



PENGEMBANGAN *PLANT PHENOTYPING SYSTEM* UNTUK MONITORING PERTUMBUHAN TANAMAN SAYURAN DAUN DI DALAM *GREENHOUSE*

FAKHRI AMIR FANSURI



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pengembangan *Plant Phenotyping System* untuk Monitoring Pertumbuhan Tanaman Sayuran Daun di dalam *Greenhouse*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Desember 2024

Fakhri Amir Fansuri
F1401201109

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

FAKHRI AMIR FANSURI. Pengembangan *Plant Phenotyping System* untuk Monitoring Pertumbuhan Tanaman Sayuran Daun di dalam *Greenhouse*. Dibimbing oleh HERRY SUHARDIYANTO dan MOHAMAD SOLAHUDIN.

Lahan pertanian yang semakin terbatas mendorong penerapan teknologi hidroponik di dalam *greenhouse* untuk membudidayakan tanaman sayuran daun. Pertumbuhan tanaman sayuran daun di dalam *greenhouse* perlu dimonitor secara *real-time* untuk menjadi dasar bagi pengendalian lingkungan pertumbuhan tanaman tersebut. Namun, untuk proses budidaya tanaman sayuran daun di dalam *greenhouse* yang luas, monitoring pertumbuhan tanaman tersebut secara akurat memerlukan suatu sistem monitoring yang unggul. Penelitian ini bertujuan untuk merancang *plant phenotyping system* berbasis *Internet of Things* (IoT), yang mencakup perangkat keras dan perangkat lunak sehingga mampu memonitor pertumbuhan tanaman sayuran daun di dalam *greenhouse* secara *real-time*. *Plant phenotyping system* ini dirancang untuk mengambil citra tanaman menggunakan kamera, mengirim data ke *server*, dan menampilkan hasilnya secara *real-time* pada *website* melalui *user interface*. Penelitian ini mencakup tahapan-tahapan analisis sistem, perancangan, implementasi, pengujian, dan evaluasi kinerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *plant phenotyping system* yang dikembangkan dapat mengambil citra seluruh tanaman yang berada di sebelah kanan dan kiri perangkat sistem tersebut dengan ukuran panjang 80 cm dan lebar 60 cm. Citra yang diambil dalam setiap pengambilan citra meliputi 72 citra tanaman. Mutu seluruh citra tanaman yang diambil memadai untuk dianalisis. Perangkat sistem tersebut dilengkapi motor listrik yang dapat menggerakkan perangkat sistem tersebut untuk maju di atas rel dan mengambil citra setiap 52 cm dengan *overlap* sebesar 8 cm. Ketinggian kamera bervariasi antara 112 cm dan 124 cm tergantung posisi tanaman terhadap kamera karena tanaman dibudidayakan di saluran larutan hara yang memiliki kemiringan 0,03 %. Waktu total rata-rata yang dibutuhkan untuk pengambilan citra hingga kembali ke titik semula adalah 40 menit. Citra diolah menggunakan *deep learning* untuk memperoleh nilai luas permukaan daun. Hasil citra dapat diakses secara *real-time* melalui *website*, sehingga memudahkan pengguna dalam memonitor kondisi tanaman.

Kata kunci: hidroponik, *internet of things*, *plant phenotyping system*, *deep learning*, robot.



ABSTRACT

FAKHRI AMIR FANSURI. Development of a Plant Phenotyping System for Monitoring the Growth of Leafy Vegetables in Greenhouse. Supervised by HERRY SUHARDIYANTO and MOHAMAD SOLAHUDIN.

Increasingly limited agricultural land is encouraging the application of hydroponic technology in greenhouses for cultivating leafy vegetable crops. The growth of these leafy vegetables in the greenhouse must be monitored in real-time to provide a basis for environmental control of the plants' growth. However, accurately monitoring the growth of leafy vegetables in a large greenhouse requires a robust monitoring system. This research aims to design a plant phenotyping system based on the Internet of Things (IoT), which includes both hardware and software components, enabling real-time monitoring of leafy vegetable plants in the greenhouse. The system is designed to capture images of the plants using a camera, send the data to a server, and display the results in real-time on a website via a user interface. The research encompasses several stages: system analysis, design, implementation, testing, and performance evaluation. The results indicate that the developed plant phenotyping system can capture images of all plants to the right and left of the system device, covering an area with a length of 80 cm and a width of 60 cm. The images taken in each image capture include 72 plant images. The quality of all images is deemed adequate for analysis. The system device is equipped with an electric motor that moves the system device along a rail, capturing images every 52 cm with an overlap of 8 cm. The camera height varies between 112 cm and 124 cm, depending on the position of the plants relative to the camera as the plants are cultivated in a nutrient solution channel with a slope of 0.03%. The average total time required for image capture to return to the original point is 40 minutes. The images are processed using deep learning techniques to obtain leaf surface area values. Image results can be accessed in real-time through the website, facilitating easier monitoring of plant conditions for users.

Keywords: hydroponic, internet of things, plant phenotyping system, deep learning, robot.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

PENGEMBANGAN *PLANT PHENOTYPING SYSTEM* UNTUK MONITORING PERTUMBUHAN TANAMAN SAYURAN DAUN DI DALAM *GREENHOUSE*

FAKHRI AMIR FANSURI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr



Judul Skripsi : Pengembangan *Plant Phenotyping System* untuk Monitoring
Pertumbuhan Tanaman Sayuran Daun di dalam *Greenhouse*

Nama : Fakhri Amir Fansuri

NIM : F1401201109

© Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Herry Suhardiyanto, M.Sc

Pembimbing 2:

Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si

Diketahui oleh

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem:

Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc., Agr

NIP 196304251989031001

Tanggal Ujian:
27 September 2024

Tanggal Lulus:

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini dengan judul “Pengembangan *Plant Phenotyping System* untuk Monitoring Pertumbuhan Tanaman Sayuran Daun di dalam *Greenhouse*” berhasil diselesaikan.

Skripsi ini tersusun atas bimbingan dan kerja sama dari berbagai pihak selama penulisan, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dosen pembimbing, yaitu Bapak Prof. Dr. Ir. Herry Suhardiyanto, M.Sc dan Bapak Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si, yang telah membimbing, memotivasi, memberikan saran dan membantu penelitian ini sehingga dapat terselesaikan
2. Ayah (Amir Tengku Ramly), Bunda (Erlin Trisyulianti), Kakak (Farhah Amira Fonna), Adik (Fasya Amir As-Sidqi dan Fasli Amir Faqih), yang telah memberikan doa dan semangat sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Ahmad, Bapak Dharma, Bapak Yayan, dan Bapak Angga selaku teknisi pada Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian yang telah membantu saya dalam menyelesaikan penelitian.
4. Pemilik NIM F1401201086, yang telah menemani dan memberikan bantuan baik itu tenaga, dukungan dan semangat selama masa perkuliahan, hingga penelitian ini dapat terselesaikan.
5. Pak Bayu, dan Pak Dirman yang telah memberikan bantuan, masukan, dan saran selama penelitian di Laboratorium Lapangan Siswadhi Soepardjo, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian di Leuwikopo.
6. Adli, Rayhan, Adela, Messa, Anisya, dan Aldika, yang selalu memberikan dukungan dan semangat selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman seperjuangan pada Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem angkatan 57 “MEISTER” atas kebersamaan, kebahagiaan dan kekeluargaannya.
8. Teman-teman IP Himateta 2021/2022, IP Himateta 2022/2023, KKN Banjarsari yang telah membantu selama masa perkuliahan.
9. Seluruh pihak yang telah bersedia memberikan bantuan dan bimbingannya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Desember 2024

Fakhri Amir Fansuri



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Plant phenotyping</i>	4
2.2 Sistem Monitoring Tanaman di <i>Greenhouse</i>	4
2.3 <i>Internet of Things</i>	4
2.4 <i>Web Server</i>	5
2.5 <i>Deep Learning</i>	5
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Kerja	7
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Hasil Analisis Sistem	13
4.2 Hasil Perancangan Sistem	16
4.3 Hasil Pengujian sistem	19
V SIMPULAN DAN SARAN	26
5.1 Simpulan	26
5.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN	29



DAFTAR TABEL

1	Fungsi dan Spesifikasi dari Komponen Perangkat Keras Sistem	9
2	Hasil analisis jaringan komunikasi	16

DAFTAR GAMBAR

1	Taksonomi <i>artificial intelligence</i>	6
2	<i>Greenhouse tipe standard peak</i> dengan sistem hidroponik <i>Nutrient Film Technique</i> (NFT)	7
3	Diagram alir tahapan penelitian	8
4	Diagram alir tahapan kerja sistem	11
5	Skema sistem monitoring	12
6	Rancangan rangka utama perangkat <i>plant phenotyping system</i>	13
7	Transmisi daya pada perangkat <i>plant phenotyping system</i>	14
8	Grafik hubungan tinggi kamera dengan lebar kerja tegak lurus gerak maju perangkat sistem	15
9	Grafik hubungan tinggi kamera dengan jarak searah gerak maju perangkat sistem	15
10	Skema gerak maju perangkat <i>plant phenotyping system</i>	17
11	Rancangan rangkaian listrik	18
12	Rancangan <i>user interface</i>	18
13	Skema rancangan jaringan komunikasi	19
14	<i>Voltmeter</i>	19
15	Potongan program komputer untuk memberi perintah agar perangkat sistem bergerak pada waktu yang ditentukan	19
16	Potongan program komputer untuk memberi perintah perangkat sistem agar bergerak maju	20
17	Perangkat sistem monitoring <i>plant phenotyping</i> dalam pengujian kinerjanya	21
18	Hasil pemotretan dengan kamera yang ditempatkan di bagian kiri perangkat sistem	21
19	Hasil pemotretan dengan kamera yang ditempatkan di bagian kanan perangkat sistem	22
20	Potongan program komputer yang memberi perintah kepada perangkat sistem untuk mengambil citra	22
21	Ilustrasi pemotretan untuk pengambilan citra tanaman	23
22	Potongan program komputer untuk memberi perintah mengirim citra	23
23	Tampilan awal pada <i>website</i>	24
24	Tampilan pendahuluan pada <i>website</i>	24
25	Tampilan hasil monitoring pada <i>website</i>	25
26	Citra awal sebelum diolah	25
27	Citra hasil filterisasi	25
28	Citra hasil binerisasi	26

© Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR LAMPIRAN

1.	Gambar proyeksi rancang bangun <i>plant phenotyping system</i>	30
2.	Perhitungan kebutuhan torsi motor dan perhitungan peningkatan torsi	31
3.	Perhitungan pergerakan pada saat mengambil citra	32
4.	Gambar rancangan rel gerak	33
5.	Tangkapan kamera <i>webcam</i>	34
6.	Koding phyton	36
7.	Tampilan citra pada website	43

© Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.