membutuhkan suhu hangat, kelembaban tinggi, serta musim hujan sekitar empat bulan. Curah hujan ideal berkisar 1500–2000 mm per tahun atau sekitar 200 mm per bulan.

Di dataran rendah, padi tumbuh baik pada ketinggian 0–650 mdpl dengan suhu 22–27°C. Sedangkan di dataran tinggi (650–1500 mdpl), suhu optimal berkisar 19–23°C. Tanaman padi memerlukan sinar matahari penuh tanpa naungan. Padi sawah umumnya ditanam pada tanah lempung berat atau tanah dengan lapisan kedap air sekitar 30 cm di bawah permukaan tanah. Tanah lumpur subur dengan ketebalan 18–22 cm sangat ideal untuk pertumbuhan padi. Tingkat keasaman tanah yang sesuai berkisar pH 4–7, dan pada kondisi tergenang biasanya pH tanah mendekati netral.

Ketersediaan air sangat menentukan keberhasilan pertumbuhan padi. Kekurangan atau kelebihan air dapat mempengaruhi penyerapan unsur hara, pertumbuhan tanaman, serta meningkatkan risiko serangan hama dan penyakit. Kebutuhan air dipengaruhi oleh varietas padi, fase pertumbuhan, kondisi cuaca, serta jenis tanah. Air sawah umumnya berasal dari curah hujan dan sistem irigasi. Sebagian besar budidaya padi dunia masih mengandalkan air hujan.

1.1.4. Metode tanam SRI (System of Rice Intensification)

Metode SRI merupakan teknik budidaya padi yang menekankan efisiensi air, peningkatan kesehatan tanah, dan peningkatan produktivitas tanaman. Pada metode ini, benih ditanam dengan jarak tanam lebar, umumnya 27×27 cm hingga 35×35 cm. Kedalaman lapisan olah

tanah dijaga sekitar 25–30 cm untuk mendukung perkembangan akar.

Penanaman menggunakan satu bibit per lubang tanam bertujuan untuk meningkatkan jumlah anakan dan kekuatan tanaman. Bibit dari persemaian harus segera ditanam, maksimal 15 menit setelah dicabut, untuk menjaga aktivitas fisiologis tanaman. Bibit ditanam dangkal sekitar 0,5–1 cm dengan posisi akar horizontal. Kondisi lahan tidak digenangi air, namun dijaga tetap lembab. Penanaman terlalu dalam atau genangan air berlebihan dapat menyebabkan pembusukan akar dan menurunkan produktivitas tanaman.

1.1.5. Manfaat metode tanam SRI

Penerapan metode SRI memberikan berbagai keuntungan, antara lain [7]:

- Menghemat penggunaan air hingga sekitar 20–30% dibanding metode konvensional.
- Memperbaiki struktur dan kesuburan tanah serta menjaga keseimbangan ekosistem tanah.
- Meningkatkan kemandirian petani karena mengurangi ketergantungan terhadap pupuk dan pestisida kimia.
- Membuka peluang kerja di pedesaan dan meningkatkan pendapatan petani.
- Menghasilkan beras berkualitas tinggi dan lebih sehat karena minim residu bahan kimia.
- Menjaga kualitas tanah untuk keberlanjutan pertanian generasi mendatang.

2. Metode dan Bahan

2.1. Desain

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental melalui perancangan, pembuatan, dan pengujian alat tanam padi berbasis sistem gerak melingkar (*circular motion*). Tahapan penelitian meliputi perancangan teknis, analisis material, perhitungan mekanisme transmisi, fabrikasi prototipe, serta pengujian kinerja alat di lapangan. Pemilihan metode ini didasarkan pada masih dominannya sistem penanaman konvensional yang memiliki keterbatasan efisiensi waktu dan beban kerja petani [8].

Untuk mengatasi keterbatasan sistem manual, dikembangkan alat tanam padi dengan prinsip gerak rotasi kontinu. Sistem mekanisme utama bekerja dengan mengkonversi putaran spindle manual melalui sistem transmisi rantai dan sprocket menjadi gerakan rotari pada poros penanam yang dilengkapi mekanisme penjepit bibit secara periodik. Sistem ini dirancang agar mampu menghasilkan siklus penanaman yang stabil dan berulang selama alat bergerak maju mengikuti lintasan tanam [9].

Hasil yang diperoleh selama pelaksanaan penelitian meliputi proses perancangan dan pembuatan prototipe alat tanam padi model *circular* beserta perlengkapan pendukungnya. Selain itu, dilakukan tahap pengujian menggunakan alat ukur pada lahan persawahan yang telah dipersiapkan sebagai lokasi uji coba. Adapun tahapan yang dilakukan dalam pembuatan alat penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Observasi lapangan

Tahap awal dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan serta kebutuhan petani dalam proses penanaman padi. Selanjutnya dilakukan pengamatan

secara langsung untuk memperoleh informasi mengenai keunggulan, kelemahan, serta hambatan yang dialami petani saat melakukan penanaman padi secara tradisional (manual).

b. Perancangan desain

Perancangan desain alat tanam padi dilakukan melalui pembuatan sketsa teknik dan pengembangan gambar kerja yang mencakup konfigurasi rangka, sistem transmisi, serta mekanisme penanam bibit. Perancangan disusun berdasarkan hasil observasi lapangan terhadap kondisi sawah sempit dan sistem tanam tradisional sehingga diperoleh desain alat yang sesuai dengan kebutuhan operasional petani di lapangan. Secara teknis, alat tanam padi yang dirancang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Dimensi dan Berat Alat

- Panjang alat: 800 mm
- Lebar alat: 300 mm
- Tinggi alat: 800 mm
- Berat total alat: ± 12 kg

Dimensi ini dirancang agar alat tetap stabil saat dioperasikan pada lahan sawah berlumpur serta mudah dikendalikan oleh satu petani.

2. Material Konstruksi

- Rangka utama: Besi *hollow* 2x2 cm
- Poros utama: Besi Pejal dia 50 mm
- Mekanisme penjepit: *Stainless steel*
- Dudukan komponen: Plat baja 2–3 mm

Pemilihan material mempertimbangkan kekuatan mekanis, ketahanan terhadap korosi air sawah, serta kemudahan proses manufaktur.

3. Sistem Transmisi dan Komponen Putar

- Diameter spindle penggerak: 25 mm
- Diameter sprocket penggerak: 75 mm
- Diameter sprocket yang digerakkan: 180 mm
- Jenis rantai: Rantai rol standar (ANSI chain setara)
- Rasio transmisi: 1 : 2

Sistem transmisi dirancang untuk menghasilkan putaran stabil pada poros penanam dengan beban kerja lumpur sawah.

4. Mekanisme Penjepit Bibit

- Jenis mekanisme: Penjepit mekanis sistem pegas
- Panjang penjepit: 60 mm
- Lebar penjepit: $\pm 20 - 30$ mm
- Sistem kerja: Membuka saat posisi atas, menutup saat posisi tanam akibat gaya pegas

Mekanisme ini dirancang untuk menjaga posisi bibit tetap tegak saat proses penanaman berlangsung.

5. Sistem Wadah Bibit

- Kapasitas wadah bibit : $\pm 2 - 3$ bibit padi
- Material wadah: Plat Seng Galvalum
- Sistem suplai bibit: Sistem tekan dengan besi pemberat dan gravitasi menuju mekanisme penjepit

Kapasitas wadah dirancang agar mampu mendukung proses tanam kontinu tanpa sering melakukan pengisian ulang.

6. Sistem Operasi Alat

Alat dioperasikan secara manual dengan sistem dorong sambil memutar spindle. Putaran spindle diteruskan melalui sistem transmisi rantai untuk menggerakkan poros penanam secara rotasi kontinu sehingga menghasilkan siklus penanaman yang stabil.

c. Analisis kekuatan dan pemilihan material

Pemilihan bahan dilakukan dengan mempertimbangkan kekuatan konstruksi alat agar sesuai dengan beban kerja yang akan diterima. Selain itu, pemilihan material dan komponen juga disesuaikan dengan kebutuhan fungsi kerja alat secara keseluruhan [10].

d. Pembuatan gambar teknik (gambar kerja)

Gambar kerja dibuat sebagai acuan utama dalam proses produksi alat. Gambar ini mencakup detail ukuran, dimensi, serta spesifikasi komponen yang akan digunakan pada proses pembuatan.

e. Pengadaan material

Sebelum pengadaan bahan dilakukan analisis kebutuhan material untuk memastikan kesesuaian jenis dan jumlah bahan yang akan digunakan sehingga meminimalkan kesalahan dalam proses pengadaan.

f. Proses manufaktur (pembuatan alat)

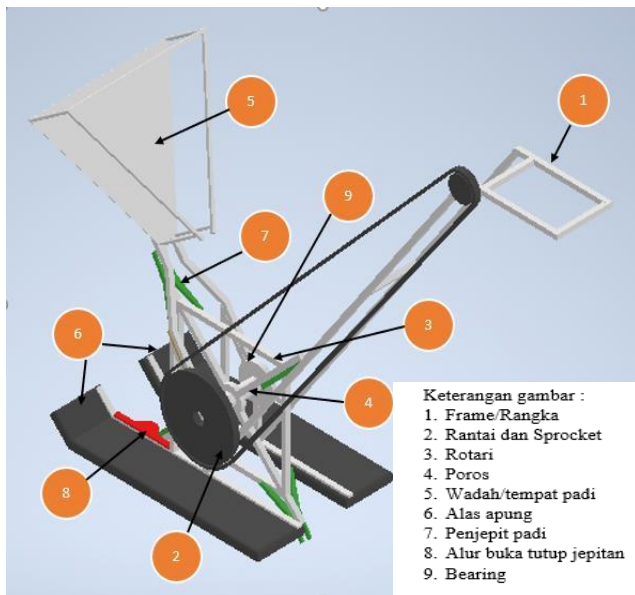
Proses pembuatan dilakukan berdasarkan gambar kerja yang telah direncanakan sebelumnya. Tahap ini diawali dengan persiapan peralatan kerja yang diperlukan selama proses produksi berlangsung [11].

g. Perakitan dan tahap akhir (*finishing*)

Tahap perakitan dilakukan dengan menggabungkan seluruh komponen hingga membentuk satu kesatuan sistem mekanisme yang dapat berfungsi dengan baik. Setelah itu dilakukan proses *finishing* untuk menyempurnakan hasil akhir alat.

h. Pengujian alat

Tahap pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja alat hasil perancangan. Apabila alat dapat berfungsi dengan baik, maka dilanjutkan dengan pengujian perbandingan antara proses penanaman padi menggunakan alat dan metode manual. Namun, jika alat belum bekerja secara optimal, maka dilakukan perbaikan desain sebelum dilakukan pengujian ulang. Desain Rancangan Alat tanam padi dengan sistem gerak putaran ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Desain rancangan alat tanam padi dengan sistem gerak putaran

2.2. Analisis Data

Penelitian diawali dengan penetapan desain alat berbasis gerak melingkar yang terintegrasi dengan sistem penanaman. Tahap ini meliputi analisis kinerja mekanisme putar terhadap efisiensi tanam serta evaluasi komparatif antara alat dengan metode konvensional. Prototipe ini dirancang untuk menggunakan bibit hasil persemaian tradisional, tanpa memerlukan media tanam khusus.

Proses diawali dengan identifikasi masalah melalui observasi lapangan guna memahami kebutuhan petani, dilanjutkan dengan kajian mendalam terhadap keunggulan, kelemahan, dan tantangan dalam praktik penanaman manual yang masih dominan. Alat ini beroperasi melalui sistem transmisi putar yang diawali dengan gerakan spindle. Putaran tersebut dialirkan melalui rantai penggerak ke *sprocket* yang terhubung langsung dengan as utama dan komponen rotari. Ketika as berrotasi, seluruh unit rotari ikut berputar menciptakan pola gerakan melingkar yang konsisten [12].

Pada mekanisme ini, unit penjepit yang terpasang pada rotari akan bergerak secara periodik. Saat mencapai posisi atas, penjepit akan berinteraksi dengan mekanisme pembuka yang memungkinkannya mengambil bibit padi dari wadah penyimpanan. Selanjutnya ketika mencapai titik bawah, sistem pelepasan otomatis akan mengaktifkan penjepit untuk melepaskan bibit ke media tanam. Siklus ini akan terus berlangsung secara berulang hingga seluruh area lahan tertanami [13].

Prototipe alat tanam padi ini masih memiliki beberapa keterbatasan operasional. Pertama, kapasitas penyimpanan bibit relatif terbatas akibat ukuran prototipe yang masih berskala kecil [14]. Kondisi ini membatasi jangkauan penanaman hanya sekitar 20-25 meter per pengisian, sehingga memerlukan pengisian ulang bibit secara berkala [15]. Kedua, alat memerlukan kondisi lahan yang benar-benar bersih dari sisa tanaman karena residu jerami atau akar padi yang tertinggal dapat menyebabkan penyumbatan pada mekanisme penjepit selama operasi penanaman berlangsung [16].

3. Hasil dan Pembahasan

Evaluasi kinerja alat dilakukan pada area persawahan yang telah dipersiapkan dengan luas petak uji 100 m². Pengujian dilakukan dengan membandingkan metode tanam manual dan penggunaan alat tanam circular. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan untuk meningkatkan validitas data.

Parameter pengujian meliputi waktu tanam, konsistensi jarak tanam aktual, jumlah bibit per titik tanam, serta kedalaman tanam bibit pada kondisi lahan sawah berlumpur.

- Panjang area uji: 10 meter (lari)
- Jarak antar tanaman: 30 cm
- Alat ukur: *Stopwatch*

Untuk memastikan validitas data, proses pengujian diulang sebanyak 10 kali pengamatan. Hal ini memungkinkan kami memperoleh perbandingan akurat antara durasi penanaman manual dan mekanis. Perbandingan penanaman padi tanpa alat dan dengan alat ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan penanaman padi tanpa alat dan dengan alat

No	Tanpa alat (Menit)	Dengan alat (Menit)
1	23,73	13,47
2	24,66	13,41
3	23,23	13,56
4	24,02	14,16
5	24,09	13,34
6	24,54	13,57
7	23,77	13,88
8	24,06	14,43
9	23,65	13,47
10	24,01	12,99

1. Efisiensi Waktu Penanaman

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh rata-rata waktu tanam sebagai berikut:

- Metode manual: ± 24 menit / 100 m²
- Menggunakan alat: $\pm 13,6$ menit / 100 m²

Hal ini menunjukkan peningkatan efisiensi waktu sebesar ± 43 –50%. Peningkatan efisiensi ini dipengaruhi oleh sistem gerak rotasi kontinu yang memungkinkan proses tanam berlangsung tanpa jeda gerakan seperti pada sistem tander manual. Selain itu, penggunaan alat juga mengurangi kelelahan petani karena posisi kerja lebih tegak dibandingkan metode tanam tradisional.

2. Konsistensi Jarak Tanam Aktual

Target jarak tanam dirancang sebesar 30 cm. Berdasarkan pengukuran lapangan diperoleh:

- Rata-rata jarak tanam aktual : 29,2 – 31,4 cm
- Deviasi rata-rata : $\pm 1,2$ cm

Variasi jarak tanam dipengaruhi oleh:

- Slip roda pada lumpur sawah
- Kecepatan dorong petani

- Stabilitas putaran mekanisme penanam

Secara umum, nilai deviasi masih dalam batas toleransi pola tanam sawah tradisional.

3. Konsistensi Jumlah Bibit per Lubang Tanam

Hasil pengamatan menunjukkan:

- Target bibit: 2–3 bibit per lubang
- Hasil aktual rata-rata: 2,1 – 3,2 bibit per lubang
- Tingkat keberhasilan distribusi bibit seragam: $\pm 85\text{--}90\%$

Ketidakkonsistenan jumlah bibit disebabkan oleh:

- Variasi ukuran bibit padi
- Kondisi lumpur yang mempengaruhi penetrasi penjepit
- Sinkronisasi bukaan penjepit dengan posisi tanam

Namun secara umum alat masih mampu mempertahankan jumlah bibit dalam rentang optimal pertumbuhan padi.

4. Kedalaman Tanam Bibit

Target kedalaman tanam dirancang sebesar 30–50 mm. Hasil pengujian menunjukkan:

- Kedalaman tanam aktual: 28 – 52 mm
- Rata-rata kedalaman tanam: ± 40 mm

Variasi kedalaman tanam dipengaruhi oleh:

- Kepadatan lumpur sawah
- Tekanan dorong petani
- Stabilitas posisi alat saat penetrasi tanah

Kedalaman tanam ini masih sesuai dengan standar penanaman bibit padi untuk mendukung pertumbuhan akar awal.

5. Analisis Performa Mekanisme Circular

Mekanisme circular menunjukkan keunggulan pada:

- Kontinuitas siklus tanam
- Stabilitas gerakan penanam
- Sinkronisasi gerak putar dengan laju maju alat

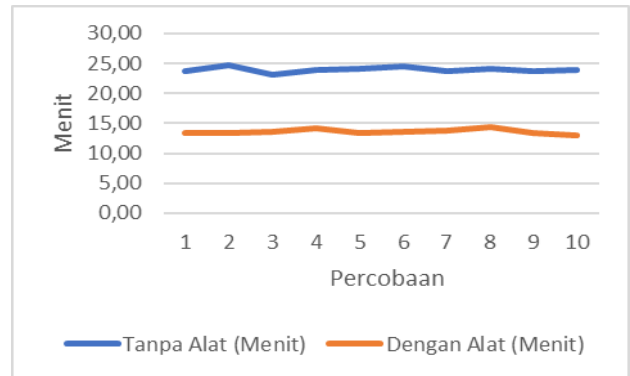
Namun masih terdapat potensi pengembangan pada:

- Sistem stabilisasi roda pada lumpur lunak
- Optimalisasi desain penjepit bibit
- Penyesuaian rasio transmisi untuk kondisi lumpur berbeda

Secara keseluruhan, alat tanam padi sistem circular menunjukkan performa yang baik dalam meningkatkan efisiensi waktu kerja serta menjaga kualitas hasil tanam. Dibandingkan metode manual, alat mampu mengurangi waktu kerja hampir setengahnya, sekaligus mengurangi beban kerja fisik petani. Dari sisi kualitas tanam, alat mampu menjaga konsistensi jarak tanam, jumlah bibit, serta kedalaman tanam dalam batas toleransi operasional pertanian sawah tradisional. Variasi yang terjadi masih dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti kondisi lumpur sawah dan faktor petani. Pengembangan lebih lanjut diperlukan terutama pada sistem mekanisme penjepit bibit dan stabilitas alat saat beroperasi pada kondisi lumpur yang lebih lunak.

Analisis data menunjukkan perbedaan signifikan dalam efisiensi waktu antara metode penanaman. Penggunaan alat menghasilkan waktu tanam yang 50% lebih cepat dibandingkan cara manual. Faktor penyebab perbedaan ini terutama berasal dari karakteristik penanaman tradisional yang menggunakan teknik tander (sistem tanam mundur) dengan posisi tubuh membungkuk, sehingga membutuhkan

jeda untuk peregangan otot di sela-sela aktivitas penanaman. Perbandingan penanaman padi tanpa alat dan dengan alat ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Kurva perbandingan penanaman padi tanpa alat dan dengan alat

Berdasarkan evaluasi grafik komparatif antara metode manual dan mekanis, diperoleh temuan bahwa alat tanam sistem gerak putaran mampu mengurangi waktu penanaman hingga 50% sekaligus menurunkan beban kerja petani pada lahan uji seluas 100 m² dengan jarak tanam 30 cm. Namun, prototipe ini masih menunjukkan beberapa keterbatasan, terutama dalam hal:

1. Ketidakmampuan menyesuaikan jumlah bibit per titik tanam
2. Tingkat kegagalan tanam tertentu yang disebabkan oleh faktor teknis alat yang masih dalam tahap pengembangan
3. Fleksibilitas penyesuaian selama proses tanam berlangsung
4. Sementara itu, metode konvensional memerlukan 2-4 tenaga kerja untuk mencapai kecepatan tanam yang sebanding, dengan keunggulan utama berupa:
 - a. Presisi dalam pengaturan jumlah bibit per lubang tanam
 - b. Minimnya risiko kegagalan penanaman

4. Kesimpulan

Dibandingkan metode tradisional, alat tanam padi dengan sistem gerak putaran mampu mengurangi waktu penanaman hingga 50%, meningkatkan efisiensi dan produktivitas secara signifikan. Namun, alat ini belum sempurna karena kesulitan mengendalikan jumlah benih yang tertanam. Adanya perbedaan antara benih yang tumbuh dan yang gagal menunjukkan bahwa alat ini belum mencapai tingkat keseragaman yang optimal. Faktor eksternal seperti lingkungan dan jenis tanah juga mungkin berperan dalam hasilnya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis dapat menyampaikan ucapan terima kasih atas bantuan atau dukungan dari teman sejawat, atau teknisi yang telah membantu menyelesaikan tugas tertentu.

Daftar Pustaka

- [1] S. H. Susilowati, "Fenomena Penuaan Petani dan Berkurangnya Tenaga Kerja Muda serta

- Implikasinya bagi Kebijakan Pembangunan Pertanian,” *Forum Penelit. Agro Ekon.*, vol. 34, no. 1, hal. 35, 2016, doi: 10.21082/fae.v34n1.2016.35-55.
- [2] G. Wirata, *Perubahan Alih Fungsi Lahan Persawahan Dan Implikasinya*. 2013. [Daring]. Tersedia pada: <http://www.nber.org/papers/w16019>
- [3] R. Saferi, A. Yanto, dan A. Bintarnel, “Pengembangan Desain Alat Tanam Bibit Padi dengan Metode Quality Function Deployment Design Development of Rice Transplanter with Quality Function Deployment Method,” *J. Tek. Mesin Inst. Teknol. Padang*, vol. 12, no. 1, hal. 51–60, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <https://jtm.itp.ac.id/index.php/jtm>
- [4] R. A. Nabawi, Syahril, Salmat, J. Suprianto, dan Muliarti, “Teknologi Tepat Guna Alat Tanam Padi Untuk Membantu Petani,” *J. Areasi*, vol. 1, no. 1, hal. 37–41, 2019.
- [5] Tuti Supatminingsih, “Peranan Sumber Daya Manusia dalam Mewujudkan Pertanian Indonesia yang Unggul,” *J. Econ. Educ. Entrep. Stud.*, vol. 3, no. 1, hal. 241–252, 2022, doi: 10.26858/je3s.v3i1.101.
- [6] D. Widayat dan C. O. Purba, “Produktivitas tanaman dan kehilangan hasil tanaman padi (*Oryza sativa* L.) kultivar Ciherang pada kombinasi jarak tanam dengan frekuensi penyiangan berbeda,” *Kultivasi*, vol. 14, no. 1, hal. 17–24, 2015, doi: 10.24198/kltv.v14i1.12098.
- [7] P. Sanjaya, W. Tika, dan Sumiyati, “Pengaruh Teknik Budaya Sri (System Of Rice Intensification) Dan Legowoterhadap Iklim Mikro,” no. 1, hal. 1–10, 2018.
- [8] T. Sarkin, “Pembelajaran 4. GERAK MELINGKAR,” *Calon guru*, hal. 51–56, 2020.
- [9] F. Hidayat Ahmad, “337375-Rancang-Bangun-Sistem-Infomasi-Penyewaa-9D89D8D2,” *J. Sist. Inf. dan Sains Teknol.*, vol. 1, no. 1, hal. 1–9, 2019.
- [10] A. J. Sinaga dan C. Manurung, “Analisa Laju Korosi dan Kekerasan Pada Stainless Steel 316 L Dalam Larutan 10 % NaCl Dengan Variasi Waktu Perendaman,” *Sprocket J. Mech. Eng.*, vol. 1, no. 2, hal. 92–99, 2020, doi: 10.36655/sprocket.v1i2.186.
- [11] S. Khoiriah, “Desain Dan Analisis Kekuatan Pada Ladder Frame Chassis Kendaraan Hybrid Elektrik-Pneumatik Menggunakan Software Autodesk Inventor Professional 2017,” hal. 1–123, 2020.
- [12] Anonim, “Dasar Teori Bearing,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, hal. 11, 2013.
- [13] M. R. ABDILLAH, “Rancang Bangun Alat Angkut Komponen Engine Dan Tools Bertenaga Motor Listrik Dengan Fitur Penaik Tangga (Biaya Produksi),” *Ranc. Bangun Alat Angkut Kompon. Engine Dan Tools Bertenaga Mot. List. Dengan Fitur Penaik Tangga (Biaya Produksi)*, hal. 6–35, 2018.
- [14] M. Fatori, “Peralatan Dan Mesin Pengerjaan Kayu Kurikulum 2013,” *Kementerian Pendidik. Dan Kebud. Direktorat Pemb. Sekol. Menengah Kejuru. 2013*, hal. 184, 2013.
- [15] D. D. Prasetyo dan N. A. Ariyanto, “Pembuatan poros roda mesin penggembur tanah 123,” hal. 2–4, 2021.
- [16] B. A. B. Ii dan T. Pustaka, “BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1,” hal. 1–64, 2002.