

Studi Awal Rancang Bangun *Indoor Farming Monitoring System* Berbasis IoT dengan Protokol Websocket

Initial Study of IoT-Based Indoor Farming Monitoring System Using Websocket Protocol

AGHA PRADIPTA MERDEKAWAN^{1*}, PUTRIANA SARI¹

Abstrak

Alih fungsi lahan dari sebelumnya lahan pertanian ke lahan pemukiman dapat menjadi masalah serius untuk menjaga ketahanan pangan. Selain alih fungsi lahan, dampak urbanisasi juga dapat memberikan dampak serius bagi ketersediaan pangan itu sendiri. Dengan solusi *urban farming* yang dapat dilakukan dengan memanfaatkan sedikit lahan yang tersedia di lingkungan perkotaan, diharapkan mampu untuk menyediakan kebutuhan baik sayur, buah dan tanaman obat lainnya. Kesulitan pemantauan tanaman yang disebabkan karena daerah perkotaan memiliki tingkat mobilitas yang tinggi sehingga tanaman berpotensi tidak terpantau dengan baik juga dapat diatasi dengan penerapan sistem pemantauan berbasis IoT. Pada penelitian ini, dikembangkan sistem pemantauan kebun dalam ruangan berbasis IoT yang terdiri atas sensor temperatur, kelembaban, dan intensitas cahaya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan fungsi pemantauan pada kondisi ruangan tanam sesuai dengan parameter yang telah direncanakan dan berfungsi dengan baik hingga menampilkan grafik perubahan nilai sensor. Selain berdasarkan pengujian, *delay* yang dihasilkan juga masih dalam kategori bagus yaitu sebesar 0.028 detik.

Kata Kunci: ESP8266, IoT, *indoor farming*, *urban farming*, WebThings, websocket.

Abstract

Land conversion from previously agricultural land to residential land can be a serious problem for maintaining food security. In addition to land use change, the impact of urbanization can also have a serious impact on food availability itself. With urban farming solutions that can be carried out by utilizing the small amount of available land in urban environments, it is expected to be able to provide the needs of both vegetables, fruit and other medicinal plants. Difficulties in plants monitoring caused by urban areas having a high level of mobility so that plants are not properly monitored can also be overcome by implementing an IoT-based monitoring system. In this research, an IoT-based indoor garden monitoring system was developed which consists of temperature, humidity, and light intensity sensors. The test results show that the system is able to monitor the planting room conditions according to the parameters that have been planned and properly display a graph of changes in sensor values. Also based on testing, the resulting delay is also still in the good category, which is 0.028 second.

Keywords: ESP8266, IoT, *indoor farming*, *urban farming*, WebThings, websocket.

¹ Telkom Indonesia

* Penulis Korespondensi: Tel/Faks: +62 896-9065-8296; Surel: pradipta.gha@gmail.com

PENDAHULUAN

Berdasarkan UU No. 18 Tahun 2012, pangan merupakan segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati produk pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, peternakan, perairan, dan air, baik yang diolah maupun tidak diolah yang diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia, termasuk bahan tambahan pangan, bahan baku pangan, dan bahan lainnya yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan, dan/atau pembuatan makanan atau minuman. Sebagai sumber makanan dan minuman untuk manusia dalam memenuhi kebutuhan nutrisi dan energi, ketersediaan pangan menjadi sangat penting untuk mempertahankan hidup. Hal tersebut tercermin dengan adanya istilah ketahanan pangan yang merupakan suatu kondisi terpenuhinya pangan bagi negara sampai dengan perorangan, yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata, dan terjangkau (Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian 2018). Pertanian sebagai salah satu sektor produksi pangan, juga mengalami dinamika pada kondisi perkembangannya saat ini. Seperti di antaranya: menurunnya kapasitas lahan pertanian, jumlah lahan pertanian, degradasi lahan dan air, serta konversi lahan pertanian. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mulyani *et al.* (2011) terjadi penciptaan lahan luas sawah 0.4 juta ha karena konversi lahan, selain itu Winoto (2005) mengemukakan bahwa berdasarkan rencana tata ruang kabupaten/kota di Indonesia, diperkirakan akan terjadi konversi lahan sawah seluas hampir 3.1 juta ha atau sekitar 42.37% dari luas total lahan sawah. Hal ini juga diperkuat oleh data Worldbank (2021) yang menunjukkan bahwa Indonesia menempati posisi keempat untuk populasi terbanyak di dunia yang kemudian akan berdampak pada ketersediaan lahan pertanian untuk produksi pangan karena adanya alih fungsi lahan pertanian menjadi pemukiman. Selain itu, Worldbank (2020) juga mencatat bahwa dari tahun 2017 hingga 2020 Indonesia mengalami stagnasi angka pertumbuhan lahan agrikultur di angka 623 000 km

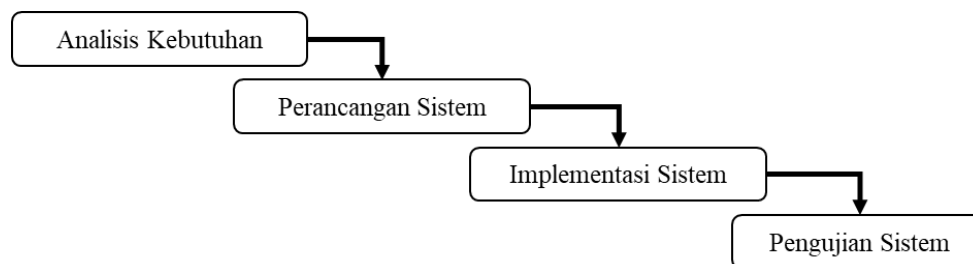
Meski demikian, kegiatan pertanian selain dapat dilakukan pada lahan yang cukup luas, pertanian atau kegiatan berkebun lainnya untuk memenuhi kebutuhan pangan setiap individu dapat dilakukan melalui cara lain, misalnya bagi mereka yang tinggal di perkotaan dapat menerapkan sistem *urban farming* untuk mengatasi keterbatasan lahan seperti yang telah usulkan pada penelitian yang dilakukan oleh beberapa peneliti misalnya Khasanah (2021) maupun Setiawati *et al.* (2019). *Urban farming* dapat dilakukan dengan memanfaatkan sedikit lahan yang tersedia di lingkungan perkotaan. Salah satu contohnya yaitu menanam sayur dengan memanfaatkan botol bekas sampah plastik yang ada di sekitar rumah, apartemen, atau yang lainnya (Khasanah 2021). Pemanfaatan lahan terbatas ini misalnya bisa dilakukan di halaman belakang rumah ataupun bagian atap dari sebuah gedung yang dapat dimanfaatkan sebagai lahan perkebunan untuk komunal. Dengan begitu, kebutuhan sayur-mayur, buah-buahan, ataupun yang lainnya seperti tanaman obat keluarga dapat terpenuhi. Tentu hal ini akan menunjukkan hasil yang baik apabila kondisi lingkungan lebih terkontrol untuk menunjang pertumbuhan optimal tanaman terlebih jika dilakukan dalam ruangan seperti pada rumah kaca.

Berdasarkan konsep tersebut dikembangkan sistem *Internet of Things* (IoT) oleh Uchelmann dan Harrison (2011) untuk pengembangan *urban farming*. Contoh yang serupa pada penelitian Tan *et al.* (2020) memanfaatkan protokol *message queuing telemetry transport* (MQTT), sedangkan pada penelitian Zuraiyah *et al.* (2019) memanfaatkan koneksi internet untuk menghubungkan perangkat *smartphone* dan IoT (*peer-to-peer*) untuk menerima notifikasi tentang perubahan nilai sensor dan mengontrol pemberian nutrisi tanaman. Pada penelitian kali ini dilakukan pendekatan lainnya, yaitu digunakan protokol komunikasi WebSocket untuk menerima data dari perangkat IoT yang memungkinkan fleksibilitas perangkat penerima bisa menggunakan apa saja baik komputer

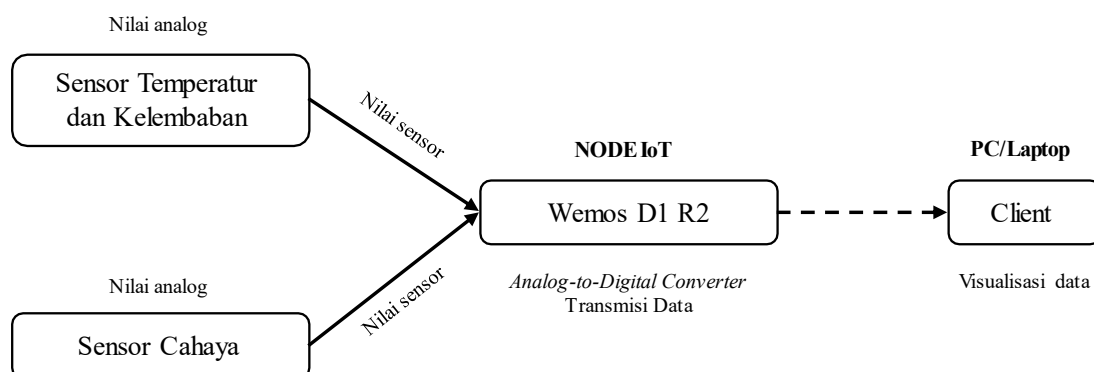
maupun *smartphone* dan menampilkan indikator perubahan nilai lingkungan pada aplikasi dasbor untuk mempermudah pemantauan.

METODE

Penelitian dibatasi oleh ruang lingkup yaitu bahwa sistem masih dalam tahap prototipe. Data yang ditampilkan dibatasi pada nilai temperatur, kelembaban, dan intensitas cahaya. Metode pengembangan sistem yang digunakan diadopsi dari metode *waterfall* namun disesuaikan dengan kebutuhan sistem yang akan dibangun. Penelitian ini dibagi menjadi empat tahap pengembangan yaitu analisis kebutuhan sistem, perancangan sistem, implementasi sistem baik sisi perangkat keras maupun perangkat lunak, dan pengujian sistem. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Tahapan pengembangan sistem penelitian



Gambar 2 Skema perangkat keras sistem

Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini, dilakukan analisis terhadap kebutuhan sistem baik di sisi perangkat lunak maupun perangkat keras. Dengan menganalisis kebutuhan sistem, memungkinkan penulis untuk menciptakan prototipe sistem yang bisa melakukan tugas yang diinginkan sesuai tujuan awal penelitian. Analisis sistem juga mencakup masalah apa yang nantinya bisa diselesaikan dalam penelitian

Perancangan Sistem

Tahap ini mendefinisikan skema kerja sistem baik dari saat sistem menerima data, memproses data, maupun saat mengirimkan data. Sistem dibangun dengan memanfaatkan sensor yang akan mengukur perubahan lingkungan yang telah ditentukan. Kemudian, data dari sensor akan diproses oleh mikrokontroler baik untuk mengubah data analog ke digital maupun konversi perhitungan sederhana. Data ini nantinya akan dikirim menggunakan protokol komunikasi WebSocket yang memungkinkan server dan klien untuk berkomunikasi satu sama lain. Data yang diterima oleh server (perangkat IoT) akan ditampilkan oleh klien (PC/laptop) dalam sebuah dasbor yang menyajikan grafik maupun

angka atas perubahan lingkungan terukur. Gambar masing-masing skema rangkaian sistem dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan skema perangkat keras sistem pada Gambar 2, maka dapat didefinisikan kebutuhan perangkat keras sesuai dengan Tabel 1.

Penggunaan platform WebThings Framework memungkinkan implementasi WebSocket pada prototipe IoT yang dibangun untuk penelitian ini. Penggunaan WebThings Framework memungkinkan perangkat IoT terekspos ke antarmuka pemrograman aplikasi (API) WebThings. Hal ini berarti perangkat dapat ditemukan oleh *gateway* maupun klien dan memungkinkan perangkat untuk dikontrol melalui teknologi web (WebThings 2020). Dengan kemampuan tersebut, memungkinkan perangkat IoT untuk terhubung dengan perangkat apapun selama perangkat klien mendukung komunikasi dengan protokol WebSocket. Untuk menunjang implementasi protokol komunikasi, maka diperlukan beberapa perangkat lunak yang didefinisikan pada Tabel 2 mengenai kebutuhan perangkat lunak.

Tabel 1 Kebutuhan perangkat keras

No	Perangkat keras	Kuantitas	Keterangan
1	Laptop	1	Merancang sistem, melakukan implementasi perangkat lunak
2	Sensor DHT11	1	Sensor untuk mengukur temperatur, dan kelembaban
3	Sensor LDR	1	Sensor untuk mengukur intensitas cahaya
4	Modul Wemos D1 R2	1	Mikrokontroler untuk menjalankan program monitoring dan mengirimkan data ke klien
5	Kabel Micro USB	1	Menghubungkan modul Wemos D1 R2 ke komputer untuk proses pemrograman perangkat lunak

Tabel 2 Kebutuhan perangkat lunak

No	Perangkat lunak	Keterangan
1	Visual Studio Code	Menuliskan kode program untuk implementasi aplikasi dasbor
2	Arduino IDE	Menuliskan kode program untuk menjalankan sensor dan WebThings Framework ke Wemos D1 R2
3	NodeJS	JavaScript runtime untuk implementasi aplikasi dasbor
4	ReactJS	Pustaka pengembangan antar muka web untuk implementasi aplikasi dasbor
5	WebThings Framework	Sebagai <i>framework</i> untuk implementasi protokol komunikasi WebSocket pada perangkat Wemos D1 R2

Implementasi Sistem

Pada tahap ini diharapkan mikrokontroler yang digunakan dapat berkomunikasi baik dengan sensor maupun sudah menyiapkan protokol WebSocket yang telah direncanakan sebelumnya dengan memanfaatkan WebThings Framework. Contoh pemakaian pustaka WebThings dapat dilihat pada Gambar 3.

Pengujian

Pengujian prototipe yang telah dibuat tidak dilakukan pada lingkungan perkebunan maupun rumah kaca melainkan pada tempat tinggal penguji. Dalam ruangan pengujian berukuran 3×3 m, simulasi kelembaban dilakukan dengan menyemprotkan air di sekitar prototipe dan mengatur *air conditioner* (AC) ruangan, pengaturan suhu udara juga dilakukan pada AC untuk menguji sensor suhu, sedangkan untuk pengujian intensitas cahaya dilakukan dengan menyalakan dan mematikan lampu serta membuka-tutup jendela. Hal ini mengingat cahaya juga merupakan faktor penting dalam pertumbuhan tanaman. Pengujian difokuskan untuk memastikan penggunaan protokol WebSocket dapat dijadikan sebagai alternatif protokol MQTT yang biasa digunakan pada perangkat IoT. Selain itu, pengujian dilakukan untuk memantau kondisi ruangan yang digunakan untuk berkebun berdasarkan parameter sensor yang telah ditentukan yaitu suhu, kelembaban dan intensitas cahaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komunikasi Data

Pada penelitian ini, komunikasi data memanfaatkan protokol WebSocket. WebSocket merupakan teknologi yang memungkinkan sesi komunikasi interaktif dua arah (*full duplex*) antara pengguna dengan server. Dengan memanfaatkan WebSocket API, *user* dapat mengirim dan menerima respon tanpa harus meminta balasan dari server atau dalam hal ini ada perangkat IoT.

Sebelum dapat menerima respon dari perangkat IoT, diperlukan koneksi TCP antara server dan klien sebelum interaksi berbasis WebSocket terjadi. Hal ini sangat penting mengingat WebSocket adalah protokol berbasis TCP. Pada proses *handshaking* ada tiga pesan yang terdiri atas *synchronize* (SYN), *acknowledge* (ACK), dan SYN-ACK yang saling dikirimkan antara server dan klien. Setelah server menerima pesan ACK dari klien berarti koneksi sudah terbentuk namun sesi WebSocket belum berjalan. Untuk membentuk sesi WebSocket, klien akan mengirimkan permintaan *upgrade* WebSocket ke server yang kemudian akan direspons oleh server. Mulai dari titik ini hingga berikutnya, baik klien maupun server dapat mengirimkan data satu sama lain dalam kondisi *asynchronous full duplex* (Dejan *et al.* 2014). Skema komunikasi ini dapat dilihat pada Gambar 4.

```
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>
#include <Arduino.h>
#include "Thing.h"
#include "WebThingAdapter.h"

const String mDNSHostname = "IoT Sensor";
DHT dht(D5, DHT11);
WebThingAdapter *adapter;

// @type members: Capabilities supported by Thing
const char *tempAndHumidTypes[] = {"TempAndHumid", "Sensor", nullptr};
const char *LDRTypes[] = {"MultiLevel", "Sensor", nullptr};

// Thing description section
// ThingDevice device(id, title, types)
ThingDevice sensor("DHT11", "DHT11 Humidity and Air Temperature Sensor", tempAndHumidTypes);
ThingDevice ldr("LDR", "Simple Light Intensity Sensor", LDRTypes);

// Define one or more properties supported by Thing
// ThingProperty property(id, desc, type, attrType)
ThingProperty sensorTemp("temperature", "", NUMBER, "TempProperty");
ThingProperty sensorHumid("humidity", "", NUMBER, "HumidProperty");
ThingProperty sensorLDR("intensity", "", NUMBER, "IntensityProperty");

void setup(void) {
  ...

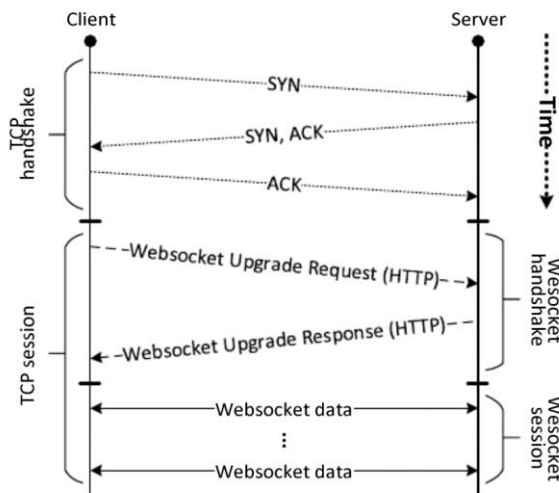
  // Create new WebThings connection handle (default port: 80)
  adapter = new WebThingAdapter(mDNSHostname, WiFi.localIP());

  // Set unit for properties
  sensorTemp.unit = "C";
  sensorHumid.unit = "%";
  sensorLDR.unit = "%";

  // Associate properties with device
  sensor.addProperty(&sensorTemp);
  sensor.addProperty(&sensorHumid);
  ldr.addProperty(&sensorLDR);

  // Associate device with connection
  adapter->addDevice(&sensor);
  adapter->addDevice(&ldr);
}
```

Gambar 3 Potongan kode program memakai *library* WebThings



Gambar 4 Diagram sekuens WebSocket-over-TCP (Dejan *et al.* 2014)

Integrasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Penggunaan modul mikrokontroler Wemos yang berjalan di atas platform Arduino memungkinkan penggunaan pustaka pemrograman DHT dan WebThings Framework untuk mempermudah pembacaan nilai sensor dan implementasi protokol WebSocket. Data sensor yang sudah siap dikirimkan oleh perangkat IoT kemudian ditransmisikan ke komputer melalui jaringan Wi-Fi.

Data yang diterima oleh klien menggunakan WebSocket API memiliki format JSON yang merupakan format umum yang biasanya digunakan oleh API untuk merespons permintaan klien. Properti dari data JSON yang berisi hasil pengukuran sensor juga sudah didefinisikan oleh WebThings Framework. Properti tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Data dengan format JSON kemudian oleh NodeJS akan di-*parse* agar bisa dibaca dan divisualisasikan ke dalam bentuk antar muka grafis dengan memanfaatkan *framework* antarmuka ReactJS. Skema pemrosesan data dapat dilihat pada Gambar 5.

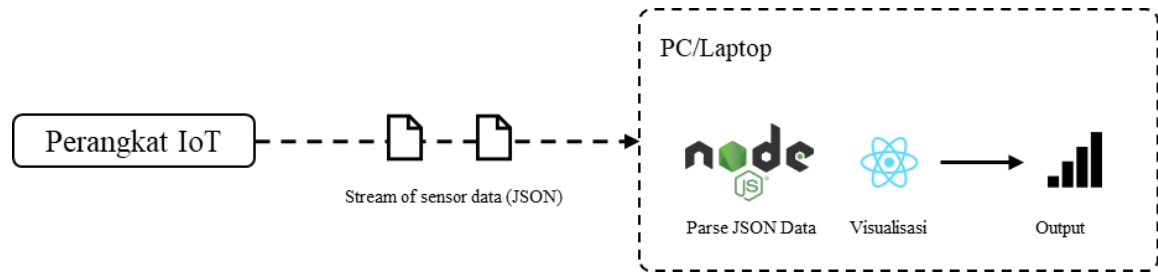
Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *blackbox*. Hal ini dilakukan dengan mempertimbangkan bahwa sistem masih dalam tahap prototipe dan keterbatasan kondisi pengujian yang tidak terdapat rumah kaca tempat pengujian, maka disimulasikan dalam kondisi dalam ruangan dengan perubahan kondisi lingkungan disimulasikan dengan pemberian sinar pada sensor cahaya, maupun penyemprotan air agar kelembaban dan suhu berubah. Terdapat tiga jenis pengujian yaitu pengujian fungsional alat, pengujian pengiriman dan penerimaan data, dan pengujian fungsional aplikasi dasbor.

Hasil pengujian disajikan pada Tabel 4, 5, dan 6. Pengujian dilakukan untuk memastikan sensor sudah mendapatkan nilai akan variabel yang diukur yaitu temperatur, kelembaban, dan intensitas cahaya. Pengujian pengiriman data juga memastikan bahwa protokol WebSocket sudah berjalan dengan baik dan sesuai konsep komunikasi TCP yang sudah disajikan sebelumnya. Pengujian protokol WebSocket dapat dilihat pada Gambar 6. Data tersebut sesuai dengan konsep komunikasi berbasis TCP, baik klien dan server membangun koneksi terlebih dahulu sebelum melakukan pengiriman data sesuai ilustrasi pada Gambar 4.

Tabel 3 Properti data sensor yang diterima

Sensor Suhu dan Kelembaban (DHT11)	
<i>type</i>	<i>number/integer</i>
<i>minimum</i>	<i>0</i>
<i>maximum</i>	<i>100</i>
<i>unit</i>	<i>percent</i>
Sensor Intensitas Cahaya (LDR)	
<i>type</i>	<i>number/integer</i>
<i>minimum</i>	<i>number/integer</i>
<i>maximum</i>	<i>number/integer</i>
<i>unit</i>	<i>(optional)</i>



Gambar 5 Skema pemrosesan data

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	TCP Delta	Info
50265	1700.652313	192.168.8.108	192.168.8.247	TCP	590	0.032505000	80 → 49727 [ACK] Seq=1 Ack=318 Win=1827 L
50277	1700.705277	192.168.8.108	192.168.8.247	TCP	54	0.044883000	80 → 49727 [FIN, ACK] Seq=874 Ack=319 Win
50256	1700.618473	192.168.8.108	192.168.8.247	TCP	62	0.009664000	80 → 49727 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=214
50267	1700.659744	192.168.8.108	192.168.8.247	TCP	590	0.039686000	80 → 49728 [ACK] Seq=1 Ack=318 Win=1827 L
50276	1700.705277	192.168.8.108	192.168.8.247	TCP	54	0.045134000	80 → 49728 [FIN, ACK] Seq=874 Ack=319 Win

Gambar 6 Pengujian protokol WebSocket

Tabel 4 Skema pengujian fungsional alat

Skema pengujian	Status
Nilai temperatur muncul di Serial Monitor	Berhasil
Nilai kelembaban muncul di Serial Monitor	Berhasil
Nilai intensitas cahaya muncul di Serial Monitor	Berhasil

Table 5 Skema pengiriman dan penerimaan data

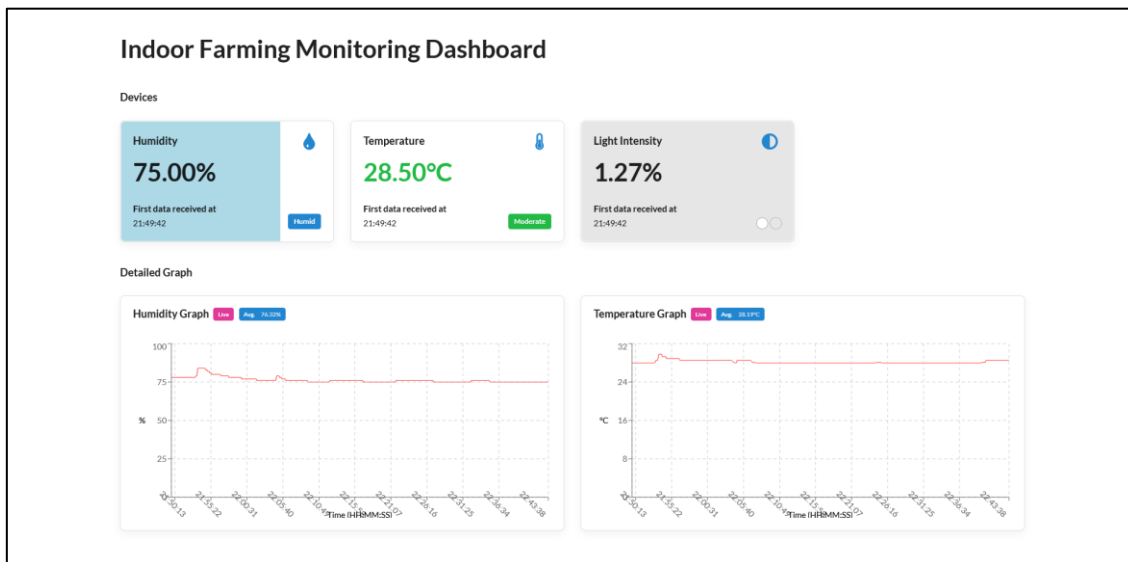
Skema pengujian	Status
Perangkat terhubung ke jaringan Wi-Fi dan perangkat mendapatkan alamat IP	Berhasil
Dasbor menampilkan sensor terhubung	Berhasil
Pembacaan sensor berupa nilai temperatur dan ditampilkan di dasbor	Berhasil
Pembacaan sensor berupa nilai kelembaban dan ditampilkan di dasbor	Berhasil
Pembacaan sensor berupa nilai intensitas cahaya dan ditampilkan di dasbor	Berhasil

Tabel 6 Skema fungsional aplikasi *dashboard*

Skema pengujian	Status
Dasbor menampilkan sensor yang terhubung: kelembaban, temperatur, dan intensitas cahaya	Berhasil
Dasbor menampilkan grafik perubahan nilai sensor kelembaban dan temperatur	Berhasil
Dasbor menampilkan indikator warna dan kategori untuk semua sensor terhubung	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, didapatkan bahwa prototipe sudah berhasil melakukan pembacaan nilai terhadap variabel yang sudah ditentukan yaitu temperatur, kelembaban dan intensitas cahaya. Pada Tabel 5, perangkat berhasil mendapatkan alamat IP yang menandakan bahwa perangkat sudah terhubung ke jaringan. Selanjutnya pada sisi klien melanjutkan komunikasi dengan alat dimana berdasarkan pengujian, klien sudah berhasil menerima nilai sensor yang berarti protokol WebSocket sudah bekerja antara klien dan server. Pengujian fungsional aplikasi dasbor pada Tabel 6 juga menunjukkan hasil yang diharapkan yaitu nilai sensor berhasil divisualisasikan sebagai grafik dan ditampilkan nilainya secara *real time*. Tampilan dasbor seperti pada Gambar 7.

Berdasarkan masing-masing pengujian yang dilakukan dalam kurun waktu ± 30 menit didapatkan bahwa sensor sudah berhasil melakukan pengukuran terhadap variabel yang telah ditentukan. Hal ini dibuktikan dengan munculnya nilai pada tampilan dasbor. Selain itu, pada pengujian fungsional aplikasi juga telah menunjukkan indikator pada masing-masing variabel terukur misalnya pada intensitas cahaya yang ditunjukkan semakin gelap warna latar belakang jika intensitas cahaya terukur rendah.



Gambar 7 Tampilan aplikasi dasbor

Tabel 7 Kategori delay (ETSI 1999)

Kategori <i>delay</i>	Besar <i>delay</i> (detik)
Sangat buruk	Lebih dari 0.045 detik
buruk	0.030 detik sampai 0.045 detik
bagus	0.015 detik sampai 0.030 detik
Sangat bagus	Kurang dari 0.015 detik

Pengujian Delay

Pada pengujian *delay*, digunakan bantuan aplikasi Wireshark untuk menangkap data yang terkirim beserta waktu kirim dan *delay* antardata. Data *delay* ini didapatkan dari pengiriman data antara prototipe ke perangkat laptop. *Delay* internal program pengiriman data pada perangkat prototipe diatur sebesar 3 detik perulangan. Pada Gambar dapat dilihat bahwa hasil *delay* keseluruhan dikategorikan bagus karena memenuhi kriteria *delay* pada Tabel 7. Besar paket yang dikirimkan sama yaitu sebesar 112 byte, dengan perbedaan *delay* rata-rata sebesar 0.028 detik. *Delay* yang masih dalam kategori bagus ini, dapat disebabkan oleh pengujian yang dilakukan pada malam hari yaitu sekitar pukul 21.00–24.00, pada saat lalu lintas penggunaan jaringan cenderung sepi.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian terhadap sistem monitoring perkebunan dalam ruangan, dapat disimpulkan bahwa sistem dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah didefinisikan pada skenario pengujian dan berhasil mengimplementasikan sistem pemantauan berbasis IoT. Hasil ukur sensor yang didapatkan dapat ditampilkan pada aplikasi dasbor secara *real time* dengan penyajian grafik hasil pengukuran. Penggunaan WebSocket pada sistem memungkinkan klien untuk menerima data secara *real time* dari perangkat IoT. Untuk pengembangan berikutnya dapat memanfaatkan algoritma lainnya untuk menentukan kapan melakukan kontrol otomatis misalnya pada penyiraman otomatis, ataupun menyalakan lampu LED UV otomatis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada rekan-rekan *Summer Course CSAgri 2022* dan rekan kerja yang telah memberikan semangat penulis untuk mengerjakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrinusa TG, Kurniawan A, Zaini A. 2020. Internet of Things (IoT) untuk pemantauan dan pengendalian urban farming menggunakan metode tanam dalam ruang berbasis wireless sensor network. *Jurnal Teknik ITS*. 9(1):130–137.
- Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian. 2018. *Indeks Ketahanan Pangan Indonesia 2018*, Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.
- Dejan S, Horvat M, Sribljic S. 2014. Performance evaluation of websocket protocol for implementation of full-duplex web streams. *Opatija*. IEEE.
- Hermadi I, Nugraha AF, Wahjuni S, Effendi I, Asfarian A. 2021. Rancang bangun sistem pemantauan lingkungan laut pendukung aplikasi marikultur cerdas K1000 dengan protokol MQTT. *Jurnal Ilmu Komputer Agri-Informatika*. 8(1):20–29.
- Khasanah N. 2021. Urban farming sebagai upaya peningkayan ekonomi Sulampua. *MEDIKONIS: Jurnal Media Komunikasi dan Bisnis*. 12(2):10–11.
- Mulyani A, Ritung S, Las I. 2011. Potensi dan ketersediaan sumber daya lahan untuk mendukung ketahanan pangan. *Jurnal Litbang Pertanian*. 30(2):73–80.
- Rahmawan H, Muhammad DM, Farianto. 2022. Pengembangan sistem pengukur curah hujan di sungai Jakarta Berbasis IoT. *Jurnal Ilmu Komputer Agri-Informatika*. 9(1):23–36.
- Setiawati, Madanih R, Dita AAR. 2019. *Pelatihan Budidaya Bercocok Tanam dengan Sistem Vertikultur di Lahan Terbatas di Kelurahan Sawah Baru, Ciputat, Tangerang Selatan*. Jakarta, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Tan EK, Chong YW, Niswar M, Ooi BY, Basuki A. 2020. An IoT Platform for Urban Farming. *IEEE*: 51-52.
- Uchelmann D, Harrison M. 2011. *Architecting the Internet of Things*. London (UK): Springer.
- WebThings, 2020. *WebThings Framework*. [Online] Available at: <https://webthings.io/framework/> [Diakses 13 November 2022].
- Wijayanti DE, Priyanto MW. 2022. Pengaruh Urbanisasi Terhadap Lahan Garapan di Indonesia. *Agriscience* 3(1):230–239.
- Winoto J. 2005. *Kebijakan Pengendalian Alih Fungsi Tanah Pertanian dan Implementasinya*. Jakarta, Kerjasama Kantor Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian dengan Pusat Studi Pembangunan Pertanian dan Pedesaan (Institut Pertanian Bogor).

- Worldbank. 2020. *Agricultural land (% of land area) - Indonesia*. [Online] Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.ZS?end=2020&locations=ID&start=1961&view=chart> [Diakses 12 November 2022].
- Worldbank. 2021. *Population, total*. [Online] Available at: https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?most_recent_value_desc=true [Diakses 12 November 2022].
- Zuraiyah TA, Suriansyah MI, Akbar AP. 2019. Smart Urban Farming Berbasis Internet of Things (IoT). *Information Management for Educators and Professional* 3(2): 139-150.