

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar

Untuk memastikan penelitian ini dapat dilaksanakan dengan lancar tanpa hambatan, diperlukan dasar teori yang kokoh yang didapatkan dari berbagai sumber referensi yang ada. Hal ini bertujuan agar penulisan mengenai teori yang digunakan menjadi lebih jelas dan terarah dalam mendukung jalannya penelitian. Berikut ini adalah beberapa teori dasar yang digunakan oleh penulis :

2.1.1 Polusi Udara

Polusi udara merujuk pada keberadaan Zat-zat fisik, kimia, atau biologis yang terkandung dalam atmosfer dalam jumlah tertentu dapat menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia, hewan, dan tumbuhan, serta dapat mengganggu kenyamanan dan estetika, atau menyebabkan kerusakan pada properti. Polusi udara, baik di dalam ruangan maupun di luar ruangan, dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap kesehatan manusia, dengan dampak yang sama buruknya (Rosa et al., 2020). Beberapa nilai aman untuk faktor-faktor yang akan diukur menggunakan alat ini adalah sebagai berikut :

1. LPG (Liquefied Petroleum Gas)

Tingkat paparan gas LPG yang masih aman untuk waktu singkat adalah 1000 ppm.

2. Karbon Dioksida (CO₂)

Kisaran 400-600 ppm ini tipikal untuk udara luar ruangan dan menunjukkan kualitas udara yang normal dan sehat. Kisaran 600-1000 ppm ini umum

terjadi di lingkungan dalam ruangan yang terdapat banyak orang, seperti rumah, kantor, dan sekolah. *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) menyarankan batas aman CO₂ sebesar <5000 ppm untuk paparan panjang selama 8 jam.

3. Debu / Partikulat

Mengacu pada standar pedoman lingkungan seperti WHO untuk kualitas udara yakni, Baik: $\leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan Berbahaya: $> 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.1.2 Internet Of Things (IoT)

Perkembangan internet telah mengalami pertumbuhan pesat, melampaui kemajuan teknologi lainnya. Dari awalnya hanya menghubungkan beberapa komputer hingga kini menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan sehari-hari dan dapat diakses hampir oleh siapa saja di seluruh dunia. Konsep *Internet of Things* (IoT) muncul sebagai upaya Untuk mengoptimalkan manfaat konektivitas internet secara berkelanjutan, hal ini memungkinkan pengelolaan, interaksi, dan kolaborasi antara berbagai perangkat keras. Melalui IoT, berbagai objek fisik dapat terhubung ke internet, baik melalui koneksi internet maupun komunikasi antar mesin (M2M), membuka peluang baru untuk berbagi data dan memvirtualisasikan realitas ke dalam bentuk internet (Pradana & Arnomo, 2023).

2.1.3 Kualitas Udara Dalam Ruangan

Menurut (Rumampuk et al., 2021) Dampak dari Pencemaran udara didalam ruangan dapat memengaruhi kesehatan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Faktor-faktor yang memengaruhi kondisi udara dalam ruangan meliputi berbagai aktivitas, seperti Pemakaian energi yang tidak mendukung kelestarian

lingkungan, merokok di dalam ruangan, serta pemakaian pestisida, bahan kimia pembersih dan kosmetik. Zat-zat kimia ini dapat melepaskan Zat pencemar yang dapat bertahan lama di dalam ruangan.

2.1.4 Part Per Million (PPM)

Part per million (PPM) merupakan satuan yang digunakan untuk mengukur jumlah relatif suatu senyawa dalam larutan atau sistem lainnya. Contoh penggunaannya termasuk menentukan kadar garam di air laut, tingkat pencemaran di sungai, atau kandungan yodium pada garam. Istilah "*part per million*" menunjukkan bahwa konsentrasi senyawa tersebut diukur sebagai perbandingan antara jumlah senyawa tersebut terhadap satu juta bagian dari sistem tersebut (Salasa et al., 2021).

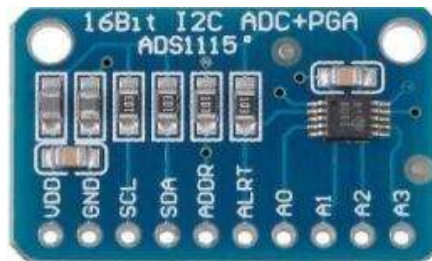
2.1.5 Modul Ads1115

ADS1115 adalah modul konverter analog ke digital dengan resolusi 16-bit dan laju pembacaan mencapai 860 sampel per detik. Modul ini dilengkapi dengan *multiplexer* (MUX) yang mendukung dua mode operasi, yaitu *single-ended* dan *differential*. Pada mode *single-ended*, input dihubungkan ke masing-masing pin, sedangkan pada mode *differential*, modul menggunakan dua *input* yang terhubung pada dua pin. Selain itu, data pada modul ini ditransfer melalui antarmuka I2C (Prayoga & Nuralam, 2022).

Modul Ads1115 berfungsi untuk mengonversi sinyal analog menjadi digital yang dapat dibaca oleh ESP8266. Karena fitur *multiplexer* pada ADS1115

memungkinkan penggunaan beberapa sensor secara bersamaan dalam satu sistem..

Adapun gambar modul ads1115 terdapat pada Gambar 2.1 berikut ini :



Gambar 2. 1 Modul Ads1115
Sumber: (Prayoga & Nuralam, 2022)

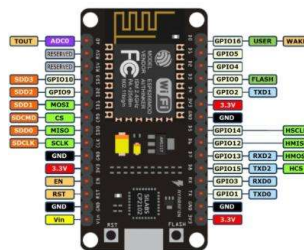
2.1.6 NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 Adalah sebuah papan elektronik yang mengandalkan chip ESP8266, yang memiliki fitur kemampuan sebagai mikrokontroler serta menyediakan konektivitas WiFi. Papan ini dilengkapi dengan sejumlah pin I/O yang memungkinkan pembuatan aplikasi untuk pemantauan dan pengendalian dalam proyek-proyek IoT. NodeMCU ESP8266 bisa diprogram melalui Arduino IDE dengan menggunakan kompilator Arduino. Papan ini juga memiliki port USB mini, sehingga memudahkan proses pemrograman. Modul ini merupakan pengembangan dari platform IoT berbasis ESP8266, khususnya tipe ESP-12 (Fadli & Safrianti, 2020).

NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai modul mikrokontroler berbasis Wi-Fi dalam proyek sistem deteksi polusi udara berbasis IoT. Dengan kemampuan konektivitas nirkabelnya, NodeMCU memungkinkan sistem untuk mengirimkan

data yang dikumpulkan dari sensor secara *real-time* ke server atau platform cloud untuk pemantauan dan analisis lebih lanjut.

NodeMCU ESP8266 memudahkan integrasi dengan berbagai sensor, seperti MQ-2, MQ-135, dan GP2Y1010AU0F, serta mendukung pemrograman menggunakan bahasa pemrograman Luas atau Arduino. Keberadaan modul ini juga memungkinkan implementasi fitur seperti pengiriman notifikasi kepada pengguna melalui aplikasi atau platform online ketika kadar polusi melebihi ambang batas yang ditetapkan. Selain itu, NodeMCU juga mendukung pengaturan dan kontrol jarak jauh, memberikan kemudahan bagi pengguna dalam memantau kualitas udara dari mana saja. Adapun gambar rangkaian NodeMCU ESP8266 terdapat pada Gambar 2.2 berikut ini :



Gambar 2. 2 NodeMCU ESP8266
Sumber : (Kumoro Yakti, 2021)

2.1.7 Sensor MQ-2

Sensor gas ini digunakan dalam sistem pemantauan kualitas udara di bangunan atau kantor, dan sangat efektif untuk mendeteksi senyawa seperti NH₃, NO_x, alkohol, benzena, asap, CO, dan lainnya. Sensor ini bekerja dengan

mendeteksi keberadaan gas dan memberikan nilai yang sesuai dengan konsentrasi gas yang terdeteksi (Nova et al., 2021).

Sensor MQ-2 memiliki peran penting untuk mendeteksi keberadaan gas yang mudah terbakar, seperti LPG, hidrogen, metana, dan juga asap. Sensor ini efektif untuk mengidentifikasi potensi kebocoran gas dan tingkat konsentrasi gas-gas tersebut di udara, menjadikannya komponen penting dalam pemantauan polusi udara dan keamanan lingkungan. Adapun gambar Sensor MQ-2 terdapat pada Gambar 2.3 berikut ini :



Gambar 2. 3 Sensor MQ-2
Sumber : (Hasibuan & R, 2020)

2.1.8 Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 merupakan Tipe sensor gas yang peka terhadap senyawa seperti NH_3 , NO_x , alkohol, benzol, asap (CO), CO_2 , dan lainnya. Sensor ini beroperasi dengan mendeteksi perubahan resistansi (analog) saat terpapar gas. Dikenal memiliki daya tahan yang baik, sensor ini sering digunakan sebagai indikator bahaya polusi karena efisien dan hemat daya. Sensitivitas sensor diatur

oleh nilai resistansi dari MQ-135 yang bervariasi sesuai dengan konsentrasi gas (Rosa et al., 2020).

Sensor MQ-135 berguna dalam proyek sistem deteksi polusi udara berbasis IoT untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi gas berbahaya di udara, seperti amonia, nitrogen oksida, alkohol, benzena, asap, dan karbon dioksida. Sensor ini sangat sensitif terhadap polutan umum, sehingga ideal untuk memantau kualitas udara secara keseluruhan. MQ-135 menghasilkan output yang dapat diolah oleh mikrokontroler untuk menentukan tingkat polusi udara di lingkungan sekitar. Adapun gambar komponen ini terdapat pada Gambar 2.4 berikut ini :



Gambar 2. 4 Sensor MQ-135
Sumber : (Rosa et al., 2020)

2.1.9 Sensor Debu GP2Y1010AU0F

Sensor GP2Y1010AU0F beroperasi dengan mendeteksi debu atau partikel lainnya melalui pantulan cahaya ke penerima. Cahaya dipantulkan oleh partikel yang melewati sensor, kemudian diubah menjadi tegangan oleh fotodioda. Sensor debu GP2Y1010AU0F menggunakan teknologi inframerah untuk mendeteksi partikel. Prinsip kerjanya adalah memanfaatkan cahaya yang dipantulkan oleh partikel di permukaan, yang kemudian dikonversi menjadi sinyal listrik oleh fotodioda. Untuk membaca perubahan ini, tegangan perlu diperkuat. Keluaran

sensor berupa tegangan analog yang sebanding dengan densitas debu yang terdeteksi, dengan sensitivitas 0,5 V per 0,1 mg/m³. Contohnya, tegangan akan meningkat sebesar 0,5 V untuk setiap kenaikan kepadatan debu sebesar 0,1 mg/m³. (Syeha Maulana et al., 2021). Adapun gambar komponen ini terdapat pada Gambar 2.5 berikut ini :



Gambar 2. 5 Sensor Debu GP2Y1010AU0F
Sumber : (Syeha Maulana et al., 2021)

2.1.10 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan tipe layar tampilan yang memanfaatkan kristal cair untuk menghasilkan gambar yang dapat dilihat. Teknologi LCD memungkinkan perangkat elektronik memiliki ketebalan yang lebih ramping dibandingkan dengan teknologi CRT (*Cathode Ray Tube*). LCD banyak digunakan dalam perancangan sistem berbasis mikrokontroler, untuk memvisualisasikan nilai sensor, teks, atau menu dalam aplikasi mikrokontroler. Dalam penelitian ini, digunakan LCD 16x2, yang memiliki dua baris dan enam belas kolom, serta 16 pin konektor (Salasa et al., 2021).

LCD berfungsi sebagai antarmuka visual untuk menampilkan data kualitas udara secara langsung, seperti kadar polutan yang terdeteksi oleh sensor. Dengan

adanya LCD, pengguna dapat memantau hasil pengukuran dalam waktu nyata tanpa perlu terhubung ke perangkat eksternal lainnya. LCD memudahkan verifikasi data di lokasi serta membantu dalam pemantauan cepat saat terjadi perubahan tingkat polusi udara. Selain itu, tampilan ini meningkatkan aksesibilitas sistem, menjadikannya lebih praktis dan *user-friendly* bagi pengguna yang ingin memeriksa data langsung pada perangkat deteksi. Adapun gambar LCD terdapat pada Gambar 2.6 berikut ini :



Gambar 2. 6 LCD 16x2
Sumber : (Salasa et al., 2021)

2.1.11 Buzzer

Buzzer yaitu sebuah perangkat elektronik yang memiliki peran penting dalam mengubah energi listrik menjadi suara. Kumparan dan diafragma adalah dua komponen utama penyusun buzzer. Ketika kumparan diberi aliran arus listrik, kumparan tersebut berfungsi sebagai magnet listrik yang bergerak, baik mendekat maupun menjauh dari magnet, tergantung pada arah aliran arus listrik dan bagaimana magnet tersebut diatur kutubnya. Pergerakan kumparan yang terhubung dengan diafragma menyebabkan pergerakan sering dimanfaatkan sebagai tanda untuk memberikan indikasi bahwa proses telah tuntas atau perangkat mengalami gangguan (misalnya alarm). (Nur Alfian & Ramadhan, 2022).

Buzzer berperan sebagai alat pemberi sinyal suara yang menyampaikan informasi kepada pengguna ketika terjadi kondisi tertentu, seperti tingkat polusi udara yang melebihi batas aman. Buzzer akan memberikan suara yang jelas dan terdengar, baik saat kualitas udara buruk atau untuk menandakan bahwa data berhasil dikirim ke server atau cloud, sehingga membantu pengguna untuk segera mengambil tindakan sesuai dengan situasi yang terdeteksi oleh sistem IoT. Adapun gambar Buzzer terdapat pada Gambar 2.7 berikut ini:



Gambar 2. 7 Buzzer

Sumber : (Nur Alfian & Ramadhan, 2022)

2.1.12 Arduino *Integrated Development Environment* (IDE)

Arduino IDE merupakan sebuah platform terintegrasi yang berguna untuk melakukan pengembangan perangkat lunak. IDE ini digunakan untuk memprogram Arduino dengan sintaks Bahasa pemrograman Arduino yang mirip dengan bahasa C, dikenal dengan nama Sketch. Bahasa ini telah disederhanakan untuk memudahkan pemahaman bagi pemula, dibandingkan dengan bahasa C yang asli. Arduino IDE sendiri dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman JAVA dan dilengkapi dengan library C/C++, yang dikenal sebagai Wiring, untuk mempermudah operasi *input* dan *output*. Arduino IDE sebenarnya merupakan

modifikasi dari perangkat lunak *Processing* yang disesuaikan khusus untuk pemrograman dengan Arduino (Purwanto et al., 2024).

Arduino IDE sangat penting dalam proyek ini, yaitu untuk mengembangkan, menguji, dan mengunggah kode ke mikrokontroler yang mengelola sensor dan modul komunikasi. Arduino IDE memungkinkan penulisan program yang mengatur sensor polusi untuk mengumpulkan data, memproses informasi, dan mengirim hasilnya melalui jaringan ke aplikasi atau platform yang digunakan. Tampilan awal dari Arduino IDE ditunjukkan pada Gambar 2.8 berikut ini :



Gambar 2. 8 Arduino IDE
Sumber : (Sari & Waliyuddin, 2021)

2.1.13 Telegram

Telegram merupakan aplikasi pesan yang memungkinkan pengiriman pesan teks, berbagi foto, video, audio, dan bertukar file yang dienkripsi. Tak hanya itu, telegram juga bisa diakses secara bersamaan di berbagai platform (Sari & Waliyuddin, 2021).

Aplikasi Telegram didapatkan tanpa biaya melalui Play Store atau App Store, sesuai dengan perangkat yang digunakan oleh pengguna. Aplikasi ini dapat digunakan sebagai platform komunikasi antara perangkat dan pengguna melalui bot Telegram yang dirancang untuk mengirimkan data secara otomatis dari alat deteksi. Data *real-time* yang dikirimkan, seperti kadar polutan atau kondisi kualitas udara, memungkinkan pengguna menerima notifikasi segera terkait perubahan tingkat polusi di area yang diawasi.

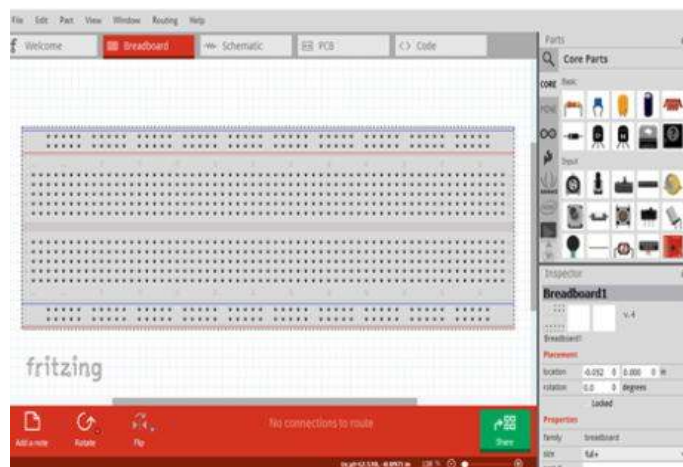
Telegram juga memungkinkan pengguna untuk memantau data historis atau mendapatkan laporan berkala melalui pesan. Dengan fitur enkripsi dan keamanan, Telegram memastikan informasi tetap terjaga dan dapat diakses dengan mudah kapan pun dibutuhkan, baik untuk analisis data maupun sebagai sistem peringatan dini bagi pengguna.

2.1.14 Fritzing

Fritzing adalah Perangkat lunak yang dapat diunduh tanpa biaya dan merupakan aplikasi sumber terbuka yang dikembangkan oleh komunitas daring. Versi Fritzing 0.9 dan yang lebih baru memungkinkan pengguna untuk merancang PCB dua sisi. Selain itu, Kelebihan Fritzing adalah kemudahan penggunaannya yang membuatnya populer (Purnomo, 2020).

Aplikasi Fritzing berguna untuk merancang dan mendokumentasikan rangkaian elektronik perangkat deteksi. Dengan Fritzing, desain rangkaian alat dapat dibuat secara visual sehingga memudahkan dalam memahami susunan komponen seperti sensor, modul komunikasi, dan mikrokontroler yang digunakan.

Fritzing memungkinkan pembuatan diagram skematik dan tata letak papan sirkuit yang rapi dan terstruktur, membantu memastikan rangkaian bebas dari kesalahan sebelum perakitan fisik dilakukan. Selain itu, diagram yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dokumentasi teknis dalam skripsi untuk memperjelas bagaimana komponen bekerja bersama dalam sistem deteksi polusi udara. Adapun tampilan awal Fritzing terdapat pada Gambar 2.9 berikut ini:

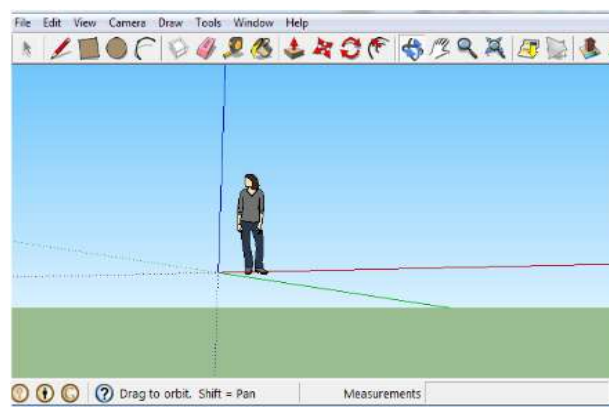


Gambar 2. 9 Fritzing
Sumber : (Purnomo, 2020)

2.1.15 SketchUp

SketchUp adalah *software* yang memungkinkan pengguna untuk membuat model objek baik dalam dimensi 2D maupun 3D. Software ini populer karena berbagai fitur yang beragam dan kemudahan operasinya. Google SketchUp digunakan luas dalam berbagai sektor, seperti pendidikan sebagai sarana pembelajaran, desain arsitektur, dan perencanaan tata kota di sebuah negara (Purnomo, 2020).

SketchUp berguna dalam proyek sistem deteksi polusi udara berbasis IoT untuk merancang visualisasi alat atau perangkat keras. SketchUp digunakan untuk membuat model casing atau housing alat yang melindungi sensor dan modul komunikasi dari lingkungan sekitar. Selain itu, SketchUp mempermudah dalam memetakan tata letak komponen elektronik agar alat berfungsi optimal sesuai dengan kebutuhan ruang. Aplikasi ini juga memungkinkan simulasi penempatan alat di berbagai lokasi, memastikan tidak terhalang oleh objek lain yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran. Desain tiga dimensi ini sangat bermanfaat untuk memperjelas dokumentasi serta meningkatkan kualitas presentasi proyek. Berikut ini adalah tampilan awal dari SketchUp yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 :



Gambar 2. 10 SketchUp
Sumber : (Purnomo, 2020)

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dibangun berdasarkan kajian terhadap sejumlah penelitian terdahulu yang memiliki kesamaan tema. Beberapa di antaranya adalah:

1. Menurut (Sumiharto et al., 2019) dalam jurnalnya yang berjudul “Metode Routing Protokol LEACH pada Jaringan Sensor Nirkabel Studi Kasus Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembaban Udara” dengan ISSN: 2460-7681. Metode penelitian yang digunakan adalah implementasi algoritme LEACH pada jaringan sensor nirkabel, Hasil Dalam penelitian ini, algoritma LEACH diterapkan pada sebuah sistem yang terdiri dari sembilan node sensor dan sebuah *node sink*. Setiap *node* sensor tersebut bertugas untuk memantau suhu dan kelembaban udara di sekitarnya. Dalam pengujian sistem, jumlah cuplikan data pada setiap siklus pemilihan *cluster head* (CH) dalam algoritma LEACH menjadi variabel yang diamati. Hasilnya menunjukkan bahwa penerapan algoritma LEACH berkontribusi pada peningkatan umur jaringan.
2. Menurut (Bhawiyuga & Yahya, 2019) dalam jurnalnya yang berjudul “Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Budidaya Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis Protokol Lora” dengan e-ISSN: 2528-6579. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, dengan teknik meliputi perancangan sistem pemantauan kualitas air kolam berbasis IoT menggunakan protokol LoRa, dengan node sensor, gateway, dan pusat data. Hasil Dalam penelitian ini, dikembangkannya sebuah sistem yang berfungsi untuk memantau kondisi air kolam budidaya ikan, dengan fokus pada pengukuran tingkat kejernihan, PH, kadar oksigen terlarut dan temperatur. Hasil pengujian fungsionalitas menunjukkan bahwa sistem yang dibangun mampu memberikan data dan merespons setiap perubahan

pada lingkungan yang dipantau. Hasil pengujian kinerja LoRa menunjukkan bahwa jarak pengiriman mempengaruhi delay dengan nilai yang tidak signifikan.

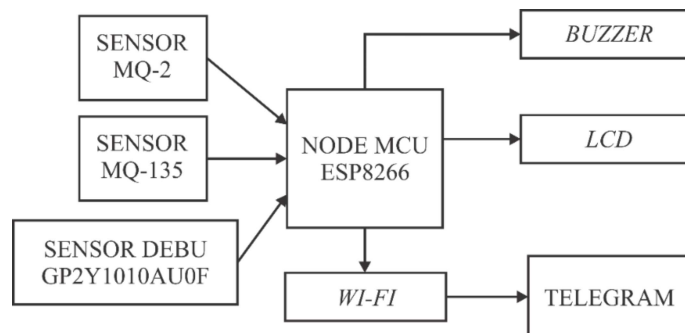
3. Menurut (Andrizal et al., 2020) dalam jurnalnya yang berjudul "Sistem Kontrol Berbasis Pemrograman LabVIEW MyRIO untuk Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan" dengan ISSN: 2580-0760. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, dengan teknik perancangan dan pengujian sistem kontrol berbasis LabVIEW menggunakan myRIO. Hasil Pada penelitian ini adalah sistem yang mampu mendeteksi atau memonitor kadar CO dan CO₂ didalam ruangan secara realtime. Disamping itu sistem ini juga mampu mengaktifkan pembersih udara secara otomatis untuk membersihkan udara ruangan agar kembali berada pada batas ambang atau setting point yang ditentukan ketika terjadi peningkatan kadar CO dan CO₂. Sistem ini menggunakan komponen utama atau pemroses berupa Modul FPGA myRIO dengan pemrograman grafis yang dikenal dengan LabVIEW.
4. Menurut (Jo et al., 2020) dalam jurnalnya yang berjudul "*Development of an IoT-Based Indoor Air Quality Monitoring Platform*" dengan Article ID: 8749-9764. Metode penelitian yang digunakan adalah Penelitian ini menggunakan metode pengembangan prototipe untuk merancang dan mengembangkan perangkat IoT yang disebut "*Smart-Air*". Hasil penelitian menunjukkan bahwa platform IoT ini dapat memonitor kualitas udara secara waktu nyata dengan data yang akurat terkait polutan seperti aerosol, VOC,

CO, CO₂, suhu, dan kelembapan. Sistem ini memberikan peringatan saat kualitas udara memburuk, memungkinkan tindakan cepat, serta meningkatkan efisiensi energi dengan mengoperasikan ventilasi dan pengendalian suhu hanya saat diperlukan. Selain itu, platform ini fleksibel dan dapat diperluas untuk berbagai lingkungan.

5. Menurut (Duesa & Sari, 2021) dalam jurnalnya yang berjudul “Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara Terhadap Karbon Monoksida dalam Ruangan Belajar Berbasis IoT” dengan ISSN: 2549-6824. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, yang meliputi perancangan, implementasi sensor dan modul komunikasi, serta pengujian akurasi sensor, waktu respons, dan efektivitas notifikasi sistem. Hasil Pada penelitian ini adalah Peneliti bisa bandingkan sensor kualitas udara dengan tipe MQ135 yang terhubung ke Blynk Apps dan Thingspeak produk komersial yang perangkatnya dibuat untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dan memiliki keuntungan tambahan untuk mengirim data *real-time* melalui internet.
6. Menurut (Subagiyo et al., 2023) dalam jurnalnya yang berjudul “Penghematan Daya Pada Sensor Node Sistem Monitoring Kualitas Udara” dengan ISSN: 2460-7681. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, yang meliputi perancangan sistem monitoring kualitas udara dengan fokus pada optimasi penggunaan daya pada sensor node, implementasi algoritme pengelolaan daya, dan pengujian kinerja sistem untuk mengukur efisiensi energi serta akurasi data sensor. Hasil Pada

penelitian ini adalah dimulai dengan inisialisasi sensor MQ7, MQ136, MQ135, MQ131, GP2Y1010AU0F, RTC dan LCD. Setelah itu, kelima modul sensor memberikan keluaran tegangan analog. Kemudian dari nilai tegangan analog yang sudah terbaca oleh ADC mikrokontroler akan dihitung nilai kadar gas (dalam satuan ppm) dan partikulat PM10 (dalam satuan $\mu\text{gram}/\text{m}^3$) sesuai dengan karakteristik masing-masing sensor. Setelah nilai parameter kualitas udara dari setiap sensor didapatkan, maka data tersebut akan di tampilkan pada LCD. Jika ingin menampilkan data pada LCD harus menekan tombol terlebih dahulu dan jika tombol tidak ditekan LCD tidak menampilkan data.

2.3 Kerangka Pemikiran



Gambar 2. 11 Kerangka Pemikiran

Sumber : (Data Penelitian, 2024)

Alur kerangka pemikiran pada penelitian ini, dimulai dengan masukan atau *input* polusi udara yang ada di dalam ruangan menggunakan sensor MQ-2 sebagai pendeteksi Gas LPG, sensor MQ-135 sebagai pendeteksi gas CO₂, dan sensor debu GP2Y1010AU0F sebagai pendeteksi debu. Kemudian akan diproses oleh oleh NodeMCU ESP826 yang dimana nantinya status polusi udara akan tampil pada

LCD dan juga dilanjutkan dengan diproses oleh NodeMCU ESP 8266 yang berfungsi untuk menghubungkan pada Wi-Fi atau internet. Sehingga, *output* status polusi udara yang sudah terdeteksi akan dapat dimonitoring melalui aplikasi telegram yang ada pada *smartphone*.