

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian Akbar Refalista et al., peneliti membahas mengenai penggunaan sensor udara MQ2, MQ4, MQ7, dan MQ135 yang digunakan untuk melacak gas, methana, karbon monoksida, dan karbon dioksida. Saat gas terdeteksi melebihi ambang batas, sistem monitoring penelitian ini memiliki *buzzer* sebagai indikator suara. Selain itu, data ppm dari masing-masing sensor ditampilkan secara lokal pada LCD. Studi ini menguji sistem pada berbagai waktu dan lingkungan (dalam ruangan), menunjukkan bahwa setiap sensor dapat menemukan jenis gas sesuai dengan spesifikasinya. Interval pengukuran gas berada di bawah ambang aman, yang menunjukkan bahwa sensor bekerja dengan baik. Meskipun tidak dilakukan kalibrasi formal terhadap alat pembanding, data hasil pengukuran memberikan gambaran awal keakuratan sistem secara praktis.[2]

Pada penelitian Dendi Kurniawan, et al.. Dengan menggunakan sensor MQ-7 yang dirancang untuk mendeteksi karbon monoksida (CO) dan MQ-135 dirancang untuk mendeteksi karbon dioksida (CO₂) yang sama-sama memiliki sensitivitas tinggi dan respon yang baik terhadap gas. Untuk memastikan keakuratan pembacaan sensor, proses kalibrasi terhadap MQ-2 dan MQ-135 menggunakan alat *Az-Instrument* sebagai referensi.

Hasil kalibrasi menunjukkan tingkat selisih yang sangat rendah, dengan akurasi lebih dari 99% dan error rata-rata 0,87% untuk MQ-7 dan 0,66% untuk MQ-135. Pengujian dilakukan pada ruangan tertutup dengan berbagai jumlah orang dan area terbuka pada berbagai waktu. Hasil menunjukkan bahwa sirkulasi udara dan jumlah manusia memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kadar CO₂. Di sisi lain, daerah dengan banyak kendaraan memiliki kecenderungan untuk mengalami peningkatan kadar CO.^[3]

Penelitian yang dilakukan oleh Victor Vabio Kosegeran et al., bertujuan untuk merancang dan menerapkan alat untuk mengukur kadar emisi gas buang kendaraan bermotor yang terdiri dari karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan hidrokarbon (HC). Dua jenis sensor utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah TGS-2201, yang mendeteksi CO dan HC, dan MG-811, yang mendeteksi CO₂. Mikrokontroler ATmega8535 mengolah data, dan hasilnya ditampilkan pada LCD 2x16 karakter. Pengujian instrumen dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat uji yang dimiliki oleh Dinas Perhubungan Kota Manado. Hasil menunjukkan bahwa alat rancangan cukup akurat, sensor membutuhkan waktu stabilisasi sekitar dua menit.^[4]

2.2 Dasar Teori

Pentingnya mengetahui mengenai kualitas udara adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan kondisi udara di suatu tempat, terutama

pada area terbuka yang berkaitan dengan tingkat pencemaran oleh zat berbahaya seperti gas beracun (CO, CO₂ dan HC) dan bahan kimia lainnya. Polutan ini berasal dari banyak sumber, seperti aktivitas industri, emisi kendaraan bermotor, pembakaran sampah, dan sumber alam seperti debu vulkanik maupun kebakaran lahan. Kualitas udara yang buruk memiliki dampak negatif pada kesehatan manusia, seperti memicu gangguan pernapasan, penyakit jantung, bahkan kanker paru-paru.

Berikut adalah jenis gas yang akan dibahas pada laporan ini :

2.2.1 Karbon Monoksida

Gas karbon monoksida (CO) merupakan gas yang tidak memiliki warna dan bau, yang dapat membahayakan apabila terhirup dengan jumlah yang besar. Gas CO dilepaskan akibat adanya aktifitas pembakaran. Sumber gas CO di udara yang terbentuk dari hasil pembakaran tidak sempurna bahan bakar fosil seperti bensin, solar, minyak tanah, gas, kayu, atau batu bara.[5] Standar gas karbon monoksida pada kota dengan lalu lintas ringan bisa mencapai 0,5-5 ppm, namun rata-rata harian umumnya 3 ppm dan pada kota dengan jalan raya padat bisa mencapai 5-15 ppm, namun batas aman Kesehatan yaitu kurang dari 9 ppm.

2.2.2 Karbon Dioksida

Karbon dioksida adalah gas rumah kaca berumur panjang yang paling signifikan di atmosfer bumi. CO₂ terbentuk dari proses respirasi makhluk hidup, pembakaran bahan organik, dan aktivitas

industry. Gas karbon dioksida menyerap dan memantulkan kembali radiasi inframerah ke permukaan bumi, ini dianggap sebagai salah satu faktor utama yang menyebabkan pemanasan global, terutama dari penggunaan bahan bakar fosil dan penggundulan hutan – telah dengan cepat meningkatkan konsentrasinya di atmosfer, yang menyebabkan pemanasan global.[6] Konsentrasi CO₂ yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen di lingkungan dan berdampak pada kesehatan seperti sakit kepala, kelelahan, dan gangguan pernapasan. Standar gas karbon dioksida pada kota dengan lalu lintas ringan mencapai 310-450 ppm dan pada kota dengan lalu lintas padat atau industry bisa mencapai 500-800 ppm, namun batas amannya yaitu kurang dari 500 ppm.

2.2.3 Hidrokarbon

Hidrokarbon adalah golongan senyawa karbon yang paling sederhana. Hidrokarbon hanya terdiri dari unsur karbon (C) dan hidrogen (H). Walaupun hanya terdiri dari dua unsur, hidrokarbon merupakan senyawa yang besar.[7] Dalam penelitian ini hidrokarbon yang menjadi perhatian adalah hidrokarbon ringan yang terdapat dalam LPG (Liquefied Petroleum Gas), seperti propana (C₃H₈) dan butana (C₄H₁₀). Fokus utama penelitian ini adalah identifikasi gas LPG di udara; ini merupakan salah satu faktor penting untuk menentukan tingkat pencemaran atau risiko kebocoran LPG di lingkungan. Standar gas hidrokarbon pada lalu

lintas ringan berkisar 0,1-5 ppm dan pada lalu lintas padat atau industry bisa mencapai 20 ppm, namun batas amannya yaitu kurang dari 1 ppm.

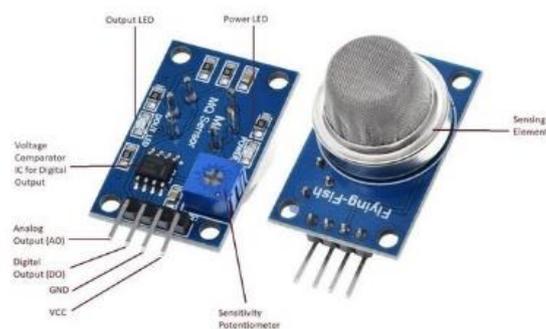
2.2.4 Sensor

Sensor adalah alat yang mendeteksi perubahan fisik atau kimia dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat diukur. biasanya digunakan dalam berbagai bagian teknologi dan kehidupan sehari-hari untuk mengontrol, memantau, atau menganalisis berbagai hal.

Penelitian ini menggunakan sensor sebagai alat untuk mendeteksi parameter kualitas udara di suatu area pengamatan.

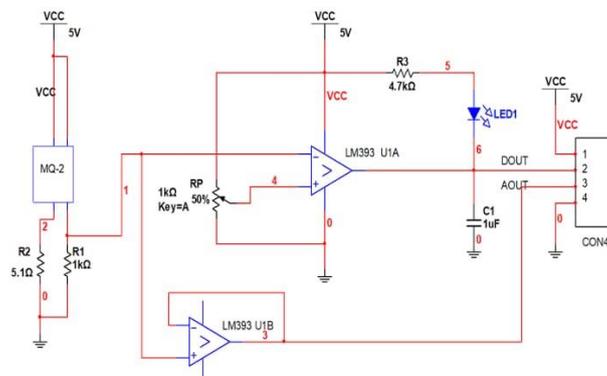
A. Sensor MQ-2

Sensor MQ-2 adalah sensor gas yang cocok untuk mendeteksi konsentrasi LPG, asap, alkohol, propana, hidrogen, metana, karbon monoksida, dan hidrokarbon di udara.[8] Sensor bekerja pada tegangan 5V DC dan menghasilkan sinyal analog serta digital.



Gambar 2.1 Sensor MQ-2

Sensor gas memiliki heater yang memicunya untuk mendeteksi tipe gas yang akan dideteksi. Selain itu, sensor memiliki nilai resistansi yang berubah yang sesuai dengan kepekatan gas yang akan dideteksi. Semakin tinggi nilai kepekatan gas yang terdeteksi di udara bebas, semakin rendah nilai resistansinya. Jangkauan rentang deteksi berkisar 200-1000 ppm, dengan Tingkat keakurasian $\pm 10\% - \pm 20\%$ tanpa kalibrasi.



Gambar 2.2 Skematik Rangkaian MQ-2

Sensor MQ-2 menghasilkan tegangan analog berdasarkan konsentrasi gas, lalu dibandingkan dengan tegangan referensi dari potensiometer oleh LM393. Jika konsentrasi gas melebihi ambang batas, output LM393 berubah dan mengontrol LED indikator. Selain itu, ada dua output yang tersedia: AOUT, yang merupakan tegangan analog langsung dari sensor, dan DOUT, yang merupakan sinyal digital dari komparator. Kedua output ini dapat dihubungkan ke mikrokontroler.

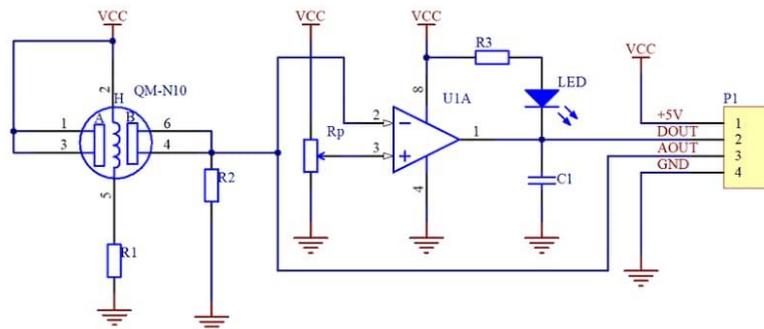
B. Sensor MQ-7

Sensor MQ-7 merupakan sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dalam kehidupan sehari-hari.[9] Sensor gas MQ7 ini sangat sensitif terhadap karbon monoksida (CO), stabil, dan bertahan lama.



Gambar 2.3 Sensor MQ-7

Sensor MQ-7 bekerja dengan mendeteksi perubahan resistansi material semikonduktor (SnO_2) saat terpapar gas karbon monoksida (CO). Ini dilakukan dengan memanaskan sensor dalam dua tahap, fase pemanasan tinggi (5V) untuk membersihkan dan fase pemanasan rendah (1,4V) untuk mendeteksi CO. Perubahan resistansi yang dihasilkan oleh konsentrasi CO di udara menyebabkan perubahan tegangan output, yang kemudian dibaca dan diproses oleh mikrokontroler menjadi nilai konsentrasi CO. Dari kurva terlihat MQ-7 paling sensitif terhadap CO pada rentang ± 20 –2000 ppm



Gambar 2.4 Skematik Sensor MQ-7

C. Sensor MQ-135

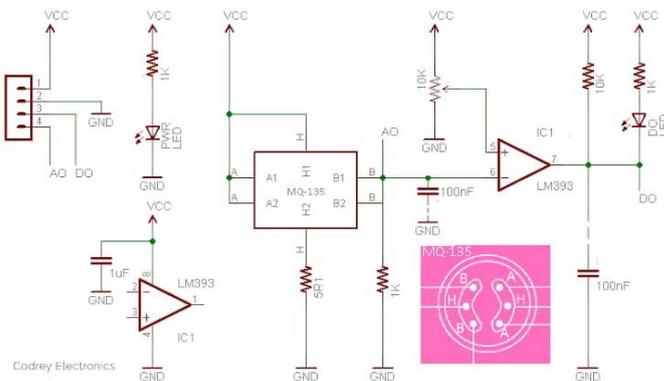
Sensor gas MQ-135 memiliki kemampuan untuk mendeteksi gas seperti ammonia (NH_3), benzena (C_6H_6), karbon dioksida (CO_2), natrium dioksida (NO_x), sulfur hidroksida (H_2S), dan gas lainnya yang berpotensi berbahaya. Mirip dengan sensor gas seri MQ lainnya sensor ini memiliki pin keluaran digital dan analog. Pin digital menjadi HIGH ketika tingkat gas melampaui batas ambang di udara, dan pin analog mengeluarkan tegangan analog untuk memperkirakan tingkat gas di udara.[10]



Gambar 2.5 Sensor MQ-135

Sensor ini bekerja pada tegangan 5V DC dan dapat mendeteksi berbagai konsentrasi gas, mulai dari 350 hingga 10.000 ppm untuk karbon dioksida. Dengan waktu respon yang

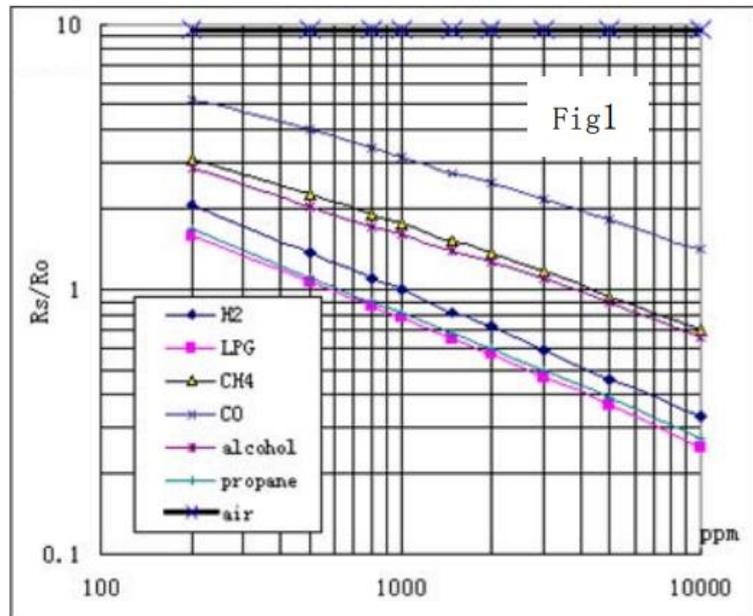
cepat, sensor MQ-135 memungkinkan deteksi gas secara *real-time*.



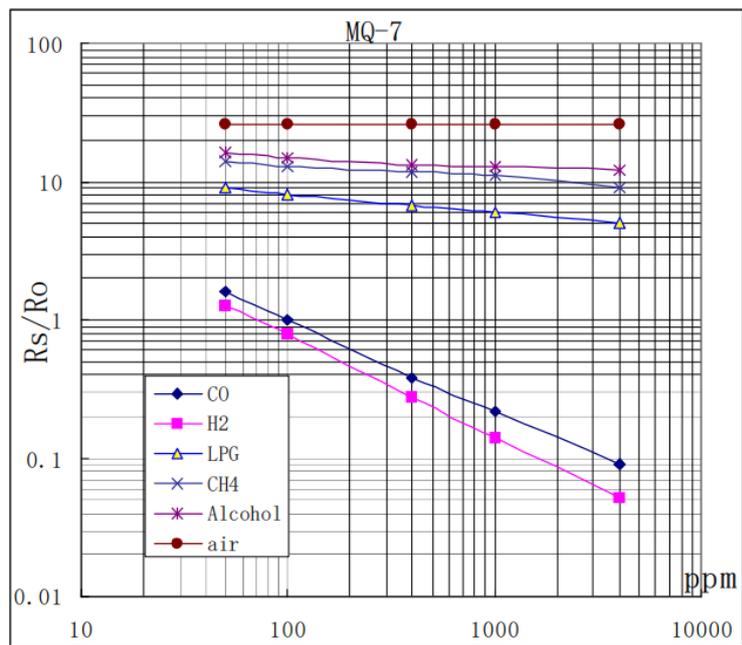
Gambar 2.6 Skematik Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 menghasilkan tegangan analog yang proporsional terhadap konsentrasi gas. Output analog (AO) ini dikomparasi dengan ambang batas menggunakan IC LM393. Jika konsentrasi gas melebihi ambang batas, output digital (DO) akan aktif dan menyalakan LED indikator. Koneksi ke mikrokontroler tersedia melalui konektor 4-pin (VCC, AO, DO, GND), dan seluruh sistem beroperasi pada tegangan 5V.

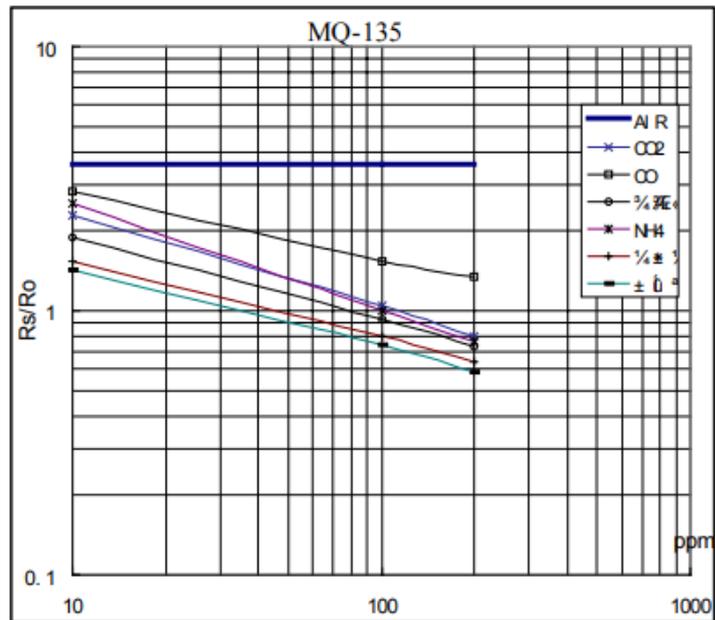
1. Kurva Sensor



Gambar 2.7 Kurva MQ-2 (LPG)



Gambar 2.8 Kurva MQ-7 (CO)



Gambar 2. 9 Kurva MQ-135 (CO₂)

Kurva sensitivitas pada datasheet sensor MQ-2 menunjukkan hubungan antara rasio resistansi sensor (R_s/R_0) dan konsentrasi gas dalam satuan ppm pada skala logaritmik. Nilai R_0 adalah resistansi sensor saat dikalibrasi pada gas referensi, sedangkan R_s adalah resistansi sensor saat mendeteksi gas yang diukur. Persamaan garis lurus yang diperoleh dari kurva ini memiliki bentuk:

$$\text{Log}(R_s/R_0) = m \cdot \text{log}(\text{ppm}) + b \quad (1)$$

di mana m adalah kemiringan (*slope*) dan b adalah *intersep* (titik potong) pada grafik log-log. Nilai m dan b diambil dari kurva datasheet melalui proses regresi, kemudian digunakan untuk mengubah pembacaan tegangan sensor menjadi konsentrasi gas dalam ppm.

Penggunaan kurva ini penting untuk mengonversi data analog dari sensor menjadi nilai yang dapat difokuskan untuk konsentrasi gas yang akan dideteksi.

D. Sensor SHT20

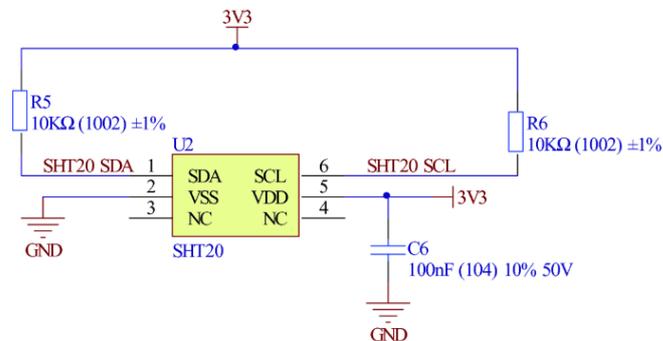
Sensor SHT20 adalah sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban secara akurat. Sensor ini memiliki tingkat akurasi $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ untuk suhu dan $\pm 3\%$ untuk kelembaban. Dalam penelitian oleh Jumani dkk. (2022), sensor ini berhasil digunakan dalam sistem monitoring suhu dan kelembaban pada ruangan pembuatan es balok. Sensor SHT20 dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 dan mampu mengirim data ke LCD serta aplikasi Android secara *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ini memiliki tingkat error yang rendah, SHT-20 dapat di lihat pada Gambar 2.10.[11]



Gambar 2.10 Sensor SHT-20

Sensor SHT20 merupakan sensor digital buatan Sensirion yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban secara akurat. Sensor ini bekerja pada tegangan 2,1 hingga 3,6 volt dengan komunikasi menggunakan protokol I2C. SHT20 mampu mengukur suhu dalam rentang -40°C hingga 125°C dengan

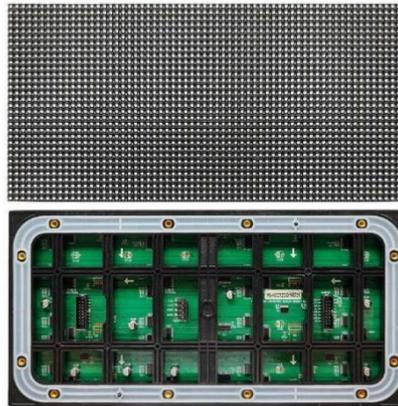
akurasi $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ dan resolusi hingga 14 bit ($0,01^{\circ}\text{C}$). Untuk kelembaban, sensor ini memiliki rentang pengukuran 0% hingga 100% RH dengan akurasi $\pm 3\%$ RH dan resolusi hingga 12 bit ($0,04\%$ RH). Konsumsi dayanya sangat rendah, yaitu sekitar $0,4\ \mu\text{A}$ saat mode tidur dan hingga $330\ \mu\text{A}$ saat pengukuran. Sensor ini juga memiliki waktu respon cepat sekitar 8 detik untuk kelembaban, serta stabilitas jangka panjang yang baik dengan drift suhu $<0,02^{\circ}\text{C}$ per tahun dan drift kelembaban $<0,25\%$ RH per tahun. Ukuran fisiknya kecil, yaitu $3 \times 3 \times 1,1\ \text{mm}$, dan sudah dikalibrasi dari pabrik sehingga siap digunakan dalam berbagai aplikasi monitoring lingkungan gambar skematiknya dapat di lihat pada Gambar 2.11.[12]



Gambar 2.11 Skematik Sensor SHT-20

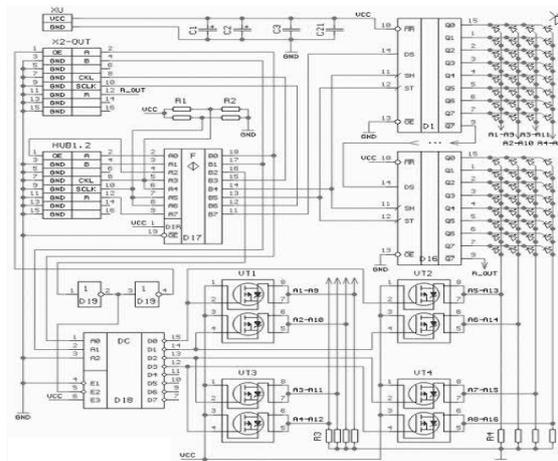
2.2.5 Panel LED Matrix P5

Display LED Dot Matriks, juga dikenal sebagai panel LED, adalah alat penyampaian informasi elektronik yang terdiri dari LED yang terhubung secara matriks dengan kombinasi baris dan kolomnya. Biasanya digunakan untuk membuat Running Text.[13]



Gambar 2.12 Panel LED Matrix P5

Saat membuat running text, modul atau panel adalah komponen utama yang dibutuhkan. Modul berfungsi untuk menampilkan tulisan dan animasi yang diinginkan. Modul LED P5 dibagi menjadi tiga kategori berdasarkan fungsinya atau lokasi pemasangannya: (1) Indoor, modul LED yang hanya dapat digunakan di dalam ruangan; (2) Semi outdoor, modul LED yang dapat digunakan di luar ruangan dengan tempat yang terlindung dari panas dan hujan; dan (3) Outdoor, modul LED yang dapat digunakan baik di dalam maupun di luar ruangan karena dilindungi oleh pelindung.[14]



Gambar 2.13 Skematik P5

2.2.6 ESP32

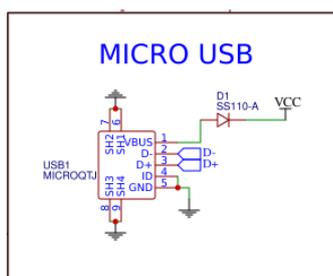
ESP32 merupakan mikrokontroler penerus ESP8266 yang memiliki inti CPU, GPIO atau pin input output yang lebih banyak, WiFi yang lebih cepat, dan mendukung Bluetooth 4.2 dengan konsumsi daya yang rendah.[15] Mikrokontroler ESP32 memiliki banyak keunggulan, termasuk harganya yang terjangkau, chip mikrokontroler yang terintegrasi, dan kemampuan *bluetooth dual-mode* dan hemat daya. Mikrokontroler ESP32 kompatibel dengan perangkat seluler yang memiliki sistem daya yang rendah.



Gambar 2.14 ESP-32

ESP32 menjalankan kode yang mengontrol input/output, mengelola komunikasi nirkabel, membaca sensor, atau mengendalikan perangkat lain, berikut adalah fungsi inti rangkaian pada ESP 32 devkit v1 :

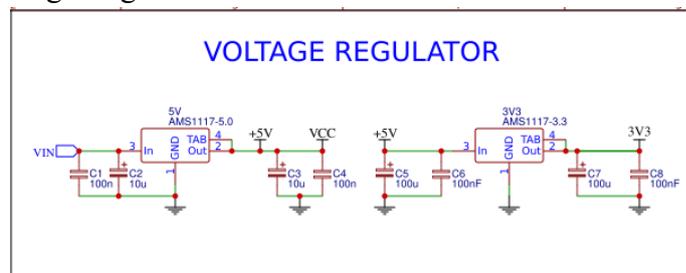
1. Micro USB



Gambar 2.15 Micro USB

Bagian ini berfungsi sebagai antarmuka daya dan komunikasi antara ESP32 dan komputer/laptop. Komponen utama konektor USB (USB-MICRO), dioda proteksi, dan resistor pull-down. Yang bertugas menyediakan 5V ke regulator dan saluran komunikasi data (D+/D-) ke *IC USB to Serial*.

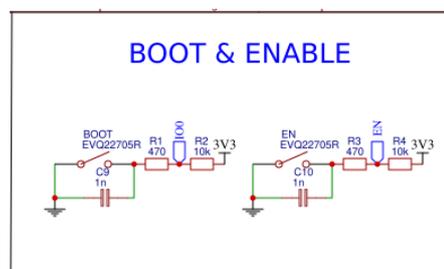
2. Voltage Regulator



Gambar 2.16 Voltage Regulator

Bagian ini mengatur tegangan dari 5V USB ke 3.3V yang dibutuhkan oleh ESP32. Komponen utama AMS1117-3.3 atau regulator sejenis, kapasitor input/output untuk stabilisasi. Yang bertugas Mengubah tegangan input (VIN) dari USB (5V) menjadi output (3.3V) untuk digunakan oleh MCU dan komponen lainnya.

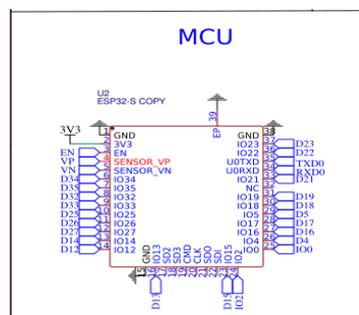
3. Boot & Enable



Gambar 2.17 Boot & Enable

Bagian ini digunakan untuk proses pemrograman dan reset modul ESP32. Terdiri dari tombol push-button yang terhubung ke pin EN (*enable/reset*) dan IO0 (*boot mode*). Yang bertugas Mengatur ESP32 untuk masuk ke mode bootloader saat ingin diprogram, atau me-reset modul.

4. MCU

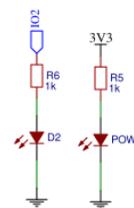


Gambar 2.18 MCU

Ini adalah bagian utama, yaitu chip ESP32 itu sendiri. Terhubung dengan supply 3.3V, pin GPIO, dan komunikasi serial (TX, RX). Yang bertugas Menjalankan program dan mengelola semua input/output.

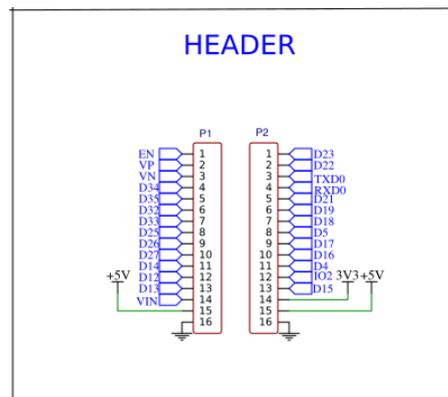
5. Indikator

INDICATOR



Gambar 2.19 Indikator

7. Header



Gambar 2.21 Skematik Header

Bagian ini merupakan pin header yang digunakan untuk mengakses pin GPIO ESP32. Digunakan untuk menyambungkan sensor, aktuator, atau komponen eksternal lain. Memberikan akses ke GND, 3V3, VIN, dan semua pin digital/analog.

2.2.7 Power Supply

Power supply, juga dikenal sebagai adaptor, adalah suatu perangkat listrik yang memiliki kemampuan untuk memberikan energi kepada perangkat elektronik lainnya. Pada dasarnya, untuk mengubahnya menjadi energi, perangkat elektronik lainnya memerlukan sumber daya listrik.[16]



Gambar 2.22 Power Supply

