

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Terdapat beberapa penelitian yang membahas mengenai antarmuka (*interface*) sensor dan komunikasi data dibidang mikrokontroller yang akan menjadi bahan referensi dan perbandingan. Siahaan, Akbar dan Syauqy [2018] melakukan penelitian mengenai “*Implementasi Modul Antarmuka Perangkat Sensor dan Komunikasi pada UART dan I²C dengan Fitur Plug And Play*“. Pada penelitian ini diciptakan sebuah modul dengan sistem *plug and play* untuk antarmuka perangkat sensor dan komunikasi. Sehingga saat penambahan sensor baru hanya membutuhkan lebih sedikit konfigurasi. Selain sensor juga digunakan perangkat komunikasi berupa NRF24L01 dan ESP8266 serta arduino sebagai perangkat pemroses data. Sensor-sensor yang digunakan dihubungkan dengan komunikasi I²C dan diolah oleh arduino yang kemudian data dari sensor yang diinginkan akan dikirim oleh perangkat komunikasi melalui komunikasi UART. Inti dari program yang digunakan adalah dengan mengambil data dari sensor berdasarkan alamat (*address*) tiap sensor. Namun pada penelitian ini tidak dipaparkan mengenai konfigurasi sensor lebih detail dan komunikasi sensor hanya melalui I²C. Jadi sensor yang tidak memiliki komunikasi I²C beserta *address* akan sulit diterapkan pada modul ini. (Siahaan, Akbar, & Syauqy, 2018)

Sulistiyono, Nurussa'adah, dan Maulana [2014] melakukan penelitian mengenai “*Komparasi Sistem Komunikasi Serial Multipoint pada Robot Management Sampah menggunakan I²C dan SPI*”. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan antara komunikasi serial *multipoint* menggunakan sistem komunikasi I²C dan SPI dengan objek percobaan berupa robot. Pada percobaannya baik pada sensor, mikrokontroler dan aktuator adalah sama, hanya komunikasinya saja yang berbeda. Tipe robot yang digunakan adalah *line follower*, jadi yang dikendalikan adalah 2 motor dc berdasarkan pembacaan dari sensor garis. Berdasarkan hasil penelitian ini, diketahui bahwa pengkabelan pada protokol I²C lebih sederhana dibandingkan SPI. Namun, dari segi kecepatan transmisi data SPI lebih unggul $\pm 500\mu\text{s}$ dari komunikasi I²C. dengan selisih kecepatan transmisi data antara SPI dan I²C yang hanya dalam skala μs masih belum membuat I²C menjadi protokol komunikasi yang lebih buruk. Apalagi dengan penggunaan kabel pada I²C yang hanya berjumlah 2 buah dalam 1 bus dibandingkan dengan SPI yang menggunakan 4 buah. (Sulistiyono, 2014)

Mikhaylov dan Tervonen [2012], melakukan penelitian mengenai “*Evaluation of Power Efficiency for Digital Serial Interfaces of Microcontrollers*”. Seperti pada penelitian sebelumnya, penelitian ini juga dilakukan perbandingan antara antarmuka SPI dan I²C dengan tambahan antarmuka UART. Namun, perbandingan yang dilakukan adalah mengenai konsumsi daya dari ketiga antarmuka serial tersebut. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa SPI memiliki konsumsi daya terendah apabila ketiga

antarmuka ini memiliki nilai data rate yang sama. UART memiliki konsumsi daya 22 -23% lebih banyak dari pada SPI karena terdapat start dan stop bit disetiap *byte* data. Selain itu, UART tidak memiliki kemungkinan untuk menghubungkan lebih dari satu perangkat karena koneksinya secara *peer-to-peer*. I²C memiliki konsumsi daya tertinggi yaitu 2 kali dari SPI karena prosedurnya yang sangat kompleks. Tetapi I²C sangat efisien daripada UART saat pengiriman data yang besar atau dalam satu paket terdiri lebih dari 9 *byte* data. Dibandingkan antarmuka yang lain, I²C memiliki pencapaian data rate yang maksimum.(Mikhaylov & Tervonen, 2012)

Kanse, Mayuri, Abhilasha dan Nilam [2015], melakukan penelitian mengenai “*Protocol Converter (UART, I²C, MANCHESTER PROTOCOLS TO USB)*”. Pada penelitian diciptakan sebuah *converter* yang mengubah dari protokol komunikasi berjenis UART, I²C dan *Manchester* menuju USB. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengurangi tingkat kompleksitas perangkat dan agar bisa diakses melalui laptop ataupun komputer. Selain itu, juga mengubah format data dari UART, I²C dan Manchester menjadi sesuai dengan format data USB. Konverter ini menggunakan mikrokontroler PIC sebagai pengolah data. Penelitian ini merupakan referensi utama dari tugas akhir ini dikarenakan hasil penelitian yang hampir sama yaitu menciptakan sebuah konverter antarmuka, namun berbeda pada tujuan dan penerapannya. (Kanse, Mayuri, Abhilasha, & Nilam, 2015)

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Karbondioksida (CO₂)

Karbodioksida atau yang biasa ditulis dengan rumus kimianya “CO₂” adalah senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen (O₂) yang terikat secara kovalen bersamaan dengan atom karbon (C) sebagai buangan dari sisa hasil pembakaran karbon yang tidak sempurna. Karbondioksida merupakan salah satu senyawa kimia yang sangat terkenal tidak hanya karena jumlahnya juga karena manusia sendiri sebagai penghasil karbondioksida. (Asmara, 2016)

2.2.1.1 Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca (GRK) adalah sejumlah gas yang mampu memberikan efek rumah kaca. Dimana radiasi gelombang yang dipancarkan bumi akan diserap dan dipantulkan kembali menuju bumi oleh gas rumah kaca. Sebenarnya gas rumah kaca diperlukan untuk menjaga suhu bumi. Karena tanpanya bumi akan memiliki suhu hingga -18°C dan mungkin hampir tidak ada kehidupan di bumi. Suhu rata-rata akibat adanya gas rumah kaca di bumi adalah 15°C. Namun, karena banyak pencemaran dan industri menyebabkan jumlah gas rumah kaca menjadi berlebihan dan meningkatkan suhu bumi atau lebih dikenal dengan fenomena *global warming*. (Samiaji, 2011)

Berdasarkan konvensi PBB mengenai perubahan iklim (*United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC*) mengatakan bahwa karbondioksida adalah salah satu dari 6 jenis gas yang digolongkan dalam gas rumah kaca. Selain karbondioksida terdapat dinitro oksida (N_2O), metana (CH_4), sulfur heksaflorida (SF_6), perflorokarbon (PFC_5) dan hidroflorokarbon (HFC_5) yang memiliki potensi pemanasan di bumi. Gas rumah kaca memiliki indeks pemanasan global seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1 pada halaman selanjutnya.

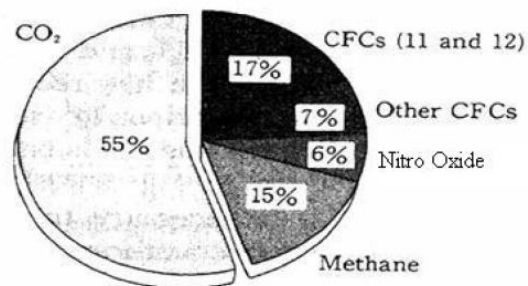
Tabel 2.1 *Index* Pemanasan Global Gas Rumah Kaca

Jenis Gas Rumah Kaca	Potensi Pemanasan (ton CO₂ ekuivalen)
Karbon dioksida (CO ₂)	1
Metana (CH ₄)	21
Dinitro oksida (N ₂ O)	310
hidroflorokarbon (HFC ₅)	500
perflorokarbon (PFC ₅)	9200

(Sumber : Samiaji, 2009)

Berdasarkan tabel di atas, karbondioksida memiliki potensi pemanasan terkecil dibandingkan gas rumah kaca lainnya. Seperti metana yang memiliki efektivitas dalam menyerap panas 21 kali lebih besar dari karbondioksida maupun perflorokarbon yang 9200 kali lebih besar. Namun, gas karbondioksida yang paling membahayakan dan menjadi perhatian dunia. Hal ini dikarenakan konsentrasinya di atmosfer yang mencapai 55 % diantara gas

rumah kaca dan sebagai salah satu gas terbanyak di atmosfer yaitu berkisara 0,0357 %. Berikut adalah presentase gas rumah kaca.



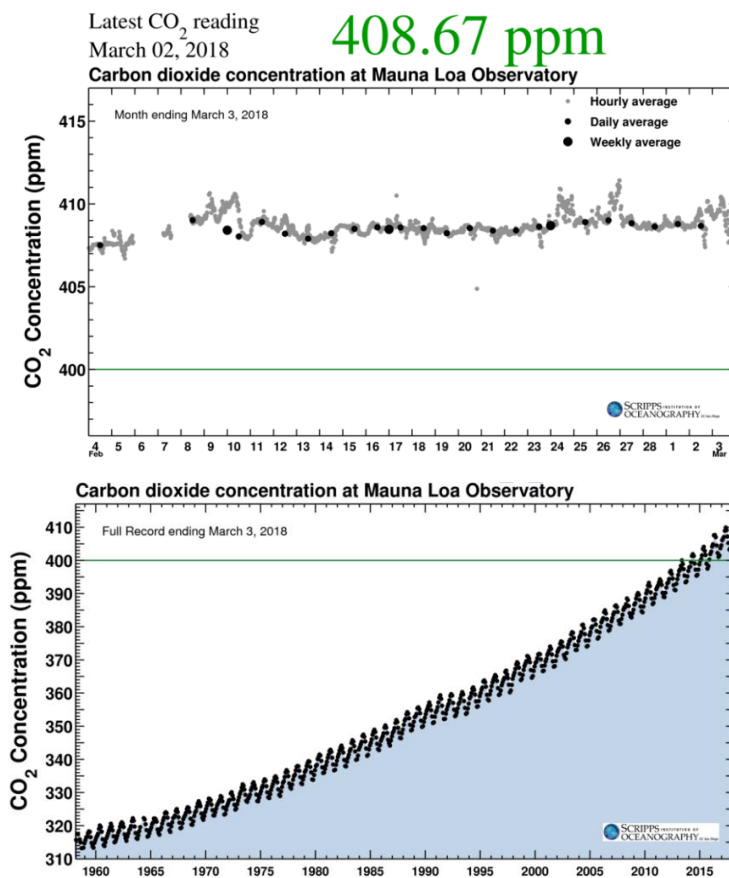
Gambar 2.1 Persentase Konsentrasi Gas Rumah Kaca

(Sumber : Samiaji, 2009)

2.2.1.2 Emisi dan Perubahan Konsentrasi CO₂

Gas karbondioksida bisa dihasilkan dari berbagai proses seperti pembakaran bahan bakar terutama bahan bakar fosil, biomassa, tumpukan sampah, letusan gunung berapi, kebakaran hutan, pabrik yang memproduksi ammonia, semen, etanol, besi baja, dan hidrogen. Selain itu, CO₂ juga dihasilkan dari pernafasan makhluk hidup tidak terkecuali tumbuhan. Saat malam hari tumbuhan akan mengeluarkan CO₂, namun disaat siang hari ia akan menyerap CO₂ untuk fotosintesis. Penghasil gas rumah kaca terbesar terdapat di pertanian dan peternakan. Respirasi tanah, pembakaran biomassa, pembusukan sampah organik, dan kotoran hewan mengemisikan gas rumah kaca hingga 87%.

Semakin hari konsentrasi karbondioksida di atmosfer semakin bertambah. Hal ini diakibatkan aktivitas manusia dan kegiatan-kegiatan yang meningkatkan emisi karbondioksida semakin meningkat. Besar atau nilai konsentrasi karbondioksida dinyatakan dalam satuan PPM (*parts per million*). Konsentrasi karbondioksida pada masa pra-industri sebesar 278 PPM dan terus meningkat hingga sekarang. *Website Scripps Institution Of Oceanography* menampilkan grafik konsentrasi CO₂ di atmosfer. Grafik di bawah ini diambil di *Mauna Loa Observatory* di hawaii pada ketinggian 3400 m di atas permukaan laut.



Gambar 2.2 Grafik Konsentrasi CO₂ Februari – Maret 2018
(Sumber: <https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/>)

Berdasarkan grafik gambar 2.2, dapat diketahui bahwa konsentrasi CO₂ terus meningkat hingga melebihi 400 PPM. pengukuran terakhir dibulan maret 2018 mencapai 408 PPM. Astuti dan Firdaus [2017] melakukan penelitian “*Analisis Kandungan CO₂ dengan Sensor dan Berbasis Logger Pro di Daerah Yogyakarta*”. Dari hasil penelitiannya, konsentrasi CO₂ di 10 titik kota Yogyakarta rata-rata bernilai 560 PPM. Konsentrasi CO₂ tertinggi terdapat di 0 Km Yogyakarta yaitu 973,2 PPM. Hal ini diakibatkan oleh padatnya kendaraan bermotor di tiap titik pengamatan.(Astuti & Firdaus, 2017)

2.2.2 Sensor CO₂ MH-Z19

Sensor merupakan komponen atau perangkat elektronik yang mampu mendeteksi perubahan lingkungan sekitar dan merubah suatu besaran tertentu menjadi besaran listrik. Sensor menjadi indranya perangkat elektronik. Segala kebutuhan analisis, monitoring dan pengendalian membutuhkan sensor. Selain itu, sensor sangat aplikatif dan bisa diimplementasikan hingga diseluruh bidang.

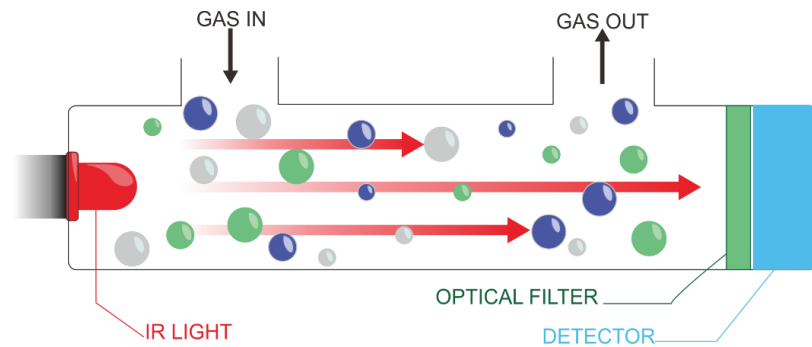
MH-Z19 adalah salah satu jenis sensor yang mampu mengukur kandungan atau konsentrasi CO₂ di udara sekitar. Nama lengkap dari sensor ini adalah MH-Z19 NDIR CO₂ Module yang merupakan generasi terbaru dari pendahulunya yaitu MH-Z14 dan MH-Z16. Sensor ini diproduksi oleh perusahaan Cina yaitu *Zhengzhou Winsen Electronics Technology* yang salah satu jenis produknya adalah sensor.

2.2.2.1 Cara Kerja Sensor

Pada saat ini terdapat 2 jenis sensor gas yang banyak tersedia untuk mengetahui konsentrasi CO₂ yaitu *non-dispersive infrared* (NDIR) dan *solid electrolyte sensor*. NDIR sensor memiliki keunggulan stabilitas jangka panjang, akurasi dan hemat daya sehingga banyak digunakan dalam pengukuran CO₂ secara *real-time*. Sementara itu, *solid electrolyte sensor* lebih murah, tapi memiliki performa yang kurang baik jika digunakan untuk pengukuran CO₂ dalam jangka waktu lama. (Gibson & MacGregor, 2011)

Sesuai dengan namanya, sensor MH-Z19 menggunakan prinsip NDIR atau *non-dispersive infrared*. Tipe ini menggunakan *optical method* untuk mendeteksi gas. Metode ini dilakukan berdasarkan fakta bahwa banyak gas menyerap panjang gelombang tertentu dari cahaya inframerah. Hal ini sesuai dengan hukum *Beer-Lambert* mengenai hubungan linear absorbansi (penyerapan) dengan konsentrasi molekul atau suatu spesies penyerap cahaya. Hukum ini biasanya digunakan pada bidang analisis kimia.

Komponen dasar dan utama pada NDIR adalah sumber cahaya inframerah, tabung sampel yang akan dimasuki gas, *filter* cahaya dan detektor. Gambar 2.3 di halaman selanjutnya akan menjelaskan cara kerja NDIR.

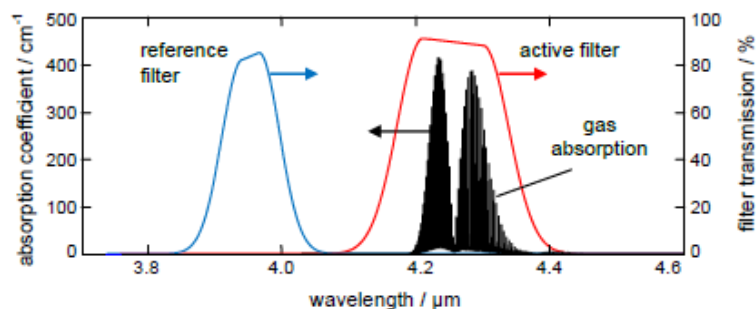


Gambar 2.3 Cara Kerja NDIR

Berdasarkan pada gambar 2.3 di atas, lampu inframerah (*IR light*) mengarahkan gelombang cahayanya ke arah detektor di dalam tabung sampel yang berisi gas. Detektor memiliki fungsi sebagai pengukur jumlah cahaya inframerah yang perolehnya. Saat cahaya dari lampu inframerah melewati tabung, setiap molekul gas yang berukuran sama dengan panjang gelombang sinar inframerah akan menyerap cahaya inframerah dan melewatkan cahaya dengan panjang gelombang lainnya. Panjang gelombang inframerah yaitu 700 nm – 1 mm. cahaya yang berhasil melewati molekul-molekul gas tersebut akan melewati *optical filter* dan menyerap setiap panjang gelombang cahaya kecuali panjang gelombang yang bisa diserap oleh CO₂. Detektor akan menghitung jumlah cahaya yang berhasil lolos dari filter dan membandingkan dengan jumlah cahaya awal dari lampu inframerah.

Panjang gelombang cahaya yang bisa diserap oleh CO₂ adalah 4,26 μm . pada panjang gelombang ini CO₂ sangat kuat

untuk menyerap cahaya tanpa diserap oleh molekul gas lainnya atau oleh uap air. Perbandingan kedua jumlah cahaya ini sebanding dengan jumlah konsentrasi CO₂ di udara dalam tabung. Jadi, sensor NDIR ini tidak terlalu baik dalam memberikan nilai absolut dari konsentrasi CO₂, tapi sangat baik dalam mengukur perubahan relatif CO₂. Berikut ini adalah grafik penyerapan cahaya pada berdasarkan panjang gelombang gas CO₂.



Gambar 2.4 Grafik Penyerapan Cahaya Inframerah Gas CO₂
(**Sumber:** Hodgkinson, Smith, Ho, Saffell, & Tatam, 2013)

2.2.2.2 Spesifikasi MH-Z19

MH-Z19 NDIR gas module adalah sebuah salah satu jenis umum pada sensor yang berukuran kecil dan menggunakan prinsip NDIR (*non-dispersive infrared*) dalam mendeteksi kandungan CO₂ di udara dengan kemampuan memilih yang baik dan tidak bergantung pada *non-oxygen*. Ketahanan sensor ini sangat bagus dengan estimasi umur sensor bisa lebih dari 5 tahun. Sensor ini Memiliki sensor suhu tersendiri yang terpasang pada *board*-nya untuk melakukan kompensasi suhu dan dibangun

melalui teknologi pendeteksian gas melalui penyerapan cahaya inframerah terbaik. MH-Z19 dibuat dengan desain sirkuit optik yang lebih presisi dan desain sirkuit superior. (Winsen, 2015)

Sensor ini terbilang memiliki sensitivitas dan resolusi yang tinggi serta konsumsi daya yang rendah. Memiliki umur yang panjang, stabilitas yang baik serta tidak beracun. *Output* data bisa melalui serial UART dan PWM. Salah satu keunggulan lainnya adalah *anti-water vapor interference*. Hal ini dikarenakan NDIR yang mendeteksi gas seperti NO, NO₂, SO₂, NH₃ dan terutama CO₂ sering bermasalah oleh gangguan dari uap air sehingga mengganggu pengukuran konsentrasi gas. Salah satu kelemahan sensor ini adalah pada sisi ketahanan sensor terhadap suhu karena kondisi optimal sensor hanya pada suhu 0°C sampai 50°C.

Terdapat beberapa kelemahan dari MH-Z19. Salah satunya adalah *preheat time* yang memakan waktu 3 menit. *Response time* sensor lumayan lama dan bisa mendekati 60 detik. Jadi, saat sensor baru hidup tidak bisa langsung memperoleh data yang valid. Selain itu, diketahui bahwa *refresh rate* pengukuran CO₂ bisa mencapai angka 5 detik. Tentunya ini lumayan lama apabila ingin memperoleh data berurut dengan kecepatan tinggi. Spesifikasi MH-Z19 berdasarkan *datasheet* resmi dari perusahaan yang memproduksinya ditunjukkan pada tabel 2.2 pada halaman selanjutnya.

Tabel 2.2 Spesifikasi MH-Z19

Product Model	MH-Z19
Target Gas	CO ₂
Working voltage	3.6 ~ 5.5 V DC
Average current	< 18 mA
Interface level	3.3 V
Measuring range	0 ~ 0.5% VOL optional (refer to Table 2)
Output signal	UART
	PWM
Preheat time	3 min
Reponse Time	T ₉₀ < 60 s
Working temperature	0 ~ 50 °C
Working humidity	0 ~ 95% RH (No condensation)
Dimension	33 mm×20 mm×9 mm (L×W×H)
Weight	21 g
Lifespan	> 5 years

(Sumber: Winsen, 2015)

Tabel 2.3 Rentang Pengukuran dan Akurasi MH-Z19

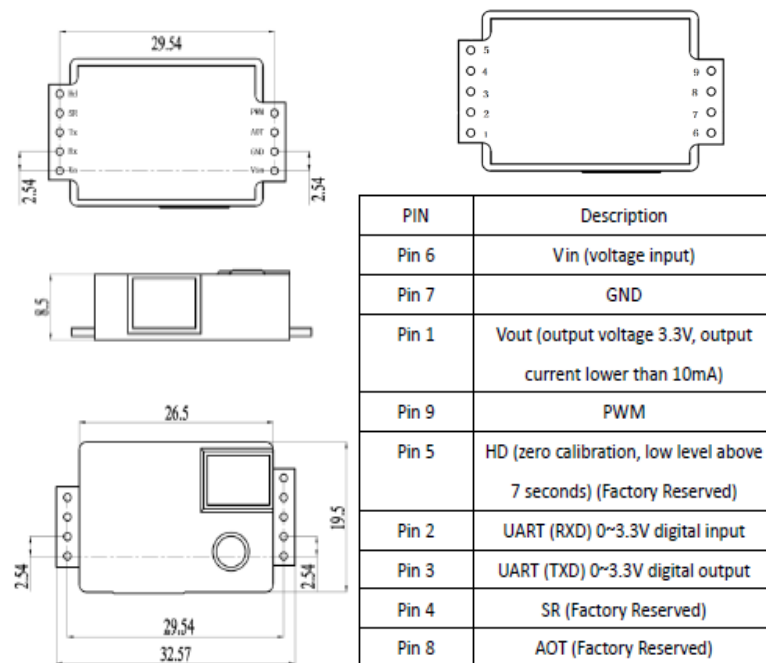
Target Gas	Formula	Measuring Range	Accuracy	Remark
Carbon Dioxide (CO ₂)	CO ₂	0~2000 ppm	± (50ppm+5% reading value)	Temperature compensation
		0~5000 ppm		Temperature compensation

(Sumber: Winsen, 2015)

Berdasarkan data pada tabel 2.3 di atas diketahui bahwa terdapat 2 rentang pengukuran pada MH-Z19 yaitu 0 – 2000 PPM

dan 0 – 5000 PPM. Kedua rentang ini bisa dipilih dan disesuaikan dengan rumus saat menggunakan keluaran dari pin PWM sensor. Oleh karena itu, sering terjadi perbedaan hasil saat menggunakan keluaran dari PWM antara kedua rentang tersebut. Untuk akurasi pengukuran lumayan jauh dari nilai ideal dengan selisih bisa mencapai 50 PPM. Sehingga kebanyakan peneliti yang menggunakan sensor ini lebih memilih untuk mengambil data pengukuran CO₂ melalui protokol komunikasi serial UART. Dalam pengaplikasiannya, sensor ini lebih banyak digunakan di dalam ruangan dan pada *HVAC refrigeration* karena ketahanan sensor terhadap suhu sangat terbatas.

2.2.2.3 Struktur dan Pin MH-Z19



Gambar 2.5 Struktur dan Pin MH-Z19

(Sumber: Winsen, 2015)

2.2.2.4 Pembacaan Data MH-Z19

Sensor MH-Z19 memiliki 2 keluaran data yaitu melalui PWM dan serial berupa UART. Setiap keluaran memiliki jenis data yang berbeda-beda. Berikut adalah penjelasan data tiap keluaran.

1. PWM (Pulse Width Modulation)

Keluaran ini memberikan data dalam bentuk pulsa. Nilai konsentrasi CO₂ dihitung dari lebar pulsa yang diberikan. Dibutuhkan rumus untuk memperoleh nilai yang valid. Berikut adalah rumus perhitungan pada rentang 0 – 2000 PPM.

$$C_{PPM} = 2000 \times (T_H - 2ms) / (T_H + T_L - 4ms)$$

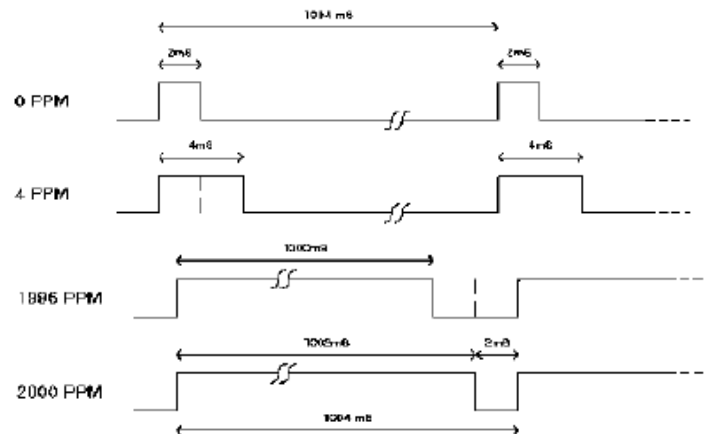
Keterangan :

C_{PPM} = Konsentrasi CO₂ (PPM)

T_H = waktu *high level* selama *output cycle*

T_L = waktu *low level* selama *output cycle*

Karena pengukuran CO₂ berdasarkan pulsa, maka hasil pengukuran diperoleh dari lebar pulsa baik *high level* maupun *low level*. total *cycle* berjumlah 1004 ms ±5%. *High level* di awal dan *low level* di akhir konstan bernilai 2 ms ±5%. Kadar konsentrasi CO₂ berbanding lurus dengan lebar pulsa *high level*. Pada gambar 2.6 dijelaskan mengenai pulsa PWM.



Gambar 2.6 Output PWM MH-Z19

(Sumber: Winsen, 2015)

2. UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

Komunikasi secara serial atau UART menggunakan port Rx dan Tx. Data yang dikirim tidak langsung berupa nilai dalam suatu variable. Melainkan berupa *byte* yang berjumlah 9 buah (0 – 8 *byte*). 9 *byte* ini terdiri dari 8 *byte* data dan 1 *byte* sebagai *stop byte*. Memiliki nilai *baud rate* yang umum yaitu 9600 dan tanpa *parity (check bits)*. *Byte 0* atau *byte* pertama selalu bernilai 0xFF.

Berdasarkan *datasheet*, pada keluaran ini tidak perlu melakukan perhitungan. Namun, untuk memperoleh nilai konsentrasi dibutuhkan penjumlahan *byte* yang berisi *low level concentration* dan *high level concentration*. *Low level concentration* terdapat di *byte 2* dan *high level concentration* terdapat di *byte 3*. Pada gambar 2.7 di halaman selanjutnya menunjukkan data dari keluaran UART.

Gas concentration reading

Send command								
Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8
Starting byte	Sensor No.	command	-	-	-	-	-	Check value
0xFF	0x01	0x86	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x79

Return value

Return								
Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8
Starting byte	command	High level concentration	Low level concentration	-	-	-	-	Check value
0xFF	0x86	0x02	0x60	0x47	0x00	0x00	0x00	0xD1

Gas concentration= high level *256+low level

Gambar 2.7 Byte Data Output UART MH-Z19

(Sumber: Winsen, 2015)

2.2.2.5 Kalibrasi MH-Z19

Kalibrasi adalah perbaikan nilai offset pada sensor sehingga tidak akan terjadi kesalahan pengukuran. Pada MH-Z19 tidak terlalu perlu dilakukan kalibrasi manual. Namun, setelah pemakaian dalam jangka waktu lama, sumber inframerah dan detektor pada sensor akan mulai memburuk dan mengurangi jumlah molekul yang mampu dibaca. Oleh sebab itu, diperlukan kalibrasi apabila telah terjadi kesalahan pengukuran.

Pada MHZ-19 terdapat 3 jenis kalibrasi yang bisa dilakukan. Pertama adalah dengan menggunakan nitrogen 100% murni. Hal ini sesuai dengan kalibrasi awal sensor di pabrik. Kalibrasi ini dilakukan jika ingin mengukur konsentrasi CO₂ antara 0 – 400 PPM. Karena kalibrasi yang dilakukan pada 0 PPM CO₂ sehingga akan menghasilkan akurasi yang tinggi. Namun,

biaya yang dibutuhkan cukup besar karena butuh nitrogen murni dan aplikasi kalibrasi.

Kedua adalah dengan menggunakan udara bersih. Berbeda dengan kalibrasi nitrogen, sensor akan diletakkan diudara terbuka yang diyakini konsentrasi CO₂-nya masih di angka 400 PPM. Kalibrasi pun dilakukan dengan *offset* di 400 PPM sehingga tidak terlalu akurat saat kalibrasi nitrogen.

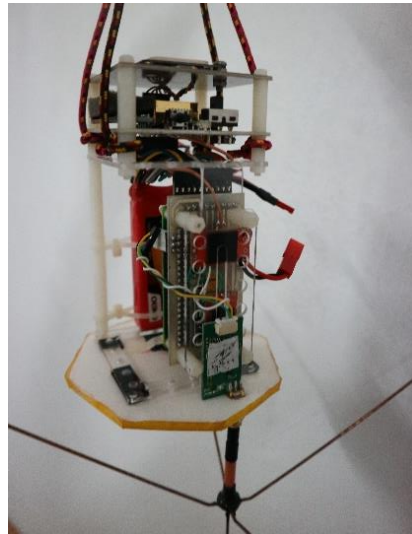
Ketiga yaitu kalibrasi otomatis. Prinsip ini didasarkan pada fakta bahwa lingkungan akan kembali pada normal pada 400 PPM setidaknya dalam beberapa hari. Sensor akan melakukan koreksi terhadap tingkat CO₂ terendah yang dianggap menyimpang dalam beberapa hari. Cara ini sangat efektif pada lingkungan yang akan kembali normal saat tidak ada kegiatan yang menghasilkan CO₂ selama beberapa jam seperti kamar tidur saat siang atau kantor saat malam hari.

2.2.3 Muatan Balon Atmosfer

Muatan Balon atmosfer adalah suatu perangkat elektronik yang diterbangkan oleh wahana balon atmosfer hingga ketinggian tertentu. Menurut Wiyagi, Danardono, dan Ahmad (2016) yang telah melakukan penelitian mengenai “*High Altitude Balloon Payload Design for Atmospheric Observation*”. Muatan balon atmosfer atau juga disebut payload memiliki tujuan dan fungsi untuk mengirim citra atau gambar beserta data dari parameter-parameter atmosfer yang telah ditentukan.

Payload akan diterbangkan oleh *high altitude ballon* secara vertical pada lapisan troposfer atmosfer bumi. Transmisi data dilakukan melalui gelombang radio sehingga dibutuhkan antena dengan frekuensi yang sama baik pada *payload* maupun pada *ground station*. Muatan balon akan menjadi *transmitter* sementara *ground station* yang terdiri dari antena dan komputer yang menampilkan dan menyimpan data akan menjadi *receiver*. (Wiyagi, Danardono, & Agus, 2017)

Bagaikan *mini satelit* atau lebih kepada *weather station*, muatan akan terus mengirim data selama penerbangannya. Parameter yang diukur adalah kondisi atmosfer sekitar dan posisi muatan sendiri. Kondisi atmosfer yang diukur berupa suhu, kelembapan, tekanan udara, arah angin, kecepatan angin dan gas CO₂. Posisi muatan selama penerbangan seperti ketinggian (*latitude*), posisi *longitude* dan *altitude* juga dikirimkan untuk data *antenna tracker* dan pelacakan *payload*. Dari banyaknya parameter yang diukur membuktikan bahwa muatan balon mempunyai banyak sensor yang terpasang. Seluruh data parameter ini akan dikirimkan menuju *ground station* melalui telemetri dan gelombang radio. Tampilan *payload* atau muatan balon atmosfer ditunjukkan pada gambar 2.8 pada halaman berikutnya.



Gambar 2.8 Rangkaian Muatan Balon Atmosfer

2.2.4 Protokol Komunikasi Data dan Antarmuka Serial

Komunikasi data merupakan salah satu bagian terpenting dari elektronika terutama mikrokontroler. Baik antar mikrokontroler atau perangkat lain seperti sensor akan saling berhubungan dan berkomunikasi satu sama lain. Komunikasi data tiap perangkat akan melalui sebuah protokol komunikasi tertentu. Sistem komunikasi serial merupakan jenis protokol komunikasi yang sering digunakan. Komunikasi serial atau biasa disebut sebagai interface (antarmuka) ini terdiri dari SPI, I²C dan UART. Antarmuka ini telah banyak diterapkan pada beberapa perangkat terutama pada mikrokontroler, *embedded system*, sensor dan sebagainya. Masing-masing antarmuka memiliki kelemahan dan kelebihan tergantung dari pengaplikasian yang dibutuhkan.

2.2.4.1 Serial Peripheral Interface (SPI)

Antarmuka SPI telah dipopulerkan oleh Motorola sebagai *synchronous serial interface* yang bekerja dengan metode *full duplex*. Dalam komunikasi SPI antara perangkat yang saling berhubungan terdapat *master* dan *slave*. *Master* adalah perangkat yang menginisiasi atau mengatur pengiriman data menuju *slave* yang terdiri dari 1 atau beberapa buah (*multipoint*). Melalui komunikasi SPI ini data bisa saling dikirimkan antar mikrokontroler maupun antar mikrokontroler dengan *peripheral* lain selain mikrokontroler. (Bejo, 2008)

Komunikasi melalui SPI membutuhkan 3 jalur (*wire*) yaitu MOSI, MISO, dan SCK. Namun, pada komunikasi *multipoint* terdapat tambahan jalur yaitu SS tiap *slave*. Oleh sebab itu, SPI biasa disebut dengan "*four wire*". Berikut adalah penjelasan tiap jalur pada komunikasi SPI.

- MOSI (*Master Output Slave Input*)

Pin MOSI berfungsi sebagai jalur data dimana data keluar dari *master* dan menuju *slave*. Istilah lainnya adalah SIMO, SDI, DI dan SI.

- MISO (*Master Input Slave Output*)

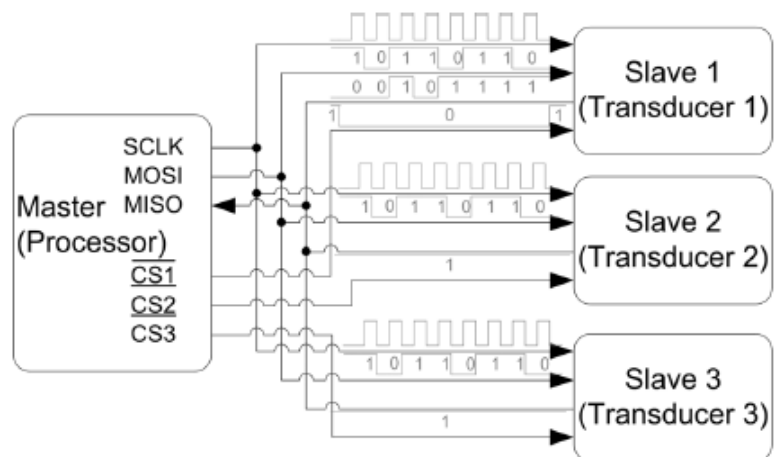
Pin MOSI berfungsi sebagai jalur data dimana data keluar dari *slave* dan menuju *master*. Istilah lainnya adalah SOMI, SDO, DO dan SO.

- CLK (*Clock*)

Pin CLK atau di beberapa perangkat disebut SCLK (*Serial Clock*) berfungsi sebagai *clock* dengan frekuensi tertentu yang keluar dari *master* dan menuju *slave*.

- SS (*Slave Select*)

Pin SS berfungsi untuk mengaktifkan *slave* sehingga data tidak akan bisa dikirim ke *slave* apabila *slave* belum diaktifkan. Untuk mengaktifkan *slave* maka *master* harus memberikan logika 0 pada SS. Jalur SS hanya dikhususkan untuk 1 perangkat atau *peripheral* karena bersifat *peer-to-peer*. Istilah lainnya adalah CS (*Chip Select*), nCS, Nss dan STE (*Slave Transmit Enable*).



Gambar 2.9 Antarmuka SPI

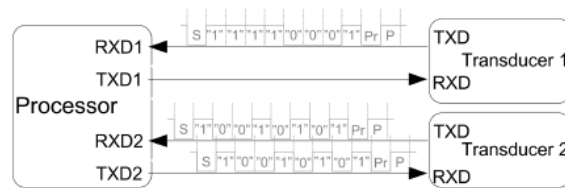
(Sumber: Mikhaylov & Tervonen, 2012)

2.2.4.2 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

Antarmuka UART biasanya diimplementasikan sebagai penghubung pada komunikasi serial pada standar EIA (*electronic industries alliance*) seperti RS-232, RS-422, dan RS-485. Mode *asynchronous* adalah mode komunikasi antara 2 perangkat atau *peripheral* yang memiliki sumber *clock* tersendiri. Oleh karena itu, UART sering digunakan pada komunikasi diantara *embedded system* dan perangkat eksternal.

UART memiliki komunikasi *full-duplex* seperti SPI, namun bersifat *peer-to-peer* sehingga hanya bisa berkomunikasi dengan 1 perangkat lain dalam 1 bus. Transmisi data pada UART dimulai dengan *start-bit* dan sebagai pemberitahuan kepada receiver bahwa data akan dikirim serta untuk menyesuaikan (*synchronize*) *clock* antar perangkat. Data yang dikirim sebanyak 8 bit dan dilakukan *parity check* secara *odd* (ganjil) setelah data diterima *receiver*. Pengiriman data diakhiri dengan *stop bit*.

UART hanya menggunakan 2 jalur yaitu Tx dan Rx. Tx sebagai *transmitter* dan Rx sebagai *receiver*. Pemasangan jalur UART dilakukan secara silang dengan mempertemukan Rx perangkat A dengan Tx perangkat B dan sebaliknya. Kedua perangkat bisa saling mengirim dan menerima data. Pada gambar 2.10 di halaman selanjutnya adalah antarmuka UART dan format datanya.



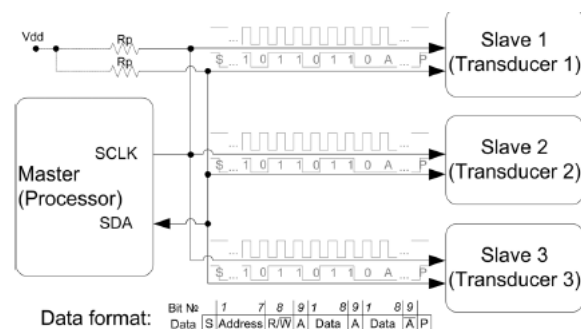
Gambar 2.10 Antarmuka UART

(Sumber: Mikhaylov & Tervonen, 2012)

2.2.4.3 I²C (Inter-Integrated Circuit)

Philips Semiconductor (NXP Semiconductor) menciptakan sebuah bus *2-wire* yang bersifat *bidirectional* untuk meningkatkan efisiensi kontrol *inter-IC* yang disebut juga *I²C-bus*. Bus ini terdiri dari 2 jalur yaitu *serial data line (SDA)* dan *serial clock line (SCL)*. (Semiconductors, 2014)

Dalam bus I²C ini juga dibutuhkan resistor *pull-up* sebesar 4,7 k Ω . Pada 1 bus I²C bisa menghubungkan banyak perangkat atau *peripheral* hingga 128 buah. *Data Transfer rate* yang dimiliki I²C adalah 100 kbps, 400 kbps, 1 Mbps, 3,4 Mbps dan 5 Mbps yang secara berurut disebut sebagai mode *standard*, *fast*, *fast plus*, *high speed* dan *ultra fast*.



Gambar 2.11 Antarmuka I²C

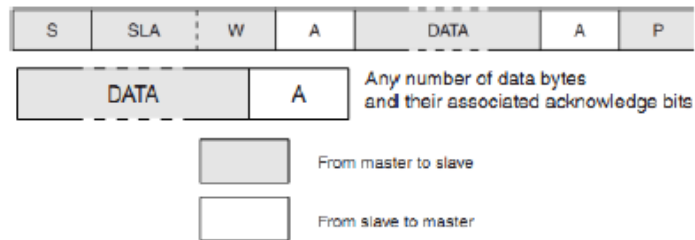
(Sumber: Mikhaylov & Tervonen, 2012)

Berdasarkan gambar 2.11 diketahui bahwa I²C juga menggunakan metode *master* dan *slave*. Berarti jumlah *slave* maksimal mencapai 127 buah. *Master* memiliki tugas untuk menghasilkan *serial clock* melalui pin SCL, mengendalikan akses bus serial dan mengirim sinyal kendali yaitu *start bit* (*S*) dan *stop bit* (*P*). Setiap *slave* akan memiliki alamat tersendiri dalam 7 bit data. Setelah alamat perangkat, *master* akan mengirim 1 bit R/W (*Read/Write*) untuk menentukan arah komunikasi data baik menuju *master* maupun dari *master*. *stop bit* akan menutup sesi transmisi data. Setiap 1 *byte* data yang ditransmisikan terdapat sinyal *acknowledge*.

Dalam sistem I²C juga terdapat istilah *transmitter* (pengirim) dan *receiver* (penerima). Berikut ini adalah 2 metode pengoperasian transfer data melalui antarmuka I²C.

1. *Master* sebagai transmitter dan *slave* sebagai receiver

Dimulai dari *start bit* dan diikuti oleh *byte* pertama yang berisi 7 bit alamat *slave* dan 1 bit W (*write*) akan dikirimkan oleh *master*. 1 bit W ini menentukan bahwa *master* yang akan mengirim data. Setelah itu *master* akan mengirim tiap *byte* data. *Slave* sebagai receiver mengirim sinyal *acknowledge* setiap menerima 1 *byte*. Pada tiap *byte*, bit pertama adalah MSB. Format datanya dijelaskan pada gambar 2.12 pada halaman berikutnya.

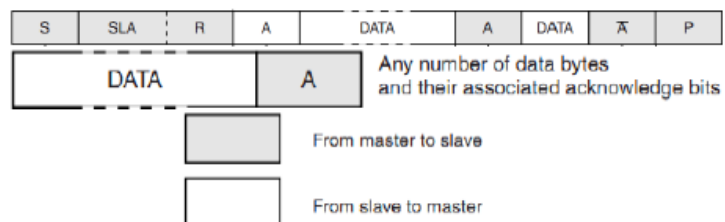


Gambar 2.12 Format Data *Master to Slave*

(Sumber: Mikhaylov & Tervonen, 2012)

2. *Master* sebagai receiver dan *slave* sebagai transmitter

Byte pertama yang berisi alamat *slave* dan bit R/W akan dikirim oleh *master* walaupun *master* sebagai *receiver*. Namun, bit R/W akan menjadi bit R, atau *master read*. Selanjutnya *slave* mengirimkan sinyal *acknowledge* dan sejumlah *byte* data menuju *master*. *Master* akan mengirim sinyal *acknowledge* juga untuk setiap 1 *byte* data yang diterimanya kecuali pada *byte* terakhir. Setelah akhir *byte*, *master* mengirim sinyal *not-acknowledge* dan mengakhirinya dengan *stop bit*.



Gambar 2.13 Format Data *Slave to Master*

(Sumber: Mikhaylov & Tervonen, 2012)

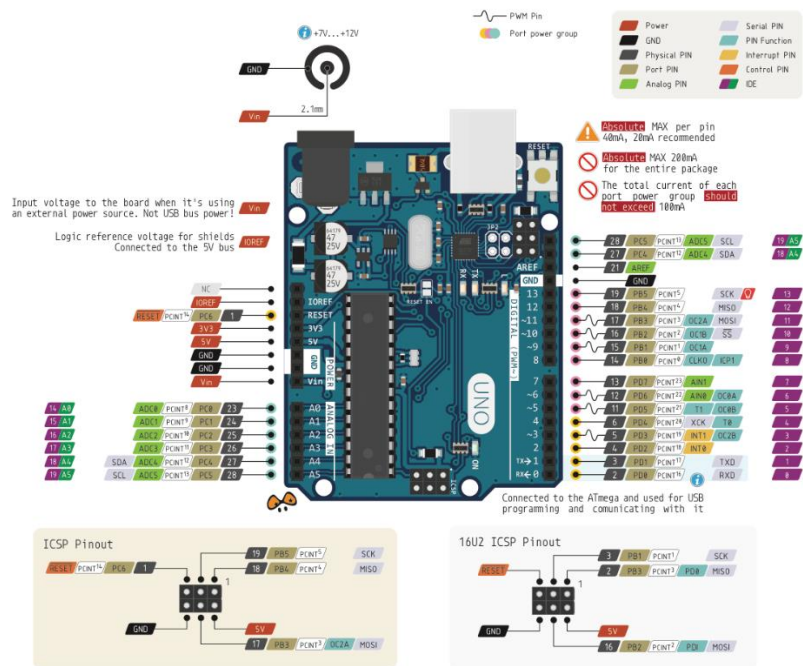
2.2.5 Arduino

Arduino adalah sebuah platform untuk mempermudah dan menyederhanakan pembuatan proyek-proyek elektronika dan mikrokontroler baik dari segi *hardware* maupun *software*. Berikut adalah produk yang dimiliki oleh Arduino.

2.2.5.1 Arduino Board

Arduino *board* adalah sebuah papan (*board*) yang berisi mikrokontroler. Arduino juga bisa disebut sebagai *development board* yang berguna dalam mengembangkan perangkat elektronik atau rangkaian mikrokontroler sebelum menjadikannya sebuah rangkaian utuh. Arduino sangat terkenal pada saat ini dikarenakan sifatnya yang fleksibel (bisa digunakan oleh berbagai sistem operasi), bahasa pemrograman yang lebih disederhanakan dan *open-source* baik pada *hardware* maupun *software*. Hampir seluruh jenis arduino menggunakan mikrokontroler atmega328p dari keluarga *Atmel*.

Salah satu jenis arduino yang sering digunakan adalah arduino uno yang ditunjukkan seperti pada gambar 2.13. Ukuran fisiknya seukuran dengan kartu kredit dengan 14 pin digital dan 6 pin analog. Selain itu juga dilengkapi dengan konektor USB yang menghubungkan dengan komputer, konektor catu daya 7–12v, pin sumber tegangan, tombol reset, pin ICSP, pin *interface* I²C, UART, SPI serta pin *interrupt*.



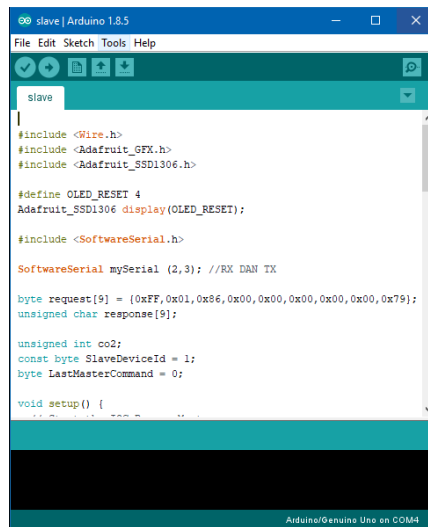
Gambar 2.14 Arduino Uno

(Sumber: <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=146315.0>)

2.2.5.2 Arduino IDE

IDE (*Integrated Development Environment*) adalah sebuah aplikasi yang menyediakan keperluan *programmer* untuk menulis koding dengan tampilan berupa GUI. Arduino IDE adalah *software* yang dikembangkan oleh arduino sebagai fasilitas pemrograman Arduino *board* untuk menulis sketch, memeriksa kesalahan pada penulisan sketch dan meng-*upload* program atau *sketch* kedalam Arduino. (Kadir, 2015)

Arduino IDE bersifat *open-source* dan bahasa yang digunakan adalah Bahasa C yang telah disederhanakan. Berikut adalah tampilan Arduino IDE pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 Arduino IDE

2.2.6 Mikrokontroler Atmega 8

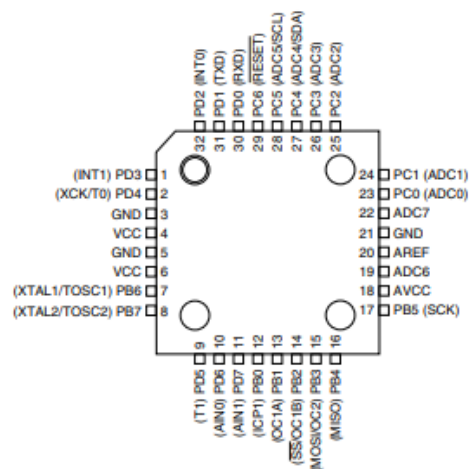
Mikrokontroler atau *embedded controller* adalah suatu perangkat yang mengandung *input/output*, memori dan prosesor yang berguna sebagai pengendali atau otak dari suatu alat. Karena kemampuannya mikrokontroler bisa dianggap sebagai komputer kecil karena bisa melakukan perhitungan matematis, pengambilan keputusan, melakukan hal yang berulang dan berinteraksi dengan perangkat eksternal seperti sensor, GPS, motor dan sebagainya. Mikrokontroler berbeda dengan mikroprosesor karena mikroprosesor tidak memiliki memori, *clock* dan *peripheral* lainnya yang bisa membuat mikroprosesor bisa bekerja sendiri. Selain itu, besar *clock* pada mikrokontroler hanya berkisar antara 30-50Mhz, sedangkan *clock* mikroprosesor berada di atas 1GHz.

Atmega 8 adalah salah satu jenis mikrokontroler buatan *Atmel*. Satu jenis dengan atmega328p yang digunakan oleh arduino, namun

berbeda kelas karena atmega 8 lebih rendah dalam hal spesifikasi. Tergantung dari pemakaian dan kebutuhan, apabila suatu perangkat hanya membutuhkan sedikit pengendalian dan interaksi dengan perangkat eksternal maka atmega 8 lebih efisien. Atmega 8 sudah memiliki *optimum noise reduction* yaitu jalur pcb dan *grounding* yang baik dan penggunaan *bypass capacitor* secara optimum. Berikut ini adalah tabel spesifikasi dan gambar atmega 8 *SMD package*.

Tabel 2.4 Spesifikasi Atmega 8

Spesifikasi	Keterangan
Supply tegangan	4,5 – 5,5 V
Memori program (<i>Flash ROM</i>)	8 Kb
Memori data SRAM	1 Kb
Memori data EEPROM	512 Kb
Antarmuka	USART, SPI, TWI
ADC	6 channel 10-bit ADC
<i>Peripheral</i>	3 channel PWM, analog
<i>Port I/O</i>	23 buah
Interupsi eksternal	2 buah
<i>Port ISP</i>	Ada
<i>Timer/Counter</i>	Satu 16 bit timer, dua 8 bit timer, watchdog timer



Gambar 2.16 Atmega 8

(Sumber: Atmel, 2008)