

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

2.1.1 Penelitian “Rancang Bangun Prototype Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan” oleh Milenia Ulwan Zafira, Khakim Ghozali, Irzal Ahmad Sabilla 2022

Pada penelitian ini telah dirancang sebuah alat pemantau kualitas udara secara *real-time* menggunakan *ThingsBoard*. Rancang bangun alat ini menggunakan teknologi seperti sensor gas MQ-4, sensor MQ-135, sensor MQ-7, Mikrokontroler Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266. Sistem ini menggunakan beberapa sensor untuk mendeteksi dan memantau kadar gas metana, karbon dioksida, karbon monoksida, dan asap untuk memonitoring kualitas udara yang terdapat didalam suatu ruangan.

Kesimpulan pada penelitian ini akan menghasilkan sistem mikrokontroler Arduino Uno yang mengirimkan data ke NodeMCU ESP8266 melalui komunikasi serial. Berdasarkan hasil deteksi 3 sensor, lalu NodeMCU mengirimkan data sensor secara *realtime* ke *ThingsBoard* melalui WiFi untuk divisualisasikan. Pengujian menunjukkan sistem berhasil memantau kadar gas metana, CO₂, CO, dan asap pada ruangan secara *realtime*.

2.1.2 Penelitian “Rancang Bangun Sistem Pemantau Kualitas Udara Menggunakan Arduino dan Lora Berbasis Jaringan Nirkabel” oleh M Ihaab Munabbih, Eko Didik Widiyanto, Yudi Eko Windarto, dan Erwan Yudi Indrasto 2020

Dalam penelitian ini, telah dikembangkan sebuah sistem pemantau kualitas udara berbasis jaringan sensor nirkabel yang memanfaatkan Arduino dan LoRa. Sistem ini menggunakan berbagai sensor, seperti TGS 2600 untuk mengukur kadar CO, TGS 2201 untuk mengukur kadar NO₂, GP2Y1010AU0F untuk mengukur kepadatan partikel debu, dan DHT11 untuk mengukur suhu serta kelembapan. Sistem ini memantau kualitas udara dari jarak jauh dan menampilkan data dalam bentuk Indeks Standar Pencemaran Udara pada aplikasi web.

Pengujian sistem menunjukkan bahwa pembacaan sensor akurat dan sistem berhasil mengirimkan data ke aplikasi web menggunakan komunikasi LoRa hingga jarak 300 meter tanpa kehilangan paket data (packet loss ratio sebesar 0%). Aplikasi web yang dikembangkan menyediakan informasi tentang kualitas udara

berdasarkan ISPU, serta memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengelola data dari berbagai node. Pada penelitian ini telah dirancang sebuah sistem pemantau kualitas udara dengan NodeMCU, yang menggunakan komponen tertentu dalam pembuatannya seperti resistor, LED, Buzzer, MQ-135, dan modul NodeMCU sebagai pengelola data yang kemudian dihubungkan ke *ThingSpeak*. Sistem pemantauan kualitas udara ini memberi peringatan yang berupa mengeluarkan bunyi peringatan, nyala LED, dan hasil kualitas udara yang akan tampil pada layar LCD 16x2 jika terdapat perubahan kualitas udara.

Dan hasil dari kualitas udara juga terdapat pada *ThingSpeak* yang dapat memudahkan pengguna untuk melihat kualitas udara dimana saja dan kapan saja. Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa jika terjadinya perubahan kualitas udara maka keluaran yang akan dihasilkan yaitu LED, *buzzer*, dan LCD, dan data yang dikirimkan ke *Thingspeak* sesuai dengan kualitas udara dari NodeMCU.

2.1.3 Penelitian “Rancang Bangun Sensor Node Pemantau Parameter Kualitas Udara” oleh Heri Subagiyo, Retno Tri Wahyuni, Memen Akbar, dan Fella Ulfa 2020

Penelitian ini menghasilkan rancangan dan realisasi sebuah sensor node yang terintegrasi untuk memantau parameter kualitas udara. Sensor node ini mampu mengukur konsentrasi gas pencemar seperti karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), ozon (O₃), serta partikulat debu berukuran $\leq 10\mu\text{m}$ (PM₁₀). Komponen utama yang digunakan meliputi mikrokontroler Arduino Uno, sensor gas MQ-7, MQ-131, MQ-135, MQ-136, sensor partikulat GP2Y1010AU0F, serta modul WiFi untuk mengirimkan data ke *server database*.

Pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa sistem pada sensor node dapat berfungsi dengan baik, dan data hasil pengukuran berhasil dikirimkan ke server. Nilai pengukuran parameter udara yang terbaca pada sensor sudah masuk ke dalam rentang batas nilai pengukuran masing-masing parameter, meskipun belum melalui pengujian akurasi. Untuk pengembangan selanjutnya, perlu dilakukan pengujian akurasi dan kalibrasi agar diperoleh data sensor yang lebih

akurat. Namun, secara keseluruhan, penelitian ini telah berhasil mengintegrasikan seluruh sensor parameter kualitas udara dalam satu sensor node dan mendemonstrasikan pengiriman data dari dua lokasi berbeda ke server database.

2.1.4 Penelitian “Rancang Bangun Alat Ukur Kualitas Udara (PM2.5, NO₂, CO) Berbasis IoT Menggunakan Sim800l dan Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Di Kota Tasikmalaya” oleh Saepul Anwar, Ari Yuliat, dan Rd. Yovi Manova

Penelitian ini mengembangkan alat ukur kualitas udara berbasis IoT yang menampilkan konsentrasi polutan PM2.5, NO₂, dan CO secara *real-time* pada LED Matrix P10. Alat ini menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560, sensor PMS5003 untuk PM2.5, sensor MICS6814 untuk NO₂ dan CO, serta modul SIM800L untuk mengirimkan data ke *Firebase* sebagai database IoT. Informasi yang ditampilkan pada LED Matrix berupa nilai polutan dan kategori kualitas udara berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor PMS5003 akurat dengan nilai kesalahan 2,86%. Sensor MICS6814 dapat mendeteksi CO dengan kesalahan 19,14%, namun belum dapat mengukur NO₂ dengan akurat. Secara keseluruhan, tingkat keberhasilan pembangunan alat adalah 75%. Penelitian selanjutnya disarankan untuk fokus pada pengkalibrasian sensor MICS6814 agar algoritma pemrogramannya lebih akurat serta mengembangkan sistem informasi berbasis *website* atau aplikasi.

2.1.5 Penelitian “ Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara dalam Ruang Berbasis *Internet of Things*” oleh Hendi Budianto dan Budi Sumanto 2024

Berdasarkan penelitian ini sistem pemantau kualitas udara untuk pengidap ISPA, beberapa studi telah menunjukkan pentingnya monitoring kualitas udara dalam ruangan secara *real-time*. Seperti yang dibahas dalam penelitian Budianto et al., kualitas udara yang buruk dapat berdampak signifikan terhadap kesehatan pernapasan, terutama bagi penderita ISPA yang sangat rentan terhadap perubahan kualitas udara. Sistem monitoring yang dirancang dalam penelitian tersebut menggunakan sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas CO₂, sensor MQ-7 untuk CO, sensor debu GP2Y1010AU0F untuk partikel debu, serta sensor DHT-22 untuk suhu

dan kelembaban. Penggunaan berbagai sensor ini memungkinkan pemantauan komprehensif terhadap parameter-parameter kualitas udara yang berpengaruh langsung terhadap kondisi penderita ISPA. Integrasi sistem dengan Internet of Things (IoT) memungkinkan akses data secara real-time, yang sangat bermanfaat bagi penderita ISPA untuk mengambil tindakan preventif segera ketika kualitas udara menurun.

Dalam penelitian ini menekankan pentingnya sistem peringatan dini dalam pemantauan kualitas udara, terutama bagi individu dengan kondisi kesehatan sensitif seperti penderita ISPA. Sistem yang mereka kembangkan menggunakan platform IoT online value of real time data (OvoRD) untuk menampilkan data dalam bentuk web, memungkinkan akses informasi yang cepat dan mudah. Fitur notifikasi yang diimplementasikan dalam sistem tersebut sangat relevan untuk penderita ISPA, karena dapat memberikan peringatan segera ketika terdeteksi penurunan kualitas udara yang dapat memicu gejala ISPA. Penggunaan visualisasi data dalam bentuk grafik dan tabel memudahkan interpretasi tren kualitas udara jangka panjang, yang dapat membantu penderita ISPA dan tenaga medis dalam memahami pola pemicu gejala dan merencanakan manajemen lingkungan yang lebih baik. Integrasi sistem semacam ini dengan perangkat mobile atau sistem notifikasi personal dapat lebih meningkatkan efektivitas pemantauan dan penanganan dini bagi penderita ISPA.

2.1.6 Penelitian “ Polusi Udara Dalam Rumah Terhadap Infeksi Saluran Pernafasan Akut pada Balita di TPA SukawinatanPalembang” oleh Rahmi Garmini dan Rachmadhi Purwana 2020

Penelitian ini membahas dampak polusi udara dalam rumah terhadap kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) pada balita di sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sukawinatan, Palembang, dengan prevalensi ISPA yang ditemukan sebesar 59,6%. Faktor-faktor seperti penggunaan obat anti nyamuk, keberadaan perokok di dalam rumah, ventilasi yang buruk, status gizi yang tidak memadai, serta status imunisasi yang tidak lengkap secara signifikan berhubungan dengan peningkatan risiko ISPA. Hal ini menyoroti pentingnya memperhatikan

kualitas udara di dalam rumah, yang dipengaruhi oleh kelembapan, temperatur, asap, dan gas yang dihasilkan dari berbagai sumber.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, ventilasi yang tidak memadai menjadi faktor risiko utama ISPA, mengingat ventilasi berperan penting dalam mengatur sirkulasi udara dan mengurangi polusi udara dalam ruangan. Oleh karena itu, selain meningkatkan ventilasi, sangat penting untuk memantau kualitas udara di dalam rumah menggunakan alat pemantau kualitas udara. Langkah ini, bersama dengan pengendalian kelembapan dan temperatur serta pengurangan sumber polusi seperti asap dari obat nyamuk dan rokok, dapat secara signifikan menurunkan risiko ISPA pada balita dan meningkatkan kualitas hidup di lingkungan tersebut.

2.2 Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA)

Menurut WHO, infeksi saluran pernapasan akut atau ISPA merupakan penyebab utama kematian dan mobilitas akibat penyakit menular. Hampir 4 juta orang meninggal karena infeksi saluran pernapasan akut setiap tahun, infeksi saluran pernapasan menyumbang 98% kematian. Tingkat kematian bayi, anak-anak, dan orang tua sangat tinggi, terutama di negara berpendapatan rendah dan menengah. salah satu penyebab paling umum untuk konsultasi atau perawatan di rumah sakit, terutama rumah sakit anak adalah infeksi pernapasan akut. (WHO, 2020).

Penyakit yang dikenal sebagai infeksi saluran pernapasan akut (ISPA) merupakan kondisi medis yang dapat berdampak pada berbagai bagian sistem pernapasan, mulai dari alveoli paru-paru hingga rongga hidung, serta bagian terkait seperti pleura, sinus, dan telinga tengah. Penyakit menular ini lebih sering menyerang orang tua, orang tua, dan anak-anak karena sistem kekebalan mereka belum berkembang sempurna. (Ariyanto, 2022).

Berbagai faktor dapat mempengaruhi terjadinya ISPA pada balita, anak-anak, dan orang tua yaitu:

- a. Suhu ruangan yang terlalu dingin atau terlalu panas dan berdebu.
- b. Asap rokok yang dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh.
- c. Paparan bahan bakar masak yang menghasilkan asap seperti kayu bakar.

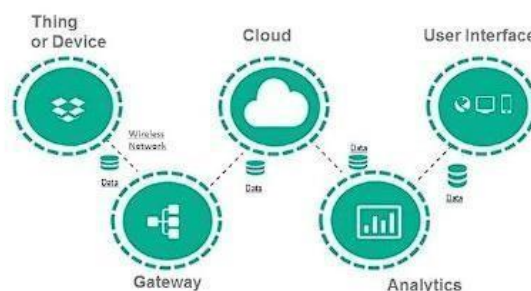
- d. Infeksi bakteri seperti *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, dan *Mycoplasma pneumoniae*.

Gangguan pernapasan yang dikenal sebagai ISPA merupakan isu kesehatan masyarakat yang signifikan dan memerlukan perhatian khusus, mengingat ISPA adalah penyakit serius yang dapat mengakibatkan kematian. Maka dengan cara ini, penderita dapat melakukan tindakan meningkatkan kualitas udara dilingkungan mereka (Pratiwi, 2023).

2.3 Internet Of Things (IoT)

Secara teoritis, tujuan *Internet of Things* (IoT) adalah untuk memaksimalkan dan memperluas berbagai keuntungan yang dapat diperoleh dari konektivitas internet. dengan menghubungkan berbagai objek atau benda sehari-hari ke internet. IoT memungkinkan benda-benda tersebut untuk saling mengidentifikasi diri dan bertukar data melalui perangkat seperti sensor yang tertanam di dalamnya. Konsep IoT ini mencakup metode komunikasi seperti RFID (*Radio Frequency Identification*), teknologi sensor nirkabel, atau bahkan kode QR (*Quick Response*). Dengan IoT, benda-benda yang biasanya terpisah dapat terhubung ke jaringan lokal dan global, sehingga memungkinkan pertukaran data secara terus-menerus untuk berbagai keperluan seperti *remote control*, pemantauan, dan analisis data yang terkumpul menjadi big data (Dandy, 2022).

Melalui jaringan internet, *Internet of Things* (IoT) dapat berinteraksi dengan berbagai objek, lingkungan sekitar, dan perangkat komputasi yang dilengkapi kecerdasan. (Kusumah dan Pradana, 2019).



Gambar 2.1 *Arsitektur Internet of Things (IOT)*

(Sumber : Rahmawati, 2023)

2.4 Polusi Udara

Kehidupan di dunia ini tidak dapat tanpa udara. Kesehatan dan lingkungan sekitar dipengaruhi secara langsung oleh kualitas udara yang di hirup. Ada banyak alasan mengapa udara yang sehat sangat penting untuk kesehatan fisik, mental, dan lingkungan secara keseluruhan. Sistem pernapasan manusia sangat bergantung pada udara yang sehat dan bersih.

Polusi udara, juga dikenal sebagai pencemaran udara, yaitu masuknya unsur-unsur lain ke dalam udara, baik akibat proses alam maupun kegiatan manusia secara langsung atau tidak langsung. Ketika kualitas udara turun sampai tingkat tertentu, pencemaran memiliki dampak negatif pada kesehatan manusia dan meminimalkan risikonya, sehingga lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi dengan baik (Maharani dan Aryanta, 2023).

2.5 Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)

Kualitas udara dapat diukur dengan membandingkan konsentrasi polutan udara dengan Baku Mutu Udara Ambien Nasional (BMUAN), yang merupakan standar batas kadar pencemar udara yang boleh ada di udara ambien. Konsentrasi yang lebih tinggi dari BMUAN menunjukkan kualitas udara yang buruk, sedangkan konsentrasi yang lebih rendah menunjukkan kualitas udara yang baik. BMUAN dibuat untuk melindungi lingkungan dan kesehatan manusia.

BMUAN berbeda untuk setiap jenis polutan udara, dan didasarkan pada penelitian ilmiah tentang bagaimana polutan berdampak pada kesehatan manusia. Udara ambien mengacu pada lapisan troposfer, lapisan paling bawah atmosfer. Karena berpengaruh langsung pada kesehatan manusia, lingkungan, dan ekosistem, udara ambien ini sangat penting. Oleh karena itu, penting untuk menjaga dan memantau kualitas udara ambien (Kurniawan, 2018).

Kualitas udara ambien (ISPU) adalah indeks tanpa satuan yang didasarkan pada efeknya terhadap kesehatan manusia, nilai estetika, dan faktor makhluk hidup lainnya. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 45 Tahun 1997 tentang Penghitungan, Pelaporan, dan Standar Informasi Pencemaran Udara digantikan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) Nomor 14 Tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemaran Udara pada tahun 2020. Pada peraturan KLHK, terdapat tujuh parameter perhitungan ISPU,

yaitu PM10, PM2.5, NO2, SO2, CO, O3, dan HC. Dua parameter tambahan, yaitu HC dan PM2.5, ditambahkan karena risiko yang disebabkan oleh partikel HC dan PM2.5 bagi kesehatan manusia (DITJEN PPKL KLKH, 2020).

Tabel 2.1 Kategori Indeks Standar Pencemaran Udara

Rentang	Kategori	Penjelasan
1-50	Baik	Tingkat mutu udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negative terhadap manusia, hewan dan tumbuhan.
51-100	Sedang	Tingkat mutu udara masih dapat diterima pada Kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan
101-200	Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan dan tumbuhan.
201-300	Sangat Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang dapat meningkatkan resiko Kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar
301+	Berbahaya	Tingkat mutu udara yang dapat merugikan Kesehatan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat

(Sumber : DITJEN PPKL KLKH, 2020).

ISPU	24 Jam PM10 (µg/m ³)	24 Jam PM2.5 (µg/m ³)	24 Jam SO ₂ (µg/m ³)	24 Jam CO (µg/m ³)	24 Jam O ₃ (µg/m ³)	24 Jam NO ₂ (µg/m ³)	24 Jam HC (µg/m ³)
0 - 50	50	15,5	52	4000	120	80	45
51 - 100	150	55,4	180	8000	235	200	100
101 - 200	350	150,4	400	15000	400	1130	215
201 - 300	420	250,4	800	30000	800	2260	432
>300	500	500	1200	45000	1000	3000	648

Keterangan:

- Data pengukuran selama 24 jam secara terus-menerus.
- Hasil perhitungan ISPU parameter partikulat (PM2.5) disampaikan tiap jam selama 24 jam.
- Hasil perhitungan ISPU parameter partikulat (PM10), sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), ozon (O₃), nitrogen dioksida (NO₂) dan hidrokarbon (HC), diambil nilai ISPU parameter tertinggi dan paling sedikit disampaikan setiap jam 09.00 dan jam 15.00.

2.6 Polutan Udara Dalam Ruangan

Masalah kualitas udara di dalam ruangan adalah hal yang memerlukan fokus dan merupakan faktor yang sangat penting untuk kesejahteraan manusia. Kualitas udara yang baik di dalam ruangan adalah yang tidak menyebabkan iritasi, polusi,

ketidaknyamanan, atau membahayakan kesehatan penghuni rumah (ak & Umaroh, 2023).

Beberapa jenis polutan udara dalam ruangan yang berpotensi berbahaya meliputi karbon monoksida (CO), partikulat materi (PM), aerosol, polutan biologis, dan sebagainya. Jenis polutan ini berasal dari debu, asap rokok, asap bahan bakar padat atau asap dapur, dan senyawa anorganik yang mudah menguap. Selain itu, sebagian besar rumah tangga Indonesia masih menggunakan gas atau Liquefied petroleum gas (LPG) dan kayu bakar digunakan sebagai bahan bakar untuk keperluan memasak (Ahmad, 2021). Penelitian ini akan mengamati secara rutin kualitas udara terkait dengan perubahan suhu dan kelembapan serta karbon monoksida (CO) dan partikel-partikel kecil (PM 2.5). a. Suhu dan kelembapan

Para peneliti menemukan bahwa suhu sekitar 71 derajat Fahrenheit (sekitar 21 derajat Celsius) tidak menyebabkan gejala ISPA. Namun, suhu sekitar 120 derajat Fahrenheit (sekitar 48 derajat Celsius) dapat memicu gejala ISPA. Saat udara panas, orang – terutama yang rentan terhadap ISPA – lebih rentan terhadap stres yang mempengaruhi saluran pernapasan dan menyebabkan kambuhnya gejala. Selain itu, musim panas umumnya memiliki tingkat polusi dan asap yang lebih tinggi dibandingkan musim lainnya, sehingga individu yang rentan terhadap ISPA menjadi lebih sensitif terhadap kondisi tersebut. Tidak hanya suhu udara yang tinggi, peningkatan kelembapan juga bisa memicu ISPA karena udara panas dan kelembapan tinggi menciptakan lingkungan ideal bagi tungau debu, jamur, dan polutan untuk berkembang. (Ayu Maharani, 2020).

Menurut PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 1077/MENKES/PER/V/2011 tentang pedoman penyehatan udara dalam ruang rumah, batas standar kadar suhu dan kelembapan dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3 Standar suhu dan kelembapan (Sumber : PMK RI NO. 1077/MENKES/PER/V/2011)

No.	Parameter	Satuan	Standar yang dipersyaratkan
1.	Suhu	°C	18 - 30
2.	Kelembaban	%	40 - 60

b. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida atau CO merupakan gas tak berwarna, tanpa bau, dan tidak berasa yang timbul akibat pembakaran tidak sempurna bahan-bahan yang mengandung karbon atau materi organik, baik itu berasal dari aktivitas individu maupun industri (Wirosuedarmo & Proborini, 2020).

Berikut beberapa faktor utama yang menyebabkan gas tersebut terbentuk:

- Paparan asap rokok.
- Emisi dari kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar yang tidak ramah lingkungan.
- Pembakaran bahan bakar seperti bensin, minyak tanah, gas alam, dan kayu yang tidak ramah lingkungan.
- Penggunaan alat pemanas ruangan yang tidak ramah lingkungan.

c. Materi Partikulat (PM 2.5)

Materi partikulat atau PM merujuk pada partikel-partikel dalam udara seperti debu, jelaga, kotoran, asap, dan tetesan cairan. Polutan PM_{2,5} memiliki diameter 2,5 mikron atau kurang. Ukuran yang sangat kecil ini membuat polutan PM_{2,5} hanya dapat diamati menggunakan mikroskop elektron. Di antara semua jenis polutan udara, polutan PM_{2,5} dianggap memiliki risiko kesehatan yang paling signifikan karena ukurannya yang sangat kecil. PM_{2,5} dapat bertahan lama di udara dan dapat diserap ke dalam aliran darah saat terhirup (IQAir, 2024).

Beberapa sumber polutan PM_{2,5} yaitu :

- Kompor, perapian, dan pembakaran kayu rumah tangga
- Merokok.
- Debu dan kotoran.

2.7 NodeMCU ESP8266

Chip NodeMCU ESP8266 memiliki prosesor, memori, dan akses GPIO yang lengkap, sehingga memungkinkan ESP8266 untuk berfungsi sebagai pengganti

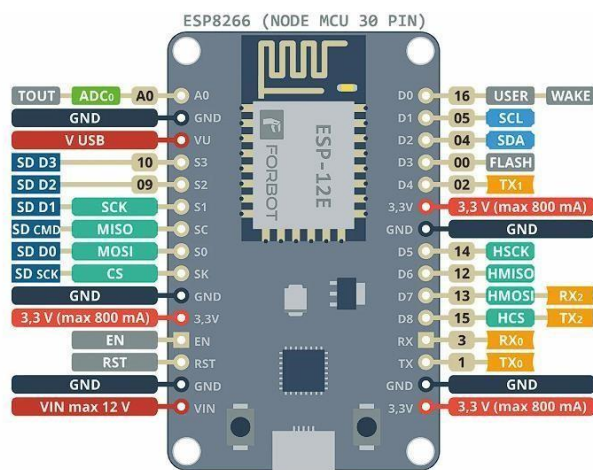
Arduino dan memungkinkan koneksi langsung ke jaringan Wi-Fi. Dengan perkembangan mikrokontroler, Internet of Things (IoT) juga berkembang. Ada banyak modul berbasis Ethernet dan Wi-Fi, seperti shield

Ethernet Wiznet dan modul Wi-Fi terbaru ESP8266. (Istiana dan Cahyono, 2022).



Gambar 2. 2 *NodeMCU ESP8266*
(Sumber : microcontrollerslab.com.)

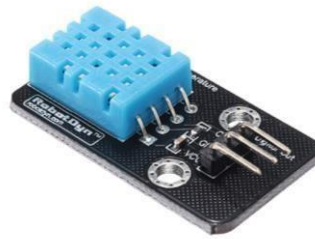
NodeMCU ESP8266 merupakan platform *open source* yang dilengkapi dengan modul ESP8266 yang dapat menjalankan fungsi mikrokontroler dan juga mengirimkan data melalui WiFi. NodeMCU ESP8266 dapat dikembangkan untuk memantau dan mengontrol aplikasi proyek IoT. NodeMCU ESP8266 terintegrasi dengan koneksi Internet atau Wi-Fi, sehingga tidak perlu membeli komponen yang berbeda untuk keduanya (Ariyanto,2022).



Gambar 2. 3 *Pin-Pin NodeMCU ESP8266*
(Sumber : microcontrollerslab.com.)

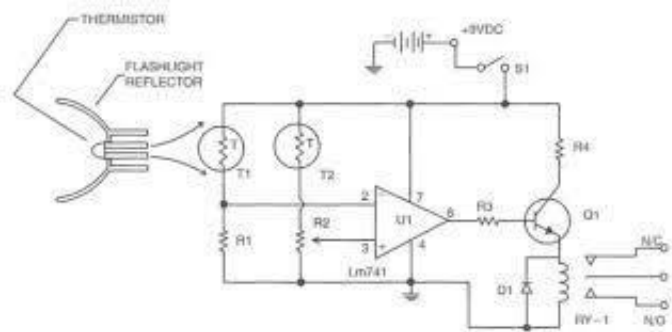
2.8 Sensor Suhu dan Kelembapan

Sensor suhu atau *Temperature Sensor*, memiliki kemampuan untuk mendeteksi tanda-tanda perubahan suhu pada objek tertentu dengan mengubah besaran panas menjadi besaran listrik. Sensor suhu mengukur jumlah energi panas dan dingin yang dihasilkan oleh suatu objek. Ini memungkinkan untuk mengidentifikasi atau mendeteksi tanda-tanda perubahan suhu melalui output analog dan digital. Salah satu anggota keluarga transduser adalah sensor suhu. Sensor kelembapan adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur kelembapan uap air yang terkandung dalam udara (Salim, 2021).



Gambar 2.4 *Sensor DHT11*

(Sumber: www.electronicwings.com.)



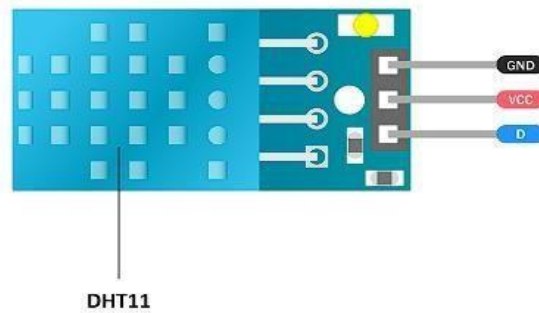
Gambar 2.5 Skematik DHT 11

(Sumber : ResearchGate, 2019).

Dalam rancang bangun alat ini sensor yang digunakan untuk memantau serta mengukur suhu dan kelembapan dalam ruangan adalah sensor DHT11. Sensor

Sebagai sensor digital, DHT11 memiliki kapabilitas untuk mengukur suhu dan kelembapan udara dengan tingkat stabilitas dan akurasi kalibrasi yang sangat baik. Perangkat ini menyimpan koefisien kalibrasi dalam memori OTP, yang

kemudian digunakan dalam perhitungan saat sensor mendeteksi kondisi suhu dan kelembaban. (Uno, et al, 2020).



Gambar 2. 5 *Pin-Pin Sensor DHT11*
(Sumber: www.electronicwings.com.)

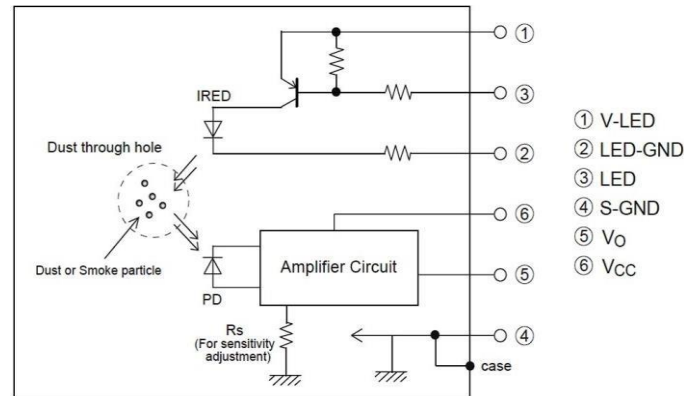
2.9 Sensor Debu Optik

Sensor Debu Optik atau sering disebut sensor GP2Y1010AU0F Dengan teknologi inframerah, GP2Y1010AU0F mendeteksi partikel halus seperti debu dan asap rokok, yang sering digunakan dalam sistem pembersih udara untuk memantau kualitas udara. Cara kerjanya adalah dengan memancarkan sinar inframerah, yang kemudian dipantulkan oleh partikel debu, yang kemudian mengubahnya menjadi sinyal yang menunjukkan konsentrasi debu di udara. Sensor ini kompak, efisien, mudah digunakan, dan tidak dapat membedakan jenis debu. Sensor ini sangat cocok untuk sistem pembersih udara, peralatan medis, pemantauan kualitas udara, dan otomasi industri. Ini membuat udara lebih sehat dan bersih.(Handayani, 2019).



Gambar 2. 6 *Sensor GP2Y1010AU0F*
(Sumber : SHARP, 2018)

Sensor GP2Y1010AU0F digunakan untuk mengukur konsentrasi debu. Yang memiliki sensitivitas $0,5V/0,1 \text{ mg/m}^3$ dan terdiri dari fotodiode IRED untuk memancarkan cahaya dan fotodiode PD untuk menangkap hamburan cahaya, rangkaian penguat, dan hambatan pengaturan R_s dengan keluaran analog (Nardi, 2022).



Gambar 2.7 Pin-Pin Sensor GP2Y1010AU0F

(Sumber : SHARP, 2018)

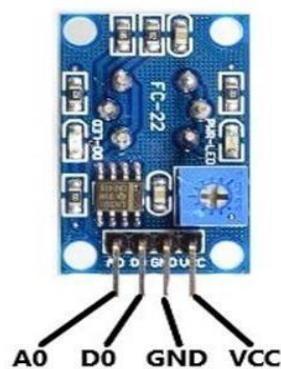
2.10 Sensor Gas

Sensor gas MQ-135 adalah sensor yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi gas seperti amonia (NH_3), *benzena* (C_6H_6), karbon dioksida (CO_2), natrium dioksida (NO_x), sulfur hidroksida (H_2S), dan gas lainnya yang berpotensi berbahaya. Tidak seperti sensor gas lainnya dalam seri MQ, sensor ini memiliki pin output digital dan analog. Pin digital menjadi *HIGH* ketika tingkat gas di udara melampaui batas ambang di udara, dan pin analog mengeluarkan tegangan analog untuk memperkirakan tingkat gas di udara. (Rombang, et al, 2022).

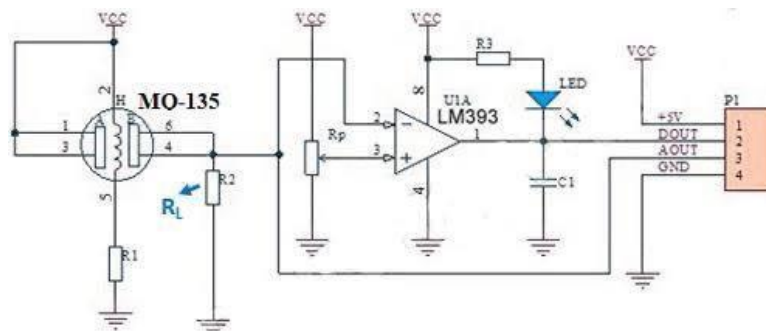
Ketika tingkat konsentrasi gas di udara melebihi batas ambang yang telah ditentukan, pin output digital sensor MQ-135 akan berlogika *HIGH* atau aktif. Di sisi lain, pin output analog sensor MQ-135 akan mengeluarkan nilai tegangan analog, yang dapat digunakan untuk memperkirakan dan mengukur tingkat konsentrasi gas di udara dengan lebih akurat. Dengan dua fitur ini, sensor MQ-135 dapat digunakan untuk aplikasi yang hanya membutuhkan indikasi sederhana tentang keberadaan gas berbahaya atau untuk sistem yang membutuhkan pemantauan tingkat gas secara kuantitatif dan *real-time*.



Gambar 2.8 Sensor MQ135
(Sumber : Agarwal, 2022)



Gambar 2.9 Pin-Pin Sensor MQ135
(Sumber : Agarwal, 2022)



Gambar 2.10 Skematik MQ-135 (Sumber : Pelayo, 2020).

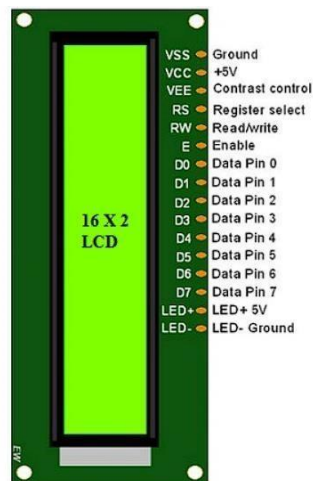
2.11 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan salah satu jenis perangkat tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai layar utamanya. Pada postingan aplikasi ialah menggunakan LCD matriks dengan jumlah karakter 16x2. Layar LCD sebenarnya berfungsi sebagai layar, yang kemudian digunakan untuk menampilkan status pengoperasian alat. Berdasarkan panjang datanya, antarmuka LCD dibagi

menjadi dua jenis, yaitu antarmuka 4-bit dan antarmuka 8-bit (Anantama, et al, 2020).



Gambar 2.11 LCD 16x2
(Sumber : Agrawal, 2019)



Gambar 2.12 Pin-Pin LCD 16x2 (Sumber : Agrawal, 2019)

2.12 Integrated Development Environment (IDE)

Integrated Development Environment (IDE) adalah perangkat lunak yang menggabungkan semua fitur dan alat yang diperlukan oleh pengembang *software*. Bersifat grafis antarmuka pengguna (GUI), IDE memungkinkan pengguna menggunakan jendela dan kontrol seperti tombol untuk menampilkan informasi dan menerima *input* dari pengguna. Selain itu, IDE juga dapat digunakan untuk menulis program lain menggunakan alat seperti *editor* dan *compiler*. (Mulyawan, 2019). Beberapa alat atau *tools Integrated Development Environment (IDE)* ialah:

- a. *Text Editor* merupakan jendela yang digunakan untuk menginput pengaturan dan komentar kode bahasa pemrograman.

- b. *Project Editor* merupakan jendela yang mencantumkan semua file yang membentuk proyek program.
- c. *Toolbar* merupakan serangkaian tombol yang mewakili tindakan yang dapat dilakukan di sekitar.
- d. *Output Viewer* Ini adalah jendela untuk menampilkan semua pesan yang dihasilkan oleh environment selama operasi dilakukan.

Adapun *software* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Arduino IDE yang berfungsi untuk menulis dan mengunggah kode program papan mikrokontroler. Arduino IDE merupakan platform ideal bagi pemula untuk menjelajahi dunia pemrograman mikrokontroler. Antarmuka yang mudah digunakan dan bahasa C++ yang memungkinkan pengguna untuk menciptakan alat-alat canggih dengan mudah. Beragam library yang tersedia menjadi panduan dan contoh, membantu dalam melangkah di dunia pemrograman. (Zani dan Suharyanto, 2020).



Gambar 2.13 Tampilan *Software* Arduino IDE
(Sumber : Zani dan Suharyanto, 2020)

2.13 Blynk

Blynk adalah sebuah platform yang memungkinkan untuk mengendalikan perangkat elektronik secara jarak jauh menggunakan *smartphone* atau *tablet*. Dengan *Blynk*, dapat membuat aplikasi khusus yang dapat terhubung dengan berbagai macam perangkat seperti Arduino, Raspberry Pi, atau mikrokontroler lainnya melalui *internet*. Ini memungkinkan Anda untuk membuat proyek *Internet*

of Things (IoT) tanpa harus memiliki keahlian pemrograman yang rumit. *Blynk* menyediakan antarmuka yang mudah dipahami dan dapat dikustomisasi sesuai dengan kebutuhan Anda.

2.14 Real-Time


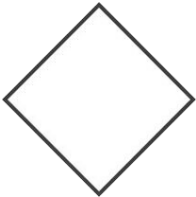
Menurut Herlan (2021), real-time adalah kemampuan sistem untuk memantau dan menampilkan data secara langsung dan seketika. Real-time tidak hanya mengenai kecepatan, tetapi juga mencakup kemampuan sistem untuk memberikan data yang akurat dan terbaru secara kontinu. Hal ini berarti bahwa sistem harus mampu memperbarui informasi tanpa penundaan, sehingga pengguna dapat membuat keputusan berdasarkan data terkini yang tersedia. Selain itu, kemampuan real-time juga menuntut integritas dan konsistensi data, memastikan bahwa informasi yang diberikan adalah andal dan dapat diandalkan dalam setiap situasi.



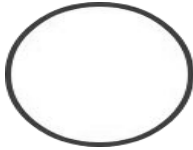
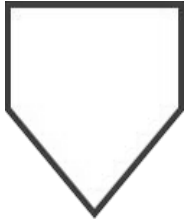

2.15 FlowChart

Flowchart (Diagram Alir), juga disebut sebagai flowchart, adalah bagan yang secara logika mengarahkan alir (flow) dalam prosedur atau program sistem. Untuk menjelaskan tahap-tahap pemecahan masalah, *flowchart* menggunakan simbol-simbol tertentu yang mudah dipahami, mudah digunakan, dan standar.



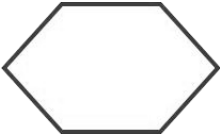


(Syamsiah, 2019).

Tabel 2.2 Simbol-Simbol *Flowchart*

SIMBOL	NAMA	KETERANGAN
	Proses	Mewakili langkah dalam suatu proses. Ini adalah komponen yang paling umum dari diagram alir.
	<i>Decision</i>	Menunjukkan langkah yang menentukan langkah selanjutnya dalam suatu proses. Ini biasanya merupakan pertanyaan ya/tidak atau benar/salah.

SIMBOL	NAMA	KETERANGAN
	<i>Input/Output</i>	Menunjukkan proses memasukkan atau mengeluarkan data eksternal.
	<i>Predefined process</i>	Menunjukkan proses bernama yang didefinisikan ditempat lain.
	<i>On-page Connector</i>	Digunakan untuk menggantikan garis panjang pada halaman yang baru.
	<i>Off-page Connector</i>	Konektor diluar halaman digunakan saat target berada dihalaman lain.
	<i>Alternate Process</i>	Sebuah alternatif untuk langkah proses normal. Garis aliran ke blok proses alternatif biasanya putusputus.

Tabel 2.1 Simbol-Simbol *Flowchart* (lanjutan)

SIMBOL	NAMA	KETERANGAN
	<i>Data</i>	Memasukkan atau mengeluarkan data.
	<i>Document</i>	Mencetak keluaran dalam bentuk dokumen.
	<i>Preparation</i>	Menyatakan penyediaan tempat penyimpanan suatu pengolahan untuk memberikan harga awal.
	<i>Manual Input</i>	Memasukkan data secara manual.
	<i>Manual Operation</i>	Menyatakan suatu tindakan yang tidak dilakukan komputer.

(Sumber : Syamsiah,2019).