

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian ini, penulis mengkaji berbagai referensi penelitian terdahulu yang relevan dengan subjek penelitian dan dapat dijadikan referensi dalam penelitian. Dengan tujuan untuk memberikan batasan pada penelitian yang akan dikembangkan lebih lanjut. Dalam kajian pustaka, terdapat 4 penelitian yang menjadi acuan penulis selama melakukan penelitian. Pada penelitian pertama yang dilakukan oleh F.A. Elhaq [11] berjudul **“Rancang Bangun Alat Uji Emisi Gas Buang Kendaraan Berbasis Arduino AT MEGA 2560”**. Penelitian menggunakan metode *Research and Development*, untuk mengidentifikasi serta menganalisis cara mengukur pencemaran udara akibat pembakaran mesin pada kendaraan bermotor. Pada penelitian ini dapat dilakukan pengecekan perubahan kandungan gas berlebih pada kendaraan bermotor. Arduino AT MEGA 2560 digunakan dalam penelitian ini, yang dilakukan dari pengujian dua motor yang berbeda selama satu hari. Putaran mesin motornya sebesar 3.000 rpm, 3.500 rpm, 4.000 rpm, dan 4.500 rpm. Alat uji ini mampu mendeteksi adanya gas buang berupa karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), oksigen (O₂), serta hidrokarbon (HC). Percobaan pertama uji emisi pada motor supra x 125 mendapatkan hasil CO sebesar 1,40 %, 1,32 %, 3,8 %, dan 5,35 %. CO₂ sebesar 2,81 %, 4,22 %, 5,03 %, dan 6,78 %. O₂ sebesar 15,35 %, 3,37 %, 11,07 % dan 6,97 %. Kemudian HC sebesar 1.293 ppm, 435 ppm, 304 ppm, dan 298 ppm. Percobaan kedua uji emisi pada motor vario 125 CC mendapatkan hasil CO sebesar 1,66 %, 5,13 %, 0,85 %, dan 0,67 %. CO₂ sebesar 5,50 %, 3,78 %, 4,58 %, dan 4,64 %. O₂ sebesar 13,59 %, 11,48 %, 14,08 % dan 13,82 %. Kemudian HC sebesar 572 ppm, 1.173 ppm, 308 ppm, dan 356 ppm.

Kemudian pada penelitian kedua yang dilakukan oleh Reinaldi Teguh Setyawan [12] berjudul **“Prototype Alat Deteksi Kandungan CO dan HC dalam Kabin Kendaraan menggunakan Mikrokontroler Arduino”**. Penelitian ini bertujuan membuat sebuah alat menggunakan Arduino dalam menemukan senyawa CO dan HC

pada kabin kendaraan. Nilai *error* merupakan selisih nilai antara alat yang diproduksi dengan gas *Analyzer*, untuk mengukur sensitivitas sensor *prototype* terhadap gas yang berpotensi membahayakan. Dalam penelitian ini, dengan menggunakan Gas *Analyzer* didapatkan nilai rata-rata *error* untuk CO yaitu 19,709% dan HC yaitu 6,82%. Untuk CO dan HC, nilai *setpoint* yang dimasukkan masing-masing sebesar 200 dan 50 ppm.

Kemudian pada penelitian ketiga yang dilakukan oleh Erma Yuniati [13] berjudul “**Perancangan Alat Penurun Emisi Gas Karbon Monoksida menggunakan Material Tembaga sebagai Katalisator pada Motor Honda Beat**”. Penelitian ini menerapkan teknologi *catalytic converter* untuk mengurangi senyawa CO yang dihasilkan kendaraan bermotor. Berdasarkan penelitian ini, gas CO pas knalpot sepeda motor Honda Beat dapat dikurangi dengan menggunakan katalis yang terbuat dari bahan tembaga. Knalpot normal menghasilkan emisi gas CO sebesar 249,24 ppm. Luas permukaan atau *surface area* katalisator dipengaruhi oleh banyaknya lapisan yang digunakan setelah tembaga digunakan sebagai katalis dengan variasi mulai dari 1 lapisan hingga 4 lapisan. Besarnya pengurangan emisi gas CO bergantung pada luas permukaan katalis. Emisi gas CO yang dihasilkan pada variasi 1 akan lebih rendah, yaitu sebesar 235,10 ppm atau turun sebesar 14,14 ppm (5,67%), karena luas permukaan lapisan katalis hanya sebesar 7134,98 mm². Sedangkan, emisi gas CO yang dihasilkan pada variasi 4 akan lebih besar, yaitu sebesar 159,97 ppm atau turun sebesar 89,27 ppm (35,81%), karena luas permukaan lapisan katalis sebesar 28575,92 mm².

Kemudian pada penelitian keempat yang dilakukan oleh Costantien I.Y. Gessal [14] berjudul “**Kolaborasi Aplikasi Android dengan MQ-135 Melahirkan Detektor Polutan Udara**”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar CO₂ di dalam ruangan yang dilakukan pada 2 tempat berbeda. Pada penelitian ini digunakan Arduino UNO, sensor MQ-135, dan LCD 16x2 untuk mengukur CO₂. Menurut penelitian ini, didapatkan senyawa CO paling tinggi terdapat pada waktu 15.00-16.00 dengan jumlah kendaraan roda 2 sebanyak 528 kendaraan per jam, kendaraan roda 4 sebanyak 301 kendaraan per jam, dan kendaraan di atas roda 4 sebanyak 5 kendaraan per jam. Sedangkan untuk senyawa CO₂ paling tinggi terdapat pada waktu 13.00-15.00.

Kemudian pada penelitian kelima yang dilakukan oleh Azhari Hasibuan berjudul “**Analisis Regresi Alat Ukur Emisi Gas Karbon Monoksida Berbasis Arduino**”

UNO”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar CO pada kendaraan bermotor. Pada penelitian ini digunakan sensor gas TDS822 untuk mengukur CO. Menurut penelitian ini, didapatkan hasil pengujian $y = -0,0641x + 38,438$ dengan nilai R^2 sebesar 0,9997 dan nilai ketidakpastian dari pendekatan tersebut sebesar 1,02.

Kemudian pada penelitian keenam yang dilakukan oleh Hendrialdi berjudul **“Strategi Pengendalian Emisi Gas Buang Kendaraann Bermotor Berdasarkan Model Regresi Di Kota Denpasar”**. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh antara tahun produksi atau umur, tingkat perawatan kendaraan dan teknologi suplai bahan bakar terhadap tingkat emisi gas buang kendaraan bermotor yang dihasilkan menggunakan analisis regresi linear berganda. Pada penelitian ini digunakan *gas analyzer* untuk bensin dan *smoke tester* untuk solar. Menurut penelitian ini, didapatkan hasil pengujian yang dilakukan tidak memiliki pengaruh pada emisi yang dihasilkan.

Kemudian pada penelitian ketujuh yang dilakukan oleh Hendri Irnawan Saputro berjudul **“Analisis Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor (Angkutan Umum Penumpang) di Kabupaten Maknokwari”**. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi gas HC, CO dan O₂ dalam emisi gas buang, menganalisis efek emisi gas knalpot kendaraan angkutan umum dan menganalisis pengaruh karakteristik kendaraan angkutan umum terhadap konsentasi gas HC, CO dan O₂. Pada penelitian ini digunakan *gas analyzer* untuk pengambilan data dan kemudian diolah menggunakan SPSS untuk mendapatkan analisis regresi linear berganda. Menurut penelitian ini, didapatkan hasil pengujian gas HC sebesar 534,60, CO sebesar 12,96 % dan O₂ sebesar 2,71%. Kendaraan yang tidak lulus emisi sebesar 63,50% sedangkan kendaraan yang lulus emisi hanya sebesar 36,5%.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Pencemaran Udara

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup mendefinisikan pencemaran udara sebagai masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke udara sekitar oleh kegiatan manusia atau proses alam, yang mengakibatkan kualitas udara di sekitarnya turun sampai pada tingkat tertentu dan udara menjadi kurang atau tidak dapat menjalankan fungsinya sesuai petunjuk [15].

2.2.2 Penggunaan Kendaraan Sepeda Motor di Indonesia

Indonesia memiliki jumlah kendaraan bermotor yang terus bertambah, dan emisi yang dihasilkan menyumbang pencemaran udara sebesar 70–80%, dibandingkan dengan hanya 20-30% dari industri. Konsumsi bahan bakar pun meningkat akibat dari peningkatan polusi udara. Peningkatan ini akan mempengaruhi masalah kesehatan dan perubahan iklim jika tidak dikendalikan secara memadai [16].

Tabel 2.1 Data Per Tahun Kendaraan Sepeda Motor menurut Badan Pusat Statistik [17].

Data Per-Tahun Kendaraan Sepeda Motor				
2017	2018	2019	2020	2021
100.200.245	106.657.952	112.771.136	115.023.039	121.209.304

2.2.3 Emisi Gas Buang

Hasil pembakaran bensin menghasilkan emisi gas buang kemudian dikeluarkan dari kendaraan melalui sistem pembuangan. Gas buang akan dilepaskan jika pembakaran di ruang bakar tidak sempurna (kondisi tidak sesuai untuk pencampuran oksigen dan udara). Gas tidak berbahaya seperti nitrogen (N₂) dan air (H₂O) serta gas berbahaya seperti karbon dioksida (CO₂), karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan nitrogen oksida (NO_x) dihasilkan ketika

bensin terbakar saat bereaksi dengan oksigen membentuk karbon dioksida (CO₂) dan air [8].

2.2.4 Standar Nilai Uji Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor di Indonesia

Negara-negara di seluruh dunia telah menetapkan pedoman emisi untuk kendaraan bermotor dengan upaya untuk memperlambat laju kerusakan atmosfer. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2006 tentang Ambang Batas Kendaraan Bermotor Lama dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 23 Tahun 2012 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 10 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Baku Mutu Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori L3 adalah dua regulasi yang kini mengatur standar nilai baku uji emisi di Indonesia [18].

Tabel 2.2 Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2006 (PerMenLH)

PerMenLH No. 05 Tahun 2006 tentang Ambang Batas Kendaraan Bermotor Lama						
Kendaraan Bermotor	Kategori	Langkah	Tahun Pembuatan	Parameter		
				CO	HC	NOx
Lama	L (Roda dua)	2	Sebelum 2010	< 4,5% (uji <i>idle</i>)	< 1200 ppm (uji <i>idle</i>)	N/A
		4		< 5,5% (uji <i>idle</i>)	< 2400 ppm (uji <i>idle</i>)	N/A
		2 4	Sesudah 2010	< 4,5% (uji <i>idle</i>)	< 2000 ppm (uji <i>idle</i>)	N/A N/A

Tabel 2.3 Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 23 Tahun 2012 (PerMenLH)

PerMenLH No. No. 23 Tahun 2012 tentang Perubahan Pengelolaan Baku Mutu Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori L3					
Kendaraan Bermotor	Kategori	Langkah	Parameter		
			CO	HC	NOx
Baru	L3	≤ 150cm ³	< 2.0 g/km (uji ECE R 40)	< 0,8 g/km (uji UDC / mode cold start)	< 0,15 g/km (uji UDC / mode cold start)
		> 150cm ³	< 2.0 g/km (uji ECE R 40)	< 0,3 g/km (uji UDC / mode cold start)	< 0,15 g/km (uji UDC / EUDC mode cold start)

Catatan :

- a. Uji *idle* merupakan metode pengujian dalam kondisi tanpa beban.

- b. Uji ECE R 40 merupakan metode pengujian menurut Peraturan No. 40 Komisi Ekonomi Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk Eropa (UN/ECE) dan EU *directive* 2002/51/EC
- c. Kategorisasi L3 berlaku untuk semua kendaraan bermotor roda dua dengan daya tampung silinder lebih besar dari 50 cm³ atau kecepatan desain maksimum lebih besar dari 50 km/jam, terlepas dari berbagai macam penggerakannya.

2.2.5 Dampak Emisi Gas Buang

Partikel udara dan gas di udara yang sangat kotor dapat berdampak negatif bagi kesehatan, terutama pada organ vital seperti paru-paru kemudian pembuluh darah, serta mengiritasi kulit dan mata. Kondisi pernapasan kronis seperti bronkitis kronis, emfisema, asma bronkial, dan kanker paru-paru sering disebabkan oleh partikel dan debu. Melalui paru-paru, sistem peredaran darah dapat menyerap polutan udara ke dalam tubuh. Baik manusia maupun ekosistem dapat dirugikan oleh pencemaran udara. Peningkatan pencemaran udara memiliki pengaruh yang merugikan pada ekosistem, kerusakan bahan mentah, produktivitas pertanian, dan masalah estetika. pencemaran udara adalah efek yang paling merugikan, menyebabkan lebih dari 90% bahaya bagi kesehatan dan kesejahteraan manusia.

Dampak pencemaran terutama yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor belum dapat dibuktikan secara utuh karena sulit untuk diidentifikasi dan diakumulasikan. Kendaraan bermotor akan mengeluarkan berbagai gas dan partikel, termasuk berbagai zat makromolekul, baik organik maupun anorganik, kemudian dihirup melalui hidung dapat mempengaruhi lingkungan sekitar [19]. Adapun karakteristiknya sebagai berikut :

2.2.5.1 Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen oksida (NO_x) bersumber pada pembakaran, sumber alami, dan emisi dari daratan sehingga mempunyai bagian penting dalam proses fotokimia yang menghasilkan ozon (O₃) pada lapisan troposfer. Pengkristalan NO_x yang berlebihan berkontribusi pada pembentukan nitrogen dalam ekosistem. Pengkristalan NO_x juga berkaitan dengan pengkristalan asam (hujan asam) yang

terjadi di permukaan bumi. Selain itu, NO_x dapat bereaksi dengan zat atmosfer lainnya untuk membentuk partikel kecil yang merugikan kesehatan manusia, terutama pada orang yang menderita kondisi pernapasan kronis. Sumber utama NO_x di daerah perkotaan berasal dari emisi lalu lintas yang tergantung pada jenis, ukuran, dan bahan bakar kendaraan. NO_x yang dikeluarkan oleh kendaraan berat menghasilkan NO_x 5 kali lebih banyak daripada NO_x yang dikeluarkan oleh kendaraan ringan berbahan bakar bensin. Penambahan biodiesel pada kendaraan bertenaga diesel dapat sedikit meningkatkan emisi NO_x.

NO_x juga bertanggung jawab atas masalah lingkungan skala besar, seperti pemanasan global, karena NO_x dapat berpindah dari sumber aslinya ke angin. Mempertahankan konsentrasi NO_x pada tingkat rendah dapat bermanfaat bagi kesehatan masyarakat karena NO_x berfungsi sebagai prekursor sejumlah polutan beracun dan memiliki efek langsung dan jangka panjang pada kesehatan manusia [20].

2.2.5.2 Karbon Monoksida (CO)

Salah satu gas paling berbahaya serta mempunyai konsentrasi yang sangat tinggi yaitu karbon monoksida (CO). CO didapatkan saat bahan bakar tidak sepenuhnya terbakar ketika mesin sedang bekerja. Rasio campuran bensin dan udara yang tidak tepat inilah yang menyebabkan kandungan CO tinggi [21]. Selain itu, penyeteran karburator yang buruk yang menyebabkan konsistensi campuran yang kurang baik dapat menyebabkan tingkat CO yang tinggi. Karbon dioksida (CO₂) dapat diproduksi dari CO relatif mudah dengan menambahkan sedikit oksigen dan panas karena sering bereaksi dengan unsur lain dan merupakan gas yang kurang stabil. Sangat beresiko bagi manusia ketika CO membangun hubungan yang kuat dengan darah, khususnya hemoglobin [16].

Saat manusia menghirup CO yang dikeluarkan dari gas buang kemudian partikel tersebut masuk ke sistem pernapasan dan menempel pada hemoglobin dalam darah sehingga menciptakan *carboxy hemoglobin* (COHb). Besarnya paparan CO yang terserap dapat menyebabkan risiko yang besar bagi manusia. Jika dibandingkan daya ikat CO dengan O₂, kemampuan daya ikat CO dengan HB 240 kali lebih besar. Jika COHb cukup tinggi, gejala yang terlihat antara lain pusing

(10% COHb), mual dan sesak napas (20% COHb), gangguan penglihatan dan penurunan konsentrasi (30% COHb), koma (40-50% COHb), dan jika berkepanjangan dapat menyebabkan kematian. Paparan kronis dari CO juga menyebabkan gangguan pada saraf, gangguan pada otak, masalah pada jantung, dan kematian bayi dalam kandungan [22].

2.2.5.3 Hidrokarbon (HC)

Dalam bahan bakar terkandung senyawa hidrokarbon (HC), adanya gas pada pipa knalpot kendaraan menandakan terdapat bahan bakar tersebut tidak sepenuhnya terbakar kemudian terbuang bersamaan dengan pembakaran lainnya. Ketika HC terbakar sempurna (bereaksi bersama oksigen), akan menciptakan karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O). Ruang bakar mesin dirancang untuk mempertahankan rasio udara terhadap bahan bakar (ATR) yang mendekati sempurna. Namun demikian, sebagian bensin masih mampu mendukung terjadinya kebakaran saat proses pembakaran berlangsung, sehingga menghasilkan emisi gas hasil pembakaran pada knalpot yang cukup tinggi [23].

HC merupakan gas beracun dan bersifat karsinogenik yang berbahaya. Karsinogenik berbahaya karena reaksi fotokimia akan menyebabkan HC di udara berubah menjadi gas yang lebih riskan yaitu gas peroxiasetil nitrat, keton dan aldihida. Bila terkena paparan sedang hingga tinggi, HC dapat berdampak negatif bagi kesehatan seseorang, terutama jika memengaruhi selaput lendir, mata, hidung, atau tenggorokan. Paparan terus-menerus terhadap HC dapat menyebabkan kanker [24].

2.2.6 Hardware

2.2.6.1 ESP32

Espressif System mengembangkan ESP32 yang merupakan mikrokontroler untuk menggantikan ESP8266. ESP32 menggunakan teknologi 40 nm berdaya sangat rendah dari TSMC dan menggabungkan Bluetooth dan Wi-Fi pada frekuensi 2,4 GHz. ESP32 dibuat untuk aplikasi seluler, perangkat elektronik yang digunakan serta aplikasi pada *Internet of Things*. ESP32 memiliki setiap

karakteristik chip berdaya rendah, yang digunakan untuk meminimalkan energi yang dipancarkan perangkat [25].



Gambar 2.1 ESP 32 [25]

2.2.6.2 *Liquid Crystal Display (LCD) 16x2*

Media tampilan atau *Liquid Crystal Display (LCD)* adalah komponen elektronik untuk menampilkan informasi berupa karakter, huruf, atau gambar dan memanfaatkan kristal cair sebagai tampilan utamanya. LCD memiliki fitur yang dapat digunakan untuk penggunaannya, yaitu :

- Terbagi dalam 16 kolom dan 2 baris.
- Memiliki 192 karakter dan memiliki generator yang terprogram.
- Dapat digunakan dalam 4-bit dan 8-bit serta terdapat *back light*.

Pada baris *Liquid Crystal* (2, 3, 4, 5, 6, 12, 7) terdapat proses inisialisasi yang terhubung ke pin LCD RS, *Enable*, D4, D5, D6, dan D7. Dalam hal ini, LCD adalah variabel yang dipanggil setiap perintah yang berhubungan dengan LCD digunakan [27].



Gambar 2.2 LCD 16x2 [27]

2.2.6.3 MQ-135

Module MQ-135 Air Quality Sensor berguna dalam mendeteksi kebocoran gas dan *memonitoring* kualitas udara untuk mendeteksi gas amonia (NH_3), nitrogen oksida (NO_x), alkohol atau etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), benzena (C_6H_6), karbon dioksida (CO_2), gas belerang atau sulfur hidroksida (H_2S), dan gas lainnya di udara. Hasil pengukuran ditunjukkan oleh sensor berupa perubahan nilai resistansi *analog* pada terminal *output*. Pin *output* dapat dihubungkan ke pin ADC (*analog to digital converter*) mikrokontroler atau dengan penambahan *resistor* ke pin *input analog* Arduino (bertindak sebagai pembagi tegangan) [28].



Gambar 2.3 Sensor MQ-135 [28].

Tabel 2.4 Standar Kondisi Kerja pada MQ-135 [28]

Simbol	Nama Parameter	Kondisi	Catatan
V_C	Tegangan Rangkaian	$5V \pm 0.1$	AC atau DC
V_H	Tegangan Pemanas (tinggi)	$5V \pm 0.1$	AC atau DC
R_L	Resistansi Beban	Dapat Disesuaikan	
R_H	Resistansi Pemanas	$33\Omega \pm 5\%$	Temperatur Ruangan
P_H	Konsumsi Pemanasan	Kurang dari 800 mW	

Tabel 2.5 Kondisi Lingkungan pada MQ-135 [28]

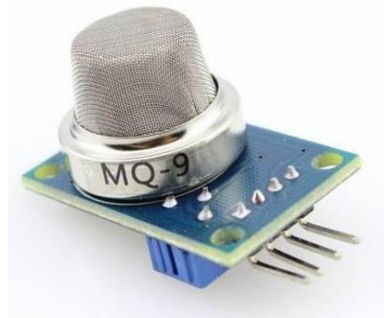
Simbol	Nama Parameter	Kondisi	Catatan
T_{30}	Konsumsi Suhu	-20°C sampai -50°C	
T_{35}	Suhu Penyimpanan	-20°C sampai -70°C	
R_H	Kelembapan	Kurang dari 95% Rh	
O_2	Konsentrasi Oksigen	21% (kondisi standar) Konsentrasi Oksigen dapat Mempengaruhi Sensivitas	Nilai minimum lebih dari 2%

Tabel 2.6 Karakteristik Sensivitas pada MQ-135 [28]

Simbol	Nama Parameter	Kondisi	Catatan
RS	Resistansi Sensing	3K Ω - 30K Ω (1000 ppm iso-butane)	Mendeteksi Konsentrasi Ruang Hidup : 10 ppm – 300 ppm NH ₃ 10 ppm – 1000 ppm Benzene
α (200/50) NH ₃	Konsentrasi Tingkat Kemiringan	≤ 0.6	
Standar Kondisi Pendeteksi	Suhu : 20°C \pm 2°C Kelembapan : 65% \pm 5% V _C : 5V \pm 0.1 V _H : 5V \pm 0.1		10 ppm – 300 ppm Alkohol
Waktu Pemanasan Awal	Lebih dari 24 jam		

2.2.6.4 MQ-9

Module MQ-9 Air Quality Sensor berguna dalam mendeteksi kebocoran gas dan *memonitoring* kualitas udara untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO), metana (CH₄) serta LPG. Sensor MQ-9 mengandung bahan timah oksida (SnO₂). Maka, konduktivitas sensornya akan buruk di udara bersih atau normal. Sebaliknya, konduktivitas sensornya akan baik di udara seiring dengan peningkatan jumlah gas di atmosfer [29].



Gambar 2.4 Sensor MQ-9 [30]

Tabel 2.7 Standar Kondisi Kerja pada MQ-9 [31]

Simbol	Nama Parameter	Kondisi	Catatan
V _C	Tegangan Rangkaian	5V \pm 0.1	AC atau DC
V _H	Tegangan Pemanas (tinggi)	5V \pm 0.1	AC atau DC
R _L	Resistansi Beban	Dapat Disesuaikan	
R _H	Resistansi Pemanas	33 Ω \pm 5%	Temperatur Ruangan
P _H	Konsumsi Pemanasan	Kurang dari 800 mW	

Tabel 2.8 Kondisi Lingkungan pada MQ-9 [31]

Simbol	Nama Parameter	Kondisi	Catatan
T_{ao}	Konsumsi Suhu	-20°C sampai -50°C	
T_{as}	Suhu Penyimpanan	-20°C sampai -70°C	
R_H	Kelembapan	Kurang dari 95% Rh	
O_2	Konsentrasi Oksigen	21% (kondisi standar) Konsentrasi Oksigen dapat Mempengaruhi Sensivitas	Nilai minimum lebih dari 2%

Tabel 2.9 Karakteristik Sensivitas pada MQ-9 [31]

Simbol	Nama Parameter	Kondisi	Catatan
R_s	Resistansi Sensing	2K Ω - 20K Ω	100 ppm pada Karbon Monoksida
α (3000/1000) iso-butana	Konsentrasi Tingkat Kemiringan	≤ 0.5	R_s (300ppm) / R_s (100ppm)
Standar Kondisi Pendeteksi	Suhu : 20°C \pm 2°C Kelembapan : 65% \pm 5% V_C : 5V \pm 0.1 R_L : 10K Ω \pm 5% V_H : 5V \pm 0.1 V_H : 1.4V \pm 0.1		
Waktu Pemanasan Awal	Tidak Kurang dari 48 jam	Mendeteksi Konsentrasi Ruang Hidup : 20 ppm – 2000 ppm Karbon Monoksida 500 ppm – 10000 ppm Metana 500 ppm – 10000 ppm LPG	

2.2.6.5 MQ-2

Module MQ-2 Air Quality Sensor berguna dalam mendeteksi kebocoran gas dan *memonitoring* kualitas udara untuk mendeteksi gas iso butana (C₄H₁₀), propana (C₃H₈), metana (CH₄), etanol (CH₃CH₂OH), hidrogen (H₂O), hidrokarbon (HC), dan gas lainnya di udara. Sensor MQ-2 mengandung bahan timah oksida (SnO₂). Maka, konduktivitas sensornya akan buruk di udara bersih atau normal. Sebaliknya, konduktivitas sensornya akan baik di udara seiring dengan peningkatan jumlah gas di atmosfer [32].



Gambar 2.5 Sensor MQ-2 [33]

Tabel 2.10 Standar Kondisi Kerja pada MQ-2 [34]

Simbol	Nama Parameter	Kondisi	Catatan
V _C	Tegangan Rangkaian	5V ± 0.1	AC atau DC
V _H	Tegangan Pemanas (tinggi)	5V ± 0.1	AC atau DC
R _L	Resistansi Beban	Dapat Disesuaikan	
R _H	Resistansi Pemanas	33Ω ± 5%	Temperatur Ruangan
P _H	Konsumsi Pemanasan	Kurang dari 800 mW	

Tabel 2.11 Kondisi Lingkungan pada MQ-2 [34]

Simbol	Nama Parameter	Kondisi	Catatan
T ₂₀	Konsumsi Suhu	-20°C sampai -50°C	
T ₂₅	Suhu Penyimpanan	-20°C sampai -70°C	
R _H	Kelembapan	Kurang dari 95% Rh	
O ₂	Konsentrasi Oksigen	21% (kondisi standar) Konsentrasi Oksigen dapat Mempengaruhi Sensivitas	Nilai minimum lebih dari 2%

Tabel 2.12 Karakteristik Sensivitas pada MQ-2 [34]

Simbol	Nama Parameter	Kondisi	Catatan
RS	Resistansi Sensing	3KΩ - 30KΩ (1000 ppm iso-butane)	Mendeteksi Konsentrasi Ruang Hidup : 200 ppm – 500 ppm LPG dan propana 300 ppm – 5000 ppm Butana 5000 ppm – 20000 ppm Metana 300 ppm – 5000 ppm H2 100 ppm – 2000 ppm Alkohol
α (200/50) NH ₃	Konsentrasi Tingkat Kemiringan	≤ 0.6	
Standar Kondisi Pendeteksi	Suhu : 20°C ± 2°C Kelembapan : 65% ± 5% V _C : 5V ± 0.1 V _H : 5V ± 0.1		
Waktu Pemanasan Awal	Lebih dari 24 jam		

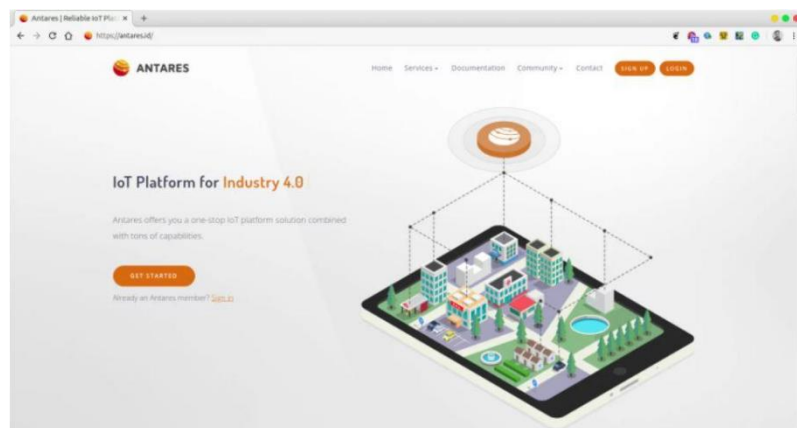
2.2.7 Software

2.2.7.1 Software Antares

Antares merupakan brand yang terkait dengan PT Telekomunikasi Indonesia yang memiliki ahli dalam bidang *Internet of Things*. Antares menawarkan fitur sebagai berikut :

1. Semua komunikasi ditransmisikan melalui saluran terenkripsi yang aman. Di atas *secure transport layer* yang aman, semuanya dikonfigurasi agar sangat dapat diandalkan, aman, dan tangguh.
2. Antares menjamin akan menjaga infrastruktur selama 24 jam
3. Antares memberi dukungan berbagai *hardware* dengan segala jenis bahasa pemrograman.
4. *Open API*, tidak hanya bisa mengelola aplikasi melalui *dashboard*, tapi juga memanfaatkan Antares API.

Ketiga protokol HTTP, MQTT, dan COAP disediakan oleh Antares dan dapat dimanfaatkan untuk pengembangan *Internet of Things*. Saat membuat perangkat, protokol ini dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan.



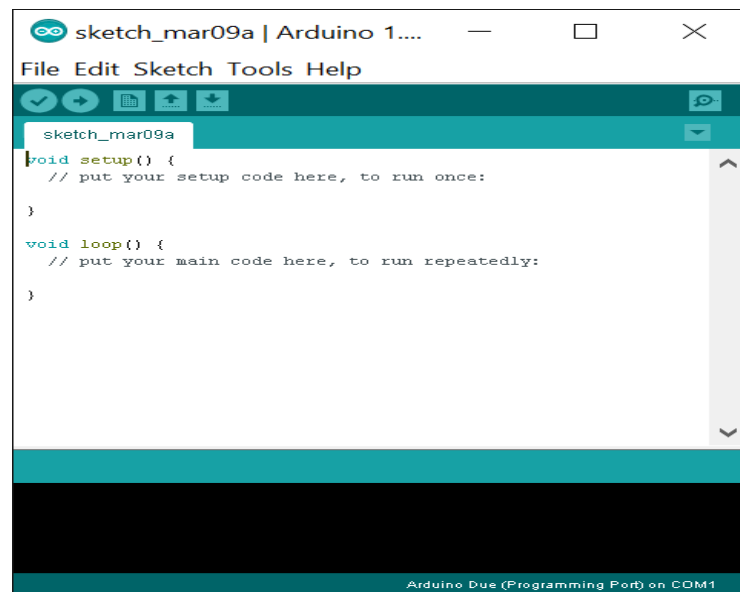
Gambar 2.6 Platform Antares

2.2.7.2 Arduino Ingrated Development Environment (IDE)

Integrated Development Environment (IDE) ialah aplikasi lingkungan pemrograman yang dipersiapkan guna menghasilkan perintah atau *source code*, memeriksa kesalahan, serta memprogramnya ke *board* dalam satu aplikasi. Bahasa

pemrograman yang dipergunakan dalam memprogram Arduino UNO yaitu bahasa C atau C++ [35].

Dalam Arduino IDE, program disebut sebagai *sketch* dan dikembangkan dalam *editor* teks dengan ekstensi file .ino. Arduino memudahkan mengedit teks dalam penulisan kode program dengan fitur seperti *cut* dan *find*. *Software* Arduino IDE memiliki sejenis kotak pesan berwarna hitam untuk dipergunakan dalam memunculkan status pesan *error*, *compiler*, *upload* program. [36].



Gambar 2.7 Arduino *Ingrated Development Environment (IDE)* [36]

2.2.8 *Error* dan Akurasi

Untuk mendapatkan data keseluruhan dibutuhkan perhitungan *error* dan akurasi. *Error* dan akurasi secara matematika didefinisikan dengan rumus :

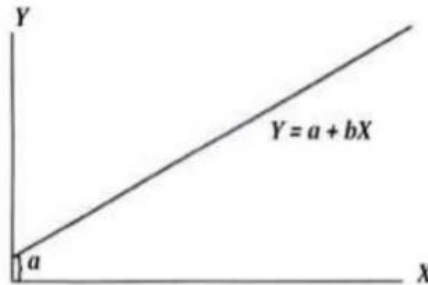
$$Error = \left| \frac{Datasheet - Sensor}{Datasheet} \right| \times 100\% \quad (2.1)$$

$$Akurasi = 100\% - Error \quad (2.2)$$

2.2.9 Regresi Linear Sederhana

Persamaan Regresi Linear Sederhana ialah ketertarikan antara satu variabel bebas atau *predictor* X dengan satu variabel tak bebas atau *response* Y.

Sedangkan Regresi Linear Berganda memiliki satu variabel atau lebih variabel X dengan satu variabel Y. Regresi Linear Sederhana digambarkan dalam garis lurus [37].



Gambar 2.8 Regresi Linear Sederhana [37]

Persamaan Regresi Linear Sederhana secara matematika didefinisikan dengan rumus :

$$Y = a + bX \quad (2.3)$$

Dimana :

X = variabel bebas

Y = variabel tak bebas

a = konstanta (*intersep*)

b = konstanta regresi (*slope*)

Besarnya a dan b dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$a = \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i)(\sum X_i Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (2.4)$$

$$b = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (2.5)$$

Dimana :

n = jumlah data

X_i = variabel x ke - I

Y_i = variabel y ke - I