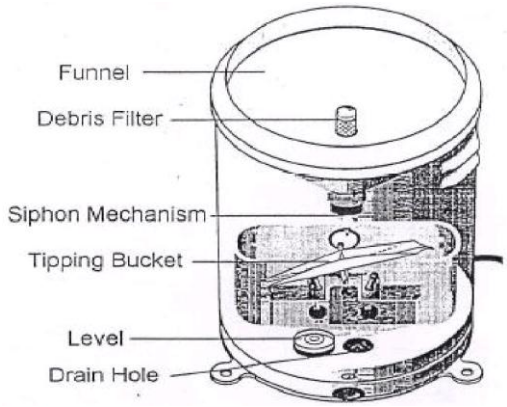
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengukuran Curah Hujan

Hujan adalah peristiwa turunnya titik-titik air atau kristal-kristal es dari awan sampai ke permukaan tanah. Alat untuk mengukur jumlah curah hujan yang turun kepermukaan tanah per satuan luas, disebut Penakar Curah Hujan. Curah hujan 1 (satu) mm, artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi 1 (satu) mm atau tertampung air sebanyak 1 (satu) liter atau 1000 ml. Secara umum penakar hujan dibedakan menjadi dua, yaitu penakar curah hujan manual dan penakar curah hujan otomatis [1].

Gambar 2.1 Penakar Curah Hujan Manual [1]

Penakar hujan tipe *tipping bucket*, nilai curah hujannya tiap *bucket* berjungkit tidak sama, serta luas permukaan corongnya beragam tegantung dari merek pembuatnya.



Gambar 2.2 Penakar Curah Hujan Otomatis [1]

Misalnya ada yang 0.1 mm, 0.2 mm, 0.5 mm dan lain-lain. Penakar curah hujan tipe *tipping bucket* ini memanfaatkan sensor *reed switch* untuk memberikan masukan pada mikrokontroler yaitu berupa perubahan tahanan ketika bejana bergoyang.

Curah hujan dapat dikelompokkan berdasarkan besar curah hujannya dalam satuan waktu seperti per jam, per hari, per minggu, atau per bulan seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Klasifikasi Curah Hujan [9]

No.	Kategori Intensitas Hujan	mm/jam	mm/24 jam
1	Sangat Ringan	<1	<5
2	Ringan	1 s/d 5	5 s/d 20
3	Sedang	5 s/d 10	21 s/d 50
4	Lebat	10 s/d 20	51 s/d 100
5	Sangat Lebat	>20	>100

Untuk dBZ merupakan nilai yang diperoleh dari citra radar cuaca. Pengukuran intensitas curah hujan (presipitasi) oleh radar cuaca berdasarkan seberapa besar pancaran energi radar yang dipantulkan kembali oleh butiran-butiran air di dalam awan dan digambarkan dengan produk *Reflectivity* yang memiliki besaran satuan dBZ(decibel).[9]

B. Odyssey *Logger* 8725 dengan Davis *Tipping Bucket*

Odyssey *Logger* 8725 dengan Davis *Tipping Bucket* merupakan alat ukur curah hujan yang termasuk dalam kategori alat ukur curah hujan otomastis. Alat ini bekerja berdasarkan pergerakkan *tipping bucket* yang bergerak dari posisi setimbangnya karena terisi air hujan. Melalui pergerakkan ini, sistem akan memperoleh sinyal yang memberitahukan bahwa telah terjadi hujan. Davis *Tipping Bucket* mampu mengukur curah hujan dengan resolusi 0,2 mm [10]. Berikut merupakan gambar dari Davis *Tipping Bucket.*

Gambar 2.3 Davis *Tipping Bucket* [10]

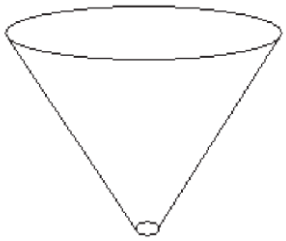
Data curah hujan yang telah diukur kemudian disimpan ke dalam memori penyimpan yang berisi keterangan waktu, besar curah hujan per *bucket* dan besar curah hujan total. Odyssey *logger* 8725 adalah seperti pada gambar di bawah ini.

Gambar 2.4 Odyssey *Logger* 8725

Odyssey *logger* 8725 mempunyai kemampuan untuk menyimpan dengan kapasitas sebesar 10900 tip *bucket* atau setara 2,1 m [10]. *Logger* ini akan otomatis mati jika besar data yang ditampung sudah dalam kondisi penuh.

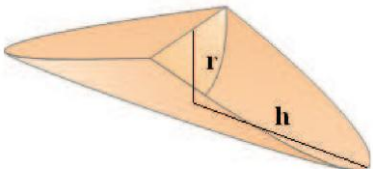
C. Kerucut dan *Tipping Bucket*

Kerucut merupakan bagian yang berfungsi menerima air hujan. Kerucut ini mempunyai jari-jari untuk lingkaran besar r_b dan jari-jari lingkaran kecil r_k dengan tinggi h.



Gambar 2.5 Kerucut

Air yang ditampung oleh kerucut dialirkan ke bagian *Tipping Bucket* yang berbentuk tabung kecil terpancung.



Gambar 2.6 *Tipping Bucket*

Untuk menghitung besarnya curah hujan, dapat dicari menggunakan persamaan berikut [2].

Curah hujan = $\frac{Curah\ hujan\ 1}{Waktu}$ …….. (1)

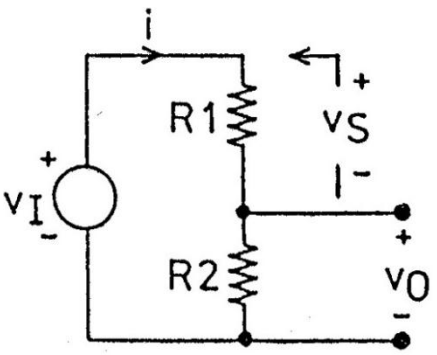
Curah hujan 1 = $\frac{Volume}{Luas\ Permukaan}$ ……..… (2)

Dimana volume menyatakan banyak air yang ditampung oleh *Tipping Bucket* dan luas permukaan merupakan besarnya area kerucut untuk menangkap air hujan. Satuan yang biasa digunakan adalah milimeter per jam (mm/jam), yaitu tinggi air disuatu tempat tiap jam, dengan asumsi tidak ada air yang meresap maupun menguap.

D. Sensor

Sensor merupakan bagian yang penting dari suatu peralatan. Sensor mempunyai fungsi khusus untuk mendeteksi perubahan-perubahan dari luar menjadi besaran-besaran listrik. Umumnya, sebuah sensor hanya mempunyai satu fungsi pula, seperti sensor cahaya hanya mendeteksi besar cahaya, sensor suhu hanya mendeteksi besar suhu. Terdapat bermacam-macam sensor salah satunya adalah sebagai berikut.

1. Sensor Tegangan



Gambar 2.7 Sensor Tegangan

Dari rangkaian di atas, arus (i) mengalir melewati R1 dan R2, sehingga nilai tegangan VI adalah penjumlahan dari tegangan VS dan VO.

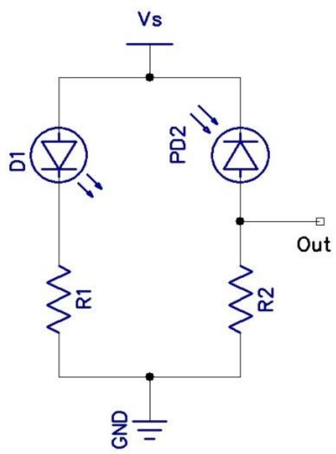
VI = VS + VO = i.R1 + i.R2

Maka besarnya tegangan keluaran VO dapat dirumuskan sebagai berikut.

$V0 = Vi\left(\frac{R2}{R1+R2}\right)$ …………………………………………………..… (3)

2. Sensor Cahaya

Sensor cahaya ini terdiri dari dioda LED dan photo dioda. LED adalah komponen yang dapat mengeluarkan emisi cahaya dengan warna tertentu seperti merah, kuning, hijau, biru, atau gabungan dari beberapa warna tersebut. Photo dioda adalah sensor cahaya yang termasuk kategori sensor cahaya photo *conductive* yaitu sensor cahaya yang akan mengubah perubahan intensitas cahaya yang diterima menjadi perubahan konduktansi pada terminal sensor tersebut. Photo dioda merupakan sensor cahaya yang bekerja pada daerah *breakdown* seperti halnya diode zener pada saat menerima intensitas cahaya.



Gambar 2.8 Sensor Cahaya

Rangkaian di atas bekerja berdasarkan keberdaan cahaya yang berasal dari dioda LED D1. Cahaya yang dihasilkan ini akan mempengaruhi sambungan pn pada photo dioda, sehingga menghasilkan elektron valensi. Semakin besar cahaya yang mengenai sambungan, semakin besar pula arus balik dioda. Dengan demikian, semakin besar cahaya yang mengenai photo dioda, semakin besar pula tengangan keluaran yang dihasilkan.

E. RTC (*Real Time Clock*)

RTC (*Real Time Clock)* adalah jenis pewaktu yang bekerja berdasarkan waktu yang sebenarnya atau dengan kata lain berdasarkan waktu yang ada pada jam kita. RTC merupakan suatu chip (IC) yang memiliki fungsi sebagai penyimpan waktu dan tanggal. RTC merupakan jam komputer yang umumnya berupa sirkuit terpadu yang berfungsi sebagai pemelihara waktu.

Gambar 2.9 DS1307

RTC memiliki catu daya terpisah dari catu daya komputer, sehingga tetap dapat berfungsi ketika catu daya komputer atau PLN terputus. RTC (*Real Time Clock*) DS1307 memiliki fitur sebagai berikut:

a. RTC yang dapat meyimpan data-data detik, menit, jam, tanggal, bulan, hari dalam seminggu, dan tahun valid hingga 2100.

b. 56 *byte*, *battery-backed*, RAM *nonvolatile* (NV) RAM untuk penyimpanan.

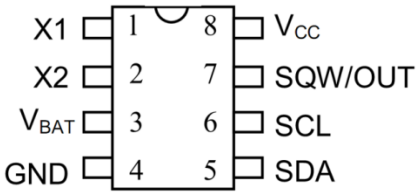
c. DS1307 merupakan RTC dengan jalur data paralel yang memiliki antarmuka *serial Two-wire* (I2C).

d. Sinyal luaran gelombang kotak terprogram (*programmable squarewave*), deteksi otomatis kegagalan daya (*power-fail*) dan rangkaian *switch*.

e. Konsumsi daya kurang dari 500 nA menggunakan mode baterai cadangan dengan operasional osilator.

f. Tersedia fitur industri dengan ketahanan suhu: -40°C hingga +85°C.

g. Tersedia dalam kemasan 8-pin DIP atau SOIC.



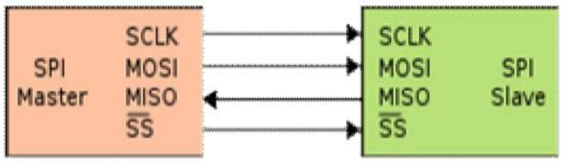
Gambar 2.10 Konfigurasi pin RTC DS1307 [5]

Adapun daftar pin dari DS1307 adalah sebagai berikut :

1. VCC – *Primary Power supply*
2. X1, X2 – 32.768kHz *Crystal Connection*
3. VBAT -- +3V *battery input*
4. GND – *Ground*
5. SDA – Serial data
6. SCL – Serial *Clock*
7. SQW/OUT – *Square Wave/Output Driver*

F. Serial Peripheral Interface (SPI)

Serial Peripheral Interface Bus atau SPI *bus* adalah standar komunikasi sinkron data serial yang dikenalkan oleh Motorola yang bekerja pada mode *full duplex*. SPI merupakan *high-speed synchronous serial input/output* (I/O) port yang memungkinkan untuk pengaturan lebar data yang akan digeser masuk atau keluar dari *device* dan juga memungkinkan pengaturan pada kecepatan transfer data. *Device* yang dikomunikasikan menggunakan SPI dibedakan dalam *master* dan *slave mode*. [7]



Gambar 2.11 Blok diagram antarmuka SPI *single master single slave* [7]

Keterangan:

1. SCK / CLK — *Serial Clock* (*output* dari *master*)
2. SDI / DI / SI — *Serial Data In*
3. SDO / DO / SO — *Serial Data Out*
4. nCS / CS / nSS / STE — *Chip Select, Slave Transmit Enable (active low;output* dari *master*)

G. *Slot* SD *(Secure Digital) Card*

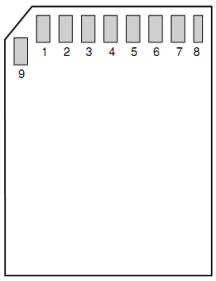
Slot SD c*ard* merupakan *slot* yang digunakan untuk menghubungkan memori SD *card* dengan mikrokontroler ATmega 328p pada Arduino *board. Slot* SD *card* ini cocok untuk kartu memori standar SD *card*.

Gambar 2.12 *Slot* SD *Card*

Slot SD *Card* ini sudah mempunyai pengatur tegangan di dalamnya yang mengubah tegangan 5 volt dari *board* pengendali utama Arduino Uno menjadi tegangan keluaran yang disesuaikan dengan kebutuhan sumber tegangan memori yaitu sebesar 3,3 volt dengan bentuk yang sederhana.

H. Memori SD *(Secure Digital) Card*

Memori SD *card* merupakan jenis media penyimpan data berbentuk kartu memori. Memori ini mempunyai ukuran yang kecil dan tipis dengan tebal sekitar 1 mm. Besar kapasitas data yang mampu ditampung mempunyai ukuran yang bervariasi yaitu 32 MB, 64 MB, 512 MB, 1 GB, 2 GB, dan seterusnya. Memori ini bekerja dengan besar tegangan berkisar antara 2.7V ~ 3.6V. Berikut merupakan bentuk dari Memori SD *card* dengan keterangan nomor pin di kakinya.



Gambar 2.13 SD *Card* [6]

Gambar di atas merupakan urutan pin yang terdapat pada memori SD *card* dengan keterangan tugas sebagai berikut.

Table 2.2 Keterangan kaki memori SD *card* [6]

Kaki	Nama	Fungsi SD Mode	Fungsi SPI Mode
1	DAT3/CS	Data Line 3	Chip Select/Slave Select (SS)
2	CMD/DI	Command Line	Master Out Slave In (MOSI)
3	VSS1	Ground	Ground
4	VDD	Supply Voltage	Supply Voltage
5	CLK	Clock	Clock (SCK)
6	VSS2	Ground	Ground
7	DAT0/D0	Data Line 0	Master In Slave Out (MISO)
8	DAT1/IRQ	Data Line 1	Unused or IRQ
9	DAT2/NC	Data Line 2	Unused

I. Arduino Uno

Arduino uno merupakan perangkat elektronik dengan sistem *open source*. Arduino memiliki 14 pin *input*/*output* yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 6 *analog input*, *crystal osilator* 16 MHz, koneksi USB, *jack power*, dan tombol *reset*.

Gambar 2.14 Arduino Uno

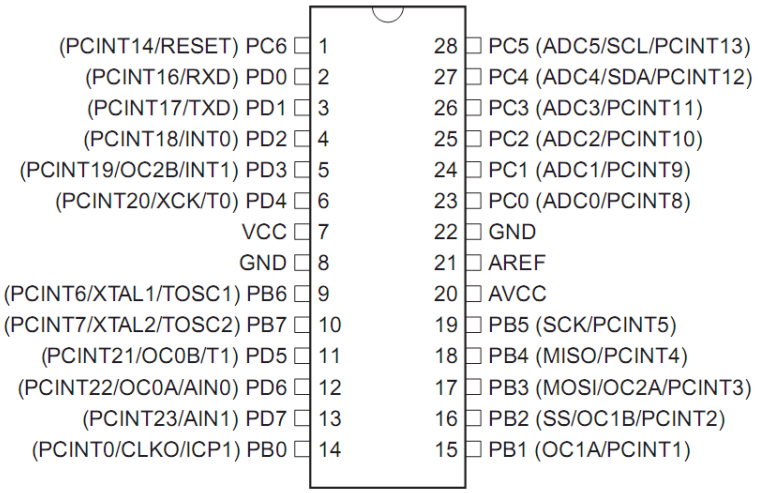
Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding *board* mikrokontroler yang lain selain bersifat *open source*, arduino juga mempunyai bahasa

pemrogramanya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam *board* arduino sendiri sudah terdapat *loader* yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika memprogram mikrokontroler di dalam arduino. Papan Arduino adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega328P. Berikut adalah spesifikasi dari Arduino Uno :

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Uno [4]

Mikrokontroler	ATmega328P
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (disarankan)	7-12V
Tegangan input (batas)	6-20V
Digital I/O	14 pin (dimana 6 output PWM)
Input analog	6 pin
Arus DC per I/O	Pin 40 mA
Arus DC untuk 3.3V	Pin 50 mA
Memori flash 32KB (ATmega328)	0.5 KB digunakan untuk *bootloader*
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Kecepatan clock	16 MHz

ATmega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Intruction Set Computer*) dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat daripada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*). Mikrokontroler ATmega328 memiliki arsitektur *Harvard*, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja dan *parallelism*.



Gambar 2.15 Konfigurasi pin ATmega328P [3]

Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain sebagai berikut :

a. 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock.*

b. 32 x 8-bit register serba guna.

c. Kecepatan mencapai 16 Mbps dengan *clock* 16MHz.

d. 32 KB *flash memory* dan pada arduino memiliki *bootloader* yang menggunkan 2 KB dari *flash memory* sebagai *bootloader*.

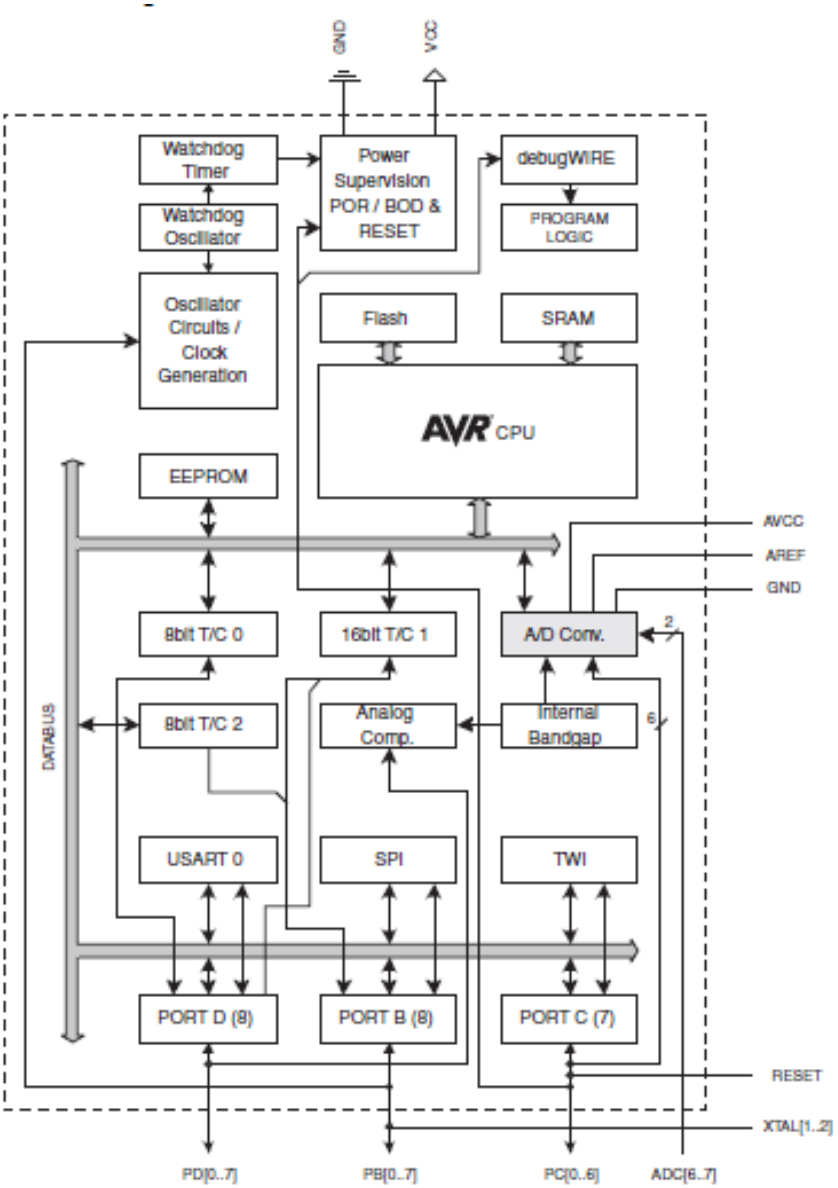
e. Memiliki EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1 KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanen karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.

f. Memiliki SRAM (*Static Random Acces Memory*) sebesar 2KB.

g. Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya PWM *(Pulse Width Modulation*) output.

h. *Master / Slave* SPI serial *interface*.

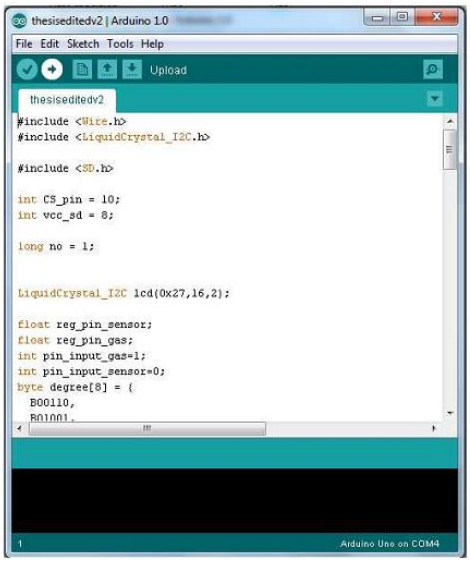
i. Tegangan operasi sekitar 1,8 V sampai dengan 5,5V.



Gambar 2.16 Blok diagram ATmega328P [3]

J. Perangkat Lunak dan Pemrograman Arduino

Lingkungan *open-source* Arduino memudahkan untuk menulis kode dan *upload* ke *board* Arduino. Ini berjalan pada *Windows*, Mac OS X, dan Linux. Berdasarkan pengolahan, avr-gcc, dan perangkat lunak sumber terbuka lainnya.



Gambar 2.17 Antar muka pemrograman Arduino

Arduino menggunakan pemrograman dengan bahasa C. Berikut ini adalah beberapa penjelasan mengenai karakter bahasa C dan software Arduino. [4]

a. Struktur

Setiap program Arduino (biasa disebut *sketch*) mempunyai dua buah fungsi yang harus ada.

1. void setup( ) { }

   Semua kode didalam kurung kurawal akan dijalankan hanya satu kali ketika program Arduino dijalankan untuk pertama kalinya.

2. void loop( ) { }

   Fungsi ini akan dijalankan setelah setup (fungsi void setup) selesai. Setelah dijalankan satu kali fungsi ini akan dijalankan lagi, dan lagi secara terus menerus sampai catu daya (power) dilepaskan.

b. *Syntax*

Berikut ini adalah elemen bahasa C yang dibutuhkan untuk format penulisan.

1. //(komentar satu baris)

   Kadang diperlukan untuk memberi catatan pada diri sendiri apa arti dari kode-kode yang dituliskan. Cukup menuliskan dua buah garis miring dan apapun yang kita ketikkan dibelakangnya akan diabaikan oleh program.

2. /* */(komentar banyak baris)

   Jika anda punya banyak catatan, maka hal itu dapat dituliskan pada beberapa baris sebagai komentar. Semua hal yang terletak di antara dua simbol tersebut akan diabaikan oleh program.

3. { }(kurung kurawal)

   Digunakan untuk mendefinisikan kapan blok program mulai dan berakhir (digunakan juga pada fungsi dan pengulangan).

4. ;(titk koma)

   Setiap baris kode harus diakhiri dengan tanda titik koma (jika ada titik koma yang hilang maka program tidak akan bisa dijalankan).

c. Variabel

Sebuah program secara garis besar dapat didefinisikan sebagai instruksi untuk memindahkan angka dengan cara yang cerdas. Variabel inilah yang digunakan untuk memindahkannya.

1. *int* (*integer*)

   Digunakan untuk menyimpan angka dalam 2 *byte* (16 bit). Tidak mempunyai angka desimal dan menyimpan nilai dari -32,768 dan 32,767.

2. *long*

   Digunakan ketika *integer* tidak mencukupi lagi. Memakai 4 *byte* (32 bit) dari memori (RAM) dan mempunyai rentang dari -2,147,483,648 dan 2,147,483,647.

3. *boolean*

   Variabel sederhana yang digunakan untuk menyimpan nilai *TRUE* (benar) atau *FALSE* (salah). Sangat berguna karena hanya menggunakan 1 bit dari RAM.

4. *float*

   Digunakan untuk angka desimal (*floating point*). Memakai 4 *byte* (32 bit) dari RAM dan mempunyai rentang dari -3.4028235E+38 dan 3.4028235E+38.

5. *char* (character)

   Menyimpan 1 karakter menggunakan kode ASCII (misalnya ‘A’ = 65). Hanya memakai 1 *byte* (8 bit) dari RAM.

d. Struktur Pengaturan

Program sangat tergantung pada pengaturan apa yang akan dijalankan berikutnya, seperti halnya perintah di bawah ini.

1. *if*.....*else*, dengan format seperti berikut ini:

   if (kondisi) { }

else if (kondisi) { }

else { }

Dengan struktur seperti di atas, program akan berjalan sesuai dengan urutan yang pertama adalah memeriksa kondisi di dalam *if*(kondisi){} dan jika benar maka program akan menjalankan perintah yang ada di dalam kurung kurawal, sedangkan jika tidak maka program akan berjalan dibaris berikutnya yaitu pada else *if*(kondisi){} dan jika syarat terpenuhi maka perintah di dalam kurung kurawal akan dijalankan. Jika syarat pada *if*(kondisi) {} dan *else if*(kondisi){} tidak terpenuhi maka program akan langsung menjalankan perintah di dalam kurung kurawal *else* {}.

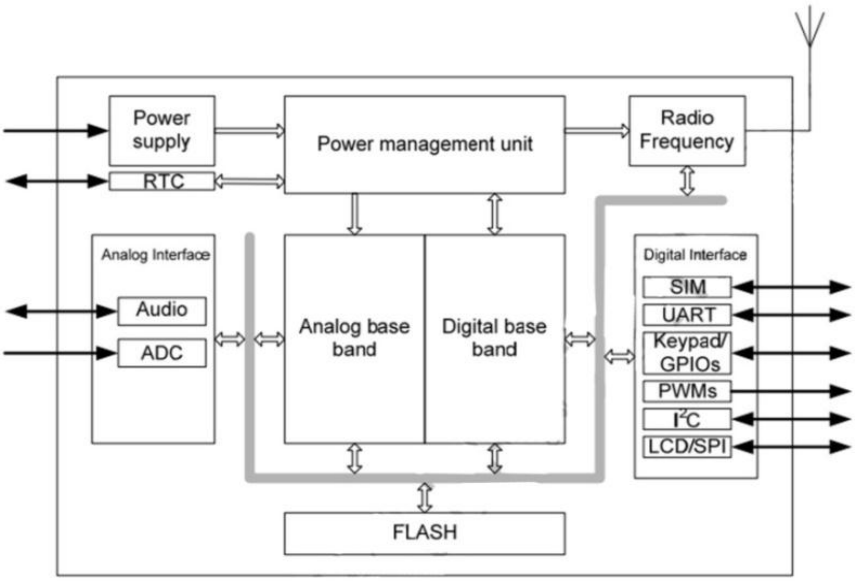
2. *for*, dengan format seperti berikut ini:

   for (*int* i = 0; i < #pengulangan; i++) { }

   Digunakan bila anda ingin melakukan pengulangan kode di dalam kurung kurawal beberapa kali, ganti #pengulangan dengan jumlah pengulangan yang diinginkan. Melakukan penghitungan ke atas dengan i++ atau ke bawah dengan i–.

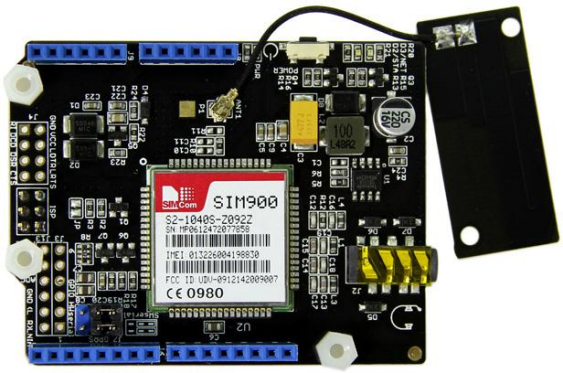
K. SIM900 GSM

Modul SIM900 GSM merupakan modul *quad band* GSM/GPRS yang bekerja pada frekuensi GSM 850 MHz, EGSM 900 MHz, DCS 1800 MHz, dan PCS 1900 MHz. Berikut merupakan diagram fungsi dari modul SIM 900. [8]



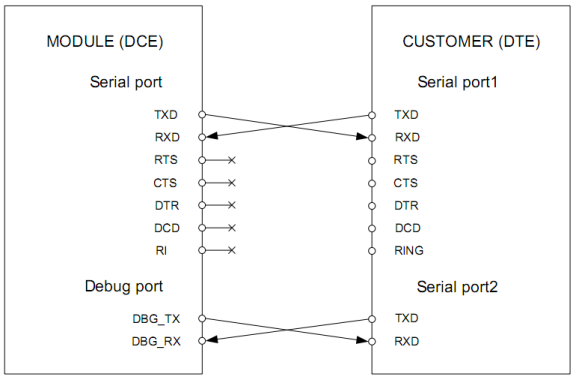
Gambar 2.18 Diagram fungsi modul SIM900 [8]

Modul SIM900 dapat digunakan untuk melakukan fungsi seperti halnya sebuah perangkat komunikasi yang mampu melakukan panggilan maupun SMS (*Sort Message Service)* layaknya telepon pada umumnya, dengan bentuk sebagai berikut.



Gambar 2.19 Modul SIM900 GSM

Modul ini dihubungkan dengan perangkat pengendali utama Arduino Uno melalui komunikasi serial, sehingga untuk menerima data maupun mengirimkan perintah adalah melalui komunikasi ini.



Gambar 2.20 Komunikasi serial [8]

Dalam penggunaannya, SIM900 GSM mempunyai beberapa bentuk perintah untuk dapat melakukan komunikasi dengan perintah *AT Command*, seperti AT+CMGF=1 untuk mengirim SMS dalam mode *text* dan AT+CMGS untuk nomor yang dituju.

L. *Waterpass*

Leveling atau w*aterpass* adalah alat yang digunakan untuk mengukur atau menentukan sebuah benda atau garis dalam posisi rata baik pengukuran secara vertikal maupun horizontal.

Gambar 2.21 *Waperpass*

Salah satu jenis *waterpass* yang banyak digunakan ini terbuat dari kaca dimana di dalamnya terdapat gelembung cairan yang dapat bergerak sesuai bidang datar yang ditempati. Pemakaian *waterpass* dilakukan dengan sederhana, yaitu menempatkannya ke bidang permukaan yang akan

diperiksa. Untuk memeriksa kedataran maka dapat diperhatikan gelembung cairan pada alat pengukur harus berada dibagian tengah *waterpass*.