

IMPLEMENTASI *INTERNET OF THINGS* PADA ALAT PEMANTAU KUALITAS UDARA DI POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA

Muhammad Rizqi Prayogo¹, Yuyun Suprpto², Rifdian Indrianto Sudjoko³
^{1,2,3} Politeknik Penerbangan Surabaya, Jl. Jemur Andayani 1/73, Surabaya 60236
Email: mryoga95@gmail.com

Abstrak

Kehidupan taruna di Politeknik Penerbangan Surabaya memiliki jadwal dan kegiatan yang padat seperti pembelajaran di kelas dan aktivitas di asrama yang berpengaruh terhadap kualitas udara disekitarnya. Tujuan penelitian ini untuk memberikan informasi kepada pengguna tentang kualitas udara di Politeknik Penerbangan Surabaya menggunakan teknologi *Internet of Things*. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode pengembangan 4D. Berdasarkan hasil penelitian, validasi produk mendapat nilai yang sama sebesar 96,3% dengan catatan dapat digunakan dengan tambahan revisi. Gas CO menunjukkan nilai <12 dan CO₂ menunjukkan nilai <175 sehingga kedua gas tidak berbahaya dengan tidak melebihi nilai referensi. Pembacaan suhu dan kelembaban dengan selisih terkecil di dalam ruangan terjadi pada sore hari (0,1°C) dan kelembaban menunjukkan hasil yang sama (0%). Pada luar ruangan, pembacaan suhu dengan selisih terkecil terjadi pada sore hari (0,5°C) dan kelembaban terjadi pada pagi hari (3,4%). Hasil analisa *Quality of Service* (QoS) yang telah dilakukan, keempat parameter mendapat nilai sangat bagus pada waktu pagi dan siang hari. Parameter *Throughput* mendapat nilai 10 kbps dan 8331 bps, *Packet Loss* sebesar 0,4% dan 0,2%, *Delay* sebesar 132 ms dan 130 ms, serta *Jitter* sebesar 0,006 ms dan 0,02 ms.

Kata Kunci: DHT-11, ESP32, IoT (*Internet of Things*), MQ-7, MQ-135

Abstract

The life of cadets at Aviation Polytechnic of Surabaya involves a tight schedule and activities such as classroom learning and dormitory engagements that influence the surrounding air quality. The aim of this research is to provide users with information about the air quality at Aviation Polytechnic of Surabaya using Internet of Things technology. The research method employed is the 4D development method. Based on the research results, the product validation achieved a consistent score of 96.3%, with the note that it can be used with some revisions. The CO gas level indicates a value of <12, and the CO₂ level shows a value of <175, ensuring that both gases remain within safe limits and do not exceed reference values. Temperature and humidity readings with the smallest differences indoors occur in the evening (0.1°C), and humidity shows the same outcome (0%). Outdoors, temperature readings with the smallest difference occur in the afternoon (0.5°C), while humidity variations are most pronounced in the morning (3.4%). The analysis of Quality of Service (QoS), conducted for all four parameters, yields excellent values during both morning and afternoon hours. Throughput parameter records values of 10 kbps and 8331 bps, Packet Loss stands at 0.4% and 0.2%, Delay measures 132 ms and 130 ms, and Jitter is recorded as 0.006 ms and 0.02 ms.

Keywords: DHT-11, ESP32, IoT (Internet of Things), MQ-7, MQ-135

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini semakin pesat, khususnya teknologi di bidang informasi. Salah satu perangkat tersebut adalah penerapan teknologi Internet of Things (IoT) yang dapat diterapkan untuk memantau kualitas udara. Penerapan teknologi untuk memantau kualitas udara dapat direalisasikan menggunakan modul mikrokontroler yang dikombinasikan dengan smartphone berbasis android, modul jaringan bluetooth, dan website [1].

Faktor penting penunjang lingkungan yang sehat adalah kualitas udara yang baik dan memenuhi standar kesehatan serta terbebas dari polusi dan kontaminasi bahan kimia. Udara mengandung oksigen yang dibutuhkan oleh makhluk hidup. Selain oksigen, terdapat zat lain di udara, yaitu karbon monoksida, karbon dioksida, virus, bakteri, debu, dan sebagainya. Lingkungan menentukan kualitas udara baik di dalam maupun di luar ruangan. Udara di dalam maupun di luar ruangan dapat tercemar dengan zat-zat berbahaya yang berpotensi menyebabkan polusi udara dan berdampak buruk bagi kesehatan tubuh [2].

Polusi udara adalah proses masuknya zat berbahaya ke dalam udara yang disebabkan oleh kegiatan manusia sehingga melampaui mutu udara yang telah ditetapkan [2]. Polusi udara dapat disebabkan dari kebakaran hutan, perkembangan perkotaan, pertumbuhan industri, penambahan jumlah kendaraan bermotor, aktivitas manusia, limbah, dan asap pabrik [3]. Menurut Rumampuk et al., (2021) kualitas udara juga dapat dipengaruhi oleh kegiatan dalam ruangan seperti merokok, penggunaan bahan kimia pembersih, serta penggunaan kosmetika. Beberapa contoh gas berbahaya dan sering ditemui di lingkungan sekitar yaitu CO (Karbon Monoksida), CO₂ (Karbon Dioksida), NO (Nitrogen Monoksida), NO₂ (Nitrogen Dioksida), SO

(Sulfur Oksida), SO₂ (Sulfur Dioksida), dan sebagainya.

Menurut Novelan Muhammad Syahputra, (2020), manusia dapat mendeteksi kualitas udara disekitarnya berada pada level normal dan tidak tercemar ataupun sebaliknya. Namun, manusia tidak selalu dapat mendeteksi polusi udara dalam jumlah yang lebih rendah atau polutan yang lebih kecil. Oleh karena itu, penting untuk menggunakan alat pemantau kualitas udara untuk mendeteksi polutan dalam jumlah kecil atau dalam lingkungan yang sulit dideteksi oleh manusia.

Berdasarkan permasalahan yang sudah dijelaskan di atas, terdapat kondisi relevan yang terjadi di Politeknik Penerbangan Surabaya. Kehidupan taruna di Politeknik Penerbangan Surabaya memiliki jadwal dan kegiatan yang padat seperti pembelajaran di kelas dan aktivitas di asrama. Padatnya kegiatan taruna berpengaruh terhadap kualitas udara di sekitarnya. Di samping itu, masih belum terdapat alat untuk memantau kualitas udara di lingkungan Politeknik Penerbangan Surabaya. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu alat untuk melakukan pemantauan kualitas udara berupa gas karbon dioksida (CO₂), karbon monoksida (CO), suhu dan kelembaban. Sensor yang digunakan yaitu alat ini terdiri dari mikrokontroler ESP32, MQ-7, MQ-135, DHT-11, dan buzzer.

Penelitian terdahulu tentang pemantauan kualitas udara berbasis IoT pernah dilakukan oleh Waworundeng & Lengkong (2018), peneliti menyatakan bahwa sensor MQ-135 berfungsi untuk mendeteksi kualitas udara dan dapat dilakukan pemantauan dalam bentuk grafik melalui platform iot thingspeak dan aplikasi Blynk sebagai notifikasi yang terhubung dengan smartphone dan jaringan internet. Serupa dengan penelitian Rosa et al., (2020), dengan adanya alat pendeteksi tingkat kualitas udara menggunakan sensor MQ-7 dan

MQ-135, dapat digunakan untuk mendeteksi berbagai macam gas sehingga dapat diperoleh kadar polutan dan dapat menginformasikan kepada masyarakat saat udara dalam kondisi tidak sehat. Berdasarkan permasalahan yang peneliti temukan dan hasil penelitian terdahulu, peneliti tertarik untuk meneliti judul “Implementasi Internet of Things pada Alat Pemantau Kualitas Udara di Politeknik Penerbangan Surabaya”.

1. PMK (Peraturan Menteri Kesehatan No. 1077 Thn. 2011

PMK (Peraturan Menteri Kesehatan) No.1077 Thn. 2011 dibentuk dan bertujuan untuk mengetahui kualitas udara yang buruk dalam ruangan atau rumah yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan [7]. Persyaratan kualitas udara dalam ruangan meliputi persyaratan kualitas fisik dan kimia. Kualitas fisik terdiri dari suhu, pencahayaan, kelembaban, laju ventilasi, PM2.5, dan PM10. Kualitas kimia terdiri dari beberapa parameter, yaitu Sulfur dioksida (SO₂), Nitrogen dioksida (NO₂), Karbon monoksida (CO), Karbon dioksida (CO₂), Timbal (Plumbum=Pb), asap rokok (Environmental Tobacco Smoke/ETS), Asbes, Formaldehid (HCHO), dan Volatile Organic Compound (VOC).

2. Indeks Standar Pencemar Udara

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) adalah laporan berupa ukuran kualitas udara kepada pengguna untuk menunjukkan seberapa besar terkait tingkat polusi udara pada suatu wilayah atau daerah [8]. ISPU dibuat oleh Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL) Nomor KEP-107/Kabapedal/11/1997. ISPU ditetapkan berdasarkan parameter-parameter dasar, yaitu Karbon Monoksida (CO), Sulfur Dioksida (SO₂), Nitrogen Dioksida (NO₂), Ozon Permukaan (O₃), dan Partikel Debu (PM10).

3. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan suatu konsep dimana suatu objek dapat mengirimkan informasi, mentransfer data, melakukan monitoring, serta perintah kontrol melalui suatu media berupa website maupun aplikasi yang terhubung dengan internet serta dapat dikontrol secara jarak jauh [9]. Dalam implementasinya, IoT melibatkan berbagai teknologi seperti sensor, perangkat mobile, jaringan nirkabel, dan teknologi cloud. Sensor-sensor ini memungkinkan perangkat untuk mendeteksi, mengukur, dan mengumpulkan data dari lingkungan sekitarnya.

4. ESP32



Gambar 1. ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dirancang oleh perusahaan Espressif System. ESP32 sudah dilengkapi dengan modul WiFi didalamnya yang memungkinkan perangkat dapat terkoneksi melalui Internet [10]. Fitur utama dari ESP32 adalah dapat terhubung dengan jaringan Wi-Fi, memiliki pin input/output analog dan digital yang dapat digunakan untuk mengontrol perangkat elektronika, serta dapat digunakan untuk mengumpulkan dan mengirim data dari berbagai sensor.

Tabel 1. Spesifikasi ESP32

Spesifikasi ESP32	
CPU	Tensilica Xtensa Dual-Core 32-Bit LX6
Operating Voltage	3.3 V
Clock Frequency	240 MHz
WiFi Frequency	2,4 GHz
Wireless standart	802.11 b/g/n
BT Wireless Connection	Classic/LE v4.2
Dimensions	48 x 26 x 11,5 mm
SRAM	520 kB
Memory External	4 MB

5. Software Arduino IDE

Software arduino IDE merupakan suatu program yang digunakan untuk membuat sketsa program untuk board mikrokontroler arduino [11]. Arduino IDE menyediakan berbagai fitur dan fungsi yang memudahkan pengguna untuk menuliskan kode, mengunggah program ke board arduino, dan menyediakan fitur debugging yang memungkinkan pengguna untuk memperbaiki kesalahan atau bug dalam program yang telah dibuat.

6. Liquid Crystal Display (LCD)

LCD digunakan untuk menampilkan data atau nilai dari sensor dan menampilkan teks yang sudah terprogram di software arduino IDE [12]. Dalam penggunaannya, modul LCD sering digunakan pada berbagai macam proyek elektronika seperti tampilan pengukuran suhu dan kelembaban, tampilan pendeteksi gas, dan sebagainya.

7. Sensor MQ-7



Gambar 2 Sensor MQ-7

Sensor MQ-7 merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi gas karbon monoksida (CO).

Sensor MQ-7 memiliki sensitivitas tinggi, stabil, dan membutuhkan tegangan dc sebesar 5 volt [13]. Gas karbon monoksida (CO) adalah gas beracun yang tidak berwarna dan tidak berbau, yang terbentuk dari pembakaran bahan bakar seperti gas alam, minyak, batu bara, dan kayu. Gas karbon monoksida dalam jumlah tinggi dapat menyebabkan keracunan dan kematian [13].

Tabel 2. Spesifikasi MQ-7

Spesifikasi MQ-7	
Circuit voltage	5V ± 0,1
Heating voltage	5V ± 0,1
Load resistance	Bisa disesuaikan
Heating resistance	33Ω ± 5%
Heating consumption	± 350 Mw
Range	20 – 2000 ppm karbon monoksida

8. Sensor MQ-135



Gambar 3. Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi gas amonia (NH₃), natrium-(di)oksida (NO_x), alkohol/ethanol (C₂H₅OH), benzena (C₆H₆), karbon dioksida (CO₂), gas belerang/sulfur- hidroksida (H₂S) dan gas - gas lainnya. Sensor MQ-135 memiliki daya tahan yang baik untuk penggunaan dalam memantau kualitas udara karena praktis dan tidak memerlukan daya yang besar [11]. Gas karbon dioksida (CO₂) adalah gas yang memiliki ciri tidak berbau dan tidak berwarna yang disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil pada kendaraan bermotor, bidang industri, dan sebagainya [14]. Peningkatan konsentrasi CO₂ berdampak pada kesehatan manusia

yang menyebabkan sakit kepala dan kelelahan.

Tabel 3. Spesifikasi MQ-135

Spesifikasi MQ-135	
<i>Circuit voltage</i>	5V ± 0,1
<i>Heating voltage</i>	5V ± 0,1
<i>Load resistance</i>	Bisa disesuaikan
<i>Heating resistance</i>	33Ω ± 5%
<i>Heating consumption</i>	> 800 mW
<i>Range</i>	10ppm-300ppm NH3
	10ppm-1000ppm benzena
	10ppm-300ppm alkohol

9. Sensor DHT-11

Sensor DHT-11 adalah sensor yang digunakan untuk menampilkan suhu dan kelembaban pada lingkungan atau dalam ruangan. Sensor DHT-11 membutuhkan daya sebesar 5 volt, memiliki rentang pengukuran suhu antara 0°C-50°C, dan kelembaban relatif antara 20%-80% [15].

10. Buzzer

Buzzer adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Buzzer terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian diafragma tersebut dialiri oleh arus sehingga menjadi elektromagnet. Dikarenakan kumparan dipasang pada diafragma, maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik. Gerakan diafragma tersebut akan diubah menjadi suara yang dapat didengar oleh manusia [7]. Buzzer sering digunakan sebagai indikator ketinggian air, indikator level kualitas udara, indikator gerakan, dan sebagainya.

11. Blynk

Aplikasi Blynk adalah platform untuk IOS atau android yang digunakan untuk proyek IoT dan sudah terintegrasi dengan arduino, Raspberry Pi, ESP32, ESP8266 dan modul sejenisnya [16]. Blynk didesain untuk IoT dan memiliki beberapa fungsi seperti mengontrol perangkat elektronika, memantau lingkungan, dan sebagai sistem keamanan.

Dengan adanya aplikasi Blynk, pengguna dapat membuat software yang dapat diakses melalui internet sehingga pengguna dapat mengontrol dan memantau perangkat dari jarak jauh.

12. Wireshark

Wireshark adalah salah satu alat analisis jaringan yang biasa digunakan oleh administrator jaringan untuk melakukan pemecahan masalah jaringan, analisis, protokol atau pengembangan perangkat lunak dalam komunikasi dan pendidikan [17]. Aplikasi Wireshark dapat digunakan untuk mengukur Quality Of Service dalam jaringan seperti Throughput, Packet Loss, Delay (Latency), dan Jitter.

13. Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) adalah metode pengukuran tentang tingkat kualitas jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari servis suatu layanan [18]. Parameter QoS terdiri dari Throughput, Packet Loss, Delay, dan Jitter.

A. Throughput

Throughput merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu [19].

Tabel 4. Kategori Throughput

Kategori Throughput	Throughput (bps)	Indeks
Sangat bagus	100	4
Bagus	75	3
Sedang	50	2
Buruk	<25	1

B. Packet Loss

Packet Loss adalah parameter yang menggambarkan sebagai kegagalan transmisi paket data untuk mencapai tujuannya [19].

Tabel 5. Kategori Packet Loss

Kategori Packet Loss	Packet Loss	Indeks
Sangat bagus	0%	4
Bagus	3%	3
Sedang	15%	2
Buruk	25%	1

C. Delay

Delay (Latency) adalah waktu yang dibutuhkan suatu data untuk menempuh jarak dari titik asal (pengirim) menuju titik tujuan (penerima).

Tabel 6. Kategori Delay

Kategori Delay	Besar Delay (ms)	Indeks
Sangat bagus	<150 ms	4
Bagus	150 - 300 ms	3
Sedang	300 - 450 ms	2
Buruk	>450 ms	1

D. Jitter

Jitter adalah perbedaan waktu antara kedatangan paket satu dengan yang lainnya.

Tabel 7. Kategori Jitter

Kategori Jitter	Jitter (ms)	Indeks
Sangat bagus	0 ms	4
Bagus	0 – 75 ms	3
Sedang	75 - 125 ms	2
Buruk	125 - 225 ms	1

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode 4D yang terdiri dari *Define* (Pendefinisian), *Design* (Perancangan), *Develop* (Pengembangan), dan *Disseminate* (Penyebaran).

1. Define (Pendefinisian)

Pada tahap ini dilakukan analisa awal dengan mencari referensi dari penelitian terdahulu mencakup kebutuhan hardware, software, dan pengumpulan informasi tentang kegunaan setiap komponen alat.

2. Design (Perancangan)

Pada tahap ini dilakukan perancangan komponen hardware dan software yang akan digunakan. Perancangan alat dilakukan dengan membuat blok diagram dan flowchart.

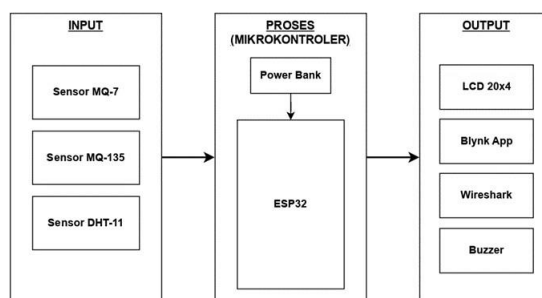
3. Develop (Pengembangan)

Pada tahap ini dilakukan proses merakit hardware dan software. Dalam tahap ini, perlu dilakukan uji coba dan evaluasi awal untuk memastikan alat dapat berfungsi dengan baik sebelum pengujian di lapangan.

4. Disseminate (Penyebaran)

Pada tahap ini, dilakukan penerapan alat sesuai dengan objek pengamatan yaitu di Politeknik Penerbangan Surabaya. Tahap ini bertujuan untuk memerikan informasi tentang tingkat kualitas udara dan kegunaan alat kepada pengguna.

Blok Diagram Perancangan Alat



Gambar 4. Blok Diagram

Pada gambar 4, desain alat pemantau kualitas udara terdiri dari input daya berupa power bank yang menyuplai energi listrik kepada mikrokontroler ESP32. Sensor MQ-7, sensor MQ-135, dan sensor DHT-11 berfungsi sebagai input untuk mendeteksi gas CO, CO₂, suhu, dan kelembaban yang terhubung dan diproses oleh mikrokontroler ESP32. Layar LCD 20x4, Blynk server, Wireshark, dan buzzer berfungsi sebagai output data.

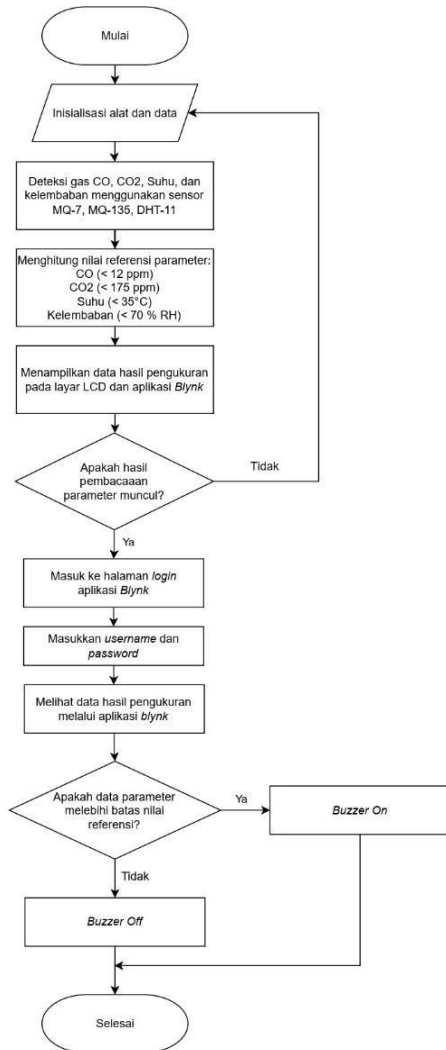
Tabel 8. Jenis Parameter yang Diteliti

Jenis Parameter	Nilai Referensi yang Digunakan
Karbon dioksida (CO ₂)	< 175 ppm
Karbon monoksida (CO)	< 12 ppm
Suhu	< 35 °C
kelembaban	< 70 % RH

Pada tabel 4, parameter CO₂ diatur pada nilai referensi <175 ppm, CO diatur pada nilai referensi <12 ppm, suhu diatur pada nilai referensi <35°C, dan kelembaban diatur pada nilai referensi <70% RH. Apabila nilai yang diperoleh dari parameter CO₂, CO, suhu, dan kelembaban melebihi nilai referensi, maka buzzer akan menyala sebagai indikator peringatan.

Penelitian ini dilakukan di dalam dan di luar ruangan untuk mengumpulkan data dan sebagai pembanding terhadap hasil yang diperoleh. Penelitian ini menggunakan analisa Quality of Service yang terdiri dari Throughput, Packet Loss, Delay (Latency), dan Jitter.

Flowchart Cara Kerja Alat



Gambar 5 Flowchart

Flowchart cara kerja alat pemantau kualitas udara dimulai dari menghidupkan mikrokontroler ESP32 dengan power bank. Setelah terhubung dengan internet, sensor MQ-7, sensor MQ-135, dan sensor DHT-11 bekerja dengan mendeteksi gas CO, gas CO₂, suhu, dan kelembaban serta menampilkan data setiap parameter pada layar LCD dan

aplikasi Blynk. Setelah hasil pembacaan parameter muncul, akan dilanjutkan menuju halaman login pada aplikasi Blynk dengan memasukkan username dan password. Apabila hasil pembacaan parameter CO, CO₂, suhu, dan kelembaban melebihi nilai referensi, maka buzzer akan menyala sebagai indikator peringatan terhadap nilai setiap parameter.

Teknik Pengujian Alat

1. Angket Validasi Produk

Kegunaan angket pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penilaian, kritik, dan saran pada produk dari para ahli.

Tabel 9. Skala Likert

No.	Kategori	Skor
1.	Sangat setuju	5
2.	Setuju	4
3.	Kurang setuju	3
4.	Tidak setuju	2
5.	Sangat tidak setuju	1

Pada tabel 5 menunjukkan kategori skala likert dengan rentang skor 5 sangat setuju, 4 setuju, 3 kurang setuju, 2 tidak setuju, 1 sangat tidak setuju. Skor yang diperoleh dari angket akan dikonversikan untuk diubah menjadi persentase yang ditentukan dengan rumus berikut:

$$Indeks = \frac{\text{skor yang diperoleh}}{\text{jumlah skor maksimum}} \times 100\% \quad (1)$$

Setelah hasil angket yang disebarkan untuk mengetahui kevalidan produk dan diketahui hasilnya menggunakan rumus di atas, hasil persentase tersebut disesuaikan menggunakan tabel kriteria sebagai berikut:

Tabel 10. Indeks Kevalidan Produk

No.	Indeks	Skor
1.	Sangat setuju	80% - 100%
2.	Setuju	60% - 79,99%
3.	Kurang setuju	40% - 59,99%
4.	Tidak setuju	20% - 39,99%
5.	Sangat tidak setuju	0% - 19,99 %

2. Uji Coba Lapangan

Uji coba lapangan digunakan untuk menguji alat pemantau kualitas udara di lingkungan Politeknik Penerbangan Surabaya. Uji coba lapangan digunakan sebagai cara untuk mengumpulkan data dari pengukuran alat.

3. Quality of Service (QoS)

Quality of service digunakan untuk mengukur tingkat kualitas dan kecepatan jaringan internet dalam menyediakan layanan dengan kualitas yang baik. Pada penelitian tentang alat pemantau kualitas udara, QoS digunakan untuk mengukur Throughput, Packet Loss, Delay (Latency), dan Jitter.

Teknik Analisa Data

Teknik analisa data yang digunakan untuk mengumpulkan data pada penelitian ini menggunakan teknik eksperimen. Eksperimen terkait penelitian kualitas udara mencakup hasil validasi produk, uji coba lapangan, serta Quality of Service.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Define (Pendefinisian)

a. Definisi Kualitas Udara

Kualitas udara adalah tingkat baik buruknya udara yang ada di lingkungan sekitar dan dapat dipengaruhi oleh kegiatan manusia sehingga menyebabkan naiknya polutan dan turunnya kadar kualitas udara.

b. Definisi Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan suatu konsep dimana suatu objek dapat mengirimkan informasi, mentransfer data, melakukan monitoring, serta perintah kontrol melalui suatu media yang terhubung dengan internet serta dapat dikontrol secara jarak jauh.

c. Definisi Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) adalah metode pengukuran tentang tingkat kualitas jaringan

yang terdiri dari Throughput, Packet Loss, Delay, dan Jitter.

d. ESP32

mikrokontroler ESP32 berfungsi untuk memproses data input dari sensor dan menampilkan data output.

e. MQ-7

sensor MQ-7 digunakan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO).

f. MQ-135

Sensor MQ-135 digunakan untuk mendeteksi gas karbon dioksida (CO₂).

g. DHT-11

DHT-11 berfungsi untuk menampilkan suhu dan kelembaban.

h. Buzzer

Buzzer berfungsi sebagai indikator peringatan terhadap level kualitas udara.

i. Blynk

Blynk digunakan untuk memantau level kualitas udara melalui smartphone dan website yang terkoneksi dengan internet.

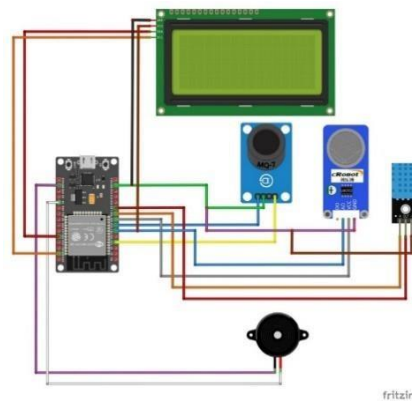
j. Arduino IDE

Arduino IDE digunakan untuk membuat program dari berbagai sensor dan mengkoneksikan dengan aplikasi Blynk.

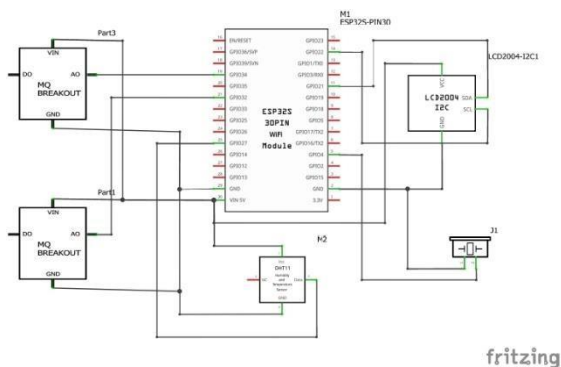
k. Wireshark

Wireshark digunakan untuk mengukur Throughput, Packet Loss, Delay (Latency), dan Jitter.

2. Design (Perancangan)



Gambar 6. Rangkaian Komponen Hardware



Gambar 7. Wiring Diagram

Gambar 6 dan gambar 7 menunjukkan perancangan alat berupa rangkaian komponen dan wiring diagram. Hal ini dilakukan untuk mempermudah perakitan komponen.

3. Develop (Pengembangan)

Pengembangan alat mencakup instalasi perangkat keras dan perangkat lunak. Hasil dari instalasi tersebut berupa alat pemantau kualitas udara dan aplikasi Blynk.

Tampilan Alat dan Aplikasi Blynk



Gambar 8. Tampilan Alat



Gambar 9. Tampilan Blynk pada Android



Gambar 10. Tampilan Blynk pada Website

Angket Validasi Produk

Tabel 11. Hasil 1 Validasi Produk

Aspek penilaian	Hasil	Total Skor	%	Nilai Validasi	Keterangan
Perangkat lunak	24	25	96%	96,3% (Sangat Setuju)	Dapat digunakan dengan tambahan revisi
Desain visual	34	35	97%		
Fungsi alat	29	30	96%		
Kepraktisan alat	19	20	95%		

Tabel 12. Hasil 2 Validasi Produk

Aspek penilaian	Hasil	Total Skor	%	Nilai Validasi	Keterangan
Perangkat lunak	24	25	96%	96,3% (Sangat Setuju)	Dapat digunakan dengan tambahan revisi
Desain visual	33	35	94%		
Fungsi alat	30	30	100%		
Kepraktisan alat	19	20	95%		

Berdasarkan hasil validasi produk yang ditunjukkan pada Tabel 11 dan Tabel 12, alat pemantau kualitas udara dapat digunakan di lapangan dengan tambahan revisi.

4. Disseminate (Penyebaran)

A. Uji Coba Lapangan

Tabel 13. Parameter CO2 PMK No. 1077 Thn. 2011

Jenis parameter	Satuan	Kadar maksimal yang dipersyaratkan
Sulfur dioksida (SO ₂)	Ppm	0,1
Nitrogen dioksida (NO ₂)	Ppm	0,04
Karbon monoksida (CO)	Ppm	9,00
Karbon dioksida (CO ₂)	Ppm	1000

Tabel 14. Parameter CO ISPU

Kategori	Rentang
Baik	0 – 50
Sedang	51 – 100
Tidak sehat	101 – 199
Sangat tidak sehat	200 – 299
Berbahaya	300 - lebih

Pengujian alat dilakukan di lingkungan Politeknik Penerbangan Surabaya baik di dalam dan luar ruangan dengan parameter yang diuji yaitu gas karbon monoksida (CO),

karbon dioksida (CO₂), suhu, dan kelembaban. Parameter CO menggunakan indikator ISPU dan parameter CO₂ menggunakan indikator PMK No. 1077 Thn. 2011 sebagai nilai acuan. Parameter suhu dan kelembaban menggunakan perbandingan sensor dengan termometer.



Gambar 11. Termometer

Hasil Uji Coba di Dalam Ruangan

Tabel 15. Data pagi hari

PAGI HARI					
Data Parameter					
No.	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	Buzzer
1.	11	29	25,50	49,50	Off
2.	10	29	25,50	49,50	Off
3.	11	30	25,50	49,50	Off
4.	11	29	25,50	49,50	Off
5.	10	29	25,50	49,50	Off

Tabel 15 menunjukkan data pagi hari di dalam ruangan. Pengambilan data dilakukan di kelas M.

Tabel 16. Data siang hari

SIANG HARI					
Data Parameter					
No.	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	Buzzer
1.	7	29	24,30	49,00	Off
2.	8	29	24,30	49,00	Off
3.	9	28	24,30	49,10	Off
4.	8	28	24,30	49,10	Off
5.	8	29	24,30	49,10	Off

Tabel 16 menunjukkan data siang hari di dalam ruangan. Pengambilan data dilakukan di dalam Laboratorium Navigasi.

Tabel 17. Data sore hari

SORE HARI					
Data Parameter					
No.	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	Buzzer
1.	6	37	25,80	44,00	Off
2.	7	37	25,80	44,00	Off
3.	7	35	25,90	43,80	Off
4.	8	35	25,90	43,80	Off
5.	7	35	25,90	43,80	Off

Tabel 17 menunjukkan data sore hari di dalam ruangan. Pengambilan data dilakukan di kelas N.

Tabel 18. Data malam hari

MALAM HARI					
Data Parameter					
No.	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	Buzzer
1.	8	45	28,20	63,00	Off
2.	9	45	28,20	63,00	Off
3.	8	45	28,20	63,00	Off
4.	9	45	28,30	63,00	Off
5.	8	45	28,30	62,80	Off

Tabel 18 menunjukkan data malam hari di dalam ruangan. Pengambilan data dilakukan di barak 107 asrama H1.

Hasil Uji Coba di Luar Ruangan

Tabel 19. Data pagi hari

PAGI HARI					
Data Parameter					
No.	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	Buzzer
1.	10	40	27,90	68,40	Off
2.	11	40	28,00	68,20	Off
3.	11	40	28,00	68,20	Off
4.	10	39	27,90	68,30	Off
5.	10	41	28,00	68,30	Off

Tabel 19 menunjukkan data pagi hari di luar ruangan. Pengambilan data dilakukan di lingkungan asrama H1.

Tabel 20. Data siang hari

SIANG HARI					
Data Parameter					
No.	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	Buzzer
1.	8	31	31,20	45,10	Off
2.	7	35	31,20	45,10	Off
3.	7	33	31,20	44,90	Off
4.	6	36	31,30	44,70	Off
5.	9	36	31,20	44,70	Off

Tabel 20 menunjukkan data siang hari di luar ruangan. Pengambilan data dilakukan di lingkungan Laboratorium Terintegrasi.

Tabel 21. Data sore hari

SORE HARI					
Data Parameter					
No.	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	Buzzer
1.	8	47	31,50	42,00	Off
2.	7	43	31,50	42,00	Off
3.	9	42	31,60	42,00	Off
4.	7	46	31,60	42,00	Off
5.	6	43	31,60	42,00	Off

Tabel 21 menunjukkan data sore hari di luar ruangan. Pengambilan data dilakukan di lingkungan Laboratorium Terintegrasi.

Tabel 22. Data malam hari

MALAM HARI					
Data Parameter					
No.	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	Buzzer
1.	8	45	29,30	67,00	Off
2.	11	45	29,30	66,90	Off
3.	8	46	29,30	66,70	Off
4.	9	45	29,30	66,70	Off
5.	8	45	29,30	66,80	Off

Tabel 22 menunjukkan data malam hari di luar ruangan. Pengambilan data dilakukan di lingkungan asrama H1.

Pada penelitian yang telah dilakukan, gas CO menunjukkan nilai <12 dan CO₂ menunjukkan nilai <175 sehingga kedua gas tidak berbahaya dengan tidak melebihi nilai referensi. Pembacaan suhu dan kelembaban dengan selisih terkecil di dalam ruangan terjadi pada sore hari (0,1°C) dan kelembaban menunjukkan hasil yang sama (0%). Pada luar ruangan, pembacaan suhu dengan selisih terkecil terjadi pada sore hari (0,5°C) dan kelembaban terjadi pada pagi hari (3,4%)

B. Quality of Service (QoS)

Tabel 23. Data QoS pagi hari

PAGI HARI				
Parameter QoS	Waktu	Nilai	Indeks	Kategori
Throughput (bps)		10 k	4	Sangat bagus
Packet Loss (%)	60 detik	0,4	4	Sangat bagus
Delay (ms)		132	4	Sangat bagus
Jitter (ms)		0,006	4	Sangat bagus

Tabel 24. Data QoS siang hari

SIANG HARI				
Parameter QoS	Waktu	Nilai	Indeks	Kategori
Throughput (bps)		8331	4	Sangat bagus
Packet Loss (%)	60 detik	0,2	4	Sangat bagus
Delay (ms)		130	4	Sangat bagus
Jitter (ms)		0,02	4	Sangat bagus

Tabel 25. Data QoS sore hari

SORE HARI				
Parameter QoS	Waktu	Nilai	Indeks	Kategori
Throughput (bps)		4406	4	Sangat bagus
Packet Loss (%)	60 detik	0,4	4	Sangat bagus
Delay (ms)		134	4	Sangat bagus
Jitter (ms)		0,28	3	Bagus

Tabel 26. Data QoS malam hari

MALAM HARI				
Parameter QoS	Waktu	Nilai	Indeks	Kategori
Throughput (bps)		9253	4	Sangat bagus
Packet Loss (%)	60 detik	0,8	4	Sangat bagus
Delay (ms)		101	4	Sangat bagus
Jitter (ms)		0,7	3	Bagus

Berdasarkan hasil analisa Quality of Service (QoS) yang ditunjukkan pada tabel 23-26, keempat parameter mendapat nilai sangat bagus pada waktu pagi dan siang hari. Parameter Throughput mendapat nilai 10 kbps dan 8331 bps, Packet Loss sebesar 0,4% dan 0,2%, Delay sebesar 132 ms dan 130 ms, serta Jitter sebesar 0,006 ms dan 0,02 ms.

PENUTUP

Simpulan

1. Alat pemantau kualitas udara dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor MQ-7, MQ-135, DHT-11, LCD 20x4, dan buzzer dapat mendeteksi polutan di udara sekitar.
2. Alat pemantau kualitas udara dirancang menggunakan LCD 20x4 dan Blynk yang dapat diakses pada website dan aplikasi smartphone oleh pengguna melalui internet.
3. Hasil validasi produk mendapat nilai yang sama sebesar 96,3% dengan catatan dapat digunakan dengan tambahan revisi. Gas CO, CO₂, suhu, dan kelembaban tidak

melebihi nilai referensi. Hasil analisa Quality of Service (QoS) mendapat nilai sangat bagus pada pagi dan siang hari.

Saran

1. Alat pemantau kualitas udara dapat dikembangkan kembali pada display yang lebih besar dan penambahan beberapa sensor sesuai dengan volume ruangan.
2. Pemilihan sumber internet disarankan menggunakan WiFi ruangan untuk menjaga kestabilan penerimaan data.
3. Alat pemantau kualitas udara ini dapat ditambahkan fitur database dan dapat ditingkatkan dengan pemilihan aplikasi terbaru agar tampilan data yang disajikan lebih menarik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Darmanto and H. Krisma, "Implementasi Teknologi IoT Untuk Pengontrolan Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis Android," *J. Tek. Inform. Unika St. Thomas*, vol. 04, no. 1, pp. 1–12, 2019.
- [2] Novelan Muhammad Syahputra, "Infotekjar : Jurnal Nasional Informatika Studi Pustaka," vol. 2, pp. 1–5, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.30743/infotekjar.v4i2.2306>
- [3] A. Saputra, "RANCANG BANGUNG SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA BERBASIS WEB MEMANFAATKAN MQ-135 DAN ARDUINO," 2023.
- [4] G. C. Rumampuk, V. C. Poekoel, and A. M. Rumagit, "Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet of Things," *J. Tek. Inform.*, vol. 17, no. 1, pp. 11–18, 2021.
- [5] J. M. S. Waworundeng and O. Lengkong, "Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara dalam Ruangan dengan Platform IoT," *CogITO Smart J.*, vol. 4, no. 1, pp. 94–103, 2018, doi: 10.31154/cogito.v4i1.105.94-103.
- [6] A. A. Rosa, B. A. Simon, and K. S. Lieanto, "Sistem Pendeteksi Pencemar Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135," vol. XII, no. 1, 2020.
- [7] C. I. Y. Gessal, A. S. M. Lumenta, and B. A. Sugiarto, "Kolaborasi Aplikasi Android Dengan Sensor Mq-135 Melahirkan Detektor Polutan Udara," *J. Tek. Inform.*, vol. 14, no. 1, pp. 109–120, 2019.
- [8] M. W. Akhmad, A. V. Vitianingsih, and T. A. Wijaya, "Pemetaan Tingkat Polusi Udara di Kota Surabaya Berbasis Android," *Inf. J. Ilm. Bid. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 1, no. 1, pp. 19–24, 2017, doi: 10.25139/inform.v1i1.214.
- [9] R. P. Gozal, A. Setiawan, and H. Khoeswanto, "Aplikasi SmartRoom Berbasis Blynk untuk Mengurangi Pemakaian Tenaga Listrik," *Teknol. Ind.*, vol. 8, pp. 1–7, 2020.
- [10] H. Kusumah and R. A. Pradana, "Penerapan Trainer Interfacing Mikrokontroler Dan Internet of Things Berbasis Esp32 Pada Mata Kuliah Interfacing," *J. CERITA*, vol. 5, no. 2, pp. 120–134, 2019, doi: 10.33050/cerita.v5i2.237.
- [11] M. Sadali, Y. K. Putra, L. Kertawijaya, and I. Gunawan, "Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara Dijalan Raya Dengan Platform IOT Lingkungan yang bersih merupakan lingkungan yang sehat sehingga menjadi faktor yang sangat penting untuk kelangsungan mahluk hidup . Seperti yang diketahui lingkungan menenet," vol. 5, no. 1, pp. 11–21, 2022.
- [12] M. G. Salasa, A. R. S, N. F. S, and M. Kom, "Perancangan Alat Monitoring Polusi Udara Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor Gas Tgs-2442," ... *Insight J. ...*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2021, [Online]. Available: <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/CI/article/view/9146%0Ahttp://journal.um->

- surabaya.ac.id/index.php/CI/article/download/9146/4160 10.1088/1742-6596/1845/1/012075.
- [13] S. Handayani, A. Hadiansa, and Masrizal, “Rancangan Aplikasi Pengukur Tingkat Polusi Udara Berbasis Arduino Uno R3 Dan Web,” *Media Inform. Budidarma*, vol. 1, no. 3, pp. 58–61, 2017.
- [14] A. S. Mannaf, F. A. Setyaningsih, and I. Ruslianto, “PURWARUPA SISTEM DETEKSI DAN PENGURANGAN,” vol. 04, no. 3, pp. 2–9, 2016.
- [15] K. S. Budi and Y. Pramudya, “PENGEMBANGAN SISTEM AKUISISI DATA KELEMBABAN DAN SUHU DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR DHT11 DAN ARDUINO,” vol. VI, pp. 47–54, 2017.
- [16] M. Artiyasa, A. Nita Rostini, Edwinanto, and Anggy Pradifta Junfithrana, “Aplikasi Smart Home Node Mcu Iot Untuk Blynk,” *J. Rekayasa Teknol. Nusa Putra*, vol. 7, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.52005/rekayasa.v7i1.59.
- [17] R. Hanipah and H. Dhika, “Analisa Pencegahan Aktivitas Ilegal Didalam Jaringan Dengan Wireshark,” *DoubleClick J. Comput. Inf. Technol.*, vol. 4, no. 1, p. 11, 2020, doi: 10.25273/doubleclick.v4i1.5668.
- [18] F. R. Rivai, M. M. T. Rendy, and U. Sunarya, “ANALISIS DAN IMPLEMENTASI PROTOTIPE PENGATUR KELEMBABAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) PADA PENYIMPANAN SAYUR Analysis and Implementation Prototype of Controlling Humidity based Internet of Things (IoT) on Vegetable Storage,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 5, no. 3, p. 4366, 2018.
- [19] Y. Suprpto, A. S. Prabowo, M. Rifai, A. Setiawan, and B. B. Harianto, “Design and Analysis of Session Initial Protocol Communication System Using Kamailio Server Based on Open Source at the Airport,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1845, no. 1, 2021, doi: