

RANCANG BANGUN AGROBOT-II: ROBOT EDUKASI PENANAM BENIH TANAMAN PADI DENGAN KENDALI JARAK JAUH

¹Sandy Suryo Prayogo, ²Yogi Permadi, ³Tubagus Maulana Kusuma

^{1,2,3}Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma

^{1,2,3}Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat

¹sandy_sr@staff.gunadarma.ac.id, ²yogi@staff.gunadarma.ac.id,

³mkusuma@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Pertanian konvensional yang mengalami penurunan baik dari jumlah petani dan hasil panennya berdampak pada penurunan ketersediaan pangan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka teknologi otomasi di bidang pertanian perlu dikembangkan, terutama untuk menarik minat generasi muda terhadap bidang pertanian. Oleh sebab itu, pada penelitian ini dirancang dan dibangun sebuah robot pertanian untuk keperluan edukasi dalam hal otomasi tanam dan panen tanaman padi yang diberi nama Agrobot-II. Robot ini dikendalikan dari jarak jauh dari perangkat telepon cerdas ataupun perangkat tablet berbasis Android untuk melakukan proses tanam dan panen tanaman padi yang juga dilengkapi dengan kamera sebagai alat bantu penglihatan bagi pengoperasi robot. Robot dibangun dengan menggunakan platform pengendali mikro (microcontroller) Arduino yang terhubung melalui komunikasi nirkabel bluetooth kepada sistem kendalinya, serta komunikasi nirkabel WiFi untuk menghubungkan pengendali dengan kamera pada robot. Hasil pengujian terhadap fungsi robot telah berhasil dilakukan, yaitu dari proses tanam, pencabutan gulma, dan panen. Selain itu, pengujian terhadap jarak kendali maksimum menggunakan komunikasi bluetooth yaitu pada jarak 16 meter telah berfungsi dengan baik tanpa adanya delay. Selanjutnya jarak maksimum kamera dapat tetap melakukan streaming ke perangkat Android yaitu pada jarak 15 meter, dimana terjadi delay setelah melewati jarak 8 meter. Tingkat keberhasilan rata-rata penanaman padi yaitu 90% dan rata-rata keberhasilan melakukan panen adalah 70% dari gabungan dua jenis skema, yaitu manual dan otomatis.

Kata Kunci: arduino, nirkabel, otomasi, pertanian, robot

Abstract

Conventional agriculture which experienced a decline in both the number of farmers and their yields had an impact on reducing food availability. To overcome these problems, the automation technology in agriculture needs to be developed, especially to attract the interest of the younger generation in agriculture. Therefore, in this research, an agricultural robot was designed and built for the purposes of education in terms of automation of planting and harvesting rice plants named Agrobot-II. This robot is controlled remotely from a smartphone device or Android-based tablet device to carry out the process of planting and harvesting rice plants which is also equipped with a camera as a visual aid for robot operations. The robot is built using an Arduino microcontroller platform that is connected via Bluetooth wireless communication to its control system, and WiFi wireless communication to connect the controller with the camera on the robot. The results of tests on the function of the robot have been successfully carried out, namely from the process of planting, weeding, and harvesting. In addition, testing of the maximum control distance using Bluetooth communication that is at a distance of 16 meters has been functioning properly without any delay. Furthermore, the maximum distance the camera can still stream to Android devices is at a distance of 15 meters, where there is a delay after passing a distance of 8 meters. The average success rate of rice planting is 90% and the average success in harvesting is 70% from a combination of two types of schemes, namely manual and automatic.

Keywords: agriculture, arduino, automation, robot, wireless

PENDAHULUAN

Pertanian merupakan kebutuhan yang paling penting bagi manusia karena berhubungan dengan sektor pangan. Di beberapa negara seperti Indonesia yang membutuhkan makanan pokok berupa nasi yang berasal dari beras dan padi, pertanian adalah sektor utama untuk mencukupi kebutuhan pangan. Namun saat ini, menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) terjadi pengurangan jumlah petani di Indonesia di tahun 2018 dibandingkan tahun sebelumnya hampir sebesar 1% [1]. Hal ini salah satunya dipengaruhi oleh kurangnya minat generasi muda untuk menjadi petani dan akan berdampak pada penurunan produksi pangan.

Seiring dengan majunya teknologi, sektor pertanian bisa dikembangkan menjadi pertanian yang terkontrol, terintegrasi, dan presisi oleh suatu sistem cerdas. 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 panen di Indonesia. Penggabungan teknologi ke dalam pertanian maka akan menarik minat generasi muda (anak-anak) untuk memulai belajar bertani.

Pertanian menggunakan bantuan teknologi yang kolaboratif dan kooperatif, seperti robotika modern yang memiliki kemampuan dengan komponen berbiaya rendah, ringan, dan cerdas dapat mendukung

pertanian yang presisi. Sebagai contoh dengan komponen yang akurat dan dapat mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh platform pertanian yang konvensional pada tanah dan juga tanaman. Adanya bantuan teknologi dan robot juga dapat digunakan untuk memanfaatkan sumber data untuk mengkalibrasi tugas, mengurangi limbah, dan fokus pada area yang paling membutuhkan, berpotensi mengurangi biaya pupuk dan dampak lingkungan [2].

Berdasarkan masalah di atas, untuk meningkatkan sarana edukasi bagi anak-anak maka pada penelitian ini dibuat sebuah robot edukasi *Agrobot-II* untuk penanaman dan panen padi. Pada penelitian ini dibahas sisi elektrikal dan rancangan program kendali dari robot tersebut. Robot memiliki fungsi untuk melakukan penanaman padi dengan batasan tiga bibit padi saja yang akan ditanam, kemudian robot dapat melakukan penyiangan atau pencabutan hama tanaman yang ada di sekitar padi, dan fungsi terakhir robot dapat mengambil hasil panen kemudian memasukkan ke dalam keranjang. Semua fungsi tersebut dapat dilakukan secara otomatis, manual, ataupun semi otomatis. Namun karena tujuan utama pembuatan robot ini untuk sarana edukasi anak-anak, maka robot dikendalikan secara manual melalui kontroler berupa perangkat Android telepon pintar. Terdapat juga kamera yang mengarah ke *end-effector* robot untuk meningkatkan akurasi dan membantu pengendalian saat akan menjalankan fungsi-fungsinya.

Penelitian mengenai pembuatan robot untuk membantu pertanian sudah banyak dilakukan dan dibuat bahkan dalam skala industri. Salah satu penelitian membahas tentang berbagai macam pencapaian baru di bidang pertanian yang terkait dengan robotika khususnya digunakan untuk pengendalian gulma, pencarian, dan panen [3]. Menurut penelitian tersebut, pertanian digital merupakan praktik teknologi modern seperti sensor, robot, dan analisis data untuk beralih dari operasi konvensional ke proses otomatis yang berkelanjutan. Konsep multi-robot, kolaborasi manusia-robot, dan rekonstruksi lingkungan dari gambar dan sensor merupakan gateway dari pertanian digital. Terdapat beberapa robot pertanian dari perusahaan dan juga universitas yang dibahas seperti BoniRob, AgBot, Tertill, Wall-ye, Hertibot, dan lain-lain. Salah satu perkembangan terbaru yaitu robot Harvey dari Queensland University yang telah menunjukkan tingkat keberhasilan 65% dan laju pelepasan 90% untuk panen paprika manis dalam scenario nyata di mana tidak ada daun dan buah-buahan yang tersumbat atau terpankas [3].

Penelitian lain mengenai robot pertanian sederhana dibuat oleh Sujon, Nasir, Habib, Nomaan, Baidya, dan Islam yaitu *autonomous agriculture* robot berbasis Arduino yang berfungsi untuk melakukan pembibitan, menyiram dan melewati rintangan yang ada di areal real persawahan [4]. Robot berjalan menggunakan motor DC,

melakukan pembibitan menggunakan servo dengan membuka katup *box* bibit, dan melakukan penyiraman dengan pompa air. Robot dilengkapi dengan beberapa sensor ultrasonik untuk melewati rintangan dan juga mengikuti bentuk sawah. Namun, terdapat beberapa problem yang dialami robot tersebut seperti torsi motor yang kurang sehingga tidak mampu berjalan saat bobot robot melebihi 10kg, kemudian arus yang kurang dari *driver* motor, roda yang kurang besar, rangka robot yang terlalu berat dan juga konsumsi sumber daya baterai.

Penelitian selanjutnya telah dilakukan oleh Septiadi dan Amri yaitu membuat robot tematik simulasi pertanian dengan kendali *wireless* [5]. 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 [4]. Robot dibuat berdasarkan lomba konter robot tematik Indonesia tahun 2019. Robot terkontrol penuh dari sebuah *joystick* yang terhubung ke perangkat mikrokontroler Arduino Mega yang terdapat di robot dengan jarak maksimum 50 meter. Daya robot menggunakan akumulator 5200 mAH, untuk menggerakkan fungsi kontrol dan juga *actuator* mekanik seperti motor DC, servo, dan *solenoid valve* untuk pneumatik.

METODE PENELITIAN

Perancangan sistem kontrol robot tani dibagi menjadi tiga bagian di luar

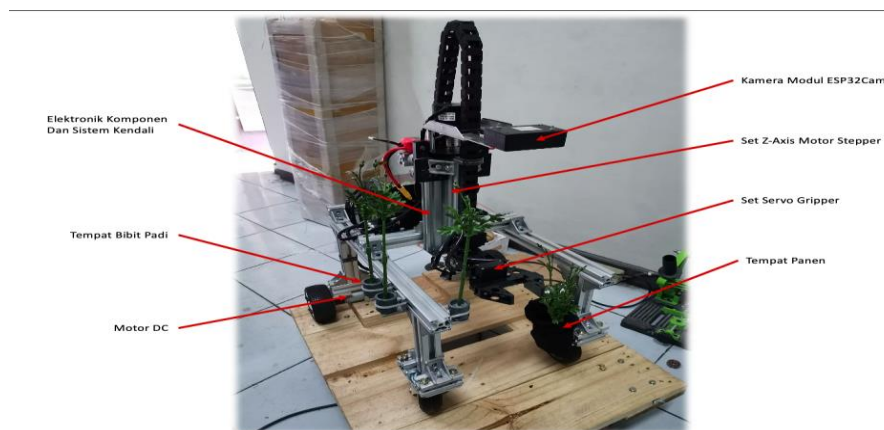
perancangan bentuk fisik dari robot dan mekaniknya. Pertama, sistem pembuatan aplikasi Android untuk sistem kontrol robot yang terhubung dengan *bluetooth* ke mikrokontroler. Kemudian sistem komunikasi kamera yang akan menampilkan hasil tangkapan gambar secara *streaming* ke alamat IP yang dapat dibuka di web atau aplikasi Android yang dibuat dan terakhir membuat program untuk menggerakkan aktuator sesuai dengan data yang diterima dari aplikasi Android.

Bentuk Fisik Robot

Bentuk fisik robot tani *Agrobot-II* terdiri dari kerangka, alat penggerak elektronik, dan alat eksekusi (*end effector*) dapat dilihat pada Gambar 1. Kerangka terbuat dari aluminium *profile* ukuran 30×30 mm, alat penggerak yang digunakan yaitu sepasang motor DC di bagian belakang, z-axis motor *stepper*, dan

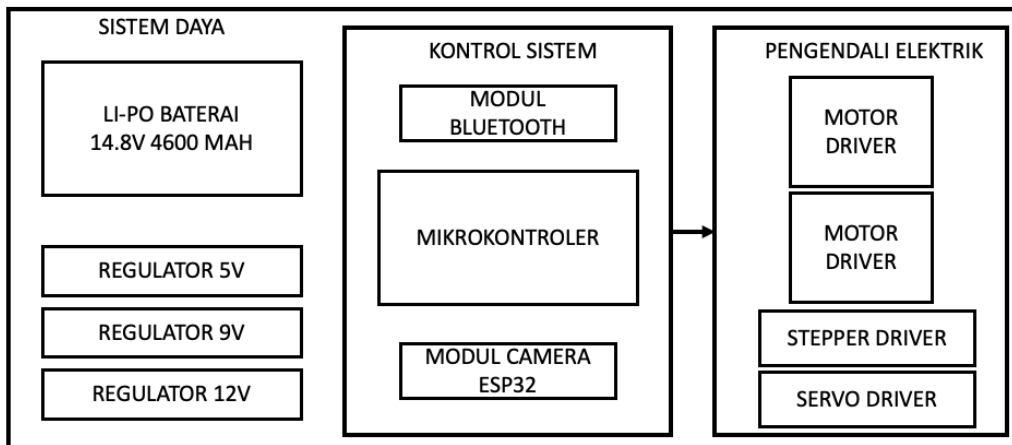
motor servo. Alat eksekusi berupa roda karet di belakang yang terhubung dengan motor DC, roda bebas di bagian depan robot, dan *gripper* di bagian servo yang terhubung juga ke z-axis motor *stepper*.

Pada Gambar 1 ditunjukkan bentuk fisik dari robot tani *Agrobot-II* dengan ukuran dimensi panjang lebar tinggi $50 \times 40 \times 60$ cm dan bobot sekitar 8 kg. Posisi z-axis diletakan statis tepat di tengah robot diikuti dengan satu set *servo gripper* yang bisa bergerak ke 180° ke berbagai arah yang nantinya akan menanam padi secara vertikal ke bawah. Jumlah bibit padi yang dapat ditampung hanya tiga buah yang berada di sebelah kanan robot yang kemudian akan diambil dan ditanam di tengah. Hasil panen akan diletakan di keranjang sebelah kanan robot. Keseluruhan dari perangkat elektronik berada di bagian belakang robot



Gambar 1. Bentuk Fisik Robot Tani *Agrobot-II*

Perangkat Elektronik Robot



Gambar 2. Perangkat Elektronik pada *Argobot-II*

Perangkat elektronik yang terdapat pada robot ditunjukkan pada Gambar 2 yaitu terdiri dari tiga bagian yang pertama sistem daya yang terdiri dari baterai *lithium polimer* 14.8V 4600 mA dan tiga unit regulator *step down* untuk menyesuaikan tegangan dengan kebutuhan perangkat elektronik lainnya. Bagian tersebut sangat penting karena memiliki fungsi mengaktifkan seluruh perangkat elektronik yang ada sesuai dengan proporsinya. Kedua yaitu sistem kontrol internal yang terdiri dari Arduino Mega 2560 R3 sebagai inti kontrolnya, modul *Bluetooth* HC-06 untuk menerima *input* yang kemudian diteruskan ke Arduino Mega, dan yang terakhir modul IP kamera ESP32Cam untuk menangkap gambar dan meneruskannya *streaming* ke *local-website*. Sistem ketiga berupa pengendali (*driver*) elektronik yang berfungsi sebagai meneruskan sinyal dari mikrokontroler ke aktuator agar dapat bergerak sesuai dengan kondisi.

Sistem Kontrol Robot

Sistem yang digunakan untuk mengontrol robot terdiri dari tiga bagian seperti yang dijelaskan sebelumnya. Pertama adalah sistem komunikasi dari perangkat Android ke robot. Robot menerima data dari perangkat Android yang sudah terinstal aplikasi untuk mengontrol robot menggunakan komunikasi *bluetooth* yang kemudian diterima oleh modul *Bluetooth* HC-06 pada sistem kontrol internal. Data tersebut akan mengaktifkan kondisi yang ada di mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan meneruskannya ke tindakan pada *driver*.

Perangkat Android yang digunakan dibuat menggunakan aplikasi *kodular*. *Kodular* sendiri merupakan *software online* yang digunakan untuk membuat aplikasi Android tanpa harus mempelajari bahasa pemrograman apapun, namun dengan konsep algoritma yang sama dengan bahasa pemrograman apapun. *Kodular* yang sebelumnya bernama

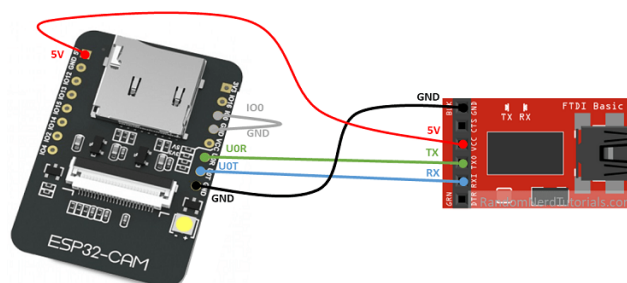
makedroid dengan pemrograman *block drag and drop* berdasarkan pada MIT AppInventor hanya lebih dikembangkan di berbagai fiturnya [6]. Aplikasi yang sudah dibuat secara *online* di *website* *kodular.io* bisa langsung dicoba secara *realtime* menggunakan *kodular companion* yang terdapat pada Android *play store*.

Sistem kedua yaitu berupa *IP Camera* menggunakan ESP32Cam. Kamera yang dipasang di *Agrobot-II* berfungsi untuk meningkatkan akurasi pengguna saat mengendalikan robot untuk menjalankan fungsi-fungsinya. ESP32Cam memiliki kamera VGA dengan 32-bit CPU 160 MHz *clock speed* dan *built-in wireless* 2.4 GHz [7]. Untuk melakukan peng-aturan pada ESP32-Cam dibutuhkan *FTDI USB to TTL* yang kemudian dihubungkan modul camera dan perangkat personal komputer atau laptop.

Gambar 3 menunjukkan cara menghubungkan FTDI ke modul kamera dengan menghubungkan beberapa pin yaitu GND-GND, 5V-5V, TX-UOR, RX-UOT, dan IOO ke GND ESP32Cam [8]. Terdapat dua jenis pengaturan untuk modul kamera yaitu membuat *tethering* langsung dari modul kamera

secara *local* atau terhubung ke wi-fi lain yang ada. Pada kasus ini pengaturan yang digunakan oleh peneliti adalah dengan menghubungkan ESP32Cam ke *router* Wi-Fi lainnya dan kemudian mengatur pada *router* tersebut agar alamat IP yang diterima oleh ESP32Cam selalu sama (*static IP*). Dengan begitu perangkat telepon atau laptop yang terhubung ke *router* dapat mengakses modul kamera ESP32Cam dengan memasukkan alamat IP statiknya. *Agrobot-II* yang sudah dibuat peneliti juga memiliki aplikasi Android yang dapat menampilkan hasil tangkapan ESP32Cam secara *streaming*.

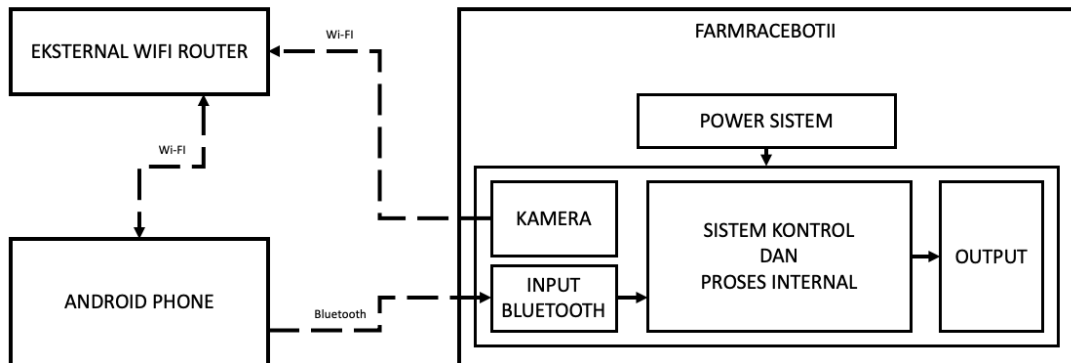
Sistem ketiga yaitu berupa kondisi yang diputuskan oleh mikrokontroler Arduino Mega 2560. Terdapat banyak kondisi yang akan dijalankan, kondisi tersebut tergantung pada data yang diterima modul *bluetooth* dari aplikasi. Kondisi-kondisi tersebut ada yang bersifat kontrol manual secara penuh atau bersifat semi manual, yang dimaksud dengan semi manual adalah dengan satu data perintah yang dikirimkan maka akan mengeksekusi satu siklus tugas secara keseluruhan, sebagai contoh saat tugas untuk menanam padi.



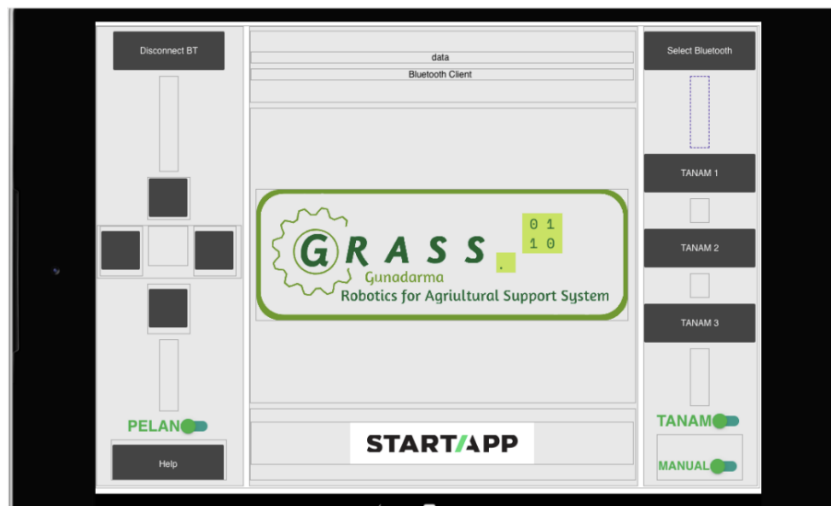
Gambar 3. FTDI USB to TTL dihubungkan ke Modul ESP32-Cam

[Sumber: Sanros, 2018]

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4. Diagram Kontrol *Agrobot-II* secara Keseluruhan



Gambar 5. Tampilan Sistem Kontrol *Agrobot-II* Android Apps pada *kodular.io*

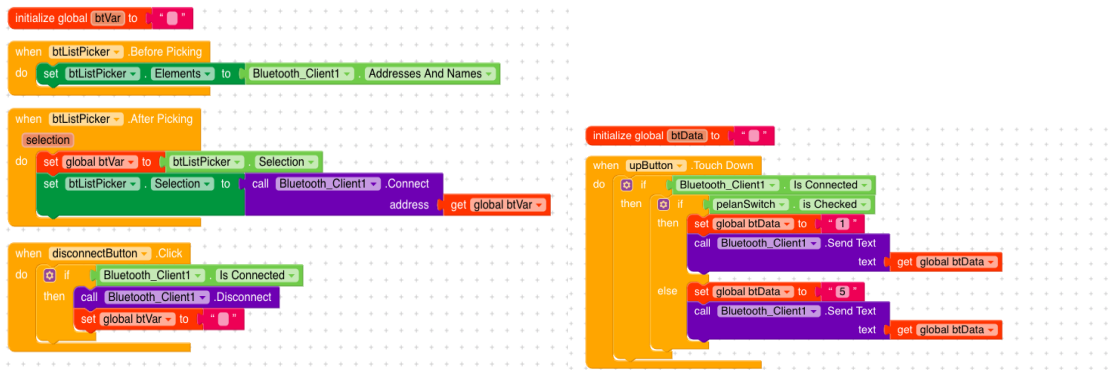
Pengujian yang dilakukan terhadap sistem kontrol dari *Agrobot-II* dibagi menjadi dua, pertama pengujian dari sisi sistem komunikasi yaitu menguji jarak maksimum dan *delay* dari *bluetooth* kontroler, jarak maksimum dan *delay* dari kamera *streaming*. Kedua sisi akurasi dan tingkat keberhasilan robot terhadap perintah yang seharusnya dieksekusi seperti pergerakan motor DC, motor *stepper* z-axis,

dan juga pergerakan satu set motor *servo gripper*.

Pada Gambar 5 menunjukkan desain Android aplikasi dari sistem kontrol *Agrobot-II* menggunakan program *online kodular.io*. Aplikasi terdiri dari satu layar (*screen*) yang akan dapat difungsikan apabila sudah terkoneksi ke suatu *bluetooth* master dengan aplikasi tersebut bertindak sebagai *client* yang akan mengirimkan data.

Gambar 6 merupakan salah satu contoh blok pemrograman pada *kodular.io* aplikasi yang bertujuan mengirimkan data *char* saat salah satu tombol ditekan. Data yang

di-kirimkan oleh masing-masing tombol yang ada di aplikasi kontrol ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 6. Contoh blok pemrograman pada *kodular.io* untuk mengirimkan data *Bluetooth*

Tabel 1. Data yang dikirim dari *Agrobot-II* Android Apps melalui *Bluetooth*

Nama Tombol	Kondisi Switch Kiri	Kondisi Switch Kanan	Kondisi Switch Manual	Data Terkirim
Kiri	Pelan	-	-	4
Kanan	Pelan	-	-	2
Atas	Pelan	-	-	1
Bawah	Pelan	-	-	3
Kiri	Cepat	-	-	8
Kanan	Cepat	-	-	6
Atas	Cepat	-	-	5
Bawah	Cepat	-	-	7
Tanam 1	-	Tanam	Off	A
Tanam 2	-	Tanam	Off	B
Tanam 3	-	Tanam	Off	C
Cabut (Atas)	-	Cabut	Off	z
Cabut (Bawah)	-	Cabut	Off	Z
Turun	-	Cabut	On	q
Genggam	-	Cabut	On	r
Naik	-	Cabut	On	Q
Lepas	-	Cabut	On	R
Pungut	-	Cabut	On	S

Keterangan: *Switch* kiri yang bertuliskan “PELAN” (warna hijau) jika diklik akan berubah menjadi “CEPAT” (warna merah). *Switch* kanan bertuliskan “TANAM” (warna hijau) jika diklik akan berubah menjadi “CABUT” (warna merah). *Switch* “MANUAL” (warna hijau) apabila diklik akan berubah menjadi “MANUAL” (warna merah).

Seperti pada Tabel 1, setiap tombol yang terdapat pada aplikasi akan mengirimkan data *char* tunggal satu karakter ke *bluetooth* master yaitu modul *Bluetooth HC-06* yang terdapat pada robot. Jumlah tombol kontrol yang tersedia ada sebanyak tujuh buah. Namun data *char* yang dikirimkan dapat berbeda tergantung dari kondisi tiga *switch* yang terdapat pada antarmuka aplikasi. Robot yang bersifat semi otomatis terdiri dari kontrol manual dan juga otomatis sebagai contoh pada saat mencabut padi, di proses otomatis robot yang sudah berada di posisi mencabut akan membuka dan menurunkan lengannya hingga ketinggian minimal ke batang pada kemudian mencabut dan meletakkannya pada keranjang. Sedangkan, proses manual dilakukan dengan menurunkan lengan dan membukanya terlebih dahulu baru memosisikannya ke batang padi secara manual, kemudian menekan tombol genggam dan cabut hingga padi diletakkan pada keranjang.

Pengujian dilakukan terhadap jarak

maksimum beserta *delay*-nya dari Android App Kontroller ke robot yang menggunakan komunikasi *bluetooth* dengan modul HC-06. Berdasarkan *datasheet* dan sejumlah tulisan, modul *Bluetooth HC-06* merupakan kategori *bluetooth* kelas 2 yang memiliki 33 kaki, atau kurang lebih 10 meter dengan frekuensi 2.4 GHz dan daya hingga 40 mA 3.3V [9]. Pengujian juga dilakukan terhadap modul kamera ESP32Cam untuk mengetahui jarak maksimum kamera tersebut dan juga pengaruh jaraknya terhadap kualitas video yang di-*streaming*. Pengujian pada kamera ESP32Cam memiliki dua skema, skema pertama ESP32Cam langsung melakukan tethering dan perangkat Android telepon terhubung langsung ke ESP32. Skema kedua ESP32Cam dan perangkat Android telepon terhubung secara *wireless* ke sebuah *router Tenda F9 600Mbps Wireless N Router* yang diletakan tepat di samping perangkat Android yang menerima hasil *streaming* dari kamera. Pengujian untuk kamera ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Pengujian Jarak pada Perangkat Modul Penerima *Bluetooth*

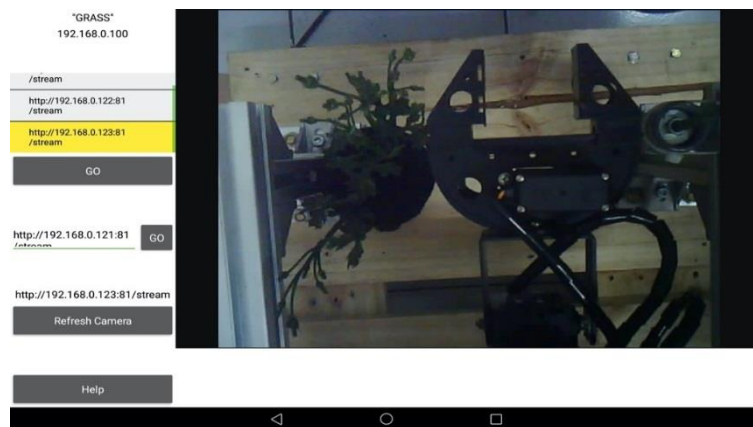
Jarak robot dari pengirim (meter)	Keterangan respon pada Robot
1	Tanpa <i>delay</i>
5	Tanpa <i>delay</i>
10	Tanpa <i>delay</i>
12	Tanpa <i>delay</i>
14	Tanpa <i>delay</i>
15	Tanpa <i>delay</i>
16	Tanpa <i>delay</i>
17	Tidak ada respon

Keterangan: pengujian dilakukan dengan menjalankan semua fungsi di tombol kontroler (pengirim) untuk masing-masing jarak yang di uji

Berdasarkan Tabel 2 dengan melakukan pengujian jarak transmisi data dengan *bluetooth* diperoleh bahwa tidak adanya jeda dari pengirim ke penerima pada robot untuk jarak kurang dari atau sama dengan 16 meter. Namun setelah memasuki jarak 17 meter, data tidak diterima sama sekali sehingga tidak adanya respon yang terjadi pada robot.

Pada Gambar 7 menunjukkan tampilan dari aplikasi Android untuk menampilkan hasil tangkapan kamera ESP32Cam yang

berada pada robot secara *streaming*. Aplikasi ini dibuat terpisah dari aplikasi kontrol karena pengguna yang akan mengoperasikan robot dapat menginstal aplikasi kontrol saja di perangkat Android masing-masing sedangkan perangkat untuk menampilkan kamera *streaming* disediakan dengan menggunakan *Tab Hwawei MediaPad T5* yang juga ditunjuk-kan pada Gambar 5. Posisi dari kamera mengarah ke *gripper set* yang berfungsi untuk melakukan penanaman dan panen.



Gambar 7. Keluaran dari Kamera ESP32Cam di Aplikasi Android

Tabel 3. Pengujian Jarak pada Perangkat Modul ESP32Cam sebagai Pengirim Video *Streaming*

Jarak robot dari penerima (meter)	Keterangan video pada layar perangkat Android (Skema 1)	Keterangan video pada layar perangkat Android (Skema 2)
1	Tanpa <i>delay</i>	Tanpa <i>delay</i>
5	Tanpa <i>delay</i>	Tanpa <i>delay</i>
7	Tanpa <i>delay</i>	Tanpa <i>delay</i>
9	<i>Delay</i> 0.5 detik	<i>Delay</i> 0.2 detik
10	<i>Delay</i> 0.5-1 detik	<i>Delay</i> 0.2 detik
11	<i>Delay</i> 1 detik	<i>Delay</i> 0.2 detik
12	Video berhenti	<i>Delay</i> 0.5 detik
13	Video berhenti	<i>Delay</i> 0.5 detik
14	Video berhenti	<i>Delay</i> 1 detik
15	Video berhenti	<i>Delay</i> 1 detik
16	Video berhenti	Video berhenti

Keterangan: Skema 1 dengan kondisi langsung *streaming* menggunakan modul ESP32Cam, Skema 2 dengan kondisi ESP32Cam terhubung ke *wireless router* eksternal

Berdasarkan Tabel 3 dengan melakukan pengujian jarak pada video *streaming* diperoleh bahwa pada skema 1 jeda mulai ada di jarak 9 meter dan semakin memburuk jika jarak makin jauh antara penerima dan robot. Penerima (Android telepon) tidak lagi menerima video streaming setelah jarak memasuki 12 meter. Pada skema 2, jeda mulai ada juga di jarak 9 meter namun lebih rendah dari skema pertama dan tidak lagi menerima video streaming setelah jarak memasuki 16 meter. Dikarenakan skema 2 lebih baik, maka peneliti memilih skema 2 untuk untuk kamera ESP32Cam pada *Agrobot-II*.

Pengujian terakhir dilakukan untuk menguji apakah kondisi untuk penanaman padi dan juga pencabutan padi berjalan dengan baik sesuai dengan fungsinya. Pengujian dilakukan untuk panen otomatis dari posisi padi 1, 2 dan 3, pencabutan otomatis dari atas, dan pencabutan manual. Jumlah pengujian yang dilakukan pada masing-masing kondisi berbeda, tergantung dari tingkat keberhasilan di awal pengujian yang dapat dilihat hasilnya pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4 dari hasil pengujian fungsi *Agrobot-II* untuk simulasi menanam dan mencabut padi diperoleh tingkat keberhasilan yang berbeda-beda pada simulasi penanaman padi.

Proses penanaman padi memiliki rata-rata 90% tingkat keberhasilan menanam dengan akurat. Proses pencabutan padi secara otomatis dari atas memiliki presentasi keberhasilan yang lebih rendah dari pencabutan manual dari bawah dengan selisih 20%. Hal ini dikarenakan pencabutan dari atas membutuhkan tingkat akurasi dan presisi yang lebih tinggi karena terhalang daun dari padi. Rata-rata keberhasilan dalam melakukan proses penanaman dari dua jenis skema yang berbeda yaitu 70%. 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

Setelah dilakukan proses pembuatan, pengaturan, dan juga pengujian pada robot simulasi penanaman padi *Agrobot-II* dari sisi sistem kendali diperoleh beberapa kesimpulan. Kesimpulan pertama yaitu semua fungsi tombol yang dibuat di aplikasi Android dengan komunikasi *bluetooth* berfungsi dengan semestinya. Jarak antara pengirim dan penerima pada sistem kendali tersebut tidak mengalami *delay* selama jaraknya masih kurang dari 16 meter.

Tabel 4. Pengujian Fungsi Simulasi Penanaman dan Pencabutan pada *Agrobot-II*

Kondisi Pengujian	Jumlah Pengujian	Jumlah Keberhasilan	Persentase Keberhasilan
Tanam 1	10	9	90%
Tanam 2	10	8	80%
Tanam 3	10	10	100%
Cabut (Atas)	20	12	60%
Cabut Manual	20	16	80%

Hasil ini sedikit berbeda dengan *datasheet* yang menuliskan jaraknya sekitar 10 meter.

Kesimpulan kedua untuk hasil *streaming video* dari kamera ESP32Cam dipilih skema kedua untuk *Agrobot-II* yaitu dengan menghubungkan ESP32Cam ke *router eksternal*. Hal ini dikarenakan dengan skema dua kamera mampu difungsikan dengan baik dan lancar hingga jarak 8 meter dan hanya memiliki *delay* 0.2 detik di jarak 11 meter. Koneksi kamera baru akan terputus saat memasuki jarak 16 meter. Skema ini memiliki hasil yang lebih baik namun membutuhkan perangkat eksternal tambahan

Berdasarkan hasil pengujian pada simulasi, tingkat keberhasilan penanaman hingga 90%, sedangkan proses pencabutan padi secara otomatis memiliki tingkat keberhasilan 60% lebih rendah 20% daya proses pencabutan manual.

Pada penelitian selanjutnya untuk meningkatkan kualitas dan fungsi dari robot ini adalah dengan menambahkan beberapa sensor agar robot dapat difungsikan otomatis. Perlu perangkat untuk dapat menambah jangkauan kontrol robot dan juga jangkauan kamera. Mekanik robot untuk proses memanen otomatis juga perlu diperbaiki

hingga memperoleh tingkat keberhasilan yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] CNN ID, "Jumlah petani berkurang, tingkat pengangguran di desa naik," *cnnindonesia.com*, 5 May 2018. [Daring]. Tersedia: <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20181105141729-532-344096/jumlah-petani-berkurang-tingkat-pengangguran-di-desa-naik>. [Diakses 9 April, 2020].
- [2] T. Duckett, S. Pearson, S. Blackmore, dan B. Grieve, "Agricultural robotics:the future of robotic agriculture," *UK-RAS Robotics and Autonomous System White papers*, 2018. [Daring]. Tersedia: <https://www.n8agrifood.ac.uk/media/dx-tile/Future-of-robotics-agriculture-1.pdf>. [Diakses 9 April, 2020]
- [3] R. R. Shamshiri, C. Weltzien, I. A. Hameed, I. J. Yule, T. E. Grift, S. K. Balasundram, L. Pitonakova, D. Ahmad, dan G. Chowdhary, "Research and development in agricultural

- robotics: A perspective of digital farming.” *International Journal of Agriculture and Biology Engineering*, vol. 11, no. 4, hal. 1 – 14, 2018.
- [4] M. D. I. Sujon, R. Nasir, M. M. I. Habib, M. I. Nomaan, J. Baidya, dan M. R. Islam, “Agribot: Arduino controlled autonomous multi-purpose farm machinery robot for small to medium scale cultivation,” *IEEE International Conference on Intelligent Autonomous Systems*, Oct. 2019, hal. 155 – 159.
- [5] 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, no. 1, Jun., hal. 15 – 20, 2019.
- [6] Kodular.io, “Kodular companion”, *play.google.com*, 5 April 2020. [Daring]. Tersedia: <https://play.google.com/store/apps/details?id=io.makeroid.companion&hl=en>. [Diakses: 10 April 2020].
- [7] Ai-Thinker, “ESP-32 CAM module,” *Shenzen Ai-Thinker Technology Co.*, 2017.
- [8] R. Sanros, “ESP32-CAM video streaming web server (works with home assistant),” *randomnerdtutorials.com*, 28 Maret 2019. [Daring]. Tersedia: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-video-streaming-web-server-camera-home-assistant/>. [Diakses: 9 April 2020].
- [9] L. Xin, E. Hwang, dan S. Mok, “HC-06 product data sheet,” *Guangzhou HC Information Technology Co.*, 2011. [Daring]. Tersedia: <http://silabs.org.ua/bc4/hc06.pdf>. [Diakses: 9 April 2020].