

MONITORING PERTUMBUHAN TANAMAN PAKCOY BERBASIS INTERNET OF THINGS

PAKCOY GROWTH MONITORING BASED ON INTERNET OF THINGS

Fabian Dewantara Santonie¹, Kharisma Bani Adam², Mohamad Ramdhani³

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹fabian Dewantara@student.telkomuniversity.ac.id, ²kharismaadam@telkomuniversity.ac.id,

³mohamadramdhani@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Hidroponik merupakan metode penanaman yang tidak menggunakan tanah sebagai media penanaman, tetapi menggunakan air untuk memberikan nutrisi pada tanaman. Hidroponik memiliki banyak kelebihan yaitu hasil tanam yang lebih baik karena kebutuhan nutrisi tanaman diberikan secara langsung dan juga tidak dibutuhkan lahan yang luas untuk penanaman secara hidroponik. Tetapi, hidroponik memiliki kekurangan yaitu pemilik perlu meluangkan waktu ekstra karena harus mengecek kondisi tanaman dan lingkungan hidroponik setiap hari. Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah membantu pengguna media tanam hidroponik untuk melakukan monitoring pertumbuhan dan informasi mengenai masa panen melalui smartphone.

Untuk mendeteksi masa panen tanaman dilakukan pelatihan dengan mengambil citra tanaman dan ditentukan persentasi luas daun pada citra. Ketika batas luas daun sudah dilewati maka akan diberikan informasi ke pengguna jika tanaman sudah dapat dipanen. Informasi tersebut dikirimkan melalui platform IoT.

Pada tugas akhir ini sistem sudah dapat bekerja dengan baik, akurasi yang diperoleh untuk perhitungan luas dan tinggi tanaman dapat mencapai 90%. Aplikasi juga dapat bekerja dengan baik dan dapat menjalankan seluruh fungsinya. Waktu yang dibutuhkan untuk mengirim data sejak dipotret oleh kamera hingga sampai pengguna sekitar 1767 milidetik.

Kata Kunci : Monitoring Tanaman, Machine Vision, Pertumbuhan Tanaman.

Abstract

Hydroponics is a planting method that not use soil as a planting medium but uses water to provide nutrients to plants. Hydroponics has many advantages, better planting results because the nutritional needs of plants are given directly and also does not require large areas for hydroponic. However, hydroponics has a drawback, owner needs to spend extra time because he has to check the conditions of the plants and the hydroponic environment every day. The purpose of this final project research is to help users of hydroponic planting media to monitor growth and information about the harvest period via a smartphone.

To detect the plant harvest period, training is carried out by taking plant images and determining the percentage of leaf area in the image. When the boundary of leaf area has been passed, information will be given to the user if the plant can be harvested. This information is sent via the IoT platform.

In this final project, the system is working properly, the accuracy obtained for the calculation of plant area and height can reach 90%. Applications can also work properly and can carry out all its functions. The time it takes to send data from the time it is captured by the camera to the user is around 1767 milliseconds.

Key Word : Plant Monitoring, Machine Vision, Plant Growth..

1. Pendahuluan

Pertanian merupakan salah satu bidang yang menopang kebutuhan pangan bagi manusia. Selain itu pertanian juga merupakan salah satu mata pencaharian yang paling banyak menyerap pekerja. Berdasarkan Badan Pusat Statistik pada tahun 2018 di Indonesia jumlah pekerja disektor pertanian mencapai 33,48 juta jiwa[1].

Pada masa kini sektor pertanian telah berkembang. Salah satu hasil perkembangannya adalah penanaman dengan menggunakan hidroponik. Hidroponik adalah metode penanaman yang tidak menggunakan media tanah, tetapi menggunakan media air untuk memberikan nutrisi dan oksigen kepada tanaman. Menurut Dinas Ketahanan Pangan, Pertanian dan Perikanan sukabumi hidroponik memiliki kelebihan yaitu menggunakan lahan yang lebih efisien, tanaman berproduksi tanpa menggunakan tanah, kuantitas dan kualitas produksi yang lebih tinggi dan lebih bersih, penggunaan pupuk dan air yang lebih efisien[2]. Tetapi sistem hidroponik juga memiliki kelemahan yaitu pengguna perlu mengecek kondisi tanaman hidroponik untuk melihat apakah tanaman dapat tumbuh dengan optimal[3]. Hidroponik juga membutuhkan lingkungan yang terkontrol agar tanaman dapat tumbuh dengan optimal dan dapat menyerap nutrisi yang diperlukan[4][16].

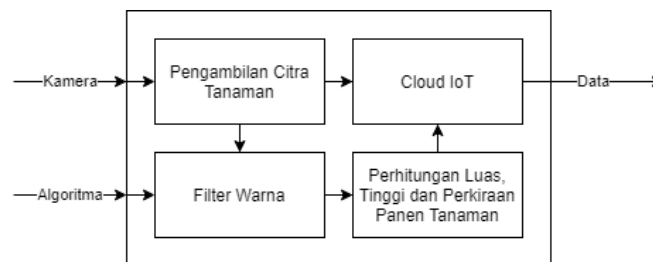
Pada penelitian sebelumnya penanaman hidroponik ini sudah memanfaatkan Internet of Things untuk memonitor kondisi lingkungan, seperti pH, suhu dan kelembapan. Pada penelitian lain juga mencoba untuk mengatur jumlah nutrisi yang diberikan berdasarkan suhu udara dan juga jumlah cahaya matahari yang diterima oleh tanaman.

Pada tugas akhir ini dilakukan usaha untuk memonitoring pertumbuhan tanaman hidroponik hanya melalui perangkat smartphone milik pengguna. Alat ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi tanaman hidroponik setiap hari dan juga dapat memperkirakan waktu panen serta menginformasikan pengguna saat tanaman hidroponik siap untuk dipanen. Dalam penentuan masa panen tanaman penulis menggunakan luas pixel tanaman.

2. Dasar Teori

2.1 Konsep Solusi

Pada tugas akhir ini alat harus dapat memperhatikan perubahan pertumbuhan tanaman dari hari ke hari. Hal pertama yang dilakukan merupakan pengambilan citra tanaman. Dalam pengambilan citra tanaman pencahayaan perlu diperhatikan karena akan mempengaruhi hasil segmentasi citra..



Gambar II-1.Konsep Solusi Sistem.

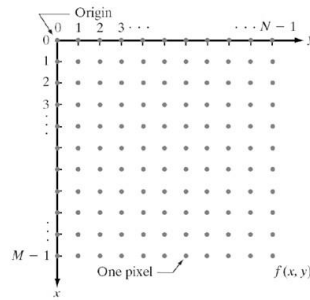
Pada Gambar II-1 menjelaskan mengenai hubungan input dan output sistem. Setelah citra tanaman di kirim, maka gambar akan proses untuk dihitung luas, tinggi dan perkiraan masa panen tanaman.

2.2 Hidroponik

Hidroponik merupakan sistem penanaman yang memanfaatkan air sebagai media pemberian nutrisi. Hidroponik berasal dari kata hidro yang berarti air dan ponos yang berarti daya, maka hidroponik berarti memberdayakan air[9]. Air yang digunakan telah diberikan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman[5]. Hidroponik sendiri pertama kali dipopulerkan oleh Francis Bacon pada 1627 melalui buku Sylva Sylvarum yang membahas metode penanaman tanpa media tanah.

2.3 Pengolahan Citra

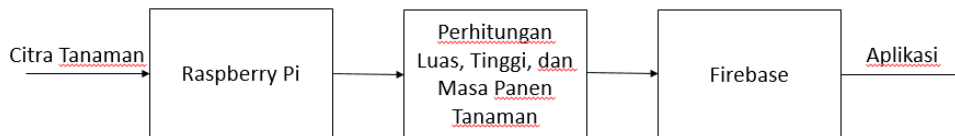
Citra adalah gambaran dari suatu objek. Untuk menampilkan citra analog pada komputer, citra analog perlu dikonversi menjadi citra digital. Dalam mengkonversi citra analog dapat menjadi citra digital dapat menggunakan sistem sampling dan kuantisasi. Sistem sampling adalah sistem yang mengubah citra analog menjadi digital dengan membagi citra menjadi M baris dan N kolom. Sedangkan untuk menentukan derajat warna pada suatu pixel disebut kuantisasi. Gambar II-2 menunjukkan representasi citra digital.



Gambar II-2.Representasi Citra Digital.

3. Perancangan Sistem

3.1 Desain Sistem

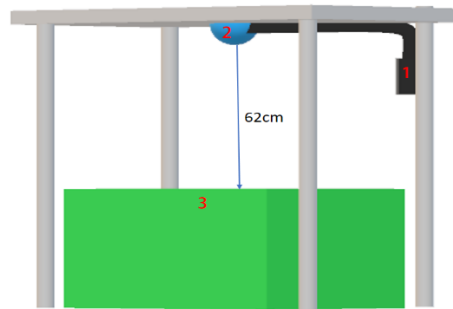


Gambar III-1. Diagram blok sistem.

Gambar III-1. Merupakan diagram blok sistem dari tugas akhir ini. Pertama citra gambar ditangkap dan diterima oleh Raspberry Pi, setelah itu data diolah untuk menentukan luas, tinggi dan perkiraan masa panen tanaman. hasil dari analisis tersebut dikirimkan melalui cloud IoT untuk diteruskan kepada pengguna.

3.2 Desain Perangkat Keras

Untuk desain dari perangkat keras pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar III-2, dan penjelasan pada Tabel III-1.



Gambar III-2. Desain Perangkat.

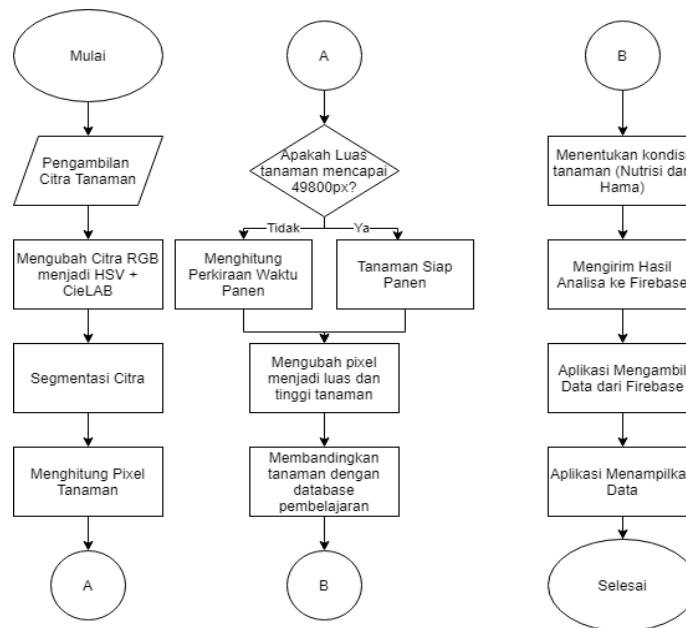
No	Keterangan
1	Peletakan Mikrokomputer Raspberry Pi
2	Peletakan Kamera
3	Hidroponik

Tabel III-1. Keterangan Perangkat Keras.

3.3 Desain Perangkat Lunak

Untuk perangkat lunak, pada awalnya sistem akan memotret citra tanaman, yang nantinya akan di proses pada Raspberry Pi. Proses pertama adalah segmentasi citra untuk memisahkan bagian tanaman dan bukan tanaman, proses kedua adalah penghilangan noise, dimana wilayah yang terdeteksi tetapi luasnya tidak mencapai 50px akan

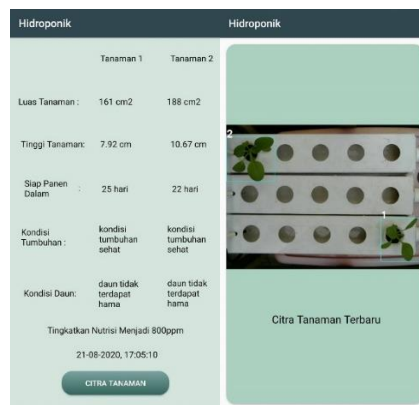
dihilangkan, setelah itu akan dilakukan dilasi citra dan terakhir akan dilakukan perhitungan luas, tinggi, dan perkiraan panen tanaman berdasarkan besar pixel tanaman. Setelah data didapatkan, selanjutnya adalah mengirim data beserta citra tanaman ke Firebase untuk nantinya data tersebut ditampilkan pada aplikasi. Untuk keseluruhan kerja sistem dapat dilihat pada Gambar III-3.



Gambar III-3. Flowchart Sistem.

3.4 Tampilan Aplikasi

Berikut merupakan tampilan utama dari aplikasi :



Gambar III-4 Tampilan Aplikasi.

4. Pengujian Sistem

4.1 Pengujian Daya Tahan pada Raspberry Pi

Pada pengujian ini akan dilakukan analisa terhadap daya tahan yang dapat dialami oleh Raspberry Pi selama masa penanaman. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel IV-1

Tabel IV-1. Hasil Pengukuran Suhu dan Kelembaban.

HSS	Tanggal	Kondisi Raspberry	HSS	Tanggal	Kondisi Raspberry
1	17 Agustus 2020	Bekerja	12	28 Agustus 2020	Bekerja

2	18 Agustus 2020	Bekerja	13	29 Agustus 2020	Bekerja
3	19 Agustus 2020	Bekerja	14	30 Agustus 2020	Bekerja
4	20 Agustus 2020	Bekerja	15	31 Agustus 2020	Bekerja
5	21 Agustus 2020	Bekerja	16	1 September 2020	Bekerja
6	22 Agustus 2020	Bekerja	17	2 September 2020	Bekerja
7	23 Agustus 2020	Bekerja	18	3 September 2020	Bekerja
8	24 Agustus 2020	Bekerja	19	4 September 2020	Bekerja
9	25 Agustus 2020	Bekerja	20	5 September 2020	Bekerja
10	26 Agustus 2020	Bekerja	21	6 September 2020	Bekerja
11	27 Agustus 2020	Bekerja			

Berdasarkan Tabel IV-1, dapat disimpulkan bahwa Raspberry Pi dapat bekerja selama masa penanaman.

4.2 Pengujian Luas Tanaman

Pengujian perhitungan luas tanaman bertujuan untuk mengukur keakuratan luas hasil perhitungan alat dengan ukuran aslinya. Tabel IV-2 menunjukkan hasil pengujian luas tanaman

Tabel IV-2 Hasil Pengujian Luas Tanaman

Tanaman 1					Tanaman 2				
HSS	Hasil Perhitungan Alat (cm ²)	Hasil ImageJ (cm ²)	Selisih	Error	HSS	Hasil Perhitungan Alat (cm ²)	Hasil ImageJ (cm ²)	Selisih	Error
1	6	6	0	0,00%	1	5	4	1	20,00%
2	13	15	2	15,38%	2	12	12	0	0,00%
3	28	28	0	0,00%	3	19	21	2	10,53%
4	44	44	0	0,00%	4	30	23	7	23,33%
5	47	47	0	0,00%	5	44	44	0	0,00%
6	59	61	2	3,39%	6	55	54	1	1,82%
7	73	77	4	5,48%	7	62	63	1	1,61%
8	100	107	7	7,00%	8	81	82	1	1,23%
9	112	115	3	2,68%	9	83	85	2	2,41%
10	138	131	7	5,07%	10	106	101	5	4,72%
11	140	144	4	2,86%	11	131	130	1	0,76%
12	163	175	12	7,36%	12	135	136	1	0,74%
13	201	204	3	1,49%	13	186	184	2	1,08%
14	229	229	0	0,00%	14	208	212	4	1,92%
15	268	257	11	4,10%	15	224	235	11	4,91%
16	283	273	10	3,53%	16	236	241	5	2,12%

17	299	283	16	5,35%	17	245	253	8	3,27%
18	316	300	16	5,06%	18	259	273	14	5,41%
19	339	325	14	4,13%	19	294	286	8	2,72%
20	351	331	20	5,70%	20	299	303	4	1,34%
21	360	342	18	5,00%	21	326	328	2	0,61%
Rata-rata Error			3,98%		Rata-rata Error			4,31%	

Pada Tabel IV-2 error yang diperoleh adalah 3,98% dan 4,31%, jika di rata-rata error yang diperoleh adalah 4,15%, sehingga akurasi yang diperoleh adalah 95,85%. Error terbesar terjadi pada Tanaman 2 HSS 4 yaitu 23,33%, sedangkan selisih terbesar terjadi pada Tanaman 1 HSS 20 dengan perbedaan 20 cm². Untuk selisih dan error yang paling kecil adalah 0 cm² dan error 0%.

4.3 Pengujian Tinggi Tanaman

Pengujian tinggi tanaman bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari percobaan tinggi tanaman pada alat dan ketika tinggi tanaman di ukur secara manual, hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel IV-3.

Tabel IV-3 Hasil Pengujian Tinggi Tanaman

HSS	Tanaman	Tinggi Hitung Manual (cm)	Tinggi Pada Alat(cm)	Selisih	Error (%)
1	1	3,4	<4	0,6	17,6%
	2	4,2	<4	0,2	4,8%
2	1	3,6	<4	0,4	11,1%
	2	4,9	<4	0,9	18,4%
3	1	3,7	5,10	1,41	38,1%
	2	5,3	6,28	0,99	18,7%
4	1	4,8	5,47	0,67	14,0%
	2	7,5	8,18	0,69	9,2%
5	1	6,4	8,50	2,1	32,8%
	2	7,8	8,40	0,6	7,7%
6	1	8,3	9,09	0,79	9,5%
	2	8,4	9,71	1,32	15,7%
7	1	10,1	9,88	0,23	2,3%
	2	10,2	10,88	0,68	6,7%
8	1	10,6	11,23	0,63	5,9%
	2	12	12,64	0,65	5,4%
9	1	10,7	11,43	0,73	6,8%
	2	12,8	13,08	0,28	2,2%

10	1	12,2	12,30	0,1	0,8%
	2	14,1	13,83	0,27	1,9%
11	1	13,5	13,79	0,29	2,1%
	2	14,2	14,39	0,2	1,4%
12	1	13,7	14,02	0,33	2,4%
	2	15,2	15,60	0,4	2,6%
13	1	15,9	15,94	0,05	0,3%
	2	16,7	16,62	0,08	0,5%
14	1	16,7	16,86	0,17	1,0%
	2	17,7	17,38	0,32	1,8%
15	1	17,5	17,57	0,08	0,5%
	2	18,9	18,20	0,7	3,7%
16	1	17,9	17,72	0,18	1,0%
	2	19,4	18,63	0,78	4,0%
17	1	18,8	18,08	0,72	3,8%
	2	19,8	18,87	0,93	4,7%
18	1	18,8	18,63	0,18	1,0%
	2	20,3	19,30	1,01	5,0%
19	1	19	18,95	0,05	0,3%
	2	20,8	19,90	0,91	4,4%
20	1	20,6	19,37	1,23	6,0%
	2	23,1	20,02	3,09	13,4%
21	1	20,9	19,97	0,93	4,4%
	2	23,1	20,28	2,83	12,3%
Error					7,29%

Pada hasil pengujian Tabel IV-3 error yang diperoleh adalah 7,29%, sehingga akurasi alat adalah 92,71%. Untuk error yang paling besar terjadi pada Tanaman 1 HSS 3 dengan error sebesar 38,1% dan error paling kecil adalah 0,3% yang terjadi pada Tanaman 1 HSS 13 dan Tanaman 1 HSS 19.

4.4 Pengujian Perkiraan Masa Panen dan Perintah

Pengujian perkiraan masa panen bertujuan untuk mengetahui keakuratan perkiraan masa panen tanaman dan mengetahui apakah perintah yang diberikan pada aplikasi berfungsi dengan tepat. Untuk hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel IV-4.

Tabel IV-4 Hasil Pengujian Tinggi Tanaman

HSS	Tanggal	Perkiraan Masa Panen		Perintah
		Tanaman 1	Tanaman 2	
1	17 Agustus 2020	30 Hari	30 Hari	Berikan 600ppm Nutrisi
2	18 Agustus 2020	29 Hari	29 Hari	Berikan 600ppm Nutrisi
3	19 Agustus 2020	28 Hari	28 Hari	Berikan 600ppm Nutrisi
4	20 Agustus 2020	28 Hari	26 Hari	Berikan 600ppm Nutrisi
5	21 Agustus 2020	26 Hari	26 Hari	Tingkatkan Nutrisi Menjadi 800ppm
6	22 Agustus 2020	25 Hari	25 Hari	Tingkatkan Nutrisi Menjadi 800ppm
7	23 Agustus 2020	24 Hari	23 Hari	Tingkatkan Nutrisi Menjadi 800ppm
8	24 Agustus 2020	23 Hari	20 Hari	Tingkatkan Nutrisi Menjadi 800ppm
9	25 Agustus 2020	22 Hari	19 Hari	Tingkatkan Nutrisi Menjadi 1000ppm
10	26 Agustus 2020	21 Hari	18 Hari	Tingkatkan Nutrisi Menjadi 1000ppm
11	27 Agustus 2020	18 Hari	17 Hari	Tingkatkan Nutrisi Menjadi 1200ppm
12	28 Agustus 2020	18 Hari	14 Hari	Tingkatkan Nutrisi Menjadi 1200ppm
13	29 Agustus 2020	13 Hari	11 Hari	Tingkatkan Nutrisi Menjadi 1400ppm
14	30 Agustus 2020	10 Hari	9 Hari	Siapkan Semaian Baru
15	31 Agustus 2020	8 Hari	6 Hari	Siapkan Semaian Baru
16	1 September 2020	8 Hari	4 Hari	Siapkan Semaian Baru
17	2 September 2020	6 Hari	3 Hari	Siapkan Semaian Baru
18	3 September 2020	4 Hari	2 Hari	Siapkan Semaian Baru
19	4 September 2020	3 Hari	Siap Panen	Siapkan Semaian Baru
20	5 September 2020	2 Hari	Siap Panen	Siapkan Semaian Baru
21	6 September 2020	Siap Panen	Siap Panen	Tanaman Siap Dipanen

Pada Tabel IV-4 dapat dilihat jika aplikasi sudah dapat memperkirakan masa panen dan memberikan perintah dengan tepat.

4.5 Pengujian Aplikasi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui aplikasi yang dibuat telah memenuhi kinerja yang sesuai dan terhindar dari Error yang menyebabkan aplikasi keluar dengan sendirinya (Force Closed). Untuk penjelasan lebih lanjut tentang skenario pengujian dapat dilihat pada Tabel IV-5

Tabel IV-5. Pengujian Fungsi Aplikasi Android.

No	Kasus	Skenario	Tujuan	Hasil
1	Masuk menu utama	Membuka aplikasi	Menampilkan menu utama	Berhasil
2	Masuk ke menu cara menanam	Membuka menu cara menanam	Masuk ke menu cara menanam	Berhasil
3	Masuk ke halaman penyemaian	Membuka halaman penyemaian	Masuk ke halaman penyemaian	Berhasil

4	Masuk ke halaman penanaman	Membuka halaman penanaman	Masuk ke halaman penanaman	Berhasil
5	Masuk ke halaman monitoring tanaman	Membuka halaman monitoring tanaman	Masuk ke halaman monitoring tanaman dan menampilkan data tanaman	Berhasil
6	Masuk ke halaman citra tanaman	Membuka halaman citra tanaman	Masuk ke halaman citra tanaman dan menampilkan citra tanaman	Berhasil

4.6 Pengujian Kapabilitas Resource Aplikasi Android

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui versi minimal dari smartphone android yang dapat digunakan serta melihat seberapa besar RAM dan CPU yang digunakan dalam aplikasi ini. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan bahwa Aplikasi Monitoring Tanaman dapat berjalan pada Android versi 5.0 dengan penggunaan RAM sebesar 44 MB dan penyimpanan sebesar 17,31MB.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, kesimpulan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pada pengujian daya tahan Raspberry Pi, dapat disimpulkan Raspberry Pi dapat bekerja selama masa penanaman.
2. Pada pengujian akurasi sistem, dapat disimpulkan jika akurasi sistem telah mencapai 90%.
3. Waktu tempuh yang dibutuhkan oleh sistem untuk mengirimkan data sejak citra dipotret hingga ke pengguna sekitar 1767ms.
4. Dalam pengujian aplikasi, dapat disimpulkan jika aplikasi dapat bekerja dengan baik. Aplikasi dapat bekerja pada Sistem Operasi Android 5.0 (Lollipop) keatas. Aplikasi menggunakan RAM sebesar 44MB dan penyimpanan sebesar 17,31MB.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik, Hasil Survei Pertanian Antar Sensus(SUTAS) 2018, Jakarta, Badan Pusat Statistik, 2018.
- [2] M. Kholik, "Kelebihan dan Kekurangan bercocok tanam Hidroponik", Dinas Ketahanan Pangan, Pertanian dan Perikanan Kota Sukabumi, 2015, tersedia: <https://distan.sukabumikota.go.id/kelebihan-dan-kekurangan-bercocok-tanam-hidroponik/> [Diakses 18 September 2019]
- [3] A. Purwandono, "Susan Itsuko, Menghijaukan Indonesia dengan Hidroponik" Sleman, 21 Juli 2016, tersedia: https://krjogja.com/web/news/read/3558/Susan_Itsuko_Menghijaukan_Indonesia_dengan_Hidroponik [Diakses 24 November 2019]
- [4] Salahudin, N. S., Ibaddarohman, Kowanda, A, "Sistem Kontrol dan Monitoring Hidroponik Berbasis Android", Konferensi Nasional Sistem Informasi, Pangkal Pinang, 8-9 Maret 2018.
- [5] Gandhi, O., Ramdhani, M., Murti, M. A., and Setianingsih, C., "Water Flow Control System Based on Context Aware Algorithm and IoT for Hydroponic" 2019 IEEE International Conference on Internet of Things and Intelegence System(IoTaIS), 5-7 November 2019
- [6] Rahmat, "13 Jenis Tanaman Hidroponik yang Hasil Panennya Cepat dan Mudah dibudidayakan", tersedia : <https://abahtani.com/jenis-jenis-tanaman-hidroponik/> [Diakses 30 November 2019]
- [7] Bayu W.N., "Inilah Kelebihan dan Kekurangan Hidroponik NFT", 19 Oktober 2017, tersedia: <http://hidroponikpedia.com/inilah-kelebihan-dan-kekurangan-sistem-hidroponik-nft/> [Diakses 30 November 2019]
- [8] D. Putra, Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta: C.V. ANDI OFFSET, 2010.
- [9] Sutioso, Yos. "100 Kiat Sukses Hidroponik", Jakarta:Trubus, 2018
- [10]"Representasi warna RGB menggunakan HSV dan HSL", 5 Juli 2011, tersedia :

<https://mhstekkomp.wordpress.com/2011/05/07/representasi-model-warna-rgb-menggunakan-hsl-dan-hsv/>
[Diakses 27 Oktober 2019]

- [11] Ruangittinun, S., Phongsamsuan, S., Sureeratanakorn, P., “Applied Internet of Things for Smart Hydroponic Farming Ecosystem (HFE)”, 10th International Conference on Ubi-Media Computing and Workshop, 2017.
- [12] A. Nursyahid, M. R. Wibisono, E. D. Wardihani, and T. A. Setyawan, “Plant Age Identification System of Outdoor Hydroponic Culvitation Based on Digital Image Processing” 2017.
- [13] T. A. Setyawan, S. A. Riwinanto, Suhendro, Helmy, A. Nursyahid, and A. S. Nugroho, “Comparison of HSV and LAB Color Spaces for Hydroponic Monitoring System”, Proc. of 2018 Int. Conf. On Information Tech., Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE), 2018.
- [14] T. Akamoto, Y. Sakane, T. Koide, A. Ogawa, dkk. “An Image Analysis Method for Lettuce Leaf and Root Growth Analysis in Hydroponic Culture”, Proceesings of TENCON 2018 IEEE Region 10 Conference, Korea, 28-31 Oktober 2018.
- [15] A.S. Sinaga, “Segmentasi Ruang Warna $L^*a^*b^*$ ”, Jurnal Mantik Penusa Vol.3, No. 1 Juni 2019, pp.43-46.
- [16] K. Roberto, How To Hydroponics 4th Edition, Futuregarden.inc, 2004
- [17] T. Acharya, A.K. Ray, Image Processing: Principles and Applications, John Wiley & Sons, 2005.