

ROBOT EDUKASI PERTANIAN AGROBOT-I: RANCANGAN ELEKTRONIKA DAN SISTEM PENGGERAK

¹Yogi Permadi, ²Sandy Suryo Prayogo, ³Tubagus Maulana Kusuma
¹²³Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma,
¹²³Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat
{yogi, sandy_sr, mkusuma}¹²³@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Berkurang peminat generasi muda terhadap pertanian konvensional berdampak pada penurunan ketersediaan pangan, untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka teknologi otomasi dibidang pertanian perlu dikembangkan selain untuk mempermudah juga untuk meningkatkan minat generasi penerus pertanian di Indonesia. Pada penelitian ini dirancang dan dibangun sebuah prototipe robot pertanian untuk keperluan edukasi dan penelitian dalam hal otomasi tanam dan panen tanaman padi yang diberi nama Agrobot-I. Robot ini dapat bergerak medan tanah lahan pertanian untuk melakukan proses tanam, perawatan tanaman dari gangguan gulma dan proses panen tanaman padi yang dilengkapi dengan mekanik gripper yang menyerupai lengan sebagai alat bantu untuk melakukan ketiga pekerjaan tersebut. Robot yang memiliki tujuan utama untuk sarana edukasi dan pengenalan terhadap aplikasi teknologi pada bidang pertanian ini diharapkan dapat memberikan gambaran proses pertanian yang sesungguhnya, meskipun hanya dalam bentuk simulasi di lingkungan buatan. Pengujian dilakukan terhadap fungsi masing-masing sistem penggerak yang dikendalikan menggunakan mikrokontroler Arduino dari pergerakan motor DC yang menggunakan sistem differensial drive. Pengujian terhadap lengan robot dari pneumatik untuk menaik turunkan lengan, pengujian cartesian untuk sb-x dan sb-y dari lengan, dan juga lengan itu sendiri yang menggunakan motor servo. Hasil pengujian terhadap fungsi robot secara keseluruhan telah berhasil dilakukan, yaitu dari proses tanam, pencabutan gulma, dan panen.

Kata Kunci: Arduino, Otomasi, Pertanian, Robot, Sistem Penggerak.

Abstract

Reducing the interest of young people in conventional agriculture has an impact on reducing the availability of food, to overcome these problems, the automation technology in agriculture needs to be developed in addition to making it easier to increase the interest of the next generation of agriculture in Indonesia. In this research, a prototype of an agricultural robot was designed and built for the purposes of education and research in terms of automation of planting and harvesting rice plants named Agrobot-I. This robot can move the land of agricultural land to do the planting process, care of plants from weed disturbance and the process of harvesting rice plants equipped with mechanical gripper that resembles an arm as a tool to do all three jobs. The robot, which has the main goal of educational facilities and introduction to technology applications in agriculture, is expected to provide an overview of the actual agricultural process, even if only in the form of simulations in an artificial environment. The test is carried out on the function of each drive systems which is controlled using an Arduino microcontroller from the movement of a DC motor using a differential drive system. Tests on the pneumatic robotic arms for raising and lowering arms, cartesian testing for sb-x and sb-y from the arms, and also the arms themselves using servo motors. The results of testing of the overall robot function have been successfully carried out, namely from the process of planting, weeding, and harvesting.

Keywords: Agriculture, Arduino, Automation, Drive Systems, Robots.

PENDAHULUAN

Pengamat Ekonomi Institute for Development of Economics and Finance (INDEF), Bhima Yudistira, menyebut teknologi pertanian di Indonesia masih tertinggal di era digitalisasi. Sebab, kesadaran teknologi di kalangan petani masih rendah. [1] Rendahnya tingkat pendidikan dan minimnya pelatihan penggunaan teknologi modern merupakan faktor utama sektor pertanian masih bersifat tradisional. "Di level daerah pendidikan banyak yang tamatan SMP ke bawah. Selain itu, memang diperlukan bantuan dari pemerintah. Seperti, pelatihan teknologi terbaru," ungkapnya. [1] Kebutuhan pangan akan terus bertambah seiring bertambahnya jumlah penduduk, jika masih menggunakan system pertanian tradisional tidak tertutup kemungkinan target pemenuhan pangan tidak akan tercapai.

Kemajuan teknologi yang semakin modern menuntut sektor pertanian untuk mengikuti kemajuan yang terjadi pada dinamika perkembangan teknologi di industri. Untuk dapat menerapkan system pertanian modern harus didukung juga oleh sumber daya manusia yang dapat beradaptasi dengan perubahan teknologi pertanian. Hal ini membutuhkan kerjasama antara generasi muda yang lebih fokus di bidang teknologi dengan para petani konvensional yang lebih mengenal lapangan dan kendala yang ada, sehingga menghasilkan sinergi untuk meningkatkan hasil produksi pangan di Indonesia. Dengan

menggabungkan teknologi ke dalam pertanian maka akan menarik minat generasi muda dan pelajar untuk memulai belajar bertani maupun penelitian dibidang teknologi pertanian.

Salah satu masalah teknis yang dihadapi oleh petani adalah penggunaan pestisida sintetik skala besar untuk mengendalikan gulma, serangga, dan penyakit. Penggunaan pestisida berlebihan akan sangat berbahaya kepada produk pangan yang akan dikonsumsi manusia. Oleh karena itu ada kebutuhan untuk menemukan cara-cara baru untuk menghasilkan tanaman yang tidak memerlukan atau mengurangi penggunaan pestisida. Disamping itu dengan pertanian tradisional butuh banyak tenaga manusia untuk dapat merawat tanaman pada area lahan yang luas dan pekerjaan rutinitas, hal ini menjadi tidak efisien.

Mengacu pada beberapa permasalahan di atas, untuk meningkatkan produktifitas pertanian dan membentuk sumber daya manusia yang dapat menerapkan dan mengembangkan teknologi pertanian yang tepat sesuai kebutuhan. Fokus terbaru dari agri-robotika adalah penerapan aplikasi otomatisasi untuk tugas yang berulang lebih efisien atau efektif dari pada pendekatan manusia atau mesin besar tradisional. [2] Penelitian diperlukan ke platform robot yang dapat beroperasi dekat dengan tanaman (baik di tanah atau di ketinggian) dan manipulasi lanjutan, terutama dengan sifat interaktif atau taktis. Penggunaan teknologi robotika untuk membantu para petani menyelesaikan tugas

menanam dan merawat hingga memanen sudah banyak digunakan di negara maju. Saat ini inovasi robot untuk penyiangan tanaman yang mengurangi kebutuhan herbisida dengan mengerahkan lengan mekanis yang dipandu oleh kamera, untuk mencabut gulma. Meskipun masih baru disimulasikan, teknologi ini menunjukkan harapan besar. Robot juga dapat digunakan sebagai bagian dari sistem pengelolaan hama terpadu, misalnya, untuk penyiangan gulma yang akurat dan murah untuk menangkal hama dan penyakit tanaman. Sebagai langkah awal di rancang robot prototipe pertanian dengan nama *Agrobot-I* adalah sebuah robot yang dapat melakukan tiga tugas yaitu menanam bibit padi, mencabut rumput liar dan memanen padi, ketiga fungsi tersebut dapat di kendalikan langsung oleh manusia atau secara otomatis melakuakan pekerjaan secara mandiri. Robot yang di rancang ini masih bersifat simulasi pertanian untuk tujuan edukasi dan penelitian untuk pengembangan robot pertanian yang nyata. Rancangan robot dengan sistem beroda empat diharapkan dengan mudah dapat melintasi tanah lading, serta rancangan mekatronika lain seperti halnya untuk menanam benih yang juga berfungsi untuk mencabut rumput liar berupa lengan mekanik bisa berfungsi sesuai kebutuhan. Keseluruhan system mekatronika pada robot akan di kendalikan oleh sebuah mikrokontroler yang bertugas mengtur semua pergerakan actuator secara manual maupun otomatis. Penggunaan lengan mekanis untuk menanggulangi gulma mengacu pada

penelitian sebelumnya tinjauan terhadap penelitian dan literatur komersial menemukan bahwa mayoritas (75%) dari robot gulma menggunakan kontrol mekanis [3]. Penelitian lain mengenai robot edukasi simulasi pertanian dilakukan oleh Ade Reza Septiadi dan Syaiful Amri tentang Rancang bangun dan Analisa Robot Tematik Simulasi Pertanian dengan Kendali Wireless [4] Robot tematik pertanian adalah robot yang dirancang untuk melakukan simulasi menanam padi yang dikendalikan dengan jarak jauh secara nirkabel, mencabut rumput di antara batang padi dan memanen padi. Desain mekanis roda penggerak menggunakan roda jenis *rubber track* ini dapat bergerak meskipun berada pada permukaan yang tidak rata. Mekanis penanam menggunakan sistem *gripper* yang menggunakan motor servo untuk membuka dan menjepit bibit padi dan menggunakan sebuah *cylinder pneumatik* berukuran 30 cm.

METODE PENELITIAN

Perancangan sistem elektronika dan sistem penggerak robot dibagi menjadi tiga bagian, yaitu pembuatan rangka robot sebagai struktur utama bentuk fisik robot dengan menggunakan bahan aluminium profile. Selanjutnya adalah pembuatan sistem gerak robot dengan model differential drive untuk memudahkan robot bergerak di area ladang dan juga sistem gerak mekanis untuk fungsi menanam benih dan mencabut gulma dengan model lengan mekanis. Bagian terakhir

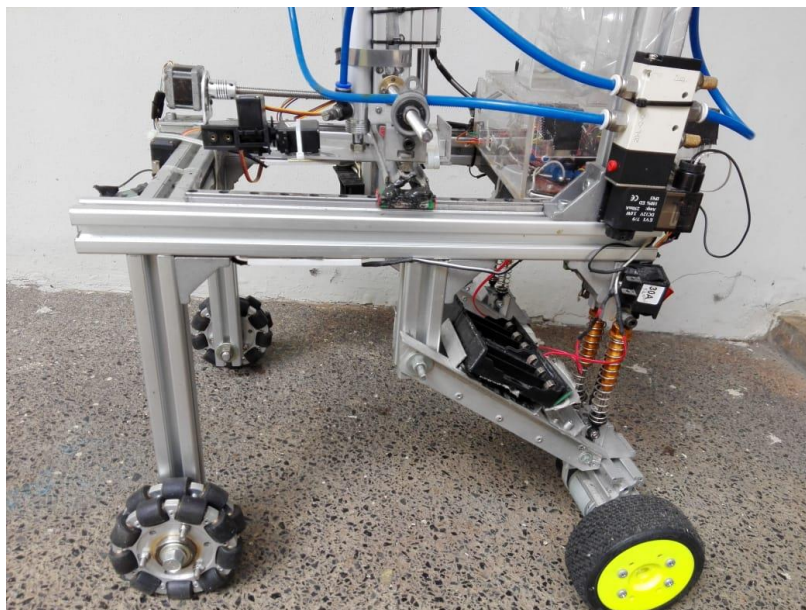
adalah pembuatan sistem elektronika untuk dapat mengendalikan semua sistem penggerak pada robot sesuai dengan data yang dikirim dari.

Bentuk Fisik Robot

AGROBOT-I dibuat berbentuk robot mobil beroda empat dengan menggunakan roda karet *off-road* pada bagian belakang dan sistem suspensi untuk stabilitas bergerak di antara tanaman dan beroperasi pada permukaan lahan pertanian padat.

Rangka robot pada Gambar 1. dirakit menggunakan bahan batang aluminium *profile* tipe 30x30, dengan dimensi Panjang lebar tinggi 50 x 40 x 60 cm dan bobot robot 12 kg. Pada bagian tengah robot memanjang dari bagian depan sampai belakang dibuat jalur agar bibit padi yang telah ditanam melawati bagian bawah robot sampai ke

belakang dan keluar dari bagian robot. Teknik seperti ini bertujuan agar bagian roda robot tidak melindas bibit padi yang sudah ditanam. Roda karet bagian belakang terhubung langsung ke motor DC (*Direct Current*) yang sudah dilengkapi dengan *gearbox* dan roda bagian depan menggunakan mekanisme roda *omnidirectional*. Robot dilengkapi dengan *Gripper* sebagai lengan untuk menaruh bibit padi dan mengambil rumput liat pada lahan yang dapat mengganggu pertumbuhan padi. Terdapat dua jenis mekanis pada manipulator tersebut, yang pertama adalah sistem cartesian dengan *sliding linear bearing* yang di gerakkan oleh motor *stepper* agar dapat mengubah posisi *gripper* terhadap sumbu x dan y dan untuk pergerakan terhadap sumbu z menggunakan mekanisme *pneumatic* sehingga dapat menurunkan dan menaikkan posisi *gripper*.



Gambar 1. Bentuk Fisik AGROBOT-I

Sistem Gerak Robot

Dikendalikan mekanisme *Differential drive* atau berpengerak dua buah roda yang dikemudikan secara terpisah menjadi mekanisme *steering* Untuk mengubah orientasi robot [5].

Roda penggerak biasanya terletak pada masing-masing sisi samping robot, dan menggunakan dua roda sehingga membutuhkan suatu alat tambahan agar robot dapat menyeimbangkan diri.

Robot *Agrobot-I* menggunakan roda pendukung yang diletakan di depan dan roda pendukung ini diharapkan tidak mengganggu pergerakan robot mobil sehingga roda pendukung harus dapat bergerak bebas. Penggerak utama robot menggunakan dua buah Motor DC (*Direct Current*) gearbox dengan tipe PG36 *torque* 10kgfcm 600rpm yang membutuhkan tegangan DC sebesar 24 volt. Sedangkan pada roda bagian depan menggunakan mekanisme *omnidirectional* yang dapat bergerak ke sisi kiri dan kanan dari roda utamanya untuk mengendalikan

arah orientasi robotnya (Persamaan 1 dan Persamaan 2).

Postur robot

$$P = \begin{pmatrix} x \\ y \\ \theta \end{pmatrix} \quad (1)$$

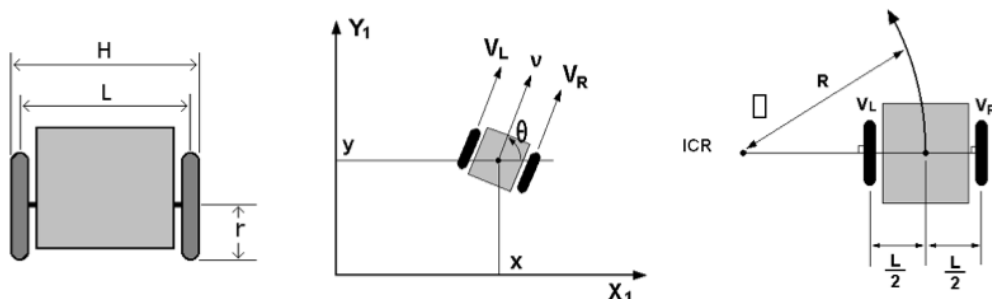
(x,y) : posisi robot, θ : Orientasi robot

Control Input

$$U = \begin{pmatrix} v \\ \omega \end{pmatrix} \quad (2)$$

v : kecepatan linear robot, ω : kecepatan sudut robot

Bagaimana robot bermanuver dengan menggunakan dua roda penggerak utama di tunjukan Gambar 2. Kelebihan menggunakan sistem tersebut adalah cukup murah untuk dibuat, mudah direalisasikan dan desain cukup sederhana, tetapi ada kerugiannya juga yaitu sukar untuk melakukan pergerakan lurus *speed control* dan jika diameter roda tidak konsisten dapat menyebabkan kesalahan posisi [6]. Penggunaan roda dalam sebuah mekanik dimanfaatkan untuk mengurangi friksi yang terjadi.



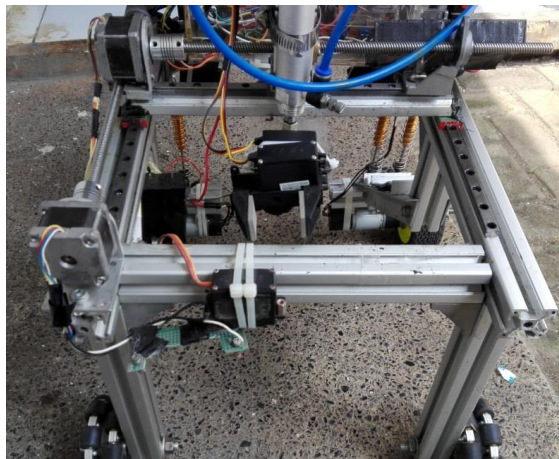
Gambar 2. *Differential Drive*

Manipulator Lengan

Konfigurasi *cartesian* pada struktur robot ini terdiri dari tiga sumbu linier (*prismatic*) [7]. Masing-masing sumbu dapat bergerak ke area sumbu x-y-z.

Keuntungan sistem ini adalah pengontrolan posisi *gripper* agar tepat pada area tanam dan mempunyai struktur yang lebih kokoh. Pada Gambar 3 terdapat dua jenis mekanis pada manipulator tersebut, yang pertama adalah sistem *cartesian* dengan *sliding linear bearing* yang di gerakkan oleh besi ulir yang dapat mengubah posisi *gripper* terhadap sumbu x dan y untuk mencari posisi

yang tepat agar dapat melakukan penanaman padi dan mencabut rumput liar untuk pergerakan terhadap sumbu z menggunakan mekanisme *pneumatic* sehingga dapat menurunkan dan menaikkan posisi *gripper*. *Cylinder pneumatic* dengan panjang cylinder 30 cm sehingga posisi tanaman dapat menyentuh tanah dan *gripper* dapat melepaskan bibit padi. Penggunaan sistem *pneumatic* untuk menurunkan *gripper* sampai posisi tanam dapat di lihat pada Gambar 4 karena sistem *pneumatic* bekerja lebih cepat dibandingkan *linear actuator* yang bekerja dengan prinsip ulir.



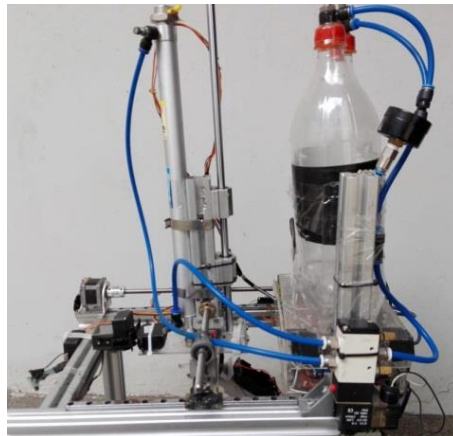
Gambar 3. Konfigurasi Cartesian



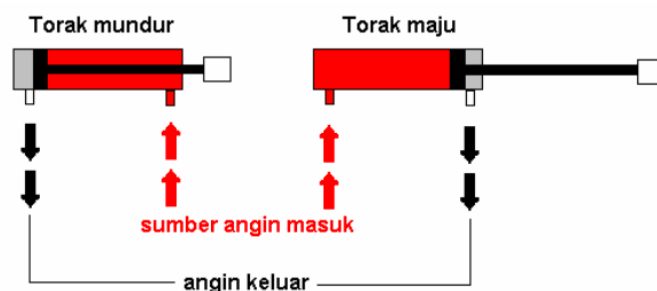
Gambar 4. Posisi Gripper Turun

Untuk mengontrol sistem pneumatic membutuhkan dua kondisi saja sehingga dapat menggunakan modul relay untuk mengaktifkan solenoid *valve* maka *pneumatic* sudah bisa dikendalikan melalui program *arduino*. Tetapi sistem *pneumatic* juga membutuhkan tekanan udara, pada robot ini digunakan 2 botol plastik minuman soda berukuran 1,5 liter masing-masing untuk menampung udara bertekanan, dapat dilihat pada Gambar 5. Ada beberapa pilihan model *Cylinder Pneumatic* diantaranya model *Single*

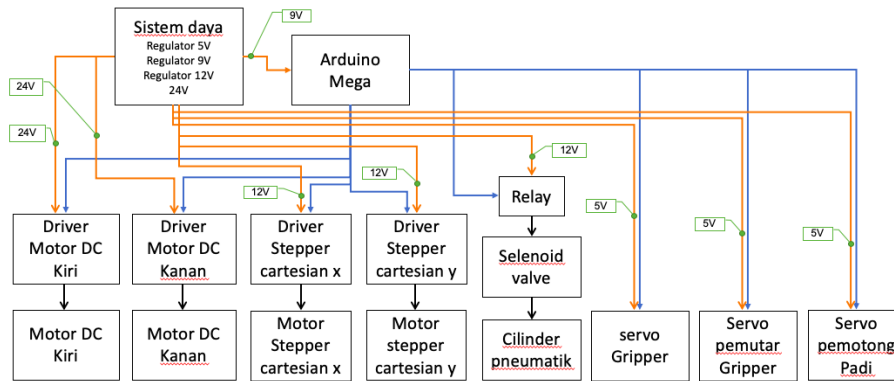
Acting Cylinder dan *Double Acting Cylinder*. *Double Acting Cylinder* (Silinder Kerja Ganda) ini mendapat suplai udara dari dua sisi. konstruksinya hampir sama dengan silinder kerja tunggal. Keuntungannya adalah bahwa silinder ini dapat memberikan tenaga kepada dua belah sisinya dapat dilihat pada Gambar 6. Silinder kerja ganda ada yang memiliki batang torak (*piston rod*) pada satu sisi dan ada kedua pula yang pada kedua sisi [8]. konstruksinya yang mana akan dipilih dengan menyesuaikan kebutuhan.



Gambar 5. Sistem *Pneumatic*



Gambar 6. Ilustrasi Cara Kerja Silinder Kerja Ganda



Gambar 7. Blok Diagram Elektromekanik AGROBOT-I

Sistem Elektronik Robot

Sistem Elektronika merupakan komponen utama sebagai penopang kinerja dari setiap system mekanik yang terdapat pada robot. Selain membutuhkan suplai tegangan listrik arus DC, system penggerak yang terdapat pada robot juga harus bisa dikendalikan sehingga dibutuhkan perangkat pengendali dan jalur komunikasi data, berikut ini gambar skema perangkat elektronik. Pada Gambar 7, setiap sistem penggerak memerlukan sistem kontrol terpusat yang langsung dikendalikan oleh *Arduino mega* dan juga pasokan daya yang berbeda-beda, untuk jalur panah berwarna biru merupakan jalur data keluaran dari *Arduino mega* untuk mengendalikan sistem penggerak, sedangkan jalur panah berwarna jingga adalah jalur pasokan daya untuk masing-masing perangkat elektronik dan sistem penggerak. Pada sistem daya yang bersumber dari baterai akan di turunkan tegangannya sesuai kebutuhan masing-masing perangkat elektronika. Kebutuhan motor DC (*Direct Current*) sebagai penggerak utama roda membutuhkan

tegangan 24 volt yang dipasok melalui *driver* motor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan terhadap sistem mekanik dan elektronik dari *AGROBOT-I* meliputi beberapa komponen mekanik untuk memastikan semua komponen mekanik dan elektronik dapat bekerja dengan baik. Pertama pengujian pergerakan robot, yaitu menguji manuver robot yang menggunakan sistem penggerak differential drive untuk dapat berjalan sehingga dapat di kendalikan dengan mudah. Kedua sisi akurasi dan tingkat keberhasilan robot terhadap perintah yang seharusnya di eksekusi seperti pergerakan motor DC, motor *stepper* z-axis, dan juga pergerakan satu set motor servo *gripper*.

Pengujian Driver Motor dan Motor DC PG36

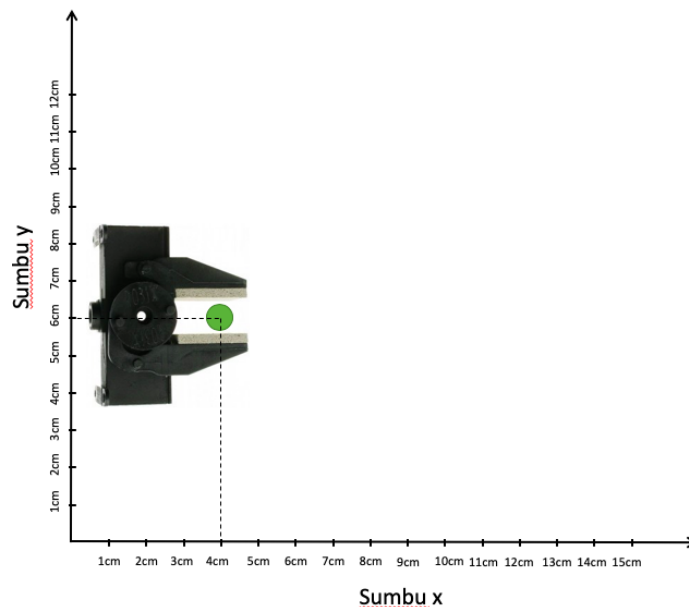
Pengujian *driver* motor dilakukan dengan keluaran motor PG36 24V. Kecepatan

dan arah perputaran motor sudah bisa dikontrol melalui *source code* program pada *Arduino*. Setelah dilakukan pengujian pada kecepatan kedua motor DC dan arah perputaran motor sehingga dapat mengubah orientasi arah robot agar dapat di kendalikan dengan mudah. Pengujian dua buah motor dapat dilihat pada Tabel 1. Dari data pengujian manuver robot jika diberikan nilai PWM yang sama untuk kedua motor DC (*Direct Current*) maka untuk gerakan maju lurus lebih condong ke sebelah kanan, sehingga untuk nilai PWM motor sebelah kanan di beri nilai lebih besar

sedikit agar robot dapat bergerak maju dengan lurus. Ini merupakan salah satu kelemahan menggunakan sistem *differential drive* untuk menggerakkan kedua roda. Pada Gambar 8 menunjukkan posisi awal *gripper* sebelum melakukan pergerakan pada motor stepper untuk mengubah posisi *gripper*. Setiap selesai melakukan penanaman maka posisi *gripper* akan dikembalikan pada posisi awal atau semua untuk memudahkan melakukan tugas berikutnya, sehingga menghasilkan keakuratan dalam mencari posisi yang tepat untuk menurunkan bibit pada area tanam.

Tabel 1. Hasil Pengujian Manuver Robot

Roda Kiri		Roda Kanan		Pergerakan Robot		
Logika	PWM	Logika	PWM			
0	1	150	0	1	160	Maju
1	0	150	1	0	160	Mundur
0	1	150	1	0	160	Putar Kanan
1	0	150	0	1	160	Putar Kiri
0	1	150	0	0	0	Serong kanan
0	0	0	0	1	160	Serong Kiri



Gambar 8. Posisi Awal Gripper

Sumbu x pada *cartesian* untuk mengubah posisi griper maju ke arah depan dan sumbu y pada *cartesian* untuk mengubah posisi *gripper* ke kiri dan kanan. Pengujian sistem *cartesian* dilakuakn untuk mendapatkan hitungan yang akurat terhadap penempatan posisi *gripper* ditunjukkan pada Tabel 2. Proses instalasi silinder *pneumatic* dan *solenoid valve* sangat perlu diperhatikan, karena apabila pemasangan selang angin pada silinder *pneumatic* dan *solenoid valve* dengan arah yang terbalik maka pada saat *solenoid valve* aktif piston silinder *pneumatik* tidak akan terdorong, tetapi piston silinder *pneumatik* akan tertarik. Setelah melakukan pengujian *solenoid valve* dengan cara manual, selanjutnya pengujian dengan cara otomatis.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan modul *relay* dan suplai tegangan 12V. Untuk menghubungkan dan memutuskan tegangan baterai pada *solenoid valve* maka socket pada modul *relay* yang digunakan adalah COM dan NC. Pengujian *solenoid valve* dapat dilihat pada Tabel 3. Dari hasil pengujian di atas penggunaan *pneumatic* seluruh proses tanam dan penyiangan membutuhkan 6 kali untuk menggerakkan *gripper* ke bawah yaitu pada saat menanam bibit padi sebanyak 3 bibit dan mencabut gulma sebanyak 3 rumput, jadi untuk tabung penampung tekanan angina cukup di isi udara bertekanan 3 Bar. Setelah 1 putaran proses penanaman dan penyiangan maka tabung penampung akan di isi ulang kembali.

Tabel 2. Hasil Pengujian Fungsi Pergerakan Cartesian

Jarak (cm)	Waktu tempuh (detik)	Kecepatan geser (mm/dtk)	Kecepatan putaran motor (rpm)
5	0,30	62,5	75
10	1,6	62,5	75
15	2,4	62,5	75
20	3,2	62,5	75

Tabel 3. Hasil Pengujian Pneumatik

Tekanan Tabung (bar)	Piston Maju (kali)	Piston mundur (kali)
2	7	6
2,5	9	9
3	11	11
3,5	13	12

Tabel 4. Hasil Pengujian Servo

Pengujian Ke-	data	Kondisi gripper
1	0	menutup
2	75	Buka separuh
3	150	Buka maksimal
4	0	Menutup
5	75	Buka separuh
6	150	Buka maksimal

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa ada tiga perintah yang digunakan untuk menutup *gripper* dengan mengirimkan data 0 kepada *servo*, untuk membuka separuh dengan mengirimkan data 75, dan untuk membuka maksimal *gripper* dengan data 150, data tersebut didapat dari hasil pengujian *servo* terhadap *gripper* yang di sesuaikan dengan kinetik pergerakan *gripper*. Untuk penggunaan *gripper servo* di gabung dengan perintah mekanik lainnya seperti *pneumatic* dan sistem *cartesian* untuk melakukan “tanam” pada *control joystick* dalam sekali tekan, sistem akan merespon dan menjalankan perintah sesuai dengan urutan program pada *Arduino* dan akan berhenti setelah semua perintah tanam selesai dikerjakan yang telah ditentukan dalam program. Rata-rata keberhasilan dalam melakukan proses penanaman yaitu 90%. Pengujian tersebut dilakukan dengan berkali-kali melakukan *tuning* pada hardware dan juga *software*, seperti besarnya sudut, posisi end effektor, dan posisi statik lainnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Paper ini mempresentasikan rancangan elektronik dan mekanik sebuah robot prototipe dan sekaligus sebagai robot edukasi di sektor industri pertanian. Rancangan elektronika disajikan dalam bentuk blok diagram yang dilengkapi dengan jalur distribusi sumber daya dan komunikasi untuk di kendalikan dari *Arduino* ke setiap perangkat elektronika sebelum diteruskan ke

sistem penggerak. Perancangan elektronika menyesuaikan fungsi sistem penggerak untuk dapat mengendalikan sistem penggerak. Perancangan system penggerak dengan model *Differencial drive* dapat diandalkan untuk pergerakan robot pada lahan simulasi pertanian.

Setelah melakukan proses pembuatan dan melakukan pengujian ke setiap komponen sistem penggerak terdapat kendala di bagian sistem penggerak utama yaitu motor DC sebagai penggerak roda belakang, dengan menggunakan sistem *differential drive* mengalami sedikit kesulitan untuk robot berjalan lurus karena terdapat perbedaan kecepatan dan presisi dari bagian roda robot, dapat juga disebabkan karena karet ban yang tidak presisi. Untuk penggunaan sistem *pneumatic* bisa bekerja dengan baik tanpa kendala dan bisa menghasilkan gerakan presisi tetapi harus mengisi ulang tekanan udara setiap akan digunakan. Untuk keseluruhan komponen sistem penggerak dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan kebutuhan dari pekerjaan robot yaitu menanam, mencabut rumput dan memanen.

Penelitian selanjutnya untuk merancang sistem gerak yang lebih handal di permukaan tanah dan lebih presisi sehingga dapat difungsikan secara otomatis penuh dan menambahkan beberapa sensor navigasi. Perlu tambahan kompresor angin untuk mensuplai tekanan angin pada sistem *pneumatic* dalam operasional dan sistem *cartesian* yang lebih presisi. Komponen

penggerak robot untuk proses panen otomatis juga perlu diperbaiki hingga memperoleh tingkat keberhasilan yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulaeman, "merdeka.com," Surya Citra Media, 11 February 2020. [Online]. Available: <https://www.merdeka.com/undang-pengamat-ungkap-penyebab-teknologi-di-industri-pertanian-tertinggal.html>. [Diakses 1 June 2020].
- [2] G.Z Yang, T. Duckett, S. Pearson, S. Blackmore dan B. Grieve, "Agricultural Robotics: The Future of Robotics Agriculture," UK-RAS Robotics and Autonomous System White papers, ISSN 2398-4414, 2018.
- [3] B. L. Steward, J. Gai dan L. Tang, "The use of agricultural robots in weed management and control," Agricultural and Bio system Engineering Publication, 2019.
- [4] A. R. Septiadi dan S. Amri, "Rancang Bangun dan Analisa Robot Tematik Simulasi Pertanian dengan Kendali Wireless," Jurnal Infomedia: Teknik Informatika, Multimedia dan Jaringan, vol. 4, p. 1, 2019.
- [5] A. Z. Arifin dan Subehan, "Simulasi Pengendalian Gerak Robot Mobil Berpenggerak Differensial Dengan Metode \square , \square Tracking Control Berbasis Proportional Derivative," Jurnal Teknik POMITS, vol. 1, pp. 1-6, 2012.
- [6] C. Delgado-Mata, R. Valazquez dan C. A. Gutierrez, "A Differential-Drive Mobile Robot Driven by an Ethology Inspired Behaviour Architecture," The 2012 Iberoamerican Conference on Electronics Engineering and Computer Science, pp. 157-166, 2012.
- [7] Suroso, Sujatno dan R. G. Tambati, "Rancang Bangun Sistem Mekanik Dua Axis Berbasis Kendali Arduino Untuk Peraga Praktikum," Seminar Nasional XI SDM Teknologi Nuklir, 2015.
- [8] M. Subhan dan A. Satmoko, "Penentuan Dimensi Dan Spesifikasi Silinder Pneumatik Untuk Pergerakan Tote Iradiator Gamma Multiguna Batan," Jurnal Perangkat Nuklir, vol. 10, p. 2, 2016.
- [9] T. Citradi dan A. Gunawan, "Pak Syahrul, Usul 4 Langkah untuk Mendongkrak Pertanian RI," CNBC Indonesia, 26 October 2019. [Online]. Available: <https://www.cnbcindonesia.com/news/20191025194550-4-110303/pak-syahrul-usul-4-langkah-untuk-mendongkrak-pertanian-ri/2>. [Diakses 28 April 2020].