

Pengujian Teknologi Internet of Things (IoT) Pada Tanaman Hidroponik Menggunakan Perhitungan Mape

Nopi Ramsari ^{1*}, Teddy Hidayat ^{2**}

* Teknik Informatika, Universitas Nurtanio

** Teknik Informatika, Universitas Kebangsaan Republik Indonesia
nopiramsarihatta@gmail.com¹, teddyhidayat@ukri.ac.id²

Article Info

Article history:

Received 2022-12-27

Revised 2023-01-19

Accepted 2023-01-24

Keyword:

Hidroponik,
sensor,
nutrisi,
pH,
MAPE

ABSTRACT

Hydroponics is a technique of cultivating plants without using soil, instead using water as a growing medium. One of the advantages of hydroponics is that it has a high selling value and does not require a large area. To make good quality plants, you must pay attention to factors such as: nutritional needs, pH, temperature and light intensity around the hydroponic environment. By using the Internet of Things (IoT), we can monitor and control these factors, so hydroponic plants can grow well. In this study we used two samples of different types of plants, such as pak choy and lettuce. Microcontroller as the main controller of all IoT components. The sensors used are TDS sensors, PH sensors, temperature sensors and light sensors. The softwares tools that we used are the Arduino IDE and the CodeIgniter Framework to develop the user interface display so that it is easy to use by users using web browsers or smartphone devices. Testing the concentration of nutrients with the TDS sensor uses MAPE to get a yield of 13,17 % for salad plants and 7,32 % for pak choy plants while for testing the pH of the water the results were 13,95% for salad plants and 13,91% for pak choy plants. Because the MAPE value is 10 – 20%, it shows the ability of the IoT for monitoring and controlling nutrient concentration and pH content in hydroponic systems is good. With IoT technology, we can monitor and control plants in real-time automatically so that hydroponic plants continue to grow properly with minimal human intervention.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

I. PENDAHULUAN

Dengan memanfaatkan lahan yang sempit, masyarakat dapat bertanam, dengan menggunakan metode hidroponik. Hidroponik merupakan teknik budidaya tanaman tanpa menggunakan media tanah, melainkan menggunakan air sebagai media tanamnya. Keuntungan hidroponik adalah tidak memerlukan lahan yang luas dan memiliki nilai jual yang tinggi. Ada beberapa faktor penting yang harus diperhatikan seperti nutrisi, jumlah unsur pH harus sesuai, Air, tingkat salinitas tidak melebihi 2500 ppm, Oksigen dan lain-lain. Selain faktor tersebut, terdapat faktor lainnya yaitu cara pemilik untuk merawat tanamannya agar dapat tumbuh dan kembang dengan baik, oleh karena itu perlu metode untuk menjaga faktor-faktor penting tersebut agar tanaman tumbuh dengan baik. Dengan keberadaan teknologi yang dapat

diandalkan diharapkan mampu membuat sistem pemantauan untuk tanaman hidroponik [1]. Untuk Penelitian ini menggunakan sampel tanaman selada dan pakcoy. Adapun teknologi yang dapat digunakan yaitu Teknologi IoT (*Internet of Thing*). Teknologi IoT dapat mengintegrasikan satu perangkat dengan perangkat lainnya memungkinkan perangkat-perangkat tersebut dapat berkomunikasi satu sama lain dan menghasilkan suatu data, kemudian data tersebut dikirim ke suatu media penyimpanan dan dapat diolah untuk dijadikan informasi bermanfaat bagi penggunanya. Dengan IoT cara bertani tanaman hidroponik dibuat dengan cara mengotomatiskan cara pertanian [2]. Teknologi IoT dapat mempermudah kegiatan pengecekan faktor-faktor penting seperti nutrisi vitamin dan pH pada tanaman hidoponik serta pengukuran suhu dan intensitas cahaya disekitar lingkungan tanaman hidroponik. Selain dapat melakukan *monitoring*

pada tanaman hidroponik juga dapat dilakukan *controlling* secara otomatisasi untuk kadar nutrisi, pH dan banyaknya air pada tanaman salada dan pakcoy.

Penelitian yang dilakukan merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya. Adapun penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan. Penelitian [3] menggunakan Sensor PH MPS340 dan sensor suhu DS18B20 yang berfungsi untuk mengetahui PH dan suhu air yang digunakan pada tanaman hidroponik, sedangkan untuk sistem kendali utama menggunakan Node MCU yang terintegrasi dengan modul WiFi ESP8266 untuk terhubung ke jaringan internet. Aktuator yang digunakan yaitu selenoid valve. Hasil yang dicapai setelah penelitian ini dilakukan yaitu sebuah sistem pemberian nutrisi pada tanaman hidroponik yang mempermudah masyarakat perkotaan ketika ingin bercocok tanam dengan waktu yang padat agar dapat meningkatkan keberhasilan panen dan kualitas tanaman hidroponik.

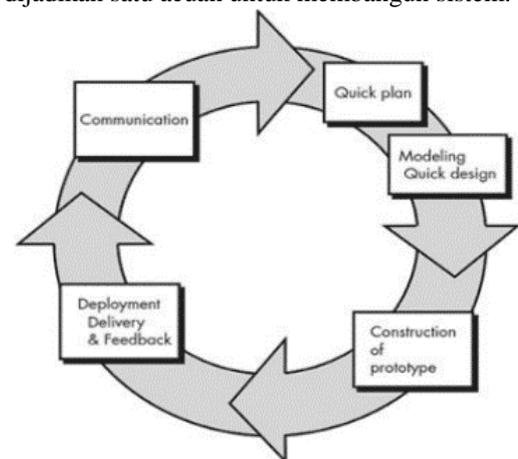
Penelitian [4] menggunakan teknologi IoT pada *urban farming* untuk petani hidroponik agar mempermudah dalam proses pemeliharaan. Dengan model *Smart Urban Farming* Hidroponik ini para budidaya tanaman hidroponik dapat memberi nutrisi dan mengontrol kadar ph secara otomatis cukup dengan menekan tombol pada aplikasi yang telah disediakan di *smartphone*, sehingga pembudidaya tanaman hidroponik tidak harus melakukan pemeliharaan tanamannya secara manual.

Penelitian [5] perancangan Monitoring Sistem Hidroponik berbasis IoT berhasil melakukan pengiriman Data sistem hidroponik ke Platform OVoRD dan data yang terkirim ditampilkan dalam bentuk angka dan grafik dalam platform OVoRD. Penelitian [6] yang dilakukan telah berhasil mengimplementasikan sebuah sistem pemantauan suhu dan kelembaban udara berbasis IoT pada plant factory. Dari hasil uji coba alat selama satu bulan, alat masih dapat berfungsi dengan baik dengan indikator alat ini mulai merekam data selama tiga puluh hari dan melakukan penyimpanan data di blynk cloud server dengan baik. Penelitian [7] teknologi IoT pada tanaman hidroponik digunakan untuk sistem monitoring dan kontrol temperatur pada ruang tanaman hidroponik berbasis web dapat berjalan dengan baik. Pengukuran suhu rata-rata adalah 30° Celcius dan kelembaban 70%, data suhu dan kelembaban dikirim ke web server setiap lima detik, lalu disimpan kedalam database dan tampil pada aplikasi web dalam bentuk grafik. Menggunakan Kipas yang diatur menyala jika suhu ruang tanaman melebihi 35° Celcius sehingga dapat menjaga tanaman agar tidak kepanasan. Penelitian [8] untuk mengetahui suhu dan kelembaban pada lahan perkebunan. Pengukuran suhu tanah menggunakan sensor suhu tanah DS18B20, kelembaban tanah menggunakan sensor sensor soil moisture (Kelembapan Tanah) YL-69 dan Arduino Uno sebagai mikrokontroler. Uji kelayakan alat dengan menghitung hasil dari penelitian dengan perhitungan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

Dari beberapa penelitian sebelumnya, penelitian yang telah dilakukan yaitu teknologi IoT pada tanaman hidroponik yang dapat melakukan *monitoring* dan *controlling* secara otomatis pada nutrisi tanaman dan pH. Disamping itu juga dapat memberikan informasi mengenai nilai nutrisi, pH, suhu dan intensitas cahaya pada tanaman hidroponik. Pengembangan dari penelitian sebelumnya, yaitu peneliti membuat dua rangkaian IoT dengan *mikrokontroler* yang berbeda serta sensor TDS dan pH yang berbeda. Peralatan IoT ini juga dilengkapi dengan sensor suhu dan sensor intensitas cahaya untuk memonitor suhu dan intensitas cahaya dengan menggunakan sensor yang sama, karena tanaman berada pada lingkungan yang sama. Pada perangkat IoT juga dilengkapi sensor ultrasonic untuk memonitor kapasitas ketersediaan nutrisi A dan B serta pH pada tanaman hidroponik. Karena penelitian ini membuat dua rangkaian IoT maka dilakukan pengujian pada kedua alat IoT dengan tanaman yang berbeda, yaitu salada dan Pakcoy. Untuk aplikasi yang dibuat dapat dilakukan penyettingan kebutuhan nutrisi dan pH pada kedua jenis tanaman berbasis web. Aplikasi yang dibuat dalam bentuk tampilan *dashboard* dilengkapi dengan tabel dan grafik sehingga mempermudah pengguna untuk melakukan pengaturan besarnya kepekatan nutrisi pada tanaman hidroponik. Penelitian ini menggunakan perangkat, seperti sensor pH, ultrasonic, sensor suhu, sensor intensitas cahaya dan sensor TDS. Sensor dapat menghasilkan data, sehingga data yang dihasilkan akan diolah oleh aplikasi, sehingga perangkat IoT dapat memonitor dan *controlling* tanaman hidroponik, oleh karena itu perlu adanya pengujian kelayakan alat perangkat IoT dengan menggunakan perhitungan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam pengembangan sistem menggunakan metode prototipe. Prototipe bertujuan untuk memberi gambaran kepada pengguna bagaimana spesifikasi kebutuhan sistem yang akan dibangun melalui evaluasi prototipe terlebih dahulu. Adanya evaluasi dari prototipe ini, dapat dijadikan satu acuan untuk membangun sistem.



Gambar 1. Urutan Metode Prototipe

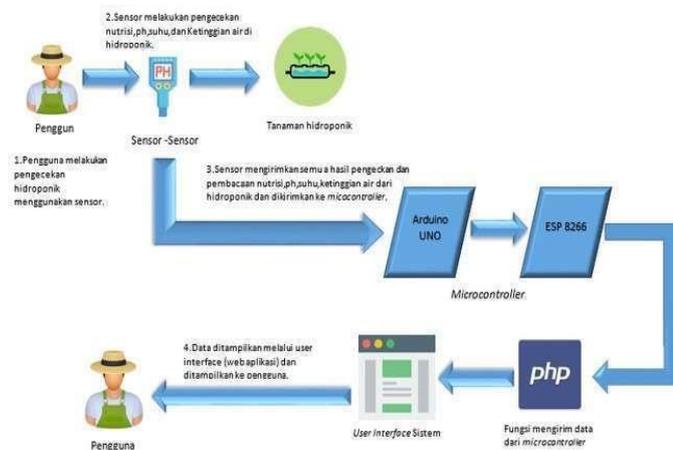
1) Tahap Communication

Tahapan identifikasi masalah yang melibatkan pengembang dengan pemangku kepentingan untuk mengetahui tujuan pengembangan sistem, pengumpulan kebutuhan maupun batasan sistem. Mengidentifikasi kebutuhan pengguna. Melalui wawancara dengan pengguna maka tujuan pengembangan sistem IoT adalah:

- Pengguna dapat memonitor data sensor dan grafik besar nutrisi, suhu, intensitas cahaya, ketinggian air dan pH.
- Pengguna dapat melakukan kendali (*controlling*) terhadap tempat penampungan nutrisi vitamin A dan nutrisi vitamin B, pH down dan penampungan air.

2) Tahap Quick Plan

Tahap ini dilakukan dengan cepat, dimana dilakukan pemodelan terkait dengan kebutuhan yang sebelumnya sudah didapatkan pada tahap komunikasi.



Gambar 2. Modelling Proses Bisnis Monitoring Sistem

Proses bisnis *monitoring* sensor yang terdapat dalam gambar 3 pada alat IoT untuk tanaman hidroponik diatas ini yaitu pengguna melakukan pengecekan pada tanaman menggunakan sensor-sensor yang terdiri dari sensor pH, sensor nutrisi, sensor suhu udara, sensor cahaya dan sensor ultrasonik. Data sensor tersebut dibaca oleh *microcontroller* *Arduino Uno*, kemudian dari *ESP 8266* dikirim ke *user interface* menggunakan fungsi PHP yang selanjutnya akan diolah dan ditampilkan pada *dashboard* untuk dapat dilihat oleh pengguna.

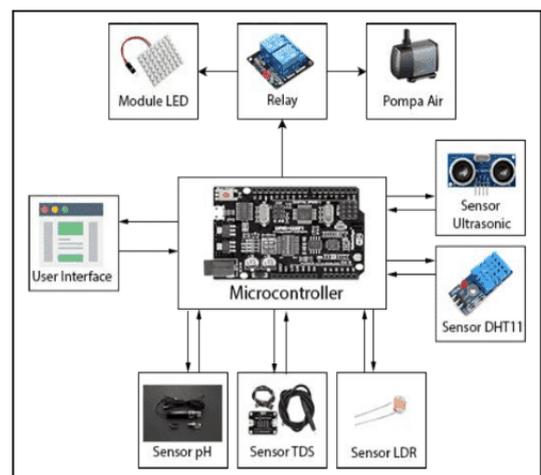
Selain *monitoring* tanaman, pengguna juga dapat melakukan proses *controlling* atau kendali pada mesin pompa. Proses bisnis *controlling* yang dilakukan pengguna seperti gambar 4 diatas yaitu pengguna melakukan kendali terhadap sistem dengan memilih *button saklar* yang tersedia pada *dashboard*. Kemudian *microcontroller* *ESP8266* mendapatkan data dari PHP untuk melakukan kendali terhadap *button saklar*. Selanjutnya ditampilkan kembali status saklar setelah proses pengendalian pada *user interface*.



Gambar 3. Modelling Proses Bisnis Controlling

3) Tahap Modeling Quick Design

Tahap ini merupakan perancangan terkait representasi sistem yang dapat dipahami oleh pengguna, seperti perancangan antarmuka dengan membuat diagram blok sistem. Dalam perancangan perangkat keras dibutuhkan beberapa komponen elektronika, perlengkapan mekanik dan *device* penunjang agar sistem dapat bekerja dan berjalan dengan baik sesuai dengan fungsinya. Agar mudah dipahami maka dibuat perancangan diagram blok sistem. Diagram blok adalah diagram dari sebuah sistem, dimana bagian fungsi yang menunjukkan hubungan dari blok. Blok *flow* diagram terdiri dari gabungan beberapa kotak yang dihubungkan dengan aliran *input* dan *output*. Cara kerja keseluruhan sistem yang akan dibuat dapat dilihat pada diagram blok sehingga keseluruhan diagram blok akan menghasilkan suatu sistem yang dapat difungsikan atau dapat bekerja[9]. Berikut adalah diagram blok sistem hidroponik yang akan dibuat.



Gambar 4. Diagram Blok Sistem

Penelitian ini membutuhkan alat dan bahan berupa perangkat keras maupun perangkat lunak diantaranya sebagai berikut.

- Mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP8266. Mikrokontroler ESP8266 sendiri merupakan chip WiFi dengan protokol TCP/IP yang lengkap [10].

- Sensor pH

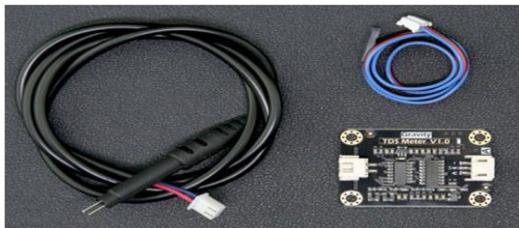
Alat pH meter untuk mengetahui konsentrasi ion hydrogen yakni, mengukur derajat keasaman pada suatu larutan. Nilai pH sebesar 7 menyatakan bahwa larutan dalam keadaan netral. Nilai pH diatas 7 menyatakan larutan basa. Skala yang digunakan berkisar dari 1 hingga 14. Sensor ini mengkonversi besaran pH menjadi besaran listrik. Jenis sensor Ph yang dipakai yaitu sensor ph yang memakai elektroda gelas. Sensor pH meter adalah sebuah alat elektronik yang digunakan dalam mengukur kadar asam atau basa dari suatu larutan. Prinsip kerja dari alat ini adalah semakin banyak elektron pada larutan maka akan semakin bernilai asam semakin sedikit elektron pada larutan maka akan semakin bernilai basa, karena pada batang pH meter sendiri berisi larutan elektrolit lemah. Untuk tingkat pengukuran presisi dan tepat, pH meter harus di kalibrasi terlebih dahulu setiap sebelum digunakan dan sesudah digunakan untuk melakukan pengukuran.[11]



Gambar 5. Sensor Ph-E4502C (Sumber <http://scidle.com>)

- TDS Sensor

Total Dissolved Solids (TDS) atau benda padat yang terlarut yaitu semua mineral, garam, logam, serta kation-anion yang terlarut di air. Termasuk semua yang terlarut diluar molekul air murni (H₂O). Secara umum, konsentrasi benda-benda padat terlarut merupakan jumlah antara kation dan anion didalam air. TDS terukur dalam satuan *Parts per Million* (ppm) atau perbandingan rasio berat ion terhadap air.



Gambar 6. Analog TDS Sensor/Meter

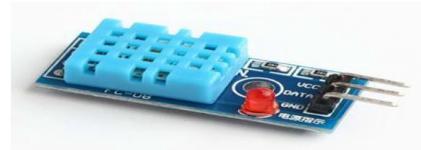
- Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor HC-SR04 berfungsi sebagai pengirim, penerima dan pengontrol gelombang ultrasonik. Modul sensor pengukur jarak dengan gelombang ultrasonik. Modul Sensor ini memancarkan seberkas sinyal ultrasonik berbentuk pulsa, kemudian jika ada objek di depan sensor maka penerima akan menerima pantulan sinyal ultrasonik yang terhalang objek

tersebut [10]. Sensor HC-SR04 adalah modul sensor ultrasonik yang dapat mengukur jarak dengan rentang dari mulai 2 cm sampai 400 cm, dengan nilai akurasi mencapai 3 mm. Pada modul ini terdapat ultrasonik *transmitter*, *receiver*, dan *control circuit*.

- Sensor DHT11

Sensor DHT11 berfungsi untuk membaca nilai suhu dan kelembapan yang memiliki output tegangan analog yang dapat diolah lebih lanjut menggunakan mikrokontroler. Sensor ini memiliki tingkat stabilitas yang sangat baik serta fitur kalibrasi yang sangat akurat. Pada IoT, sensor DHT11 digunakan sebagai pengukur suhu dan kelembapan udara [12] [13]. Bentuk fisik dari sensor DHT11 seperti pada Gambar 5.



Gambar 7. Sensor DHT 11

- Buzzer

Buzzer berfungsi mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya cara kerja buzzer hampir sama dengan loud speaker, Buzzer terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma. Buzzer biasanya digunakan sebagai indicator bahwa proses telah selesai digunakan atau peringatan terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat, dengan mengeluarkan getaran suara [14].

- Relay

Relay yakni saklar (switch) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari dua bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch) [14].

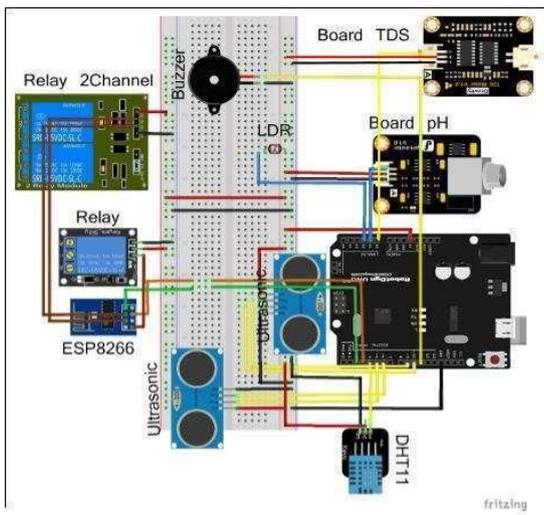
- Arduino IDE

Software IDE Arduino sebagai pengendali mikro *single-board*.

- Framework CodeIgniter

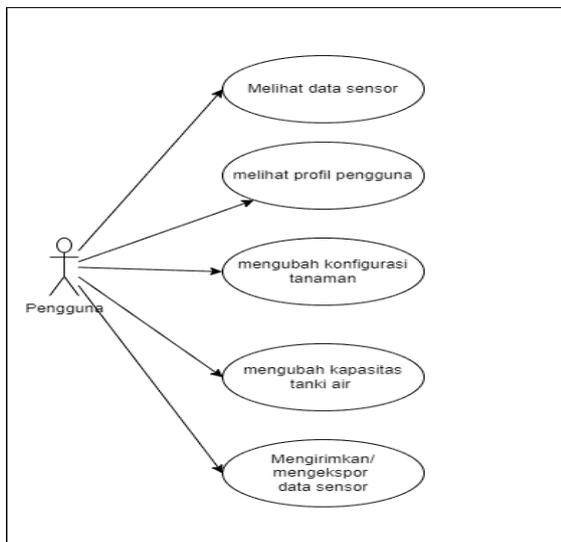
Framework CI merupakan bahasa PHP berbasis MVC (Model, View Control) memudahkan dalam membangun website IoT nantinya secara dinamis.

Pada perancangan perangkat keras terdiri dari perancangan desain mekanis, bentuk desain sederhana. Dalam perancangan perangkat keras ini dibutuhkan beberapa komponen elektronika *device* penunjang agar sistem berjalan dengan baik dan sesuai dengan fungsinya. Perancangan perangkat keras meliputi perancangan modul *microcontroller arduino Uno* dan *ESP8266* yang digunakan untuk mendukung kerja alat dan membaca/*input* data dari sensor yang akan digunakan sekaligus sebagai pengatur *output* yang sudah terprogram didalamnya sehingga semua bekerja sesuai dengan fungsinya. Sensor yang digunakan, yaitu sensor pH, sensor TDS, sensor DHT11, sensor LDR dan sensor ultrasonik. Pada gambar dibawah merupakan perancangan rangkaian keseluruhan komponen yang digunakan.



Gambar 8. Rangkaian Elektronik Sistem Hidroponik

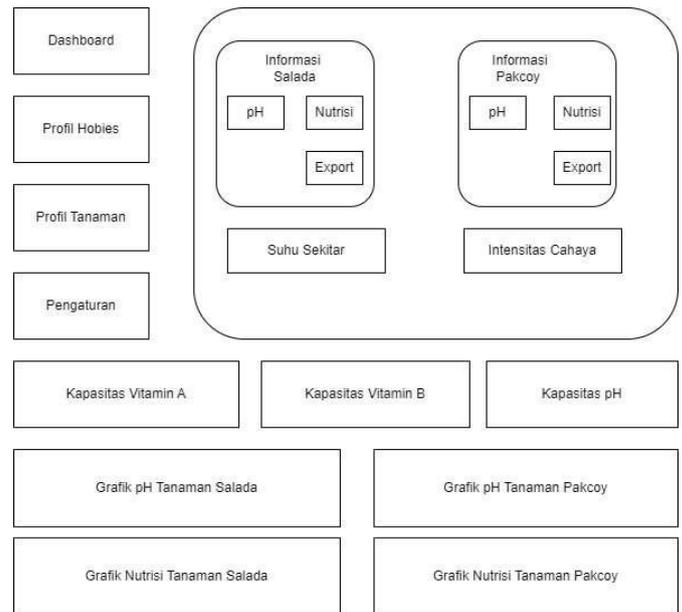
Sedangkan untuk perancangan Perangkat Lunak (Software), penelitian ini menggunakan *Use Case Diagram* yang merupakan deskripsi tekstual dan grafis tentang bagaimana sistem atau perangkat lunak akan berfungsi dari sudut pandang pengguna (*user*). Didalam *use case* ini akan diketahui fungsi-fungsi apa saja yang berada pada sistem yang dibuat.



Gambar 9. Use Case Diagram

Pengguna dapat melakukan berbagai aktivitas untuk melihat semua data sensor tanaman hidroponik, merubah identitas atau data pengguna *user interface*, melakukan konfigurasi batasan kepekatan nutrisi untuk tanaman hidroponik, mengkonfigurasi kapasitas tangki yang digunakan dan menerima informasi berdasarkan bacaan data sensor pada tanaman hidroponik.

Perancangan *user Interface* pada Menu Dashboard pada aplikasi.



Gambar 10. User Interface Menu Dashboard

4) Tahap Contruccion of Prototype

Pembangunan *prototype* digunakan untuk memberikan gambaran kepada pengguna mengenai kebutuhan yang sudah didapatkan dan dirancang, kemudian berfungsi untuk dievaluasi. Membuat *prototype* Teknologi IoT yang digunakan untuk memonitor dan *controlling* pada tanaman hidroponik yang digunakan oleh pengguna sesuai dengan kebutuhan dan dirancang, kemudian berfungsi untuk dievaluasi. Pembuatan *prototype* perangkat keras, pada tahapan ini semua sensor dan modul yang digunakan untuk membuat sistem *monitoring* tanaman hidroponik disambungkan pada *microcontroller* sesuai dengan ketentuan besarnya kepekatan nutrisi yang sudah ditetapkan.

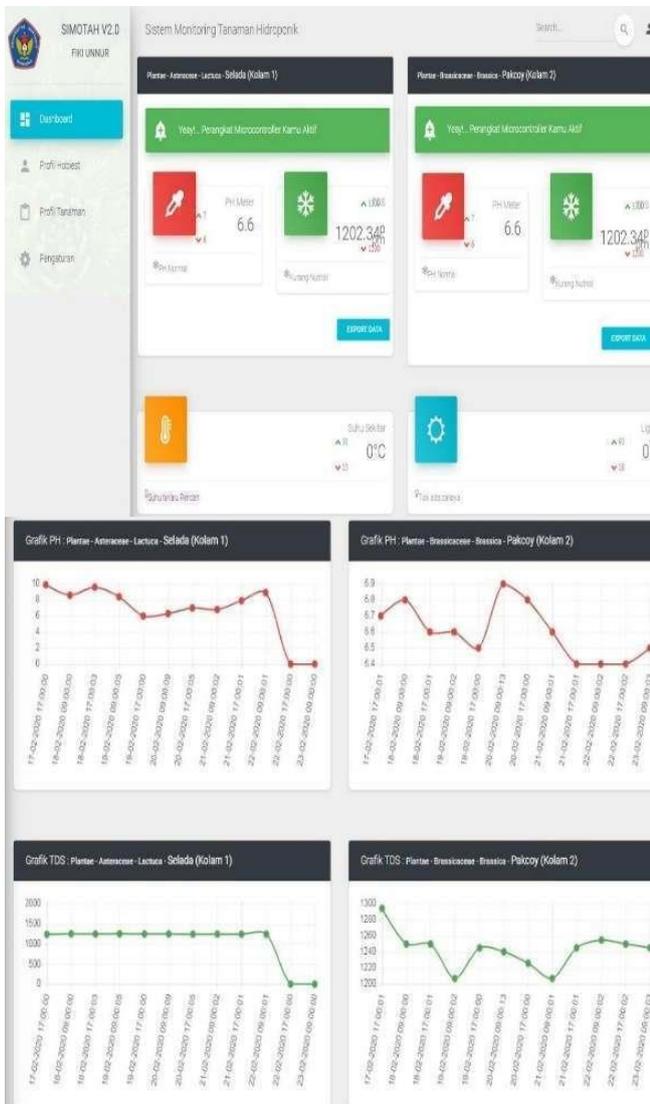


Gambar 11. Rangkaian Alat IoT



Gambar 12. Instalasi Tanaman Hidroponik dengan IoT

Untuk pembuatan *prototype* Perangkat Lunak (*Software*), diantaranya terdiri dari User Interface menu dashboard, menu profil tanaman dan menu pengaturan.



Gambar 13. Tampilan Menu Dashboard

Pada tampilan menu *dashboard* ini digunakan untuk melihat data atau nilai sensor yang didapat, melakukan

pengendalian terhadap mesin *relay* melihat informasi mengenai tanaman. Dalam *dashboard* ini diantaranya terdapat status *microcontroller*, data suhu sekitar, data nutrisi vitamin A dan B dan pH air, data intensitas cahaya, kapasitas tangki utama utk air, kapasitas tangki nutrisi, dan grafik kadar nutrisi beserta pH setiap harinya. Tampilan menu profil tanaman berisi list yang ketika dipilih tombol detail maka dapat digunakan untuk mengubah informasi tanaman mulai dari jenis sampai ketentuan tanaman untuk hidroponik. Dalam *form* ini diantaranya terdapat nama tanaman, *kingdom*, *famili*, *genus*, pH minimal, pH maksimal, nutrisi minimal, nutrisi maksimal dalam satuan PPM, suhu minimal, suhu maksimal dalam satuan derajat *Celsius* ($^{\circ}\text{C}$), cahaya minimal, cahaya maksimal dalam satuan persen (%) dan foto tanaman.

Setelah pembuatan *prototype* dilakukan pengujian untuk evaluasi terhadap *prototype* tersebut. Pengujian *prototype* dilakukan dua pengujian, yaitu pengujian pada perangkat keras (*hardware*) dan pengujian pada perangkat lunak (*software*) atau *user interface*

5) *Deployment, Delivery and Feed Back*

Prototype yang telah ada kemudian dievaluasi kepada pemangku kepentingan, yang memberikan umpan balik yang digunakan untuk memperoleh kebutuhan lain. Sehingga iterasi muncul untuk memenuhi kebutuhan pemangku kepentingan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian yang dilakukan adalah mendemokan perangkat lunak disesuaikan dengan kebutuhan pengguna.

TABEL 1. PENGUJIAN KASUS TERTENTU

No	Kasus Uji	Tipe Uji
1	Sistem dapat menampilkan semua informasi sensor pada dashboard	Normal
2	Sistem dapat melakukan konfigurasi nilai sensor terhadap tanaman hidroponik.	Normal
3	Sistem dapat melakukan konfigurasi kapasitas tangki penampungan.	Normal
4	Sistem dapat menampilkan informasi tanaman	Normal
5	Sistem dapat melakukan perubahan profil pengguna	Normal

TABEL 2. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS UJI

No	Kasus Uji	Prosedur Uji	Hasil Yang diharapkan	Hasil Uji
1	Sistem dapat menampilkan semua informasi sensor pada dashboard	a. Koneksi ke access point b. Menyalakan microcontroller c. Membuka aplikasi	Sistem menampilkan semua nilai sensor pada dashboard	Berhasil
2	Sistem dapat melakukan konfigurasi nilai sensor terhadap	a. Masuk ke menu profil tanaman b. Masukkan data tanaman yang	Informasi dan nilai tanaman berubah pada sistem dan database	Berhasil

	tanaman hidroponik.	diminta pada form halaman c. Perbaharui		
3	Sistem dapat melakukan konfigurasi kapasitas tangki penampungan	a. Masuk ke menu pengaturan b. Pilih tangki yang akan dikonfigurasi atau diubah c. Masukkan nilai d. Ubah data	Kapasitas tangki berubah pada sistem dan database	Berhasil
4	Sistem dapat menampilkan informasi tanaman	Masuk ke menu dashboard	Menampilkan informasi tanaman dan konfigurasi tanaman	Berhasil
5	Sistem dapat melakukan perubahan profil pengguna	a. Masuk ke menu profil hobiist b. Masukkan data yang diminta pada form halaman c. Perbaharui	Informasi tentang profil pengguna berubah pada sistem dan database	Berhasil

B. Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat keras yang telah dirancang bekerja dengan baik sebagaimana yang diinginkan. Pengujian yang dilakukan terhadap perangkat keras meliputi beberapa blok rangkaian yang telah dirancang, pengujian dilakukan dengan menerapkan program-program pada setiap komponen. Metode yang digunakan yaitu MAPE. MAPE adalah perhitungan statistik yang digunakan untuk mengukur keakuratan suatu model statistik dalam melakukan prediksi atau peramalan. MAPE dapat memberikan informasi seberapa besar kesalahan data yang diambil oleh alat yang dibuat dibandingkan dengan nilai sebenarnya yang berasal dari alat ukur standar.

Dengan menggunakan MAPE akan mendapatkan hasil kelayakan alat[8]. Nilai MAPE sebesar 10% dapat diartikan bahwa selisih rata-rata nilai peramalan dengan nilai sebenarnya adalah 10%. Semakin kecil nilai presentasi kesalahan (*percentage error*) pada yang dihitung menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), maka semakin akurat hasil pengujian tersebut. Hal ini berarti sebuah model yang memiliki nilai MAPE sebesar 5% merupakan model yang lebih baik dalam melakukan peramalan dibandingkan model lain yang memiliki MAPE sebesar 10%.

$$MAPE = \sum \left(\frac{|actual - forecast|}{actual} * 100 \right) / n$$

Keterangan:

actual = Data alat ukur pembanding (nilai data actual)

forecast = Data alat ukur alat yang dibuat (nilai data peramalan)

n = Jumlah data

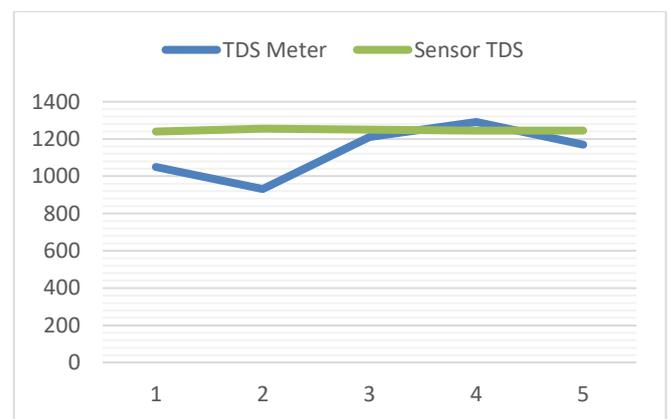
TABEL 3. RANGE ARTI NILAI MAPE

Range MAPE	Arti Nilai (Interpretasi)
< 10%	kemampuan model alat sangat baik
10-20%	kemampuan model alat baik
20-50%	kemampuan model alat layak
>50%	kemampuan model alat buruk

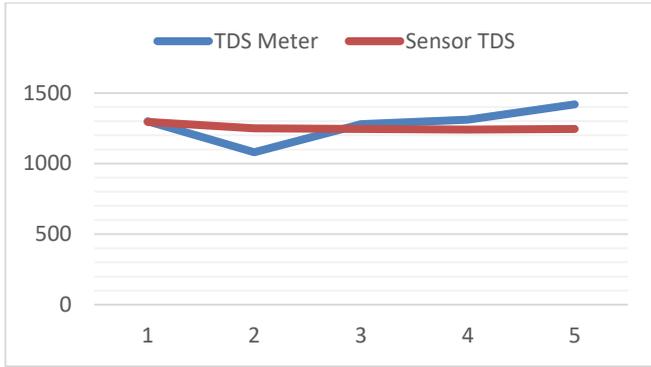
Jika *prototype* tidak berhasil saat pengujian, maka *prototype* direvisi dengan mengulang tahap 1, 2, 3 dan 4. Dengan memperbaiki pemahaman mengenai kebutuhan pengguna akan tetapi jika pengujian *prototype* berhasil, maka tahap 5 yang dilakukan yaitu tahap *Deployment, Delivery and Feed Back*. Pada tahap pengujian sensor TDS dan Alat Manual. Pengujian ini dilakukan untuk menjaga kadar nutrisi yang terkandung dalam air, satuan nilai TDS yang didapat yaitu PPM (*part per millions*). Pengujian ini dilakukan dengan melakukan uji coba jika TDS masing-masing tanaman kurang dari 1200 ppm maka sistem harus mengalirkan nutrisi A dan B dari tangki. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah seluruh perangkat IoT berfungsi dengan baik.

TABEL 4. HASIL PENGUJIAN SENSOR TDS DAN ALAT MANUAL

Data Ke	Manual (ppm)		Hasil Sistem (ppm)		error (%) Salada	error (%) Pakcoy
	TDS Meter (Salada)	TDS Meter (Pakcoy)	Sensor TDS (Salada)	Sensor TDS (Pakcoy)		
1	1050	1300	1240	1294	18,10	0,46
2	932	1080	1254	1250	34,55	15,74
3	1210	1280	1250	1245	3,31	2,73
4	1290	1310	1245	1240	3,49	5,34
5	1170	1420	1245	1245	6,41	12,32
MAP E (%)					13,17	7,32



Gambar 14. Grafik perbandingan dari tds meter dan sensor tds untuk hasil pengukuran kepekatan nutrisi (ppm) pada tanaman hidroponik untuk jenis tanaman selada



Gambar 15. Grafik Perbandingan dari TDS Meter dan Sensor TDS untuk hasil pengukuran kepekatan nutrisi (PPM) pada tanaman hidroponik untuk jenis tanaman Pakcoy

Dari kedua gambar grafik di atas terlihat bahwa pengukuran kepekatan nutrisi dari kedua jenis tanaman hidroponik dari alat yang telah dibuat menggunakan sensor TDS dibandingkan dengan alat TDS meter (manual) memiliki garis tren (trendline) yang cenderung sama walaupun tidak menunjukkan besar nilai yang sama persis.

Pada aplikasi dilakukan penyettingan untuk kebutuhan nutrisi sebesar 1200, maka dari hasil bacaan sensor TDS selalu tetap diangka 1200-an, hal ini berbeda dengan pengukuran menggunakan TDS meter dimana besarnya TDS tidak stabil di 1200. Begitupun juga dengan besarnya kandungan pH, pada aplikasi disetting 7.

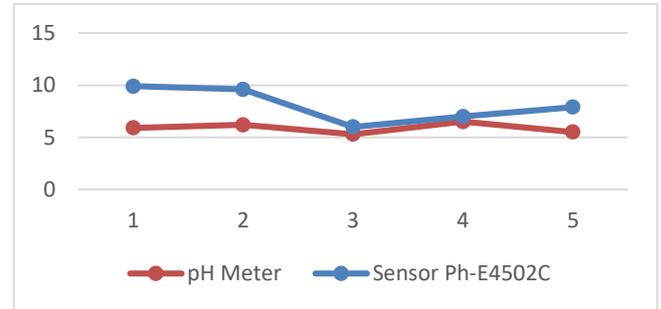
Metode MAPE digunakan untuk mencari besarnya selisih rata-rata pembacaan sensor terhadap alat ukur lain, sehingga dari hasil perhitungan MAPE dapat diketahui apakah perangkat IoT dapat berfungsi dengan baik atau tidak.

TABEL 5.
HASIL PENGUJIAN SENSOR PH DAN PH METER

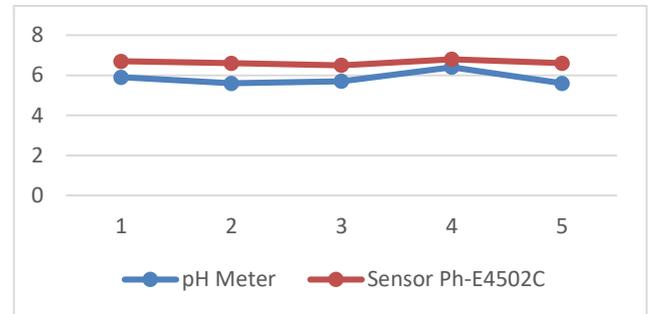
Data ke	Hasil Manual		Hasil Sistem		error (%)	error (%)
	pH Meter (Salada)	pH Meter (Pakcoy)	Sensor Ph-E4502C (Salada)	Sensor Ph-E4502C (Pakcoy)		
1	5,9	5,9	6,9	6,7	16,95	13,56
2	6,2	5,6	6,6	6,6	6,45	17,86
3	5,3	5,7	6	6,5	13,21	14,04
4	6,5	6,4	7	6,8	7,69	6,25
5	5,5	5,6	6,9	6,6	25,45	17,86
MAPE (%)					13,95	13,91

Berdasarkan perhitungan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) pada tabel 4, sehingga dapat dilihat bahwa persentase yang didapatkan antara 10% - 20% tepatnya adalah 13,17% untuk tanaman salad yang bearti kemampuan alat baik dan sedangkan untuk tanaman pakcoy persentase yang didapatkan 7,32% yang bearti kemampuan alat sangat baik, hal ini sesuai dengan ketentuan tabel 1 apabila nilai MAPE kurang dari 10% menunjukkan bahwa kemampuan alat IoT untuk memonitor dan controlling kepekatan nutrisi pada tanaman hidroponik yang telah dibuat mempunyai hasil yang

sangat baik. Data yang digunakan untuk perhitungan MAPE diambil dari hasil pembacaan pH meter dengan sensor pH. Percobaan dilakukan pada lima sampel dari hasil bacaan sensor pH dan pH meter.



Gambar 16. Grafik Perbandingan dari pH Meter dan Sensor pH-E4502C untuk hasil pengukuran nilai pH pada kandungan air tanaman hidroponik jenis Selada



Gambar 17. Grafik Perbandingan dari pH Meter dan Sensor pH-E4502C untuk hasil pengukuran nilai pH pada kandungan air tanaman hidroponik jenis pakcoy

Dari kedua gambar grafik di atas terlihat bahwa pengukuran kandungan pH dari kedua jenis tanaman hidroponik dari alat yang telah dibuat dengan alat pH meter memiliki garis tren (trendline) yang cenderung sama walaupun tidak menunjukkan besar nilai yang sama persis. Berdasarkan perhitungan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dapat dilihat dari tabel bahwa persentase yang didapatkan sebesar 13,95% untuk tanaman salad sedangkan untuk tanaman pakcoy persentase yang didapatkan 13,91%. Sesuai ketentuan pada tabel 1 nilai MAPE maka untuk tanaman salad menunjukkan bahwa kemampuan alat IoT untuk memonitor dan controlling kandungan pH pada tanaman hidroponik dan pakcoy kemampuan alat baik.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian terhadap alat dan user interface, maka dapat disimpulkan bahwa pengembangan teknologi IoT pada hidroponik berbasis microcontroller unit sebagai berikut ini.

Adanya alat IoT maka dapat dilakukan monitoring terhadap kepekatan nutrisi, pH, suhu dan intensitas cahaya. Selain itu juga dapat dilakukan controlling secara otomatis

untuk mengatur besarnya kepekatan nutrisi tanaman dan pH air serta kapasitas air pada tanki air.

Akurasi sensor TDS lebih baik dari pengukuran manual. Namun, keterbatasan sensor TDS (tidak bisa lebih dari 1300) menyebabkan pengukuran diatas nilai maximal tidak dapat ditangkap secara maksimal.

Pengujian kepekatan nutrisi dengan sensor TDS menggunakan MAPE mendapatkan hasil 13,17% untuk tanaman salada dan 7,32% untuk tanaman pakcoy sedangkan untuk pengujian pH air mendapatkan hasil 13,95% untuk tanaman salada dan 13,91 % untuk tanaman pakcoy. Dari hasil perhitungan MAPE maka kemampuan alat IoT untuk memonitor dan controlling kepekatan nutrisi baik dan kandungan pH layak sedangkan untuk tanaman pakcoy kemampuan alat untuk kepekatan nutrisi dan kandungan pH baik. Dari hasil tersebut, bahwa perangkat IoT yang dibuat memiliki kemampuan yang baik untuk tanaman salada dan pakcoy.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Nurtanio yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Dwiyana, E. Kurniawan, and B. A. Pramudita, "Sistem Pemantauan Suhu Dan Kelembapan Pada Budidaya Tanaman Hidroponik Sawi Berbasis Thingspeak Dan Modul Gsm 8001," *eProceedings of Engineering*, vol. 9, no. 5, Art. no. 5, Nov. 2022, doi: 10.34818/eoe.v9i5.18521.
- [2] G. S. I. Mulla, N. K. P. Sakthi, and R. GP, *Smart Hydroponic System Using IOT*. papers.ssrn.com, 2021.
- [3] A. Heryanto, J. Budiarto, and S. Hadi, "Sistem Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis Internet Of Things Menggunakan NodeMCU ESP8266 Jurnal BITE: Jurnal Bumigora Information Technology Jurnal BITE: Jurnal Bumigora Information Technology," *J. BITE*, vol. 2, no. 1, pp. 31–39, 2020, doi: 10.30812/bite.v2i1.805.
- [4] T. A. Zuraiyah, M. I. Suriasyah, and A. P. Akbar, "Smart Urban Farming Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Information Management For Educators And Professionals : Journal of Information Management*, vol. 3, no. 2, pp. 139–150, Jun. 2019.
- [5] F. B. Assa, A. M. Rumagit, and M. E. L. Naj Joan, "Perancangan Monitoring Sistem Hidroponik Berbasis Internet of Things," *J. Tek. Inform.*, vol. 17, no. 1, pp. 129–138, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/informatika/article/view/34230>.
- [6] I. N. A. Junaedi, A. A. N. Amrita, and I. N. Setiawan, "Implementasi Sistem Pemantauan Suhu Dan Kelembaban Udara Berbasis Iot Pada Plant Factory Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Udayana," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 9, no. 2, pp. 8–19, Jun. 2022, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2022.v09.i02.p2.
- [7] A. R. Triyanto, A. Prasetyo, and G. B. Santoso, "Sistem Monitoring Dan Kontrol Temperatur Pada Ruang Tanaman Hidroponik Berbasis Web," *Metrik Serial Teknologi Dan Sains (E) ISSN: 2774-2989*, vol. 3, no. 1, Art. no. 1, Feb. 2022.
- [8] D. Fitrianto and C. Sari, "Rancang Bangun Alat Ukur Suhu Dan Kelembaban Tanah Menggunakan Arduino Uno Dengan Perhitungan Mape (Mean Absolute Percentage Error) Pada Lahan Perkebunan," *ELECTRA Electr. Eng. Artic.*, vol. 3, no. 01, p. 19, 2022, doi: 10.25273/electra.v3i01.13642.
- [9] A. D. Ray *et al.*, "Smart Switch to Videotron Bersis IoT (Internet of Things)," *Teknika*, vol. 16, no. x, pp. 25–29, 2022.
- [10] R. A. Murdiyantoro, A. Izzinnahadi, and E. U. Armin, "Sistem Pemantauan Kondisi Air Hidroponik Berbasis Internet of Things Menggunakan NodeMCU ESP8266," *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 54–61, 2021, doi: 10.20895/jtece.v3i2.258.
- [11] R. K. Putra Asmara, "Rancang Bangun Alat Monitoring Dan Penanganan Kualitas Ait Pada Akuarium Ikan Hias Berbasis Internet Of Things (IOT)," *J. Tek. Elektro dan Komput. TRIAC*, vol. 7, no. 2, pp. 69–74, 2020, doi: 10.21107/triac.v7i2.8148.
- [12] H. Hendra, D. Triyanto, and U. Ristian, "Rancang Bangun Smart Green House Berbasis Internet of Things," *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, vol. 9, no. 03, Art. no. 03, Feb. 2022, doi: 10.26418/coding.v9i03.50473.
- [13] D. E. Kurniawan, M. Iqbal, J. Friadi, R. I. Borman, and R. Rinaldi, "Smart monitoring temperature and humidity of the room server using raspberry pi and whatsapp notifications," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, vol. 1351, no. 1, p. 012006.
- [14] M. P. Ansyori, J. Dedy Irawan, and D. Rudhistiar, "Monitoring Kolam Ikan Menggunakan Arduino Robotdyn Sebagai Mini Web Server," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 5, no. 2, pp. 557–564, 2021, doi: 10.36040/jati.v5i2.3763.