

Pengembangan Alat Penanaman Benih Jagung Dan Pemupukan Dalam Satu Unit

(Development of Corn Seed Planting and Fertilization Tools in One Unit)

Muhammad Asshiddiq Ansar^{1,*}, Ansar², Gagassage Nanaluh De Side²

¹) Mahasiswa Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram

²) Dosen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram

^{*}) Email korespondensi: ansar72@unram.ac.id

ABSTRACT

In an effort to achieve optimal agricultural productivity, efficiency in each stage of cultivation is a determining factor. One important stage is seed planting and fertilization, which are traditionally still carried out separately. This study aims to develop a seed planting and fertilization tool that is integrated in one unit, as an effort to improve the efficiency, effectiveness, and sustainability of the planting and fertilization process on agricultural land. This tool is designed with an integrated engineering approach, which allows seed planting and fertilizer application to be carried out simultaneously in one operation. The study was conducted with a series of systematic stages, starting from a literature study to identify needs and challenges in conventional agricultural practices. Furthermore, the concept design of the tool was carried out followed by the creation of a physical prototype made of strong and durable materials. Prototype performance testing was carried out on experimental land with various types of soil and environmental conditions to measure time and energy efficiency, accuracy of seed and fertilizer placement, and plant growth results. The results of the study showed that the developed tool was able to significantly increase time and energy efficiency compared to conventional planting and fertilization methods. In addition, this tool provides more uniform results in seed and fertilizer placement, which has a positive impact on plant growth and yields. The implication of this research is the creation of agricultural technology innovations that can support sustainable agricultural practices, reduce dependence on manual labor, and increase farmer productivity. This tool has the potential to be a solution to modern agricultural challenges, especially in efforts to achieve food security and environmental sustainability.

Keywords: Seed planting tools, fertilization, integration, efficiency, prototype.

ABSTRAK

Dalam upaya mencapai produktivitas pertanian yang optimal, efisiensi dalam setiap tahapan budidaya menjadi faktor penentu. Salah satu tahapan penting adalah penanaman benih dan pemupukan, yang secara tradisional masih dilakukan secara terpisah. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan suatu alat penanaman benih dan pemupukan yang terintegrasi dalam satu unit, sebagai upaya untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan keberlanjutan proses penanaman serta pemupukan pada lahan pertanian. Alat ini dirancang dengan pendekatan rekayasa terpadu, yang memungkinkan penanaman benih dan pemberian pupuk dilakukan secara simultan dalam satu kali operasi. Penelitian dilakukan dengan serangkaian tahapan yang sistematis, dimulai dari studi literatur untuk mengidentifikasi kebutuhan dan tantangan dalam praktik pertanian konvensional. Selanjutnya, dilakukan perancangan konsep alat diikuti dengan pembuatan prototipe fisik yang terbuat dari material yang kuat dan tahan lama. Pengujian kinerja prototipe dilakukan di lahan percobaan dengan berbagai jenis tanah dan

kondisi lingkungan untuk mengukur efisiensi waktu dan tenaga, akurasi penempatan benih dan pupuk, serta hasil pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga secara signifikan dibandingkan metode penanaman dan pemupukan konvensional. Selain itu, alat ini memberikan hasil yang lebih seragam dalam penempatan benih dan pupuk, yang berdampak positif pada pertumbuhan dan hasil panen tanaman. Implikasi dari penelitian ini adalah terciptanya inovasi teknologi pertanian yang dapat mendukung praktik pertanian berkelanjutan, mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, dan meningkatkan produktivitas petani. Alat ini berpotensi menjadi solusi bagi tantangan pertanian modern, khususnya dalam upaya mencapai ketahanan pangan dan keberlanjutan lingkungan.

Kata Kunci: Alat penanaman benih, pemupukan, integrasi, efisiensi, prototipe.

PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan tulang punggung perekonomian nasional. Sektor ini berperan sangat esensial dalam memenuhi kebutuhan pangan, menyediakan lapangan kerja, dan mendukung pembangunan ekonomi berkelanjutan. Dalam konteks global yang dihadapkan pada tantangan peningkatan populasi dan perubahan iklim, optimalisasi produksi pertanian menjadi imperatif (Brune, Ryan, Technow, & Myers, 2018). Salah satu aspek krusial dalam budidaya pertanian adalah efisiensi proses penanaman benih dan pemupukan, yang secara tradisional dilakukan secara terpisah (Amalia, Rahayu, & Muhctar, 2020). Praktik konvensional ini seringkali memakan waktu, tenaga, dan biaya yang signifikan, serta berpotensi menyebabkan ketidakseragaman dalam distribusi benih dan pupuk, yang berdampak negatif pada hasil panen (Cay, Kocabiyik, & May, 2018).

Di era revolusi industri 4.0, inovasi teknologi pertanian menjadi kunci untuk mengatasi tantangan dan meningkatkan produktivitas. Pengembangan alat penanaman benih dan pemupukan yang terintegrasi dalam satu unit merupakan solusi inovatif yang menjanjikan efisiensi dan efektivitas proses budidaya (Ansar, Karyawan, & Azis, 2024). Alat ini dirancang untuk melakukan penanaman benih dan aplikasi pupuk secara simultan, sehingga mengurangi waktu dan tenaga yang dibutuhkan, meminimalkan biaya

produksi, dan memastikan distribusi benih dan pupuk yang lebih seragam.

Tanaman jagung sangat strategis untuk dikembangkan saat ini. Selain bernilai ekonomi tinggi, jagung juga bisa dijadikan sebagai sumber karbohidrat dan protein terbesar kedua setelah beras (Virk, Fulton, Porter, & Pate, 2020). Swasembada jagung dapat diwujudkan apabila didukung oleh peralatan mekanisasi pertanian sebagai solusi atas keterbatasan tenaga kerja dan rendahnya animo para pemuda untuk menekuni profesi pertanian (Ansar *et al*, 2021).

Saat ini telah beredar alat tanam benih jagung di pasaran dengan berbagai bentuk dan karakteristik (Brune *et al*, 2018). Salah satunya adalah alat tanam sistem dorong yang telah dikembangkan oleh Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian (BB-Mektan). Dalam pengoperasiannya, alat ini didorong dengan tenaga manusia berkapasitas kerja 14 jam/ha dengan jumlah 2-3 operator (Djoyowasito *et al*, 2017). Namun alat ini dinilai kurang praktis dan tidak ergonomis karena tidak sesuai dengan ukuran dimensi postur tubuh pekerja, sehingga pekerja cepat lelah. Selain itu, alat tanam dorong ini hanya cocok digunakan pada areal persawahan yang datar dan petakan yang luas.

Seiring dengan menurunnya jumlah minat pekerja di sektor pertanian, maka perlu dikembangkan alat tanam yang inovatif dan spesifik lokasi yang dapat mempermudah dan mempercepat proses penanaman biji jagung. Menurut (Hermawan *et al*, 2012), perlu

dirancang alat inovasi baru yang dapat mempercepat proses penanaman, meningkatkan produktivitas, dan efisien biaya pengoperasian. Peningkatan produktivitas dan efisiensi biaya harus menjadi dasar dalam mendesain alat tanam jagung (Ansar *et al*, 2021).

Beberapa komponen krusial yang menjadi dasar desain alat penanam benih jagung meliputi: pembuka alur tanah, mekanisme penjataan benih, sistem kendali, wadah benih, saluran pengeluaran benih, dan mekanisme penutup alur (Conceicao *et al*, 2016). Selain itu, penentuan konfigurasi jarak tanam, ergonomi penggunaan alat, dan kenyamanan operator juga merupakan faktor desain yang signifikan (Djiemon, Gasser, & Galli, 2019). Pembuka alur tanah berfungsi untuk membentuk alur tanam yang memungkinkan penempatan benih ke dalam tanah. Berdasarkan klasifikasi (Fattahi, Khodei, & Navid, 2015), terdapat empat tipe pembuka alur tanah yang umum digunakan pada alat penanam, yaitu: pembuka alur lengkung, pembuka alur lurus, piringan tunggal, dan piringan ganda

Alat penanam benih (*seed planter*) merupakan perangkat mekanis yang dirancang untuk memfasilitasi proses penanaman benih pada lahan pertanian. Pada lahan berskala kecil, penggunaan *seed planter* dengan penggerak manual terbukti efektif dan efisien. Seed planter ini mampu mengonfigurasi lubang tanam dengan jarak dan kedalaman yang dapat disesuaikan sesuai spesifikasi yang diinginkan (Ansar, Nazaruddin, & Azis, 2023).

Budidaya tanaman jagung melibatkan serangkaian aktivitas yang kompleks dan berurutan. Setelah proses pengolahan lahan, tahapan selanjutnya meliputi penanaman, pengendalian gulma, dan aplikasi pemupukan. Pelaksanaan pemupukan secara terpisah memerlukan alokasi waktu dan tenaga yang signifikan. Namun, integrasi proses penanaman dengan pemupukan melalui penggunaan peralatan terpadu berpotensi menghemat waktu, tenaga, dan biaya operasional. Oleh karena itu, untuk meningkatkan produktivitas lahan, diperlukan pengembangan alat penanam yang terintegrasi

dengan mekanisme pemupukan yang praktis dalam pengoperasiannya.

TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat penanaman benih dan pemupukan yang terintegrasi, dengan pendekatan rekayasa terpadu yang mempertimbangkan aspek ergonomi, presisi, dan keberlanjutan. Presisi dalam penempatan benih dan pupuk menjadi perhatian penting untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, dan mengurangi dampak lingkungan.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Peralatan bengkel yang digunakan adalah mesin bor, mesin gerinda, mesin las, gergaji, palu, obeng, kunci pas, sedangkan peralatan ukur adalah meteran, jangka sorong, timbangan. Peralatan keselamatan kerja antara lain kaca mata pelindung, sarung tangan, masker.

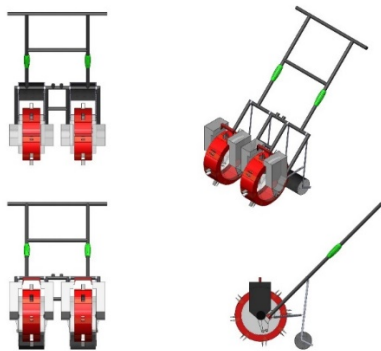
Bahan

Bahan untuk material konstruksi adalah besi, baja, aluminium, dan plastik. Bahan untuk komponen mekanik adalah roda, poros, rantai, gir, dan pegas. Bahan untuk sampel uji yang digunakan adalah benih jagung varietas Bisi umur panen \pm 125 hari yang sudah dipipil dan dalam keadaan kering.

Tahapan Desain dan Perakitan

Tahapan desain prototipe alat penanam dibuat dengan bantuan *software solidwork* untuk menampilkan model gambar 3 dimensi. Dimensi alat didasarkan pada data dimensi alat penanam benih jagung yang digunakan petani. Tahapan perakitan dilakukan di Laboratorium Daya dan Mesin Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram. Beberapa komponen utama alat penanam yang penting adalah kotak penampung (*planter hopper*), alat penjatah benih (*Seed maturing device*), mulut tanam (*furrow opener*), tuas pengungkit, penutup alur (*covering device*), dan stan kendali (*planter's*

handle). Secara keseluruhan alat penanam ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 1. Gambar isometri alat penanam benih dan pemupukan dalam satu unit.

Tahapan Pengujian

Ada dua tahapan pengujian yang dilakukan, yaitu pengujian skala laboratorium dan pengujian di lapangan. Pengujian skala laboratorium dilakukan untuk menguji apakah semua komponen yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik. Pengujian di lapangan dilakukan untuk menguji performance alat di lahan sawah. Pengujian di lapangan ini difokuskan untuk mendapatkan feedback dari petani terkait desain yang ditawarkan. Setiap petani diminta untuk menggunakan alat penanam ini di lahan yang mereka miliki. Setelah itu, petani diminta untuk memberikan penilaian.

Analisis Data

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah jarak antar tanaman, kedalaman lubang tanam, dan jumlah benih per lubang tanam. Data-data tersebut ditampilkan dalam bentuk diagram batang untuk mengukur hubungan antara parameter rancangan dengan kinerja alat tanam. Apabila nilai koefisien determinasi (R^2) mendekati angka satu (1) berarti terdapat hubungan yang erat (Ansar *et al*, 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Prototype Alat Penanam

Hasil desain alat penanam benih dan pemupukan dalam satu unit ditampilkan pada Gambar 2. Hasil desain ini merupakan elaborasi setelah diperoleh informasi terkait

dengan kebutuhan teknis alat, aspek ekonomis dan sosial budaya masyarakat petani. Alat ini terdiri dari 6 komponen utama, yaitu kotak penampung, alat penjatah benih, mulut tanam, tuas pengungkit, penutup alur, dan stang kendali. Bahan-bahan yang digunakan pada setiap komponen alat sebagian besar dari baja tahan karat untuk menghindari terjadinya korosi. Penggunaan *stainless steel* bukan hanya di bagian mulut tanam saja, tetapi juga di tuas pengungkit. Pemilihan bahan baja tahan karat pada bagian mulut tanam diharapkan mampu membuat lubang tanam di permukaan tanah pada berbagai jenis tekstur lahan.



Gambar 2. Alat penanam benih dan pemupukan dalam satu unit

Planter Hopper

Planter hopper dirancang sebagai tempat penampungan benih dan pupuk. Komponen ini diletakkan berada pada bagian atas roda utama. Bahan yang digunakan untuk komponen *planter hopper* terbuat dari akrilik guna mengantisipasi terjadinya korosi yang dapat berpengaruh terhadap kualitas benih dan pupuk.

Planter hopper didesain berkapasitas benih 5 kg terbuat dari bahan akrilik yang ringan dan tahan karat. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa berat rata-rata untuk satu biji jagung adalah 0,20 gram, sehingga *plant hopper* yang telah dirancang dapat menampung sebanyak 25.000 biji jagung atau 5.000 gram. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu bahwa fungsi utama *plant hopper* adalah sebagai tempat untuk menampung benih untuk kemudian ditanam (Fattahi, Khodei, & Navid, 2015). Apabila *plant hopper* tidak berfungsi dengan baik, maka akan terjadi penumpukan benih dan dapat menghambat proses peletakan benih.

Alat Penjatah Benih

Alat penjatah benih merupakan perangkat alat penanam yang dirancang untuk mendistribusikan benih jagung secara merata pada saat proses penanaman. Alat penjatah benih memiliki beberapa keuntungan, antara lain meningkatkan efisiensi waktu karena mampu menanam benih jumlah banyak dengan waktu yang singkat, jarak dan kedalaman yang seragam, sehingga memaksimalkan pertumbuhan tanaman. Alat penjatah benih ini juga memungkinkan penggunaan benih secara optimal, sehingga mengurangi pemborosan.

Prinsip kerja alat penjatah benih yaitu benih jagung dimasukkan ke dalam wadah penampung (*plant hopper*), kemudian benih akan jatuh secara teratur ke dalam lubang tanam. Beberapa hasil penelitian juga telah melaporkan bahwa alat penjatah benih jagung merupakan praktik modern pertanian yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas lahan. Dengan menggunakan alat penjatah benih, petani dapat menghemat waktu dan tenaga serta memastikan jarak tanam dan kedalaman tanam yang seragam (Ansar *et al*, 2020).

Alat penjatah benih yang telah dirancang ini berbentuk lempengan (*roller*). Penjatah benih ini dilengkapi dengan sikat untuk memperlancar putaran lempengan. Penutup celah berada di posisi tengah untuk mengatur pengeluaran benih sesuai jumlah dan interval yang diinginkan. Di bagian tepi terdapat lubang-lubang berdiameter sama dengan ukuran benih. Sumber penggerak alat ini berasal dari putaran gear roda. Pada saat alat didorong, maka lubang-lubang penjatah benih

akan terisi benih, kemudian mengalir ke mulut pengeluaran benih.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sikat yang dipasang tegak lurus di permukaan lempeng penjatah benih dapat memindahkan kelebihan benih yang berada di celah. Hal yang sama telah dilaporkan oleh (Xue *et al*, 2020) bahwa sikat dapat berfungsi untuk mencegah benih agat tidak keluar tanpa melalui celah benih.

Mulut Tanam

Mulut tanam, yang terbuat dari baja berbentuk tirus, berfungsi untuk membuka lubang tanam dan mendistribusikan benih secara akurat dan merata ke dalam tanah. Mulut tanam dipasang secara radial pada bagian luar roda, berjumlah delapan unit. Melalui mekanisme penjatahan benih, mulut tanam menyalurkan benih dari hopper ke dalam lubang tanam. Desain dan dimensi mulut tanam memiliki pengaruh signifikan terhadap jarak dan kedalaman penanaman. Penggunaan mulut tanam yang optimal berkontribusi pada pertumbuhan tanaman yang maksimal dan peningkatan hasil panen.

Mulut tanam juga berperan dalam mengatur jumlah benih yang dikeluarkan, sehingga mencegah penanaman benih yang berlebihan atau kurang. Pengaturan ini secara efektif menghemat penggunaan benih dan meminimalkan biaya produksi. Mulut tanam merupakan komponen krusial dalam proses penanaman, dan kualitas serta kinerjanya secara langsung memengaruhi keberhasilan budidaya tanaman jagung.

Penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa kedalaman penanaman benih yang tepat sangat penting untuk pertumbuhan optimal dan perlindungan dari faktor-faktor lingkungan, seperti radiasi matahari berlebih dan organisme pengganggu tanaman (Zaidi *et al*,). Faktor-faktor yang menentukan kedalaman penanaman benih meliputi tekstur tanah, kadar kelembapan tanah, dan suhu tanah (Xiantao *et al*, 2019).

Tuas Pengungkit

Tuas pengungkit, yang terbuat dari baja tahan karat berbentuk batang, terhubung secara langsung dengan mulut tanam. Fungsi utama

tuas pengungkit adalah untuk mengoperasikan katup pembuka lubang tanam dan lubang pupuk. Dengan demikian, benih dan pupuk dapat disalurkan ke dalam lubang tanam sesuai dengan jarak antar tanaman yang direkomendasikan, yaitu antara 5 hingga 7 cm. Pengoperasian tuas pengungkit ini terotomatisasi melalui rotasi roda.

Literatur ilmiah yang relevan mengindikasikan bahwa tuas pengungkit merupakan alat yang efektif sebagai alat bantu untuk mengangkat, memindahkan, atau mencongkel benda. Penggunaan tuas pengungkit secara signifikan mengurangi kebutuhan energi dalam proses pemindahan barang dibandingkan dengan metode manual (Permanasari & Kastono, 2012).

Secara fundamental, tuas pengungkit terdiri dari tiga komponen utama: titik gaya, titik tumpu, dan titik beban. Titik gaya merupakan lokasi penerapan gaya eksternal yang diperlukan untuk menggerakkan pengungkit. Gaya yang diterapkan pada titik ini dikenal sebagai gaya kuasa, dan jarak antara titik gaya dan titik tumpu disebut lengan kuasa. Titik tumpu (*fulcrum*) berfungsi sebagai titik rotasi atau penyokong tuas pengungkit. Titik tumpu memungkinkan penerapan gaya yang relatif kecil untuk mengangkat beban yang lebih besar. Titik beban adalah lokasi beban yang akan dipindahkan atau diungkit, dan jarak antara titik beban dan titik tumpu disebut lengan beban (Virk *et al*, 2020).

Penutup Alur

Penutup alur merupakan komponen esensial pada alat penanam benih jagung yang berfungsi untuk menutup kembali alur tanam setelah benih ditempatkan di dalam tanah. Fungsi utama penutup alur adalah untuk memadatkan tanah di atas benih, sehingga meningkatkan kontak antara benih dan partikel tanah. Kontak yang optimal antara benih dan tanah memfasilitasi penyerapan air dan nutrisi, serta memberikan perlindungan terhadap gangguan organisme pengganggu tanaman. Selain itu, penutup alur juga berfungsi untuk meminimalkan kehilangan air akibat evaporasi, sehingga mempertahankan kelembapan tanah yang diperlukan untuk proses perkecambahan benih.

Pada bagian posterior roda, terdapat alat penutup alur yang umumnya terbuat dari *polivinil klorida* (PVC). Alat ini berperan dalam menutup lubang tanam setelah benih ditempatkan. Penutup alur dipasang di belakang roda utama dan terhubung dengan unit kendali. Desain dan material penutup alur dapat bervariasi, disesuaikan dengan jenis alat penanam dan karakteristik tanah. Beberapa model penutup alur dilengkapi dengan roda bertekanan atau mekanisme pemadatan lainnya untuk memastikan pemadatan tanah yang efektif (Rabbani *et al*, 2016). Penggunaan penutup alur yang tepat berkontribusi pada peningkatan persentase perkecambahan benih dan pertumbuhan tanaman yang seragam (Virk *et al*, 2021).

Secara keseluruhan, penutup alur memiliki peran krusial dalam menciptakan kondisi lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan tanaman. Hal yang sama pernah dilaporkan oleh (Yang *et al*, 2015) bahwa melalui penggunaan penutup alur, petani dapat meningkatkan produktivitas dan keberhasilan budidaya tanaman. Penutup alur merupakan komponen vital pada alat penanam yang memastikan keberhasilan proses penanaman. Setelah benih ditempatkan, penutup alur menutup alur tanam secara rapat untuk menciptakan kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan benih (Yulisma, 2015).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa desain penutup alur dapat bervariasi, tergantung pada jenis alat penanam dan tekstur tanah (Neo & Ceunfin, 2018). Penutup alur seringkali dilengkapi dengan roda bertekanan, rol berduri, atau sistem pemadatan lainnya untuk memastikan pemadatan tanah yang efektif. Material penutup alur juga bervariasi, termasuk logam dan polimer (Jing *et al*, 2020).

Stan Kendali

Stan kendali, yang terbuat dari pipa silinder baja galvanis, dirancang dengan dimensi yang disesuaikan dengan postur ergonomis operator. Stabilitas operasional alat dapat dikendalikan secara efektif melalui stan kendali. Stan kendali merupakan komponen krusial yang berfungsi sebagai antarmuka antara operator dan alat penanam. Melalui stan

kendali, operator dapat memanipulasi berbagai fungsi alat, termasuk pengaturan kedalaman dan jarak tanam, serta kecepatan operasional. Hal yang sama pernah dilaporkan oleh (Syafuruddin, Nurhayati, & Ratnawati, 2012) bahwa stan kendali umumnya dilengkapi dengan elemen kontrol seperti tombol, tuas, atau engkol, yang memungkinkan operator melakukan penyesuaian sesuai kebutuhan. Selain itu, menurut (Wechsler, McFadden, & Smith, 2017), stan kendali juga berperan dalam menjaga keseimbangan alat selama operasional, sehingga memastikan stabilitas dan kemudahan pengendalian. Dengan demikian, stan kendali berfungsi sebagai pusat komando yang mengintegrasikan seluruh fungsi operasional penanaman.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa secara lebih spesifik, stan kendali memiliki fungsi-fungsi vital, antara lain: (1) Pengaturan kedalaman tanam, yang dicapai melalui manipulasi tuas yang terhubung dengan mekanisme pengaturan kedalaman. (2) Pengaturan jarak tanam, yang dilakukan dengan memodifikasi posisi roda atau piringan penyemai pada mulut tanam. (3) Pengaturan kecepatan operasional alat, yang dicapai dengan mengendalikan kecepatan rotasi roda penggerak.

Desain stan kendali bervariasi tergantung pada jenis dan kompleksitas alat penanam. Alat penanam modern umumnya dilengkapi dengan panel kontrol yang intuitif, yang memfasilitasi pengoperasian tanpa memerlukan pelatihan khusus (Pessotto *et al*, 2021). Secara keseluruhan, stan kendali merupakan komponen integral dalam proses penanaman dan pemupukan. Melalui stan kendali, operator dapat mengendalikan seluruh aspek penanaman secara akurat dan efisien.

Uji Laboratorium dan Lapangan

Evaluasi fungsionalitas alat dilakukan melalui serangkaian pengujian laboratorium untuk memverifikasi kinerja alat sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa prototipe alat penanam benih jagung terintegrasi dengan alat pemupukan berfungsi secara efektif. Alat tersebut mampu melakukan penanaman benih pada kedalaman 5 hingga 7 cm dengan

distribusi satu benih per lubang tanam. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa prototipe alat ini telah memenuhi spesifikasi teknis yang dipersyaratkan untuk aplikasi penanaman benih jagung di lahan pertanian.

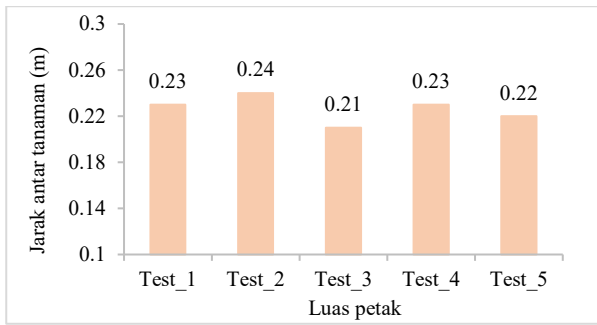
Selain pengujian laboratorium, evaluasi kinerja lapangan juga dilakukan di lahan sawah milik petani (Gambar 3). Pengujian lapangan ini difokuskan pada pengukuran parameter operasional, meliputi jarak antar tanaman, kedalaman lubang tanam, dan jumlah benih per lubang tanam. Pengujian ini bertujuan untuk memvalidasi kinerja alat dalam kondisi operasional yang riil.



Gambar 3. Evaluasi kinerja alat penanam benih dan pemupukan dalam satu unit

Jarak antar Tanaman

Hasil pengukuran jarak antar tanaman disajikan pada Gambar 4. Pada gambar ini terlihat bahwa jarak tanaman dalam barisan adalah 0,23; 0,24; 0,21; 0,23; dan 0,22 cm dan jarak tanaman antara barisan adalah 0,35; 0,36; 0,35; 0,35, dan 0,36 cm. Hasil pengukuran ini sangat bervariasi karena permukaan lahan yang tidak rata, sehingga jarak tanaman dalam barisan dan antara barisan selalu berubah seiring dengan putaran roda. Namun jarak tanaman dalam barisan dan antara barisan ini masih mendekati yang direkomendasikan oleh Sibó *et al.* (Libo, *et al.*, 2019) adalah 20 cm dan 35 cm.



Gambar 4. Hasil pengukuran jarak antar tanaman

Jarak antar tanaman merupakan faktor determinan yang secara signifikan memengaruhi produktivitas lahan. Penelitian terdahulu telah melaporkan bahwa produktivitas lahan yang suboptimal seringkali disebabkan oleh konfigurasi jarak tanam yang tidak efisien, baik dalam barisan maupun antar barisan. Jarak tanam yang terlalu rapat mengakibatkan kompetisi interspesifik yang intens, di mana daun-daun tanaman saling menaungi, sehingga menghambat proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Selain itu, kondisi ini juga meningkatkan persaingan untuk mendapatkan unsur hara esensial dari tanah (Karima, Nawawi, & Herlina, 2013).

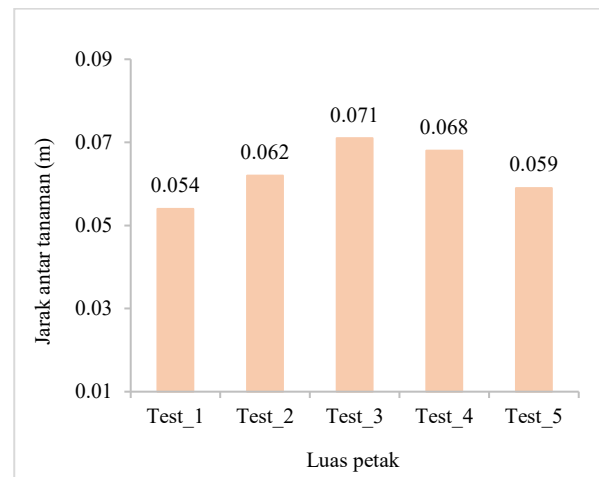
Optimalisasi pertumbuhan tanaman jagung dapat dicapai melalui pengaturan jarak tanam yang presisi, baik dalam barisan maupun antar barisan. Hal ini didukung oleh temuan Syafruddin, Nurhayati, dan Ratnawati (Wirawan, Haryono, & Susilowati, 2018), yang menyatakan bahwa jarak tanam yang terlalu rapat menyebabkan reduksi intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman bagian bawah, yang berdampak negatif pada efisiensi fotosintesis dan produksi biomassa. Populasi tanaman yang berlebihan juga memicu kompetisi intraspesifik yang intens untuk penyerapan air dan nutrisi dari tanah, sehingga menghambat pertumbuhan beberapa tanaman.

Sebaliknya, jarak tanam yang terlalu lebar meningkatkan pertumbuhan akar tanaman secara individual, tetapi memfasilitasi pertumbuhan gulma di antara tanaman. Kehadiran gulma menciptakan kompetisi untuk pemanfaatan sumber daya, seperti unsur hara, air, cahaya, dan ruang tumbuh, yang merugikan tanaman jagung (Yang *et al.*, 2015).

Selain itu, jarak tanam yang renggang mengurangi populasi tanaman per satuan luas dan efisiensi pemanfaatan cahaya matahari serta unsur hara, karena sebagian radiasi matahari jatuh ke permukaan tanah dan unsur hara hilang melalui evaporasi. Dengan demikian, penentuan jarak tanam yang optimal sangat penting, karena jarak tanam yang terlalu dekat atau terlalu jauh dapat berdampak negatif pada produktivitas tanaman jagung.

Kedalaman Lubang Tanam

Hasil pengukuran kedalaman lubang tanam divisualisasikan pada Gambar 5. Gambar tersebut mengilustrasikan kemampuan alat penanam untuk membentuk lubang tanam, menempatkan benih jagung secara langsung ke dalam lubang, dan menutup kembali lubang tersebut. Kedalaman lubang tanam yang dihasilkan berkisar antara 5 hingga 7 cm. Variasi kedalaman lubang tanam yang teramati, yaitu adanya lubang tanam yang lebih dalam dan dangkal, diindikasikan sebagai akibat dari kondisi permukaan lahan yang tidak homogen. Permukaan lahan yang tidak rata diakibatkan oleh optimalisasi proses pengolahan tanah yang kurang sempurna.



Gambar 5. Hasil pengukuran kedalaman lubang tanam

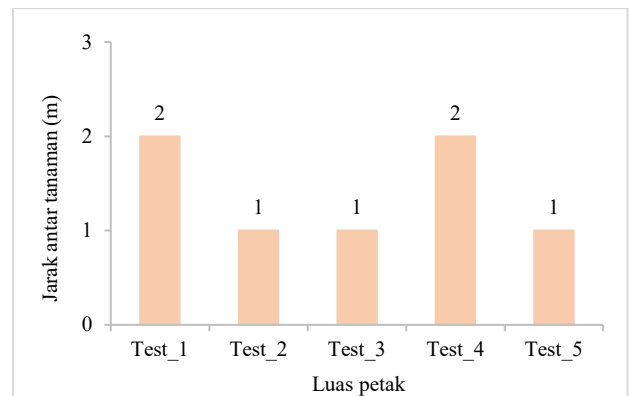
Kedalaman lubang tanam yang optimal, berdasarkan hasil penelitian Sitorus (Sitorus, 2015) berada dalam rentang 5 hingga 7 cm, karena rentang ini terbukti menghasilkan daya tumbuh benih yang optimal. Penanaman benih pada kedalaman yang melebihi rentang

tersebut dapat mengakibatkan penurunan daya tumbuh. Kedalaman lubang tanam yang ideal untuk benih jagung, yaitu 5 hingga 7 cm, menciptakan kondisi kelembapan media tanam yang kondusif untuk aktivitas metabolisme benih (Permanasari & Kastono, 2012). Penelitian yang dilakukan oleh Probowati, Guritno, & Sumarni (2014) juga telah melaporkan bahwa kedalaman lubang tanam yang terlalu dangkal dapat menyebabkan benih tidak tertanam secara kokoh, karena sistem perakaran tidak berkembang secara optimal. Beban berat dari kulit benih yang terangkat ke permukaan tanah juga dapat menyebabkan benih mudah rebah saat terkena air irigasi.

Kedalaman penempatan benih secara signifikan memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan sistem perakaran tanaman. Oleh karena itu, pengaturan kedalaman lubang tanam benih yang tepat merupakan faktor kritis untuk memastikan keberhasilan proses perkecambahan. Kedalaman penempatan benih jagung yang umum direkomendasikan adalah 5 hingga 7 cm (Amalia, Rahayu, & Muhctar, 2020).

Jumlah Benih per Lubang Tanam

Hasil observasi kuantitatif terhadap jumlah benih yang ditempatkan per lubang tanam divisualisasikan pada Gambar 6. Gambar tersebut menunjukkan variasi jumlah benih yang ditempatkan per lubang, berkisar antara satu hingga dua benih, sedangkan target yang ditetapkan adalah satu benih per lubang. Meskipun piringan penjatah benih telah dirancang dengan mekanisme pengaturan ukuran selubung rotor untuk menyesuaikan diameter benih jagung, realisasi penjatahan benih belum mencapai tingkat presisi yang diharapkan. Variasi jumlah benih per lubang tanam ini diindikasikan sebagai konsekuensi dari heterogenitas bentuk dan diameter benih jagung. Faktor kontributif lainnya adalah absennya implementasi agitator, yang menyebabkan akumulasi benih pada perangkat metering. Benih ditempatkan ke dalam lubang tanam semata-mata berdasarkan pengaruh berat benih dan gaya gravitasi bumi.



Gambar 6. Jumlah benih tiap lubang tanam

Mekanisme penjatahan benih merupakan komponen krusial dalam alat penanam ini, yang berfungsi untuk mengatur distribusi benih secara teratur ke dalam lubang tanam. Mekanisme ini digerakkan oleh tenaga rotasi roda yang mentransmisikan putaran ke poros unit tanam, sehingga benih ditempatkan ke dalam lubang tanam berdasarkan gaya gravitasi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem distribusi benih beroperasi secara efektif, dengan kemampuan menempatkan rata-rata satu benih per lubang tanam.

Penanaman benih yang berlebihan dalam satu lubang tanam memicu kompetisi intraspesifik untuk memperoleh radiasi matahari. Sebaliknya, penanaman benih yang kurang dari optimal per lubang tanam menghasilkan populasi tanaman yang tidak mencukupi, yang berdampak negatif pada produksi lahan (Hermawan *et al*, 2012). Oleh karena itu, pengaturan jumlah benih per lubang tanam merupakan faktor krusial dalam budidaya tanaman jagung. Penempatan benih yang berlebihan per lubang tanam menurut (Shi *et al*, 2021) juga tidak dapat menghasilkan produktivitas yang optimal. Untuk mencapai pertumbuhan dan perkembangan tanaman jagung yang maksimal, serta produksi yang tinggi, jumlah benih per lubang tanam menurut (Hoque *et al*, 2021) harus dikelola secara tepat. Peningkatan jumlah benih per lubang tanam secara proporsional meningkatkan kebutuhan nutrisi tanaman.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan alat penanaman benih dan pemupukan terintegrasi yang efektif untuk meningkatkan

efisiensi pertanian. Pengaturan jarak tanam yang tepat dapat mengurangi kompetisi antar tanaman untuk mendapatkan cahaya, nutrisi, dan air, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman yang seragam dan sehat. Alat ini mampu mengatur jarak tanam optimal, mencapai kedalaman tanam ideal (5-7 cm), dan menempatkan rata-rata satu benih per lubang. Hal ini mendukung pertumbuhan tanaman jagung yang lebih baik dan hasil panen yang maksimal. Penelitian selanjutnya dapat fokus pada peningkatan presisi penjataan benih dan adaptasi alat untuk berbagai kondisi lahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, peneliti ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, semoga segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, A. F., Rahayu, S. P., & Muhctar. (2020). Performance Comparison of Corn Seed Planter and Tugal In Dry Land Sigi District Central Sulawesi. *Jurnal Agritechno*, 13(2), 97-104. doi:org/10.20956/at.v13i2.356
- Ansar, Karyawan, I., & Azis, A. D. (2024). Analysis of Workload of Corn Seed Planting Equipment Operators Integrated with Fertilization Equipment. *Journal of Lifestyle and SDGs Review*, 4(3), e02053-e02053. doi:10.47172/2965-730X.SDGsReview.v4.n03.pe02053.
- Ansar, Nazaruddin, & Azis, A. D. (2023). Design Development and Performance Evaluation of Two-Row Corn Seed Planter. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 12(4), 979-987. doi:10.23960/jtep-l.v12i4.979-987
- Ansar, Sukmawaty, Murad, Ulfa, M., & Azis, A. D. (2022). Using of exhaust gas heat from a condenser to increase the vacuum freeze-drying rate. *Results in Engineering*, 13, 100317. doi:10.1016/j.rineng.2021.100317.
- Ansar, Sukmawaty, Sabani, R., & Murad. (2020). Implementation of Corn Seed Planter of Double Rows Push Type in Gumantar Village, North Lombok Regency-NTB. *Jurnal Abdi Mas TPB*, 2(2), 32-37. doi:org/10.29303/amtpb.v2i2.52.
- Ansar; Murad; Sukmawaty; Khalil, R; Ulumuddin, A. (2021). Design and Performance Test of Corn Seeds Planter of Double Row Push System on Land without Tillage. *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering*, 9(1), 48-56. doi:10.29303/jrpb.v9i1.214
- Brune, P. F., Ryan, B. J., Technow, F., & Myers, D. B. (2018). Relating planter downforce and soil strength. *Soil and Tillage Research*, 184, 243–252. doi:10.1016/j.still.2018.08.003.
- Cay, A., Kocabiyik, H., & May, S. (2018). Development of an electro-mechanic control system for seed-metering unit of single seed corn planters Part I: Design and laboratory simulation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 144, 71-79. doi:org/10.1016/j.compag.2017.11.035
- Conceição, L. A., Barreiro, P., Dias, S., Garrido, M., Valero, C., & Marques da Silva, J. R. (2016). A partial study of vertical distribution of conventional no-till seeders and spatial variability of seed depth placement of maize in the Alentejo region, Portugal. *Precision Agriculture*, 17, 36–52. doi:10.1007/s11119-015-9405-x.

- Djiemon, A., Gasser, M. O., & Galli, J. (2019). Random forests to detect subsoiling and subsurface drainage effects on corn plant height and water table depth. *Soil and Tillage Research*, 192, 240-249. doi:org/10.1016/j.still.2019.01.007.
- Djoyowasito, G., Sutan, S. M., Hendrawan, Y., & Hilmi, M. (2017). Performance Test Of Corn Seed Planter Machine Design (Zea Mays L.) Drill System. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 5(1), 49-55.
- Fattahi, S. H., Khodei, M., & Navid, H. (2015). Evaluation of corn planter under travel speed, working depth, pressure wheel and cone index. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, 17(4), 73-80.
- Hermawan, W., Santoso, R., Muhandri, T., & Sunarti, T. C. (2012). Technology Innovations on Corn Development for Supporting Food and Energy Securities. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 172-179.
- Hoque, M. A., Hossain, M. M., Ziauddin, A. M., Krupnik, T. J., & Gathala, M. K. (2021). Furrow design for improving crop establishment of two-wheel tractor operated strip tillage planters in loam and clay loam soils. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 14(3), 130-139. doi:10.25165/j.ijabe.20211403.5906.
- Jing, H., Zhang, D., Wang, Y., Yang, L., Fan, C., Zhao, H., . . . Cui, T. (2020). Development and performance evaluation of an electro-hydraulic downforce control system for planter row unit. *Computers and Electronics in Agriculture*, 172, 105073. doi:org/10.1016/j.compag.2019.105073
- Karima, S. K., Nawawi, M., & Herlina, N. (2013). The effect of corn planting time on intercropping corn (Zea mays L.) and Broccoli (Brassica oleracea L. var. botrytis). *Jurnal Produksi Tanaman*, 1(3), 87-92.
- Libo, Z., Hideki, M., Dongdong, M., Jose, A. S., Michael, V. M., Liangju, W., . . . Jian, J. (2019). Optimized angles of the swing hyperspectral imaging system for single corn plant. *Computers and Electronics in Agriculture*, 156, 349-359. doi:org/10.1016/j.compag.2018.11.030.
- Neo, F. X., & Ceunfin, S. (2018). Effect of Intercropping Models and Spacing Arrangement of Rice Bean (Vigna angularis L.) Local Cultivar on Growth and Yield Of Maize Plant (Zea mays L.). *Savana Cendana*, 3(1), 14-17.
- Permanasari, I., & Kastono, D. (2012). The Growth of Corn and Soybean in Different Planting Time and Corn Defoliation. *Jurnal Agroteknologi*, 3(1), 13-20. doi:org/10.24014/ja.v3i1.90.
- Pessotto, M. F., Costa, E. C., Aimi, S. C., Araujo, M. M., Schoeninger, K., Santos, I. H., . . . Boscardin, J. (2021). Occurrence of Heilipus draco (Coleoptera: Curculionidae) in seeds of Ocotea puberula (Lauraceae) and its influence on germination. *Revista Brasileira de Entomologia*, 65(2), 2-7. doi:org/10.1590/1806-9665-RBENT-2021-0008.
- Probowati, R. A., Guritno, B., & Sumarni, T. (2014). The effect of cover crops and plant spacing on the weed and yield of corn (Zea mays L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 2(8), 639-647.
- Rabbani, M. A., Hossain, M. M., Asha, J. F., & Khan, N. A. (2016). Design and development of a low cost planter for maize establishment. *Journal of Science Technology. Environment and*

- Informatics*, 4(1), 270-279.
doi:10.18801/jstei.040116.30.
- Shi, Y. Y., Wang, X. C., Hu, Z. C., Gu, F. W., Wu, F., & Chen, Y. Q. (2021). Optimization and experiment on key structural parameters of no-tillage planter with straw-smashing and strip-mulching. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 14(3), 103-111. doi:10.25165/j.ijabe.20211403.5887.
- Sitorus, A. (2015). Development of an Integrated Machine for Corn Planting, Fertilizing and Strip Tillage. *Jurnal Keteknikaan Pertanian*, 81-88. doi:10.19028/jtep.03.2.81-88.
- Syafruddin, Nurhayati, & Ratnawati. (2012). Effect of Kinds of Fertilizer on Growth and Yield of Several Sweet Corn Varieties. *Jurnal Floratek*, 7, 107-114.
- Virk, S. S., Fulton, J. P., Porter, W. M., & Pate, G. L. (2020). Row-crop planter performance to support variable-rate seeding of maize. *Precision Agriculture*, 21, 603-619. doi:10.1007/s11119-019-09685-3.
- Virk, S. S., Porter, W. M., Li, C., Rains, C., Snider, J. L., & Whitaker, J. R. (2021). On-farm evaluation of planter downforce in varying soil textures within grower fields. *Precision Agriculture*, 22, 777-799. doi:10.1007/s11119-020-09755-x.
- Wechsler, S. J., McFadden, J. R., & Smith, D. J. (2017). What do farmers' weed control decisions imply about glyphosate resistance? Evidence from surveys of US corn fields. *Pest Management Science*, 74(5), 1143-1154. doi:10.1002/ps.4598.
- Wirawan, D. A., Haryono, G., & Susilowati, Y. E. (2018). the Influence of Number of Plants Per Hole and Planting Distance to Peanut Plant Results (Arachis hypogea, L.) Var. Kancil. *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*, 3(1), 5-8. doi:org/10.31002/vigor.v3i1.741.
- Xiantao, H., Youqiang, D., Dongxing, Z., Li, Y., Tao, C., & Xiangjun, Z. (2019). Development of a variable-rate seeding control system for corn planters Part I: Design and laboratory experiment. *Computers and Electronics in Agriculture*, 1620, 318-327. doi:10.1016/j.compag.2019.04.012
- Xue, X. L., Li, L. H., Xu, C. L., Li, E. Q., & Wang, Y. J. (2020). Optimized design and experiment of a fully automated potted cotton seedling transplanting mechanism. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 13(4), 111-117. doi:10.25165/j.ijabe.20201304.5317.
- Yang, L., He, X. T., Cui, T., Zhang, D. X., Shi, S., Zhang, R., & Mantao, W. (2015). Development of mechatronic driving system for seed meters equipped on conventional precision corn planter. *YInt J Agric & Biol Eng*, 8(5), 1-9. doi:10.3965/j.ijabe.20150804.1717
- Yang, L; He, X T; Cui, T; Zhang, D X; Shi, S; Zhang, R; Wang, M. (2015). Development of mechatronic driving system for seed meters equipped on conventional precision corn planter. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 8(4), 1-9. doi:10.3965/j.ijabe.20150804.1717.
- Yulisma, Y. (2015). Growth and Productivity of Corn (Zea mays L.) on Various Plant Spacing. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 30(3), 196-203.
- Zaidi, M. A., Amjad, N., Mahmood, H. S., & Shah, S. S. (2019). Performance evaluation of pneumatic planter for peas planting. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 56(1), 237-244. doi:10.21162/PAKJAS/19.2125.