BAB II DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Pencemaran Udara

Pencemaran udara terjadi ketika komponen udara tercampur dengan zat-zat atau partikel yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Gas-gas seperti karbon dioksida (CO_2), karbon monoksida (CO), metana (CH_4), amonia (NH_3), dan senyawa organik volatil (VOC) sering ditemukan di TPA akibat proses biodegradasi limbah organik.

1. **Parameter Polusi Udara:**
   - **PM2.5 dan PM10:** Partikel halus yang dapat masuk ke saluran pernapasan dan menyebabkan gangguan kesehatan.
   - **Gas-gas polutan:** Seperti CO, NO_2, SO_2, dan NH_3, yang berbahaya jika melebihi ambang batas.
   - **Gas metana (CH_4):** Gas rumah kaca yang sangat mudah terbakar.
2. **Sumber Pencemaran di TPA:**
   - Proses pembusukan sampah organik menghasilkan gas-gas berbahaya.
   - Pembakaran sampah seringkali menghasilkan polutan seperti karbon monoksida dan partikel halus.

2.1.2 Standar Kualitas Udara

Di Indonesia, **Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)** digunakan untuk menginformasikan mutu udara ambien kepada masyarakat. Parameter yang dipantau meliputi:

- **PM10 (Partikulat Materi ≤10 µm)**
- **PM2.5 (Partikulat Materi ≤2.5 µm)**
- **Karbon Monoksida (CO)**
- **Sulfur Dioksida (SO_2)**
- **Nitrogen Dioksida (NO_2)**
- **Ozon (O_3)**
- **Hidrokarbon (HC)**

Perhitungan ISPU dilakukan berdasarkan konsentrasi masing-masing parameter dan dikategorikan sebagai berikut:

- **Baik (0–50):** Tidak ada dampak bagi kesehatan.

- **Sedang (51–100):** Sedikit berpengaruh pada kelompok sensitif.
- **Tidak Sehat (101–199):** Berpengaruh pada kelompok sensitif dan sebagian masyarakat.
- **Sangat Tidak Sehat (200–299):** Dapat merugikan kesehatan pada populasi.
- **Berbahaya (≥300):** Berbahaya bagi kesehatan.

Informasi lebih lanjut mengenai ISPU dapat ditemukan dalam **Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 Tahun 2020**.

2.1.3 Standar Kelembapan Udara

Menurut **Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/MENKES/PER/V/2011** tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah, standar kelembapan udara dalam ruangan yang ideal berkisar antara **40% hingga 70%**.

2.1.4 Standar Suhu Udara

Peraturan yang sama menetapkan bahwa suhu udara dalam ruangan yang ideal berkisar antara **18°C hingga 30°C**. Pemantauan dan pemeliharaan kualitas udara, kelembapan, dan suhu sesuai standar tersebut sangat penting untuk memastikan lingkungan yang sehat, terutama di area seperti Tempat Pembuangan Akhir (TPA) yang rentan terhadap pencemaran udara.

2.1.5 Internet of Things (IoT)

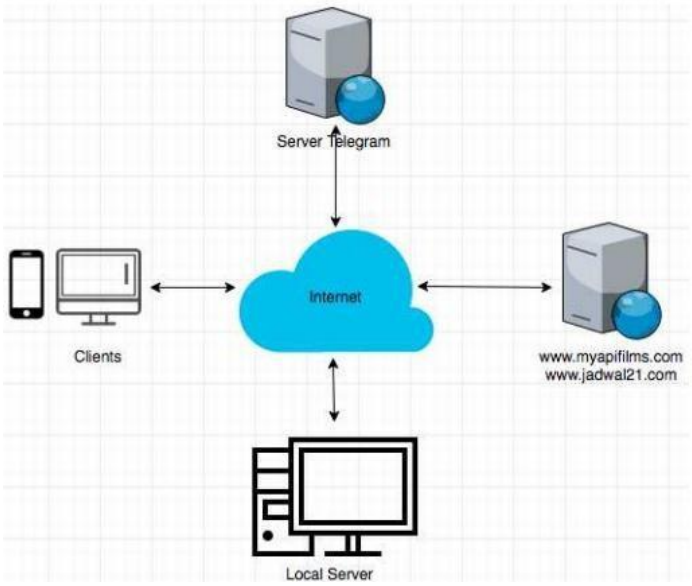
Internet of things merupakan sebuah konsep di mana suatu benda atau objek digabungkan teknologi-teknologi seperti sensor dan software dengan tujuan untuk berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan bertukar data melalui perangkat lain selama masih terhubung ke internet.

2.1.6 Bot Telegram

Telegram bot adalah sebuah bot atau robot yang diprogram dengan berbagai perintah untuk menjalankan serangkaian instruksi yang diberikan oleh pengguna. Bot ini hanyalah sebuah akun Telegram yang dioperasikan oleh perangkat lunak yang memiliki fitur AI. Bot Telegram dapat melakukan apa saja sesuai perintah (yang sudah tersedia). Bot telegram bisa digunakan untuk melakukan pencarian, sebagai penghubung, pengingat, pengajar, pengintegrasi, dan lainnya.

Bot telegram sendiri dapat dibagi menjadi dua kategori. Yang paling umum adalah bot API, dimana bot resmi ini telah disediakan oleh developer telegram yang

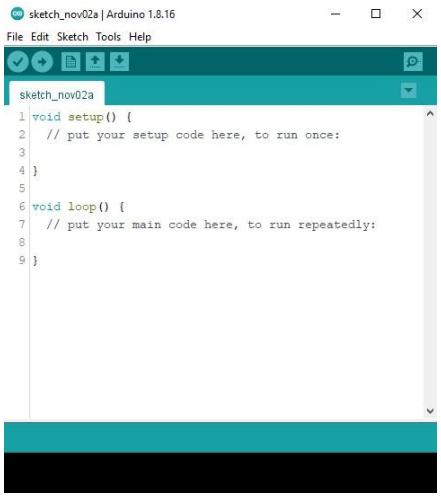
merupakan sebuah kesatuan sendiri. Fungsi utamanya dalah membantu user manusia. Adapun kelebihan dari bot API sendiri telah di support secara resmi oleh telegram dan mudah saat pengoperasian. Namun kekurangannya yaitu memiliki sebuah keterbatasan dimana user harus memulai terlebih dahulu agar dapat mengirim pesan dikarenakan sesama bot API tidak dapat saling berkomunikasi dengan sendirinya. Jadi tidak sebebas user biasa dalam segala fitur seperti membuat grup, invite user, dan sebagainya.



Gambar 2. 1 Sistem Bot Telegram

2.1.7 Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Developtment Environment) merupakan sebuah software yang digunakan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan mengunggah ke dalam memori mikrokontroler pada Arduino. Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan versi yang telah disederhanakan, sehingga menjadi lebih mudah dalam penggunaan.



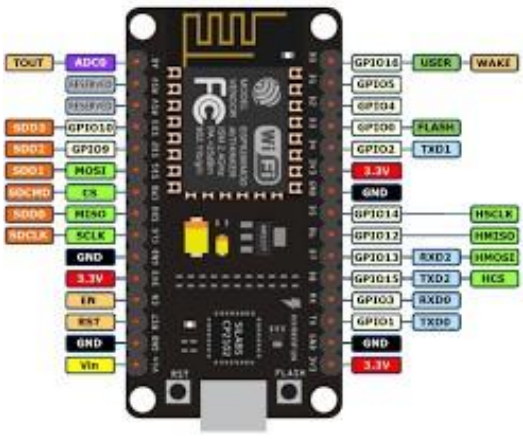
Gambar 2. 2 Arduino IDE

Arduino IDE yang diperlihatkan pada gambar 2.2 terdapat beberapa menu yang memudahkan pengguna dalam pemrograman. Berikut ini fungsi-fungsi menu pada Arduino IDE :

1. *Verify* berfungsi untuk melakukan proses kompilasi program.
2. *Upload* berfungsi untuk menyalin hasil program dari komputer ke memori board arduino.
3. *New* berfungsi untuk membuat program baru dengan membuka jendela baru.
4. *Open* berfungsi untuk membuka program yang telah disimpan pada penyimpanan.
5. *Save* berfungsi untuk menyimpan program yang sedang dibuat.
6. *Serial monitor* berfungsi untuk menampilkan hasil program yang disimpan dalam memori Arduino.

2.1.8 NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 merupakan modul wifi yang berfungsi sebagai perangkat tambahan mikrokontroler seperti Arduino agar dapat terhubung langsung dengan wifi dan membuat koneksi TCP/IP. Modul ini membutuhkan daya sekitar 3.3v dengan memiliki tiga mode wifi yaitu Station, Access Point dan Both (Keduanya). Modul ini juga dilengkapi dengan prosesor, memori dan GPIO dimana jumlah pin bergantung dengan jenis ESP8266 yang kita gunakan. Sehingga modul ini bisa berdiri sendiri tanpa menggunakan mikrokontroler apapun karena sudah memiliki perlengkapan layaknya mikrokontroler



Gambar 2. 3 NodeMCU ESP8266

Spesifikasi dari NodeMCU ESP8266 dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Spesifikasi NodeMCU ESP8266

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Mikrokontroler	Tensilica 32-bit RISC CPU Xtensa LX106
2	Tegangan operasi	3.3V
3	Tegangan Masukan	7-12V
4	Pin Digital I/O (DIO)	16
5	Pin Analog Input (ADC)	1
6	UARTs	2
7	SPIs	1
8	I2Cs	1
9	Flash Memory	4 MB
10	Clock Speed	80 Mhz
11	SRAM	64KB

2.1.9 Sensor MQ135

Sensor MQ-135 merupakan sensor gas yang dapat mendeteksi senyawa /kadar gas – gas berbahaya yang dapat mengganggu kualitas udara dan mengganggu pernapasan manusia. Sensor MQ-135 memberikan hasil deteksi kualitas udara berupa perubahan pada nilai resistensi analog pada pin outputnya. Sensor MQ-135 memiliki 4 pin, yang terdiri dari:

- Pin 1 = Vcc (+5Volt)
- Pin 2 = Ground
- Pin 3 = Digital Out, dan
- Pin 4 = Analog out

Gambar 2. 4 Sensor MQ135

Sensor MQ135 adalah jenis sensor kimia yang sensitif terhadap senyawa NH3, Nox, alkohol, benzol, asap (CO), CO2, dan lain – lain. Sensor ini bekerja

dengan cara menerima perubahan nilai resistensi (analog) bila terkena gas. Sensor ini memiliki daya tahan yang baik untuk penggunaan penanda bahaya polusi karena praktis dan tidak memakan daya yang besar. Penyesuaian sensitifitas sensor ditentukan oleh nilai resistensi dari MQ-135 yang berbeda – beda untuk berbagai konsentrasi gas [10]. Satuan dari gas adalah ppm (part per million). Selanjutnya untuk mengkalibrasi agar nilai pembacaan sensor menjadi nilai ppm (satuan gas), pertama harus mengetahui grafik Rs/Ro terhadap ppm dari datasheet MQ-135

2.1.10 OLED LCD

OLED (Organic Light-Emitting Diode) adalah teknologi layar yang menggunakan dioda pemancar cahaya organik untuk menghasilkan gambar. OLED memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan teknologi layar lainnya seperti LCD (Liquid Crystal Display). Berikut adalah penjelasan singkat mengenai OLED:

1. Prinsip Kerja

- Material Organik: OLED menggunakan lapisan material organik yang memancarkan cahaya ketika arus listrik diterapkan. Material ini terdiri dari lapisan anoda dan katoda yang terletak di antara lapisan organik.
- Emisi Cahaya: Ketika arus listrik mengalir melalui material organik, ia menghasilkan cahaya yang dapat langsung dilihat oleh mata tanpa memerlukan backlight tambahan.

2. Keunggulan OLED

- Kontras Tinggi: OLED dapat menghasilkan warna hitam yang sangat dalam dan kontras yang sangat tinggi karena setiap piksel dapat dimatikan sepenuhnya.
- Warna yang Kaya dan Akurat: Teknologi ini mampu menampilkan warna yang sangat cerah dan akurat dengan saturasi yang tinggi.
- Sudut Pandang Luas: OLED memiliki sudut pandang yang sangat luas, sehingga gambar tetap terlihat jelas dari berbagai sudut.
- Desain Tipis dan Fleksibel: OLED tidak memerlukan lapisan backlight seperti LCD, sehingga memungkinkan pembuatan layar yang sangat tipis dan fleksibel.

Gambar 2. 5 Oled LCD

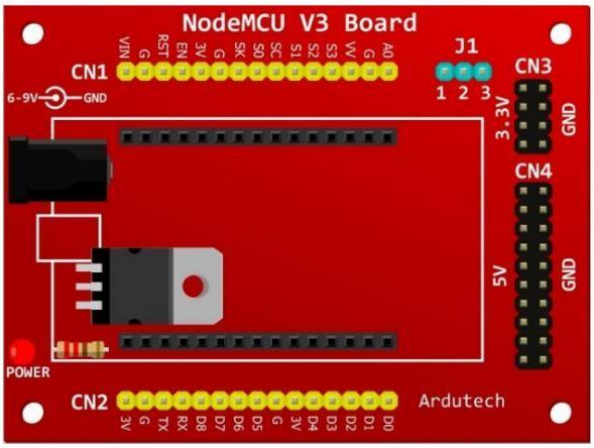
2.1.11 Sensor DHT11

Sensor DHT11 adalah module sensor yang berfungsi untuk mensensing objek suhu dan kelembaban yang memiliki output tegangan analog yang dapat diolah lebih lanjut menggunakan mikrokontroler. Module sensor ini tergolong kedalam elemen resistif seperti perangkat pengukur suhu seperti contohnya yaitu NTC. Sensor DHT11 pada umumya memiliki fitur kalibrasi nilai pembacaan suhu dan kelembaban yang cukup akurat. Penyimpanan data kalibrasi tersebut terdapat pada memori program OTP yang disebut juga dengan nama koefisien kalibrasi. Sensor ini memiliki 4 kaki pin, dan terdapat juga sensor DHT11 dengan *breakout* PCB yang terdapat hanya memiliki 3 kaki.

Gambar 2. 6 Sensor DHT11

2.1.12 Board MCU

Board MCU (Microcontroller Unit) adalah papan sirkuit yang berisi mikrokontroler, yang merupakan jenis chip komputer kecil yang digunakan untuk mengontrol berbagai perangkat elektronik dan sistem. Mikrokontroler pada board MCU biasanya berfungsi sebagai otak dari proyek elektronik, mengatur dan memproses data serta menjalankan program untuk mengontrol perangkat atau sistem.



Gambar 2. 7 Board MCU

2.2 Tinjauan Pustaka

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang optimal, dilakukan kajian dari penelitian-penelitian terdahulu, sehingga dapat dijadikan referensi dalam penelitian dengan tujuan agar diperoleh perbandingan kelebihan dan kekurangan pada masing-masing perancangan.

1. Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Sensor MQ135 dan Arduino. Penulis: *Rahmat Hidayat, et al.* (2018)

   Penelitian ini mengembangkan alat pemantau kualitas udara menggunakan sensor MQ135 yang dikombinasikan dengan mikrokontroler Arduino. Sistem ini mampu mendeteksi polutan udara seperti karbon dioksida (CO_2) dan amonia (NH_3). Data hasil pengukuran ditampilkan melalui LCD. Namun, penelitian ini belum mengintegrasikan fitur IoT untuk akses jarak jauh, sehingga data hanya dapat diakses secara lokal.

2. Pengembangan Sistem IoT untuk Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan NodeMCU ESP8266. Penulis: *Siti Nur Azizah, et al.* (2020)

   Studi ini mengimplementasikan NodeMCU ESP8266 untuk mengirimkan data sensor kualitas udara ke platform cloud ThingSpeak. Sensor MQ135 digunakan untuk mendeteksi gas seperti karbon monoksida (CO) dan VOC (Volatile Organic Compounds). Penelitian ini berhasil menghadirkan visualisasi data secara real-time, namun sistem tidak memberikan notifikasi langsung kepada pengguna jika terjadi peningkatan konsentrasi polutan.

3. Sistem Pemantauan Lingkungan Berbasis IoT dengan Integrasi Telegram Bot. Penulis: *Muhammad Faisal, et al.* (2021)

Penelitian ini menggunakan Telegram bot sebagai media notifikasi untuk pemantauan lingkungan berbasis IoT. Sistem dirancang untuk mendeteksi parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan gas berbahaya. Telegram dipilih karena kemudahan penggunaan dan kemampuannya dalam memberikan notifikasi instan kepada pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Telegram bot efektif dalam meningkatkan kecepatan penyampaian informasi kepada pengguna.

4. Monitoring Gas Berbahaya di Ruang Tertutup Menggunakan Sensor MQ135. Penulis: *Andi Putra Pratama, et al.* (2019)

Penelitian ini fokus pada deteksi gas berbahaya di ruang tertutup dengan menggunakan sensor MQ135 dan Arduino Uno. Alat ini mampu mendeteksi gas seperti karbon monoksida (CO) dan metana (CH_4). Penelitian ini juga mencatat bahwa akurasi sensor MQ135 dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembapan, sehingga diperlukan proses kalibrasi berkala untuk menjaga keandalan data.

Tabel 2. 2 Referensi

Peneliti	Judul Peneliti	Keterangan
Rahmat Hidayat, et al	Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Sensor MQ135 dan Arduino	Penelitian ini mengembangkan alat pemantau kualitas udara berbasis sensor MQ135 dan Arduino yang menampilkan data lokal melalui LCD tanpa dukungan IoT untuk akses jarak jauh.
Siti Nur Azizah, et al	Pengembangan Sistem IoT untuk Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan NodeMCU ESP8266	Studi ini mengimplementasikan NodeMCU ESP8266 dengan sensor MQ135 untuk mengirim data kualitas udara ke ThingSpeak secara real-time, namun tanpa fitur notifikasi peningkatan polutan.
Muhammad Faisal, et al	Sistem Pemantauan Lingkungan Berbasis IoT dengan Integrasi Telegram Bot.	Penelitian ini menggunakan Telegram bot untuk notifikasi instan dalam pemantauan IoT parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan gas berbahaya, terbukti efektif mempercepat penyampaian informasi kepada pengguna.
Andi Putra Pratama, et al	Monitoring Gas Berbahaya di Ruang Tertutup Menggunakan Sensor MQ135.	Penelitian ini menggunakan sensor MQ135 dan Arduino Uno untuk mendeteksi gas berbahaya seperti CO dan metana di ruang tertutup, dengan akurasi yang dipengaruhi kondisi lingkungan sehingga memerlukan kalibrasi berkala.