

Purwarupa Sistem Otomasi Perawatan Tanaman Cabai Pada *Smart Greenbox* Berbasis Iot

Ikram Andika Ukar¹, Nyoman Karna², I Putu Yowan Nugraha Suparta³

^{1,2,3} Universitas Telkom

e-mail: ikramau17@gmail.com¹, aditya@telkomuniversity.ac.id², yowansuparta@gmail.com³

Diterima: 27-06-2022

Disetujui: 22-07-2022

Diterbitkan: 10-08-2022

Abstract

Recently, urban communities are interesting gardening as their hobby which can be done at home on narrow land. However, this hobby is faced with several problems, which most of them are workers and busy thus they could not care, monitor and control their plants. The presence of Internet of Things (IoT) technology is a major breakthrough for the problems that exist in society. With IoT, it is easier for people to remotely monitor and control their gardens anytime and anywhere. However, this study develops a prototype of an IoT-based plant watering automation system for chili plants in *Greenbox*. The design of the prototype is a Cartesian robot with X and Y axes. The prototype performs automatically success depending on the input value of soil moisture or soil pH from the sensor. The result of this research showed that the robot is success automatically watering or giving liquid fertilizer to the *Smart Greenbox*. The automation carried out by this robot of watering or cultivating based on input from the sensor results. The accuracy obtained from the prototype reached 95.53% for the X axis and 99.15% for the Y axis. The application of this prototype automation system was considered efficient in the using. Finally, the quality of the received data transmission shows good results.

Keywords: IoT, Automation System, Plant Watering, Soil Moisture, Cartesian Robot.

Abstrak

Masyarakat perkotaan kini menggemari hobi berkebun yang bisa dilakukan dirumah pada lahan yang sempit. Menjalani hobi ini dihadapkan dengan beberapa permasalahan yang sebagian besar masyarakat di perkotaan sibuk dengan pekerjaannya sehingga tanaman yang mereka rawat sulit untuk dipantau dan dikendalikan. Kehadiran teknologi *Internet of Things* (IoT) merupakan terobosan besar bagi permasalahan yang ada di masyarakat. Dengan IoT, lebih mudah bagi orang untuk memantau dan mengontrol kebun mereka kapan dan dimana saja dari jarak jauh. Penelitian ini melakukan pengembangan purwarupa sistem otomasi penyiraman tanaman berbasis IoT untuk tanaman cabai di *Greenbox*. Perancangan purwarupa penelitian ini adalah robot kartesius dengan sumbu X dan Y. Purwarupa melakukan otomatisasi bergantung pada nilai input kelembaban tanah atau pH tanah dari sensor. Hasil dari penelitian ini adalah berhasilnya sistem otomasi penyiraman atau pemberian pupuk cair pada *Smart Greenbox* yang berisi tanaman cabai. Otomasi yang dilakukan oleh robot ini adalah penyiraman atau pemberian pupuk cair berdasarkan masukan dari hasil sensor. Akurasi yang diperoleh dari purwarupa mencapai 95,53% untuk sumbu X dan 99,15% untuk sumbu Y. Penerapan sistem otomasi purwarupa ini dinilai efisien dalam penggunaan tenaga manusia. Secara kualitas transmisi data yang diterima menunjukkan hasil yang cukup baik.

Kata kunci: IoT, Sistem Otomasi, Penyiraman Tanaman, Kelembaban Tanah, Robot Kartesius.

Pendahuluan

Teknologi yang semakin berkembang sebenarnya telah mempermudah pekerjaan manusia dan memecahkan masalah secara efektif dan efisien. Saat ini, dunia memasuki era Revolusi Industri 4.0 yang salah satu pilar pembangunan industri masa kini adalah *Internet of Things* (IoT). IoT merupakan teknologi yang dapat membantu kita dalam memantau dan mengontrol dari jarak jauh dengan bantuan internet (Sulistiyanto 2021). Teknologi ini benar-benar berkembang dan bermanfaat dalam membantu efisiensi kerja manusia. Masyarakat perkotaan kini disibukkan dengan bekerja baik dalam dan luar rumah sepanjang hari. Oleh karena itu, banyak orang membutuhkan kegiatan yang dapat menyegarkan pikiran setelah seharian bekerja. Contoh kegiatan seperti memelihara binatang, berolahraga, bertani, berkebun dan kegiatan hobi lainnya. Namun, beberapa aktivitas tersebut memerlukan fokus dan perhatian khusus bahkan perawatan secara rutin. Kesibukan manusia menyebabkan kesulitan menjaga, merawat atau mengontrol sehingga mereka membutuhkan alat teknologi yang dapat memantau dari jarak jauh seperti IoT.

Bertani atau berkebun di rumah merupakan hobi yang cukup digemari masyarakat perkotaan saat ini. Ada yang langsung menanam di pot atau bahkan menggunakan *greenhouse* (Wijaya 2019). Dalam hal pemanfaatan teknologi, perangkat IoT dibutuhkan untuk pengendalian dan pemantauan yang bisa dipasang di *greenhouse* (Briliana 2017). Perangkat tersebut dapat berupa robot yang memiliki sensor beserta alat otomasi yang terhubung dengan internet sehingga data yang diambil dapat diunggah ke *database*.

Penelitian tentang pemanfaatan IoT untuk otomasi penyiraman sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh Putra dengan memanfaatkan sensor YL-39 dan YL-69 sebagai monitor kelembaban tanah dan perangkat GSM *Shield Atwon Quad-Band* sebagai pemantau kelembaban tanah berupa notifikasi dalam bentuk SMS (Putra 2020). Pada penelitian lainnya memanfaatkan bot Telegram sebagai pemantau keadaan tanaman dengan kombinasi sensor DHT-11, YL-69, dan ESP8266 sebagai *processor* yang memproses otomasi penyiraman pada tanaman cabai (Priyono 2020). Otomasi penyiraman pada palawija juga dilakukan dengan pemanfaatan Arduino Uno, sensor YL-69, pompa air DC, dan panel surya sebagai mesin penyiraman air pada media tanam palawija (Yaakub 2019). Penelitian-penelitian tersebut hanya berfokus pada satu media tanam dengan variasi sensor serta penyampai notifikasi keadaan tanah. Ada beberapa faktor yang memengaruhi kecepatan dan kualitas pertumbuhan tanaman. Faktor-faktor ini mempengaruhi setiap tanaman secara berbeda. Parameter yang dimaksud adalah intensitas cahaya, kelembaban udara, kelembaban tanah, dan pH tanah (Umah 2012). Jika nilai kelembaban tanah atau pH tanah yang diperoleh berada di bawah batas yang ditentukan, otomasi penyiraman atau pengapuran akan dilakukan dengan perangkat IoT.

Maka dari itu, penulis mencoba membawa kebaruan dalam otomasi penyiraman tumbuhan, khususnya pada tanaman cabai dengan memanfaatkan robot kartesius sebagai perangkat penyiraman yang mampu melakukan penyiraman lebih dari satu titik secara akurat. Pemanfaatan robot kartesius sebagai perangkat penyiraman tanaman dinilai mampu melakukan penyiraman lebih dari satu objek target, yaitu tumbuhan-tumbuhan cabai secara akurat sehingga air ataupun media cair lainnya dapat digunakan secara efisien. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya yaitu tentang membangun model *machine learning* yang modelnya disematkan di *Greenbox* (Susilo 2021). Penelitian ini diharapkan dapat membantu masyarakat yang sewaktu-waktu tidak dapat memantau tanamannya, serta dengan adanya kebaruan dengan pemanfaatan robot kartesius pada penelitian ini juga diharapkan dapat melakukan penyiraman secara efektif di objek *multi-target* tanam secara akurat.

Studi Pustaka

a. *Internet of Things (IoT)*

Konsep IoT adalah konsep yang menghubungkan objek-objek di sekitar kita dengan internet sehingga bersifat *real-time* (Prathibha, 2017). Dengan menghubungkan objek-objek ke internet, seseorang dapat memantau suatu keadaan dan juga mengontrol objek-objek tersebut dari jarak jauh. Munculnya konsep IoT tentunya diawali dengan ditemukannya internet. Internet mulai populer pada tahun 1989. Pada tahun 1990, ada seorang peneliti bernama John Romkey yang berhasil menciptakan alat berupa pemanggang roti yang dapat dinyalakan dan dimatikan dengan menggunakan internet. Konsep alat ini sangat mirip dengan konsep IoT. Pada tahun 1997, Paul Saffo mulai memopulerkan teknologi sensor yang kini sangat banyak digunakan dalam penerapan konsep IoT. Hingga saat ini, IoT berkembang pesat dan banyak pemilik perusahaan yang berinvestasi besar-besaran pada proyek-proyek IoT (Wilianto 2018).

Ada tiga elemen penting dalam IoT, yaitu modul sensor, koneksi internet, dan pusat data yang tersimpan di server. Modul sensor berfungsi untuk merekam data dari objek yang dipantau, kemudian data tersebut akan dikirim ke *database* di server melalui koneksi internet. Data yang terdapat dalam *database* dapat diakses secara *real-time* melalui *website* atau aplikasi *mobile*. Hasil dari pemantauan akan menjadi sangat ramah untuk digunakan jika data-data yang didapatkan diolah menjadi *report* yang nantinya ditampilkan dengan sebuah *dashboard* (Karna 2017).

b. Robot Kartesius

Robot adalah seperangkat alat mekanis yang dapat melakukan tugas fisik, baik dengan pengawasan dan kendali manusia atau menggunakan program yang telah ditentukan (kecerdasan buatan). Robot digunakan untuk pekerjaan berat, berbahaya, berulang, dan kotor. Biasanya, sebagian besar robot industri digunakan di bidang manufaktur. Robot kartesius yang juga dikenal sebagai robot linier adalah robot industri dengan tiga sumbu kendali utama yang semuanya linier (bergerak sepanjang garis lurus bukan berputar) dan saling tegak lurus. Robot kartesius adalah metode yang lebih disukai untuk membuat gerakan *point-to-point*, tetapi juga dapat melakukan gerakan interpolasi dan kontur yang kompleks. Jenis gerakan yang dibutuhkan akan menentukan perangkat kontrol terbaik, protokol jaringan, HMI, dan komponen gerakan lainnya untuk sistem (Erick 2018).

Robot kartesius dapat memiliki hingga tiga sumbu yang menjadikannya sebuah mesin yang bergerak dalam tiga dimensi. Sumbu tersebut meliputi sumbu X, Y, dan Z. Namun, penelitian ini hanya akan menggunakan sumbu X dan Y karena otomasi penyiraman yang dilakukan tidak memerlukan pergerakan sumbu Z. Adapun komponen utama robot kartesius meliputi badan, lengan, dan penyangga.

c. Tanaman Cabai

Tanaman cabai merupakan tanaman dengan nama ilmiah *Capsicum frutescens*. Cabai rawit adalah salah satu dari berbagai jenis cabai atau termasuk ke dalam genus *Capsicum*. Cabai merupakan salah satu komoditas tanaman pangan terlaris di Indonesia. Cabai rawit memiliki ciri-ciri buah berwarna hijau kecil saat masih muda dan berwarna merah tua saat matang (Umah 2012).

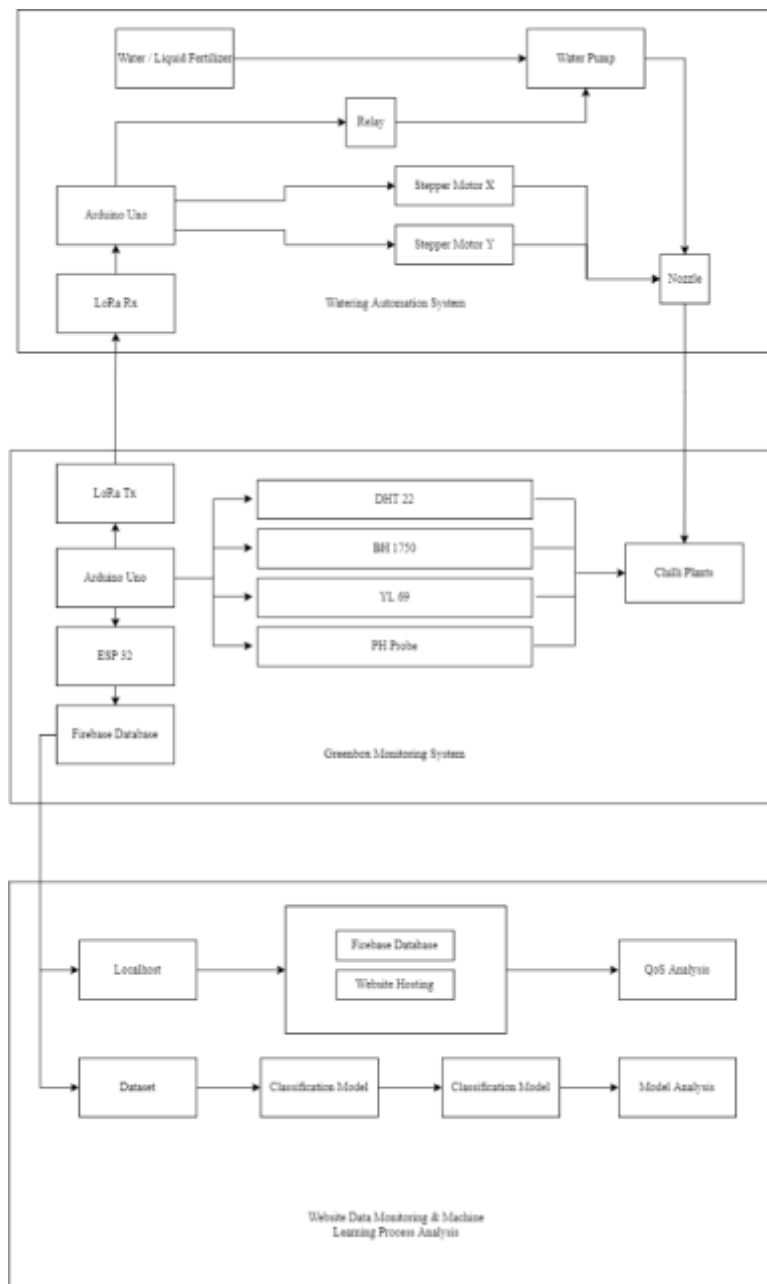
Tanaman cabai rawit memiliki tinggi sekitar 50 – 135 cm. Tanaman ini tumbuh tegak lurus ke atas. Akar cabai rawit adalah akar tunggang. Akar tanaman ini umumnya memanjang sejauh 30 – 50 cm secara vertikal dan dapat menembus tanah hingga kedalaman 60 cm. Batangnya kaku dan tidak bercabang sedangkan daunnya berjenis daun bertangkai tunggal. Salah satu parameter yang memengaruhi pertumbuhan cabai rawit atau tanaman lain pada umumnya adalah tingkat kelembaban tanah. Kelembaban tanah adalah air yang mengisi sebagian atau seluruh pori-pori tanah pada suatu tempat (Umah 2012). Curah hujan, jenis tanah, dan laju evapotranspirasi merupakan faktor penentu kelembaban tanah yang akan menentukan ketersediaan air dalam tanah untuk pertumbuhan tanaman.

Metodologi

a. Desain Sistem

Cara kerja sistem *Smart Greenbox* secara keseluruhan terbagi menjadi tiga sub-sistem utama, yaitu purwarupa untuk alat otomasi, perangkat sensor dan transmisi data, dan *website* serta pemrosesan data dengan *machine learning*. Penelitian ini berfokus pada sistem otomasi penyiraman tanaman cabai menggunakan robot kartesius dua sumbu, yaitu sumbu X dan Y. Penelitian dimulai dengan *setup* perangkat yang digunakan. Berdasarkan data nilai sensor yang diperoleh dari perangkat sensor melalui transmisi data, data yang diperoleh akan diurai untuk diambil nilai kelembaban tanah atau pH tanah yang nantinya akan dimasukkan ke dalam variabel. Setelah proses tersebut selesai, kemudian sebuah fungsi dijalankan untuk menentukan tanaman mana yang perlu disiram. Setelah itu, mikrokontroler akan memberikan perintah kepada motor alat dan pompa air untuk menyiram tanaman sasaran.

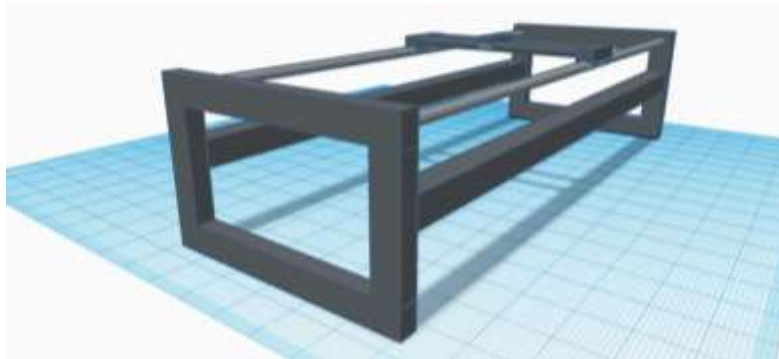
Purwarupa ini akan bergerak dan melakukan otomatisasi tergantung pada input yang diterima dari sensor YL-69. Sensor YL-69 akan mendeteksi nilai kelembaban tanah dengan kisaran 0 – 1023 satuan (Putra 2020). Nilai kelembaban tanah yang ideal adalah 25% – 50% dari RH (kelembaban relatif) (Priyono 2020). Oleh karena itu, pada penelitian ini, diputuskan untuk membuat satu purwarupa yang akan menyemprotkan air ke tanaman jika nilai kelembaban tanah dari sensor YL-69 kurang dari 250 unit (Yaakub 2019). Desain sistem penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Sistem *Smart Greenbox*

b. Desain Kerangka Purwarupa

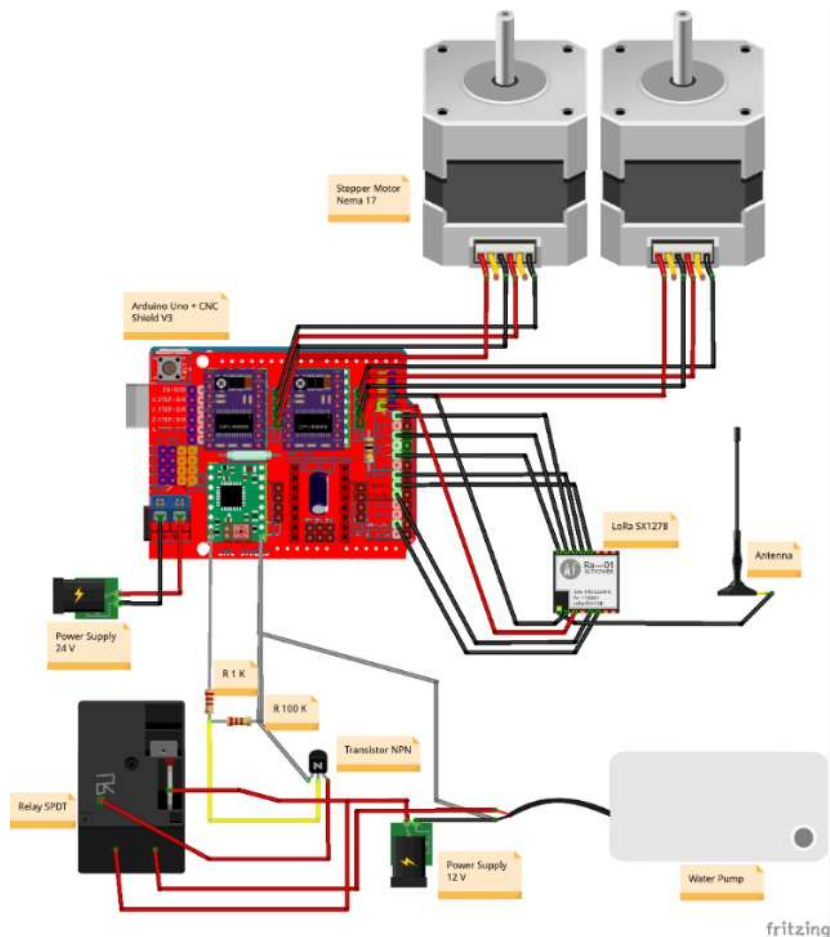
Penelitian ini menggunakan *website tinkercad.com* untuk membuat desain kerangka purwarupa berbasis 3D. Dimensi rangka yang dibangun adalah 100 cm x 60 cm x 50 cm. Hasil dari desain kerangka purwarupa dari sudut pandang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Kerangka Purwarupa Sistem

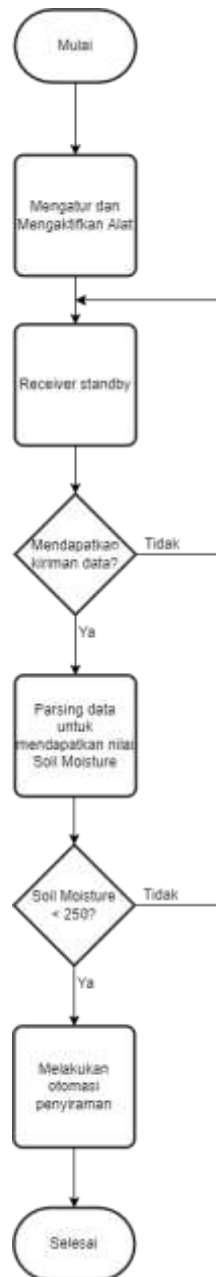
c. Desain Rangkaian Listrik

Pada penelitian ini, dirancang rangkaian listrik menggunakan Fritzing. Terdapat *stepper motor*, *microcontroller*, modul transmisi, suplai tegangan, antena, *resistor*, *transistor*, *relay*, dan pompa air. Komponen-komponen pada desain rangkaian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Rangkaian Listrik Sistem

d. Alur Kerja Sistem



Gambar 4. Diagram Alir Kerja Sistem

Pada Gambar 4 ditampilkan bahwa hal pertama yang dilakukan pada saat sistem ini dijalankan adalah mempersiapkan dan mengaktifkan alat. Setelah itu, *receiver* akan bersiap untuk menerima data dari *transmitter* yang jika data didapatkan, maka akan diurai untuk mendapatkan nilai yang diperlukan dan memasukkannya ke dalam variabel program. Terakhir, otomasi akan berjalan hanya jika parameter yang ditentukan nilainya berada di bawah batas yang ditentukan, yaitu 250 unit.

e. Diagram Alir Pengujian

1. Pengujian Jarak (*Proximity Test*)

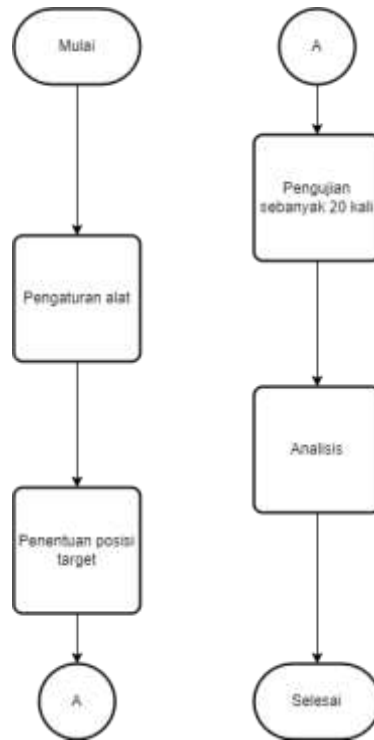
Pengujian jarak dilakukan untuk menentukan jarak yang dihasilkan dari tiap input *step* di dalam program. Purwarupa akan dijalankan dengan beberapa input *step* dari program yang nantinya akan diukur jarak yang ditempuh. Setelah itu, akan dilakukan perhitungan rata-rata jarak yang ditempuh. Perhitungan rata-rata jarak yang ditempuh juga akan dilakukan pada proses ini. Proses ini digambarkan pada diagram alir pengujian jarak yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Pengujian Jarak

2. Pengujian Performa

Pengujian akurasi dilakukan untuk menentukan tingkat akurasi dan kemampuan pengulangan purwarupa. Purwarupa akan dijalankan dengan input yang sama di tiap sumbu berkali-kali. Setelah itu, jarak yang ditempuh akan diukur dan dilakukan analisis dengan menghitung akurasi dan kemampuan pengulangan. Proses ini digambarkan pada diagram alir pengujian performa yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Pengujian Performa

f. Parameter Pengujian Performa

Parameter yang akan diuji pada penelitian ini adalah akurasi (*accuracy*) dan kemampuan pengulangan (*repeatability*). Akurasi adalah kualitas atau keadaan yang benar atau tepat. Kemampuan pengulangan adalah kedekatan kesepakatan antara hasil pengukuran berturut-turut dari ukuran yang sama (Majda 2017). Persamaan-persamaan yang dipakai pada pengujian di penelitian ini adalah persamaan (1), (2), (3), dan (4).

$$Distance\ per\ Step = \frac{Distance}{Input\ Step} \dots\dots\dots (1)$$

$$Supposed\ Distance = Distance\ per\ Step \times Input\ Step \dots\dots\dots (2)$$

$$Accuracy = \frac{Real\ Distance}{Supposed\ Distance} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

$$Repeatability = \frac{Max\ Real\ Distance}{Min\ Real\ Distance} \dots\dots\dots (4)$$

g. Standar Kualitas Performa

Penelitian ini dilakukan terhadap *Greenbox* yang telah dibuat dengan tiga pot tanaman cabai yang memiliki diameter 15 cm di tiap potnya. Standar kualitas akurasi yang ditentukan pada penelitian ini meliputi sangat akurat (95,01 – 100%), cukup akurat (85,01 – 95%), kurang akurat (70,01 – 85%), dan tidak akurat (0 – 70%). Untuk kemampuan pengulangan, standar kualitasnya bergantung pada interval target di mana jika di atas 7,5 cm, maka tidak posisi *nozzle* akan berada di luar pot. Maka dari itu, standar kualitas kemampuan pengulangan yang ditentukan pada penelitian ini meliputi sangat baik (0 – 1 cm), cukup baik (1,01 – 3,5 cm), kurang baik (3,51 – 7,5 cm), dan tidak baik (>7,5 cm).

Hasil dan Pembahasan

a. Hasil Pembangunan Purwarupa

Purwarupa telah berhasil dibangun dengan dimensi purwarupa adalah 104,5 cm x 59 cm x 50 cm yang diukur dengan menggunakan pengukuran manual. Pada Gambar 6, disajikan dokumentasi purwarupa alat otomasi penyiraman pada *Greenbox*.



Gambar 7. Dokumentasi Hasil Pembangunan Purwarupa

b. Hasil Pengujian Jarak

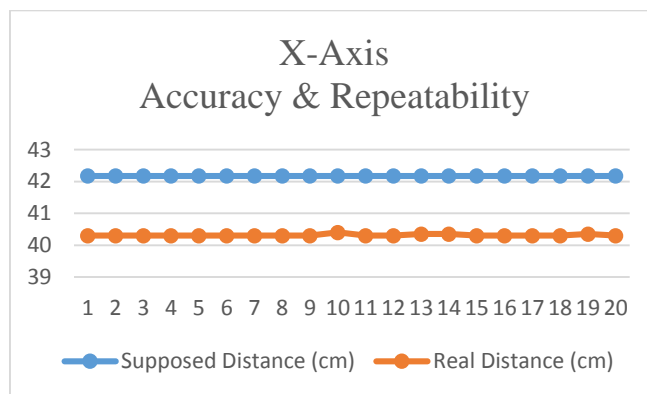
Pengujian jarak dilakukan dengan menjalankan program berdasarkan jumlah *step* tertentu kemudian mengukur jarak yang dihasilkan. Pengujian dilakukan pada masing-masing sumbu karena jalur X dan Y memiliki panjang yang berbeda. Persamaan (1) digunakan setelah dilakukannya pengukuran jarak. Hasil pengujian posisi yang diukur dengan pengukuran manual dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian Jarak

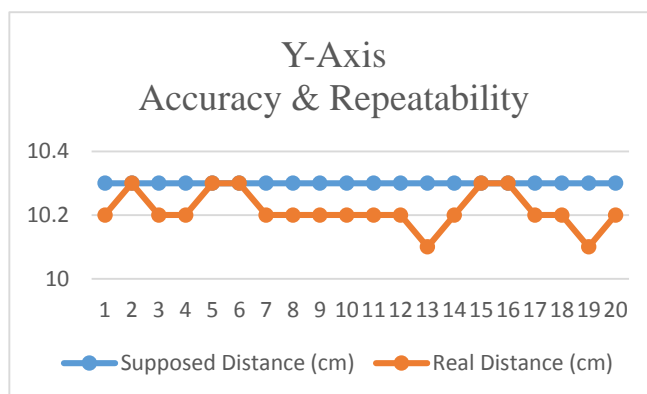
X (cm)		
<i>Input (step)</i>	<i>Distance (cm)</i>	<i>Distance per Step (cm)</i>
100	2.15	0.0215
500	10.45	0.0209
1000	20.45	0.02045
2000	40.3	0.02015
<i>Average distance per step</i>		0.0210875

c. Hasil Pengujian Performa

Pengujian telah dilakukan dengan menjalankan program mengarahkan *nozzle* berdasarkan input 2000 *step* sumbu X dan 500 *step* sumbu Y. Kemudian, purwarupa diperintahkan untuk mengembalikan posisi *nozzle* ke posisi semula. Perintah tersebut diulang sebanyak 20 kali dengan setiap kali percobaan dikembalikan ke posisi semula walaupun terdapat perbedaan antara posisi awal dan posisi akhir. Hasil pengujian yang dilakukan pada masing-masing sumbu dpat dilihat pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Hasil Performa Purwarupa Pada Sumbu X



Gambar 9. Hasil Performa Purwarupa Pada Sumbu Y

d. Analisis

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi akurasi dan kemampuan pengulangan purwarupa. Faktor pertama adalah kualitas bahan purwarupa. Material *rod steel* untuk jalur pergerakan *nozzle* yang digunakan harus lurus dan halus agar pergerakan *nozzle* selalu akurat. Faktor kedua adalah kualitas perangkat keras yang digunakan, di mana tegangan dan arus yang dihasilkan dapat mempengaruhi hasil pengujian. Faktor ketiga adalah ketepatan konstruksi purwarupa berupa rangka mesin. Konstruksi yang dibuat harus rapi dan akurat dalam perhitungan dan penempatan setiap material dan komponen. Faktor terakhir adalah kecelakaan yang meliputi benturan dan pergeseran komponen akan berpengaruh sehingga dapat membuat hasil pengujian berbeda-beda pada setiap pengujian.

Kesimpulan

Purwarupa yang dibangun telah berfungsi dengan baik. Nilai akurasi yang diperoleh adalah 95,53% untuk sumbu X dan 99,15% untuk sumbu Y. Nilai tersebut adalah sangat akurat berdasarkan standar kualitas performa yang ditentukan pada penelitian ini. Nilai kemampuan pengulangan diperoleh dari pengurangan selisih jarak terbesar dengan selisih jarak terkecil. Nilai kemampuan pengulangan gerakan sumbu X dan sumbu Y berturut-turut adalah 0,1 cm dan 0,2 cm. Nilai kemampuan pengulangan yang didapat adalah sangat baik berdasarkan standar kualitas performa yang ditentukan pada penelitian ini.

Penelitian ini sangat disarankan untuk dapat dikembangkan. Ada beberapa hal yang dapat ditingkatkan dari penelitian ini. Pertama, meningkatkan kualitas bahan kerangka dan perangkat keras yang digunakan agar memiliki akurasi dan kemampuan pengulangan yang lebih tinggi. Kedua, mengembangkan algoritma program yang digunakan agar dapat memberikan input berupa koordinat, bukan *step*. Terakhir, ketiga adalah menambahkan *nozzle* untuk otomasi pemupukan cair sehingga dapat melakukan penyiraman air dan pemupukan.

Referensi

- Briliana, Viona H. (2017). *Rancang Bangun Sistem Sensor pada Otomasi Greenhouse Urban Farming*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Erick, M. (2018). Modeling and Simulation of Kinematics and Trajectory Planning of a Farmbot Cartesian Robot. *Proc. 2018 IEEE 25th Int. Conf. Electron. Electr. Eng. Comput. INTERCON 2018*, pp. 1–4, 2018.
- Karna, Nyoman (2017). Executive Dashboard as a Tool for Knowledge Discovery. *2017 International Conference on Soft Computing Intelligent System and Information Technology (ICSIIIT)*, pp. 331-336, 2017.
- Majda, P. (2017). Accuracy and repeatability positioning of high-performance lathe for non-circular turning. *Arch. Mech. Technol. Mater.*, vol. 37, no. 1, pp. 85–90, 2017.
- Putra, Erwin Dwika (2020). Penyiram Tanaman Otomatis Sensor Kelembaban Tanah YL-39, YL-69 dan GSM Shield Atwin Quad-Band. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)* 3(2): 141-151.
- Priyono, Andi (2020). Sistem Penyiram Tanaman Cabai Otomatis Untuk Menjaga Kelembaban Tanah Berbasis ESP8266. *Berkala Fisika*. Vol. 23, No. 3, Juli 2020, Hal. 91-100.
- Prathibha, S. R. (2017). IOT Based Monitoring System in Smart Agriculture. *Proc. - 2017 Int. Conf. Recent Adv. Electron. Commun. Technol. ICRAECT 2017*, pp. 81–84, 2017.
- Sulistiyanto, M. P. T. (2021). Web of Things to control planting seeds and watering plants for indoor smart farm. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 1098 052109.
- Susilo, Aldi S. (2021). Decision Tree-Based Bok Choy Growth Prediction Model for Smart Farm. pp. 169–174, 2021.
- Umah, F. K. (2012). *Pengaruh Pemberian Pupuk Hayati (Biofertilizer) dan Media Tanam yang Berbeda Pada Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Cabai Rawit (Capsicum frutescens L.) di Polybag*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Wijaya, Lian C. (2019). Analisis Usabilitas pada Sistem Monitoring dan Otomasi Greenhouse untuk Budidaya Tanaman Cabai Berbasis Android. *Edu Komputika J.*, vol. 6, no. 2, pp. 60–67, 2019.
- Wilianto, W. (2018). Sejarah, Cara Kerja Dan Manfaat Internet of Things. *Matrix J. Manaj. Teknol. dan Inform.*, vol. 8, no. 2, pp. 36–41, 2018.