

Sistem Monitoring Tanaman Kangkung Dengan Metode Hidroponik Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Taufiq Fitriawan
Teknik Telekomunikasi
Electronics and Telecommunications
Science Group
Purwokerto, Indonesia
taufiqfitriawan@student.telkomuniversity.ac.id

Sevia Indah Purnama
Teknik Telekomunikasi
Electronics and Telecommunications
Science Group
Purwokerto, Indonesia
seviaindah@telkomuniversity.ac.id

Adanti Wido Paramadini
Teknik Telekomunikasi
Electronics and Telecommunications
Science Group
Purwokerto, Indonesia
adanti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pada era modern saat ini, pertumbuhan penduduk semakin pesat semakin meningkatnya Dengan kondisi ini Masyarakat perkotaan yang ingin bercocok tanam dapat menggunakan media hidroponik. Hidroponik merupakan lahan budidaya pertanian tanpa menggunakan media tanah, sehingga hidroponik cocok menggunakan lahan yang sempit dan terbatas. Tanaman kangkung salah satu jenis sayuran yang populer di penduduk Indonesia, kangkung memiliki kandungan gizi yang cukup lengkap seperti vitamin A,B,C dan protein yang berguna bagi pertumbuhan dan kesehatan badan. Pemantauan nutrisi pH dan kadar nutrisi yang terlarut jadi faktor kesuksesan hasil panen tanaman kangkung. Dengan menggunakan Teknologi IoT dapat membantu untuk mengontrol nutrisi secara otomatis dan dapat memantau dari jarak jauh secara realtime. Untuk hasil sensor TDS pada penelitian ini memiliki tingkat akurasi sebesar 95,74%. Sensor TDS digunakan untuk memantau padatan terlarut didalam wadah nutrisi. Sensor pH pada penelitian ini memiliki tingkat akurasi sebesar 99,18%. Sensor pH digunakan untuk mengetahui nilai keasaman atau kebasaaan dalam wadah nutrisi, untuk pengujian QoS diperoleh nilai *Delay* sebesar 413 ms dan nilai *Packet Loss* 0%.

Kata kunci — Hidroponik, Sensor TDS, Sensor pH, Aplikasi Android

I. PENDAHULUAN

Pada era sekarang ini, pertumbuhan penduduk semakin pesat, semakin meningkatnya pertumbuhan penduduk juga semakin berkurangnya lahan pertanian di daerah perkotaan di Indonesia, Dengan kondisi ini beberapa masyarakat yang berada di perkotaan harus mencari solusi alternatif untuk tetap bercocok tanam, Yaitu dengan menggunakan metode hidroponik [1]. Hidroponik adalah metode pertanian yang tidak memerlukan penggunaan tanah. Sistem hidroponik adalah proses bercocok tanam yang memanfaatkan air untuk menyediakan nutrisi yang biasanya diperoleh dari tanah [2].

Tanaman Kangkung (*Ipomea reptans*) adalah salah satu jenis sayuran yang sangat diminati oleh masyarakat Indonesia dan dapat ditanam melalui teknik hidroponik. Selain itu, waktu yang dibutuhkan untuk memanen kangkung darat juga relatif singkat. Kangkung darat mengandung nutrisi yang cukup beragam seperti Vitamin A, B, C, dan protein yang bermanfaat untuk pertumbuhan dan kesehatan tubuh[3].

Kendala utama dalam sistem hidroponik yaitu pada pemantauan kondisi lingkungan tanaman yang masih dilakukan dengan cara manual. Pemantauan manual seringkali memakan waktu, tenaga dan sangat tidak efektif. Kesalahan

dalam mengontrol pH dan TDS pada larutan nutrisi dapat mengakibatkan hasil panen tidak optimal. Oleh karna itu diperlukan sistem yang dapat membantu pengguna untuk memantau kondisi tanaman secara real-time dan akurat[4]. Teknologi IoT dapat diterapkan untuk menghubungkan sensor pH dan sensor TDS dengan mikrokontroler ESP32. NodeMCU ESP32 dapat mengirim data ke platform sehingga data tersebut dapat diakses oleh pengguna melalui aplikasi smartphone. Sehingga pemantauan kondisi tanaman hidroponik dapat dilakukan dimana saja dan kapan saja[5].

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini akan merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring tanaman kangkung dengan metode hidroponik berbasis *Internet of Things* (IoT). Untuk sensor yang akan dipakai yaitu sensor pH-4502C untuk mengukur tingkat keasaman air dan sensor TDS untuk mengukur konsentrasi nutrisi dalam air. Untuk mikrokontroler menggunakan ESP32 yang akan digunakan sebagai penghubung antara sensor dan output data. Untuk output data digunakan aplikasi MIT App Inventor dengan *Firebase* sebagai cloud nya dan juga ditambahkan analisis mengenai *Quality of Service* yang meliputi parameter *delay* dan *packet loss*.

II. KAJIAN TEORI

A. Hidroponik

Hidroponik adalah metode menanam tumbuhan dengan menggunakan air tanpa memerlukan tanah sebagai media, dan lebih fokus pada pemenuhan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman untuk tumbuh dengan sehat. Jenis teknik Hidroponik salah satunya yaitu *Nutrient Film Technique* (NFT) Hidroponik dengan teknik ini Dengan menggunakan aliran air dangkal yang mengalir pada sudut tertentu dalam sistem pipa, tanaman mendapatkan oksigen yang cukup di bagian akarnya, yang memungkinkan pertumbuhannya optimal[6].

B. Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah sebuah mikrokontroler yang diluncurkan oleh Espressif Systems sebagai generasi penerus dari ESP8266. Mikrokontroler ini menawarkan berbagai fitur dan keunggulan tambahan dibandingkan model sebelumnya. Kelebihan ESP32 dibandingkan mikrokontroler lain dapat dilihat pada jumlah pinout yang lebih banyak, lebih banyak pin analog, dan kapasitas memori yang lebih besar. Selain itu, ESP32 juga dilengkapi dengan *Bluetooth 4.0 low energy* dan

WiFi yang memungkinkan penerapan *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ini[7]

C. Modul ADS1115

Modul ADS1115 adalah jenis ADC dengan resolusi hingga 16 bit. Modul ADS1115 ini memiliki empat saluran yang dapat mengonversi nilai empat sensor. Modul ADS1115 memiliki fitur *Programmable Gain Amplifier* (PGA) yang memungkinkan Anda memperkuat sinyal pada masukan analog. Modul ini digunakan untuk menambahkan permintaan fungsional ADC yang diakses melalui komunikasi I2C. Data yang diterima atau dikirimkan melalui komunikasi I2C terdiri dari SCL dan SDA. ADS1115 juga memiliki ADDR yang mengatur alamat perangkat pada bus I2C[8].

D. Sensor pH-4502C

Sensor pH-4502C berfungsi sebagai perangkat untuk menentukan konsentrasi asam dan basa dalam larutan nutrisi tanaman. Prinsip operasional dari sensor pH-4502C melibatkan pemanfaatan elektroda pH, yang dirancang untuk mengidentifikasi potensi elektrokimia dari sistem yang sedang dievaluasi, di mana elektroda pH tersebut mengirimkan sinyal listrik ke modul pengolah sinyal. Modul ini kemudian memproses sinyal yang diterima dan menghasilkan keluaran digital yang menunjukkan nilai pH dari sistem yang sedang dianalisa[9].

E. Sensor TDS

Total Dissolved Solids, yang disingkat TDS, adalah alat yang digunakan untuk mengukur zat padat terlarut dalam satu liter air. Secara umum, nilai TDS yang lebih tinggi menunjukkan peningkatan jumlah zat padat terlarut dalam air, yang berarti air tersebut kurang bersih. Oleh karena itu, pengukuran nilai TDS bisa dijadikan salah satu indikator untuk menilai kebersihan air. Satuan untuk mengukur TDS adalah bagian per juta atau *part per million* (PPM). Sensor TDS bermanfaat dalam pengawasan kualitas air, sistem filtrasi, hidroponik, dan penelitian[10].

F. Float Sensor

Float Sensor merupakan sensor yang dapat dipakai untuk mengukur tinggi air. Sensor tersebut dapat mengapung untuk mendeteksi naik atau turunnya ketinggian air apabila sensor tersebut terendam oleh air[11]. Cara kerja sensor ini adalah dengan memanfaatkan reed switch yang terdapat di dalam tabung dan magnet yang ada di pelampung yang mengelilingi tabung. Ketika cairan mengangkat pelampung, magnet tersebut akan menghidupkan atau mematikan reed switch.

G. Pompa Air Mini

Pompa air adalah sebuah mesin yang mampu menghantarkan cairan dengan tekanan. Pompa air berfungsi untuk mentransfer air dari area yang lebih rendah ke area yang lebih tinggi atau ke lokasi yang lebih jauh[12]

H. Firebase

Firestore adalah sebuah *platform* yang menawarkan database waktu nyata dan dukungan *backend* yang dapat diakses di berbagai jenis media. *Database* yang ditawarkan oleh *Firestore* memiliki struktur yang luwes dan responsif, menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi yang berbasis mobile[5]

I. MIT App Inventor

MIT App Inventor adalah platform yang diciptakan oleh Google dan MIT untuk memperkenalkan serta mengembangkan pemrograman untuk sistem Android.

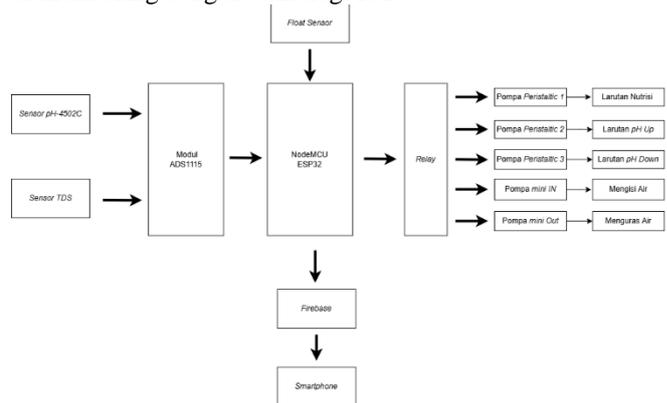
Aplikasi ini mengubah bahasa pemrograman yang rumit menjadi sistem visual yang berbasis blok dengan cara seret dan jatuhkan. Dengan MIT App Inventor, siapa pun dapat membuat aplikasi tanpa harus memiliki latar belakang sebagai seorang programmer atau pengalaman di dunia teknologi informasi. Selain sebagai alat desain aplikasi, App Inventor juga berfungsi untuk melatih logika, seperti dalam menyusun teka-teki[12]

J. Quality of Service

Quality of Service (QoS) adalah sebuah metode yang digunakan untuk menilai seberapa efektif suatu jaringan beroperasi dan berupaya untuk menetapkan karakteristik serta sifat dari sebuah layanan. QoS mengukur serangkaian atribut kinerja yang telah ditetapkan dan dihubungkan dengan layanan tertentu. Model Pemantauan QoS terdiri dari elemen pemantauan aplikasi, pemantauan QoS, monitor, dan objek yang dipantau[13].

III. METODE

Dalam penelitian ini, penulis merancang sistem monitoring tanaman kangkung dengan metode hidroponik berbasis *internet of things* (IoT). Sistem yang akan dirancang ini dapat mengetahui monitoring kadar larutan dari pH dan TDS dalam tanaman Hidroponik dan juga dapat menjaga nutrisi pada tanaman hidroponik yang dapat secara langsung di monitoring dengan teknologi IoT.



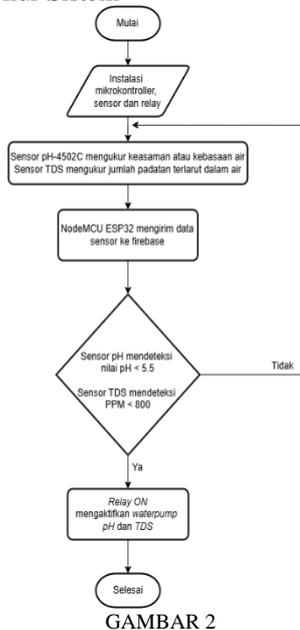
GAMBAR 1

Blok Diagram Perancangan Sistem

Pada gambar 1 merupakan blok diagram yang akan dirancang ada 3 sensor yang dipakai, yaitu sensor pH-4502C yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasahan dalam larutan, dan sensor TDS yang digunakan untuk membaca padatan terlarut yang ada didalam nutrisi hidroponik. Karena sensor pH dan sensor TDS menggunakan pin analog maka digunakan modul ADS1115 sebagai penghubung antara sensor dengan mikrokontroler ESP32, digunakan modul ADS1115 ini salah satu keuntungannya agar pembacaan nilai pH dan TDS didalam nutrisi hidroponik lebih stabil. Kemudian float sensor digunakan untuk membaca tingkat level air yang ada didalam wadah nutrisi. Selanjutnya ada relay yang berfungsi sebagai saklar on/off dari pompa yang digunakan. Ada pompa peristaltic 1 sebagai pompa nutrisi, pompa *peristaltic* 2 sebagai pompa pH up dan ada pompa *peristaltic* 3 sebagai pompa pH down, kemudian pompa mini IN digunakan untuk mengisi air didalam wadah apabila wadah nutrisi sedang dikuras dan ada pompa mini out yang berfungsi untuk menguras air didalam wadah nutrisi. Kemudian yang terakhir data akan dikirimkan dari mikrokontroler ESP32 ke *cloud firebase* yang akan

diteruskan ke *smartphone* lewat aplikasi yang dikembangkan menggunakan MIT APP Inventor.

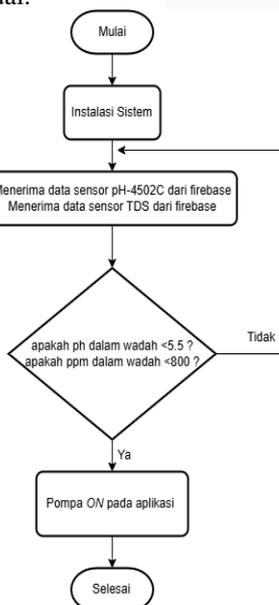
A. Flowchart Alur Sistem



GAMBAR 2

Flowchart alur perangkat mikrokontroler

Pada gambar 2 mikrokontroler yang digunakan yaitu NodeMCU ESP32, NodeMCU ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler yang melakukan tugas sesuai dengan program yang dijalankan, Sensor pH-4502C berfungsi membaca Tingkat keasaman dan kebasaan air, sensor TDS berfungsi sebagai sensor yang mengukur jumlah padatan terlarut dalam air. Setelah semua sensor terbaca, nodeMCU ESP32 akan meneruskan hasil dari sensor yang terbaca ke *firebase*, selanjutnya *firebase* akan diteruskan ke aplikasi android yang sudah dibuat menggunakan MIT App Inventor. jika sensor TDS membaca nutrisi <800 ppm, maka pompa nutrisi akan dinyalakan sampai nutrisi diatas 800ppm. Dan jika nilai pH <5,5 maka pompa basa akan menyala dan jika nilai ph >6,5 maka pompa asam akan menyala. Pompa nutrisi dan pH akan OFF apabila level nutrisi dan pH sudah berada di level yang sesuai.



GAMBAR 3

Flowchart Alur Perangkat Lunak

Pada gambar 3 yaitu alur *flowchart* perangkat lunak, diawali dengan proses insialisasi sistem yang bertujuan untuk mengetahui nilai awal pada saat membuka aplikasi. proses selanjutnya yaitu menerima data sensor dari *firebase*. Dalam aplikasi akan ditampilkan beberapa status pompa yang sudah di integrasikan, jika nilai pH <5.5 maka status pompa basa akan ditampilkan "ON" dan jika nilai pH >6.5 maka status pompa Asam akan ditampilkan "ON". Kemudian akan ditampilkan juga status pompa nutrisi, apabila nutrisi pada wadah <800 ppm, maka status pompa nutrisi akan "ON" sampai kebutuhan nutrisi dalam wadah tercukupi dan berada di level yang sesuai. Pada aplikasi juga terdapat *code* untuk dapat membuang dan mengisi air didalam wadah yang bertujuan untuk membuang air yang sudah keruh dan mengisi kembali air bersih kedalam wadah yang tadi sudah dikuras.

B. Skema Pengujian Sensor pH-4502C

Skema pengujian sensor pH-4502C melibatkan beberapa langkah, Langkah pertama dilakukan instalasi ke mikrokontroler nodeMCU ESP32 kemudian sebelum memulai pengukuran sensor harus dikalibrasi menggunakan larutan *buffer* pH untuk memastikan keakuratannya. Setelah proses kalibrasi selesai, lakukan pengujian sensor pH dengan nilai pH 5.0 sampai 7.0 dengan total sebanyak 30 data pengujian.

C. Skema Pengujian Sensor TDS

Skema pengujian sistem sensor TDS (*Total Dissolved Solids*) melibatkan beberapa langkah. Langkah pertama dilakukan instalasi ke mikrokontroler nodeMCU ESP32 kemudian sebelum memulai pengukuran sensor harus dikalibrasi terlebih dahulu, nilai kalibrasi pada pengujian sensor TDS ini menggunakan nilai 700 sampai 900 ppm, setelah melakukan kalibrasi dilakukan pengambilan data sebanyak 30 data pengujian.

D. Skema Pengujian Delay

Pada pengujian kualitas layanan atau biasa disebut *Quality of Service* (QoS) pada komunikasi Wifi terdapat parameter *delay*. parameter *delay* dilakukan untuk mengetahui lamanya waktu pada saat data ditransmisikan ke tujuan. Pengujian *delay* Pengujian *delay* ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi *wireshark* sebagai *output* untuk menampilkan paket data.

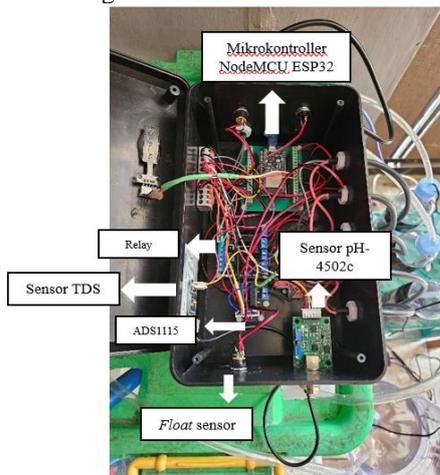
E. Skema Pengujian Packet Loss

Pada pengujian kualitas layanan atau biasa disebut *Quality of Service* (QoS) pada komunikasi Wifi terdapat juga parameter *Packet Loss*. parameter *Packet Loss* dilakukan untuk mengetahui nilai persentase dari paket yang hilang pada saat data ditransmisikan

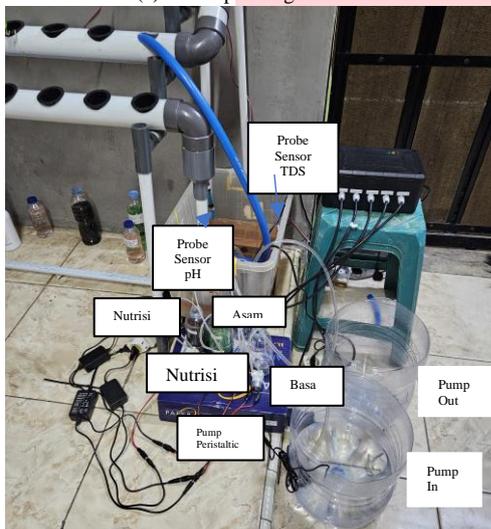
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan merupakan tahapan selanjutnya setelah melakukan proses perancangan sistem monitoring tanaman kangkung dengan metode hidroponik berbasis *internet of things*. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian sensor pH-4502C, sensor TDS dan pengujian *Quality of Service* dengan parameter *delay* dan *packetloss* yang akan diuji serta pengujian keseluruhan sistem.

A. Hasil Perancangan Sistem.



(a) Tampak Bagian Dalam



(b) Tampak Bagian Luar

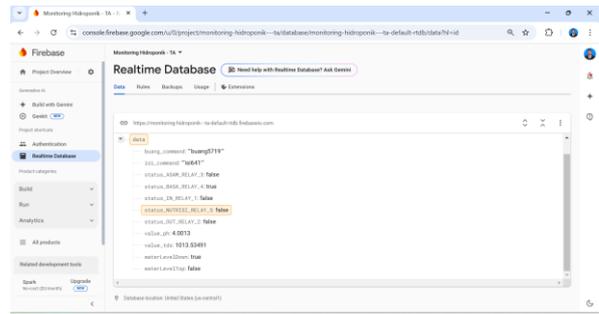
GAMBAR 4

Hasil Perancangan Perangkat Keras

Berdasarkan Gambar 4, komponen yang digunakan yaitu mikrokontroler NodeMCU ESP32 yaitu sebagai pengolah data, sensor pH-4502C untuk mengukur keasaman dan kebasahan air nutrisi, kemudian sensor TDS mengatur jumlah padatan terlarut dalam air nutrisi, float sensor mendeteksi memberikan informasi terkait kondisi level air didalam wadah nutrisi hidroponik. relay sebagai saklar on/off dari pompa yang akan digunakan. Pompa peristaltic digunakan untuk mengalirkan air nutrisi dan air pH ke dalam nutrisi hidroponik dan pompa air mini yang digunakan untuk mengisi dan membuang air dalam nutrisi hidroponik.

B. Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Bagian ini merupakan hasil dari perancangan perangkat lunak yang terdiri dari pembuatan database di firebase dan diaplikasi android, data sensor diterima di firebase dan akan diteruskan ke aplikasi android tampilan database firebase dapat dilihat pada gambar 5.



GAMBAR 5

Tampilan Database Pada Google Firebase secara realtime Pada gambar 5 ditunjukkan hasil perancangan database pada google firebase yang diupdate datanya secara realtime untuk menampilkan informasi yang didapat dari NodeMCU ESP32 dan dari firebase data tersebut akan diteruskan ke aplikasi android. Pada gambar 5 data yang dikirimkan berupa nilai pH, nilai TDS, keterangan level air yang ada didalam wadah dan status pompa yang sedang on/off. Data yang sudah didapat akan diteruskan ke aplikasi android yang sudah dirancang menggunakan MIT App Inventor



GAMBAR 6

Tampilan Screen 1 pada aplikasi android Pada gambar 6 menunjukkan tampilan awal ketika membuka aplikasi yang telah di rancang menggunakan MIT App Inventor, Screen 1 ini muncul selama 3 detik. Setelah itu akan langsung membuka screen 2.



GAMBAR 7

Tampilan Screen 2 pada aplikasi android Gambar 7 menunjukkan tampilan screen 2 yang menampilkan beberapa informasi seperti nilai pH dan nilai TDS, kemudian keterangan level air. Hingga status pompa. Semua data tersebut didapatkan dari firebase yang sudah diintegrasikan supaya data dikirimkan ke aplikasi MIT App Inventor secara realtime serta dapat dipantau secara jarak jauh melalui koneksi internet.

C. Hasil Pengujian Sistem

Hasil pengujian sistem berisi pembahasan dan pengujian meliputi pengujian sensor pH-4502C dan sensor TDS.

1. Hasil Data Pengujian Sensor pH-4502C

Pengujian sensor pH akan dilakukan dengan menggunakan nilai pH yang sudah diukur menggunakan alat ukur pH meter menggunakan nilai pH dari nilai 5.0 sampai 7.0. pengambilan data sensor pH dilakukan sebanyak 30 kali pengujian dengan *delay* selama 1 detik

TABEL 1

Hasil Pengujian Akurasi Sensor pH4502C dengan alat ukur pH manual

No	PH	Pembacaan Alat Ukur pH meter	Hasil Pembacaan sensor pH-4502C	Error (%)	Akurasi (%)
1	5,06	5,06	4,97	1,78%	98,22%
2		5,06	4,98	1,58%	98,42%
3		5,06	4,98	1,58%	98,42%
4		5,06	4,99	1,38%	98,62%
5		5,06	5,05	0,20%	99,80%
6		5,06	5,14	1,58%	98,42%
7	5,56	5,56	5,55	0,18%	99,82%
8		5,56	5,49	1,26%	98,74%
9		5,56	5,53	0,54%	99,46%
10		5,56	5,54	0,36%	99,64%
11	6,05	5,56	5,50	1,08%	98,92%
12		5,56	5,50	1,08%	98,92%
13		6,05	6,00	0,83%	99,17%
14		6,05	6,06	0,17%	99,83%
15		6,05	6,05	0,00%	100,00%
16		6,05	6,11	0,99%	99,01%
17		6,05	5,95	1,65%	98,35%
18		6,05	5,97	1,32%	98,68%
19	6,86	6,86	6,81	0,73%	99,27%
20		6,86	6,84	0,29%	99,71%
21		6,86	6,83	0,44%	99,56%
22		6,86	6,82	0,58%	99,42%
23		6,86	6,87	0,15%	99,85%
24		6,86	6,83	0,44%	99,56%
25	7,02	7,02	7,03	0,14%	99,86%
26		7,02	7,06	0,57%	99,43%
27		7,02	7,00	0,28%	99,72%
28		7,02	7,08	0,85%	99,15%
29		7,02	7,09	1,00%	99,00%
30		7,02	7,12	1,42%	98,58%
Rata Rata				0,82%	99,18%

Berdasarkan tabel 1 nilai persentase *error* dan akurasi pengujian yang telah dilakukan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut dan pada contoh perhitungan ini akan menggunakan sampel pengujian no 1 pada tabel 1.

$$\begin{aligned} \text{Nilai Error} &= \left(\frac{\text{Nilai Alat Ukur} - \text{Nilai Sensor}}{\text{Nilai Alat Ukur}} \right) \times 100\% \\ &= \left(\frac{5,06 - 4,97}{5,06} \right) \times 100\% \\ &= \frac{0,09}{5,06} \times 100\% \\ &= 1,78\% \\ \text{Akurasi} &= 100\% - \text{Nilai Error} \\ &= 100\% - 1,78\% \\ &= 98,22\% \end{aligned}$$

Pengujian sensor pH-4502C dilakukan sebanyak 30 kali data pengujian Dilihat dari tabel 1 Pengujian sensor pH

dengan pembandingan alat ukur pH meter didapatkan nilai rata-rata *error* sebesar 0,82%. Adapun untuk tingkat terendah nilai *error* ada pada pengujian ke 15 dengan tingkat terendah mencapai 0% dan untuk tingkat *error* terbesar ada pada pengujian ke 1 yaitu mencapai nilai 1,78%. Berdasarkan nilai yang sudah diperoleh dapat dikatakan bahwa sensor pH dapat membaca nilai pH yang berbeda-beda secara akurat dengan tingkat akurasi sensor mencapai 99,18%. Beberapa faktor yang mempengaruhi perbedaan sensor pH dengan alat pembandingan yaitu pada kalibrasi, sebelum menggunakan sensor, sensor terlebih dahulu dikalibrasi dengan menggunakan pH *buffer* untuk mendapatkan hasil yang akurat.

2. Hasil Data Pengujian Sensor TDS

Pengujian sensor TDS dilakukan menggunakan beberapa sampel air, sampel air ini diambil dari pencampuran larutan AB Mix dengan air dari tetesan pendingin ruangan (AC). Dengan menggunakan 3 sampel nilai TDS 715ppm, 830ppm dan 930ppm. pengujian sensor TDS ini dilakukan sebanyak 30 kali pengujian dengan *delay* selama 1 detik.

TABEL 2

Hasil Pengujian Akurasi Sensor TDS Dengan Alat Ukur TDS Manual

No	Nilai TDS (ppm)	Pembacaan Alat Ukur TDS Meter (ppm)	Hasil Pembacaan Sensor TDS (ppm)	Error (%)	Akurasi (%)
1	715	715	683,67	4,38%	95,62%
2		715	737,12	3,09%	96,91%
3		715	728,07	1,83%	98,17%
4		715	727,89	1,80%	98,20%
5		715	708,53	0,90%	99,10%
6		715	703,02	1,68%	98,32%
7		715	741,39	3,69%	96,31%
8		715	681,36	4,70%	95,30%
9		715	677,45	5,25%	94,75%
10		715	652,05	8,80%	91,20%
11	830	830	870,08	4,83%	95,17%
12		830	854,55	2,96%	97,04%
13		830	843,62	1,64%	98,36%
14		830	837,10	0,86%	99,14%
15		830	831,46	0,18%	99,82%
16		830	827,40	0,31%	99,69%
17		830	820,12	1,19%	98,81%
18		830	818,25	1,42%	98,58%
19		830	803,23	3,23%	96,77%
20		830	794,27	4,30%	95,70%
21	930	930	1064,08	14,42%	85,58%
22		930	1008,85	8,48%	91,52%
23		930	991,09	6,57%	93,43%
24		930	1006,72	8,25%	91,75%
25		930	1065,15	14,53%	85,47%
26		930	1042,24	12,07%	87,93%
27		930	973,86	4,72%	95,28%
28		930	935,86	0,63%	99,37%
29		930	918,81	1,20%	98,80%
30		930	930,00	0,00%	100,00%
Rata Rata				4,26%	95,74%

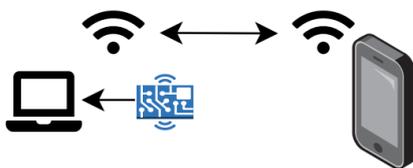
Berdasarkan tabel 2 nilai persentase *error* dan akurasi pengujian yang telah dilakukan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut dan pada contoh perhitungan ini akan menggunakan sampel pengujian no 1 pada tabel 2.

$$\begin{aligned} \text{Nilai Error} &= \left(\frac{\text{Nilai Alat Ukur} - \text{Nilai Sensor}}{\text{Nilai Alat Ukur}} \right) \times 100\% \\ &= \left(\frac{715 - 683,7}{715} \right) \times 100\% \\ &= \frac{31,3}{715} \times 100\% \\ &= 4,38\% \\ \text{Akurasi} &= 100\% - \text{Nilai Error} \\ &= 100\% - 4,38\% \\ &= 95,62\% \end{aligned}$$

Pengujian sensor TDS dilakukan sebanyak 30 kali data pengujian. Dilihat dari tabel 2 pengujian sensor TDS dengan pembandingan alat ukur TDS meter didapatkan nilai rata-rata *error* sebesar 4,26%. Adapun untuk tingkat terendah nilai *error* ada pada pengujian ke 30 dengan titik terendah yaitu mencapai nilai 0% dan untuk nilai *error* terbesar ada pada pengujian ke 25 yaitu mencapai nilai 14,53%. Berdasarkan nilai yang sudah diperoleh dapat dikatakan bahwa sensor TDS dapat membaca nilai ppm yang berbeda-beda secara akurat dengan tingkat akurasi sensor mencapai 95,74%. Beberapa faktor yang mempengaruhi perbedaan sensor TDS dengan alat pembandingan yaitu pada kalibrasi, seringkali sensor TDS harus dikalibrasi untuk mendapatkan hasil yang akurat. Kemudian usia dan kualitas sensor juga mempengaruhi hasil ukur dari sensor TDS.

D. Hasil Pengujian *Quality of Service*

Pada pengujian *Quality of Service* (QoS) ini paket data akan dikirim selama 1 menit dari berbagai jarak sesuai dengan metode pengujian. Pengujian ini dilakukan dari jarak 1 meter sampai 15 meter.



GAMBAR 8
Arsitektur Jaringan Pengujian QoS

Gambar 8 dijelaskan pengujian QoS ini menggunakan jaringan WiFi yang sama. Namun perangkat IoT terlebih dahulu harus terhubung ke laptop untuk dapat menjalankan perangkat IoT. agar program dapat terkirim ke google *firebase* maka disambungkan ke jaringan yang sama seperti yang ada pada program nodeMCU ESP32. Smartphone berfungsi sebagai *transmitter*, untuk laptop dan perangkat IoT berfungsi sebagai *receiver*. Jaringan wifi dihubungkan melalui smartphone dengan menjadikan smartphone sebagai hotspot portable yang mana laptop dan perangkat IoT juga terhubung ke hotspot portable *smartphone* terakhir pastikan bahwa smartphone sudah terhubung dengan internet agar data sensor dapat terkirim ke google *firebase*.

1. Hasil Data Pengujian *Delay*

Pengujian *Delay* ini dimaksudkan untuk mengetahui lamanya waktu pada saat data dikirimkan ke tujuan. Pengujian *delay* dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Wireshark* yang sudah terinstall di laptop. Hasil pengujian *Delay* dapat dilihat pada tabel 3.

TABEL 3
Hasil Pengujian *Delay*

Hasil Pengujian Parameter <i>Delay</i> di <i>Wireshark</i>				
No	Jarak (m)	Paket yang diterima	Total <i>Delay</i> (s)	<i>Delay</i> (ms)
1	1 m	315	61.668	196
2	2 m	290	63.527	219
3	3 m	569	61.863	109
4	4 m	354	59.433	168
5	5 m	219	61.286	280
6	6 m	114	61.383	538
7	7 m	93	61.683	663
8	8 m	97	61.423	633
9	9 m	115	60.774	528
10	10 m	103	61.03	593
11	11 m	675	60.086	89
12	12 m	266	63.107	237
13	13 m	71	62.244	877
14	14 m	138	63.107	457
15	15 m	102	61.893	607
Rata-Rata				413

Pada hasil pengujian parameter *Delay*, didapatkan hasil nilai terendah pada jarak 11 meter dengan nilai sebesar 89 ms, sedangkan untuk nilai *Delay* tertinggi ada pada jarak 13 meter dengan nilai sebesar 877 ms. Menurut standarisasi TIPHON untuk nilai *Delay* yang didapatkan pada pengujian ini masuk ke kategori cukup memuaskan dengan range 300 – 450 ms. Pengujian parameter *Delay* banyak dipengaruhi oleh kondisi jarak, *obstacle*. Kongesti atau juga waktu proses yang lama.

2. Hasil Data Pengujian *Packet Loss*

Pengujian parameter *Packet Loss* dilakukan untuk mengetahui nilai persentase dari paket yang hilang pada saat data di transmisikan. Paket yang hilang dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada suatu jaringan. Pengujian *packet loss* dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Wireshark* yang sudah terinstall di laptop. Hasil pengujian *packet loss* dapat dilihat pada tabel 4

TABEL 4
Hasil Pengujian Parameter *Packet Loss*

Hasil Pengujian Parameter <i>Packet Loss</i> di <i>Wireshark</i>					
No	Jarak (m)	Paket dikirim (a)	Paket diterima (b)	Paket Hilang (a-b)	<i>Packet Loss</i> (%)
1	1 m	315	315	0	0
2	2 m	290	290	0	0
3	3 m	569	569	0	0
4	4 m	354	354	0	0
5	5 m	219	219	0	0
6	6 m	114	114	0	0
7	7 m	93	93	0	0
8	8 m	97	97	0	0
9	9 m	115	115	0	0
10	10 m	103	103	0	0
11	11 m	675	675	0	0
12	12 m	266	266	0	0
13	13 m	71	71	0	0
14	14 m	138	138	0	0
15	15 m	102	102	0	0
Rata-Rata					0

Pada hasil pengujian parameter *Packet Loss*, didapatkan hasil pengujian paket yang dikirim sama dengan paket yang diterima. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat pengiriman atau pengujian parameter *Packet Loss* tidak ada paket yang hilang dan untuk rata-rata *Packet Loss* sebesar 0%. Menurut standarisasi TIPHON hasil pengujian *Packet Loss* ini masuk ke dalam kategori sangat memuaskan yaitu dengan range 0 – 2%.

E. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem.

Pada pengujian keseluruhan sistem mengenai pengiriman data yang dikirimkan dari sensor pH dan sensor TDS ke google *Firestore* dan pengujian sistem mengenai status pompa apabila nilai pH dan nilai TDS kurang sesuai ketentuan pengujian.

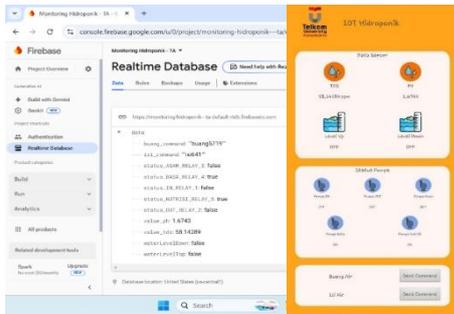
1. Hasil Pengujian Pengiriman Data Ke Google *Firestore*

TABEL 5
Hasil Pengujian Pengiriman Data ke Google *Firestore*

No	Skenario	Status Pengujian	Jumlah Pengujian	Jumlah Berhasil	Persentase Keberhasilan (%)
1	Pengiriman Data nilai pH	Data nilai pH diterima <i>Firestore</i>	30	30	100
2	Pengiriman Data nilai TDS	Data nilai TDS diterima <i>Firestore</i>	30	30	100
Rata-Rata			30	30	100

Pada tabel 7 merupakan hasil pengujian pengiriman data sensor ke database *firebase* dengan jumlah pengiriman masing-masing sensor sebanyak 30 data. Sensor pH dan TDS mengirimkan data ke NodeMCU. ESP32 yang data nya akan diteruskan ke database *firebase*. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada skenario 1 dan skenario 2 yaitu masing-masing sensor (sensor pH dan sensor TDS) dapat mengirimkan data sensor ke google *firebase* secara akurat dan persentase keberhasilan sensor dalam mengirim data mencapai nilai 100%. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi dalam pengiriman data sensor ke google *firebase* salah satunya yaitu faktor koneksi internet

2. Hasil Pengujian Aplikasi Android



GAMBAR 9
Pengujian Aplikasi Android

Keterangan gambar 9 yaitu pengujian aplikasi android, dimana pengujian ini dilakukan dengan sensor mengirimkan hasil data ke nodeMCU ESP32, kemudian data diproses dan akan dikirim ke google *firebase* dan akan diteruskan ke aplikasi android. Pada keterangan gambar 4.11 Ditampilkan beberapa informasi *firebase* dan android, yaitu ketika nilai pH <5.5 maka pompa basa akan menyala dan pada aplikasi akan muncul informasi "ON" dan akan menyala sampai nilai pH sudah sesuai. Kemudian informasi pada gambar 4.11 juga dijelaskan nilai TDS <800 ppm maka status pompa nutrisi akan "ON" dan pompa nutrisi akan menyala sampai nilai ppm nya sesuai standar yang sudah ditentukan. Dan berikut ini tabel untuk hasil pengujian aplikasi android.

3. Hasil Pengujian Sistem Monitoring Tanaman Kangkung Metode Hidroponik

TABEL 6
Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian Keseluruhan Sistem					
No	Sensor pH	Sensor TDS	STATUS POMPA		
			Pompa Nutrisi	Pompa pH Asam	Pompa pH Basa
1	6,18	945,89	OFF	OFF	OFF
2	6,29	953,16	OFF	OFF	OFF
3	6,25	957,74	OFF	OFF	OFF
4	6,3	963,43	OFF	OFF	OFF
5	5,67	866,02	OFF	OFF	OFF
6	5,6	611,69	ON	OFF	OFF
7	5,51	615,14	ON	OFF	OFF
8	11,49	552,16	ON	ON	OFF
9	11,57	552,63	ON	ON	OFF
10	6,65	650,41	ON	ON	OFF
11	2,98	943,93	OFF	OFF	ON
12	3,01	986,1	OFF	OFF	ON
13	3,01	1001,03	OFF	OFF	ON
14	2,97	1012,97	OFF	OFF	ON
15	3	1013,44	OFF	OFF	ON

Pada tabel 8 Merupakan hasil dari pengujian keseluruhan sistem. Pada sistem tersebut dapat diketahui jika terdapat nilai TDS kurang dari 800 ppm maka pompa nutrisi akan menyala dan akan mengalirkan nutrisi ab mix ke dalam wadah nutrisi hidroponik. Dan setelah TDS sudah sesuai diatas 800 ppm maka pompa nutrisi akan dimatikan, dan juga apabila sensor mendeteksi nilai pH <5.5 maka pompa Basa akan dinyalakan dan apabila sensor mendeteksi nilai pH sudah diatas 5.5 maka pompa Basa akan dimatikan, dan apabila sensor pH mendeteksi nilai pH yang berada didalam wadah nutrisi >6.5 maka pompa asam akan di nyalakan sampai nilai pH berada di batas ambang 6.5 maka pompa asam akan dimatikan, dan Ketika ke 2 sensor membaca nilai pH dan nilai TDS sudah berada dalam nilai yang sesuai ketentuan, maka pompa nutrisi, pompa asam dan pompa basa akan mati otomatis. Berdasarkan hasil pengujian ini secara keseluruhan menunjukkan bahwa sistem yang telah di rancang dapat bekerja dengan maksimal dan sudah sesuai rancangan.

IV. KESIMPULAN

Pada perancangan sistem monitoring tanaman kangkung dilakukan dengan menggunakan NodeMCU ESP32 yang dapat mengirimkan data pembacaan sensor ke database *firebase* dengan menggunakan komunikasi WiFi. Sistem perancangan ini berjalan dengan baik dan sesuai dengan *design*.

Ada beberapa variasi dalam tingkat akurasi kesalahan antara sensor pH-4502C dan sensor TDS. Pada sensor pH dapat membaca tingkat akurasi sensor sebesar 99,18% atau memiliki nilai *error* sebesar 0,82%. Dan untuk sensor TDS memiliki tingkat akurasi sebesar 95,74% atau memiliki nilai *error* sebesar 4,26%. Beberapa faktor yang mempengaruhi perbedaan sensor dengan alat pembanding yaitu pada kalibrasi, seringkali sensor harus dikalibrasi untuk mendapatkan hasil yang akurat.

Hasil uji *Quality of Service* (QoS) dilakukan dengan jarak antara 1 meter sampai 15 meter. Pengujian nilai QoS ini dilakukan menurut standarisasi TIPHON. Pada pengujian *Delay* didapatkan nilai rata-rata sebesar 413 ms didapatkan kategori cukup memuaskan dan pada pengujian Packet Loss didapatkan nilai rata-rata 0% dan masuk ke dalam kategori sangat memuaskan.

REFERENSI

- [1] A. Heryanto, J. Budiarto, and S. Hadi, "Sistem Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis Internet Of Things Menggunakan NodeMCU ESP8266," *J. BITE J. Bumigora Inf. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 31–39, 2020, doi: 10.30812/bite.v2i1.805.
- [2] 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.
- [3] A. Oktaviani, L. Amalia, and R. W. Widodo, "Pengaruh Konsentrasi Pupuk Organik Cair Nasa Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kangkung Darat (Ipomea reptans Poir.) Sistem Hidroponik Rakit Apung," *OrchidAgro*, vol. 2, no. 1, p. 13, 2022, doi: 10.35138/orchidagro.v2i1.370.
- [4] M. Marisa, C. Carudin, and R. Ramdani, "Otomatisasi Sistem Pengendalian dan Pemantauan

- Kadar Nutrisi Air menggunakan Teknologi NodeMCU ESP8266 pada Tanaman Hidroponik,” *J. Teknol. Terpadu*, vol. 7, no. 2, pp. 127–134, 2021, doi: 10.54914/jtt.v7i2.430.
- [5] R. Nandika and E. Amrina, “SISTEM HIDROPONIK BERBASIS INTERNET of THINGS (IoT),” *Sigma Tek.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2021, doi: 10.33373/sigmateknika.v4i1.3253.
- [6] L. Pamungkas, P. Rahardjo, and I. G. A. P. Raka Agung, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Hidroponik Nft (Nurtient Film Tehcnique) Berbasis Iot,” *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 2, p. 9, 2021, doi: 10.24843/spektrum.2021.v08.i02.p2.
- [7] A. Imran and M. Rasul, “Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan Esp32,” *J. Media Elektr.*, vol. 17, no. 2, pp. 2721–9100, 2020, [Online]. Available: <https://ojs.unm.ac.id/mediaelektrik/article/view/14193>.
- [8] M. S. Hidayat, D. S. A. Pambudi, and A. T. Nugraha, “Sistem Monitoring Air Compressor pada Sistem Pendistribusian Udara Berbasis IoT,” *Elektriese J. Sains dan Teknol. Elektro*, vol. 12, no. 02, pp. 126–140, 2022, doi: 10.47709/elektriese.v12i02.1944.
- [9] T. Supriyanto, “SISTEM PEMBERIAN NUTRISI BAYAM HIDROPONIK BERBASIS IoT TERINTEGRASI TELEGRAM,” *Spektral*, vol. 2, no. 2, pp. 64–69, 2021, doi: 10.32722/spektral.v2i2.4172.
- [10] M. Abdi Reinanda, V. Novendra Sulu, R. Bryan Alfredo, and T. Herlina Rochadiani, “Implementasi Internet of Things (Iot) Dengan Sensor Ds18B20 Dan Float Sensor Untuk Monitoring Suhu Dan Ketinggian Air Pada Proses Memandikan Bayi,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 3, pp. 3824–3829, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i3.9813.
- [11] M. La Raufun, Sandi Ardiasyah, “Prototype Pengontrol Pengisian Tandon Air Secara Paralel Menggunakan Solenoid Valve Berbasis Atmega 2560,” *J. Inform.*, vol. 7, no. 2, pp. 30–35, 2018.
- [12] A. AZHAR, S. M. Al Sasongko, and D. F. Budiman, “IMPLEMENTASI PURWARUPA WIRELESS SENSOR NETWORK UNTUK MONITORING DAN PENYIRAMAN OTOMATIS PADA TANAMAN MINT MENGGUNAKAN ESP32 BERBASIS IoT-LoRa,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, pp. 2113–2121, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4678.
- [13] A. Mikola and M. Sari, “Analisis Sistem Jaringan Berbasis QoS untuk Hot-Spot Di Institut Shanti Bhuna,” *J. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 31–35, 2022, doi: 10.46229/jifotech.v2i1.398.