

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Arduino**

##### **2.1.1 Sistem Mikrokontroller**

Mikrokontroler adalah jenis chip yang menyimpan program dan bertindak sebagai pengontrol rangkaian elektronik [2]. Mikrokontroler biasanya terdiri dari CPU (Central Processing Unit), memori, I/O spesifik, dan komponen pendukung praintegrasi seperti analog-to-digital converter (ADC). Fakta bahwa mikrokontroler memiliki akses ke RAM dan peralatan I/O lainnya menjadikannya sangat kecil, yang merupakan keuntungan utamanya.

Mikrokontroler hanya dapat digunakan untuk satu aplikasi—hanya satu program yang dapat disimpan—berbeda dengan sistem komputer yang dapat menangani berbagai program aplikasi (seperti pengolah kata, pengolah angka, dll) [3]. Perbedaan lebih lanjut ada ketika RAM dan ROM dibandingkan. Sistem komputer memiliki rasio RAM terhadap ROM yang tinggi, yang berarti bahwa program pengguna disimpan dalam ROM (juga dikenal sebagai Masked ROM atau Flash PEROM), yang memiliki kapasitas lebih besar, dan RAM digunakan untuk penyimpanan sementara, termasuk register pada mikrokontroler. khawatir. Mikrokontroler memiliki keunggulan sebagai berikut:

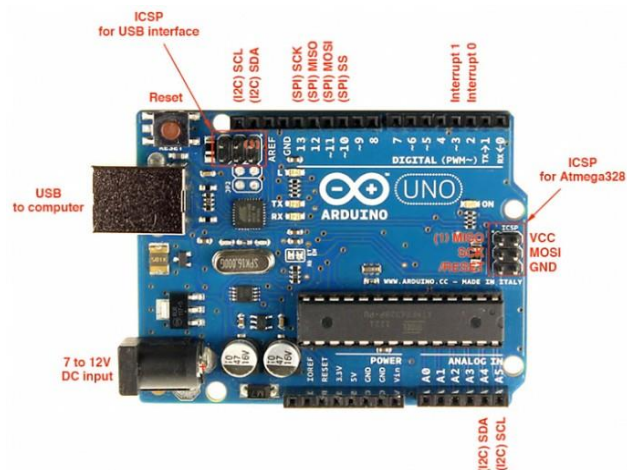
1. Karena mikrokontroler terdiri dari satu chip di mana prosesor, memori, dan I/O semuanya terintegrasi ke dalam sistem kontrol tunggal, mikrokontroler dapat digambarkan sebagai komputer mini yang dapat berinovasi untuk

memenuhi kebutuhan sistem.

2. Parameter komputer hanya digunakan untuk mengunduh program atau instruksi, sedangkan sistem beroperasi sendiri dan tidak bergantung padanya. Karena tidak memerlukan banyak perintah, langkah-langkah mengunduh komputer dengan mikrokontroler sangat mudah diikuti.
3. Pada mikrokontroler tersedia fasilitas tambahan untuk pengembangan memori dan I/O yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem. (Ajar Rohmanu and David Widiyanto, 2018)

### 2.1.2 Arduino UNO

Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *Wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardwarenya memiliki prosesor *Atmel AVR* dan softwarenya memiliki bahasa pemrograman sendiri.



Gambar 2. 1 Arduino UNO (Noorman Rinanto, ST. and Syamsiar Kautsar S.ST, 2018)

Pada Gambar 2.1 Arduino merupakan hardware terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan hardware dan software yang fleksibel dan mudah digunakan.

Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C dan bahasa pemrograman yang sederhana. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema hardware arduino dan membangunnya. Fungsinya dapat digunakan untuk membuat prototipe peralatan elektronik dengan memanfaatkan fitur yang tersedia secara gratis, maka arduino bebas dipergunakan untuk membaca sensor serta mampu mengendalikan periperal motor, mesin dan lampu.

Arduino dikembangkan di Ivrea Interaction Design Institute, papan arduino mulai dikembangkan untuk berbagai macam kebutuhan dan tantangan baru, dari papan 8-bit sederhana untuk membuat prototipe, hingga aplikasi IOT, wearable, cetak 3D, dan embedded s(Noorman Rinanto, ST. and Syamsiar Kautsar S.ST, 2018).

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino UNO (ARDUINO, 2019)

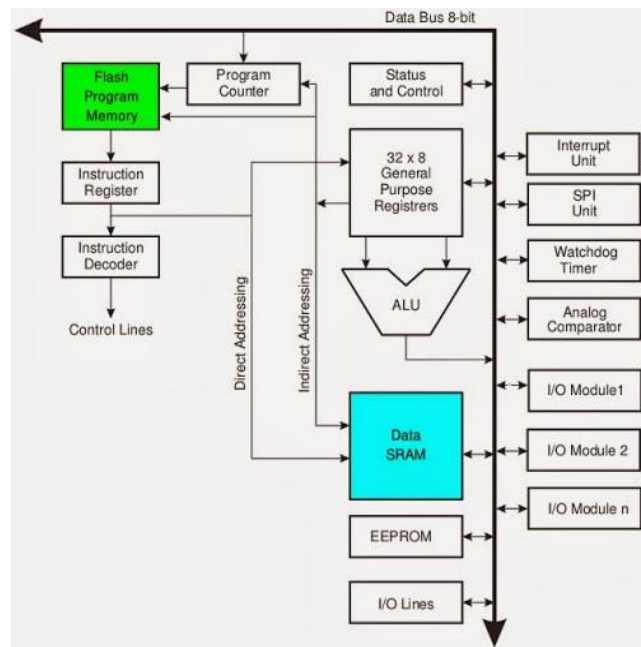
<b>Mikrokontroler</b>	<b>ATmega328</b>
<b>Tegangan pengoperasian</b>	<b>5V</b>
<b>Tegangan input yang disarankan</b>	<b>7-12V</b>
<b>Batas tegangan input</b>	<b>6-20V</b>
<b>Jumlah pin I/O digital</b>	<b>14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)</b>
<b>Jumlah pin input analog</b>	<b>6</b>
<b>Arus DC tiap pin I/O</b>	<b>40 mA</b>
<b>Arus DC untuk pin 3.3V</b>	<b>50 mA</b>
<b>Memori Flash</b>	<b>32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh bootloader</b>
<b>SRAM</b>	<b>2 KB (ATmega328)</b>

<b>EEPROM</b>	<b>1 KB (ATmega328)</b>
<b>Clock Speed</b>	<b>16 MHz</b>

Pada Tabel 2.1 Arsitektur mikrokontroler ATmega328 Harvard memaksimalkan paralelisme dan bekerja dengan menggabungkan memori untuk data dan memori untuk kode program. Ketika sebuah instruksi dieksekusi dalam memori program, ia mengikuti jalur tunggal ke instruksi berikutnya, yang telah diambil dari memori. Instruksi dapat dilakukan dalam satu siklus clock berkat ide ini.

Operasi siklus tunggal ALU (Arithmetic Logic Unit) didukung oleh register tujuan umum 32 x 8-bit. Dalam mode pengalamatan tidak langsung, enam dari register serbaguna ini dapat digunakan sebagai tiga register penunjuk 16-bit untuk mengambil data dari ruang memori data. Register X (gabungan R26 dan R27), register Y (R28 dan R9), dan register Z (gabungan R30 dan R31) adalah tiga register penunjuk 16-bit.

Sebagian besar instruksi AVR adalah 16-bit. Ada instruksi 16-bit atau 32-bit di setiap alamat program. Register lain dipetakan menggunakan teknik I/O yang dipetakan memori selebar 64-byte selain register tujuan umum yang tercantum di atas. Timer/Counter, Interrupt, ADC, USART, SPI, EEPROM, dan fungsi I/O lainnya adalah beberapa fungsi khusus yang memanfaatkan beberapa register ini.. Register-register ini menempati memori pada alamat 0x20h – 0xFh bisa dilihat arsitekturnya pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Arsitektur Arduino (Noorman Rinanto, ST. and Syamsiar Kautsar S.ST, 2018)

### 2.1.3 Struktur Program Arduino

#### a. Kerangka Program

Kerangka program arduino sangat sederhana terdiri dari dua blok. Blok pertama adalah *void setup()*, dan blok kedua adalah *void loop()*. Blok *void setup()* merupakan bagian inisialisasi program yang berisi kode program yang hanya dijalankan sekali sesaat setelah arduino dihidupkan atau di-*reset*. Blok *void loop()* bagian berisi program yang dijalankan terus menerus atau berulang.

#### b. Sintaks Program

Dalam kerangka program baik *void setup()* dan *void loop()* harus disertakan tanda kurung kurawal buka “{” sebagai tanda awal program dan tanda kurung kurawal tutup “}” sebagai tanda akhir program pada blok tersebut. Untuk menandai akhir baris kode program digunakan tanda titik koma “;”.

### c. Kontrol Aliran Program

Kontrol aliran program meliputi instruksi-instruksi yang digunakan untuk membuat percabangan dan perulangan. Instruksi percabangan diantaranya adalah *if*, *if-else*, *switch case*, *break*, *continue*, *return*, dan *goto*. Sedangkan instruksi perulangan diantaranya adalah *for-loop*, *while-loop*, dan *do-while-loop*.

### d. Operator

Operator aritmatika di arduino meliputi perkalian (\*), pembagian (/), penjumlahan (+), pengurangan (-), dan modulo (%). Modulo adalah perhitungan untuk mendapatkan sisa hasil pembagian.(Ajar Rohmanu and David Widiyanto, 2018)

## 2.1.4 Input Dan Output

Masing-masing dari 14 pin UNO dapat digunakan sebagai input atau output menggunakan perintah fungsi *pinMode()*, dan *digitalRead()* yang menggunakan tegangan operasi 5 volt [5]. Tiap pin dapat menerima arus maksimal hingga 40mA dan resistor internal pull-up antara 20-50 Kohm, beberapa pin memiliki fungsi kekhususan antara lain :

- a. Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Sebagai penerima (RX) dan pemancar (TX) TTL serial data. Pin ini terkoneksi untuk pin korespondensi chip ATmega8U2 *USB-to-TTL serial*.
- b. *External Interrupts*: 2 dan 3. Pin ini berfungsi sebagai konfigurasi trigger saat interupsi value low, naik, dan tepi, atau nilai value yang berubah-ubah.

- c. PWM : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Melayani output 8-bit PWM dengan fungsi *analogWrite()*.
- d. LED : 13. Terdapat LED indicator bawaan (built-in) dihubungkan ke digital pin 13, ketika nilai value *HIGH* led akan ON, saat value *LOW* Led akan off.
- e. Uno memiliki 6 analog input tertulis di label A0 hingga A5, masing-masingnya memberikan 10 bit resolusi (1024). Secara asal input analog tersebut terukur dari 0 (ground) sampai 5 volt, itupun memungkinkan perubahan teratas dari jarak yang digunakan oleh pin AREF dengan fungsi *analogReference()*.(Ajar Rohmanu and David Widiyanto, 2018)

### 2.1.5 Fungsi

#### 1. *Input Output* Digital

Ada tiga instruksi yang digunakan dalam *input output* digital, yaitu *pinMode()*, *digitalRead()*, dan *digitalWrite()*.

#### 2. *Input Output* Analog

Secara umum hanya ada dua instruksi yang digunakan, yaitu *AnalogRead()*, dan *analogWrite()*. Untuk membaca sinyal analog yang masuk, digunakan instruksi *analogRead()*. Nilai input analog memiliki jangkauan antara 0 hingga 1023.

#### 3. Waktu

Ada empat instruksi yang digunakan dalam fungsi waktu, yaitu *millis()*, *micros()*, *delay()*, *delayMicroseconds()*.

#### 4. Matematika

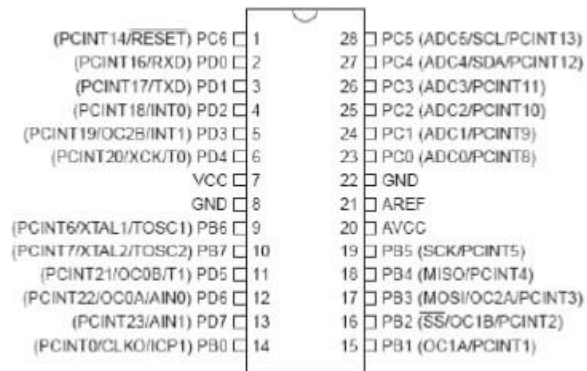
Ada beberapa instruksi yang digunakan dalam fungsi matematika, yaitu *min()*, *max()*, *abs()*, *constrain()*, *map()*, *pow()*, *sqrt()*, dan 3 instruksi dalam

fungsi trigonometri, yaitu  $\sin()$ ,  $\cos()$ ,  $\tan()$ , serta instruksi  $\text{random}()$ ,  $\text{byte}()$ , dan  $\text{bit}()$ .

## 5. Komunikasi

Fungsi ini digunakan untuk berkomunikasi dengan komputer melalui port serial. Kaki Atmega328 yang digunakan untuk fungsi ini adalah kaki 2 (RX) dan kaki 3 (TX). Beberapa instruksi yang digunakan adalah  $\text{begin}()$ ,  $\text{available}()$ ,  $\text{read}()$ ,  $\text{print}()$ ,  $\text{println}()$ , dan  $\text{write}()$ . (Ajar Rohmanu and David Widiyanto, 2018)

### 2.1.6 Konfigurasi PIN ATmega328



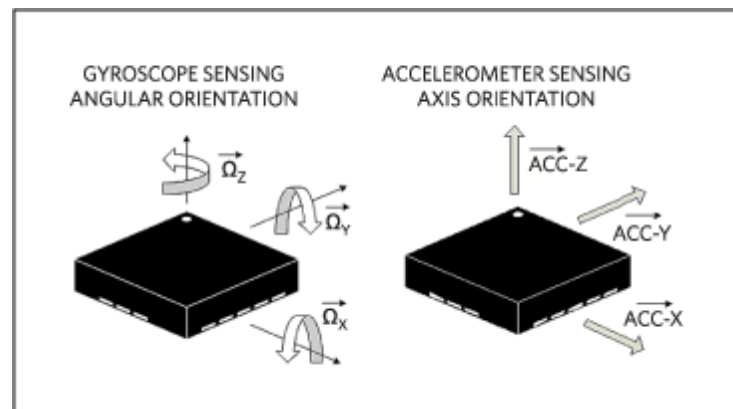
Gambar 2. 3 Arsitektur Arduino (Noorman Rinanto, ST. and Syamsiar Kautsar S.ST, 2018)

## 2.2 Sensor Girooskop MPU6050

Menurut lembar data untuk sensor MPU6050, ini adalah perangkat yang memiliki akselerometer tiga sumbu (sensor akselerasi) dan giroskop tiga sumbu (sensor keseimbangan), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 di bawah ini. Sensor MPU6050 ini juga disebut 6DOF (Levels of Opportunity), suhu, dan magnetometer. Sebagai unit pengukuran inersia (IMU), sensor MPU6050 adalah



jenis perangkat elektronik yang dapat mengukur kecepatan, orientasi, dan gaya gravitasi. Berdasarkan data sensor pada modul MPU6050, sensor ini mampu membaca sudut kemiringan. Nilai yang dihasilkan oleh sensor diturunkan dari pergerakan tiga sumbu—x, y, dan z. Jalur data I2C digunakan untuk mengakses modul sensor ini.(Nurhakim, Saputra and Nanang Ismail, 2017)

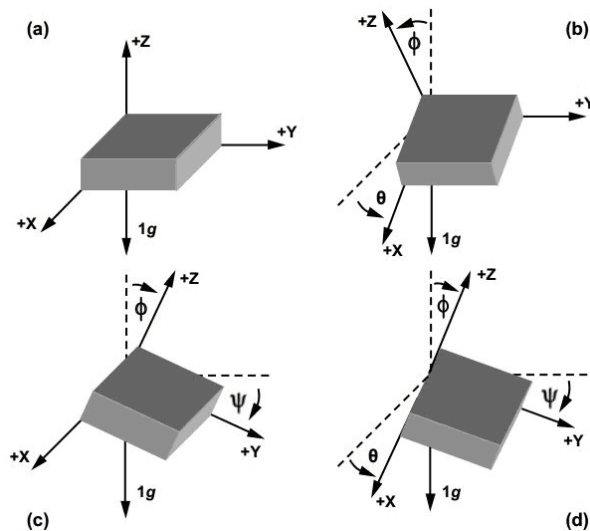


Gambar 2. 4 perbedaan gyroscope dan accelerometer (Nurhakim, Saputra and Nanang Ismail, 2017)

### 2.2.1 Accelerometer

Hukum Kedua Newton, yang menyatakan bahwa percepatan suatu benda berbanding lurus dengan gaya dan berbanding terbalik dengan massa benda yang bekerja padanya, berfungsi sebagai fondasi akselerometer. Percepatan terjadi ketika kecepatan suatu benda berubah. Tingkat di mana kecepatan berubah dalam kaitannya dengan waktu disebut percepatan atau akselerasi. Sama seperti kecepatan, kecepatan juga dibedakan menjadi dua, yaitu kecepatan normal dan kapan saja. Turunan kecepatan terhadap waktu menentukan percepatan, dan turunan penguncian terhadap waktu menentukan kecepatan. Sebuah accelerometer dengan tiga sumbu dan teknologi Micro Electro Mechanical (MEM) disertakan

dalam MPU6050. Akselerometer mendeteksi dan mengukur getaran serta mengukur sudut kemiringan atau kemiringan sepanjang sumbu X, Y, dan Z yang disebabkan oleh perubahan percepatan. seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



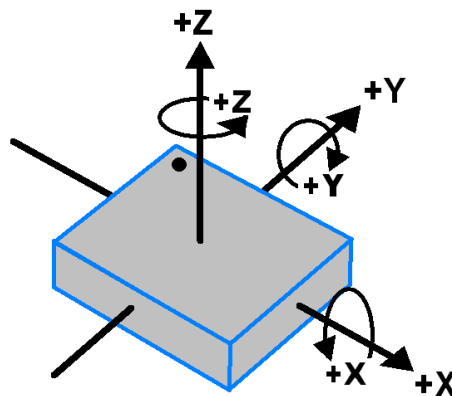
Gambar 2. 5 Accelerometer (Firman, 2016)

Fitur sensor *accelerometer* pada MPU6050 sebagai berikut:

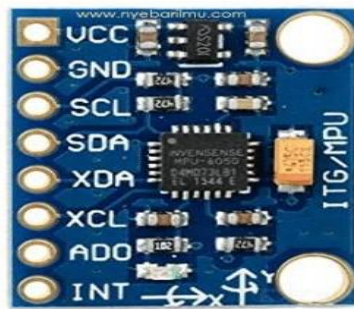
- a. Digital output dengan 3 axis dengan jangkauan  $\pm 2g$ ,  $\pm 4g$ ,  $\pm 8g$ , dan  $\pm 16g$ .
- b. Memiliki satuan berupa g (gaya gravitasi)
- c. Terintegrasi ADC 16bit yang digunakan untuk mendapatkan output digital
- d. Ketika diletakan pada permukaan datar maka nilai X dan Y Axis yaitu  $0g$  sedangkan Z axis bernilai  $+1g$
- e. Memerlukan arus 500 micro ampere
- f. Orientation detection dan signaling
- g. Tap detection
- h. programmable interrupts
- i. High-G interrupt
- j. User selft-test

### 2.2.2 Giroskop

Giroskop dengan tiga sumbu dan teknologi Micro Electro Mechanical System (MEMS) disertakan dalam MPU6050. Seperti digambarkan pada Gambar 2.3, ini digunakan untuk menentukan kecepatan rotasi/sudut sepanjang sumbu X, Y, dan Z dalam derajat per detik. MPU6050 akan mendeteksi getaran yang disebabkan oleh Coriolis Effect saat gyro berputar dan menyentuh sumbu. Memperkuat, mendemodulasi, dan merutekan sinyal yang dihasilkan akan menghasilkan tegangan yang sebanding dengan kisaran kecepatan sudut. Keluaran giroskop dipengaruhi oleh kecepatan sudut masing-masing pada sumbu x, y, dan z, yang masing-masing merupakan arah phi (roll), theta (pitch), dan psi (yaw). Data rad/s yang masuk ke mikrokontroler akan diubah menjadi deg/s. Reduksi yang digunakan untuk memproses data giroskop dan orientasinya hadir dalam berbagai bentuk. seperti pada gambar 2.6



Gambar 2. 6 MPU6050 Orientation and Polarity of Rotation (Firman, 2016)



Gambar 2. 7 modul Sensor Gyroscope GY-521/MPU6050 (Firman, 2016)

Pada gambar 2.7 di sensor giroskop terdapat beberapa pin diantaranya pin VCC, GND, SCL, SDA, XCL, ADO, dan INT. GY-521 adalah sebuah modul IMU yang menggunakan chip MPU-6050 dari InvenSense, MPU-6050 adalah chip dengan 3-axis Accelerometer (sensor percepatan) dan 3-axis Gyroscope (pengatur keseimbangan), MPU-6050 juga memiliki Digital Motion Processor (DMP), untuk mengolah data dari sensor menjadi data dalam bentuk *quaternions* (4 dimensi). Selain itu DMP juga berfungsi untuk meminimalis error yang dihasilkan.(Firman, 2016)

Spesifikasi dari module GY-521 :

- a. Tentunya menggunakan *chip IC MPU6050*
- b. Tegangan operasional di *range* antara 3Vdc – 5Vdc
- c. Menggunakan antarmuka komunikasi *I2C (SCL, SDA)*
- d. *Range* dari *Gyroscope* : 250 500 1000 2000 / s
- e. *Chip built-in 16bit AD converter, 16-bit data output*
- f. Difungsikan sebagai sensor *accelerometer* dan *gyroscope*

### 2.3 Global Positioning System (GPS)

Global Positioning System (GPS) merupakan sistem yang digunakan untuk menentukan letak di permukaan Bumi dengan bantuan penyelarasan sinyal satelit. Sistem ini menggunakan 24 satelit dan 3 satelit cadangan yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke Bumi.

Modul GPS uBlox GY-NEO6MV2 berfungsi sebagai penerima GPS yang dapat mendeteksi lokasi dengan menangkap dan memproses sinyal dari satelit navigasi. Modul ini melingkupi sistem navigasi, sistem keamanan pada perangkat bergerak, akuisisi data pada sistem pemetaan medan, location tracking, dan sebagainya. Berikut dari Modul GPS uBlox GY-NEO6MV2 dapat dilihat pada gambar 2.8 di bawah ini.



Gambar 2. 8 Sensor GPS GY-521 (Hermanto, 2016)

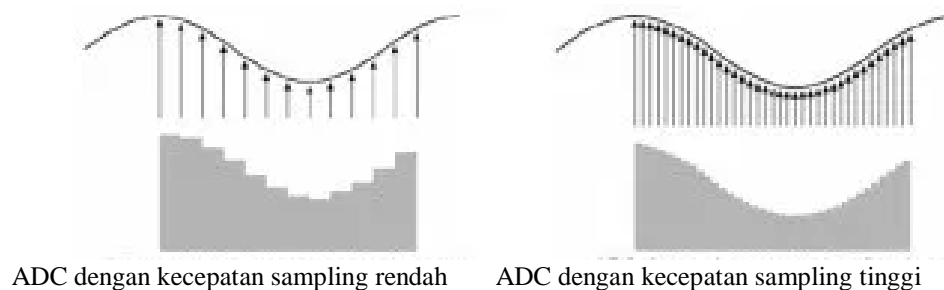
### 2.4 ADC (Analog to Digital Converter)

Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah input analog menjadi kode – kode digital. ADC banyak digunakan sebagai Pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/ pengujian. Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistem

komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/ berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistim digital (komputer).

ADC (Analog to Digital Converter) memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi. Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu (Loewenstein, 2003).

Kecepatan sampling suatu ADC (Analog to Digital Converter) dinyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu, kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam *sample per second* (SPS) pada gambar 2.9 dibawah ini.



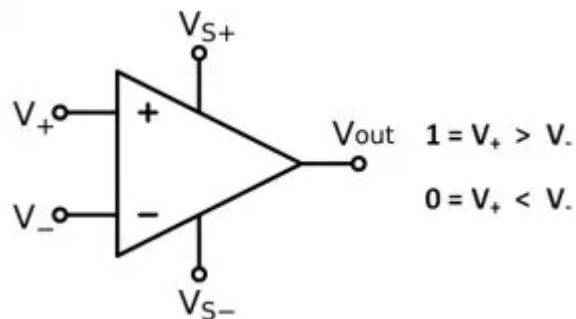
Gambar 2. 9 ilustrasi kecepatan sampling ADC(Loewenstein, 2003)

Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi yang rumusnya sebagai berikut.

$$signal = (sample/max\_value) * reference\_voltage$$

Bentuk komunikasi yang paling mendasar antara wujud digital dan analog adalah piranti (biasanya berupa IC) disebut komparator. Piranti ini, yang diperlihatkan secara skematik pada gambar dibawah, secara sederhana membandingkan dua tegangan pada kedua terminal inputnya. Bergantung pada

tegangan mana yang lebih besar, outputnya akan berupa sinyal digital 1 (high) atau 0 (low). Komparator ini digunakan secara luas untuk sinyal alarm ke komputer atau sistem pemroses digital.



Gambar 2. 10 Konsep Komparator Pada ADC (Analog to Digital Converter)(Loewenstein, 2003)

Pada gambar 2.10 memperlihatkan sebuah komparator merubah keadaan logika output sesuai fungsi tegangan input analog. Sebuah komparator dapat tersusun dari sebuah opamp yang memberikan output terpotong untuk menghasilkan level yang diinginkan untuk kondisi logika (+5 dan 0 untuk TTL 1 dan 0). Komparator komersil didesain untuk memiliki level logika yang diperlukan pada bagian outputnya. Jenis ADC (Analog to Digital Converter) terbagi menjadi 3 macam yaitu ADC Simultan, Counter Ramp ADC dan SAR (*Successive Approximation Register*) ADC.

Beberapa karakteristik penting ADC :

1. Waktu Konversi
2. Resolusi
3. Ketidaklinieran
4. Akurasi

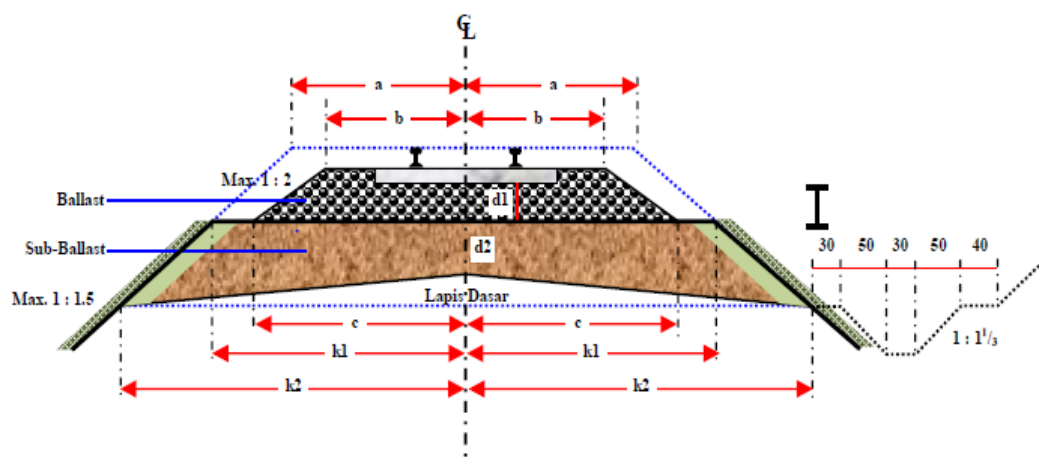




## 2.5 Rel Kereta Api

Rel Kereta Api (Sepur) merupakan Profil I (Vignola) terbuat dari baja yang berfungsi sebagai pijakan menggelindingnya roda Kereta Api dan untuk meneruskan beban dari roda Kereta Api tersebut ke bantalan atau sebagai

tumpuhan. Tekanan tegak lurus mengakibatkan momen lentur. Selain itu, gaya horisontal akibat gaya angin, gerakan Kereta Api, dan gaya *sentrifugal*. Pada Rel terdapat 3 (tiga) bagian, yaitu Kepala Rel, Badan rel dan kaki Rel. Dimana lebar kaki (B) lebih lebar dari lebar kepala (C)(Jember and Dan, no date).



Gambar 2. 12 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian Lurus (Lebar Jalan Rel 1067 mm)(Perhubungan et al., 2012)

Pada gambar 2.12 struktur rel meliputi ballast, bantalan, rel dan penambat rel. Ballast merupakan batu pecah yang berada di bawah bantalan dan rel yang fungsinya meneruskan dari bantalan ke dasar tanah dan mencegah agar tidak adanya genangan air. Bantalan terbagi menjadi 3 macam ada yang terbuat dari kayu, baja dan beton yang fungsinya mendukung rel dan meneruskan beban dari rel ke ballas dengan bidang sebaran agar menghindari kontak langsung antara rel dan air tanah. Sedangkan sub balas yang terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar berfungsi sebagai penyaring agar tanah dasar dan lapisan balas

dapat mengalirkan air dengan baik. Di Indonesia Jalan kereta api hanya memiliki 2 ukuran jenis lebar yaitu 1067 mm dan 1435 mm.

## 2.6 Micro SD Shield

Micro SD shield adalah sebuah modul adapter yang digunakan untuk membaca dan menulis micro SD menggunakan arduino. Modul ini dapat menyimpan data lebih banyak hingga lebih dari 1 gigabyte, dibanding dengan menggunakan EEPROM pada Arduino. Modul ini memiliki 6 pin yang terdiri dari CS, SCK, MOSI, MISO, VCC, dan GND. Secara umum perekam data sederhana terdiri dari *mikrokontroler*, sensor dan media penyimpanan. *Mikrokontroler* merupakan bagian dari perekam data yang mengatur komunikasi antar perangkat. Sensor berfungsi untuk mengubah sinyal *analog* menjadi sinyal *digital*. Media penyimpanan berfungsi untuk menyimpan data dalam sistem.



Gambar 2. 13 Modul SD Card (Dan et al., 2013)

Pada gambar 2.13 ada tiga macam cara berkomunikasi dengan *SD card*, yaitu *One-bit SD mode*, *Four-bit SD mode*, *SPI (Serial Peripheral Interface) mode*. Cara komunikasi yang terakhir merupakan cara termudah karena

protokolnya mudah dipelajari. Sehingga komunikasi yang umum digunakan menggunakan *mikrokontroller* adalah *SPI mode*.

