

PROTOTYPE WIRELESS SENSOR NETWORK SISTEM PENGUKURAN DEBU DAN SUHU UDARA BERBASIS MQTT SERVER

Alfi Rizkina Utamy¹, Siswanto², Sutarti³

Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Serang Raya

E-mail: alfirizkinau@gmail.com¹, fitraakbar06@gmail.com², sutarti86@gmail.com³

Abstrak - Kualitas udara di sebagian kota besar saat ini sudah sangat mengkhawatirkan. Polusi udara yang berasal dari emisi gas buang kendaraan serta industri menjadi penyebab memburuknya kualitas udara. Debu yang dihasilkan oleh asap kendaraan maupun industri sangat berbahaya, bahkan jika kelamaan menghirup bisa menimbulkan penyakit pernapasan. *Monitoring* partikel debu dan suhu udara yang dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana tingkat pencemaran udara yang telah berlangsung sehingga dapat diambil tindakan untuk mengantisipasi dampak negatif yang ditimbulkan dari pencemaran udara, maka dari itu dalam penelitian ini dilakukan perancangan dan analisis komunikasi data terhadap perangkat *Wireless Sensor Network* untuk dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan ESP8266, Sensor MQ135, Sensor PMS5003, Sensor DHT21, *Thingier.io* sebagai visualisasi data pengukuran dan protokol komunikasi yang digunakan adalah *MQTT* dengan *Mosquitto* sebagai *Message Broker* dimana dapat digunakan untuk komunikasi atau bertukar pesan antar komponen dan *MQTT Dash* sebagai penampil di *smartphone*. Dengan adanya analisis komunikasi data ini, diharapkan mampu memperbaiki sistem yang sudah ada saat ini dan diharapkan mampu meminimalisir dampak negatif, menjadi bahan acuan perbaikan lingkungan.

Kata Kunci: *Mosquitto Broker, Thingier.io, MQTT, PMS5003, Wireless Sensor Network*

I. PENDAHULUAN

Hadirnya teknologi memiliki pengaruh besar dalam kehidupan sehari-hari manusia (Leonita & Jalinus, 2018). Perkembangan zaman menimbulkan peningkatan aktivitas industri dan transportasi. Hal ini memicu timbulnya polusi udara yang berdampak pada kesehatan, terutama di wilayah industri dan kota besar (Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2019). Meningkatnya volume kendaraan, serta pembuangan asap melalui cerobong oleh sejumlah industri, menyebabkan kualitas udara lambat lain sudah tidak sehat lagi.

Menurut Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 tentang Baku Mutu Udara Ambien Nasional menjelaskan mengenai batas – batas ambien maksimal yang berada di udara. Batas maksimal yang telah ditentukan adalah batas dimana suatu polutan akan berdampak negatif bagi lingkungan, sehingga suatu kota akan dapat dikatakan tercemar oleh suatu senyawa polutan apabila telah melewati batas tersebut (Cindewiyani, 2006). Tabel kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) sebagai informasi terkait, dampak, dan status warna dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kategori ISPU

Kategori	Rentang	Status Warna
Baik	0 – 50	
Sedang	51 – 100	
Tidak Sehat	101 – 199	
Sangat Tidak Sehat	200 – 299	
Berbahaya	300 - 500	

Saat ini, pemantauan polusi udara masih secara berkala sehingga dirasa perlu dibuatnya sistem monitoring polusi udara dan kepekatan debu yang dapat di monitoring secara *realtime* dan jarak jauh. Dalam penelitian ini dibuat *prototype* sistem untuk memudahkan pengukuran partikel debu dan suhu udara dalam lingkungan Kota maupun daerah sekitarnya.

Untuk itu perlu dibuat sistem yang dilengkapi dengan ESP8266 sebagai mikrokontroler yang berfungsi melakukan kalkulasi dari pengukuran secara *real-time* menggunakan Sensor MQ135, Sensor PMS5003 dan Sensor DHT21 bertindak untuk mengirim pesan (*publisher*) lalu (*subscriber*) akan menerima pesan dan *Mosquitto Broker* akan menyampaikan pesan dari pengirim ke penerima, kemudian didapatkan hasil data yang akan ditampilkan kedalam *website Thingier.io* dan tampilan hasil pengukurannya menggunakan LCD sebagai penampil data numerik. Sistem ini bermanfaat untuk memudahkan pengguna/pengelola agar mengetahui dan memberikan informasi kondisi lingkungan berdasarkan pembacaan polusi udara dan kepekatan debu yang berupa data sensor.

II. KAJIAN PUSTAKA

Penelitian mengenai *monitoring* kualitas udara telah banyak dilakukan. Prahardis, Syauqi, dan Akbar (2018) membuat sistem monitoring polusi udara berdasarkan ISPU menggunakan pemodelan *Finite State Machine*. *Monitoring* polusi udara yang mengukur karbon monoksida dan debu yang

berbasis *website* dapat dibangun menggunakan Raspberry Pi (Samsinar, Fikri & Fadliandi, 2021). Tidak hanya kadar karbon dioksida dan debu saja yang dapat dimonitoring, Sutarna, Fatah, Radila, & Wicaksana (2022) membuat pengukuran kualitas udara yang terdiri dari CO, O3 dan PM10. Pengukuran ini dapat dipantau jarak jauh dengan menggunakan arduino dan android studio.

Monitoring radioaktivitas kadar polusi udara juga dilakukan oleh Yunita, et.al (2021). Konsep *Internet of Things* dapat diimplementasikan pada *monitoring* kualitas udara menggunakan MQ-7 dan MQ-131 secara *real time* (Prasetyo, Lamada, & Adzillah, 2021). Hasibuan, Asih, & Faisal (2020) memanfaatkan perangkat *smartphone* untuk melakukan *monitoring* suhu udara dan kelembaban udara di ruangan.

Sistem pemantauan ketebalan debu dan suhu pada ruangan berbasis IoT dapat memberikan informasi hasil pemantauan menggunakan aplikasi Telegram (Maulana, Pratama & Kusumadiarti, 2021). Syahririni dan Hadidjaja (2020) memanfaatkan IoT untuk mengukur partikulat dan suhu lingkungan kerja pada suatu pabrik.

Purbakawaca, et al. (2017) menggunakan sensor debu Gp2y1010au0f untuk mengukur PM10 dengan biaya rendah. Informasi konsentrasi PM10 ditampilkan di layar LCD dan disimpan dalam mikroSD. Algoritma *Fuzzy Logic* Tsukamoto dapat diimplementasikan pada sistem *monitoring* kondisi udara. Sistem ini juga memanfaatkan IoT dan menampilkan hasilnya pada telegram app (Sidik, & Rahmad, 2020). Sedangkan pada penelitian ini menerapkan LoRa dan protokol MQTT untuk memonitoring kualitas udara dan mengirimkan data-datanya pada aplikasi *Thinger.io* yang merupakan *platform Internet of Things*.

Pencemaran Udara

Survei yang dilakukan oleh *World Health Organization – WHO* di 1.600 kota yang tersebar di 91 negara di dunia menunjukkan bahwa hampir 90% orang-orang di pusat perkotaan menghirup udara yang tidak sehat. Dari berbagai jenis zat pencemar udara, benda partikulat atau *particulate matter* berdiameter 10 mikron (PM10) mendapatkan perhatian khusus karena dinilai memiliki pengaruh lebih besar terhadap gangguan kesehatan manusia dibandingkan dengan zat-zat pencemar lainnya. PM10 dapat dijadikan sebagai wakil dari zat-zat pencemar lain. Naik turunnya PM10 berasosiasi dengan zat-zat pencemar lain yang berada di udara. Oleh karena itu, sebagai prediktor kesehatan PM10 mempunyai cakupan yang lebih luas (Masyarakat et al., 2016).

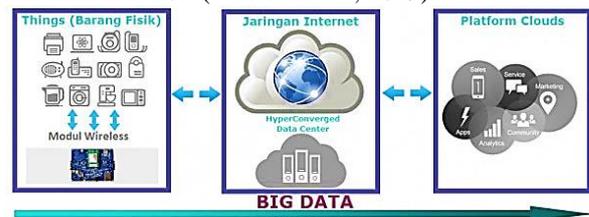
Debu

Debu merupakan partikel yang melayang di udara *Suspended Particulate Matte (SPM)* dengan

ukuran 1 mikron sampai dengan 500 mikron. Dalam kasus pencemaran udara baik dalam maupun di ruang gedung (*Indoor and Out Door Pollution*) debu sering dijadikan salah satu indikator pencemaran yang digunakan untuk menunjukkan tingkat bahaya baik terhadap lingkungan maupun terhadap keselamatan dan kesehatan kerja (Sinolungan, 2013).

Internet of Things (IoT)

IoT adalah akses perangkat elektronik melalui internet. Akses perangkat tersebut terjadi karena keinginan untuk berbagi data, berbagi akses. Pengembangan *IoT* Arduino adalah memanfaatkan *board* dasar Arduino Uno atau Arduino Wi-Fi dan pengembangan board yang mendukung seperti Ethernet dan ESP (Wasista et al., 2019).

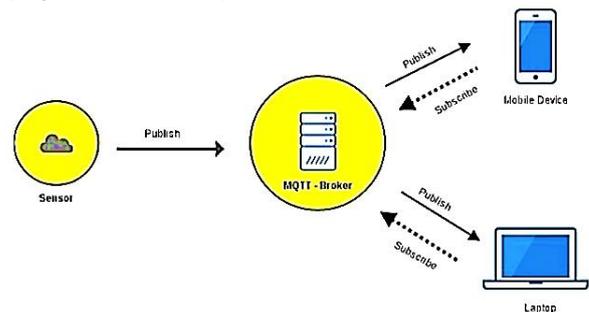


sumber: mobnasesemka.com

Gambar 1. Konsep IoT

MQTT (Message Queue Telemetry Transport)

Protokol *MQTT* adalah protokol pesan ringan (*lightweight*) berbasis *publish-subscribe* digunakan di atas protokol TCP/IP. *MQTT* mampu menangani ribuan *client* jarak jauh dengan hanya satu *server* (Saputra et al., 2017).



sumber: <https://medium.com/pemrograman/mengenal-mqtt-998b6271f585>

Gambar 2. Arsitektur MQTT

MQTT Broker

Server/Broker MQTT menggunakan perangkat lunak *Mosquitto* yang dapat berjalan pada sistem operasi Windows, ataupun Linux. Eclipse *mosquitto*™ merupakan *broker* pesan *open source* (EPL/EDL berlisensi) yang mengimplementasikan MQTT protokol versi 3.1 dan 3.1.1. *Server broker* MQTT secara *default* menggunakan *port* 1833 walaupun di dalam implementasinya *server* MQTT dapat menggunakan beberapa *port* lain dengan fungsi yang berbeda (Saputra et al., 2017).

Thingier.io

Thingier.io adalah *platform* IoT yang menyediakan fitur cloud untuk menghubungkan berbagai perangkat yang terkoneksi dengan internet. *Thingier.io* juga dapat memvisualisasikan hasil pembacaan sensor dalam bentuk nilai atau grafik. (Sawidin et al., 2021).

ESP8266

ESP8266 adalah *Wifi Serial Transceiver Module* yang menawarkan *networking* Wi-Fi. ESP8266 memiliki kemampuan *on-board processing* dan *storage* yang memungkinkan *chip* tersebut untuk diintegrasikan dengan sensor atau aplikasi output hanya dengan pemrograman singkat. (Roihan et al., 2016).



sumber: <https://www.sinuarduino.com/artikel/esp8266/>

Gambar 3. Modul Wi-Fi ESP8266

Sensor MQ135

Sensor MQ-135 adalah sensor gas yang memiliki konduktivitas rendah jika berada di udara bersih. Konduktivitas sensor akan naik seiring dengan kenaikan konsentrasi gas (Indahwati & Nurhayati, 2012).



sumber: <https://bt-electronic.com/product/arduino-sensor-gas-mq-135/>

Gambar 4. Sensor MQ135

Sensor PMS5003

PMS5003 adalah sejenis sensor konsentrasi partikel digital dan universal, yang dapat digunakan untuk mendapatkan jumlah partikel tersuspensi di udara, yaitu konsentrasi partikel, dan mengeluarkannya dalam bentuk digital antarmuka (Helman, 2021).



sumber: <https://www.distrelec.biz/en/pms5003-air-quality-sensor-kit-5v-adafruit-3686/p/30139173>

Gambar 5. Sensor PMS5003

Sensor DHT2

Kelembapan adalah salah satu faktor yang menentukan kondisi cuaca pada suatu daerah. Kelembapan dapat diukur dengan berbagai macam

metode, salah satunya adalah dengan menggunakan sensor kelembapan (Irmayani et al., 2020).



sumber: <https://electropeak.com/am2301-dht21-1>

Gambar 6. Sensor DHT21

LED (*Light Emitting Diode*)

LED merupakan komponen yang dapat memancarkan cahaya monokromatik. Komponen LED yang menghasilkan cahaya yang sangat terang ini, pada masa sekarang juga banyak digunakan sebagai pengganti lampu pijar (Palgunadi, 2021).



sumber: <https://www.amazon.in/REES52-Traffic-Light-Emitting-Digital-Electronic/dp/B07M8V3TZ4>

Gambar 7. LED

Buzzer

Buzzer adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah listrik menjadi suara. *Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm) (Christian & Komar, 2013).



sumber: <https://sariteknologi.com/product/buzzer>

Gambar 8. Buzzer

LCD (*Liquid Crystal Display*) 20x4

LCD yang digunakan adalah LCD berukuran 20x4 karakter dengan tambahan *chip module* I2C untuk mempermudah *programmer* nantinya dalam mengakses LCD tersebut. (Nirwan & MS, 2020).



sumber: <https://id.aliexpress.com/item/32680818723.html>

Gambar 9. LCD

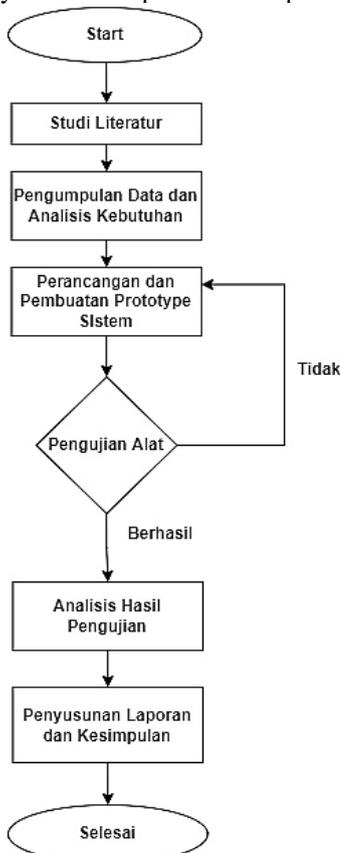
III. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Untuk mendapatkan data yang akurat serta alur penelitian yang sesuai maka perlu dibuat alur yang jelas untuk memperoleh data dan informasi yang

diperlukan secara lengkap, untuk mendukung kebenaran meteri dan pembahasan. Berikut tahapan penelitian yang akan dijelaskan:

1. Studi literatur. Kegiatan ini dilakukan untuk memperkuat proses penelitian yang dilakukan.
2. Pengumpulan data dan analisis kebutuhan. Kegiatan ini dilakukan untuk mengumpulkan data penelitian berbagai sumber yang diperlukan dalam membuat *prototype* ini.
3. Perancangan dan pembuatan *prototype*. Konsep dirancang dari berbagai sumber teori dan referensi yang berkaitan dengan alat yang akan dirancang.
4. Pengujian alat. Pengujian alat ini dilakukan dengan cara mencocokkan kinerja dari perangkat dengan perintah program yang dieksekusi.
5. Analisis hasil pengujian. Analisis hasil pengujian ini dilakukan dengan membandingkan data yang dikirim dari *prototype* dan data yang diterima melalui aplikasi *mobile* atau *website Thinger.io* sehingga bisa ditentukan alat bekerja dengan sempurna.
6. Penyusunan dan pembuatan laporan.



Gambar 10. Diagram Alur Penelitian

Kebutuhan Hardware/ Perangkat Keras

Hardware yang diperlukan untuk menerapkan sistem pengukuran kepekatan debu berbasis *MQTT Server* adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Kebutuhan Hardware/ Perangkat Keras

No.	Hardware	Spesifikasi
1.	Laptop	Windows 10, Memory 4GB, AMD Dual Core A9-9425.
2.	ESP8266	Wi-Fi ESP8266, 1 ADC, 4MB Flash Memory, 16 Pin digital input dan output, Tegangan 9v-24Vdc.
3.	Sensor MQ135	Tegangan: 5V, ADC dengan resolusi 10bit, pin i/o kompatibel dengan level tegangan TTL dan cmos, antarmuka UART TTL dan I2C.
4.	Sensor PMS5003	Respon waktu nyata, data yang benar, diameter partikel minimum: 0,3 mikrometer.
5.	Sensor DHT21	Tegangan: 3.3-5.5V, rentang pengukuran: kelembapan 0-100% RH, suhu 40-80 Celcius, dimensi ukuran: 59x27x15,5mm.
6.	LED Traffic Light	Tegangan: 5V, common cathode/GND jadi satu, ukuran led: 8mm.
7.	Buzzer	Tegangan kerja: 3V-12V DC, Resistansi: 16 ohm, Kekuatan suara: 80-85 dB, Kualitas tinggi: 12x8.5mm.

Kebutuhan Software/ Perangkat Lunak

Spesifikasi perangkat lunak yang dibutuhkan untuk mengoperasikan dan pembuatan sistem pengukuran partikel debu dan suhu udara ini adalah:

1. *Arduino IDE*
2. *Thinger.io*
3. *Mosquitto*
4. *MQTT Dash*
5. *Command Prompt*

Data Penelitian

Adapun data yang sudah didapatkan dari hasil wawancara adalah:

1. Perlu adanya sistem berbasis *web* untuk dapat memberikan informasi tingkat pencemaran secara cepat dan tepat kepada masyarakat.
2. Belum adanya alarm peringatan ketika polusi udara sudah melebihi batas ambang.

Tabel 3. Data dan Analisis ISPU Bulan Februari

No.	PM 10	PM 2.5	SO2	CO	O3	NO2
1	34	72	215	24	194	73
2	34	72	216	23	197	73
3	31	68	213	23	196	73
4	25	61	212	23	204	74
5	17	52	215	22	210	72
6	13	38	216	22	212	73
7	12	51	216	23	211	73

No.	PM 10	PM 2.5	SO2	CO	O3	NO2
8	20	63	215	24	210	68
9	30	77	217	24	212	70
10	8	35	216	21	214	67
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0

Tabel 4. Data dan Analisa ISPU Bulan Maret

No.	PM 10	PM 2.5	SO2	CO	O3	NO2
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	13	35	212	28	126	74
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	19	42	217	30	110	104
10	33	62	219	27	207	102
11	23	53	217	26	211	94
12	17	35	220	18	207	88
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	19	40	215	28	233	65
17	39	0	215	26	233	66
18	36	0	217	25	233	66
19	16	0	217	24	235	66
20	12	0	217	22	237	66
21	10	0	216	22	234	73
22	13	0	217	22	236	76
23	24	0	218	23	239	76
24	20	0	216	24	238	75
25	54	0	214	24	237	78
26	0	0	0	0	0	0

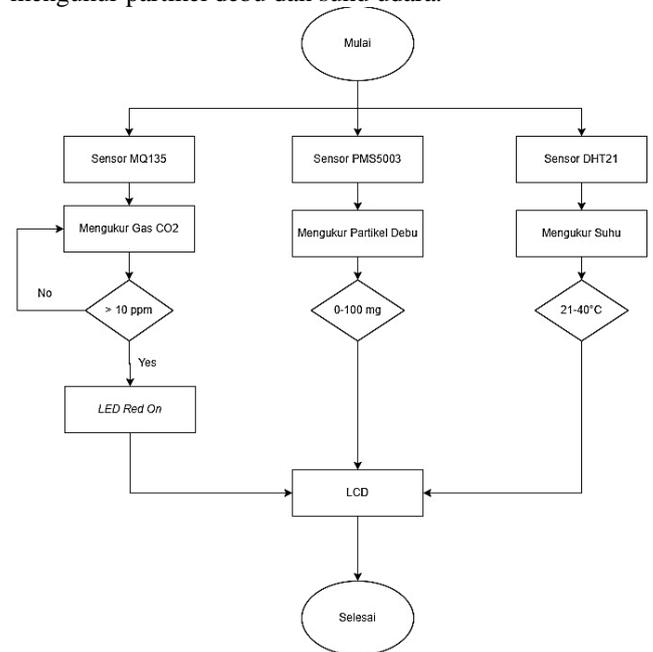
No.	PM 10	PM 2.5	SO2	CO	O3	NO2
27	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0
30	0	0	212	23	291	34
31	0	0	218	25	279	38

Tabel 5. Data dan Analisis ISPU Bulan April

No.	PM 10	PM 2.5	SO2	CO	O3	NO2
1	0	0	218	25	261	45
2	0	0	218	23	256	57
3	0	0	217	21	249	63
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	218	20	258	95
7	0	0	223	22	260	106
8	0	0	238	25	252	105
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	234	19	247	103
11	0	0	224	23	254	103
12	0	0	221	26	255	103

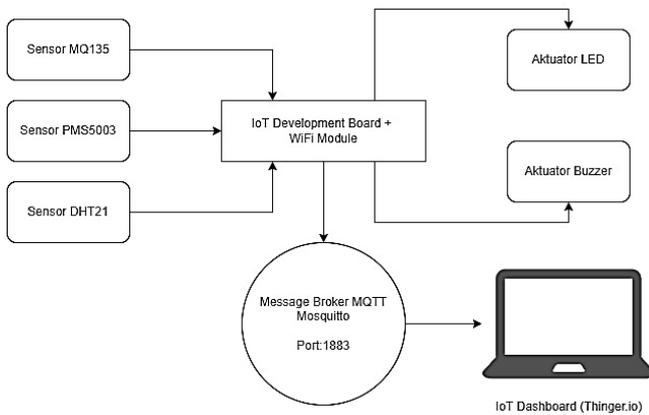
Deskripsi Usulan Penelitian

Pada penelitian ini melakukan perancangan teknologi sistem pengukuran partikel debu dan suhu udara, yang bertujuan untuk memudahkan dalam mengukur partikel debu dan suhu udara.

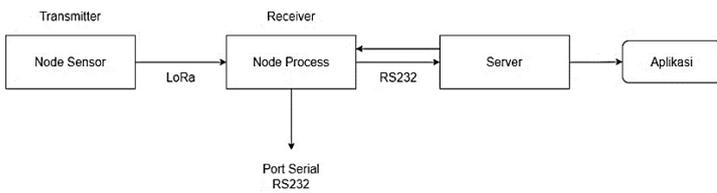


Gambar 11. Diagram Alur Kerja Prototype

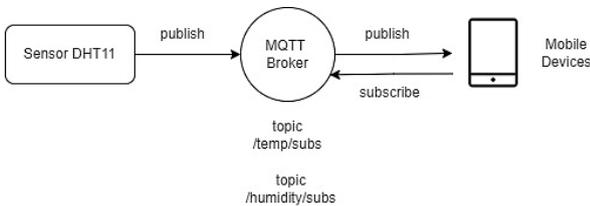
Pengukuran sudah efisien namun belum bisa di-monitoring jarak jauh secara *online*. Sistem pengukuran partikel debu dan suhu udara berbasis *MQTT Server* menggunakan Sensor MQ135, Sensor PMS5003, Sensor DHT21, ESP8266 sebagai mikrokontroler yang dapat membaca saat mengetahui partikel debu dan suhu udara, bagian tampilan sistemnya akan ditampilkan ke dalam platform *IoT* yaitu website *Thingier.io* yang nantinya hasil pengujian spesifikasi input yang diperoleh menunjukkan kesesuaian antara klasifikasi ISPU berdasarkan lokasi dan waktu pengambilan data.



Gambar 12. Alur Kerja Message Broker MQTT



Gambar 13. Topologi Devices



Gambar 14. Sistem Pilot MQTT Dash

Langkah-langkah instalasi software Arduino IDE

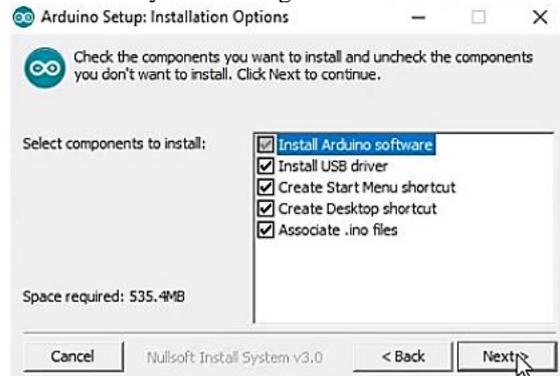
Sebelum melakukan perancangan dan pemrograman alat, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menginstall suatu software *Arduino IDE* dan *library* untuk melakukan pemrograman alat.

1. Setelah file instalasi dijalankan, maka akan muncul tampilan jendela *Arduino Setup: License Agreement* seperti gambar 15, lalu klik tombol *I Agree*.



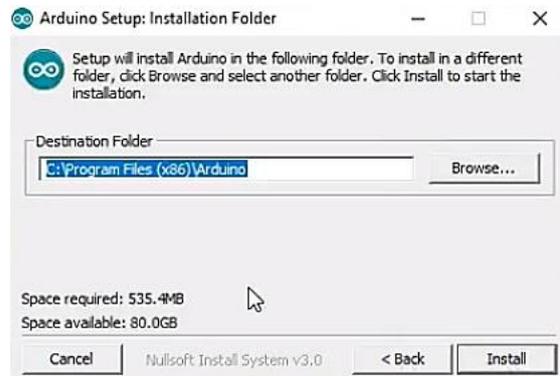
Gambar 15. License Agreement

2. Setelah klik tombol *I Agree*, lalu tampilan jendela menampilkan *Arduino Setup: Installation Options*. Untuk komponen, sebaiknya di centang semua.



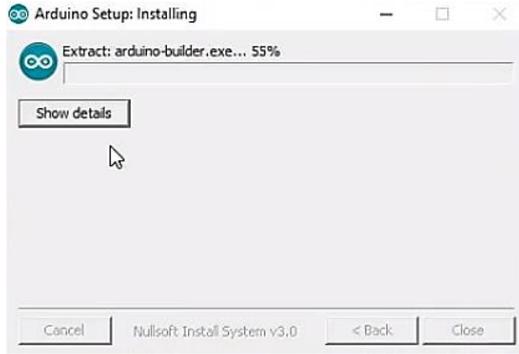
Gambar 16. Installation Options

3. Berikutnya akan muncul tampilan jendela *Installation Folder*, yang dimana akan menampilkan destinasi/tempat folder *Arduino IDE* yang akan kita simpan, lalu klik *Install*.



Gambar 17. Installation Folder

4. Proses instalasi akan dimulai dan tunggu sampai instalasi *completed*.



Gambar 18. *Installing*

5. *Software Arduino IDE* sudah terinstall.



Gambar 19. *Tampilan Software Arduino*

Langkah-langkah konfigurasi Platform IoT Thinger.io

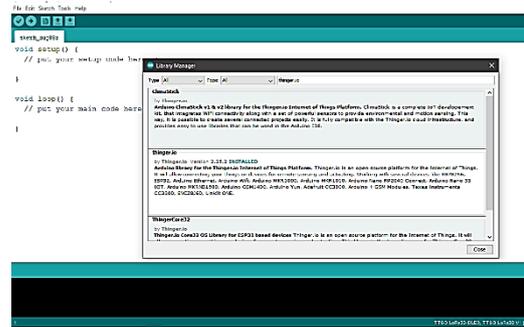
Pada tahap ini yang harus dilakukan adalah membuka *Thinger.io* di *website https://thinger.io/*, untuk melakukan sistem pengukuran partikel debu dan suhu udara melalui laptop. Jika sudah membuka *website* tersebut, maka akan melakukan langkah-langkah konfigurasi sebagai berikut:

1. Pertama, buka *https://thinger.io/* di *website*. Di pojok kanan atas terdapat *sign up* atau *login*, jika belum mendaftar, maka klik *sign up*, namun jika sudah, klik *login*. *Login* email dan password yang sebelumnya sudah dibuat.



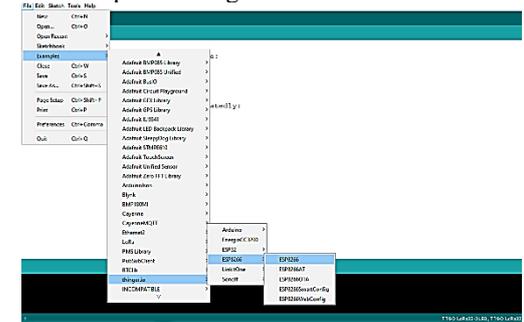
Gambar 20. *Tampilan Awal website Thinger.io*

2. Setelah *login*, buka *software Arduino IDE* terlebih dahulu untuk menambahkan library *thinger.io*. Klik *Sketch > Include Library > Manage Library* lalu cari "*thinger.io*" dan lakukan penginstallan jika belum terinstall.



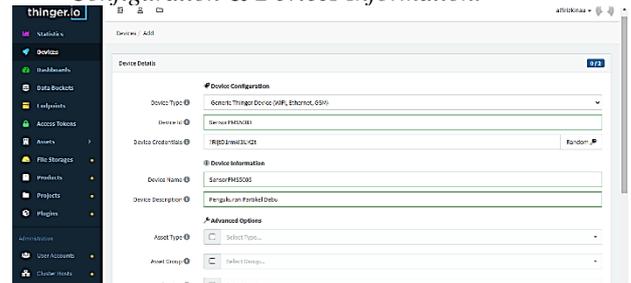
Gambar 21. *Proses install Library Thinger.io*

3. Setelah *library* terinstall, buka *example* untuk melihat contoh program bisa kita klik *File > Examples > thinger.io > ESP8266 > ESP8266*.



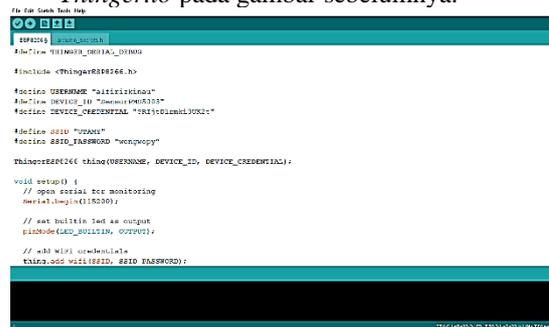
Gambar 22. *Tampilan Step Examples Thinger.io*

4. Selanjutnya, kembali buka *website Thinger.io > Devices > Add Devices > isi Devices Configuration & Devices Information*.



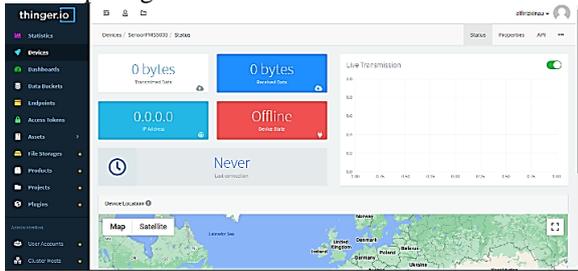
Gambar 23. *Konfigurasi Devices dan Information*

5. Berikutnya masukkan ke dalam program, seperti *username*, *devices_id*, *devices_credential* menyesuaikan dari *Thinger.io* pada gambar sebelumnya.



Gambar 24. *Tampilan Program Thinger.io*

6. Jika sudah, maka akan menampilkan halaman seperti gambar 25.



Gambar 25. Tampilan *Thinger.io*

Tahapan pemrograman mikrokontroler *Arduino IDE*

Sebelum menulis program, meng-install terlebih dahulu *library* yang dibutuhkan di *software Arduino IDE* agar dapat bisa mendukung *board ESP8266* yang digunakan, pengaturan yang dibuat adalah sebagai berikut:

1. Buka bagian *File > Preference >* di kotak *Additional Board Manage URL* Input link: http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json
2. Selanjutnya buka bagian *Tools > Boards > Board Manager*, cari “*ESP8266*”, pada daftar akan muncul “*esp8266 by ESP8266 Community* dan *install* versi terakhirnya.
3. Selanjutnya buka bagian *Sketch > Include Libraries > Manage Libraries*, cari “*Thinger.io*”, pada daftar akan muncul “*Thinger.io by Thinger.io*” dan *install* versi terakhirnya.
4. Selanjutnya pengaturan pada bagian *Tools Board* sorot dan pilih “*ESP8266 Borad* dan *LOLIN(WEMOS) D1 R2 & mini*”.
5. Pada bagian *Tools Programmer* sorot dan pilih “*ARDUINOISP*”.
6. Tulis kode pemrograman pada halaman yang disediakan, *Upload* kode yang telah dibuat, jika terdapat keterangan *done uploading* maka proses pemrograman *mikrokontroler* dengan *Arduino IDE* berhasil.

Konfigurasi Pada *MQTT (Mosquitto)*

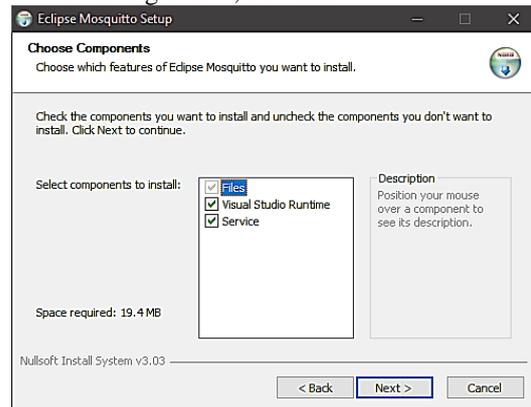
Pada konfigurasi ini yang harus dilakukan adalah mendownload *software Mosquitto* di *website* <http://mosquitto.org>. Jika sudah men-download, maka melakukan langkah-langkah konfigurasi sebagai berikut:

1. Setelah men-download, buka *software* pada *folder* instalasi. Klik *next* untuk melanjutkan instalasi.



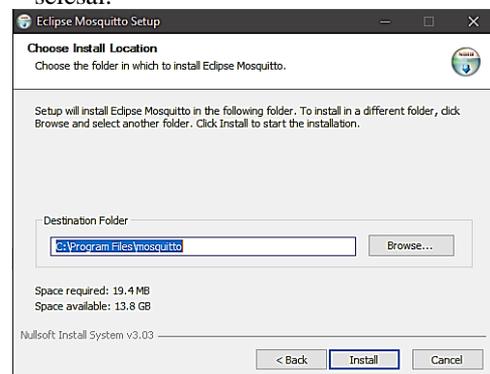
Gambar 26. Tampilan awal install *Mosquitto*

2. Selanjutnya pada *Choose Component* pilih komponen yang ingin di-install, sebaiknya dicentang semua, lalu klik *next*.



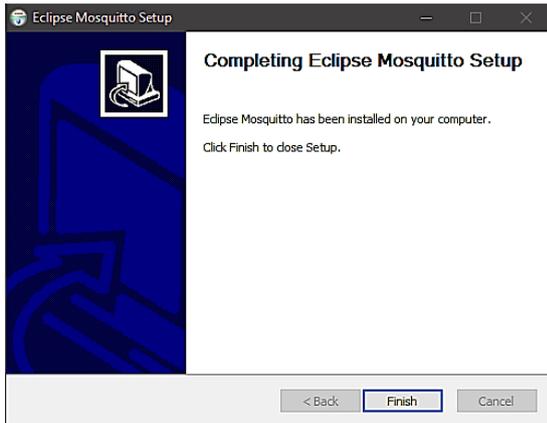
Gambar 27. *Choose Component*

3. Pilih lokasi *folder* untuk instalasi, *C:\Program Files\mosquitto* adalah *destination folder* dan klik *install* tunggu sampai proses instalasi selesai.



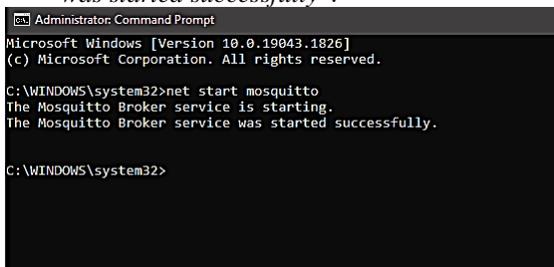
Gambar 28. *Destination Folder*

4. Proses instalasi selesai.



Gambar 29. Completing Mosquitto Setup

5. Kemudian, buka *command prompt* untuk mengetes *mosquitto*. Masukkan “*net start mosquitto*” lalu enter dan akan muncul “*The Mosquitto Broker service is starting*” tunggu sejenak. Jika merespon maka akan menampilkan “*The Mosquitto Broker service was started successfully*”.

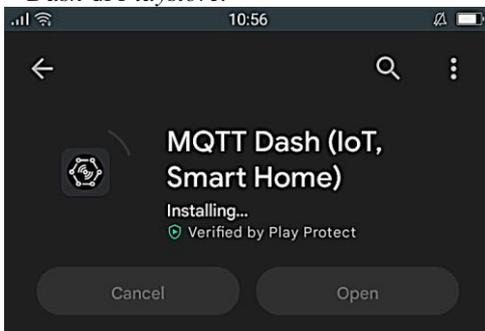


Gambar 30. Mosquitto Successfully.

Konfigurasi Pada MQTT Dash

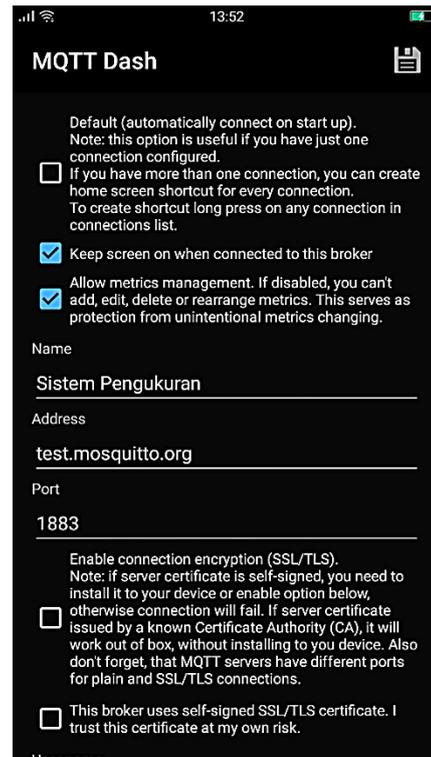
Berikut konfigurasi dengan ESP8266 dan broker MQTT di CloudMQTT yang dikonfigurasi untuk mengontrol dari jarak jauh melalui internet:

1. *Download* terlebih dahulu aplikasi MQTT Dash di *Playstore*.



Gambar 31. Downloading MQTT Dash

2. Klik logo tambah pada pojok kanan atas, lalu masukan *name*, *address*, dan *port*. Untuk *address*, samakan dengan program MQTT-ESP8266 pada *Arduino IDE* yaitu *test.mosquitto.org* setelah itu klik *save*.



Gambar 32. Konfigurasi Awal MQTT Dash

3. Masukkan “*name*” dan “*topic*” untuk mengidentifikasi pesan yang dipublikasikan dengan memberikan nama *topic* seperti pada gambar 33.



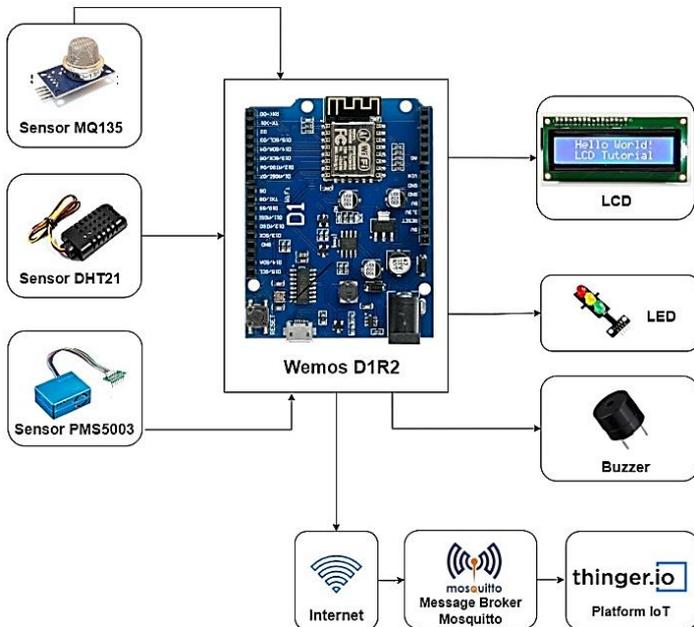
Gambar 33. Pengukuran suhu



Gambar 34. Pengukuran kelembaban

Rancangan Produk

Skema jaringan sistem pengukuran partikel debu dan suhu udara berbasis *MQTT Server* menggunakan *mikrokontroler* ESP82666 terkoneksi ke jaringan internet. Hasil pembacaan sensor-sensor: debu, suhu, akan diterima oleh ESP8266. Data ini juga akan dikirimkan melalui internet dan ditampilkan di *website Thinger.io*. Untuk melakukan kalkulasi dari pengukuran Sensor MQ135, Sensor PMS5003 dan Sensor DHT21, data-data tersebut dikirimkan ke module *Wi-Fi* ESP8266.



Gambar 35. Blok Diagram Alat

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

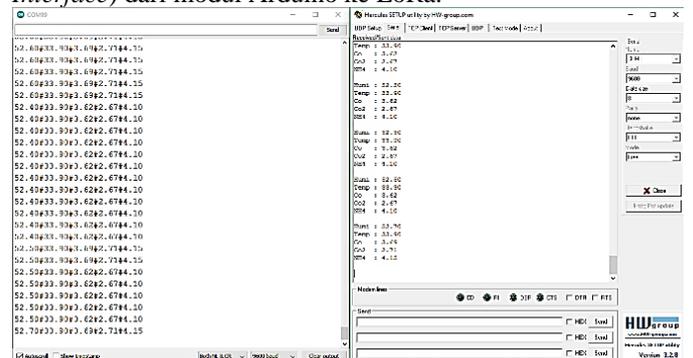
Hasil penelitian awal diketahui bahwa komunikasi nirkabel pada modul LoRa dapat mengirimkan data sejauh 3,7 km secara linier (searah) dengan *bandwidth* jaringan paling besar 4,8Mbps dan paling kecil sebesar 2,6Kbps. Semakin jauh pengiriman data sensor, maka *bandwidth* yang diperlukan pun semakin besar.

Tabel 6. Pengujian Awal

No.	Uji Kasus	Hasil yang Diperoleh
1.	Pengujian pada node gateway <i>ESP8266</i> .	Dapat menghubungkan Modul Node Gateway ke jaringan internet.
2.	Pengujian input Sensor Gas untuk Sensor MQ135.	Dapat berjalan dan berfungsi dengan baik.
3.	Pengujian input Sensor Suhu dan Kelembaban untuk Sensor DHT21.	Dapat berjalan dan berfungsi dengan baik.
4.	Pengujian input Sensor Debu untuk Sensor PMS5003.	Dapat berjalan dan berfungsi dengan baik, hasil pembacaan sensor responsif.
5.	Pengujian <i>Dashboard Thinger.io</i> .	Dapat menampilkan data-data yang sudah di program kedalam <i>dashboard</i> .

LoRa Sender

Node sensor, proses pengiriman/komunikasi data menggunakan Pin SPI (*Serial Peripheral Interface*) dari modul Arduino ke LoRa.



Gambar 36. Komunikasi Data LoRa Sender

LoRa Receiver dan Node Gateway (G1 > LoRa & RS232)

Data yang diterima dari *node* sensor, dikirimkan ke komunikasi data RS232 dari *slave* (pengirim [G1]) > *master* (penerima [G2]) secara *simplex*. Kemudian data yang diterima di-*parsing* untuk dikirimkan ke *gateway*. Proses pengiriman dilakukan di beberapa titik.

Tabel 7. Hasil Komunikasi Data dari LoRa *Sender* (1)

Titik	Sensor MQ135 (Gas)		Sensor DHT21 (Kelembaban)
	PPM	Ket	RH %
1	3,74 ppm	Sehat	52,50 RH %
2	3,61 ppm	Sehat	52,50 RH %
3	3,13 ppm	Sehat	52,70 RH %
4	2,67 ppm	Sehat	55,1 RH %
5	2,71 ppm	Sehat	70,5 RH %

Tabel 8. Hasil Komunikasi Data dari LoRa *Sender* (2)

Titik	Sensor DHT21 (Suhu)		Sensor PMS5003 (Kepekatan Debu)			
	Normal	Tidak Normal	PM 2,5 ug/m ³	Ket	PM 10 ug/m ³	Ket
1	30,7 °C	33,90 °C	77 ug/m ³	Sedang	80 ug/m ³	Sedang
2	31,1 °C	32 °C	72 ug/m ³	Sedang	83 ug/m ³	Sedang
3	29 °C	33,60 °C	74 ug/m ³	Sedang	83 ug/m ³	Sedang
4	31,9 °C	36 °C	80 ug/m ³	Sedang	88 ug/m ³	Sedang
5	29,9 °C	33,20 °C	72 ug/m ³	Sedang	85 ug/m ³	Sedang

Komunikasi RS232

Pengiriman dari Node Sensor (*transmitter*), mengirimkan data ke Node Process (*receiver*) yang menggunakan *port serial* RS232 melalui LoRa. Setelah mendapatkan data, *receiver* melakukan pengiriman ulang ke *server* untuk divisualisasikan di aplikasi, kemudian *server* juga melakukan permintaan ulang data pada *receiver*. Proses dari *receiver* > *server* maupun sebaliknya, dilakukan secara *half duplex* yang dapat ditransmisikan atau diterima secara dua arah tapi tidak dapat secara bersama-sama.

MQTT Server

ESP8266 akan mengirimkan *topic* bernama */temp/subs/* dan */humidity/subs/* hanya sebagai sistem pilot ke dalam *MQTT Broker*. Sensor mengirim data ke *MQTT Broker* yang mana setiap *devices* yang *subscribe* ke *MQTT Broker*, akan diberikan data dari sensor dan datanya secara *real time*.

Hasil Penelitian Akhir

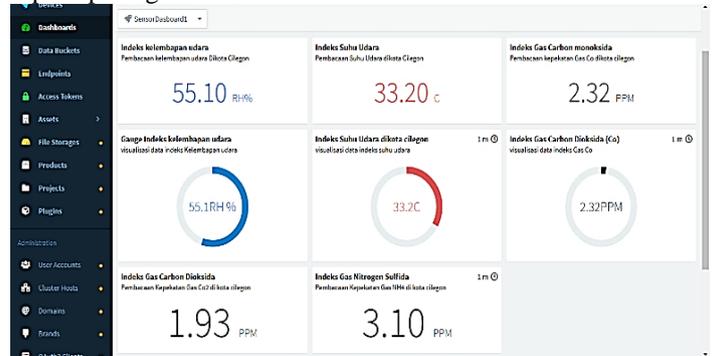
Dalam penelitian ini didapatkan data sensor melalui proses komunikasi data sebagai berikut berdasarkan tabel 9.

Tabel 9. Hasil pengujian Alat

No.	Jenis Komponen	Normal	Tidak Normal
1.	Sensor MQ135	Gas pada udara (0-10 ppm)	Gas pada udara (> 0-10 ppm)
2.	Sensor PMS5003	Partikel Debu (0-100 mikron)	Partikel Debu (> 100 mikron)
3.	Sensor DHT21	Suhu pada udara (21-33 °C)	Suhu pada udara (> 33 °C)
4.	<i>Buzzer</i>	Alarm diam	Alarm berbunyi
5.	LCD	Menampilkan hasil pengukuran	Menampilkan hasil pengukuran
6.	<i>LED</i>	<i>LED</i> hijau menyala	<i>LED</i> merah menyala

Pengujian Aplikasi

Tampilan akhir dari proses komunikasi data berupa tampilan visualisasi data sensor yang dapat di akses melalui *website Thinger.io* dan *MQTT Dash* seperti pada gambar 36.



Gambar 36. Tampilan Hasil Pengukuran Sensor pada *Thinger.io*.

Tampilan sistem pilot pada *MQTT Dash*.



Gambar 37. Tampilan Sistem Pilot *MQTT Dash*

Hasil Pengujian ESP8266

Pengujian ESP8266 ini menggunakan *smartphone* dengan hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Hasil Pengujian ESP8266

No.	Bandwidth	Kecepatan Transfer	Jarak	RSSI	Ket
1.	4,8 Mbps	44ms	250 m	-98	Terkirim
2.	970 Kbps	37ms	550 m	-115	Terkirim
3.	1,3 Mbps	50ms	1,7 km	-114	Terkirim
4.	26 Kbps	37ms	2,7 km	-114	Terkirim
5.	750 Kbps	51ms	3,7 km	-115	Terkirim

Hasil perbandingan antara protokol *MQTT Server* dengan *HTTPS* terlihat pada tabel 11.

Tabel 11. Perbandingan *HTTPS* dengan *MQTT*

No.	Kecepatan Transfer HTTPS	Kecepatan Transfer MQTT
1.	58,50 detik	15,34 detik
2.	24,63 detik	14,02 detik
3.	1 menit 17 detik	16,22 detik
4.	57,34 detik	23,14 detik
5.	45,41 detik	20,09 detik

Pembahasan

Dalam penggunaannya komunikasi dengan protokol *MQTT* lebih banyak dipakai daripada *HTTP*, karena protokol *MQTT* menggunakan daya yang lebih sedikit dari protokol *HTTP* pada setiap jamnya saat pengiriman data, artinya protokol *MQTT* dapat mengurangi konsumsi daya dan juga lebih cepat dari protokol *HTTP*. *MQTT* mengirim data sebagai *byte array* dengan model *publish/subscribe*, dimana ini cocok untuk perangkat dengan sumber daya terbatas dan lebih menghemat energi. Menurut pengukuran dengan jaringan 3G, *MQTT* 93 kali lebih cepat daripada *HTTP*. *MQTT* lebih cocok digunakan untuk *Internet of Things* yang bisa untuk mengirim lebih cepat dengan sumber daya *bandwidth* yang terbatas.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem *monitoring* polusi udara dan kepekatan debu dapat bekerja dengan baik dimana Sensor MQ135 dapat mengukur gas udara pada kisaran 1-10 ppm, Sensor DHT21 dapat mengukur suhu udara pada kisaran 29°C-33°C, Sensor PMS5003 dapat mengukur kepekatan debu pada udara dan diketahui jika hasil perbandingan sensor PMS5003 dengan data-data analisa oleh Dinas Lingkungan Hidup memiliki perbedaan yang sangat tinggi pada pengukuran partikel PM 10 dan perbandingan pengukuran partikel PM 2,5 tidak begitu jauh. Dari pengujian pengiriman data informasi ke *prototype* ke *website Thinger.io* telah dilakukan pengujian sebanyak 5 kali dan membutuhkan 4,8 Mbps dengan kecepatan transfer 44ms. Dengan menggunakan perangkat ESP8266, sensor PMS5003, sensor DHT21 serta aplikasi *MQTT Dash* pada *smartphone* dan *website Thinger.io* proses pengukuran polusi udara dan

kepekatan debu dapat dilakukan dari jarak jauh dengan memanfaatkan jaringan internet.

V. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Sistem pengukuran partikel debu dan suhu udara ini memerlukan ESP8266 sebagai mikrokontroler, LCD 20x4 sebagai tampilan *output* hasil pengukuran, Sensor MQ135 untuk mengukur gas pada udara, Sensor PMS5003 untuk mengukur kepekatan debu, Sensor DHT21 untuk mengukur suhu dan kelembaban, LED dan *Buzzer* sebagai indikator. *Arduino IDE* untuk pemrograman, *Thinger.io* sebagai visualisasi hasil pengukuran, *Mosquitto* sebagai *Message Broker*, *MQTT Dash* sebagai penampil hasil pengukuran suhu dan kelembaban, *Command Prompt* yang digunakan untuk melakukan test *ping*.
2. Sistem ini dapat memonitoring dan menampilkan data-data hasil pengukuran dengan nilai *bandwidth* minimal 4,8Mbps, kecepatan data transfer paling cepat 14,02 detik, jarak maksimal pengukuran dari titik ke titik 3,7 km.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya yaitu untuk penambahan perangkat, disarankan menggunakan *mini computer (Raspberry Pi 3B+)* supaya bisa lebih mengoptimalkan perangkat yang belum terancang menjadi satu.

DAFTAR PUSTAKA

Christian, J., & Komar, N. (2013). Prototipe Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Sensor Gas MQ2, Board Arduino Duemilanove, Buzzer, dan Arduino GSM Shield pada PT. Alfa Retailindo (Carrefour Pasar Minggu). *Jurnal Ticom*, 2(1), 58–64.

Cindewiyani. (2006). *Kondisi kualitas udara kota cilegon sebagai bahan pertimbangan pembangunan hutan kota*. 1–67.

Hasibuan, A. Z., Asih, M. S., & Faisal, I. (2020). *Sistem Monitoring Suhu Udara Dan Kelembaban Monitoring System of Air Temperature and Air*. 01(02).

Helman, Z. (2021). Prototipe Sistem Pemantau Kualitas Udara Berbasis Raspberry Pi. *Spektral*, 2(2), 58–63. <https://doi.org/10.32722/spektral.v2i2.4127>

- Indahwati, E., & Nurhayati. (2012). Rancang Bangun Alat Pengukur Konsentrasi Gas Karbon Monoksida(CO) Menggunakan Sensor Gas MQ-135 Berbasis Mikrokontroler Dengan Komunikasi Serial USART. *Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), 12–21.
- Irmayani, A., Asrul, & Kaliky, Nur, M. (2020). Rancang Bangun Ayakan Mesin Pengereng Cengkeh. *Jutkel: Jurnal Telekomunikasi, Kendali Dan Listrik*, 1(1), 44–51.
- Leonita, E., & Jalinus, N. (2018). Peran Media Sosial Dalam Upaya Promosi Kesehatan: Tinjauan Literatur. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 18(2), 25–34. <https://doi.org/10.24036/invotek.v18i2.261>
- Mursinto, D., Kusumawardani, D., (2016). Estimasi Dampak Ekonomi dari Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan di Indonesia Info Artikel Estimating The Economic Impact Of Air Pollution On Health In Indonesia. *Kemas*, 11(2), 163172.
- Nirwan, S., & MS, H. (2020). Rancang Bangun Aplikasi Untuk Prototipe Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Pada Peralatan Elektronik Berbasis Pzem-004T. *Teknik Informatika*, 12(2), 22–28.
- Nusyirwan, D. (2019). “Fun Book” Rak Buku Otomatis Berbasis Arduino Dan Bluetooth Pada Perpustakaan Untuk Meningkatkan Kualitas Siswa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Dan Kejuruan*, 12(2), 94. <https://doi.org/10.20961/jiptek.v12i2.31140>
- Ppg, I. T. (2021). *Sistem Pemantauan Ketebalan Debu & Suhu Pada Ruangan Menggunakan Aplikasi Telegram Berbasis IoT*. 8(4).
- Prahardis, R., Syauqi, D., & Akbar, S. R. (2018). Implementasi Sistem Monitoring Polusi Udara Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara Dengan Pemodelan Finite State Machine. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(9).
- Prasetyo, D., Lamada, I., & Adzillah, W. N. (2021). *Implementasi Monitoring Kualitas Udara menggunakan MQ-7 dan MQ-131 Berbasis Internet of Things*. 15(3).
- Purbakawaca, R., Sawitri, K. N., Rido, M., Irvan, A., Kumala, O. L., Nurjaman, J., Zebua, H. K., Andini, E. F., & Amalia, L. (2018). Rancang Bangun Alat Ukur Pm10 Rendah Biaya Menggunakan Sensor Debu Gp2Y1010Au0F. *Journal Online of Physics*, 3(1), 6–13. <https://doi.org/10.22437/jop.v3i1.4390>
- Roihan, A., Permana, A., & Mila, D. (2016). Monitoring Kebocoran Gas Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno dan ESP8266 Berbasis Internet Of Things. *ICIT Journal*, 2(2), 170–183.
- Samsinar, R., Fikri, I., & Fadliandi, F. (2021). Perancangan dan Implementasi Alat Pengukur Tingkat Polusi Udara Karbon Monoksida dan Debu Berbasis Website Menggunakan Raspberry Pi. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 4(1), 69.
- Saputra, G. Y., Afrizal, A. D., Mahfud, F. K. R., Pribadi, F. A., & Pamungkas, F. J. (2017). Penerapan Protokol MQTT Pada Teknologi Wan (Studi Kasus Sistem Parkir Univeristas Brawijaya). *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 12(2), 69. <https://doi.org/10.30872/jim.v12i2.653>
- Sawidin, S., Putung, Y. R., Waroh, A. P., Marsela, T., Sorongan, Y. H., Asa, C. P., Teknik, J., Politeknik, E., Manado, N., & 95252, M. (2021). Kontrol dan Monitoring Sistem Smart Home Menggunakan WebThing.io Berbasis IoT. *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 464–471. www.arduino.cc
- Sidik, M. F., & Rahmad, I. F. (2021). Monitoring Kondisi Udara Di Kota Medan Dengan Pendekatan Fuzzy Logic Berbasis Internet of Things (IoT). *It (Informatic Technique) Journal*, 8(1), 73–80.
- Sinolungan, J. (2013). Dampak Polusi Partikel Debu Dan Gas Kendaraan Bermotor Pada Volume Dan Kapasitas Paru. *Jurnal Biomedik (Jbm)*, 1(2).
- Sutarna, N., Fatah, M., Radila, Z., & Wicaksana, H. B. (2022). Sistem Pengukuran Kualitas Udara (CO, O3, PM10) Jarak Jauh Berbasis Arduino Dan Android Studio. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 7, 102–107.
- Syahrorini, S., & Hadidjaja, D. (2020). Aplikasi Alat Ukur Partikulat Dan Suhu Berbasis Iot. *Dinamik*, 25(1), 1–9. U.S. Environmental Protection Agency. (1994). *National Air Quality and Emissions Trends Report, 1993. March*.
- Yunita, Y., Nurhuda, A., Rosita, D., Yusika, A., Salmon, S., & Fauzi, R. (2021). Rancang Bangun Alat Monitoring Radioaktivitas Kadar Polusi Udara. *Sebatik*, 25(1), 279–285. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v25i1.1251>
- Zubair, A., Samang, L., Selintung, M., & Usman, H. (2013). *Seminar Nasional III Teknik Sipil 2013 Universitas Muhammadiyah Surakarta Studi Tingkat Pencemaran Udara di Kota Makassar. 2008, 233–238*.