



APLIKASI SISTEM MONITORING GAS NO₂ DAN CO BERBASIS IOT

Muhammad Nur Fauzi¹

¹Program Studi Teknik Elektronika, Universitas Tidar
muhammad.nur_fauzi@students.untidar.ac.id¹

Bagus Fatkhurrozi.^{2*}

²Program Studi Teknik Elektro, Universitas Tidar
bagusfatkhurrozi@untidar.ac.id²

Deria Pravitasari³

³Program Studi Teknik Elektro, Universitas Tidar
deriapevitasari@untidar.ac.id³

ABSTRAK

Kualitas udara bersih berperan penting menjaga kesehatan makhluk hidup dan perubahan iklim. signifikan terpapar udara kotor berakibat penuaan dini, kanker paru-paru, terutama terpapar oleh gas karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Peningkatan pencemaran udara dibutuhkan solusi untuk mengurangi dampak pencemaran udara. Solusi pertama yang dilakukan adalah pemantauan kualitas udara. Pemantauan kualitas udara platform *thingspeak* mempunyai batasan *channel ID*. Berdasarkan permasalahan tersebut penelitian ini berfokus melakukan pembaharuan menggunakan platform *open source* yang tidak memiliki batasan *channel ID*. Pada penelitian ini dirancang Aplikasi *Monitoring Gas NO₂ dan CO* berbasis IoT. diperoleh hasil uji QOS *packet loss* mencapai jarak 120m dan *throughput* diperoleh kategori buruk pada LOS. Jarak pemancar dan penerima mempengaruhi *throughput* dan *packet loss*. Hasil aplikasi tidak ada batasan *channel*, notifikasi gas terdeteksi dan gas berbahaya berfungsi, serta warna *circular progress bar* dapat mengindikasikan kategori gas.

Kata-kunci: Kualitas Udara, *Packet Loss*, *Throughput*.

IOT-BASED NO₂ AND CO GAS MONITORING SYSTEM APPLICATION

ABSTRACT

Clean air quality plays an important role in maintaining the health of living things and climate change. Significant exposure to dirty air results in premature aging, lung cancer, especially exposure to carbon monoxide (CO) and nitrogen dioxide (NO₂) gases. Increasing air pollution requires solutions to reduce the impact of air pollution. The first solution is air quality monitoring. The *thingspeak* platform air quality monitoring has *channel ID* restrictions. Based on these problems, this research focuses on updating using an *open source* platform that does not have *channel ID* restrictions. In this study, an IoT-based NO₂ and CO Gas Monitoring Application was designed. QOS test results obtained *packet loss* reached a distance of 120m and *throughput* obtained in the bad category at LOS. The distance of the transmitter and receiver affects *throughput* and *packet loss*. The results of the application have no *channel* restrictions, gas notifications are detected and dangerous gas works, and the color of the *circular progress bar* can indicate the gas category.

Keywords: Air Quality, *Packet Loss*, *Throughput*

1. PENDAHULUAN

Kualitas udara bersih merupakan peranan penting yang menjaga kelangsungan kesehatan makhluk hidup dan perubahan iklim. Jika terpapar udara kotor secara terus-menerus akan mengakibatkan terjadinya penuaan dini, kanker paru-paru, terutama terpapar oleh gas karbon monoksida (CO), dan nitrogen dioksida (NO₂). Pada penelitian WHO untuk penelitian kanker (IARC) memperoleh kesimpulan bahwa polusi udara luar ruangan bersifat karsinogenik bagi manusia. (Furqan, 2022), mengemukakan bahwa karbon monoksida sangat berbahaya bagi kesehatan manusia saat dihirup. Karbon monoksida jika dihirup, maka menyebabkan berkurangnya kemampuan darah untuk membawa oksigen. Paparan karbon monoksida dalam intensitas tinggi dapat menyebabkan kejang, ketidaksadaran, atau bahkan kematian. (Manisalidis et al., 2020), menuturkan bahwa nitrogen dioksida merupakan polutan yang bersumber dari gas buang kendaraan motor dan mobil. Dampak NO₂ adalah terjadinya iritasi pada sistem pernapasan, batuk, sesak napas, *bronkospasme* dan bahkan edema paru ketika dihirup pada tingkat tinggi.

Pemantauan kualitas udara yang bersih sangat diperlukan pada tempat kesehatan dan tempat umum seperti rumah sakit, puskesmas, dan terminal. Tempat kesehatan memerlukan udara bersih karena, berhubungan dengan keselamatan nyawa seseorang. Tempat umum seperti halnya terminal merupakan sumber dari pencemaran udara, karena merupakan tempat pemberhentian dan pemberangkatan bus atau angkot. Bus atau angkot merupakan sumber pencemaran udara karena menghasilkan emisi gas dari pembakaran bahan bakar. (Wirosoedarmo et al., 2020), telah melakukan penelitian bahwa intensitas kendaraan berpengaruh sebesar 71.35% terhadap konsentrasi karbon monoksida pada pintu masuk terminal bus dengan hubungan yang berbanding lurus, sedangkan pada pintu masuk mobil sebesar 59,63%.

Waworundeng dan Lengkong (2018), menyatakan bahwa manusia pada aktivitasnya meningkatkan pencemaran

udara, sehingga dibutuhkan solusi untuk meminimalisir dampak pencemaran udara. Solusi pertama yang dilakukan adalah dengan melakukan pemantauan kualitas udara. meskipun manusia pada saat tertentu menggunakan indra, dapat membedakan jika udara pada lingkungan sekitarnya memiliki level normal dan tidak tercemar atau sebaliknya, tetapi manusia dibatasi oleh ruang dan waktu. Karena tidak bisa melakukan pemantauan secara terus-menerus. *Monitoring* kualitas udara diperlukan, karena manusia hanya dapat membedakan melalui indranya, tidak berdasar data yang nyata secara berulang bahwa udara di sekitar memburuk. *Monitoring* kualitas udara juga berfungsi agar manusia dapat mengevaluasi, dan melakukan pencegahan terhadap data kualitas udara yang diperoleh.

Berdasarkan dampak kualitas udara buruk dan manfaat *monitoring* kualitas udara, maka dibutuhkan membangun suatu sistem pemantauan kualitas udara. Sistem pemantauan kualitas udara yang bagus ialah hasil data pemantauan dapat dilihat meskipun dari jarak yang jauh. Perkembangan teknologi memunculkan IoT (*Internet of Things*), IoT dapat dimanfaatkan untuk melakukan sistem pemantauan kualitas udara. IoT mengombinasikan internet, dan web, ataupun aplikasi untuk memperoleh data informasi dan menampilkan data informasi dari jauh. Penelitian (Satria, 2022), menuturkan bahwa IoT mampu membuat perangkat keras dapat berkomunikasi, bertukar data, dan saling mengendalikan melalui web atau aplikasi *smartphone*. Suhu dan kelembaban udara dapat dimonitor dengan IoT, agar udara di lingkungan tersebut tetap sehat dan terjaga.

Pemanfaatan *smartphone* dan IoT dapat mempermudah pemantauan kualitas udara karena bersifat portabel. *Smartphone* juga merupakan barang yang selalu dibawa oleh manusia dan menjadi bagian dari alat untuk bekerja.

Penggunaan *smartphone* sebagai *monitoring* kualitas udara memerlukan sebuah aplikasi untuk melihatnya, karena kegunaan *smarthphone* yaitu menjalankan aplikasi yang terinstal. Aplikasi yang baik ialah yang dinamis, tidak ada pembatasan jumlah fitur pada antarmuka aplikasi.

Pemantauan kualitas udara yang baik harus mengikuti peraturan atau standar yang ditetapkan oleh lembaga terkait. Indonesia melalui Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) telah menerbitkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 tahun 2020. Peraturan tersebut menjelaskan ketentuan pencemaran udara sebagai perubahan dari Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 45 tahun 1997 tentang Perhitungan dan Pelaporan serta Informasi Indeks Pencemaran Udara. ISPU berisi 7 parameter yakni PM 10, PM 2.5, NO₂, SO₂, CO, O₃ dan HC. Peraturan tersebut terdapat penambahan 2 parameter yaitu HC dan PM 2.5.

Sadali, dkk (2022), melakukan penelitian kualitas udara di jalan raya. Penelitian tersebut memanfaatkan *Blynk* dan IoT untuk pemantauan, dan mengirim notifikasi terkait kualitas udara. Kualitas udara tersebut dikategorikan menjadi 3 yaitu udara normal, sedang dan tidak normal.

(Ekayana, 2020), melakukan penelitian tentang 4 sensor temperatur. Penelitian tersebut menggunakan *thingspeak*, sebagai *web server* dan *data logger* pada *embedded system*. Hasil perbandingan yang didapatkan yaitu sensitivitas sensor DHT 11 dan DS18B20 memiliki selisih sedikit dengan alat ukur, sedangkan LM 35 dan termistor sensitivitas lambat dan fluktuatif hasilnya. Respons waktu pembacaan dari yang tercepat dari penelitian ini yaitu DS18B20, DHT 11, Termistor dan LM 35.

Silitonga, dkk (2021), melakukan penelitian *monitoring* kualitas udara dalam ruangan. Penelitian tersebut menggunakan Android dan IoT untuk menampilkan dan mengirim data hasil pemantauan. Data pengukuran pada penelitian ini yaitu gas LPG, CO, dan asap menggunakan sensor MQ-2. Komponen lain yang digunakan yaitu Arduino Uno, Esp8266. Penelitian ini dapat

menampilkan hasil data *monitoring* dengan Android.

Penelitian (Sai, dkk, 2019), tentang kualitas udara menggunakan sensor MQ-135, menyatakan. Hasil rata-rata eror sensor tersebut adalah 4.25%, satuan nilai yang digunakan pada penelitian tersebut menggunakan PPM dan pengambilan data selama 24 jam. Data yang diperoleh ditampilkan pada web melalui platform *thingspeak* dan dikirim menggunakan ESP-01.

Gheorghe dan Stoica, (2021), telah melakukan penelitian tentang stasiun cuaca tanpa kabel. Komponen yang digunakan pada penelitian tersebut yaitu Arduino Nano, Arduino Mega, *wireless module* N24RFL01, RTC modul, dan sensor DHT 22. Pada penelitian tersebut menghasilkan data pembacaan sensor DHT 22 sebesar 2-5%, dan rentang pembacaan suhu -400C sampai 800C dan kelembaban 0%-100%.

Paramartha, dkk (2022), telah melakukan penelitian tentang Inkubator berbasis IoT. Penelitian tersebut menghasilkan sebuah paket *data loss* 0, *delay* pengiriman 1000 data dan menerima data 1000 sebesar 32 detik dengan menggunakan *thingspeak* dan *esp32*. Platform *thingspeak* pada penelitian ini memiliki kekurangan, berupa batasan *channel ID* berjumlah 4 yang hanya dapat ditampilkan.

Berdasarkan pembahasan di atas tentang sistem *monitoring* kualitas udara, platform *thingspeak* memiliki kekurangan batasan *channel ID* sampai 4. Maka diperlukan suatu pembaharuan sistem *monitoring* kualitas udara dan beralih ke platform *open source*. Pembaharuan tersebut menerapkan IoT dan aplikasi android yang mampu memonitoring kualitas udara secara *portable*, penyajian data menggunakan *circular progress bar* dan *line chart*, Serta pembaharuan tersebut perlu diuji pelayanan kualitas jaringan berupa *throughput* dan *packet loss*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Agar menghindari plagiasi pada penelitian yang akan dilakukan tinjauan pustaka diperlukan sebagai bahan acuan dari hasil penelitian – penelitian yang sudah dilakukan. Tinjauan pustaka penelitian yang telah dilakukan sebagai pandangan penelitian bagi penulis agar penelitian perihal topik ini terus berkembang. Berikut beberapa pemaparan tentang penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan. Humairoh dan Putra, (2021), telah melakukan penelitian bahwa efektivitas kegiatan dalam melakukan pekerjaan sangat dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban. Jika lingkungan terlalu lembap atau terlalu panas berpengaruh menurunnya kemampuan fisik tubuh dan menyebabkan kelelahan, jika kondisi terlalu dingin menyebabkan hilangnya fleksibilitas motorik tubuh. Jika manusia menghirup udara yang mengandung CO₂ yang berlebih maka akan berdampak negatif pada kesehatan, jika CO₂ mengandung lebih dari 5000 ppm di indikasikan sebagai polusi udara.

Sadali, dkk (2022), menyatakan tentang sistem pemantauan dan pemberitahuan kadar udara jalan raya dengan platform IoT, pada penelitiannya mampu mendeteksi dan mengirim notifikasi terkait kualitas udara yang dikategorikan menjadi 3 yaitu udara normal, sedang dan tidak normal. Adapun komponen yang digunakan dalam penelitiannya yaitu sensor MQ-135 yang pada penelitiannya mendeteksi asap dan gas amonia, *buzzer* untuk memberi peringatan jika kualitas udara melebihi, *wemos* pada penelitiannya digunakan untuk menerima masukan sinyal sensor, *blinky* untuk memonitor dan menerima pesan melalui *smarthphone*. Hasil penelitian tersebut sensor MQ-135 mendapatkan untuk kualitas udara tertinggi pada waktu 12.10 dan 07.00.

Ekayana, (2020), menerapkan *embedded system* dan web server untuk *data logger sensor temperature*. Penelitian tersebut menggunakan beberapa sensor temperatur yang kemudian dibandingkan masing-masing, sensor yang digunakan berjumlah 4 di antaranya yaitu sensor DHT 11, DS18B20, LM 35, termistor. Hasil dari masing-masing sensor yang di

dapatkan yaitu sensitivitas sensor DHT 11 dan DS18B20 memiliki selisih sedikit dari alat ukur, sedangkan sensor LM 35 dan termistor sensitivitas lamban dan fluktuatif hasilnya. Respons waktu pembacaan dari yang tercepat dari penelitian ini yaitu DS18B20, DHT 11, termistor dan LM 35. Pada penelitian ini masih terdapat beberapa kekurangan yaitu eror masing-masing sensor tidak disebutkan, menggunakan web, pengujian QoS (*Quality of Service*) untuk mengetahui keandalan pengiriman data secara *wireless* belum ada.

Komponen yang digunakan oleh Yudha, dkk (2019), tentang analisis performa *monitoring* kualitas udara berbasis arduino dengan web server yaitu sensor CO menggunakan MQ-07 dengan pembacaan eror sebesar 4%. Sensor CO₂ MQ-135 dengan pembacaan eror sebesar 3%, sensor O₃ MQ-131 dengan eror pembacaan sebesar 2%. Adapun untuk penelitian di atas dapat mengategorikan kualitas udara yang dideteksi menjadi 3 kategori yaitu jika nilainya mempunyai rentang 0-33 ppm dikategorikan sehat, 34-59 dikategorikan medium, di atas 60 dikategorikan tidak sehat. Hal itu dibuktikan pada penelitian ini, yaitu pada percobaan sehat mendeteksi ppm di bawah 33 pada CO, CO₂ dan O₃ yang dikategorikan sehat. Lalu pada percobaan medium untuk CO₂ mendeteksi ppm 36 pada percobaan ke 5 dan ke 6. Selanjutnya pada percobaan tidak sehat untuk CO pada percobaan ke 11 terdeteksi di atas 60 ppm yang mana nilainya 63 ppm. Penelitian ini memiliki kekurangan yaitu belum menggunakan *smartphone* tetapi masih menggunakan desktop untuk *monitoring* sehingga tidak *portable* yaitu tidak bisa di bawa ke mana pun. Kekurangan yang lain pada penelitian tersebut yaitu hanya melakukan pengujian sensor apakah mendeteksi kualitas udara sampai ke level bahaya sesuai dengan ISPU dan pengujian yang dilakukan tidak disebutkan

lokasinya. Selain itu memiliki kekurangan tidak ada uji QOS.

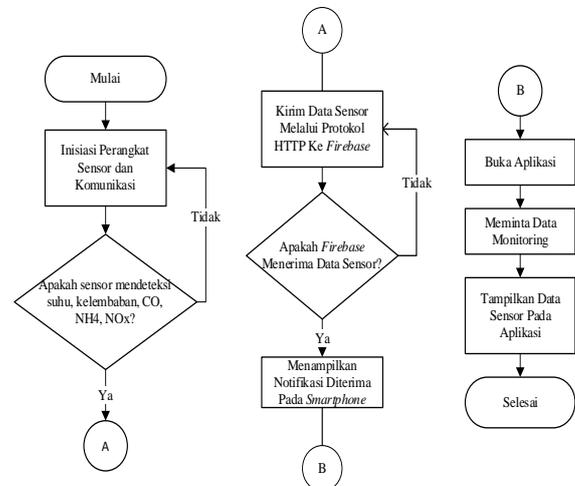
Paramartha, dkk (2022), meneliti inkubator berbasis IoT. Komponen yang digunakan DHT 22, dengan lima titik pengukuran yaitu kelembaban 30%-60% RH dan kebisingan 30dB-60dB. Penelitian ini melakukan pengujian *packet loss* dan kecepatan pengiriman. Penelitian yang dilakukan menggunakan internet dan ditampilkan pada platform *thingspeak*. Hasil penelitian tersebut, yaitu pada suhu 33 eror terkecil 0% dan eror terbesar 0,96%. Suhu 35 eror terkecil 0,28% dan eror terbesar 4,1%, nilai eror kelembaban 0,82% dan *error noise* 0,93%. Platform *thingspeak* pada penelitian ini memiliki kekurangan, berupa batasan Channel ID berjumlah 8 yang hanya dapat ditampilkan. *Delay* pengiriman 20 detik, sensor MAX4466 mempunyai akurasi pembacaan kurang baik.

Penelitian (Sai et al., 2019), tentang monitoring kualitas udara mendapatkan hasil eror rata-rata sensor MQ-135 dan MQ-7 sebesar 4.25%, pengambilan data kualitas udara dilakukan selama 24 jam dan mendapatkan bahwa nilai slope kualitas udara baik pada 45 drajat. Data kualitas udara dikalkulasikan dalam satuan PPM. Pada penelitian tersebut sensor dapat digunakan di luar ruangan maupun di dalam ruangan.

Setiawan dan Dewantoro, (2020), menggunakan komponen modul RTC DS 1302 untuk menyimpan data waktu dari detik sampai tahun, arduino mega2560, ESP 8266 untuk pengiriman data dari internet. Modul SD CARD adapter sebagai *data logging*, sensor suhu DHT 22, sensor intensitas cahaya BH1750, *Blynk* untuk menampilkan data hasil sensor dan menyimpan hasil sensor. Komponen tersebut digunakan untuk *monitoring* dan *data logger* inkubator bayi berbasis IoT, pada penelitian ini mendapatkan nilai rata-rata suhu DHT22 sebesar 0,76%, nilai rata-rata kelembaban 2,2%, dan sensor intensitas cahaya mendapatkan rerata eror 1,3%.

3. METODE PENELITIAN

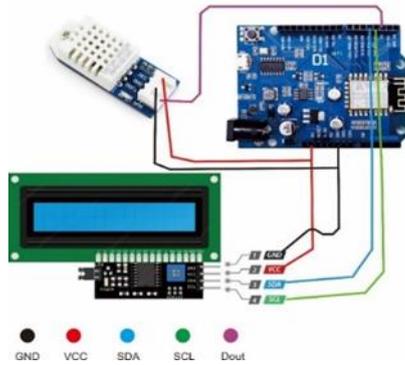
Tahap ini merupakan perancangan dari penelitian yang akan dilakukan, perancangan yang dilakukan akan menjelaskan bagaimana alur atau diagram alir sistem.



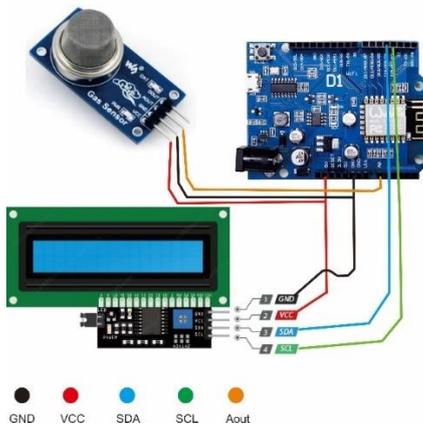
Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan (Sumber: Perancangan, 2022)

Dari gambar 3.1 setelah start memulai perangkat sensor dan alat komunikasi seperti sensor suhu dan kelembaban, sensor kualitas udara MQ-135, wemos d1 agar saling terhubung satu sama lain. Kedua mengidentifikasi apakah sensor - sensor yang dipasang terdeteksi apa belum, jika belum terdeteksi maka akan kembali ke inisiasi perangkat sensor dan komunikasi, jika sudah terdeteksi maka data akan dikirimkan ke *firebase* melalui protokol http. Ketiga mengirim data pembacaan sensor ke *firebase* melalui protokol http. Keempat jika *firebase* menerima data sensor maka akan menampilkan notifikasi pada *smartphone*, kemudian jika data sensor tidak diterima oleh *firebase* maka lakukan pengiriman data sensor kembali. Kelima membuka aplikasi, setelah membuka aplikasi maka aplikasi akan meminta data pada *firebase*. Keenam jika data sudah diterima maka akan menampilkan data hasil *monitoring* kualitas udara pada antar muka aplikasi. Diagram sirkuit dan

arsitektur penelitian yang akan dilakukan meliputi yaitu diagram sirkuit untuk sensor suhu dan kelembaban serta sensor kualitas udara. Desain usulan rangkaian dan ditunjukkan pada gambar 3.2 dan gambar 3.3.



Gambar 3.2 Rangkaian Deteksi Suhu Dht 22
(Sumber: Perancangan, 2022)



Gambar 3.3 Rangkaian Deteksi Gas No₂ dan Co Mq 135
(Sumber: Perancangan, 2022)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Monitoring Terminal Kebon Polo

Pengaplikasian alat *monitoring* dilakukan pada kedai makanan Garazy Gazebo di terminal Kebon Polo. Pengaplikasian dilaksanakan pada tanggal 20-22 Januari 2023, alat *monitoring* diletakkan pada luar kedai makanan dan mendapat sirkulasi udara.



Gambar 4.1 Hasil Monitoring Terminal Kebon Polo
(Sumber: Pengujian, 2023)

Hasil *monitoring* kualitas udara yaitu didapatkan suhu pada hari terakhir pengambilan data yaitu 29.9 C dan kelembaban 72.7%. Nilai tertinggi gas CO di atas 3000.00 µg/m³, dan 700 µg/m³ untuk NO₂ pada siang hari. Pengambilan data dilakukan setiap 10 menit selama 24 jam, dan didapatkan data sebanyak 290. Grafik ataupun warna pada aplikasi menunjukkan Terminal Kebon Polo mempunyai kualitas udara yang masih bagus.

4.2 Hasil Monitoring RSUD Budi Rahayu

Pengaplikasian alat *monitoring* dilakukan pada tanggal 27-29 November di ruang tunggu RSUD Budi Rahayu, peletakan alat di ruang tunggu dilakukan karena merupakan tempat dengan populasi manusia banyak dan tidak jauh dari ruang parkir. Jarak ruang tunggu dengan tempat parkir berkisar 20m.



Gambar 4.2 Hasil *Monitoring* RSUD Budi Rahayu
(Sumber: Pengujian, 2023)

Hasil *monitoring* kualitas udara yaitu didapatkan suhu pada hari terakhir pengambilan data yaitu 27.3 C dan kelembaban 78.4%. Nilai tertinggi gas CO di atas 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dan 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk NO2 pada siang hari. Pengambilan data dilakukan setiap 10 menit selama 24 jam, dan didapatkan data sebanyak 290. Grafik ataupun nilai aplikasi pada ruang tunggu RSUD Budi Rahayu masih menunjukkan hijau, yang berarti kualitas udara tersebut bagus.

4.3 Pengujian Fungsionalitas Aplikasi

Aplikasi yang dibuat diuji fungsionalitas berupa aplikasi dapat menampilkan data yang dikirim oleh wemos, aplikasi dapat memberikan notifikasi gas terdeteksi, notifikasi peringatan gas berbahaya, dan circular progress bar dapat berubah warna sesuai kategori gas dari bagus sampai berbahaya.



Gambar 4.3 Aplikasi Mengirim Notifikasi Gas Terdeteksi
(Sumber: Pengujian, 2023)



Gambar 4.4 Notifikasi Bahaya dan Grafik Berubah Warna
(Sumber: Pengujian, 2023)

Aplikasi *monitoring* kualitas udara dapat berfungsi dengan semestinya, yaitu dapat menampilkan grafik nilai sensor pada *circular progress bar* dan *line chart*. Aplikasi juga dapat mengirim notifikasi berupa gas terdeteksi dan gas berbahaya. *Circular progress bar* dapat berubah warna sesuai dengan kategori gas dari bagus sampai berbahaya, dengan warna hijau kategori bagus, biru sedang, kuning tidak sehat, merah sangat tidak sehat, dan hitam berbahaya.

4.4 Pengujian QOS (Quality Of Service)

Internet of Things (IoT) dilakukan pengujian *loss* dan *throughput* untuk mengetahui kualitas jaringan, pengujian *loss* dilakukan dengan mengirim data LOS (*Line Of Sight*) atau tanpa halangan. Informasi pengukuran jarak data yang diterima dan dikirim menggunakan aplikasi *Run App*, data tersebut dapat diterima dengan jarak maksimal sejauh 120m.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian *Packet Loss*.

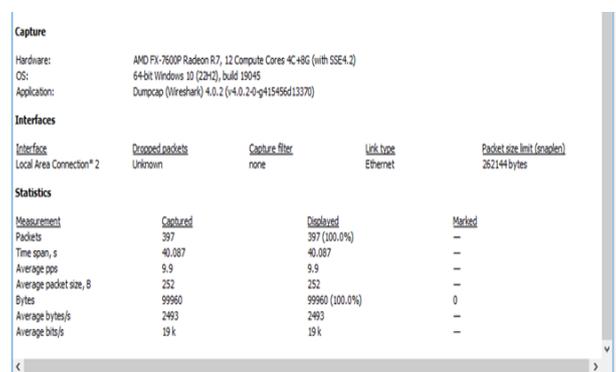
Nama	Jarak	Data Terkirim	Data Diterima	Galat	Indeks
DHT 22	20 m	20	20	0 %	4
DHT 22	40 m	20	20	0 %	4
DHT 22	60 m	20	20	0 %	4
DHT 22	80 m	20	20	0 %	4
DHT 22	100 m	20	20	0 %	4
DHT 22 & MQ 135	20 m	40	40	0 %	4
DHT 22 & MQ 135	40 m	40	40	0 %	4
DHT 22 & MQ 135	60 m	40	40	0 %	4
DHT 22 & MQ 135	80 m	40	40	0 %	4
DHT 22 & MQ 135	100 m	40	40	0 %	4

(Sumber: Pengujian, 2023)

Hasil *packet loss* yang didapatkan pada pengujian dengan jarak 120m yaitu didapatkan data terkirim dan data diterima semuanya dan memiliki indeks 4. Pengujian *packet loss* tersebut memiliki kualitas jaringan atau QOS yang sangat baik. Jarak pengujian *packet loss* ditujukan pada gambar 7. Ketika jarak lebih dari 100m paket data yang dikirim mempunyai waktu pengiriman lama dan ketika jarak lebih dari 120m maka koneksinya terputus.



Gambar 4.5 Peta Jarak Pengujian QOS (Sumber: Pengujian, 2023)



Gambar 4.6 Hasil Pengujian *Throughput Wireshark* (Sumber: Pengujian, 2023)

Pengujian *throughput* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *wireshark*, sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu mengganti *password* dan *ssid wemos* dengan

hotspot laptop agar terdeteksi saat dilakukan pengujian. Pengujian *throughput* yang dilakukan yaitu didapatkan sebagai berikut:

$Throughput = \frac{\text{Jumlah data yang dikirim (kb)}}{\text{Waktu pengiriman data (s)}} \quad (1)$

Jumlah data yang dikirim (bit) (2)
 $= Bytes \times 8$

Jumlah data yang dikirim (bit) (3)
 $= 99960 \times 8 = 799680 \text{ bit}$

Waktu pengiriman (s) = $Time \quad (4)$
 $span$

$Throughput = \frac{799680}{40,087} \quad (5)$
 $= 19948.611 = 19.94\text{kbps}$

Hasil perhitungan *throughput* yang didapatkan, yaitu menghasilkan bahwa nilai *throughput* penelitian yang dilakukan termasuk memiliki kualitas jaringan yang buruk dan masuk indeks 0. Hal ini karena pengambilan jarak sejauh 100m.

5. PENUTUP

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, menyimpulkan bahwa hasil pengujian mendapatkan Wemos D1 R1 mempunyai *packet loss* pada jarak 120m pada kondisi LOS dan menghasilkan *throughput* pada kategori buruk. Jarak pemancar dan penerima mempengaruhi *throughput* dan *packet loss*. Aplikasi monitoring kualitas udara bekerja sesuai perencanaan. Aplikasi dapat menampilkan data sensor yang dikirim dari Wemos berupa grafik *line chart* dan *circular progress bar*. Aplikasi juga dapat mengirim notifikasi gas terdeteksi dan gas berbahaya, serta warna *circular progress bar* dapat mengindikasikan kategori gas dari bagus sampai berbahaya. Hasil penelitian pada Terminal Kebon Polo mempunyai grafik berwarna hijau yang menandakan bahwa kadar gas di wilayah tersebut bagus, begitu pula pada RSUD Budi Rahayu yang merupakan tempat vital menunjukkan grafik berwarna hijau yang berarti kualitas gas NO₂ dan CO bagus. Pemantauan kualitas udara dapat ditingkatkan dengan penggunaan WSN yang mempunyai jarak pemancar jauh dan penggunaan sistem

multi platform yang dapat diakses melalui android maupun ios.

DAFTAR PUSTAKA

- Ekayana, A. A. G. (2020). Implementasi Dan Analisis Data Logger Sensor Temperature Menggunakan Web Server Berbasis Embedded System. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 17(1), 64–74. <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v17i1.22411>
- Furqan, M. (2022). *Opinion Open access Archives in Chemical Research Corresponding author The Harmful Effects of Carbon Monoxide on the Humans*. <https://www.primescholars.com/archives-in-chemical-research.html>
- Gheorghe, A. C., & Stoica, C. I. (2021). Wireless Weather Station Using Arduino Mega and Arduino Nano. *The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty*, 21(1), 35–38. <https://doi.org/10.2478/sbeef-2021-0008>
- Humairoh, G. P., & Putra, R. D. E. (2021). Prototipe Pengendalian Kualitas Udara Indoor Menggunakan Mikrokontroler dengan Sensor MQ135, DHT-22 dan Filter HEPA. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(1), 2529–2536. <https://doi.org/10.32672/jse.v7i1.3708>
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. In *Frontiers in Public Health* (Vol. 8). <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>
- Paramartha, I. K. N., Hamzah, T., Utomo, B., Luthfiyah, S., & ÖZDEMİRÇİ, E. (2022). Lost Data and Transmition Speed Analysis on Incubator Analyzer

- Based IoT Technology. *International Journal of Advanced Health Science and Technology*, 2(1), 39–46.
<https://doi.org/10.35882/ijahst.v2i1.7>
- Sadali, M., Putra, Y. K., Kertawijaya, L., & Gunawan, I. (2022). Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara Dijalan Raya Dengan Platform IOT. *Infotek : Jurnal Informatika Dan Teknologi*, 5(1), 11–21.
<https://doi.org/10.29408/jit.v5i1.4384>
- Sai, K. B. K., Ramasubbareddy, S., & Luhach, A. K. (2019). IOT based air quality monitoring system using MQ135 and MQ7 with machine learning analysis. *Scalable Computing*, 20(4), 599–606.
<https://doi.org/10.12694/scpe.v20i4.1561>
- Satria, B. (2022). IoT Monitoring Suhu dan Kelembaban Udara dengan Node MCU ESP8266. *Sudo Jurnal Teknik Informatika*, 1(3), 136–144.
<https://doi.org/10.56211/sudo.v1i3.95>
- Setiawan, H. T., & Dewantoro, F. (2020). Sistem Monitoring Dan Data Logger Pada Inkubator Bayi Berbasis Internet of Things (IoT). *Theta Omega: Journal of Electrical Engineering, Computer and Information Technology*.
<https://jurnal.untidar.ac.id/index.php/thetaomega/article/view/3563%0Ahttps://jurnal.untidar.ac.id/index.php/thetaomega/article/view/3563/1772>
- Silitonga, N., Telaumbanua, Y., & Simanullang, H. G. (2021). PENGEMBANGAN PERANGKAT IoT MONITORING KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER BERBASIS ANDROID. *METHOMIKA Jurnal Manajemen Informatika Dan Komputerasi Akuntansi*, 5(1), 81–85.
<https://doi.org/10.46880/jmika.vol5n01.pp81-85>
- Waworundeng, J., & Lengkong, O. (2018). Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara dalam Ruangan dengan Platform IoT. *CogITo Smart Journal*, 4(1), 94–103.
<https://doi.org/10.31154/cogito.v4i1.105.94-103>
- Wirosoedarmo, R., Suharto, B., & Proborini, D. E. (2020). Analisis Pengaruh Jumlah Kendaraan Bermotor dan Kecepatan Angin Terhadap Karbon Monoksida di Terminal Arjosari. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 7(2), 57–64.
<https://doi.org/10.21776/ub.jsa1.2020.007.02.2>
- Yudha, R. G. P., Salim, A. T. A., Putra, R. G., & Hendra, R. O. Y. (2019). Performance Analysis Air Quality Monitoring Based on Arduino with Web Server. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 4(3), 412–417.