

# Infrastruktur Jaringan Komunikasi pada *Smart-Green House* Tanaman Anggur berbasis *Edge Computing*

HIRZEN HASFANI, URAY RISTIAN

Rekayasa Sistem Komputer, Universitas Tanjungpura, Indonesia  
Email: [hirzen.hasfani@siskom.untan.ac.id](mailto:hirzen.hasfani@siskom.untan.ac.id)

*Received* 4 Februari 2024 | *Revised* 21 Februari 2024 | *Accepted* 1 Maret 2024

## ABSTRAK

*Penelitian ini memanfaatkan Edge Computing dalam memantau tanaman anggur Smart Greenhouse Anggur. Penggunaan Edge Computing yang membuat data tidak langsung di kirim ke server tetapi data dikirim terlebih dahulu dikirim ke node terdekat. Smart Greenhouse anggur ini tersusun dari beberapa node tanpa kabel yang saling terkoneksi dengan berbagai macam sensor seperti sensor suhu udara, kelembaban udara dan tanah dan kadar air dalam tanah pada pot anggur. Data-data sensor tersebut ditransmisikan ke edge computing dan selanjutnya dikirimkan ke web server untuk diolah menjadi sistem informasi. untuk jalur komunikasi dengan perangkat IoT. Parameter QoS yang akan diukur pada penelitian ini adalah delay, Jitter, Jitter dan throughput. Hasil pengukuran QoS adalah rata-rata dari Throughput 1048.521 Kbps (Cukup), Delay 117.91 ms (Sangat Baik), Jitter 0.003046026 ms (Sangat Baik), dan Jitter 0% (Sangat Baik).*

**Kata kunci:** *Edge Computing, Smart Greenhouse, Node, QoS, IoT*

## ABSTRACT

*This research utilizes Edge Computing to monitor grape plants in a Smart Greenhouse. Edge Computing allows data to be sent to the nearest node instead of directly to the server. edge computing enables the processing of data locally, leading to reduced delays and improved response times, ultimately supporting real-time control over critical business operation. Smart Greenhouse uses wireless nodes connected to sensors that read the plant's conditions such as air temperature, air humidity, soil humidity, and soil moisture. Sensor data is sent to Edge Computing and directly connect to a web server to be processed become information system. The QoS parameters measured are delay, Jitter, Jitter, and website. The average QoS results are website of 1048.521 Kbps (Sufficient), delay of 117.91 ms (Very Good), Jitter of 0.003046026 ms (Very Good), and Jitter of 0% (Very Good).*

**Keywords:** *Edge Computing, Smart Greenhouse, Node, QoS, IoT*

## 1. PENDAHULUAN

Anggur adalah salah satu komoditas pertanian yang biasanya ditanam di daerah dengan iklim yang cocok dan dihasilkan dalam bentuk buah yang biasa diolah menjadi minuman beralkohol atau produk makanan lainnya (**Herlambang, 2021**). Salah satu komoditas pertanian anggur yaitu tentang budidaya tanaman anggur, dimana kondisi tanah dan iklim yang ideal untuk menanam anggur adalah tanah yang gembur dan subur dengan tingkat kelembaban yang tepat serta kebutuhan dari cahaya matahari tercukupi. Berdasarkan hal tersebut, teknologi *Greenhouse* yang dapat sangat berguna dalam budidaya anggur karena memberikan kontrol atas area pertumbuhan tanaman yang lebih baik, yakni terdiri dari temperatur, kelembaban, intensitas cahaya, dan ketersediaan air (**Ristian, 2022**).

Dalam keseluruhan, pemanfaatan teknologi *Greenhouse* dalam budidaya anggur dapat membantu petani mengoptimalkan kondisi tumbuh tanaman dan meningkatkan kualitas dan hasil panen mereka. Namun, dalam penggunaan beberapa perangkat sensor pada komunikasi IoT, *delay* komunikasi yang dihasilkan sangat bergantung kepada koneksi internet. Saat internet mengalami gangguan maka sensor tidak dapat mengirimkan data karena tidak ada paket data yang bisa dikirimkan sehingga terjadinya missing data didalam basis data sistem. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem komunikasi komputasi data bisa mengatasi permasalahan gangguan komunikasi internet.

*Edge computing* adalah teknologi yang memungkinkan pemrosesan data dan komputasi dilakukan di dekat sumber datanya, yaitu pada "*edge*" jaringan, daripada mengirimkan semua data ke *cloud* atau pusat data jauh. Pemanfaatan *edge computing* dalam IoT *Greenhouse* dapat memberikan beberapa keuntungan. Salah satunya adalah pengolahan data yang lebih cepat. Dalam IoT *Greenhouse*, sensor yang terpasang pada tanaman dapat menghasilkan data yang sangat masif. *Edge computing* digunakan agar data tersebut dapat diolah dan dianalisis di lokasi, sehingga dapat memberikan informasi secara *real-time* mengenai lingkungan tumbuh tanaman. Hal ini memungkinkan petani untuk segera merespon dan mengambil tindakan yang dibutuhkan.

Integrasi *edge computing* dengan sistem lain dalam IoT *Greenhouse*, memungkinkan integrasi yang lebih mudah dengan sistem lain, seperti sistem irigasi, sistem pemanas, dan sistem pencahayaan. Hal ini memungkinkan pengaturan yang lebih otomatis dan terintegrasi dari seluruh sistem dalam *Greenhouse*. Dalam keseluruhan, pemanfaatan *edge computing* dalam IoT *Greenhouse* dapat memberikan beberapa keuntungan, termasuk pengolahan data yang lebih cepat, efisiensi energi, keamanan data, fleksibilitas, dan integrasi dengan sistem lain. Hal ini dapat membantu petani meningkatkan efisiensi dan produktivitas *Greenhouse* mereka.

Adapun penelitian terkait pertanian anggur pernah dilakukan terkait Sistem Pintar Untuk Anggur pada kawasan tropis berbasis *Internet of Things* (IoT) (**Ruslianto, 2022**). Penelitian ini memiliki fokus pada pemantauan tanaman anggur berbasis IoT menggunakan *website*. Air harus diberikan tindakan yaitu dengan cara menghidupkan pompa air alkali yang akan dicampurkan ke tempat penampungan air apabila pH air dibawah 5. Ketika pH air meningkat menuju 5-7, maka penyiraman air dapat dilakukan.

Penelitian selanjutnya terkait pertanian anggur juga pernah dilakukan terkait pemanfaatan teknologi *Greenhouse* dan Hidroponik sebagai solusi menghadapi perubahan iklim dalam budidaya tanaman hortikultura (**Tando, 2019**). Penelitian ini memiliki fokus untuk mendapatkan hasil panen yang baik dalam budidaya tanaman hortikultura dengan merekayasa faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang sempurna serta dapat terlindungi dari

berbagai ancaman dari luar dapat memanfaatkan hidroponik dalam budidaya tanaman yang dilakukan didalam *Greenhouse*.

Penelitian terkait *edge computing* juga pernah dilakukan berjudul analisis kinerja jaringan sensor nirkabel untuk *edge computing* menggunakan LORA SX1278 (**Ichsan, 2021**). Penelitian memiliki fokus pada *data transmission* dengan memperhatikan faktor jarak dan besaran data menggunakan kemampuan LoRa yang kemudian dilakukan analisis data tersebut. Hasil olah besar data dari *Edge Computing* cukup beragam karena diimplementasikan pada jarak yang berbeda juga. Kemampuan Lora digunakan sebagai perangkat yang dapat berkomunikasi pada WSN dan memiliki topologi *Mesh*. Setelah pengimplementasian, penelitian ini mendapatkan besaran data sebesar 256 *Bytes* dan dengan jarak 300 meter. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, perangkat LoRa sangat dapat diandalkan untuk diimplemenasikan di *Edge Computing*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dilakukan penelitian berjudul "Infrastruktur Jaringan Komunikasi pada *Smart Greenhouse* Tanaman Anggur berbasis *Edge Computing*".

## 2. METODE

### 2.1 *Edge Computing*

*Edge computing* adalah teknologi pengolahan data dan komputasi yang dilakukan secara terdistribusi pada perangkat-perangkat yang terletak di dekat sumber data, di luar pusat data utama atau *cloud computing*. Dengan menggunakan teknologi ini, data dan informasi dapat diproses dan disimpan secara lokal pada perangkat yang terdekat dengan sumbernya, sehingga mengurangi latensi atau jeda waktu dalam pengiriman data ke pusat data atau *cloud computing* (**Kong, dkk, 2022**) (**Ye, dkk, 2020**).

Keuntungan utama dari *edge computing* adalah pengurangan latensi, peningkatan kecepatan akses data, dan pengurangan biaya pengiriman data ke *cloud computing*. Selain itu, *edge computing* juga lebih aman karena data tidak perlu dikirim ke *cloud computing* yang bisa menjadi target serangan siber. Namun, ada juga beberapa tantangan dalam penerapan *edge computing*, seperti keterbatasan daya dan sumber daya pada perangkat yang terbatas, kompleksitas manajemen dan koordinasi pada jaringan *edge computing* yang terdistribusi, serta keamanan dan privasi data yang harus dijaga secara ketat (**Cao, dkk, 2020**).

### 2.2 *Internet of Things*

*Internet of Things* (IoT) adalah suatu konsep pengembangan jaringan terdiri dari *physical devices* yang terhubung dengan jaringan internet dan mampu saling berkomunikasi serta bertukar data dengan perangkat lainnya. Perangkat tersebut dapat berupa sensor, kamera, alat pengukur, dan perangkat lainnya yang dilengkapi dengan teknologi yang memungkinkan mereka terhubung ke jaringan internet (**Vailshery, 2022**).

Dengan adanya IoT, perangkat-perangkat tersebut dapat saling terhubung dan bertukar data untuk mengoptimalkan kinerja, memantau kondisi, dan memberikan informasi secara *real-time*. Contoh penggunaan IoT yang sudah umum dijumpai adalah smart home, smart city, dan smart healthcare. Pengembangan teknologi IoT memiliki potensi besar seperti pada bidang bisnis, industri, hingga kehidupan sehari-hari. Namun, ada pula beberapa tantangan yang perlu diatasi, seperti masalah keamanan dan privasi data, interoperabilitas perangkat, dan kompleksitas infrastruktur yang dibutuhkan (**Leppanen, dkk, 2019**).

### 2.3 Greenhouse Anggur

*Greenhouse* anggur adalah teknik bercocok tanam anggur di dalam rumah kaca atau *Greenhouse* untuk meningkatkan produksi dan kualitas anggur. Dalam *Greenhouse*, lingkungan tumbuh yang lebih terkendali, termasuk suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya, dibandingkan dengan tumbuh di lahan terbuka (**Kurniawan, dkk, 2021**).

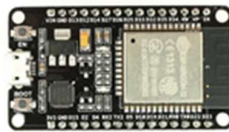
*Greenhouse* anggur juga dapat meningkatkan produksi dan kualitas anggur dengan mempertahankan suhu dan kelembaban yang optimal dan mengurangi risiko kerusakan akibat cuaca ekstrem, seperti hujan, badai, atau embun beku. Selain itu, dengan menggunakan *Greenhouse* anggur, petani anggur dapat memproduksi anggur sepanjang tahun, karena tidak tergantung pada musim tanam yang terbatas (**Utomo, dkk, 2022**). Bangunan *Greenhouse* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Bangunan *Greenhouse* Anggur**

### 2.4 NodeMCU ESP32

Modul MCU 32 secara luas mengacu pada mikrokontroler dengan arsitektur 32-bit. MCU 32 biasanya digunakan untuk sistem tertanam (embedded systems) dan memiliki kemampuan untuk memproses data yang lebih kompleks dan beroperasi dengan lebih cepat dibandingkan dengan mikrokontroler dengan arsitektur 8 atau 16-bit. Beberapa contoh mikrokontroler 32-bit populer adalah ARM Cortex-M series, Atmel SAM3X8E, dan PIC32MX795F512L. Dengan kemampuan pemrosesan yang lebih kuat dan fitur yang lebih lengkap, MCU 32 sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan kinerja yang tinggi seperti kendali motor, robotika, kendali industri, dan aplikasi IoT (*Internet of Things*) (**Setyawan, dkk, 2023**). Bentuk dari NodeMCU ESP32 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2. NodeMCU ESP32**

### 2.5 Capacitive Soil Moisture Sensor

Capacitive Soil Moisture Sensor digunakan mengukur daya simpan tanah berupa kadar air tanah. Ketika sensor ditempatkan di dalam tanah, maka antara sensor dan tanah terdapat sebuah kapasitor yang terbentuk. Kapasitor ini terdiri dari dua elektroda yaitu elektroda penginderaan (sensor) dan elektroda tanah. Kedua elektroda ini berfungsi sebagai pelat kapasitor. Kapasitansi pada kapasitor ini bergantung pada jarak antara kedua elektroda, luas permukaan elektroda, dan sifat dielektrik tanah. Kadar kelembaban tanah mempengaruhi sifat dielektrik tanah, sehingga kapasitansi kapasitor akan berubah sesuai dengan kadar kelembaban tanah. Sensor kemudian akan mengukur kapasitansi pada kapasitor dan mengubahnya menjadi nilai kadar kelembaban tanah. Nilai kelembaban ini kemudian dapat ditampilkan pada layar atau diproses lebih lanjut oleh sistem yang menggunakan sensor

tersebut **(Nadindra, dkk, 2022)**. Bentuk dari sensor kelembaban tanah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3. Sensor Kelembaban Tanah**

## 2.6 Arduino IDE

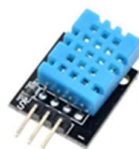
Arduino IDE merupakan software untuk membuat dan mengunggah ke dalam arduino yang memiliki fungsi untuk menyisipkan ke dalam arduino. Penulisan kode program dapat diberikan instruksi-instruksi menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan tujuan sistem berjalan dengan semestinya sesuai kode program yang sudah ditulis **(Nurdiansyah, dkk, 2020)**. Antarmuka Arduino IDE yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4. Antarmuka Arduino IDE**

## 2.7 Sensor DHT11

Sensor DHT11 menggunakan teknologi digital dan mampu memberikan nilai suhu dalam kisaran -20 hingga 60 derajat Celsius dan kelembaban dalam kisaran 20% hingga 90% **(Rohman, dkk, 2021)**. Sensor DHT11 menggunakan protokol komunikasi *single-wire* (1-wire) untuk mengirimkan data ke mikrokontroler. Sensor ini dapat dihubungkan dengan mikrokontroler seperti Arduino, Raspberry Pi, dan sebagainya untuk membaca nilai suhu dan kelembaban dari lingkungan sekitar. Sensor DHT11 relatif murah dan mudah digunakan, sehingga cocok digunakan dalam berbagai proyek elektronik yang memerlukan pengukuran suhu dan kelembaban **(Yahya, dkk, 2020)**. Bentuk dari sensor DHT11 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

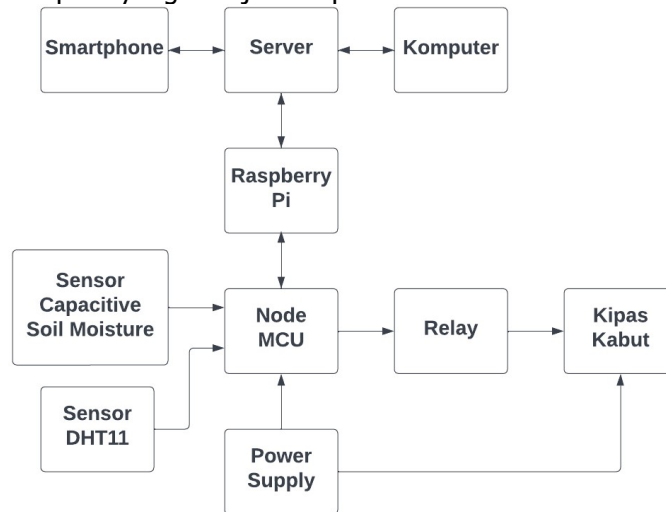


**Gambar 5. Sensor DHT11**

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

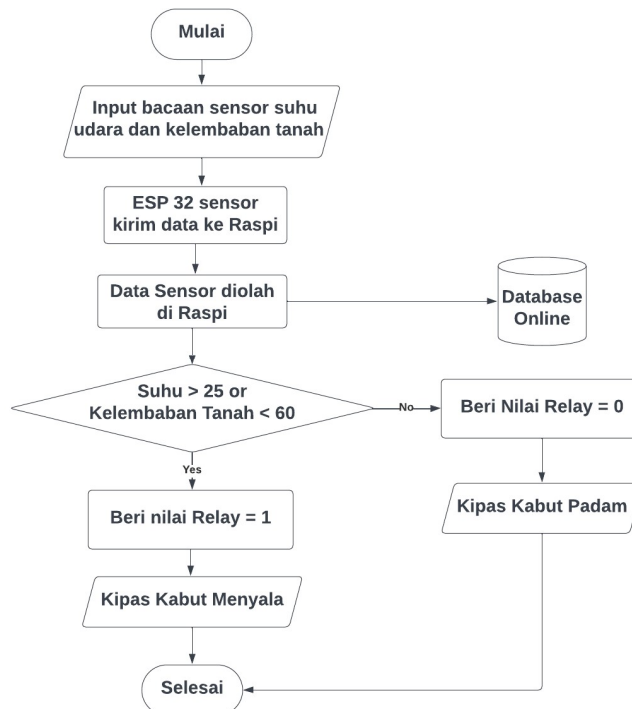
#### 3.1 Rancangan Sistem

Konsep diagram I/O merupakan perancangan sistem yang memproses data berupa data masukan kemudian diproses menjadi sebuah data keluaran yang diperlukan bagi pengguna. Konsep diagram I/O seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Rancangan Sistem *Edge Computing*

Pembuatan sistem *edge computing* melibatkan berbagai perangkat keras yaitu Raspberry Pi, Node MCU, Relay, Sensor DHT 11, Sensor *Capacitive Soil Moisture*. Proses aliran data digambarkan dengan diagram alir. Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7.



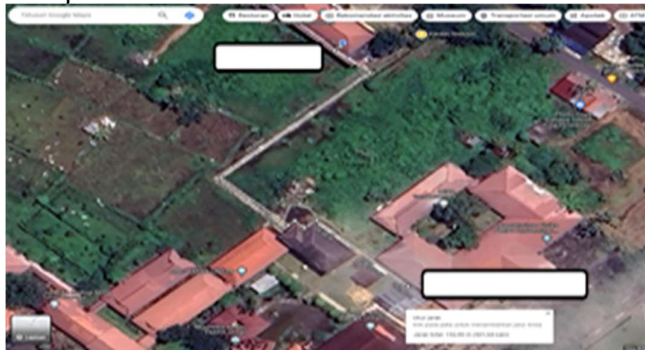
Gambar 7. Diagram Alir Data Sistem *Edge Computing*

### 3.2 Rancangan Pengujian

Tahap ini melakukan pengujian dengan menghubungkan setiap perangkat IoT dari sensor hingga aktuator ke NodeMCU ESP32 dan Raspberry Pi yang dilibatkan sebagai *Edge Computing*. Data sensor akan masuk terlebih dahulu ke NodeMCU ESP 32, kemudian NodeMCU mengirimkan data sensor itu per tiap data sensor. Setelah itu data sensor akan dikumpulkan dan diolah pada Raspberry Pi untuk memeriksa logika dari tiap masukan sensor yang kemudian akan diberikan perintah untuk menyalakan atau memadamkan relay yang sudah dipasang guna kebutuhan kipas kabut. Dalam waktu berselang juga data sensor dari Raspberry Pi juga dikirimkan ke database online agar dapat dibaca pada Smartphone dan Laptop. Parameter yang diuji pada penelitian ini adalah *Troughput*, *Delay*, *Packet Loss*, dan *Jitter* guna mengetahui performansi jaringan menggunakan *Edge Computing*. Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali percobaan dan parameter pengujian tersebut akan dibandingkan tanpa menggunakan *Edge Computing*.

### 3.3 Penerapan *Edge Computing*

Penerapan *edge computing* pada penelitian ini menggunakan jaringan lokal yang ada di Fakultas MIPA. Penerapan *edge computing* pada jaringan lokal kampus bertujuan untuk meningkatkan kinerja, keamanan, dan efisiensi jaringan serta mendukung aplikasi dan layanan yang memerlukan pemrosesan data yang cepat dan *real-time*. Oleh karena itu, Pembangunan jaringan lokal dimulai dari lokasi yang lebih dekat dengan pengguna akhir (end user). Pengguna akhir pada penelitian ini adalah Smart *Greenhouse* dan lokasi yang terdekat untuk meletakkan *edge server* adalah Ruangan Workshop Fakultas MIPA. Untuk jarak jalur jaringan lokal dari Ruang Workshop ke Smart *Greenhouse* adalah 152,9m. Hasil pengukuran jaraknya seperti yang dtunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Jarak Lokasi Antara Edge Server dan Smart *Greenhouse*

### 3.4 Penerapan Perangkat Keras pada *Edge Computing*

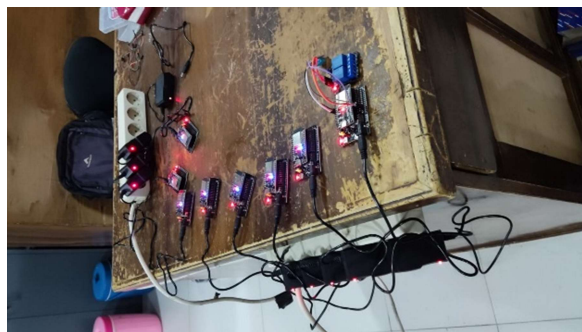
Untuk menerapkan *edge computing* di Workshop, digunakan *Edge Server* yang memiliki kemampuan komputasi yang kuat untuk memproses data di lokasi *edge* kampus. *Edge Server* yang digunakan bertugas untuk mengumpulkan data dari node-node sensor yang berada pada Smart *Greenhouse*. Data-data pada node sensor ini disimpan kedalam *Edge Server* terlebih dahulu, kemudian baru dikirimkan ke *server* secara periodik. Untuk pengiriman ke hosting dilakukan setiap 15 menit sekali agar tidak memberatkan *service* pada hosting jika dikirimkan secara *real-time*. Sedangkan data node sensor akan disimpan ke dalam *Edge Server* selama 24 jam. Setelah itu, data yang sudah akan ditimpa dengan data yang terbaru. Hal ini bertujuan agar data pada *Edge Server* tidak terlalu penuh kapasitasnya karena peran *Edge Server* hanya sebagai penyimpanan dan pengolahan data sementara saja. *Edge Server* yang digunakan seperti yang dtunjukkan pada Gambar 9.



**Gambar 9. Edge Server di Ruang Workshop FMIPA**

### **3.5 Penerapan Perangkat Keras pada Smart *Greenhouse***

Pada perangkat keras yang digunakan pada Smart *Greenhouse* adalah perangkat untuk memantau kondisi suhu udara dan kelembapan udara sekitar menggunakan sensor DHT11. Selain itu, kondisi kelembapan tanah pada pot tanaman juga dipantau menggunakan sensor Soil Moisture. Untuk pembacaan setiap sensor menggunakan NodeMCU ESP32 yang terhubung dengan jaringan lokal yang terhubung ke *Edge Server* di Workshop. NodeMCU ESP32 yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



**Gambar 10. NodeMCU ESP32 yang digunakan untuk pembacaan sensor**

Untuk jumlah node yang digunakan sebanyak 8 node dimana ada 7 node yang membaca 4 sensor Soil Moisture dan 1 node yang membaca 2 pot sensor Soil Moisture beserta sensor DHT11 di Smart *Greenhouse*. Total pot yang dipantau sistem adalah 30 pot. Proses pemasangan NodeMCU ESP32 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.



**Gambar 11. Proses Pemasangan Sensor pada Smart *Greenhouse***



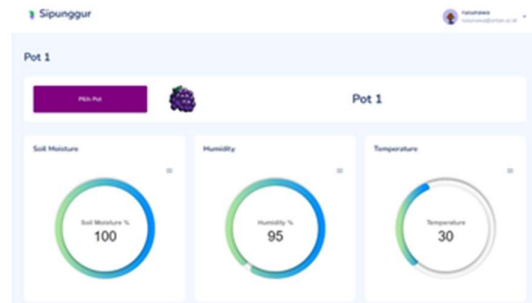
### 3.6 Pengembangan Sistem Monitoring Smart *Greenhouse*

Pada pengembangan sistem, aplikasi Sipunggur dikembangkan agar sistem bisa terintegrasi ke *Edge Server*. Terdapat beberapa menu yang dapat digunakan yaitu menu Home yaitu halaman awal *website*, menu about yaitu berisi tentang produk dari Sipunggur, menu *services* yaitu menu tentang pelayanan yang diberikan pada produk Sipunggur, dan menu *contact* yang berisi tentang kontak dari pembuat aplikasi dan alat Sipunggur. Tampilan dashboard halaman awal *website* monitoring dan kendali dari Sipunggur seperti yang dtunjukkan pada Gambar 12.



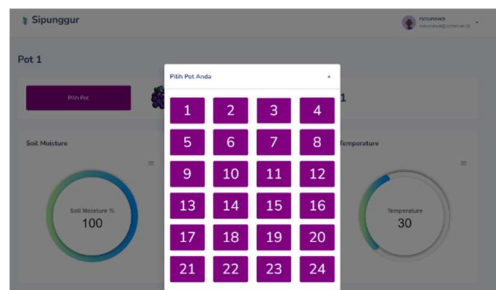
**Gambar 12. Tampilan Dashboard Aplikasi**

Kemudian Monitoring Pot-Pot anggur yang bisa dipantau dari jarak jauh melalui *website*. Terdapat data Soil Moisture yang didapat dari sensor Soil Moisture, kemudian data Humidity (Kelembapan Udara) dan Temperature (Suhu Udara) yang didapat dari sensor DHT11 ditampilkan ke aplikasi android. Tampilan pembacaan sensor seperti yang dtunjukkan pada Gambar 13.



**Gambar 13. Tampilan Pembacaan Sensor**

Ketika tombol Pilih Pot ditekan atau diklik akan menampilkan menu pilihan pot yang akan kita monitoring yaitu dari Pot 1 hingga Pot 24. Untuk dapat mengaksesnya cukup dengan mengklik dari salah satu nomor Pot tersebut. Selanjutnya, aplikasi akan menampilkan kondisi pot sesuai dengan urutan penomorannya. Tampilan pilihan pot seperti yang dtunjukkan pada Gambar 14.



**Gambar 14. Tampilan Pilihan Pot**

Pada tampilan aplikasi juga terdapat laman grafik monitoring log data yang dapat dipantau secara *real time* berdasarkan waktu. Warna biru menunjukkan data *Soil Moisture*, warna Hijau menunjukkan data *Humidity*, dan warna Orange menunjukkan data temperature. Selain itu terdapat menu untuk monitoring pompa air. Pompa air yang digunakan sebanyak 2 buah. Pada menu tersebut terlihat bahwa Pompa Air 1 dan 2 dalam keadaan mati atau tidak bekerja. Tampilan aplikasi grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Tampilan Grafik Pembacaan Data Sensor

### 3.7 Pengujian Troughput pada Sistem Monitoting Anggur Smart *Greenhouse*

Berdasarkan data yang sudah diambil pada saat penelitian, terdapat beberapa data yaitu jumlah *Bytes* dari data, *Time Span* atau waktu pengamatan dari data. Jumlah *Bytes* dari data tersebut kemudian diubah mejadi jumlah bit data dengan cara dikalikan dengan 8. Sedangkan *Time Span* dengan satuan ms diubah menjadi ke s dengan dibagi dengan 1000. Hasil pengujian *Website* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Website

Uji ke	Edge Computing (EC)			Tanpa EC	Uji ke	Edge Computing (EC)			Tanpa EC
	Jumah Bytes	Jumlah bits	Troughput EC (Kbps)	Troughput (Kbps)		Jumah Bytes	Jumlah bits	Troughput EC (Kbps)	Troughput (Kbps)
1	38521	308168	1064.564	954.456	17	38321	306568	1040.766	912.129
2	38473	307784	1054.116	972.876	18	38213	305704	1036.351	987.291
3	38905	311240	1035.141	912.888	19	38529	308232	1054.823	1002.56
4	37432	299456	1027.371	922.898	20	38529	308232	1052.953	899.301
5	38434	307472	1218.555	1024.99	21	37819	302552	1029.502	986.347
6	38912	311296	1061.285	954.832	22	38529	308232	1049.247	943.453
7	38549	308392	1048.339	964.434	23	37781	302248	1007.762	972.271
8	38532	308256	1055.733	972.435	24	37950	303600	1033.683	934.242
9	39329	314632	1076.232	992.756	25	38832	310656	1071.701	957.382
10	38637	309096	1045.133	945.982	26	38529	308232	1043.722	932.728
11	37987	303896	1006.335	976.349	27	37823	302584	1025.768	976.729
12	38578	308624	1043.096	957.24	28	38392	307136	1040.705	964.983
13	37982	303856	1039.062	912.344	29	38231	305848	1039.246	912.743
14	38203	305624	1040.801	986.471	30	37432	299456	1017.07	1025.56
15	37984	303872	1042.621	923.719	<b>Rata-Rata</b>		<b>1048.521</b>	<b>956.4701</b>	
16	38543	308344	1053.951	911.714					

Untuk mendapatkan trouhput dapat dilihat pada persamaan 2.1. Jika dilihat pada data jumlah *Bytes* didapatkan data yang bervariasi namun variasi berkisar pada 37000 hingga 39000 *Bytes*

yang berarti menunjukkan setiap data mempunyai jumlah *Bytes* yang konsisten. Hal ini juga berlaku pada *Time Span* memiliki data yang konsisten berkisar pada 290.000 ms. Pada data tersebut terlihat bahwa *throughput* yang didapatkan adalah sebesar 1048.521 Mbps. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan *throughput* dengan menggunakan *Edge Computing* dan tanpa menggunakan *Edge Computing*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa selisih perbedaan dari *throughput* tidak cukup besar, namun hal tersebut berdampak pada *delay*, *jitter*, dan *packet loss* yang didapat dengan tanpa menggunakan *Edge Computing*. *Throughput* dipengaruhi oleh jaringan internet yang digunakan pada penelitian ini.

### 3.8 Pengujian *Delay* dan *Packet Loss* pada Sistem Monitoring Smart *Greenhouse*

Berdasarkan data yang sudah diambil, terdapat data jumlah paket yang dikirim dan diterima serta data *delay* pengiriman dari setiap data tersebut. Jumlah paket yang dikirim dan diterima bervariasi. Hal itu menunjukkan bahwa data yang dikirim memiliki panjang data yang berbeda saat dikirim sehingga membuat data tersebut menjadi bervariasi. Data yang bervariasi juga berdampak pada *delay* waktu pengiriman yang juga bervariasi. Dari 30 percobaan didapatkan bahwa rata-rata *delay* yang didapat adalah 117.91 ms dan *Packet Loss* sebesar 0 %. Hasil pengujian *Delay* dan *Packet Loss* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penujian *Delay* dan *Jitter*

Uji ke	Edge Computing (EC)		Tanpa EC		Uji ke	Edge Computing (EC)		Tanpa EC	
	Delay (ms)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Packet Loss (%)		Delay (ms)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Packet Loss (%)
1	116.54	0	370	0.002	17	129.45	0	324	0.01
2	104.43	0	319	0.004	18	125.32	0	389	0
3	119.32	0	259	0	19	125.43	0	401	0.01
4	121.45	0	571	0	20	107.11	0	421	0.01
5	109.87	0	417	0	21	103.65	0	398	0
6	118.65	0	372	0	22	104.43	0	351	0.03
7	129.45	0	382	0	23	109.45	0	398	0
8	111.64	0	321	0.03	24	129.82	0	384	0
9	114.21	0	331	0.01	25	129.35	0	356	0
10	123.43	0	362	0	26	129.37	0	381	0.05
11	104.43	0	319	0	27	129.91	0	394	0.01
12	105.32	0	353	0	28	127.33	0	330	0
13	113.43	0	367	0.04	29	125.56	0	310	0.01
14	127.32	0	312	0	30	112.78	0	328	0
15	117.87	0	367	0	<b>Rata-rata</b>	<b>117.91</b>	<b>0</b>	<b>364,3667</b>	<b>0,0072</b>
16	111.12	0	344	0					

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan *delay* dan *packet loss* dengan menggunakan *Edge Computing* dan tanpa menggunakan *Edge Computing*. *Delay* yang dihasilkan dari penggunaan *Edge Computing* lebih kecil dibandingkan tanpa menggunakan *Edge Computing*. Begitu juga halnya dengan *Packet loss*, terlihat bahwa tanpa *Edge Computing* terdapat *Packet Loss* walaupun *Packet Loss* yang dihasilkan tidak terlalu signifikan. Hal itu dapat terjadi dikarenakan *throughput* menggunakan *Edge Computing* yang dihasilkan lebih besar dibandingkan tanpa menggunakan *Edge Computing*.

### 3.9 Pengujian *Jitter* pada Sistem Monitoring Anggur Smart *Greenhouse*

Berdasarkan data yang sudah diambil, terdapat data *delay* waktu pengiriman yang didapat. Kemudian untuk mendapatkan variasi *delay* yang didapat dengan melihat selisih *delay* waktu pengiriman setiap percobaan. *Jitter* didapatkan dengan mengikuti Persamaan 2.2. Rata-rata *Jitter* yang didapat yaitu 0.003046026. Hasil pengujian *Jitter* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Pengujian *Jitter* pada Proses Pengiriman Data**

Uji ke	<i>Edge Computing (EC)</i>			Tanpa EC
	<i>Delay (ms)</i>	Variasi <i>Delay (ms)</i>	<i>Jitter</i>	<i>Jitter</i>
1	116.54	-	-	
2	104.43	12.11	0.003831066	0,017329256
3	119.32	14.89	0.004777029	0,019367334
4	121.45	2.13	0.000643505	0,102902375
5	109.87	11.58	0.001648164	0,046794287
6	118.65	8.78	0.003145826	0,008284242
7	129.45	10.8	0.003550296	0,003459011
8	111.64	17.81	0.006769289	0,019664732
9	114.21	2.57	0.000973854	0,003619254
10	123.43	9.22	0.003579193	0,011854685
11	104.43	19	0.006802721	0,020254357
12	105.32	0.89	0.00038083	0,012314379
13	113.43	8.11	0.0031049	0,005777961
14	127.32	13.89	0.00575632	0,022017614
15	117.87	9.45	0.00382127	0,021982414
16	111.12	6.75	0.003010705	0,009488449
17	129.45	18.33	0.007540107	0,007168459
18	125.32	4.13	0.001755952	0,023057822
19	125.43	0.11	4.36335E-05	0,00498132
20	107.11	18.32	0.006846039	0,007889546
21	103.65	3.46	0.001351035	0,008394161
22	104.43	0.78	0.000325543	0,015959253
23	109.45	5.02	0.002088186	0,016864011
24	129.82	20.37	0.009175676	0,005645161
25	129.35	0.47	0.000202412	0,009803922
26	129.37	0.02	8.61698E-06	0,010076582
27	129.91	0.54	0.000214286	0,004524887
28	127.33	2.58	0.001078595	0,021694915
29	125.56	1.77	0.000760636	0,008006405
30	112.78	12.78	0.005149073	0,007194245
<b>Rata-Rata</b>			<b>0.003046026</b>	<b>0.053751453</b>

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan, didapat *jitter* yang didapat dari variasi delay dibagi jumlah paket yang dikirimkan. *Jitter* menggunakan *Edge Computing* lebih kecil dibandingkan tanpa menggunakan *Edge Computing*. Hal itu selaras dengan kategori yang didapat. *Jitter* dengan *Edge Computing* berkategori sangat baik sedangkan tanpa Edge Computing berkategori baik dengan standar dari TIPHON.

#### 4. KESIMPULAN

Infrastruktur *edge computing* dapat diterapkan di lingkungan kampus dengan memanfaatkan jaringan kabel lokal yang terhubung dari Workshop (*Edge Server*) dengan Smart *Greenhouse* (End User). Jarak antara *Edge Server* ke End User adalah 159,2m. Pengiriman data dari sensor ke *edge computing* menggunakan node sensor dimana 4 sensor akan dibaca datanya menggunakan 1 node sensor dan data tersebut dikirimkan menggunakan akses wifi dari Repeater AP di Smart *Greenhouse* ke Switch di Workshop. Berdasarkan keseluruhan data yang sudah diuji dan pengukuran QoS adalah rata-rata dari Troughput 1048.521 Kbps (Cukup), *Delay* 117.91 ms (Sangat Baik), *Jitter* 0.003046026 ms (Sangat Baik), dan *Packet Loss* 0% (Sangat Baik). Komunikasi yang digunakan dapat digolongkan sangat baik dimana kondisi jalur jaringan yang stabil dan paket data yang dikirimkan tidak ada yang hilang.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Cao, K., Y. Liu., G.Meng, and Q.Sun. (2020). An Overview on Edge Computing Research. *IEEE Access*, 8(85), 714 - 728.
- Herlambang, S., Yudhiantoro, D. & Wibowo, A.W.A. (2021). *Biochar Untuk Budidaya Anggur*. Yogyakarta: Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Ichsan, M. H. H. (2021). Analisis Kinerja Jaringan Sensor Nirkabel untuk Edge Computing Menggunakan LORA SX1278. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 8(5), 887 - 894.
- Kong, Xiangjie., Wu, Yuhan., Wang, Hui., and Xia, Feng. (2022). Edge Computing for Internet of Everything: A Survey. *IEEE Internet of Thing Journal*. 1(1), 1 - 14.
- Kurniawan, Anri., Sulitiadi, Slamet., & Ristono, Andika. (2021). Monitoring Iklim Mikro pada *Greenhouse* secara Real Time menggunakan Internet of Things (IoT) Berbasis Thingspeak. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 10(4), 468 - 480.
- Leppanen, T ., C. Savaglio., L.Loven., T. Jarvenpaa., R. Ehsani., E. Peltonen., G. Fortino., J. Riekk. nen, G. Fortino, and J. Riekk. (2019). Edge-Based Microservices Architecturefor Internet of Things: Mobility Analysis Case Study. *IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, (pp. 1–7).
- Nadindra, Daffa Eka., & Chandra, Joko Christian. (2022). Sistem IoT Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Arduino Dengan Kontrol Telegram. *Jurnal Sistem Komputer dan Teknik Informatika*, 5(1), 104 - 114.
- Nurdiansyah, Muhtar., Sinurat, Erick Chomper., Bakri, Muhammad., Ahmad, Imam., & Prasetyo, Aldi Bagus. (2020). Sistem Kendali Rotasi Matahari pada Panel Surya Berbasis Arduino Uno. *JTIKOM*, 1(2), 40 - 45.

- Ristian, U., Ruslianto, I. & Sari, K. (2022). Sistem Monitoring Smart Greenhouse pada Lahan Terbatas Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 8(1), 87 - 94.
- Rohman, Agung Dwi Fathur., Irawan, Josep Dedy., & Rudhistiar, Deddy. (2021). Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Kamar Kosong pada Hotel Dampak Covid-19 Berbasis IoT. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 5(2), 653 – 659.
- Ruslianto, I., Ristian, U. & Hasfani, H. (2022). Sistem Pintar Untuk Anggur (Sipunggur) pada Kawasan Tropis Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 8(1), 121 - 127.
- Setyawan, Dodi Yudo., Rosmalia, Lia., Nurfiana., & Nurjoko. (2023). Perancangan Sistem Irigasi Tanaman dalam Greenhouse Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Teknika*, 17(1), 101-108.
- Tando, E. (2019). Pemanfaatan Teknologi *Greenhouse* dan Hidroponik Sebagai Solusi Menghadapi Perubahan Iklim Dalam Budidaya Tanaman Hortikultura. *Buana Sains*, 19(1), 91-102.
- Utomo, Denny Trias., Baihaqi, Achmad., Asysyauqi, Haris., dan Azizissani, Rizqi. (2022). Perancangan Sistem Penyiraman Otomatis pada *Greenhouse* Guna Meningkatkan Kualitas Bibit Tanaman Anggur (Vitis Vinivera) di Daerah Sidoarjo. *Journal of Electrical Engineering and Computer*, 4(1), 46 – 50.
- Vailshery, Lionel Sujay. (2022, September 6). *Internet of Things (IoT) and non-IoT active device connections worldwide from 2010 to 2025*. Retrieved from [www.statista.com](http://www.statista.com).
- Yahya, Mochtar., & Erwanto, Danang. (2020). Perancangan Sistem Kendali Suhu dan Kelembaban pada Kandang Anakan Burung Puyuh Menggunakan Metode Logika Fuzzy. *Journal of Electrical and Electronic-UMSIDA*, 4(1), 42 – 56.
- Ye, D ., R., Yu, M., Pan., and Z.Han. (2020). Federated Learning in Vehicular Edge Computing: A Selective Model Aggregation Approach. *IEEE Access*, 8(23), 920 - 935.