

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baterai Lipo

Baterai LiPo tidak menggunakan cairan sebagai elektrolit melainkan menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan plastik film tipis. Lapisan film ini disusun berlapis-lapis diantara anoda dan katoda yang mengakibatkan pertukaran ion. Dengan metode ini baterai LiPo dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran. Diluar dari kelebihan arsitektur baterai LiPo, terdapat juga kekurangan yaitu lemahnya aliran pertukaran ion yang terjadi melalui elektrolit polimer kering. Hal ini menyebabkan penurunan pada *charging* dan *discharging rate*. Masalah ini sebenarnya bisa diatasi dengan memanaskan baterai sehingga menyebabkan pertukaran ion menjadi lebih cepat, namun metode ini dianggap tidak dapat untuk diaplikasikan pada keadaan sehari-hari. Seandainya para ilmuwan dapat memecahkan masalah ini maka risiko keamanan pada batera jenis lithium akan sangat berkurang.



Gambar 2.1 Baterai LiPo 1000 Mah [8].

Boleh dibbilang hampir semua baterai jenis LiPo yang beredar diluar sekarang ini sebenarnya adalah jenis *Hybrid Lithium Polymer*. Nama yang biasa digunakan untuk baterai ini adalah *Lithium-ion Polymer*, namun dunia lebih sering menyebutnya dengan *Lithium Polymer* saja.. Padahal baterai jenis ini tidak sepenuhnya menggunakan elektrolit kering seperti yang telah dijelaskan diatas.

Dengan menggunakan elektrolit tipe gel terhadap polimer, pertukaran ion yang terjadi meningkat pesat. Elektrolit gel menyebabkan berkurangnya tingkat kebocoran, namun tetap masih mudah terbakar. Baterai jenis itu tidak terlalu berbahaya jika dibandingkan dengan baterai Li-Ion, namun tetap apabila tidak diperlakukan dengan benar seperti baterai terbakar api, *recharge*, korslet, dll baterai ini dapat memicu ledakan. Baterai LiPo 1000 Mah dapat dilihat pada Gambar 2.1

2.1.1 Tegangan

Pada baterai jenis NiCad atau NiMH tiap sel memiliki 1,2 *volt* sedangkan pada baterai Lipo memiliki rating 3,7 *volt* per sel. Keuntungannya adalah tegangan baterai yang tinggi dapat dicapai dengan menggunakan jumlah sel yang lebih sedikit.

Pada setiap paket baterai LiPo selain tegangan ada label yang disimbolkan dengan S. Disini S berarti sel yang dimiliki sebuah paket baterai (*battery pack*). Sementara bilangan yang berada didepan simbol menandakan jumlah sel dan biasanya berkisar antar 2-6S (meskipun kadang ada yang mencapai 10S). Berikut merupakan contoh notasi baterai LiPo yaitu :

1. 3.7 *volt battery* = 1 cell x 3.7 *volts*
2. 7.4 *volt battery* = 2 cells x 3.7 *volts* (2S)
3. 11.1 *volt battery* = 3 cells x 3.7 *volts* (3S)
4. 14.8 *volt battery* = 4 cells x 3.7 *volts* (4S)
5. 18.5 *volt battery* = 5 cells x 3.7 *volts* (5S)
6. 22.2 *volt battery* = 6 cells x 3.7 *volts* (6S)

2.1.2 Kapasitas

Kapasitas baterai menunjukkan seberapa banyak energi yang dapat disimpan oleh sebuah baterai dan diindikasikan dalam *miliampere hours* (mAh). Notasi ini adalah cara lain untuk mengatakan seberapa banyak beban yang dapat diberikan kepada sebuah baterai selama 1 jam, dimana setelah 1 jam baterai akan benar-benar habis.

Sebagai contoh sebuah baterai RC LiPo yang memiliki *rating* 1000 mAh akan benar-benar habis apabila diberi beban sebesar 1000 *miliampere* selama 1 jam. Apabila baterai yang sama diberi beban 500 *miliampere*, maka baterai akan benar-benar habis setelah selama 2 jam. Begitu pun apabila beban ditingkatkan menjadi 15.000 *miliampere* (15 Amps) maka energi di dalam baterai akan habis terpakai setelah selama 4 menit saja. (15 Amp merupakan jumlah beban yang umum digunakan pada RC kelas 400). Seperti yang telah dijelaskan, dengan beban arus yang begitu besar maka merupakan sebuah keuntungan apabila menggunakan baterai dengan kapasitas yang lebih besar (misal 2000 mAh). Dengan begitu maka waktu *discharge* akan meningkat menjadi 8 menit.

2.2 Driver Motor DC L293D

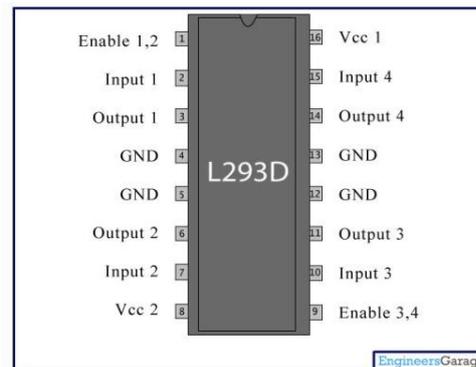
Driver Motor DC H-Bridge Dengan IC L293D merupakan rangkaian penggerak motor DC H-Bridge yang sangat sederhana dan dapat digunakan untuk mengontrol 2 unit motor DC secara PWM maupun dengan logika TTL. *Driver* Motor L293D dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Driver Motor L293D [9].

Rangkaian *Driver* Motor DC H-Bridge Dengan IC L293D menjadi sangat sederhana karena menggunakan IC L293D yang didesain khusus sebagai *Driver* Motor DC H-Bridge dengan 2 unit rangkaian kontrol motor DC dalam 1 IC yang independen. Untuk membuat *Driver* Motor DC dengan teknik H-Bridge menggunakan IC L293D seperti pada artikel “*Driver* Motor DC H-Bridge Dengan IC L293D” ini dapat dirakit pada PCB yang kecil. *Driver* Motor DC H-Bridge Dengan IC L293D dapat digunakan untuk mengontrol 2 buah motor DC sekaligus. *Driver* Motor DC H-Bridge dengan IC L293D ini dapat digunakan

untuk mengendalikan motor DC secara kontinyu ataupun dengan teknik PWM. Rangkaian *driver* motor DC dalam artikel “*Driver Motor DC H-Bridge Dengan IC L293D*” ini hanya menggunakan IC L293D saja dan mampu mengendalikan motor DC dengan kapasitas arus hingga 1A untuk tiap unitnya. *Datasheet* IC L293D Dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Datasheet* IC L293D [10].

IC L293D adalah IC yang didesain khusus sebagai *driver* motor DC dan dapat dikendalikan dengan rangkaian TTL maupun mikrokontroler. Motor DC yang dikontrol dengan *driver* IC L293D dapat dihubungkan ke *ground* maupun ke sumber tegangan positif karena di dalam *driver* L293D sistem *driver* yang digunakan adalah totem pool. Dalam 1 unit *chip* IC L293D terdiri dari 4 buah *Driver Motor DC* yang berdiri sendiri sendiri dengan kemampuan mengalirkan arus 1A tiap drivernya. Sehingga dapat digunakan untuk membuat *driver* H-Bridge untuk 2 buah motor DC. Fungsi pin *Driver Motor DC* IC L293D adalah sebagai berikut :

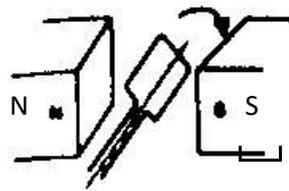
1. Pin EN (*Enable*, EN1.2, EN3.4) berfungsi untuk mengijinkan *driver* menerima perintah untuk menggerakkan motor DC.
2. Pin In (*Input*, 1A, 2A, 3A, 4A) adalah pin *input* sinyal kendali motor DC
3. Pin Out (*Output*, 1Y, 2Y, 3Y, 4Y) adalah jalur *output* masing-masing *driver* yang dihubungkan ke motor DC
4. Pin VCC (VCC1, VCC2) adalah jalur *input* tegangan sumber *Driver Motor DC*, dimana VCC1 adalah jalur *input* sumber tegangan rangkaian kontrol

dirver dan VCC2 adalah jalur *input* sumber tegangan untuk motor DC yang dikendalikan.

5. Pin GND (*Ground*) adalah jalu yang harus dihubungkan ke *ground*, pin GND ini ada 4 buah yang berdekatan dan dapat dihubungkan ke sebuah pendingin kecil.

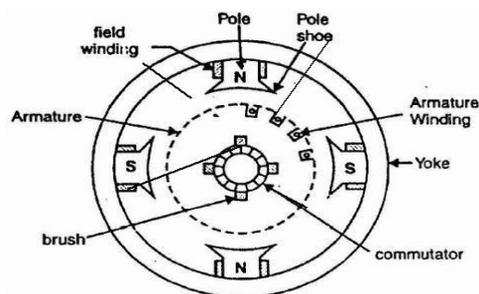
2.3 Motor *Direct Current* (DC)

2.3.1 Prinsip Kerja Motor DC



Gambar 2.4 Dasar Motor DC [11].

Direct Current (DC), sebuah batang tembaga yang dapat berotasi bebas dalam medan sebuah magnet permanen. Ketika sebuah arus melalui kumparan, maka menghasilkan medan magnet yang kemudian menimbulkan gaya gerak sehingga menyebabkan rotasi, hal ini terus berlanjut, kumparan berada pada posisi tegak lurus dengan arah arus yang melalui kumparan yang telah di *reverse*. Prinsip kerja dasar dari sebuah motor DC dapat dilihat pada Gambar 2.4



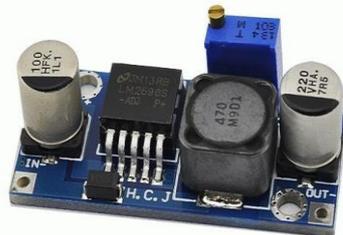
Gambar 2.5 Sistem Pada Motor DC [12].

Pada motor DC konvensional, kumparan tembaga terpasang pada *slots* sebuah bahan magnetis silinder yang disebut dengan *armature*. *Armature* terpasang pada *bearing*, dan hal ini menyebabkan *armature* dapat berotasi secara

bebas. *Armature* ini berada dalam medan magnet yang dihasilkan oleh kutub magnet. Untuk motor yang kecil, magnet permanen atau elektromagnet dengan medan magnet yang dimilikinya dihasilkan oleh sebuah arus yang melalui kumparan.

Prinsip kerja dasar dari sebuah empat kutub motor DC dengan medan magnet yang dihasilkan oleh arus yang melalui bidang kumparan. Lilitan kumparan pada tiap *armature* yang saling terhubung dengan *segment* dari *ring segment* disebut sebagai *commutator*, dengan kontak elektrik yang dibuat untuk *segment* melalui kontak karbon disebut *brushes*. Sebagai penggerak *armature*, *commutator* membalikkan arus pada tiap kumparan sehingga bergerak antara medan magnet. Hal ini perlu, jika gaya gerak pada kumparan untuk mengulang gerakan dengan yang sama dan terus berputar. Arah dari perputaran motor DC dapat dibalik, dengan membalikkan juga arah arus *armature* atau medan arus. Sistem pada Motor DC dapat dilihat pada Gambar 2.5.

2.4 *Adjustable Voltage Regulator*



Gambar 2.6 *Adjustable Voltage Regulator* [13].

Adjustable Voltage Regulator adalah regulator tegangan yang dapat diatur nilai outputnya, besarnya nilai pengaturan sesuai dengan karakteristik regulator tegangan yang digunakan.

adjustable voltage regulator atau regulator ini tegangannya dapat diatur, pengaturan tegangan *output* dapat dilakukan dengan memutar nilai hambatan pada *variable resistor* yang terdapat pada rangkaian, tegangan *output* yang dihasilkan dapat diatur antara 1,5V_{DC} hingga 35V_{DC}, arus keluaran 2A, dan tegangan *input* antara 4,5V_{DC} hingga 40V_{DC}. *Adjustable voltage regulator* dapat dilihat pada Gambar 2.6.

2.5 Arduino

2.5.1 Sejarah Arduino

Proyek arduino berawal dilvre, italia pada tahun 2005. Sekarang telah lebih dari 120.000 unit terjual sampai dengan 2010. Pendirinya adalah Massimo Banzi dan David Cuartiellez

Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat *open source*, yang di turunkan dari *wiring platform*, yang di rancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardwernya memiliki prosesor atmel AVR dan softwernya memiliki bahasa pemrograman sendiri.

1. Secara *Software* : *Open source* IDE yang digunakan untuk mendvelop aplikasi mikrokontroller yang berbasis arduino platform.
2. Secara *Hardware* : *Single board* mikrokontroller yang bersifat *open source hardware* yang dikembangkan untuk arsitektur mikrokontroller AVR 8 bit dan ARM 32 bit.

Dari ke3 pengertian diatas , dapat disimpulkan bahwa Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroller dengan jenis AVR. Mikrokontroller itu sendiri adalah *chip* atau IC (*Integrated Circuit*) yang bisa 11lternati menggunakan 11lternat. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroller adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca *input*, memproses *input* tersebut dan kemudian menghasilkan *output* seperti yang diinginkan. Jadi , mikrokontroller bertugas sebagai otak yang mengendalikan *input*, proses ,dan *output* sebuah rangkaian elektonik.

Mikrokontroller ada pada perangkat elektronik sekeliling kita, misalnya *Handphone*, *MP3 Player*, *DVD*, *Televisi*, *AC*, dll. Mikrokontroller juga dapat mengendalikan robot, baik robot mainan maupun 11lternat. Karena komponen utama arduino adalah mikrokontroller maka arduino dapat 11lternati menggunakan 11lternat sesuai kebutuhan kita.

Arduino memiliki kelebihan dibandingkan dengan perangkat kontroler lainnya diantaranya adalah :

1. Tidak perlu perangkat *chip* programmer karena didalamnya sudah ada bootloader yang akan menangani *upload* program dari 11lternat.

2. Sudah memiliki sarana komunikasi USB, Sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki *port serial/RS323* bisa menggunakannya.
3. Memiliki modul siap pakai (*Shield*) yang bisa ditancapkan pada *board* arduino. Contohnya *shield GPS, Ethernet*, dll.

Arduino sendiri telah mengeluarkan bermacam-macam produk dan tipe sesuai dengan kebutuhan para perancang elektronik. Macam-macam arduino tersebut diciptakan berdasarkan *skill* dan keahlian para perancang sampai dimana kemahirannya dalam menggunakan perangkat arduino itu sendiri mulai dari segi pemrograman, dari segi elektronik, dan dari segi seberapa luas pengaplikasiannya terhadap perangkat elektronik. Jenis-jenis arduino tersebut, diantaranya adalah :

- a. Arduino UNO
- b. Arduino MEGA
- c. Arduino Yun
- d. Arduino Esplora
- e. Arduino Lilypad
- f. Arduino Promini
- g. Arduino Nano
- h. Arduino Fio
- i. Arduino Due

Dari berbagai macam jenis arduino yang telah dijelaskan, salah satu arduino yang paling banyak digunakan adalah Arduino Mega, karena di buat dan dirancang untuk pengguna pemula atau yang baru mengenal yang namanya Arduino.

2.5.2 Arduino Mega 2560

Arduino mega 2560 adalah papan mikrokontroler Atmega 2560 berdasarkan (*datasheet*) memiliki 54 *digital pin input* atau *output* (dimana 15 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM atau *Pulse Width Modulation*), 16 *analog input*, 4 UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*), *osilator* kristal 16 MHz, koneksi USB, *jack* listrik, *header ICSP (In-Circuit Serial Programing)*, dan tombol *reset*. Semuanya diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau *power* dengan adaptor AC (*Alternating Current*) – DC (*Direct Current*) atau baterai. Adapun gambar

Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Arduino Mega 2560 [14].

Arduino Mega 2560 berbeda dari semua papan sebelumnya dalam hal itu tidak menggunakan FTDI *chip driver* USB-to-serial. Sebaliknya, fitur Atmega 16U2 (Atmega 8U2 dalam *board* revisi 1 dan revisi 2) diprogram sebagai *converter* USB-to-serial. Revisi 2 dari Arduino Mega 2560 memiliki resistor menarik garis 8U2 HWB ke *ground*, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam mode DFU (*Device Firmware Update*). Revisi 3 dari arduino mega 2560 memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut:

1. 1,0 *pinout* tambah SDA (*Serial Data*) dan SCL (*Serial Clock*) pin yang dekat dengan pin AREF (*ADC Reference*) dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin *reset*.
2. Sirkuit *reset* lebih kuat.
3. Atmega 16U2 menggantikan 8U2.

2.5.2.1 *Input dan Output (I/O)*

Arduino Mega 2560 memiliki jumlah pin terbanyak dari semua papan pengembangan Arduino. Mega 2560 memiliki 54 buah *digital* pin yang dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digital (Read)`. Pin-pin tersebut bekerja pada tegangan 5V, dan setiap pin dapat menyediakan atau menerima arus sebesar 20mA, dan memiliki tahanan *pull up* sekitar 20-50k *ohm* (secara acak dalam posisi tidak terhubung).

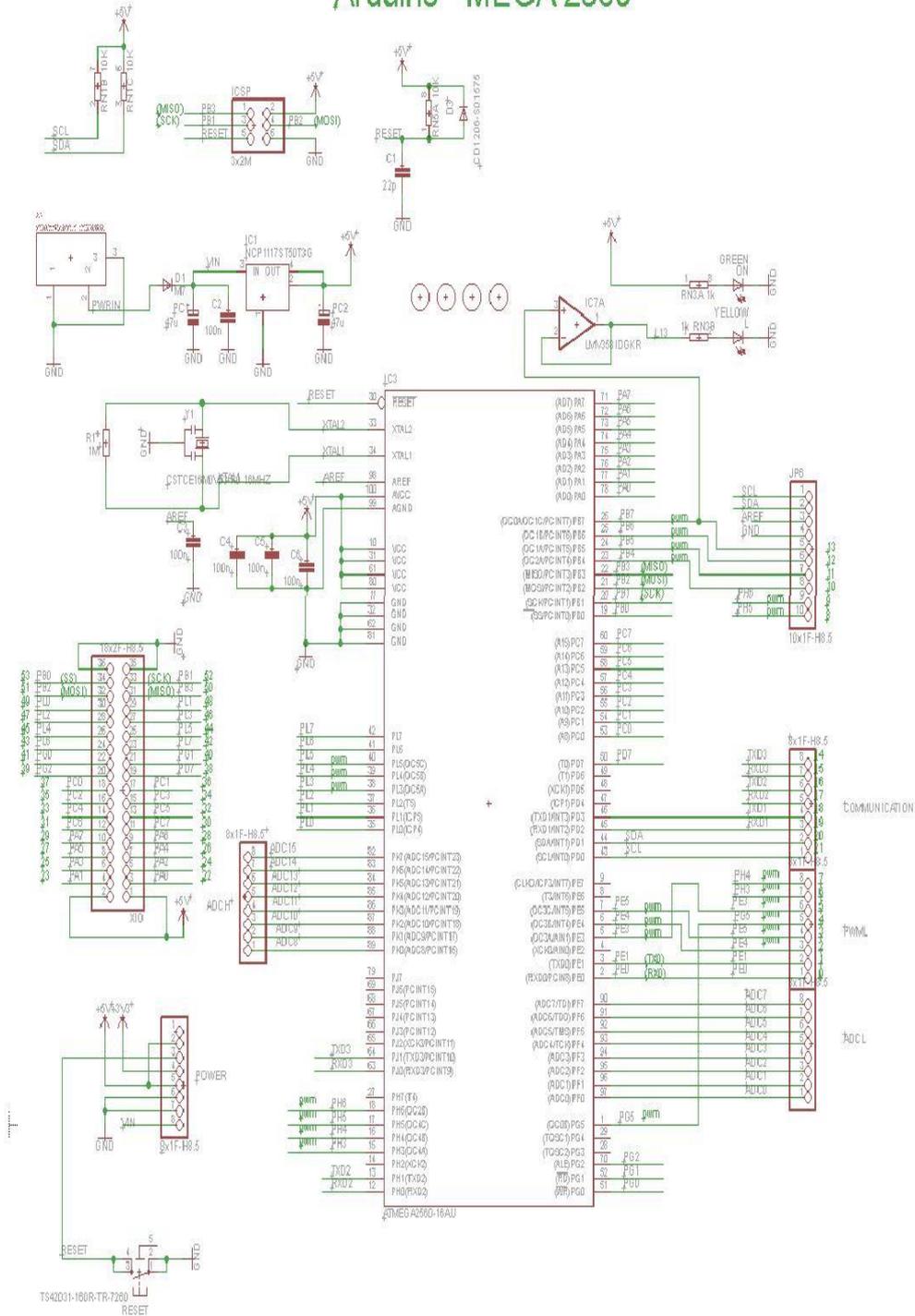
Nilai tertinggi adalah 40mA, yang sebisa mungkin dihindari untuk menghindari kerusakan *chip* mikrokontroler. Beberapa pin memiliki fungsi khusus :

1. Serial, memiliki 4 serial yang masing-masing terdiri dari 2 pin. Serial 0 : pin 0 (RX) dan pin 1 (TX). Serial 1 : pin 19 (RX) dan pin 18 (TX). Serial 2 : pin 17 (RX) dan pin 16 (TX). Serial 3 : pin 15 (RX) dan pin 14 (TX). RX digunakan untuk menerima dan TX untuk transmit data serial TTL. Pin 0 dan pin 1 adalah pin yang digunakan oleh *chip* USB-to-TTL ATmega16U2
2. *External* Interrupts, yaitu pin 2 (untuk interrupt 0), pin 3 (interrupt 1), pin 18 (interrupt 5), pin 19 (interrupt 4), pin 20 (interrupt 3), dan pin 21 (interrupt 2). Dengan demikian Arduino Mega 2560 memiliki jumlah interrupt yang cukup melimpah : 6 buah. Gunakan fungsi `attachInterrupt()` untuk mengatur interrupt tersebut.
3. PWM (*Pulse Width Modulation*) : Pin 2 hingga 13 dan 44 hingga 46, yang menyediakan *output* PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi `analogWrite()`
4. SPI : Pin 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), dan 53 (SS) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan *SPI Library*
5. LED : Pin 13. Pada pin 13 terhubung built-in led yang dikendalikan oleh digital pin no 13. Set *HIGH* untuk menyalakan led, *LOW* untuk memadamkan nya.
6. TWI : Pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL) yang mendukung komunikasi TWI dengan menggunakan *Wire Library*.

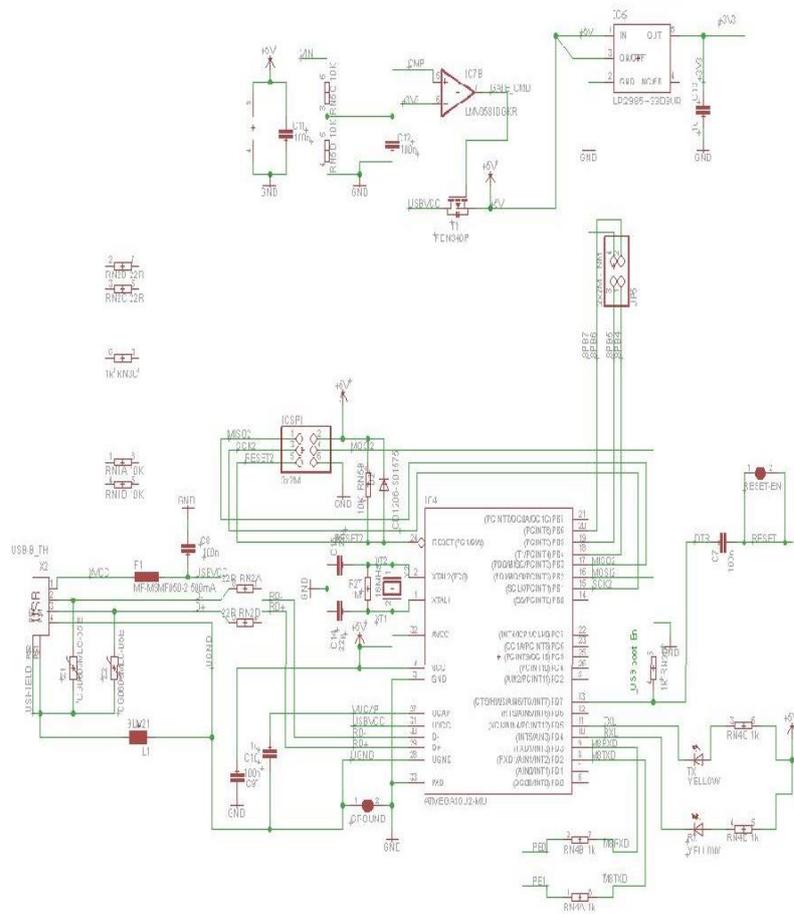
2.5.2.2 Schematic Arduino Mega 2560

Adapun gambar *schematic* dari rangkaian arduino mega 2560, dapat dilihat pada Gambar 2.8.

Arduino™ MEGA 2560



(a) Bagian Pertama



Reference Designs ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS". Arduino DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Arduino may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." Arduino reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information.

ARDUINO is a registered trademark.

(b) Bagian kedua

Gambar 2.8 Schematic Arduino Mega 2560 [15].

2.5.2.3 Summary Arduino Mega

Adapun data-data Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Keterangan Arduino Mega 2560 [16].

| | |
|------------------------------------|---|
| <i>Microcontroller</i> | Atmega 2560 |
| <i>Operating Voltage</i> | 5V |
| <i>Input Voltage (recommended)</i> | 7-12V |
| <i>Input Voltage (limits)</i> | 6-20V |
| <i>Digital I/O Pins</i> | 54 (of which 15 provide PWM output) |
| <i>Analog Input Pins</i> | 16 |
| <i>DC Current per I/O Pin</i> | 40 mA |
| <i>DC Current for 3.3V Pin</i> | 50 mA |
| <i>Flash Memory</i> | 256 KB of which 8 KB used by bootloader |
| <i>SRAM</i> | 8 KB |
| <i>EEPROM</i> | 4 KB |
| <i>Clock Speed</i> | 16 MHz |

2.6 Raspberry Pi

Raspberry Pi atau RasPi merupakan komputer kecil seukuran sebuah kartu kredit, Raspberry Pi memiliki prosesor, RAM dan *port hardware* yang khas yang bisa anda temukan pada banyak komputer. Ini berarti, RasPi dapat melakukan banyak hal seperti pada sebuah komputer *desktop*. RasPi juga dapat melakukan seperti mengedit dokumen, memutar video HD, bermain *game*, coding dan banyak lagi.

Raspberry Pi (juga dikenal sebagai RasPi) adalah sebuah SBC (*Single Board Computer*) seukuran kartu kredit yang dikembangkan oleh Yayasan Raspberry Pi di Inggris (UK) dengan maksud untuk memicu pengajaran ilmu komputer dasar di sekolah-sekolah.

Sangat jelas sekali, RasPi tidak akan memiliki kekuatan atau tidak *powerfull* seperti *desktop* PC. tapi karena harganya yang jauh lebih murah maka kita bisa mengorek dan memodifikasi tanpa memikirkan costnya.

Raspberry Pi juga bagus dalam melakukan banyak hal yang tidak membutuhkan komputer mahal untuk membuatnya. seperti berjalan sebagai NAS (*Network Attached Storage*), *web server*, *router*, *media center*, TorrentBox dan masih banyak lagi. Sistem operasi utama untuk Pi adalah Raspbian OS dan didasarkan dari Debian (berdasarkan debian).

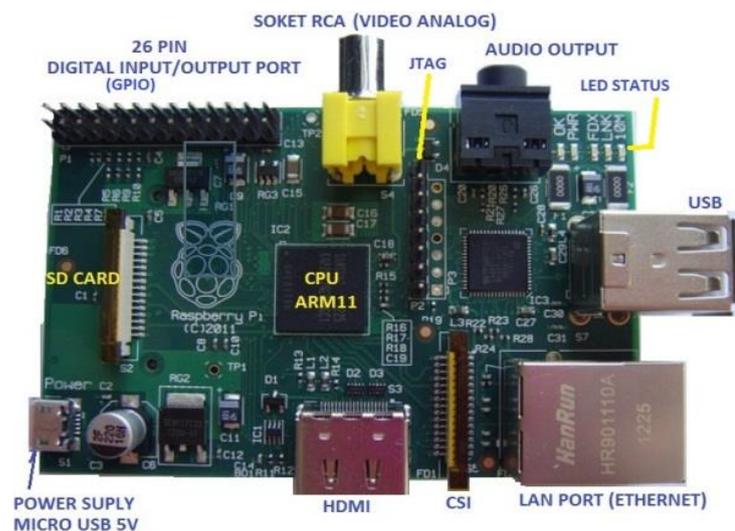
Raspberry Pi menggunakan *system on a chip* (SoC) dari Broadcom BCM2835, juga sudah termasuk prosesor ARM1176JZF-S 700 MHz, GPU

VideoCore IV dan RAM sebesar 256 MB (untuk Rev. B). Tidak menggunakan *hard disk*, namun menggunakan *SD Card* untuk proses *booting* dan penyimpanan data jangka-panjang.

2.6.1 Bagian-bagian *board* dan konfigurasi pin Raspberry Pi

Raspberry Pi *board* mempunyai *input* dan *output* antara lain :

1. HDMI, dihubungkan ke LCD TV yg mempunyai port HDMI atau dengan *cable converter* HDMI to VGA dapat dihubungkan ke monitor PC.
2. *Video analog* (RCA port) , dihubungkan ke Televisi sebagai alternatif jika tidak memilih monitor PC .
3. *Audio output*
4. 2 buah port USB digunakan untuk *keyboard* dan *mouse*
5. 26 pin I/O *digital*
6. *CSI port* (Camera Serial Interface)
7. *DSI* (Display Serial Interface)
8. LAN port (network)
9. *SD Card slot* untuk *SD Card* memori yg menyimpan sistem operasi berfungsi spt hardisk pd PC.



Gambar 2.9 Board Raspberry Pi [17].

| | | | |
|-----------|----|----|------------|
| 3.3V | 1 | 2 | 5V |
| I2C0 SDA | 3 | 4 | DNC |
| I2C0 SCL | 5 | 6 | GROUND |
| GPIO4 | 7 | 8 | UART TXD |
| DNC | 9 | 10 | UART RXD |
| GPIO 17 | 11 | 12 | GPIO 18 |
| GPIO 21 | 13 | 14 | DNC |
| GPIO 22 | 15 | 16 | GPIO 23 |
| DNC | 17 | 18 | GPIO 24 |
| SP10 MOSI | 19 | 20 | DNC |
| SP10 MISO | 21 | 22 | GPIO 25 |
| SP10 SCLK | 23 | 24 | SP10 CE0 N |
| DNC | 25 | 26 | SP10 CE1 N |

Gambar 2.10 Konfigurasi pin pada Raspberry Pi [18].

Untuk mengetahui bagian-bagian *Board* dan konfigurasi pin Raspberry Pi dapat dilihat pada Gambar 2.9 dan Gambar 2.10

2.7 Sensor TGS

2.7.1 TGS 2600



Gambar 2.11 Sensor TGS 2600 [19].

Sensor TGS 2600 merupakan jenis sensor untuk mengetahui besarnya udara yang telah terkontaminasi. Sensor TGS 2600 membutuhkan sumber tegangan sebesar 5V DC untuk dapat bekerja dan *output* sensor ini *analog*. Dalam hal ini, sensor bekerja seperti potensiometer dimana tahanan dalam sensor akan berubah sesuai dengan level konsentrasi polutan di udara. Gambar sensor TGS 2600 dapat dilihat pada Gambar 2.11.

Beberapa pin yang dimiliki oleh sensor TGS 2600 adalah :

1. Pin 1 : *Heater*
2. Pin 2 : *ground (-)*
3. Pin 3 : *Positif (+)*
4. Pin 4 : *Heater*

2.7.2 TGS 2602

Sensor TGS 2602 adalah sensor gas untuk mengetahui kadar gas di luar ruang seperti amonia dan H₂S yang berasal dari tempat pembuangan. Selain itu sensor juga dapat digunakan untuk memonitor VOC. Gambar sensor TGS 2602 dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Sensor 2602 [20].

Spesifikasi:

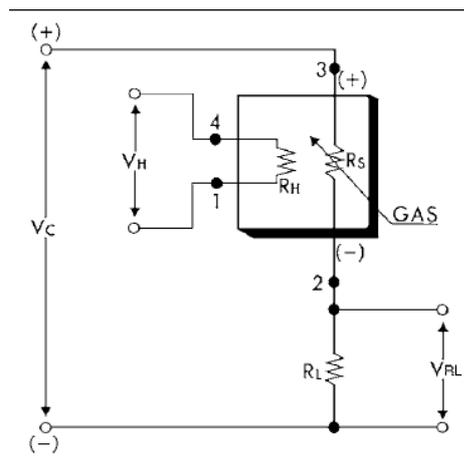
1. Target Gas : *Air Contaminant*
2. Output : *Resistance*
3. *Typical Detection Range* : 1ppm - 10ppm
4. *Heater Voltage* : 5 ± 0.2 (DC/AC)
5. *Circuit Voltage* : 5 ± 0.2 VDC
6. *Power Consumption* : kurang dari 15mW
7. Sensor resistansi : 10K - 100K ohm di udara

2.7.3 TGS 2620

Sensor TGS2620 ini mempunyai elemen-elemen untuk mendeteksi gas, terdiri dari lapisan logam oksida semikonduktor berbentuk substrat alumunium dari sebuah *chip* sensing yang terintegrasi dengan pemanas. Dengan adanya gas yang terdeteksi, konduktivitas sensor akan naik tergantung pada konsentrasi gas di udara. Sehingga dalam sensor ini akan mengeluarkan *output* berupa hambatan, untuk mendapatkan *output* sebuah tegangan *analog* maka kita butuh rangkaian tambahan. Sensor TGS 2620 dan *circuit* sensor TGS 2620 dapat dilihat pada Gambar 2.13 dan Gambar 2.14.



Gambar 2.13 Sensor TGS 2620 [21].

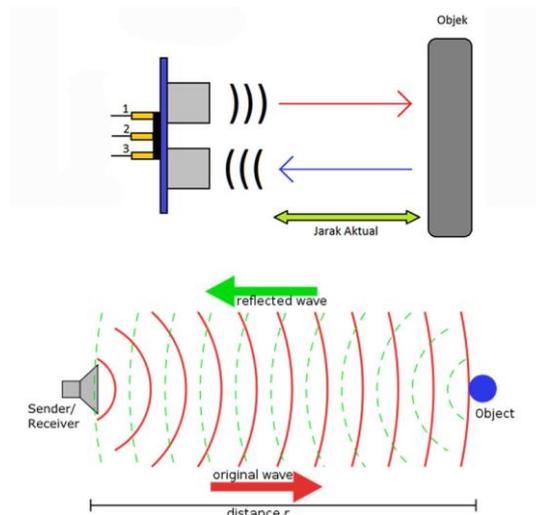


Gambar 2.14 *Circuit* Sensor TGS 2620 [22].

2.8 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip kerja pantulan gelombang suara, dimana sensor menghasilkan gelombang suara yang kemudian menangkap kembali dengan perbedaan waktu sebagai dasar pengindra. Perbedaan waktu antara gelombang suara yang dipancarkan dan diterima kembali adalah berbanding lurus dengan jarak atau tinggi objek yang memantulkannya. Jenis objek yang dapat diindranya adalah zat padat, zat cair dan butiran. Sensor ultrasonik dapat dengan mudah dihubungkan dengan mikrokontroler melalui satu pin I/O.

Sensor ultrasonik pada umumnya digunakan untuk menentukan jarak sebuah objek. Sensor ultrasonik mempunyai kemampuan mendeteksi objek lebih jauh terutama untuk benda-benda yang keras. Pada benda-benda yang keras yang mempunyai permukaan yang kasar gelombang ini akan dipantulkan lebih kuat dari pada benda yang permukaannya lunak. Tidak seperti pada sensor-sensor lain seperti inframerah atau sensor laser. Sensor ultrasonik ini memiliki jangkauan deteksi yang relatif luas. Sehingga dengan demikian untuk jarak deteksi yang didapat tanpa menggunakan pengolahan lanjutan.



Gambar 2.15 Prinsip kerja Sensor Ultrasonik [23].

Sensing yang dilakukan pada sensor ini menggunakan metode pantulan untuk menghitung jarak antara sensor dengan objek sasaran. Jarak antara sensor

tersebut dihitung dengan cara mengalikan setengah waktu yang digunakan oleh sinyal ultrasonik dalam perjalanannya dari rangkaian pengirim (Tx) sampai diterima oleh rangkaian penerima (Rx) dengan kecepatan rambat dari sinyal ultrasonik tersebut pada media rambat yang digunakannya, yaitu udara. Waktu dihitung ketika pemancar aktif dan sampai ada input dari rangkaian penerima dan bila pada melebihi batas waktu tertentu rangkaian penerima tidak ada sinyal input maka dianggap tidak ada halangan didepannya. Prinsip kerja sensor ultrasonik dapat dilihat pada Gambar 2.15

2.8.1 Sensor Ultrasonik SRF04



Gambar 2.16 Sensor Ultrasonik SRF04 [24].

SRF04 adalah sensor non-kontak pengukur jarak menggunakan ultrasonik. Prinsip kerja sensor ini adalah *transmitter* mengirimkan seberkas gelombang ultrasonik, lalu diukur waktu yang dibutuhkan hingga datangnya pantulan dari objek. Lamanya waktu ini sebanding dengan dua kali jarak sensor dengan objek, sehingga jarak sensor dengan objek dapat ditentukan pada persamaan 2.1.

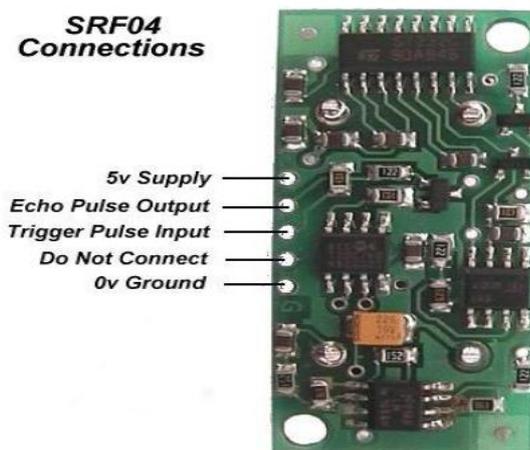
$$\text{Jarak} = \frac{\text{Kecepatan Suara} \times \text{Waktu Pantul}}{2} \dots\dots\dots(2.1)$$

SRF04 dapat mengukur jarak dalam rentang antara 3 cm – 3 m dengan output panjang pulsa yang sebanding dengan jarak objek. Sensor ini hanya memerlukan 2 pin I/O untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, yaitu *trigger*

dan *echo*. Untuk mengaktifkan SRF04 mikrokontroler mengirimkan pulsa positif melalui pin *trigger* minimal 10 μ s, selanjutnya SRF04 akan mengirimkan pulsa positif melalui pin *echo* selama 100 μ s hingga 18 ms, yang sebanding dengan jarak objek. Sensor Ultrasonik SRF04 dan Konfigurasi Pin Sensor Ultrasonik SRF04 dapat dilihat pada Gambar 2.16 dan Gambar 2.17.

Spesifikasi dari sensor ultrasonik SRF04 adalah sebagai berikut:

1. Dimensi: 43 mm (P) x 20 mm (L) x 17 mm (T).
2. Tegangan: 5VDC
3. Konsumsi Arus: 30 mA (rata – rata), 50 mA (Maksimum)
4. Frekuensi Suara: 40 kHz
5. Jangkauan Minimum: 3cm
6. Jangkauan Maksimum: 3 m
7. Sensitivitas: Mampu mendeteksi objek dengan diameter 3 cm pada jarak > 2m
8. *Input Trigger*: 10 μ S minimum, pulsa level TTL
9. Pulsa *Echo*: Sinyal *level* TTL positif, lebar berbanding proporsional dengan jarak yang dideteksi.

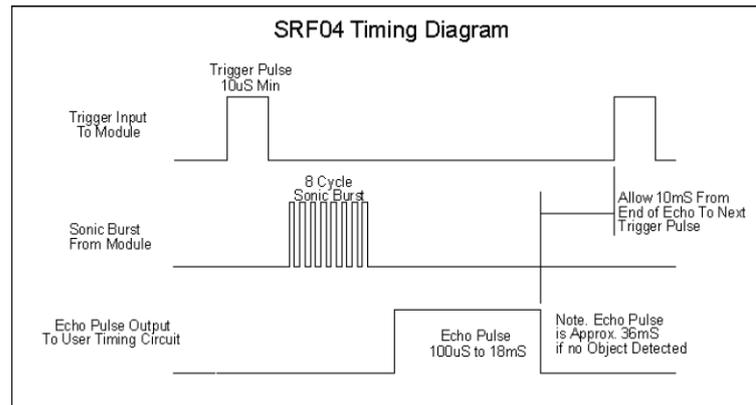


Gambar 2.17 Konfigurasi Pin Sensor Ultrasonik SRF04 [25].

2.8.1.1 Cara Kerja Sensor Ultrasonik SRF04

Prinsip kerja SRF04 adalah *transmitter* memancarkan seberkas sinyal ultrasonik (40 KHz) yang berbentuk pulsa, kemudian jika di depan SRF04 ada

objek padat maka *receiver* akan menerima pantulan sinyal ultrasonik tersebut. *Receiver* akan membaca lebar pulsa (dalam bentuk PWM) yang dipantulkan objek dan selisih waktu pemancaran. Dengan pengukuran tersebut, jarak objek di depan sensor dapat diketahui. *Timing Diagram* Sensor Ultrasonik SRF04 dapat dilihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 *Timing Diagram* Sensor Ultrasonik SRF04 [26].

Pin *trigger* dan *echo* dihubungkan ke mikrokontroler. Untuk memulai pengukuran jarak, mikro akan mengeluarkan keluaran *high* pada pin *trigger* selama minimal 10µs, sinyal *high* yang masuk tadi akan membuat SRF04 ini mengeluarkan suara ultrasonik. Kemudian ketika bunyi yang dipantulkan kembali ke sensor SRF04, bunyi tadi akan diterima dan membuat keluaran sinyal *high* pada pin *echo* yang kemudian menjadi *input* pada mikrokontroler. SRF04 akan memberikan pulsa 100µs - 18ms pada outputnya tergantung pada informasi jarak pantulan objek yang diterima. Lamanya sinyal *high* dari *echo* inilah yang digunakan untuk menghitung jarak antara sensor SRF04 dengan benda yang memantulkan bunyi yang berada di depan sensor ini.

Untuk menghitung lamanya sinyal *high* yang diterima mikrokontroler dari pin *echo*, maka digunakan fasilitas *timer* yang ada pada masing – masing mikrokontroler. Ketika ada perubahan dari rendah ke tinggi dari pin *echo* maka akan mengaktifkan *timer* dan ketika ada perubahan dari tinggi ke rendah dari pin *echo* maka akan mematikan *timer*.

2.9 Kompas HMC5883

Modul Kompas GY-273 adalah sebuah modul yang digunakan untuk menunjukkan arah mata angin *digital*, atau juga disebut kompas *digital*. Modul ini menggunakan komponen utama berupa IC HMC5883 yang merupakan IC kompas digital 3 axis yang memiliki *interface* berupa 2 pin I2C. Kompas HMC5883 dapat dilihat pada Gambar 2.19 berikut ini:



Gambar 2.19 Kompas HMC5883 [27].

HMC5883 memiliki sensor *magneto-resistive HMC118X* series ber-resolusi tinggi, ditambah ASIC dengan konten *amplification, automatic degaussing strap driver, offset cancellation* dan 12 bit ADC yang memungkinkan keakuratan kompas mencapai 1 sampai 2 derajat. Modul ini biasa digunakan untuk keperluan sistem navigasi otomatis, *mobile phone, netbook* dan perangkat navigasi personal.

Modul ini memiliki 5 pin, diantaranya :

1. VCC (5V)
2. GND
3. SCL
4. SDA
5. DRD

2.10 Modul Xbee

XBee adalah modul yang memungkinkan *Arduino* dapat berkomunikasi secara nirkabel menggunakan protokol ZigBee. XBee mendukung komunikasi

point to point atau *multipoint* tanpa *routing*, sehingga XBee dapat berkomunikasi menggunakan radio tanpa konfigurasi sebelumnya. Gambar XBee Series 2 dapat dilihat pada Gambar 2.20



Gambar 2.20 XBee 2mW Wire Antenna - Series 2 [28].

Xbee dengan *ZB Firmwares* dirancang untuk membentuk jaringan topologi *star*, *cluster tree* atau *mesh*, dimana disetiap hirarki terdapat *end device* dan *router* serta satu koordinator yang harus selalu ada. XBee memungkinkan berkomunikasi secara nirkabel dengan jangkauan 30 meter (*indoor*) dan 100 meter (*outdoor*).

Modul RF XBee / XBee-Pro terhubung dengan perangkat *host* melalui *logic-level asynchronous serial port*. Melalui *port* serial, modul dapat berkomunikasi dengan logika dan tegangan yang kompatibel UART atau melalui translator ke perangkat serial seperti RS-232 atau USB *interface board*. *Device* yang memiliki *interface* UART dapat terhubung langsung pada pin RF. Sistem data *flow* diagram pada UART dapat dilihat pada Gambar 3 2009)

XBee merupakan modul RF yang didesain dengan standar protokol IEEE802.15.4 dan sesuai dengan kebutuhan sederhana untuk jaringan wireless. Kelebihan utama yang menjadikan XBee sebagai komunikasi serial nirkabel karena XBee memiliki konsumsi daya yang rendah yaitu hanya 3,3 V dan beroperasi pada rentang frekuensi 2,4 GHz.

Dalam melakukan komunikasi dengan perangkat lainnya Xbee mampu melakukan komunikasi dengan dua macam komunikasi yang berbeda, tergantung

dari perangkat apa yang dihubungkan dengan modul Xbee. Komunikasi dapat dilakukan dengan menggunakan jaringan wireless dan komunikasi secara serial. Komunikasi XBee dilakukan secara serial, dimana komunikasi serial merupakan komunikasi data dengan pengiriman data secara satu per satu dengan menggunakan satu jalur kabel data. Sehingga komunikasi serial hanya menggunakan 2 kabel data yaitu kabel data untuk pengiriman yang disebut *transmit* (Tx) dan kabel data untuk penerimaan yang disebut *receive* (Rx).

Kelebihan dari komunikasi serial adalah jarak pengiriman dan penerimaan dapat dilakukan dalam jarak yang cukup jauh dibandingkan dengan komunikasi parallel tetapi kekurangannya adalah kecepatan lebih lambat daripada komunikasi parallel, untuk saat ini sedang dikembangkan teknologi serial baru yang dinamakan USB (*Universal Serial Bus*) yang memiliki kecepatan pengiriman dan penerimaan data lebih cepat disbanding serial biasa. Untuk mengetahui konfigurasi pin RF modu Xbee dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Konfigurasi Pin RF Module Xbee [29].

| PIN # | Name | Direction | Description |
|--------------|------------------|------------------|---|
| 1 | VCC | - | Power Suplly |
| 2 | DOUT | Output | UART Data out |
| 3 | DIN/CONFIG | Input | UART Data In |
| 4 | DO8 | Output | Digital Output 8 |
| 5 | RESET | Input | Modul Reset (reset pulse must be at least 200 ns) |
| 6 | PWM0 / RSSI | Output | PWM Outputt 0 / RX Signal Strength Indicator |
| 7 | PWM1 | Output | PWM Output 1 |
| 8 | [reserved] | - | Do Not Connected |
| 9 | DTR/SLEEP_RQ/D18 | Input | Pin Sleep Control Line or Digital Input 8 |
| 10 | GND | - | Ground |

| | | | |
|----|-----------------------|--------|---|
| 11 | AD4 / DIO4 | Either | Analog Input 4 or digital I/O 4 |
| 12 | CTS / DIO7 | Either | Clear to Send Flow Control or digital I/O 7 |
| 13 | ON / SLEEP | Output | Modul Status Indicator |
| 14 | VREF | Input | Voltage Reference For A/D Inputs |
| 15 | Associate / AD5 /DIO5 | Either | Associated Indicator, Analog Input 5 or digital I/O 5 |
| 16 | RTS /AD6 /DIO6 | Either | Request to Send Flow Control, Analog Input 5 or digital I/O 5 |
| 17 | AD3 /DIO3 | Either | Analog Input 3 or digital I/O 3 |
| 18 | AD2 / DIO2 | Either | Analog Input 2 or digital I/O 2 |
| 19 | AD1 / DIO1 | Either | Analog Input 1 or digital I/O 1 |
| 20 | AD0 / DIO0 | Either | Analog Input 0 or digital I/O 0 |

2.11 Liquid Crystal Display (LCD)



Gambar 2.21 Bentuk Fisik LCD 16x2 [30].

LCD sekarang semakin banyak digunakan, dari yang berukuran kecil, seperti LCD pada sebuah MP3 *player* sampai yang berukuran besar seperti monitor PC atau televisi. Warna yang dapat ditampilkan bisa bermacam-macam, dari yang 1 warna (*monochrome*) sampai yang 65.000 warna. Pola (*pattern*) LCD juga bisa bervariasi, dari pola yang membentuk display 7 segmen (misalnya LCD yang dipakai untuk jam tangan) sampai LCD yang bisa menampilkan karakter/teks dan LCD yang bisa menampilkan gambar.

Pada LCD yang bisa menampilkan karakter (LCD karakter) dan LCD yang bisa menampilkan gambar (LCD grafik), diperlukan memori untuk membangkitkan gambar CGROM (*Character Generator ROM*) dan juga RAM untuk menyimpan data (teks atau gambar) yang sedang ditampilkan (DDRAM atau *Display Data RAM*). Diperlukan pula pengendali (*controller*) untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler.

LCD karakter adalah LCD yang bisa menampilkan karakter ASCII dengan *format dot matriks*. LCD jenis ini bisa dibuat dengan berbagai ukuran, 1 sampai 4 baris, 16 sampai 40 karakter per baris dan dengan ukuran *font* 5x7 atau 5x10. LCD ini biasanya dirakit dengan sebuah PCB yang berisi pembangkit karakter dan IC pengendali serta driver-nya. Walaupun ukuran LCD berbeda-beda, tetapi IC pengendali yang digunakan biasanya sama sehingga protokol komunikasi dengan IC juga sama.

Antarmuka yang digunakan sesuai dengan level digital TTL (*Transistor-transistor logic*) dengan lebar bus data yang bisa dipilih 4 bit atau 8 bit. Pada bus data 4 bit komunikasi akan 2 kali lebih lama karena data atau perintah akan dikirimkan 2 kali, tetapi karena mikrokontroler sangat cepat, hal ini tidak akan menjadi masalah. Penggunaan bus data 4 bit akan menghemat pemakaian *port* mikrokontroler. Semua fungsi *display* diatur oleh instruksi-instruksi, sehingga modul LCD ini dapat dengan mudah dihubungkan dengan unit mikrokontroler. LCD tersusun sebanyak dua baris dengan 16 karakter. LCD 16x2 dapat dilihat pada Gambar 2.22

2.11.1 Konfigurasi LCD

LCD memiliki 16 kaki pin yang memiliki fungsi masing-masing. Konfigurasi *Liquid Crystal Display* (LCD) dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Konfigurasi *Liquid Crystal Display* (LCD) [31].

| Pin No. | Symbol | Level | Description |
|---------|--------|------------|--------------------------------|
| 1 | VSS | 0V | Ground |
| 2 | VDD | 5V | Supply Voltage For Logic |
| 3 | VO | (Variable) | Operating Voltage For LCD |
| 4 | RS | H/L | H : Data, L : Instruction code |

| | | | |
|----|-----|--------|---------------------|
| 5 | R/W | H/L | H : Read, L : Write |
| 6 | E | H,H->L | Chip Enable Signal |
| 7 | DB0 | H/L | Data bit 0 |
| 8 | DB1 | H/L | Data bit 1 |
| 9 | DB2 | H/L | Data bit 2 |
| 10 | DB3 | H/L | Data bit 3 |
| 11 | DB4 | H/L | Data bit 4 |
| 12 | DB5 | H/L | Data bit 5 |
| 13 | DB6 | H/L | Data bit 6 |
| 14 | DB7 | H/L | Data bit 7 |
| 15 | A | H/L | LED + |
| 16 | K | 0V | LED - |

2.12 Roda Omni



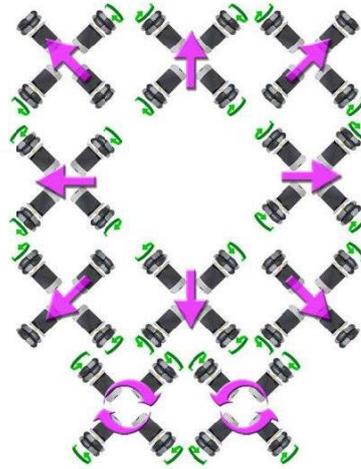
Gambar 2.22 Roda Omni [32].

Roda *omni* atau roda poli, mirip dengan roda *mecanum*, adalah roda dengan cakram kecil di sekitar lingkaran yang tegak lurus terhadap arah putar. Efeknya yaitu roda dapat digerakkan dengan kekuatan penuh, dan juga akan meluncur lateral dengan sangat mudah. Roda ini sering digunakan dalam sistem penggerak *holonomic*. Roda Omni dapat dilihat pada Gambar 2.22.

Roda ini sering digunakan dalam robot otonom kecil dalam penelitian robot cerdas dalam akademisi. Dalam proyek-proyek seperti robotika dan robocup, banyak robot menggunakan roda ini memiliki kemampuan untuk bergerak ke segala arah.

Omni wheels dikombinasikan dengan roda konvensional memberikan sifat kinerja yang menarik, seperti pada kendaraan roda enam mempekerjakan dua roda

konvensional pada poros pusat dan empat *omni wheels* pada as roda depan dan belakang. Contoh pergerakan roda omni dapat dilihat pada Gambar 2.23.



Gambar 2.23 Contoh Pergerakan Roda Omni [33].

2.13 Pengenalan *Particle Swarm Optimization*

Particle Swarm Optimization (PSO) didasarkan pada perilaku sekawanan burung atau ikan. Algoritma PSO meniru perilaku sosial organisme ini. Perilaku sosial terdiri dari tindakan individu dan pengaruh dari individu-individu lain dalam suatu kelompok. Kata partikel menunjukkan, misalnya, seekor burung dalam kawanan burung. Setiap individu atau partikel berperilaku dengan cara menggunakan kecerdasannya (*intelligence*) sendiri dan juga dipengaruhi perilaku kelompok kolektifnya. Dengan demikian, jika satu partikel atau seekor burung menemukan jalan yang tepat atau pendek menuju ke sumber makanan, sisa kelompok yang lain juga akan dapat segera mengikuti jalan tersebut meskipun lokasi mereka jauh di kelompok tersebut.

Dalam *Particle Swarm Optimization* (PSO), kawanan diasumsikan mempunyai ukuran tertentu dengan setiap partikel posisi awalnya terletak di suatu lokasi yang acak dalam ruang multidimensi. Setiap partikel diasumsikan memiliki dua karakteristik: posisi dan kecepatan. Setiap partikel bergerak dalam ruang/space tertentu dan mengingat posisi terbaik yang pernah dilalui atau ditemukan terhadap sumber makanan atau nilai fungsi objektif. Setiap partikel menyampaikan informasi atau posisi terbaiknya kepada partikel yang lain dan

menyesuaikan posisi dan kecepatan masing- masing berdasarkan informasi yang diterima mengenai posisi tersebut. Sebagai contoh, misalnya perilaku burung-burung dalam dalam kawanan burung. Meskipun setiap burung mempunyai keterbatasan dalam hal kecerdasan, biasanya ia akan mengikuti kebiasaan (rule) seperti berikut :

1. Seekor burung tidak berada terlalu dekat dengan burung yang lain
2. Burung tersebut akan mengarahkan terbangnya ke arah rata-rata keseluruhan burung.
3. Akan memposisikan diri dengan rata-rata posisi burung yang lain dengan menjaga sehingga jarak antar burung dalam kawan itu tidak terlalu jauh

Dengan demikian perilaku kawanan burung akan di dasarkan pada kombinasi dari 3 faktor simpel berikut:

1. Kohesi - Terbang bersama
2. Separsi – Jangan terlalu dekat
3. Penyesuaian (*alignment*) – mengikuti arah bersama

Particle Swarm Optimization (PSO) salah satu dari teknik komputasi *evolusioner*, yang mana populasi pada PSO didasarkan pada penelusuran algoritma dan diawali dengan suatu populasi yang random yang disebut dengan *particle*. Berbeda dengan teknik komputasi *evolusioner lainnya*, setiap *particle* di dalam PSO juga berhubungan dengan suatu *velocity*. Partikel-partikel tersebut bergerak melalui penelusuran ruang dengan *velocity* yang dinamis yang disesuaikan menurut perilaku historisnya. Oleh karena itu, partikel-partikel mempunyai kecenderungan untuk bergerak ke area penelusuran yang lebih baik setelah melewati proses penelusuran.

Particle Swarm Optimization (PSO) mempunyai kesamaan dengan *genetic algorithm* yang mana dimulai dengan suatu populasi yang *random* dalam bentuk matriks.. Baris pada matriks disebut *particle* yang terdiri dari nilai suatu *variable*. Setiap *particle* berpindah dari posisinya semula ke posisi yang lebih baik dengan suatu *velocity*.

Pada algoritma PSO vektor *velocity* di *update* untuk masing-masing partikel kemudian menjumlahkan vektor *velocity* tersebut ke posisi *particle*. *Update*

velocity dipengaruhi oleh kedua solusi yaitu *global best* yang berhubungan dengan biaya yang paling rendah yang pernah diperoleh dari suatu partikel dan solusi *local best* yang berhubungan dengan biaya yang paling rendah pada populasi awal. Jika solusi *local best* mempunyai suatu biaya yang kurang dari biaya solusi global yang ada, maka solusi *local best* menggantikan solusi *global best*. Kesederhanaan algoritma dan performansinya yang baik, menjadikan PSO telah menarik banyak perhatian di kalangan para peneliti dan telah diaplikasikan dalam berbagai persoalan optimisasi [34]. PSO telah populer menjadi optimisasi global dengan sebagian besar permasalahan dapat diselesaikan dengan baik di mana variabel-variabelnya adalah bilangan riil. Beberapa istilah umum yang biasa digunakan dalam *Particle Swarm Optimization* dapat didefinisikan sebagai berikut:

1. *Swarm* : populasi dari suatu algoritma.
2. *Particle*: anggota (individu) pada suatu *swarm*. Setiap *particle* merepresentasikan suatu solusi yang potensial pada permasalahan yang diselesaikan. Posisi dari suatu *particle* adalah ditentukan oleh representasi solusi saat itu.
3. *Pbest (Personal best)*: posisi *Pbest* suatu *particle* yang menunjukkan posisi *particle* yang dipersiapkan untuk mendapatkan suatu solusi yang terbaik.
4. *Gbest (Global best)* : posisi terbaik *particle* pada *swarm* atau posisi terbaik diantara *Pbest* yang ada.
5. *Velocity (v)*: vektor yang menggerakkan proses optimisasi yang menentukan arah di mana suatu *particle* diperlukan untuk berpindah (*move*) untuk memperbaiki posisinya semula atau kecepatan yang menggerakkan proses optimasi yang menentukan arah dimana *particle* diperlukan untuk berpindah dan memperbaiki posisinya semula.
6. *Inertia weight (θ)*: inertia weight di simbolkan w , parameter ini digunakan untuk mengontrol dampak dari adanya *velocity* yang diberikan oleh suatu *particle*.
7. *Learning Rates (c1 dan c2)* : suatu konstanta untuk menilai kemampuan *particle* ($c1$) dan kemampuan sosial *swarm* ($c2$) yang menunjukkan bobot dari *particle* terhadap memorinya.