

DESAIN SISTEM MONITORING PERTUMBUHAN TANAMAN DAN PARAMETER TANAH SCADA

Deny Rachman Setiawan¹, Aryuanto Soetedjo², Radimas Putra Muhammad Davi Labib³

Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional, Kota Malang, Indonesia

¹denirachmansetiawan1@gmail.com, ²aryuanto@lecturer.itn.ac.id, ³radimas@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Pertanian memiliki andil penting dalam keberlangsungan hidup kita. Pada kasus ini, permasalahan yang sering terjadi yaitu pada pengukuran parameter tanah dan pertumbuhan tanaman yang tidak dapat diukur hanya dengan indera kita. Maka dari itu, Penelitian ini dikembangkan demi memenuhi kebutuhan petani dalam memonitoring pertumbuhan tanaman dan keadaan tanah hanya dengan melihat hasil monitoring. Dengan memanfaatkan *computer vision* dan sensor tanah JXCT. Penggunaan Haiwell Cloud HMI SCADA sebagai antarmuka dalam menunjukkan hasil akuisisi data. Pada pengukuran pertumbuhan tanaman menggunakan Raspberry Pi Camera dengan memanfaatkan metode Canny Edge Detection pada Library OpenCV, proses ini diimplementasikan menggunakan Raspberry Pi Zero 2W. Pada hasil pengujian dengan memanfaatkan metode Canny Edge Detection untuk mengukur tinggi tanaman mendapatkan kegagalan akurasi sebesar 4.61% dari 3 kali percobaan dengan tingkat akurasi 95.39%. Kemudian pada pengukuran parameter tanah menggunakan Sensor Tanah JXCT didapatkan hasil pembacaan data selama 6 hari dengan interval akuisisi data setiap 10 detik keberhasilan akuisisi data sebesar 99%, dalam percobaan tersebut kegagalan 1% diakibatkan oleh kesalahan jaringan sehingga akuisisi data tidak berjalan lancar. Dari penelitian ini, memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi monitoring pertumbuhan tanaman dan parameter tanah dengan mengintegrasikan sensor pembacaan parameter tanah dan *computer vision* untuk menghindari kemungkinan kegagalan pertumbuhan tanaman yang dapat diakses secara real-time.

Kata Kunci: *Pertanian, SCADA, Soil Sensor JXCT, Computer Vision*

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini perkembangan teknologi sudah hampir mencakup berbagai bidang seperti infrastruktur, perdagangan, perikanan, kedokteran dan khususnya pada bidang pertanian [1]. Pada bidang pertanian kita menemukan berbagai parameter tanah yang mempengaruhi pertumbuhan sebuah tanaman. Tidak hanya itu kadar pH dalam tanah juga dapat mengidentifikasi kesehatan suatu tumbuhan. Secara

umum rentang ideal pH tanah yang baik untuk tumbuhan pada 6- 7 [2]. Sehingga jika melebihi atau kurang dari rentang nilai tersebut dapat memperlambat pertumbuhan, karena penyerapan nutrisi tidak dapat dilakukan secara maksimal [2]. Tidak hanya itu kelembapan dan suhu tanah juga mempengaruhi pembentukan ruang pori dalam upaya mendapat sirkulasi udara yang baik dalam tanah [3]. Dimana akan berpengaruh pada unsur hara dan kegiatan mikroba dalam tanah [3].

Dalam berbagai penelitian Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) sudah banyak ditemukan dalam berbagai aspek kehidupannya. Selain sebagai sistem kendali, SCADA juga dapat digunakan sebagai monitoring dengan menyematkan berbagai sensor untuk mendapatkan akuisisi data dari berbagai parameter sensor yang telah disematkan [4]. Dengan kemajuan teknologi saat ini kecerdasan buatan (AI) yang menggunakan pembelajaran mendalam untuk analisis data, salah satunya yaitu Computer Vision.

Computer Vision merupakan kombinasi dari pengolahan citra dengan pengenalan pola [5]. Keluaran dari proses Computer Vision merupakan pemahaman informasi dari visual yang dideteksi. Computer Vision dapat dikembangkan secara luas sesuai kebutuhan kita.

Dengan mengembangkan sistem monitoring berbasis SCADA ini, maka dapat meningkatkan efisiensi dalam pertanian, memaksimalkan pertumbuhan tanaman, dan mengurangi resiko kerusakan tanaman. Karna pada dasarnya, keputusan diambil dari basis data yang didapat secara real-time dari tanaman sehingga mempermudah kita dalam mengambil tindakan dalam pengelolaan tumbuhan agar dapat mencapai hasil tumbuhan dengan kualitas baik.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. *Supervisory Control and Acquisition Data (SCADA)*

SCADA atau Supervisory Control and Data Acquisition adalah sebuah sistem yang dirancang untuk sebuah

pengendalian dan pengambilan data dalam pengawasan (manusia). Biasanya SCADA digunakan untuk pengendalian suatu proses pada industri[1]. Protokol SCADA sekarang dapat menggunakan TCP/IP berbasis Ethernet atau jaringan, dan pesan SCADA ditransfer melalui Modbus Protokol [6].

B. Human Machine Interface

Human Machine Interface (HMI) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status baik dengan manual, maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat real time [7]. Dimana HMI dapat dikustomisasi sesuai dengan kebutuhan dalam proses.

C. Modbus Protokol

Modbus Protokol Pada sistem ini, penggunaan modbus protokol digunakan sebagai protokol request-response, yang mana client meminta data (pesan) yang dibutuhkan kepada server dan server membalas client sesuai dengan permintaan client [8]. Adapun 4 tipe pesan yaitu:

1. Modbus request : pesan yang dikirim ke client untuk meminta data yang diperlukan.
2. Modbus indication : pesan yang permintaan diterima oleh server.
3. Modbus response : pesan respon dikirim oleh server kepada client.
4. Modbus confirmation : pesan response (data) yang diterima oleh client.

Protokol modbus mendefinisikan sebuah Protokol Data Unit (PDU) pada lapisan komunikasi, server jenis aksi apa yang dilakukan.

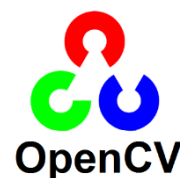


Gambar 1. Protokol Lapisan Komunikasi

Aplication Data Unit (ADU) dibangun oleh client dengan mengirim inisiasi transaksi data, dimana fungsi tersebut membuat server mengidentifikasi jenis aksi apa yang diperlukan oleh client dan mengirim format data yang diminta oleh client.

D. Open CV

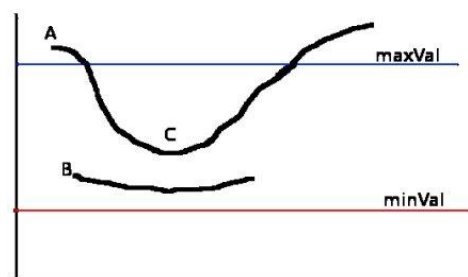
Open CV (Open Computer Vision) adalah suatu library yang dapat digunakan secara bebas (Open source), yang berfokus untuk menyelesaikan permasalahan pada computer vision dengan memproses citra [9]. Library ini menggunakan komposisi warna (Red,Green,Blue) untuk dapat mengubah citra. OpenCV sebagai sebuah platform yang berfokus pada pengolahan citra dengan menggunakan berbagai bahasa pemrograman sebagai antar muka dalam memanfaatkan library dari OpenCV itu sendiri. Sehingga dapat memanfaatkan fungsi algoritma yang sudah disediakan oleh OpenCV menjadi lebih luas.



Gambar 2. Logo Open CV

E. Canny Edge Detection

Operasi Canny Edge Detection adalah algoritma deteksi yang mengadopsi hysteresis, threshold dan memiliki pendekatan ambang batas, dari ambang batas tersebut berpengaruh penting terhadap hasil deteksi Edge Detection. Cara mendapatkan ambang batas yang akurat dan menentukan yang optimal [10]. Pada pelaksanaan skripsi ini memakai fungsi Hysteresis dan Thresholding.



Gambar 3. Hysteresis value

Dilihat dari Gambar 3 penggunaan hysteresis dan thresholding yaitu untuk memutuskan garis tepi yang benar dan yang tidak. Maka dari itu , penggunaanya memerlukan dua nilai ambang batas yaitu maxVal dan minVal. Dimana diasumsikan setiap tepi dengan gradient lebihdari maxVal merupakan garis tepi yang benar sedangkan untuk yang dibawah minVal bukan garis tepi. Sedangkan yang berada diantara dua ambang batas dapat dikategorikan sebagai tepi maupun bukan tepi,hal ini ditentukan dari konektivitas gradient mereka. Jika mereka terhubung ke piksel “sure-edge” maka dapat diklasifikasikan sebagai bagian dari edge, jika tidak maka dibuang.

F. PyModbusTCP

PyModbusTCP merupakan sebuah library yang digunakan pada Bahasa pemrograman Python untuk memberi model Client-Server untuk dapat berkomunikasi menggunakan Protokol Modbus. Pada masalah ini, Modbus Protokol yang digunakan yaitu Modbus TCP/IP, dimana Haiwel HMI sebagai Client, Raspberry Pi Zero 2W sebagai Server. Adapun penggunaan function yang memungkinkan klien untuk melakukan request atau write kepada server.

G. Soil Sensor JXCT

Soil Sensor JXCT merupakan multisensor low-cost yang memiliki tingkat akurasi tinggi dan respon cepat. Penggunaannya yang mudah dan fleksibel karna sudah dikalibrasi oleh pabrik. Spesifikasi parameter ukur Soil Sensor JXCT Seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Ukur Soil Sensor

	Suhu	Kelembapan	EC	pH	N	P	K
Jangkauan Operasi	-40 to 80°C	0-100%	0-10,000 $\mu\text{S/cm}$	3-9		0-1999mg/kg	
Resolusi	0.1°C	0.1%	10 $\mu\text{S/cm}$	0.01		1 mg/kg	
Tingkat Akurasi	$\pm 0.5^\circ\text{C}$	0-53% $\pm 5\%$ 53-100% $\pm 5\%$	-	± 0.3		$\pm 2\% \text{FS}$	
Daya	12-24 V DC						
Konektivitas	RS485 Modbus Protokol						
Respons	<1Detik						

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa Soil Sensor JXCT dapat mengukur 7 parameter tanah. Seperti suhu, kelembapan EC, pH Tanah, dan kadar pupuk Nitrogen, Phospor, dan Kalium beserta range. Dalam penggunaannya, Soil Sensor JXCT seperti pada Gambar 4 dilengkapi dengan 5 pin yang tertancap ke tanah untuk dapat mengukur parameter didalam tanah.



Gambar 4. Soil Sensor JXCT

H. Raspberry Pi Zero 2W



Gambar 5. Raspberry Pi Zero 2W

Seperti yang terlihat pada Gambar 5. Raspberry Pi Zero 2W merupakan perangkat keras ukuran kecil dengan menggunakan microprocessor sebagai pemrosesan data. Penggunaan Raspberry Pi Zero 2W pada sistem yaitu sebagai pemroses pengolahan citra dan sebagai server pada komunikasi Modbus TCP. Raspberry Pi Zero 2W pada rancangan sistem memuat sistem operasi Raspberry Pi OS 64bit dengan rincian spesifikasi seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Raspberry Pi

Spesifikasi	Keterangan
Processor	Broadcom BCM2710A1, quad-core 64-bit SoC(Arm Cortex-A53 @1GHz)
Memori	512MB LPDDR2 SDRAM
Konektivitas	- WiFi 2,4GHz IEEE 802.11b/g/n - Bluetooth 4.2,BLE
Port	- Port Mini HDMI - Konektor Kamera CSI-2 - Slot kartu microSD - USB 2.0
Dimensi	65mm x 30mm
Video	Mini HDMI
Suhu Operasi	-20°C hingga +70°C
Input Daya	5 V DC 2.5A

I. Elfin- EW11A



Gambar 6. Elfin EW11A

Elfin-EW11A pada rancangan sistem sebagai converter komunikasi dari Serial RS485 ke Ethernet (TCP/IP). Perangkat ini digunakan karena Soil Sensor JXCT memakai komunikasi serial RS485. Sehingga, agar pengiriman data dapat dilakukan secara nirkabel dan portabel penggunaan Elfin-EW11A sangat dibutuhkan. Adapun rincian spesifikasi dari Elfin-EW11A terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Elfin-EW11A

Spesifikasi	Keterangan
Processor	Cortex-M3
Sistem Operasi	FreeRTOS
RAM	128kB
Suhu Operasi	-25°C sampai 75°C
WiFi Mode	AP, AP+STA, STA
Fitur Pendukung	ModbusRTU to Modbus TCP
Catu Daya	5 - 18 V DC

J. *Raspberry Pi Camera V2*



Gambar 7. Raspberry Pi Camera

Raspberry Pi Camera merupakan produk yang dirancang khusus untuk single board Raspberry Pi. Dalam pemasangannya Raspberry Pi Camera menggunakan menggunakan antar muka CSI-2 yang kompatibel dengan port kamera CSI dari Raspberry Pi dan NVIDIA Jetson Nano [11]. Adapun rincian spesifikasi module kamera ini, terdapat pada Table 4.

Tabel 4. Spesifikasi Raspberry Pi Camera

Spesifikasi	Keterangan
Sensor	Sony IMX219
Resolusi Kamera	8MP
Resolusi Gambar	3280 x 2464
Resolusi Video	1080p@30Hz, 720p@60Hz, 640x480p@90Hz
Dimensi	25 x 24 x 9mm

K. *Power Supply*

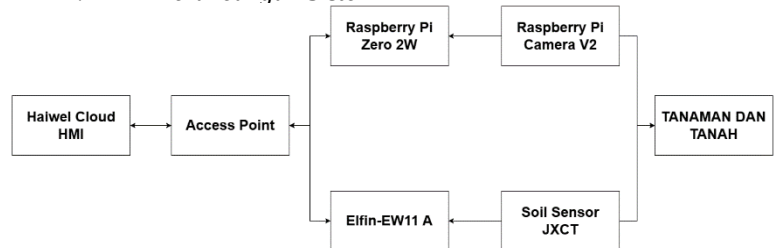


Gambar 8. Power Supply

Power supply adalah perangkat yang mengubah tegangan bolak – balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Dapat dilihat secara umum prinsip dari power supply terdiri dari beberapa komponen seperti transformator, diode dan kondensator [12]. Power supply pada rancangan system ini sebagai pemberi daya untuk dapat mengoperasikan keseluruhan alat.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. *Perancangan Sistem*



Gambar 9. Desain Sistem

Pada perancangan sistem ini menjelaskan tentang desain sistem monitoring dan alur pembacaan data, seperti pada

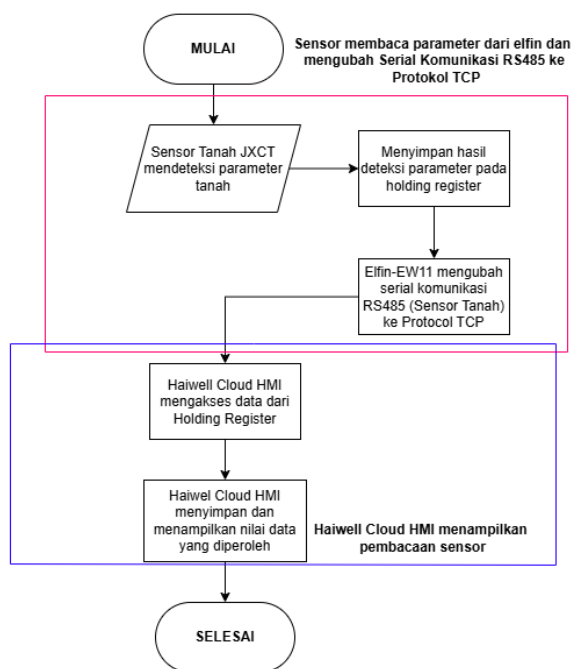
Gambar 9 dapat dijelaskan bahwa :

1. Soil sensor membaca parameter pada tanah.
2. Raspberry Pi Camera mengambil video capture dari tanaman.
3. Elfin-EW11A digunakan sebagai pengubah Serial Komunikasi RS485 ke Protokol TCP/IP (Melalui Jaringan).
4. Raspberry Pi Zero 2W digunakan sebagai pemroses pengolahan citra dan sebagai server (Modbus protocol).
5. Acces Point digunakan sebagai pengelola konektivitas dan memberikan alamat IP sebagai jalur komunikasi.
6. Haiwell Cloud HMI digunakan sebagai antarmuka untuk menampilkan hasil monitoring

B. *Flowchart*

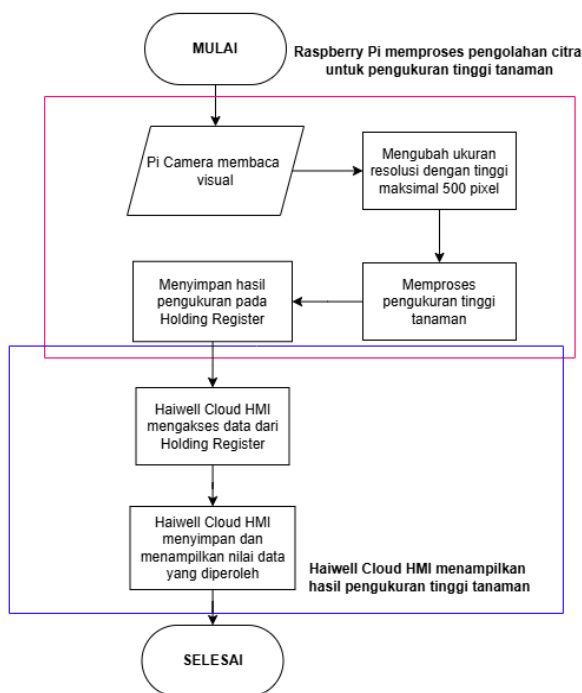
Pada sistem ini terdapat 2 flowchart yang berbeda, karena menggunakan pemrosesan, pembacaan, dan pengiriman data dengan 2 sensor dan device berbeda. Pada Gambar 10 merupakan flowchart dari sistem pengubah Serial

komunikasi RS485 ke Protokol TCP/IP. Sehingga dapat diakses oleh Haiwell Cloud HMI secara nirkabel.



Gambar 10. Flowchart Sistem Soil Sensor JXCT

Cara kerja dari flowchart pada Gambar 10, Haiwell membaca data dari sensor melalui holding register yang sudah dikonfigurasi pada Soil Sensor JXCT sehingga dapat diakses dengan mudah tanpa memerlukan perangkat PLC.



Gambar 11. Flowchart sistem Pi Camera

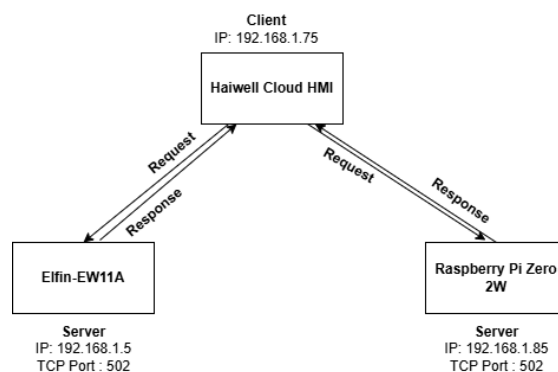
Cara kerja flowchart sistem pada Gambar 11, dimana Pi Camera mendeteksi keberadaan video capture. Dimana dilanjutkan dengan pengolahan citra yang dilakukan oleh Raspberry Pi Zero 2 W untuk mengeluarkan output berupa nilai tinggi tanaman.

C. Rancangan Hardware

Perancangan hardware membutuhkan beberapa tahapan dari setiap perangkat. Tahapan- tahapan yang dilakukan sebagai berikut :

1) Konfigurasi Sistem Komunikasi Modbus TCP

Konfigurasi Modbus TCP yang digunakan seperti pada Gambar 10, dimana hanya terjadi request (client) dan response (server) [8]. Konfigurasi yang digunakan pada rancangan system dimana Haiwell Cloud HMI sebagai client. Raspberry Pi Zero 2W dan Elfin-EW11A sebagai server, dengan konfigurasi IP Address dan Port seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Diagram Blok rancangan Modbus TCP

Konfigurasi dilakukan dalam 1 jaringan yang sama agar konektivitas antara client dan server dapat terjalin. Karena pengiriman packet melalui protokol layer 3 (Network) dan layer 4 (Transport), sehingga data yang dikirim harus melalui 1 jalur sehingga tidak akan terjadi loses atau kehilangan data karena jalannya lalu lintas jaringan.

a) Konfigurasi Elfin-EW11

Konfigurasi pada Elfin-EW11 dilakukan dengan memasukkan IP LAN (Default) yaitu 10.10.100.254 untuk settingan konfigurasi pada website

The image shows the configuration interface for the Elfin-EW11 device, divided into three sections: WAN Settings, LAN Settings, and WiFi Settings.

- WAN Settings:** DHCP is turned off. WAN IP is 192.168.1.5, Subnet Mask is 255.255.255.0, Gateway is 192.168.1.1, and DNS is 223.5.5.5.
- LAN Settings:** LAN IP is 10.10.100.254, Mask is 255.255.255.0, and DHCP Server is turned on.
- WiFi Settings:** WiFi Mode is AP+STA. AP SSID is PL2_DENY, AP KEY is empty, AP Channel is AUTO. STA SSID is Nokia5_plus, and STA KEY is empty. A Scan button is at the bottom.

Gambar 13. Konfigurasi Elfin-EW11

Konfigurasi dilakukan dengan setting IP WAN menjadi Static atau mematikan DHCP seperti pada Gambar 13. Lalu melakukan scanning pada WiFi yang akan menjadi Access Point seperti pada point >WiFi Setting. Static IP dilakukan agar IP Address yang sudah diset tidak berubah dan tetap mengikuti konfigurasi yang ditentukan pada Gambar 12.

b) Konfigurasi Raspberry Pi

Konfigurasi IP pada Raspberry dilakukan dengan Klik kanan pada logo WiFi > Wireless & Wired Network Settings > Network Preferences.

The image shows the Network Preferences window on a Raspberry Pi. The 'Configure' dropdown is set to 'wlan0'. The 'IPv4 Address' is set to 192.168.1.85, 'IPv6 Address' is empty, 'Router' is 192.168.1.1, 'DNS Servers' is 1.1.1.1, and 'DNS Search' is empty. There are 'Clear', 'Apply', and 'Close' buttons at the bottom.

Gambar 14. Konfigurasi IP Raspberry Pi

Konfigurasi pada Gambar 14 dilakukan untuk mencegah IP Address Raspberry Pi Zero 2W memilih acak IP Address sehingga pada

D. Rancangan Software

Rancangan software dilakukan untuk beberapa tahapan pada pengolahan citra oleh Raspberry Pi dan pengiriman data dari Soil Sensor JXCT ke Haiwell HMI serta hasil nilai

pengolahan citra (Tinggi Tanaman), berikut tahapan yang dilakukan

1) Modbus Client – Server Soil Sensor JXCT

Seperti pada Gambar 12, Soil Sensor JXCT sebagai Server memberi response saat Haiwell Cloud HMI sebagai Client melakukan Request terhadap Server [8]. Karena Soil Sensor sudah secara default memberi Holding Register Address tanpa harus melakukan konfigurasi, sehingga dapat secara langsung dihubungkan kepada Client. Adapun Modbus Address data dalam pengoperasian Soil Sensor JXCT RS485 ke WiFi converter (Elfin-EW11A) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Addressing JXCT

Nama Variabel	Holding Register Address	Satuan
Nilai pH Tanah	6	0.01pH
Nilai Kelembapan Tanah	18	0.1% RH
Nilai Suhu Tanah	19	0.1°
Konduktivitas Listrik	21	us/cm
Nilai Kadar Nitrogen	30	mg/kg
Nilai Kadar Phospor	31	mg/kg
Nilai Kadar Kalium	32	mg/kg

Dari Holding Register yang didapat pada Tabel 5, akan dapat dibaca dengan memakai port number 502 sesuai pada Gambar 12. Dan untuk menampilkan nilai yang didapat dari pembacaan Holding Register ditunjukkan pada Gambar 14.

Tabel 6. Modbus Function Code

Function Code	Keterangan
01	Read Coils
02	Read Discrete Input
05	Write Single Coil
15	Write Multiple Coil
03	Read Holding Register
06	Write Single Register
16	Write Multiple Register

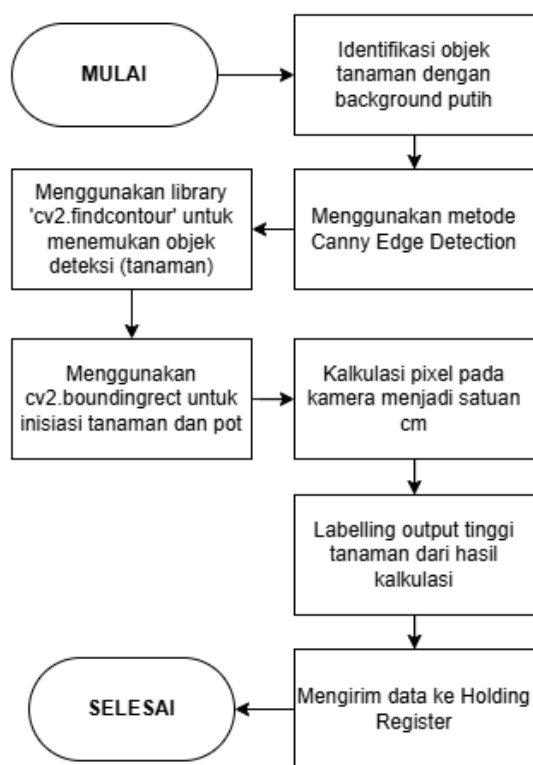
Dari Gambar 15. kita perlu set data eksternal variabel pada software Haiwell Cloud SCADA Designer. Sehingga kita dapat memakai function code untuk melakukan request data sesuai dengan holding register. Dalam proses request, PDU didefinisikan dengan function code 03 (Read Holding Register) kode fungsi ini berfungsi untuk membaca register yang tersimpan pada perangkat yang telah terhubung (Raspberry Pi Zero 2W dan Elfin-EW11) [8].

Modbus_PL1_NPK	PL1_N	4X30		Integer	Read only
Modbus_PL1_NPK	PL1_P	4X31		Integer	Read only
Modbus_PL1_NPK	PL1_K	4X32		Integer	Read only
Modbus_PL1_EW_pH_Var	PL1_PH	4X6		Integer	Read only
Modbus_PL1_EW_Temp_Var	PL1_soil_moisture	4X18		Integer	Read only
Modbus_PL1_EW_Temp_Var	PL1_soil_temp	4X19		Integer	Read only
Modbus_PL1_EW_Temp_Var	PL1_soil_cond	4X21		Integer	Read only
M_Rpi	M_Raspi	4X1		Integer	Read only

Gambar 15. Eksternal Variabel

2) Kalibrasi Kamera

Tahapan kalibrasi kamera ini untuk penyesuaian kamera agar dapat mengukur objek tanaman dengan akurat [10]. Proses kalibrasi dilakukan dengan memberi objek pasti dengan tinggi 10 cm, dalam hal ini objek yang digunakan yaitu kertas yang sudah dipotong dengan tinggi 10 cm. Adapun diagram alir yang dapat diambil dari proses kalibrasi kamera dan pengolahan citra yang dilakukan seperti pada Gambar 16.



Gambar 16. Flowchart Pengolahan Citra

Dari Gambar 16 dapat diketahui yaitu:

- Identifikasi objek tanaman dengan background putih. Identifikasi ini dilakukan untuk mengumpulkan sampling mengenai gambar dan objek yang ingin dideteksi.

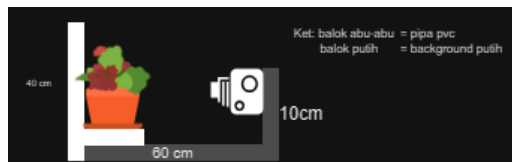
- Penggunaan Metode Canny Edge Detection untuk mengurai garis tepi sehingga mendapat nilai pengukuran yang lebih akurat. Dengan memanfaatkan Canny Edge Detection khususnya fungsi histeris dan contouring maka akan didapat nilai minVal dan maxVal yang tepat di ambang batas minimum dan maksimum.
- Library find contour (cv2.FindContours) digunakan untuk memfilter contour dari output canny sehingga dapat ditemukan beberapa objek yang memasuki nilai ambang batas.
- Contouring pot dan inisiasi tumbuhan, proses ini diperlukan untuk dapat memfilter contour yang didapat dari library find contour, menjadi 2 contour saja yaitu Pot dan tanaman yang paling besar sehingga agar contour tidak bercabang sehingga menyulitkan dalam menentukan objek yang dideteksi.
- Kalkulasi tersebut, untuk menentukan nilai dari ketinggian objek yang telah dideteksi (Tanaman) menjadi satuan centimeter. Dimana perhitungan dilakukan dengan logika Width x Height ≥ 5000 pixel, maka diidentifikasi sebagai pot. Dari logika tersebut didapatkan nilai maksimum tinggi yang dapat diidentifikasi sebagai pot. Namun jika tinggi yang didapat melebihi pot atau kurang dari pot, maka diidentifikasi sebagai tanaman.
- Labelling output digunakan untuk menampilkan Tinggi Tanaman jika di akses melalui Graphical User Interface dari Raspberry Pi.
- Mengirim Data ke Holding Register dilakukan agar Haiwell Cloud HMI (Client) dapat mengakses nilai (Tinggi Tanaman) dari pengolahan citra yang sudah dilakukan.

3) Modbus TCP pada Raspberry Pi Zero 2W

Pada tahap ini Konfigurasi Modbus TCP pada Raspberry Pi menggunakan library PyModbusTCP.. Dimana perangkat Raspberry Pi akan dijadikan sebagai server, maka library yang digunakan yaitu pyModbusTCP.server dengan memberikan IP Address dan Port sesuai dengan Gambar 12. Lalu mensetting holding register address pada address holding register yang kosong dalam masalah ini menggunakan Holding Register 0, address tersebut digunakan untuk menyimpan alamat memori dimana data atau instruksi nilai (value) disimpan. Sehingga dalam proses komunikasi Haiwell Cloud HMI hanya perlu melakukan request agar data yang sudah disimpan dapat dibaca dan ditampilkan pada HMI.

E. Perakitan Alat

Perakitan alat yang dimaksud pada penelitian ini yaitu membuat bracket Modul Raspberry Pi, Raspberry Pi Camera dan objek tumbuhan yang akan diukur ditempatkan. Bahan pembuatannya menggunakan pipa pvc agar dapat dipakai secara portable. Model perakitan dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Model Alat

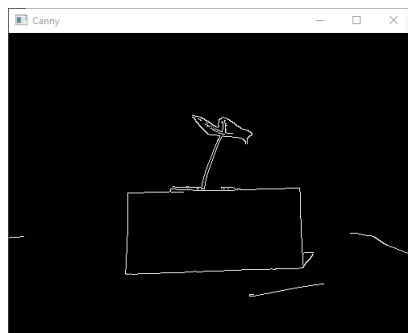
IV. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Setelah melakukan perancangan hardware, software dan realisasi perakitan alat. Selanjutnya dilakukan pengujian alat dimana dilakukan secara berulang untuk melihat apakah rancangan sistem telah berjalan dengan baik atau tidak.

A. Pengujian Pengukuran Tinggi Tanaman

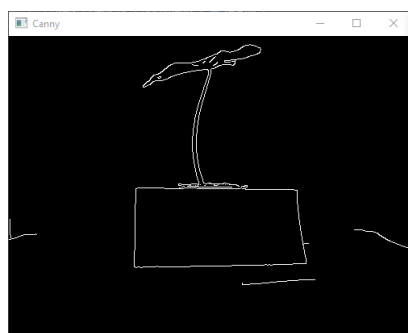
Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui tingkat akurasi pengolahan citra dan pengukuran menggunakan sistem dengan membandingkan pengukuran secara manual [10]. Adapun hasil dari proses pengolahan citra untuk pengukuran tinggi tanaman sebagai berikut :

1) Hasil Proses Deteksi dengan Canny Edge Detection



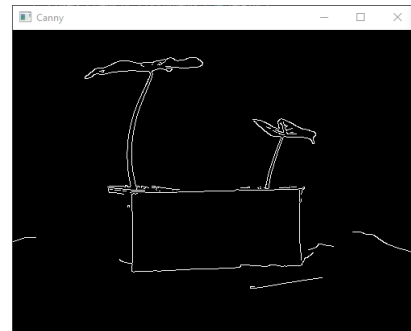
Gambar 18. Metode Canny Tanaman 1

Dari Gambar 18, dalam proses canny edge detection ada 2 benda yang terdeteksi sebagai garis tepi terbesar yaitu pot yang kedua tanaman dan beberapa garis tepi kecil yaitu bayangan yang terdeteksi oleh kamera.



Gambar 19. Metode Canny Tanaman 2

Dari Gambar 19, dalam proses canny edge detection ada 2 benda yang terdeteksi sebagai garis tepi dengan ambang batas terbaik yaitu pot yang kedua tanaman dan beberapa garis tepi kecil dari bayangan yang terdeteksi oleh kamera.

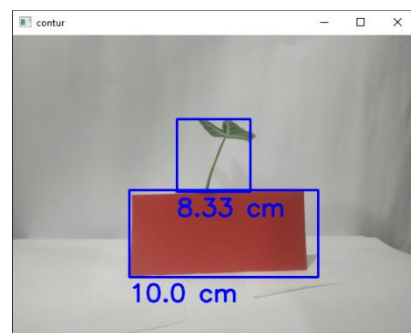


Gambar 20. Metode Canny Tanaman 3

Dari ke 3 penggunaan metode Canny pada Gambar 18 -20 , dapat diambil kesimpulan bahwa garis tepi yang di deteksi sudah cukup baik walaupun masih ada beberapa Error yang disebabkan oleh bayangan atau lipatan dari background. Dapat disimpulkan bahwa Contouring dan hysteresis telah berhasil karna garis yang dibutuhkan dalam pengukuran berada pada nilai ambang batas.

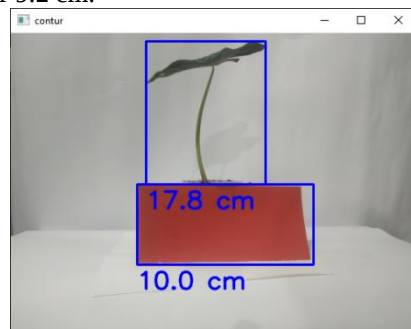
2) Hasil Pengukuran Tanaman

Pada hasil penelitian ini, menggunakan library contouring untuk menangkap objek yang dituju. Sehingga untuk objek yang tidak dituju maka akan tidak terdeteksi atau terdeteksi sebagai pot (tinggi 10 cm).



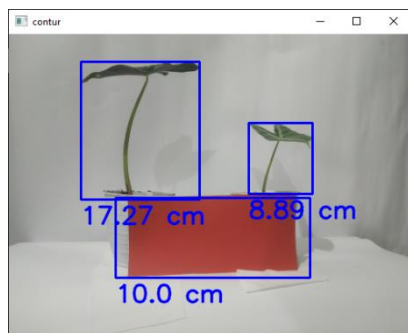
Gambar 21. Hasil Pengukuran Tumbuhan 1

Dari gambar 21, hasil pengukuran pengolahan citra tumbuhan 1 yaitu 8.33 cm dan pada pengukuran manual sebesar 9.2 cm.



Gambar 22. Hasil Pengukuran Tumbuhan 2

Dari gambar 22, hasil pengukuran pengolahan citra tumbuhan 2 yaitu 17.8 cm dan pada pengukuran manual sebesar 18 cm.



Gambar 23. Hasil Pengukuran 2 Objek tumbuhan

Dari hasil 3 pengukuran yang dilakukan seperti pada Gambar 21-23 . Dimana pada Gambar 23 merupakan 2 objek tanaman pada Gambar 21 dan Gambar 22. Adapun error yang terhitung dari pengukuran oleh pengukuran citra dengan pengukuran secara manual terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Error Pengukuran Tinggi

Hasil (cm)				
Percobaan	Pengolahan Citra (cm)	Mistar ukur (cm)	Selisih	Error%
1	8.33	9.2	0.87	0.09%
2	17.8	18	0.2	0.01%
3	8.89	9.2	0.31	0.033%
	17.27	18	0.73	0.04%
				0.04%

Dari hasil perbandingan hasil pengolahan citra dengan pengukuran secara manual didapat nilai error seperti pada Tabel 7. Dapat disimpulkan bahwa dengan rata – rata selisih pengukuran sebesar 0.04%. Pengujian ini menggunakan 2 Tanaman sebagai sampling pengukuran dengan total 3 kali percobaan. Percobaan 1 dan 2 menggunakan 2 tanaman sedangkan percobaan ke 3 menggabungkan tanaman percobaan 1 dan 2 dalam 1 frame.

B. Menampilkan Monitoring Parameter dan Pertumbuhan Tanaman pada SCADA

Pada bagian ini, dapat dijelaskan, bahwa untuk mengakses data yang diberikan oleh Soil Sensor, perlu setting Holding Register Address pada Tabel 5, sedangkan untuk akses data dari pengolahan citra menggunakan holding register addres 0. dengan mengakses function code 03 (Read Holding Register) sehingga dapat membaca data yang tersimpan pada holding register dari Soil Sensor JXCT. Setelah melalui tahapan tersebut maka akan muncul seperti pada Gambar 24.



Gambar 24. Tampilan Haiwell Cloud HMI

Pada Gambar 24. Height = Tinggi Tanaman dari data deteksi pengolahan citra dari Raspberry Pi Zero 2W, dengan parameter yang di ukur oleh sensor JXCT seperti Suhu tanah, Kelembapan, Konduktivitas, dan Kadar N P K.

Gambar 25. Tampilan History Data Soil Sensor

Dari tampilan Haiwell Cloud HMI juga dapat menampilkan data historis pembacaan sensor JXCT seperti pada Gambar 25. Dengan menggunakan fungsi ini, maka sangat mudah untuk dapat memonitoring setiap waktu parameter tanah pada tumbuhan yang kita rawat.

V. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan trial-error pada pembacaan data register dan pengolahan citra, dapat disimpulkan bahwa pembacaan yang dilakukan tidak ada error kecuali saat jaringan internet sedikit buruk maka data tidak akan terkirim. Sedangkan pada pengolahan citra dengan rata – rata error sebesar 0.04% dapat dikatakan kalau tingkat akurasi dari pengolahan citra tersebut tinggi. Pada perancangan Desain Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman dan Parameter Tanah SCADA dapat direalisasikan dengan menekan budget atau dapat dikatakan low-cost. Karena tidak memerlukan pengolahan menggunakan computer, cukup dengan microprosesor Raspberry Pi. Dan penggunaan kamera tidak memerlukan kamera berspesifikasi tinggi.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. I. Shofari, D. B. Margana, and D. Saefudin, "Sistem Pemantauan Pengendalian Suhu Udara Dan Kelembaban Tanah Pada Lahan Pertanian Berbasis Scada".
- [2] F. Rahmah, F. Hidayanti, and M. Innah, "Penerapan Smart Sensor untuk Kendali pH dan Level Larutan Nutrisi

pada Sistem Hidroponik Tanaman Pakcoy,” *JTIK*, vol. 6, no. 5, pp. 527–534, Oct. 2019, doi: 10.25126/jtiik.2019651738.

[3] H. Karamina, W. Fikrinda, “Kompleksitas pengaruh temperatur dan kelembapan tanah terhadap nilai pH tanah di perkebunan jambu biji varietas kristal (Psidium gajava I.) Bumiaji, Kota Batu, Jurnal Kultivai Vol.16, (3) Desember 2017

[4] G. Santoso, S. Hani, and R. Prasetyo, “Sistem Monitoring Kualitas Tanah Tanaman Padi dengan Parameter Suhu dan Kelembaban Tanah Berbasis Internet of Things (IoT),” *Prosidi Sem Nas Teknoka*, vol. 5, pp. 146–155, Dec. 2020, doi: 10.22236/teknoka.v5i.297.

[5] V. Wiley and T. Lucas, “Computer Vision and Image Processing: A Paper Review,” *Int. J. Art. Intell. Research*, vol. 2, no. 1, p. 22, Jun. 2018, doi: 10.29099/ijair.v2i1.42.

[6] R. Dheeraj, H. Guo, B. Veeravalli, and X. Yu, “Design and Development of SCADA Firewall Security Features for Protecting Industrial Operations,” in *2019 IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium (APWCS)*, Singapore: IEEE, Aug. 2019, pp. 1–5. doi: 10.1109/VTS-APWCS.2019.8851675.

[7] H. Haryanto and S. Hidayat, “Perancangan HMI (Human Machine Interface) Untuk Pengendalian Kecepatan Motor DC,” *JIS*, vol. 1, no. 2, p. 58, Mar. 2016, doi: 10.36055/setrum.v1i2.476.

[8] A. Soetedjo and E. Hendrianti, “Development of an IoT-Based SCADA System for Monitoring of Plant Leaf Temperature and Air and Soil Parameters,” *Applied Sciences*, vol. 13, no. 20, p. 11294, Oct. 2023, doi: 10.3390/app132011294.

[9] Z. Xu, X. Baojie, and W. Guoxin, “Canny edge detection based on Open CV,” in *2017 13th IEEE International Conference on Electronic Measurement & Instruments (ICEMI)*, Yangzhou, China: IEEE, Oct. 2017, pp. 53–56. doi: 10.1109/ICEMI.2017.8265710.

[10] R. B. Putra and K. Saputra, “Sistem Pengukur Tinggi Tanaman dengan Computer Vision dan Raspberry PI,” vol. 16, no. 01.

[11] A. F. Symon, N. Hassan, H. Rashid, I. U. Ahmed, and S. M. Taslim Reza, “Design and development of a smart baby monitoring system based on Raspberry Pi and Pi camera,” in *2017 4th International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE)*, Dhaka: IEEE, Sep. 2017, pp. 117–122. doi: 10.1109/ICAEE.2017.8255338.

[12] M. Cahyadi, E. Nasrullah, and A. Trisanto, “Rancang Bangun Catu Daya DC 1V–20V Menggunakan Kendali P-I Berbasis Mikrokontroler,” vol. 10, no. 2, 2016.

VII. BIODATA PENULIS



Deny Rachman Setiawan lahir di Kota Bandung, Jawa Barat, pada 06 September 2001. Mengenyam pendidikan menengah akhir di SMK Negeri 8 Malang. Dengan memilih keahlian kompetensi Teknik Komputer dan Jaringan. Email penulis yaitu denirachmansetiawan1@gmail.com.

Selama berkuliah di Institut Teknologi Nasional Malang penulis mengikuti kegiatan sebagai asisten laboratorium jaringan komputer serta memilih keahlian Teknik Elektronika