

Sistem Monitoring Hidroponik *Indoor* berbasis *Wick* menggunakan HOPONIC (*Home Pot Hidroponic*)

YASPIN TAQIYUDDIN, IKHWAN RUSLIANTO, URAY RISTIAN

Rekayasa Sistem Komputer, Universitas Tanjungpura, Indonesia
Email: yaspintaqiyuddin@student.untan.ac.id

Received 25 Agustus 2023 | *Revised* 27 September 2023 | *Accepted* 18 November 2023

ABSTRAK

Permasalahan bagi penggiat berkebun bertempat tinggal dipertanian terkendala oleh kesibukan lain. Maka dari itu tujuan dari penelitian ini dikembangkannya sistem IOT dan aplikasi *Android* untuk memonitoring hidroponik tanaman pakcoy secara indoor. HOPONIC (*Home Pot Hidroponic*) merupakan prototipe sistem monitoring hidroponik dengan metode *wick* yang berlokasi di dalam ruangan atau indoor, dan aplikasi *Android* yang dikembangkan dengan menggunakan framework Flutter. Notifikasi aplikasi *Android* memberitahu perubahan pH, suhu, ketinggian, dan larutan nutrisi oleh sistem HOPONIC. Persentase keberhasilan dari pembacaan nilai node sensor pada sistem HOPONIC adalah pH 96,09%, kadar larutan nutrisi 97,11%, suhu 91,68%, ketinggian atau debit 99,84%, intensitas cahaya 88,17%. Dengan HOPONIC pertumbuhan tinggi tanaman sayur pakcoy lebih unggul sebesar 0,43 cm, sedangkan untuk pertumbuhan daun tanaman pakcoy lebih unggul dengan menggunakan HOPONIC sebesar 1,7 Lembar Daun.

Kata kunci: *IoT, Hidroponik, Pakcoy, Arduino, ESP32*

ABSTRACT

The problem for gardening activists living in urban areas is that they are hampered by other activities. Therefore, this research aims to develop an IoT system and Android application for indoor hydroponic monitoring of pakcoy plants. HOPONIC (Home Pot Hydroponic) is a prototype hydroponic monitoring system with a wick method located indoors, and an Android application developed using the Flutter framework. Android application notifications notify changes in pH, temperature, altitude, and nutrient solution by the HOPONIC system. The percentage of successful reading of sensor node values in the HOPONIC system is pH 96.09%, nutrient solution content 97.11%, temperature 91.68%, height or discharge 99.84%, and light intensity 88.17%. With HOPONIC, the height growth of Pakcoy vegetable plants is superior at 0.43 cm, while for leaf growth, Pakoy plants are superior when using HOPONIC at 1.7 leaves.

Keywords: *IoT, Hydroponics, Pakcoy, Arduino, ESP32*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan sistem hidroponik di Indonesia didasari oleh keinginan masyarakat untuk mengembangkan pertanian dengan menanam tanaman di kebun secara konvensional, namun terhambat oleh keterbatasan lahan, terutama bagi mereka yang tinggal di perkotaan **(Susilawati, 2019)**. Terdapat berbagai metode hidroponik yang dapat digunakan, salah satunya adalah metode sumbu, yang juga dikenal dengan sistem *wick* **(Buana, dkk, 2019)**. Sistem *wick* dalam hidroponik menggunakan gaya kapilaritas untuk menyalurkan larutan nutrisi melalui media penyerap salah satu contohnya adalah kain flanel. Kelebihan sistem *wick* dibandingkan dengan sistem hidroponik lainnya adalah tidak memerlukan pipa dan pompa untuk mengalirkan larutan nutrisi **(Arini, 2019)**. Penempatan hidroponik memiliki pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman hidroponik. Salah satu perbedaan utama terletak pada penempatan hidroponik secara *outdoor* dan juga secara *indoor* **(Rawal & Gabrani, 2020)**. Dapat dilihat dari perlindungan paparan cuaca yang tidak menentu sehingga dapat mengganggu pertumbuhan tanaman hidroponik **(Aulia, dkk, 2019)**.

Permasalahan yang telah di sampaikan, penggiat berkebun yang bertempat tinggal dipertanian dengan cuaca yang sulit untuk diprediksi dapat mengakibatkan tanaman tidak mendapatkan penyinaran yang cukup, serta memiliki kesibukan lain terkadang membuat pengukuran pH, suhu dan ketersediaan larutan nutrisi lupa untuk dilakukan, serta pengukuran kadar larutan nutrisi lupa untuk dilakukan yang dapat mengakibatkan pengaruh buruk bagi pertumbuhan dan perkembangan dari tanaman hidroponik. Oleh karena itu diperlukan sistem monitoring pada hidroponik *indoor* yang dapat memantau dan mengirimkan nilai data berupa pH, suhu, debit, kadar larutan nutrisi dan intensitas cahaya serta dapat mengontrol sistem kendali untuk pH, suhu, kadar larutan nutrisi.

Penelitian mengenai sistem monitoring hidroponik menggunakan sistem *wick* sebelumnya telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Memonitoring bibit tomat ceri dengan menggunakan kontrol Proportional Integral Derivative (PID) berdasarkan kendali temperatur ruangan hidroponik, hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa laju ketinggian dari daigunakannya sistem PID adalah 2,675 cm per minggu dibandingkan dengan tidak menggunakan sistem PID pertumbuhan adalah 0,2 cm per minggu **(Puspasari, dkk, 2018)**. Memonitoring kadar nutrisi berdasarkan ketinggian air dan automasi waktu *growing light* menyala melalui komunikasi SMS gateway. Hasil pada penelitian, sistem automasi dapat mengatur waktu hidupnya *growing light* dan juga memberi tahu jumlah kadar nutrisi, serta hasil dari automasi berpengaruh pada kualitas hidup tanaman hidroponik **(Kresnha, dkk, 2019)**. Mengontrol sirkulasi udara serta kendali *growing light* melalui komunikasi SMS gateway. Kemudian hasil dari pengembangan penelitian menggunakan SMS gateway yang dapat mengatur hidupnya *growing light* dan memberitahu ketersediaannya nutrisi serta dengan menggunakan automasi pengairan dan pemberian nutrisi tidak memakan banyak waktu **(Prasetya & Rozikin, 2021)**. Sistem pemantauan dan kendali tanaman kentang media aeroponik berbasis Internet of Things (IoT), menghasilkan bahwa sistem tersebut berhasil memonitoring dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang dengan rata-rata tinggi tanaman sebesar 4,36 cm, sedangkan tanaman kentang tanpa menggunakan sistem hanya mencapai tinggi 3,6 cm **(Geovanie, dkk, 2023)**.

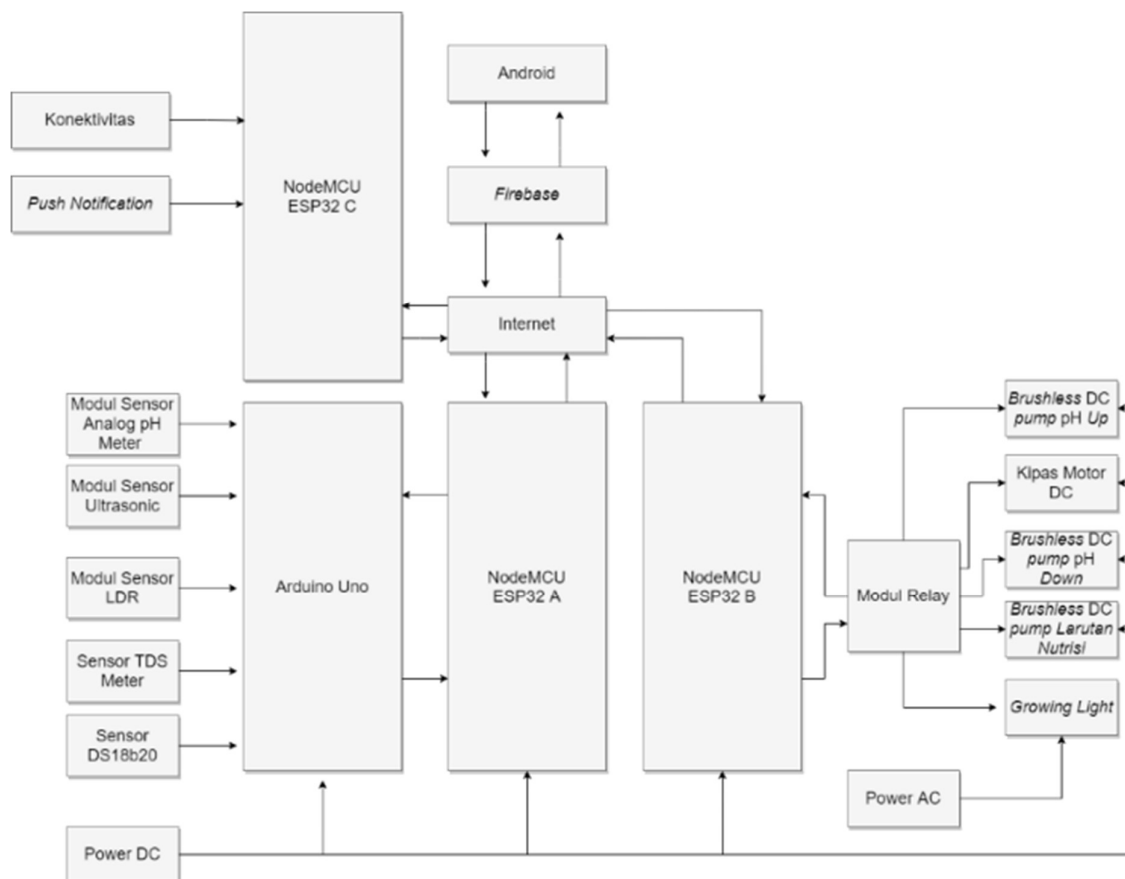
Berdasarkan permasalahan yang sudah dijelaskan dan penelitian yang telah dilakukan, maka tujuan utama dari makalah ini adalah mengembangkan aplikasi *Android* yang dapat bekerja dalam hal memantau pH, suhu, ketinggian larutan nutrisi, kadar larutan nutrisi, dan intensitas cahaya secara realtime, serta mengendalikan perangkat dalam sistem hidroponik dari jarak jauh terhadap tanaman pakcoy. Selain itu, dalam aplikasi *Android* ini terdapat juga fitur

pengiriman *push notification* dari sistem HOPONIC ke aplikasi *Android* untuk memberikan informasi monitoring kepada pengguna mengenai kondisi tanaman secara cepat dan akurat.

2. METODOLOGI PERANCANGAN

2.1 Perancangan HOPONIC (*Home Pot Hidroponik*)

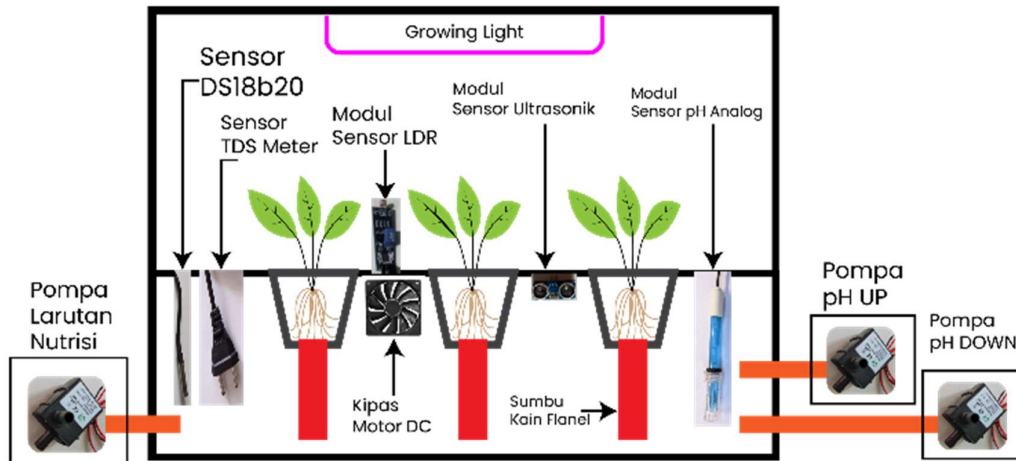
HOPONIC merupakan singkatan dari *Home Pot Hidroponic*. HOPONIC adalah sebuah sistem yang dibuat berdasarkan teknologi dari Internet of Things (IoT) dan dapat terhubung dengan *smartphone* melalui aplikasi *Android* (Nalendra & Mujiono, 2020). HOPONIC menggunakan beberapa komponen yang meliputi Arduino Uno, NodeMCU ESP32, modul sensor pH, modul sensor ultrasonik, modul sensor LDR, Sensor TDS Meter dan DS18b20, *brushless DC pump*, *growing light*, kipas motor DC dan modul *relay*. Lima (5) sensor yang digunakan dihubungkan dengan Arduino Uno, selanjutnya Arduino Uno dan NodeMCU ESP32 A terhubung dengan metode serial komunikasi. NodeMCU ESP32 B berfungsi untuk mengendalikan *brushless DC pump*, *growing light* dan kipas motor DC dengan menggunakan modul *relay*. NodeMCU ESP32 C berfungsi untuk mengirimkan notifikasi dan konektivitas ke aplikasi *Android* HOPONIC. Penyimpanan data secara realtime dan pengiriman notifikasi pada sistem HOPONIC menggunakan layanan dari *Firebase* yaitu *Realtime Database* dan *Messaging* (Andrianto & Munandar, 2022). Adapun perancangan diagram blok sistem HOPONIC pada Gambar 1.



Gambar 1. Perancangan diagram blok sistem HOPONIC

Perancangan prototype HOPONIC yang menggunakan rangka kayu balsa sebagai penyangga untuk *growing light*. Bahan ini dipilih karena memiliki bobot yang ringan dan mudah dirangkai.

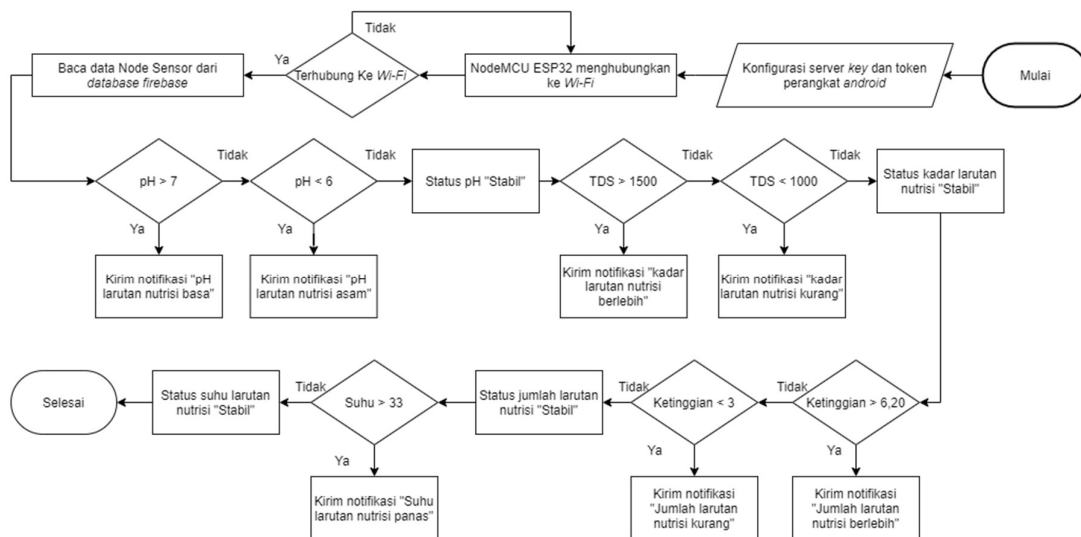
Wadah untuk menumbuhkan tanaman hidroponik terbuat dari plastik. Sumbu yang digunakan untuk menyuplai nutrisi adalah kain flanel. Jenis tanaman yang ditanam dalam HOPONIC adalah sawi pakcoy. Wadah untuk larutan nutrisi dipisahkan dari wadah yang digunakan untuk menumbuhkan tanaman hidroponik **(Al Tahtawi & Kurniawan, 2020)**. Hal yang sama berlaku untuk wadah larutan pH *UP* dan pH *DOWN*. Sirkulasi udara dirancang dengan menggunakan satu kipas sebagai jalur masuk udara ke dalam wadah untuk menumbuhkan tanaman hidroponik. Selain itu, terdapat lubang di bagian depan jalur masuk udara yang berfungsi sebagai tempat keluarnya udara. Adapun perancangan prototype HOPONIC dapat dilihat di Gambar 2.



Gambar 2. Perancangan prototype HOPONIC

2.3 Perancangan *Push Notification* Aplikasi *Android* HOPONIC

Perancangan *push notification* dilakukan dengan menggunakan NodeMCU ESP32 C yang sudah terhubung ke jaringan internet. Proses ini melibatkan penambahan *server key* dari *Firestore Cloud Messaging* serta token perangkat *Android* **(Andrianto & Munandar, 2022)**. Selanjutnya NodeMCU ESP32 mengambil data pembacaan sensor dari *Realtime Database Firestore*, adapun diagram alir perancangan *push notification* pada Gambar 3.

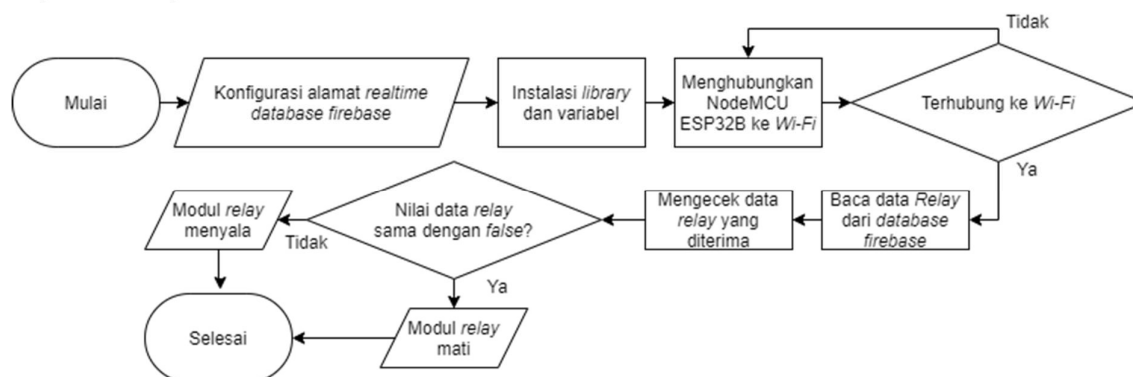


Gambar 3. Diagram alir *push notification* sistem monitoring HOPONIC

Perancangan *push notification* untuk memonitoring pH larutan nutrisi dalam HOPONIC ketika nilai pH melebihi 7, notifikasi akan memberitahu bahwa larutan nutrisi sedang basa. Sebaliknya, jika nilai pH kurang dari 6, notifikasi akan memberitahu bahwa larutan nutrisi sedang asam. Jika nilai pH berada di antara 6 dan 7, maka pesan *pop up* "pH Stabil" akan muncul dalam aplikasi *Android*. Perancangan *push notification* monitoring kadar larutan nutrisi bekerja ketika kondisi TDS kurang dari 1000, notifikasi akan memberitahu bahwa kadar larutan nutrisi kurang. Sebaliknya, jika TDS lebih dari 1500, notifikasi akan memberitahu bahwa kadar larutan nutrisi berlebih. Jika TDS berada di antara 1000 dan 1500, maka pesan *pop up* "Kadar larutan nutrisi stabil" akan muncul dalam aplikasi *Android*. Perancangan *push notification* untuk memonitoring ketinggian larutan nutrisi di dalam wadah HOPONIC, berjalan pada saat kondisi ketinggian lebih dari 6,20 cm maka notifikasi berisi jumlah larutan nutrisi berlebih, sedangkan kondisi ketinggian kurang dari 3 cm maka notifikasi berisi jumlah larutan nutrisi kurang, selanjutnya apabila kondisi ketinggian larutan nutrisi di dalam wadah HOPONIC di antara 3 cm dan 6,20 cm pesan *pop up* "Jumlah larutan nutrisi stabil" akan muncul di dalam aplikasi *Android*. Perancangan *push notification* monitoring suhu larutan nutrisi di dalam wadah HOPONIC, notifikasi terkirim pada saat kondisi suhu larutan nutrisi lebih dari 33°C dan pesan yang terlampir adalah suhu lebih dari 33°C, selanjutnya apabila kondisi suhu di dalam wadah HOPONIC di bawah 33°C maka pesan *pop up* "Suhu larutan nutrisi stabil" akan muncul di dalam aplikasi *Android*.

2.4 Perancangan Node Pengontrolan pada Sistem HOPONIC

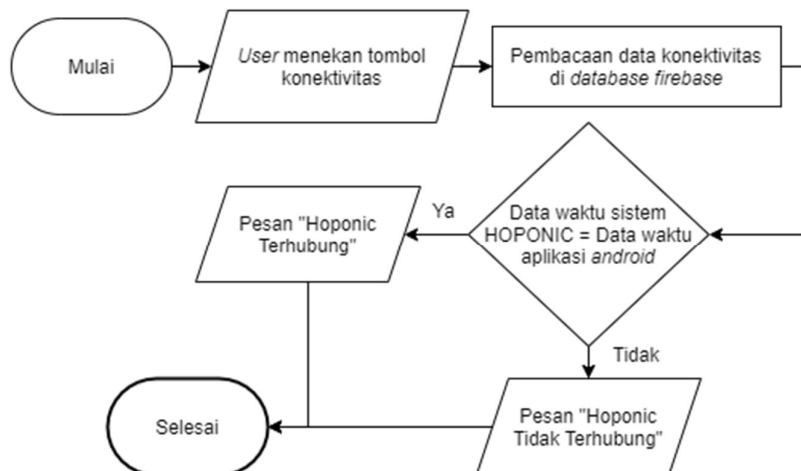
Pada perancangan node pengontrolan, *relay* yang digunakan terhubung ke *growing light*, tiga (3) *brushless DC pump* dan kipas motor DC. NodeMCU ESP32 B membaca data *relay* dari *Database Firebase*, kemudian NodeMCU ESP32 B mengecek data *relay* yang telah diterima. Data yang diterima sama dengan *true* maka *relay* akan menyala, sedangkan data yang diterima *false* maka *relay* akan mati. Adapun digram alir dari perancangan node pengontrolan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir node pengontrolan sistem HOPONIC

2.5 Perancangan Konektivitas Aplikasi *Android* HOPONIC dengan Sistem HOPONIC

Perancangan konektivitas sistem HOPONIC dengan aplikasi *Android* dengan menggunakan persamaan waktu, pada Gambar 5 adalah perancangan konektivitas antara aplikasi *Android* HOPONIC dengan sistem HOPONIC. Sistem HOPONIC akan mengirimkan data waktu dengan format 24 jam ke dalam *Realtime Database Firebase* dan selanjutnya pada aplikasi *Android* terdapat tombol untuk mengecek kesamaan waktu yang telah dikirim oleh sistem HOPONIC. Pengecekan yang dilakukan dengan cara mengklik tombol yang terdapat pada aplikasi *Android* HOPONIC untuk mengetahui apakah aplikasi *Android* HOPONIC telah terhubung dengan sistem HOPONIC.



Gambar 5. Diagram alir perancangan konektivitas HOPONIC dengan aplikasi *Android*

2.6 Nilai *Error*

Nilai *Error*, juga dikenal sebagai galat, adalah metode numerik yang digunakan untuk membandingkan antara nilai yang diukur atau diperkirakan dengan nilai asli. Dalam berbagai konteks, nilai *Error* digunakan untuk mengevaluasi akurasi dan kualitas suatu pengukuran atau perhitungan. (Gunawan, dkk, 2019). Persentase galat digunakan untuk mendapatkan nilai perbandingan dari pengukuran sensor dengan alat ukur sebenarnya. Penggunaan rumus yang digunakan untuk menghitung nilai *Error* dari pengujian node sensor adalah Persamaan (1). Sedangkan untuk mencari nilai persentase *Error* dari pengujian node sensor adalah Persamaan (2).

$$Error(X) = \frac{|X_{Alat\ Pengukuran} - X_{Sensor}|}{X_{Alat\ Pengukuran}} \quad (1)$$

$$\% Error(X) = Error(X) \times 100 \quad (2)$$

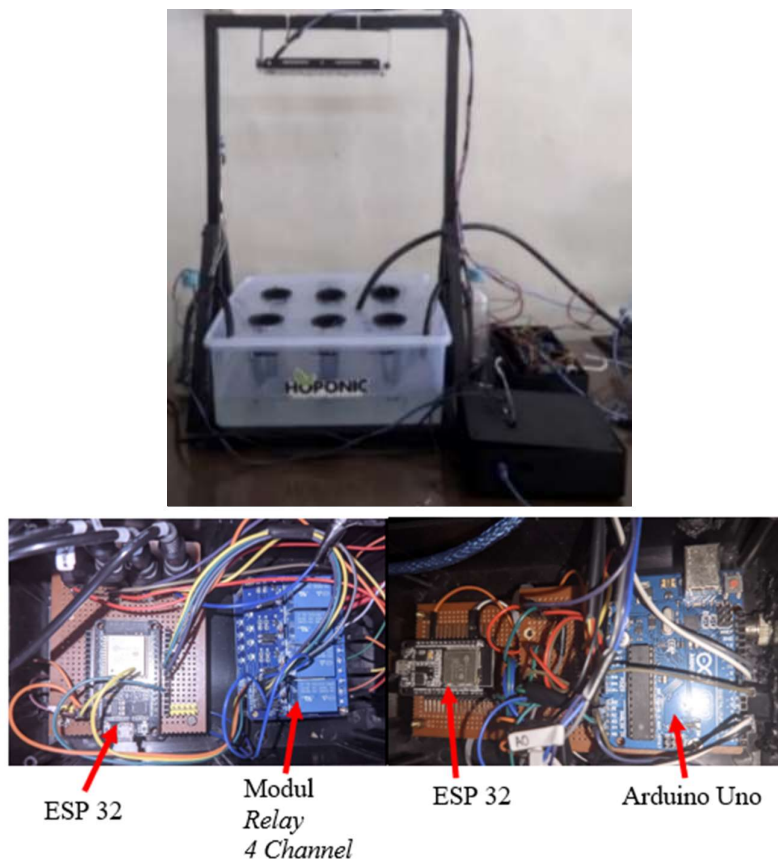
Dengan keterangan persamaan:

$X_{Alat\ Pengukuran}$	= hasil dari pembacaan alat ukur,
X_{Sensor}	= hasil dari pembacaan sensor,
$Error(X)$	= nilai selisih <i>Error</i> ,
$\% Error(X)$	= persentase selisih <i>Error</i> ,

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Implementasi Sistem HOPONIC

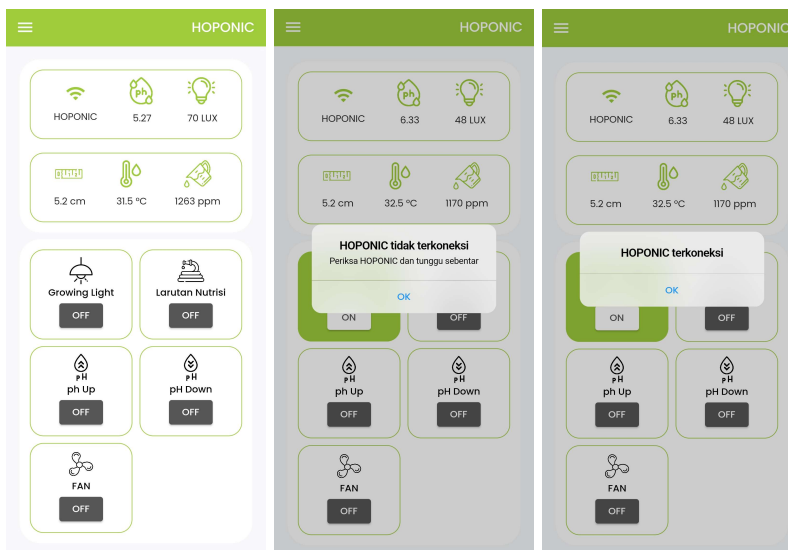
Arduino Uno dan NodeMCU ESP32 yang ditempatkan dalam kotak hitam pada sistem HOPONIC, selain itu modul pH dan *relay4 channel* juga diletakan di dalam kotak hitam, adapun implementasi sistem HOPONIC dapat dilihat pada Gambar 6 (bawah). *Growing light* dialirin listrik dengan tegangan 220V, sedangkan *brushless DC pump* dan kipas motor DC dialirin listrik dengan tegangan 5A 2V melalui adaptor (Apsar, 2018). Jumlah adaptor yang digunakan pada HOPONIC sebanyak 4 adaptor. Tempat penampungan larutan nutrisi sementara menggunakan ember dengan kapasitas 15000 mL, kemudian tempat penempungan untuk larutan pH *UP* dan larutan pH *DOWN* menggunakan botol bekas yang sudah dibersihkan sebelumnya, adapun hasil implementasi prototype HOPONIC dapat dilihat di Gambar 6 (atas).



Gambar 6. Implementasi HOPONIC (atas) dan sistem HOPONIC (bawah)

HOPONIC dengan sistem *wick* dapat mengontrol pH, suhu, ketinggian, kadar larutan nutrisi, dan intensitas cahaya *growing light* dengan mengambil nilai pengukuran dari node sensor. Pengukuran yang diperoleh dari pengujian pembacaan node sensor rata-rata hasilnya mendekati dari hasil pengukuran dengan alat ukur, sedangkan rata-rata persentase keberhasilan dari masing-masing node sensor yang digunakan menghasilkan sebagai berikut pembacaan pH air sebesar 96,09%, pembacaan kadar larutan nutrisi sebesar 97,11%, pembacaan suhu larutan nutrisi sebesar 91,68%, pembacaan ketinggian larutan nutrisi sebesar 99,84%, dan pembacaan intensitas cahaya sebesar 88,17%. Perangkat kendali HOPONIC menyala dengan waktu tanggap yang sesuai dengan kecepatan jaringan internet. Waktu tanggap untuk proses mati dan menyala masing-masing perangkat kendali juga sesuai dengan kecepatan tersebut.

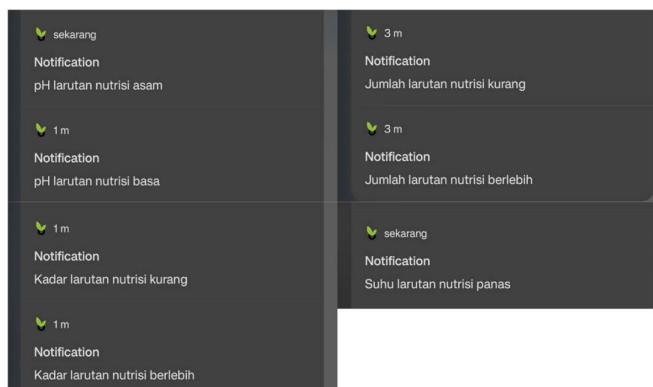
Aplikasi *Android* yang telah diimplementasi dapat menampilkan hasil pembacaan sensor dan melakukan proses kendali perangkat HOPONIC dengan menggunakan jaringan internet, adapun hasil implementasi aplikasi *Android* HOPONIC dapat dilihat pada Gambar 7 (kiri). Notifikasi dikirim dari HOPONIC ke aplikasi *Android* menggunakan fitur server key pada *Firestore Cloud Messaging* (FCM). Notifikasi dikirim berdasarkan kondisi yang ditetapkan, seperti pH larutan nutrisi berlebih, pH larutan nutrisi kurang, kadar larutan nutrisi berlebih, kadar larutan nutrisi kurang, jumlah larutan nutrisi berlebih, jumlah larutan nutrisi kurang, dan suhu yang terlalu tinggi. Pengujian konektivitas antara HOPONIC dan aplikasi *Android*, akan muncul keterangan "HOPONIC terkoneksi" seperti Gambar 7 (kanan), sedangkan tidak terhubung akan muncul keterangan "HOPONIC tidak terkoneksi" seperti Gambar 7 (tengah).



Gambar 7. Dashboard aplikasi *Android* HOPONIC (kiri), pesan *pop up* sistem HOPONIC dengan aplikasi *Android* tidak terhubung (tengah), pesan *pop up* sistem HOPONIC dengan aplikasi *Android* terhubung (kanan)

3.2 Hasil Pengujian *Push Notification* Aplikasi *Android* HOPONIC

Pengujian pengiriman notifikasi dari NodeMCU ESP32 C ke aplikasi *Android* dengan menggunakan jaringan internet. Notifikasi yang dikirim yaitu pesan yang sudah dirancang yang dapat dilihat pada Gambar 3 dan apabila nilai pembacaan sensor melewati batas kondisi yang sudah ditentukan. Adapun hasil dari pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 8. Kondisi $pH < 6$ notif yang tampil "pH larutan nutrisi asam", sedangkan $pH > 7$ notif yang tampil "pH larutan nutrisi basa". Kemudian kondisi kadar nutrisi > 1500 notif yang tampil "Kadar larutan nutrisi berlebih", sedangkan kadar nutrisi < 1000 notif yang tampil "Kadar larutan nutrisi kurang". Selanjutnya debit dalam wadah HOPONIC $> 6,2$ cm notif yang tampil "Jumlah larutan nutrisi berlebih", sedangkan debit < 3 cm notif yang tampil "Jumlah larutan nutrisi kurang". Kondisi suhu $> 33^{\circ}C$ notif yang tampil "Suhu larutan nutrisi panas".



Gambar 8. Hasil pengujian *push notification* aplikasi *Android* HOPONIC

3.3 Hasil Data Pengukuran dari Modul Sensor pada HOPONIC

Pada pembacaan data dari modul sensor pada HOPONIC dilakukan dengan cara membandingkan data pengukuran dari modul sensor pH analog, sensor TDS meter, sensor DS18B20, modul sensor ultrasonik, modul sensor LDR dengan data pengukuran dari alat ukur konvensional. Pengujian pembacaan ini bertujuan untuk menguji apakah seluruh sistem dapat berjalan sesuai dengan fungsinya.

Pengukuran dengan modul sensor pH analog dan alat ukur pH meter konvensional adapun hasil dari data pengukuran pH larutan nutrisi seperti pada Tabel 1. Selisih nilai *Error* didapatkan dengan menggunakan Persamaan (1) dan nilai persentase *Error* didapat dengan menggunakan Persamaan (2). Rata-rata nilai *Error* sebesar 0,0391 yang berarti modul sensor pH analog dapat digunakan dalam sistem HOPONIC karena nilai tersebut tidak terlalu jauh dari nilai akurasi modul sensor yaitu sebesar $\pm 0,1$ dan rata-rata persentase *Error* dari hasil pengujian pembacaan pH larutan nutrisi adalah sebesar 3,91% (Somantri & Mamun, 2021).

Tabel 1. Hasil pembacaan pH larutan nutrisi

No.	Pengukuran		<i>Error</i> (X)	<i>Error</i> (X)(%)	No.	Pengukuran		<i>Error</i> (X)	<i>Error</i> (X)(%)
	Modul Sensor pH Analog	Alat Ukur pH Meter				Modul Sensor pH Analog	Alat Ukur pH Meter		
1.	5,38	5,67	0,0511	5,11%	11.	5,18	5,67	0,0864	8,64%
2.	5,49	5,67	0,0317	3,17%	12.	5,25	5,67	0,0741	7,41%
3.	5,49	5,67	0,0317	3,17%	13.	5,38	5,67	0,0511	5,11%
4.	5,56	5,67	0,0194	1,94%	14.	5,38	5,67	0,0511	5,11%
5.	5,59	5,67	0,0141	1,41%	15.	5,38	5,67	0,0511	5,11%
6.	5,56	5,67	0,0194	1,94%	16.	5,45	5,67	0,0388	3,88%
7.	5,56	5,67	0,0194	1,94%	17.	5,49	5,67	0,0317	3,17%
8.	5,35	5,67	0,0564	5,64%	18.	5,49	5,67	0,0317	3,17%
9.	5,49	5,67	0,0317	3,17%	19.	5,52	5,67	0,0265	2,65%
10.	5,49	5,67	0,0317	3,17%	20.	5,49	5,67	0,0317	3,17%
				Rata-rata				0,0391	3,91%

Mencari nilai *Error* dari pengukuran sensor TDS meter dengan menggunakan rumus Persamaan (1) dan mencari persentase nilai *Error* dengan menggunakan rumus Persamaan (2). Tabel 2 adalah hasil dari pengukuran kadar larutan nutrisi dengan menggunakan sensor TDS meter dan alat ukur TDS meter konvensional. Rata-rata nilai *Error* dari hasil pembacaan pH larutan nutrisi adalah sebesar 0,0289 dan persentase rata-rata nilai *Error* dari hasil pembacaan pH larutan nutrisi adalah sebesar 2,89%.

Tabel 2. Hasil Pembacaan Kadar Larutan Nutrisi

No.	Pengukuran		<i>Error</i> (X)(ppm)	<i>Error</i> (X)(%)	No.	Pengukuran		<i>Error</i> (X)(ppm)	<i>Error</i> (X)(%)
	Sensor TDS Meter (ppm)	Alat Ukur TDS Meter (ppm)				Sensor TDS Meter (ppm)	Alat Ukur TDS Meter (ppm)		
1.	1294	1263	0,0245	2,45%	11.	1370	1263	0,0847	8,47%
2.	1295	1263	0,0253	2,53%	12.	1276	1263	0,0103	1,03%
3.	1295	1263	0,0253	2,53%	13.	1313	1263	0,0396	3,96%
4.	1295	1263	0,0253	2,53%	14.	1313	1263	0,0396	3,96%
5.	1295	1263	0,0253	2,53%	15.	1313	1263	0,0396	3,96%
6.	1295	1263	0,0253	2,53%	16.	1294	1263	0,0245	2,45%
7.	1294	1263	0,0245	2,45%	17.	1261	1263	0,0016	0,16%
8.	1295	1263	0,0253	2,53%	18.	1294	1263	0,0245	2,45%
9.	1279	1263	0,0127	1,27%	19.	1329	1263	0,0523	5,23%
10.	1295	1263	0,0253	2,53%	20.	1295	1263	0,0253	2,53%
				Rata-rata				0,0289	2,89%

Tabel 3 berisi hasil pengukuran suhu larutan nutrisi menggunakan sensor DS18B20 dan alat ukur TDS konvensional. Selanjutnya, dilakukan perhitungan untuk mengetahui persentase nilai

Error dengan menggunakan Persamaan (2). Rata-rata nilai *Error* yang dihasilkan dari perhitungan tersebut adalah sebesar 0,0832, dengan persentase rata-rata nilai *Error* sebesar 8,32%. Dalam konteks akurasi sensor nilai tersebut masih memenuhi kategori yang ditetapkan adalah sebesar $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dan nilai *Error* tersebut menunjukkan bahwa sensor DS18B20 telah memberikan pembacaan suhu larutan nutrisi yang cukup akurat (**Rahmanto, dkk, 2020**).

Tabel 3. Hasil Pembacaan Suhu Larutan Nutrisi

No.	Pengukuran		<i>Error</i> (X)($^{\circ}\text{C}$)	<i>Error</i> (X)(%)	No.	Pengukuran		<i>Error</i> (X)($^{\circ}\text{C}$)	<i>Error</i> (X)(%)
	Sensor DS18B20 ($^{\circ}\text{C}$)	Alat Ukur TDS Meter ($^{\circ}\text{C}$)				Sensor DS18B20 ($^{\circ}\text{C}$)	Alat Ukur TDS Meter ($^{\circ}\text{C}$)		
1.	27,56	30,01	0,0816	8,16%	11.	27,44	30,01	0,0856	8,56%
2.	27,50	30,01	0,0836	8,36%	12.	27,56	30,01	0,0816	8,16%
3.	27,50	30,01	0,0836	8,36%	13.	27,50	30,01	0,0836	8,36%
4.	27,50	30,01	0,0836	8,36%	14.	27,50	30,01	0,0836	8,36%
5.	27,50	30,01	0,0836	8,36%	15.	27,50	30,01	0,0836	8,36%
6.	27,50	30,01	0,0836	8,36%	16.	27,56	30,01	0,0816	8,16%
7.	27,56	30,01	0,0816	8,16%	17.	27,50	30,01	0,0836	8,36%
8.	27,50	30,01	0,0836	8,36%	18.	27,56	30,01	0,0816	8,16%
9.	27,44	30,01	0,0856	8,56%	19.	27,56	30,01	0,0816	8,16%
10.	27,50	30,01	0,0836	8,36%	20.	27,50	30,01	0,0836	8,36%
						Rata-rata		0,0832	8,32%

Nilai data pengukuran ketinggian larutan nutrisi dengan satuan *centimeter* (cm). Hasil pengukuran dari modul sensor ultrasonik dan alat ukur penggaris konvensional yang tercantum pada Tabel 4. Rata-rata dari nilai *Error* dari pembacaan ketinggian larut adalah sebesar 0,0016 dengan persentase nilai rata-rata *Error* sebesar 0,16%. Dalam konteks akurasi sensor ultrasonik rata-rata nilai *Error* tersebut masih memenuhi kategori yang ditetapkan adalah sebesar 0,3cm (**Tulle, 2017**).

Tabel 4. Hasil Pembacaan Ketinggian Larutan Nutrisi

No.	Pengukuran		<i>Error</i> (X) (cm)	<i>Error</i> (X) (%)	No.	Pengukuran		<i>Error</i> (X) (cm)	<i>Error</i> (X) (%)
	Modul Sensor Ultrasonik (cm)	Alat Ukur (cm)				Modul Sensor Ultrasonik (cm)	Alat Ukur (cm)		
1.	11,36	11,1	0,0234	2,34%	11.	11,36	11,1	0,0234	2,34%
2.	11,36	11,1	0,0234	2,34%	12.	8,44	11,1	0,2396	23,96%
3.	11,36	11,1	0,0234	2,34%	13.	11,36	11,1	0,0234	2,34%
4.	11,36	11,1	0,0234	2,34%	14.	11,36	11,1	0,0234	2,34%
5.	11,36	11,1	0,0234	2,34%	15.	10,48	11,1	0,0559	5,59%
6.	11,36	11,1	0,0234	2,34%	16.	11,36	11,1	0,0234	2,34%
7.	11,36	11,1	0,0234	2,34%	17.	11,36	11,1	0,0234	2,34%
8.	10,48	11,1	0,0559	5,59%	18.	10,48	11,1	0,0559	5,59%
9.	11,36	11,1	0,0234	2,34%	19.	11,36	11,1	0,0234	2,34%
10.	11,36	11,1	0,0234	2,34%	20.	11,36	11,1	0,0234	2,34%
						Rata-rata		0,0016	0,16%

Tabel 5 adalah hasil pengukuran yang didapat dari pengujian modul sensor LDR dengan alat ukur Lux meter dan selanjutnya mencari nilai *Error* dari hasil pengukuran yang didapat dengan menggunakan rumus Persamaan (1) dan rumus Persamaan (2) untuk mencari persentase nilai *Error*. Rata-rata nilai *Error* yang dari pengukuran intensitas *growing light* adalah sebesar

0,1183 dan persentase rata-rata nilai *Error* dari pengukuran intensitas *growing light* adalah sebesar 11,83% dan nilai *Error* rata-rata masih memenuhi kategori berdasarkan pengaturan nilai sensitivitas pada modul sensor LDR (**Imam Marzuki, 2019**).

Tabel 5. Hasil Pembacaan Intensitas *Growing Light*

No.	Pengukuran		<i>Error</i> (X)(Lux)	<i>Error</i> (X)(%)	No.	Pengukuran		<i>Error</i> (X)(Lux)	<i>Error</i> (X)(%)
	Modul Sensor LDR (Lux)	Alat Ukur Lux Meter (Lux)				Modul Sensor LDR (Lux)	Alat Ukur Lux Meter (Lux)		
1.	400	352	0,1364	13,64%	1.	400	352	0,1364	13,64%
2.	397	352	0,1278	12,78%	2.	397	352	0,1278	12,78%
3.	288	352	0,1818	18,18%	3.	288	352	0,1818	18,18%
4.	388	352	0,1023	10,23%	4.	388	352	0,1023	10,23%
5.	400	352	0,1364	13,64%	5.	400	352	0,1364	13,64%
6.	400	352	0,1364	13,64%	6.	400	352	0,1364	13,64%
7.	400	352	0,1364	13,64%	7.	400	352	0,1364	13,64%
8.	402	352	0,1421	14,21%	8.	402	352	0,1421	14,21%
9.	390	352	0,1080	10,80%	9.	390	352	0,1080	10,80%
10.	400	352	0,1364	13,64%	10.	400	352	0,1364	13,64%
Rata-rata								0,1183	11,83%

3.4 Hasil Pengujian Durasi Tanggap dari Node Pengontrolan

Pengujian pada node pengontrolan bertujuan untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk proses menyalakan dan mematikan pada sistem kendali HOPONIC. Sistem kendali yang terhubung yaitu *growing light*, pompa larutan nutrisi, pompa pH *UP*, pompa pH *DOWN* dan kipas motor DC. Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan jaringan internet dengan kecepatan 20 Mbps. Satuan waktu yang digunakan pada pengujian yaitu satuan detik. Hasil rata-rata pengujian yang didapat dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata hasil pengujian durasi tanggap Node Pengontrolan

No.	<i>Growing Light</i> (detik)		Pompa Larutan Nutrisi (detik)		Pompa pH <i>UP</i> (detik)		Pompa pH <i>DOWN</i> (detik)		Kipas Motor DC (detik)	
	<i>ON</i>	<i>OFF</i>	<i>ON</i>	<i>OFF</i>	<i>ON</i>	<i>OFF</i>	<i>ON</i>	<i>OFF</i>	<i>ON</i>	<i>OFF</i>
1.	4,91	8,91	6,28	5,49	7,98	4	6,28	7,85	5,85	9,89
2.	2,27	7,79	4,11	4,01	7,62	6,79	2,05	1,33	4,1	10,09
3.	2,73	5,77	1,14	10,21	6,42	9,34	3,68	1,97	8,42	9,51
4.	4,19	6,8	8,5	7,69	6,58	7,13	3,96	8,85	4,52	8,83
5.	9,7	7,46	3,63	8,63	6,31	1,79	6,94	10,57	8,64	5,97
Rata-rata	4,76	7,35	4,73	7,21	6,98	5,81	4,58	6,11	6,31	8,86

3.5 Hasil Monitoring pada Sistem HOPONIC

Pengujian monitoring dilakukan dengan cermat memantau pembacaan dari node sensor yang terdapat dalam sistem HOPONIC. Data yang menjadi fokus pemantauan meliputi pH larutan nutrisi, suhu larutan nutrisi, ketinggian larutan nutrisi, kadar larutan nutrisi, dan intensitas cahaya dari *growing light*. Hasil pemantauan dan pengukuran dari sistem HOPONIC yang dijelaskan pada Tabel 7 menunjukkan rata-rata data monitoring dari berbagai parameter tersebut.

Tabel 7. Rata-rata hasil monitoring pada sistem HOPONIC

Tanggal	pH Larutan Nutrisi	Suhu Larutan Nutrisi (°C)	Ketinggian Larutan Nutrisi (cm)	Kadar Larutan Nutrisi (ppm)	Intensitas Cahaya (Lux)
12 Januari 2023	6,41	32,98	6,16	1164,63	36,04
13 Januari 2023	6,40	32,88	5,87	1168,04	37,92
14 Januari 2023	6,39	32,52	5,37	1172,92	45,04
15 Januari 2023	6,37	32,50	5,20	1167,50	41,42
16 Januari 2023	6,34	32,50	5,20	1168,25	53,42
17 Januari 2023	6,32	32,50	5,20	1164,75	43,17
18 Januari 2023	6,31	32,29	5,20	1169,75	41,79
19 Januari 2023	6,29	32,00	5,20	1170,00	30,54
20 Januari 2023	6,29	32,00	5,20	1165,29	37,75
21 Januari 2023	6,29	32,00	5,20	1166,25	39,38
Rata-rata	6,34	32,42	5,38	1167,74	40,65

3.6 Hasil Pertumbuhan Tanaman Pakcoy

Hasil pertumbuhan tanaman pakcoy yang ukur yaitu tinggi tanaman dan jumlah daun yang tumbuh. Tanaman pakcoy yang menggunkan sistem HOPONIC dimonitoring secara realtime dan kendali secara otomatis, sedangkan tanaman pakcoy yang tidak menggunkan sistem HOPONIC pengukuran pH, suhu, ketinggian, kadar larutan nutrisi dilakukan hanya diawal penanaman.

Data hasil pengukuran pertumbuhan tinggi tanaman yang diperoleh pada Tabel 8 menunjukan perbedaan nilai dari rata-rata pengukuran tinggi tanaman. Total Rata-rata dari hasil pengukuran pertumbuhan tinggi tanaman pakcoy dengan sistem dengan menggunakan sistem HOPONIC sebesar 26,75 cm sedangkan tanpa menggunakan sistem sebesar 26,32 cm yang menunjukkan bahwa sistem HOPONIC unggul dalam pertumbuhan tinggi tanaman pakcoy sebesar 0,43 cm. Adapun grafik pertumbuhan tinggi tanaman pakcoy dapat dilihat pada Gambar 9, garis biru mewakili pertumbuhan tinggi tanaman pakcoy dengan menggunakan HOPONIC sedangkan garis merah tua mewakili pertumbuhan tanpa menggunakan sistem HOPONIC.

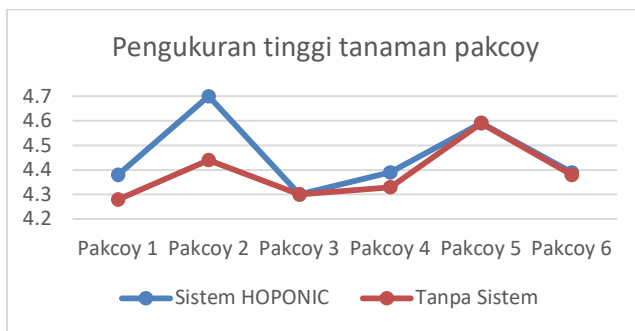
Tabel 8. Hasil pengukuran pertumbuhan tinggi tanaman pakcoy dengan sistem HOPONIC dan tanpa sistem

No.	Sistem HOPONIC (cm)						Tanpa Sistem (cm)					
	PH ₁	PH ₂	PH ₃	PH ₄	PH ₅	PH ₆	PT ₁	PT ₂	PT ₃	PT ₄	PT ₅	PT ₆
1.	4	4	4	4	4	4	3,9	3,8	3,8	4	3,9	4
2.	4,1	4,1	4,2	4	4,1	4	4	4	4,1	4	4,1	4
3.	4,3	4,4	4,2	4,1	4,3	4,1	4,1	4,1	4,2	4,1	4,4	4,3
4.	4,4	4,4	4,2	4,2	4,4	4,3	4,2	4,1	4,3	4,1	4,5	4,3
5.	4,4	4,7	4,3	4,3	4,6	4,4	4,3	4,4	4,3	4,2	4,6	4,3
6.	4,4	4,7	4,3	4,4	4,6	4,5	4,3	4,4	4,4	4,2	4,7	4,4
7.	4,5	4,9	4,4	4,6	4,7	4,5	4,4	4,9	4,4	4,5	4,9	4,6
8.	4,5	5,2	4,4	4,7	4,8	4,7	4,5	4,9	4,4	4,6	4,9	4,6
9.	4,6	5,3	4,5	4,8	5	4,7	4,5	4,9	4,5	4,8	4,9	4,6
10.	4,6	5,3	4,5	4,8	5,4	4,7	4,6	4,9	4,6	4,8	5	4,7
Rata-rata	4,38	4,7	4,3	4,39	4,59	4,39	4,28	4,44	4,3	4,33	4,59	4,38

Dengan keterangan:

PH = Pakcoy yang ditanam dengan sistem HOPONIC

PT = Pakcoy yang ditanam tanpa sistem HOPONIC



Gambar 9. Grafik perbandingan pertumbuhan tinggi tanaman pakcoy

Pertumbuhan tanaman sayur pakcoy juga dapat dilihat melalui pertumbuhan daunnya. Pada Tabel 9 diperoleh total rata-rata dari pengukuran pertumbuhan daun tanaman pakcoy dengan menggunakan sistem sebesar 25,8 Lembar Daun dan tanpa menggunakan sistem sebesar 24,1 Lembar Daun yang menunjukkan bahwa dengan menggunakan sistem HOPONIC unggul sebesar 1,7 Lembar Daun. Adapun grafik pertumbuhan tinggi tanaman pakcoy dapat dilihat pada Gambar 10, garis biru mewakili pertumbuhan tinggi tanaman pakcoy dengan menggunakan HOPONIC sedangkan garis merah tua mewakili pertumbuhan tanpa menggunakan sistem HOPONIC.

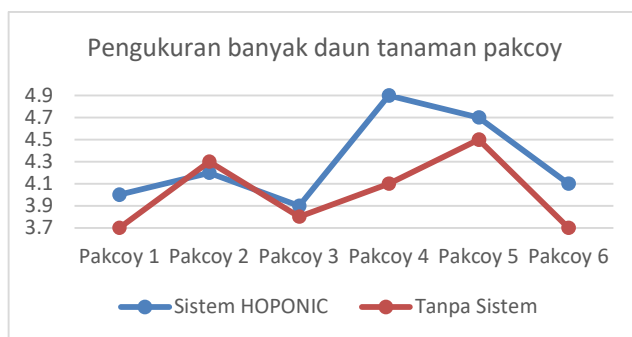
Tabel 9. Hasil pengukuran pertumbuhan daun tanaman pakcoy dengan sistem HOPONIC dan tanpa sistem

No.	Sistem HOPONIC (Lembar Daun)						Tanpa Sistem (Lembar Daun)					
	PH ₁	PH ₂	PH ₃	PH ₄	PH ₅	PH ₆	PT ₁	PT ₂	PT ₃	PT ₄	PT ₅	PT ₆
1.	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	3
2.	3	3	3	3	4	3	2	3	3	3	3	3
3.	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3
4.	3	4	4	5	4	4	3	3	3	3	4	3
5.	3	4	4	5	5	4	3	4	4	4	4	3
6.	3	5	4	5	5	4	4	4	4	5	5	4
7.	5	5	4	6	5	5	4	5	4	5	5	4
8.	5	5	4	6	5	5	5	6	5	5	6	4
9.	6	5	5	6	6	5	5	6	5	5	6	5
10.	6	5	5	6	6	5	6	6	5	6	7	5
Rata-rata	4	4,2	3,9	4,9	4,7	4,1	3,7	4,3	3,8	4,1	4,5	3,7

Dengan keterangan:

PH = Pakcoy yang ditanam dengan sistem HOPONIC

PT = Pakcoy yang ditanam tanpa sistem HOPONIC



Gambar 10. Grafik perbandingan pertumbuhan daun tanaman pakcoy

4. KESIMPULAN

HOPONIC dengan sistem *wick* berhasil mengontrol pH, suhu, ketinggian larutan nutrisi, kadar larutan nutrisi dan intensitas cahaya dengan menggunakan node sensor. Sistem secara keseluruhan dapat melakukan proses monitoring dengan memantau keadaan lingkup HOPONIC dari pembacaan node sensor yang digunakan. Pengiriman notifikasi dari HOPONIC ke aplikasi *Android* berhasil dilakukan serta notifikasi dapat diterima oleh user. Konektivitas antara HOPONIC dengan aplikasi *Android* berhasil dibuat dan konektivitas berjalan berdasarkan format yang telah dirancang. HOPONIC menghasilkan pertumbuhan tanaman sayur pakcoy dengan baik dibandingkan tidak menggunakan sistem HOPONIC. Hasil rata-rata pengukuran dari pertumbuhan tinggi tanama sayur pakcoy dengan sistem HOPONIC lebih unggul dari tanpa sistem HOPONIC dengan selisih sebesar 0,43 cm, sedangkan hasil rata-rata pengukuran dari pertumbuhan jumlah daun tanaman sayur pakcoy dengan sistem HOPONIC lebih unggul dari tanpa menggunakan sistem HOPONIC sebesar 1,7 Lembar Daun.

DAFTAR RUJUKAN

- Al Tahtawi, A. R., & Kurniawan, R. (2020). PH control for deep flow technique hydroponic IoT systems based on fuzzy logic controller. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 8(4), 323–329. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2020.13822>
- Andrianto, R., & Munandar, M. H. (2022). Aplikasi E-Commerce Penjualan Pakaian BerbasisAndroid Menggunakan Firebase Realtime Database. *Journal Computer Science and Information Technology (Jcoint)*, 3(1), 20–29. <https://jurnal.ulb.ac.id/index.php/JCoInT/article/view/2478>
- Apsar, R. J. (2018). Monitoring Keamanan Rumah Dengan Menggunakan Mikrokontroler Melalui Web. *Jurnal Manajemen Informatika*, 8(1), 87–95.
- Arini, W. (2019). Tingkat Daya Kapilaritas Jenis Sumbu Pada Hidroponik Sistem Wick Terhadap Tanaman Cabai Merah (*Capsicum Annum L.*). *Jurnal Perspektif Pendidikan*, 13(1), 23–34. <https://doi.org/10.31540/jpp.v13i1.302>
- Aulia, S., Ansar, A., & Putra, G. M. D. (2019). Pengaruh Intensitas Cahaya Lampu Dan Lama Penyinaran Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kangkung (*Ipomea Reptans Poir*) Pada Sistem Hidroponik Indoor. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 7(1), 43–51. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v7i1.100>
- Buana, Z., Candra, O., Elektro, J. T., Teknik, F., & Padang, U. N. (2019). *Sistem Pemantauan Tanaman Sayur Dengan Media*. 1(1).
- Geovanie, M., Ruslianto, I., & Ristian, U. (2023). CESS Sistem Pemantauan dan Kendali Tanaman Kentang Media Aeroponik Berbasis Internet of Things Aeroponic Media Potato Plant Monitoring and Control System Internet of Things Based. 8(January), 235–249.
- Gunawan, R., Andhika, T., & Hibatulloh, F. (2019). Sistem Monitoring Kelembapan Tanah , Suhu , pH dan Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Tomat Berbasis Internet of Things

- Monitoring System for Soil Moisture , Temperature , pH and Automatic Watering of Tomato Plants Based on Internet of Things. *λ*(1). <https://doi.org/10.34010/telekontran.v7i1.1640>
- Imam Marzuki. (2019). Perancangan dan Pembuatan Sistem Penyalan Lampu Otomatis Dalam Ruangan Berbasis Arduino Menggunakan Sensor Gerak dan Sensor Cahaya. *Jurnal Intake: Jurnal Penelitian Ilmu Teknik Dan Terapan*, *10*(1), 9–16. <https://doi.org/10.48056/jintake.v10i1.48>
- Kresnha, P. E., Latifah, N., & Wicahyani, A. (2019). Automasi Hidroponik Indoor Sistem Wick dengan Pengaturan Penyinaran Menggunakan Growing Lights dan Pemberitahuan Nutrisi Berbasis SMS Gateway. *Seminar Nasional Teknologi*, 1–8.
- Nalendra, A. K., & Mujiono, M. (2020). Perancangan Perancangan IoT (Internet Of Things) Pada Sistem Irigasi Tanaman Cabai. *Generation Journal*, *4*(2), 61–68. <https://doi.org/10.29407/gj.v4i2.14187>
- Prasetya, E. B., & Rozikin, K. (2021). IOT Hidroponik Indoor Menggunakan Growing Light Dan Sirkulasi Udara Dalam Air. *Tekinfo*, *22*(1), 20–28.
- Puspasari, I., Triwidyastuti, Y., & Harianto, H. (2018). Otomasi Sistem Hidroponik Wick Terintegrasi pada Pembibitan Tomat Ceri. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, *λ*(1). <https://doi.org/10.22146/jnteti.v7i1.406>
- Rahmanto, Y., Rifaini, A., Samsugi, S., & Riskiono, S. D. (2020). Sistem Monitoring Ph Air Pada Aquaponik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. *OI*(1), 23–28.
- Rawal, K., & Gabrani, G. (2020). IoT based Computing to Monitor Indoor Plants by using Smart Pot. *SSRN Electronic Journal*, 1–4. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3562964>
- Somantri, & Mamun, C. (2021). Sistem Monitoring Pemeliharaan Tanaman Cabe Berbasis IoT Menggunakan Mobile Apps.pdf. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, *2*(4), 679–690. <https://doi.org/10.36418/jist.v2i4.123>
- Susilawati. (2019). Dasar – Dasar Bertanam Secara Hidroponik. *Unsri Press, Jalan Srijaya Negara, Bukit Besar Palembang 30139*.
- Tulle, C. D. N. (2017). Monitoring Volume Cairan dalam Tabung (Drum Silinder) dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Web. *Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer AKAKOM*.