

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari jurnal-jurnal yang sudah ada yang akan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan troli belanja otomatis bergerak mengikuti warna dengan kamera.

Pada jurnal yang berjudul “Perancangan *Prototype* Troli Pengangkut Barang Mengikuti Pergerakan Manusia” dijelaskan bahwa troli mampu mendeteksi keberadaan pengguna dan mengikuti arah gerakan pengguna. Pada penelitian ini digunakan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi posisi pengguna dengan mikrokontroler Arduino Uno. Prototype ini ditenagai dengan 4 motor DC dan sumber daya 9V. Muatan maksimal yang dapat diangkut troli hanya 1 kg. Selain itu, kemampuan troli mendeteksi arah gerakan terbatas pada jarak 200 cm^[2].

Pada jurnal yang berjudul “Perancangan Robot Troli Pengikut Manusia Otomatis dengan Metode Kendali PID (*Proportional Integral Derivative*)” dijelaskan bahwa troli dapat berjalan secara optimal sesuai dengan diagram blok yang telah disusun oleh penulis. Daya muat robot troli sebesar 4 kg di mana 2 kg merupakan berat dari robot troli itu sendiri dan 2 kg merupakan berat dari muatan. Pada penelitian ini digunakan 3 buah sensor ultrasonik dimana pemakaian sensor ultrasonik yang terlalu banyak dapat memperlambat kinerja sistem karena proses delay yang dibutuhkan sensor setelah bekerja dan juga proses kerja sensor yang secara bergantian. Penggunaan dua buah motor mengakibatkan kecepatan dari robot troli tidak seimbang, sehingga diperlukan proses kalibrasi nilai PWM agar kecepatan dari kedua motor dapat seimbang^[3].

Pada jurnal yang berjudul “Robot Pengikut Target Berdasarkan Bentuk dan Warna Menggunakan Metode HSV untuk Aplikasi *Assistant Robot*” dijelaskan bahwa robot dapat mengikuti target secara otomatis. Sistem dapat membedakan warna target dengan warna yang bukan target dengan metode HSV. Pengujian pendeteksian target berdasarkan warna dan bentuk dimana target mempunyai warna merah dan berbentuk lingkaran dengan nilai luminasi terbaik sebesar 120 lux mempunyai tingkat keberhasilan sebesar 86.6%. pengujian keseluruhan sistem robot didapatkan hasil bahwa pada saat target terhadap robot sebesar 200 cm,

robot mampu bergerak mencapai jarak kurang dari 80 cm dalam waktu 2.96 detik. Sedangkan pada jarak target 300 cm robot dapat mencapai target dengan jarak kurang dari 80 cm dalam waktu 5.10 detik^[4].

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Troli Belanja

Troli belanja adalah salah satu alat yang sangat dibutuhkan saat berbelanja di *minimarket* atau *supermarket*. Troli digunakan untuk menampung barang belanjaan yang akan kita beli. Dengan adanya troli kita tidak perlu lagi kerepotan membawa barang belanjaan yang banyak dan berat.

Sebagian besar troli *modern* terbuat dari logam atau menggunakan kombinasi material logam dan plastik. Troli yang ada di beberapa *supermarket* dirancang sedemikian rupa agar dapat bersusun satu sama lain dalam satu barisan saat tidak terpakai, bertujuan untuk menghemat ruang penyimpanan serta memudahkan petugas troli untuk mengumpulkan dan memindahkan troli dalam jumlah banyak^[5].

Troli yang saat ini berada di pasaran memiliki beragam bentuk dan ukuran. Bentuk dan ukuran troli di *supermarket* disesuaikan dengan kebutuhan di *supermarket* itu sendiri. Gambar 2.1 merupakan troli belanja yang biasa digunakan di *supermarket*.



Gambar 2. 1 Troli Belanja

2.2.2 Pengolahan Citra

Arti pengolahan menurut kamus besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah suatu cara atau proses mengusahakan sesuatu supaya menjadi lain atau menjadi lebih sempurna. Sedangkan citra menurut KBBI berarti rupa atau gambar, dalam hal ini adalah gambar yang diperoleh menggunakan sistem visual. Secara keseluruhan pengolahan citra berarti

suatu cara mengolah suatu citra menjadi citra lain yang lebih sempurna atau yang diinginkan. Dengan kata lain, pengolahan citra adalah suatu proses dengan masukan citra dan menghasilkan keluaran berupa citra seperti yang dikehendaki^[6].

Citra menurut kamus Webster berarti representasi, kemiripan atau imitasi dari suatu objek. Sebagai contoh foto sebuah apel mewakili identitas buah apel tersebut di depan sebuah kamera. Citra dapat berupa hasil fotografi, lukisan, atau gambaran serta corat-coret yang terjadi di kertas, kanvas, dan di layar monitor. Dapat dikatakan juga citra merupakan sebaran variasi gelap-terang, redup-cerah, dan/atau warnawarni di suatu bidang datar. Formalitas pengungkapan dengan angkaangka yang merepresentasikan variasi intensitas kecerahan atau/dan warna pada arah mendatar dan tegak^[6].

2.2.3 Ruang Warna HSV

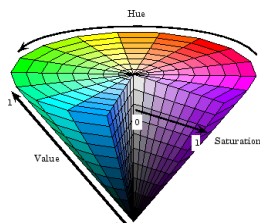
Manusia sebenarnya meliha warna karena cahaya yang dipantulkan oleh objek. Dalam hal ini, spektrum cahaya kromatis berkisar antara 400-700 nm. Istilah kromatis berarti kualitas cahaya yang ditentukan oleh panjang gelombang.

Karakteristik persepsi mata manusia dalam membedakan antraa satu warna dengan warna yang lain berupa *hue*, *saturation*, dan *brightness*.

- ❖ *Hue* merujuk ke warna yang dikenal manusia, seperti merah dan hijau. Properti ini mencerminkan warna yang ditangkap oleh mata manusia yang menanggapi berbagai nilai panjang gelombang cahaya. Sebagai contoh, bila mata menangkap panjang gelombang antara 430 sampai 480 nanometer, sensasi yang diterima adalah warna biru, sedangkan jika panjang gelombang berkisar antara 570 sampai degan 600 nm, warna yang terlihat adalah kuning sedang campurang merah dan hijau terlihat kuning.
- ❖ *Saturation* menyatakan tingkat kemurnian warna atau seberapa banyak cahaya putih yang tercampur dengan *hue*. Setiap warna murni bersaturasi 100% dan tidak mengandung cahaya putih sama sekali. Dengan kata lain, suatu warna murni yang bercampur dena cahaya putih memiliki saturasi antara 0 dan 100%.
- ❖ *Brightness* atau kadang disebut *ligtness* (kecerahan) menyatakan intensitas pantulan objek yang diterima mata. Intensitas dapat dinyatakan sebagai perubahan warna putih

menuju abu-abu dan terakhir ke warna hitam, atau dikenal dengan istilah aras keabu-abuan^[7].

Ruang warna HSV dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Ruang Warna HSV

2.2.4 Color Filtering

Color Filtering adalah suatu teknik pengolahan citra yang dipakai untuk memanipulasi suatu citra berdasarkan warna spesifik. Cara kerjanya adalah dengan membandingkan komponen warna setiap *pixel* citra dengan warna spesifik. Apabila warnanya sesuai dengan warna spesifik komponen warna *pixel* tersebut dibiarkan saja. Namun, bila warnanya tidak sesuai dengan warna spesifik maka komponen warna *pixel* tersebut diubah menjadi warna *background*, biasanya menjadi warna hitam^[8].

Warna yang digunakan dalam *Color Filtering* dapat direpresentasikan dalam berbagai ruang warna. Ada beberapa ruang warna yang dikenal, antara lain RGB (*Red, Green, Blue*), HSV (*Hue, Saturation, Value*), YCbCr, dsb. HSV merupakan ruang warna yang sangat cocok untuk mengidentifikasi warna-warna dasar, dimana warna dasar ini digunakan dalam penelitian sebagai warna identifikasi robot. Selain itu, HSV menoleransi terhadap perubahan intensitas cahaya. Inilah yang menjadi keunggulan HSV dibandingkan dengan ruang warna lainnya^[8].

2.2.5 OpenCV

OpenCV (*Open Computer Vision*) adalah sebuah API (*Application Programming Interface*) Library yang sudah sangat familiar pada Pengolahan Citra *Computer Vision*. *Computer Vision* itu sendiri adalah salah satu cabang dari Bidang Ilmu Pengolahan Citra (*Image Processing*) yang memungkinkan komputer dapat melihat seperti manusia. Dengan *vision* tersebut komputer dapat mengambil keputusan,

melakukan aksi, dan mengenali terhadap suatu objek. Beberapa pengimplementasian dari *Computer Vision* adalah *Face Recognition*, *Face Detection*, *Face* atau *Object Tracking*, *Road Tracking*, dll. OpenCV adalah *library Open Source* untuk *Computer Vision* untuk C atau C++, OpenCV didesain untuk aplikasi *real-time*, memiliki fungsi - fungsi akuisisi yang baik untuk *image* atau video^[9]. *Library* OpenCV yang digunakan pada alat ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Aplikasi OpenCV

2.2.6 Bahasa Pemrograman Python

Python ialah sebuah bahasa pemrograman komputer yang interaktif dan juga mempunyai banyak kegunaan. Filosofi perancangan pada Bahasa Pemrograman Python ini sangat memfokuskan di dalam tingkat untuk membaca sebuah atau beberapa kode maupun *script*. Dibandingkan bahasa pemrograman lainnya Python sudah dipastikan mempunyai kemampuan yang bagus, bahasa yang saling menggabungkan kapabilitas yang jelas dan juga sintaksis kode dan *script* nya yang mudah dipahami. Bahasa pemrograman python pun mempunyai sebuah pelengkap bahasa pemrogramannya yaitu pustaka standar yang fungsional dan juga sangat besar, selain itu pustakanya ini pun sangat bagus dan kompresif^[9]. Bahasa pemrograman Python yang digunakan pada alat ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Aplikasi Python

2.2.7 Raspberry Pi 4B

Raspberry Pi merupakan suatu mini PC *single board* dengan ukuran lebih seperti kartu kredit. Raspberry Pi dikembangkan oleh Raspberry Foundation dari UK yang dipimpin oleh Eben Upton. Raspberry Pi pertama kali dibuat dan ditujukan untuk dunia pendidikan, khususnya untuk membantu siswa di sekolah belajar pemrograman komputer^[10]. Raspberry mengalami perkembangan model dengan spesifikasi yang lebih baik di setiap perkembangannya. Model pertama yang dikeluarkan oleh Raspberry Pi adalah Model A dan tipe terbaru yang dikeluarkan adalah Raspberry Pi 4B.

Raspberry Pi 4 Model B (Pi 4B) adalah yang pertama dari generasi baru komputer Raspberry Pi yang mendukung lebih banyak RAM dan dengan kinerja CPU, GPU, dan I/O yang ditingkatkan secara signifikan; semua dalam faktor bentuk, *power envelop*, dan biaya yang serupa dengan Raspberry Pi 3B+ generasi sebelumnya. Pi4B tersedia dengan 1, 2 dan 4 Gigabytes LPDDR4 SDRAM^[11].

Pada penelitian ini Raspberry Pi digunakan sebagai otak troli yang berfungsi untuk memproses input, baik dari sensor, kamera dan kontroler lainnya untuk menggerakkan sebuah troli. Raspberry Pi 4B yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Raspberry Pi 4B

Spesifikasi Raspberry Pi 4 Model B :

- Quad core 64-bit ARM-Cortex A72 running at 1.5GHz
- 1, 2 and 4 Gigabyte LPDDR4 RAM options
- H.265 (HEVC) hardware decode (up to 4Kp60)
- H.264 hardware decode (up to 1080p60)
- VideoCore VI 3D Graphics
- Supports dual HDMI display output up to 4Kp60

2.2.8 Arduino Mega 2560

Arduino adalah papan elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama berupa sebuah chip mikrokontroler. Di luar itu, kelebihan utama arduino adalah jumlah pemakai yang sangat banyak sehingga tersedia pustaka kode program (*code library*) maupun modul pendukung (*hardware support modules*) dalam jumlah yang sangat banyak. Hal ini memudahkan para pemula untuk mengenal dunia mikrokontroler^[12]. Spesifikasi Arduino Mega dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Gambar 2.6 merupakan gambar Arduino Mega yang digunakan.



Gambar 2. 6 Arduino Mega

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Pengoperasian	5V
Tegangan Input (rekomendasi)	7-12V
Tegangan Input (batas)	6-20V
Jumlah pin I/O digital	54 (14 diantaranya memberikan output PWM)
Jumlah pin input analog	16
Arus DC tiap pin I/O	40mA
Arus DC untuk pn 3.3V	50mA
Memori	256 Kb dimana 8 Kb digunakan oleh <i>bootloader</i>
SRAM	8 Kb
EEPROM	4 Kb
<i>Clock Speed</i>	16MHz

2.2.9 WebCam

Webcam merupakan perangkat yang berfungsi untuk mengambil suatu objek menjadi gambar hasil dari sistem lensa. Pada kamera kita bisa dapat mengetahui ribuan titik pada elemen tersebut. Semakin tinggi jumlah *Megapixel* akan semakin tinggi juga resolusi gambarnya. Dalam *fixel* yang menyusun sebuah foto akan dapat menentukan warna, kekuatan warna foto, serta terang warna yang dapat ditampilkan pada *webcam* tersebut. *Webcam* yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Webcam

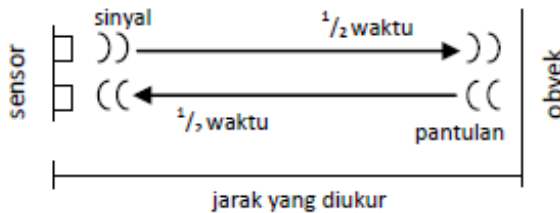
2.2.10 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 adalah sensor ultrasonik yang diproduksi oleh Devantech. Sensor ultrasonik HC-SR04 merupakan sensor jarak yang presisi. Sensor ultrasonik HC-SR04 dapat melakukan pengukuran jarak 3 cm sampai 3 m dan sangat mudah untuk dihubungkan ke mikrokontroler menggunakan pin I/O. Sensor ultrasonik pada umumnya bekerja dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik (*output*) sesaat dan menerima hasil pantulan gelombang ultrasonik (*input*). Jarak target di depan sensor dapat diketahui dengan membandingkan waktu pemancaran gelombang (*output*) dan waktu penerimaan gelombang (*input*)^[2]. Sensor ultasonik yang digunakan pada alat dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik pada umumnya bekerja dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik (output) sesaat dan menerima hasil pantulan gelombang ultrasonik (input). Jarak target di depan sensor dapat diketahui dengan membandingkan waktu pemancaran gelombang (output) dan waktu penerimaan gelombang (input). Prinsip pengukuran jarak sensor ultrasonik ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Jarak Ukur Sensor Ultrasonik

Lamanya waktu sebanding dengan dua kali jarak sensor dengan objek, sehingga didapat jarak sensor dengan objek yang bisa ditentukan dengan Persamaan 1.

$$\text{Jarak} = \text{Kecepatan suara} \times \text{waktu pantul} / 2 \dots \dots \dots (1)$$

Sensor ultrasonik SRF04 memiliki prinsip yang sama untuk mengukur jarak seperti sensor ultrasonik pada umumnya. Prinsip pengukuran pada modul sensor ultrasonik SRF04 ditunjukkan pada Persamaan 2.

$$S = (t_{in} \times v) \div 2 \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

S = Jarak antara sensor ultrasonik dengan objek yang dideteksi

v = Cepat rambat gelombang ultrasonik di udara (340 m/s)

t_{in} = Selisih waktu pemancaran dan penerimaan pantulan gelombang

Spesifikasi sensor ultrasonik dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Sensor Ultrasonik HC-SR04

Tegangan	5V DC
Arus	15 mA
Frekuensi	40 Hz
Sinyal Output	0-5V
Sudut Sensor	15d
Sinyal Trigger Input	10uS TTL impulse
Sinyal Echo	Sinyal Output TTI PWL
Ukuran	44 x 20 x 15 mm

2.2.11 Motor Servo SG995

Motor servo merupakan motor yang dirancang untuk pengendalian loop tertutup dimana motor akan bergerak mengikuti perintah sudut atau kecepatan PWM (*Pulse Width Modulation*) yang diberikan. Motor servo terdiri dari motor DC, rangkaian *driver* serta *gear*. Motor servo TowerPro SG995 merupakan motor servo dengan *gear full metal*, memiliki torsi 4,8 hingga 9,8 kg/cm. Motor servo ini memerlukan catu tegangan sebesar 4,6 hingga 5,8V^[13]. Motor servo yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.10 serta spesifikasi teknis dari servo ditampilkan pada Tabel 2.3.



Gambar 2. 10 Motor Servo SG955

Tabel 2. 3 Spesifikasi Motor Servo SG955

No.	Parameter	Nilai
1.	<i>Speed</i>	4.8 V : 0.20 sec/60° 6.0V : 0.16 sec/60°
2.	<i>Torque</i>	4.8V : 9,4 kg/cm 6.0V : 11.00 kg/cm
3.	<i>Operating Voltage</i>	5V – 7.2V
4.	<i>Running Current</i>	500mA – 900mA
5.	<i>Degree</i>	Max 180 degree servo rotation
6.	<i>Dimention</i>	40.7 x 19.7 x 42.9 mm

2.2.12 Motor DC Power Window

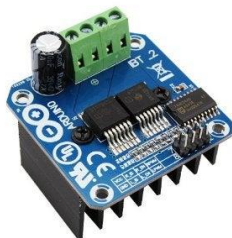
Motor 12 Volt (*Direct Current*) DC *Power Window Gear* merupakan salah satu jenis motor listrik arus searah, motor DC adalah piranti elektronik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gerak rotasi. Pada motor DC terdapat jangkar dengan satu atau lebih kumparan terpisah. Tiap kumparan berujung pada cincin belah (komutator). Dengan adanya insulator antara komutator, cincin belah dapat berperan sebagai saklar kutub ganda (*double pole, double throw switch*). Motor DC bekerja berdasarkan prinsip gaya Lorentz, yang menyatakan ketika sebuah konduktor beraliran arus diletakkan dalam medan magnet, maka sebuah gaya (yang dikenal dengan gaya Lorentz) akan tercipta secara ortogonal diantara arah medan magnet dan arah aliran arus. Berikut Motor DC *Power Window* yang digunakan^[14]. Motor DC yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Motor DC *Power Window*

2.2.13 Driver Motor BTS7960

Driver Motor BTS7960 adalah modul *H Bridge* arus tinggi yang terintegrasi penuh untuk aplikasi penggerak motor. Antarmuka ke mikrokontroler dibuat mudah oleh IC driver terintegrasi yang menampilkan input level logika, diagnosis dengan sensor arus, penyesuaian laju perubahan tegangan, pembangkitan waktu mati, dan perlindungan terhadap suhu berlebih, tegangan lebih, tegangan kurang, arus lebih, dan korsleting. BTS7960 memberikan solusi yang dioptimalkan biaya untuk *driver motor* PWM arus tinggi yang dilindungi dengan konsumsi ruang papan yang sangat rendah^[15]. Berikut spesifikasi dan gambar *driver motor* yang digunakan pada alat pada Tabel 2.4 dan Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 *Driver Motor* BTS7960

Tabel 2. 4 Spesifikasi *Driver Motor* BTS7960

Driver	Dual BTS 7960 H Bridge Configuration
Tegangan Input	6 – 27V
Arus	43 A
PWM	25 kHz
Working Duty Cycle	0 ~ 100 %
Tegangan Lebih	Lock Out
Di Bawah Tegangan	Shut Down
Ukuran	50 x 50 x 43 mm

2.2.14 Modul *Stepdown* XL14015

Modul *stepdown* adalah modul yang outputnya dapat diatur melalui multiturn potentiometer. Output diatur sesuai dengan kebutuhan penggunaan. Ada banyak tipe modul *stepdown* menurut fungsinya. Pada alat ini digunakan modul *stepdown* XL14015. Modul *stepdown* XL4015 adalah modul konverter DC/DC dengan frekuensi tetap 180 KHz, mampu menggerakkan beban 5A dengan efisiensi tinggi, *low ripple*, dan regulasi saluran dan beban yang sangat baik. Modul ini dilengkapi dengan kontrol penyesuaian Tegangan konstan (CV) dan arus konstan (CA)^[16]. Modul *stepdown* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 13 Modul *Stepdown* XL4015

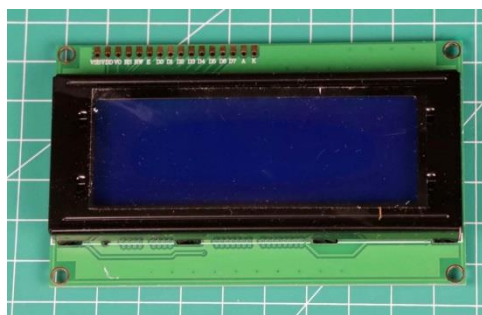
Pada modul step down XL 4015 kontrol PWM mampu mengatur rasio secara linear dari 0 ~ 100%. Fungsi perlindungan arus berlebih berada di dalam. Ketika fungsi perlindungan sortir terjadi, frekuensi operasi akan berkurang dari 180 Khz menjadi 48 Khz^[16]. Spesifikasi modul stepdown dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Spesifikasi Modul *Stepdown* XL4015

Tegangan <i>Input</i>	6 ~ 38 V DC (Tegangan input tidak melebihi 38V)
Tegangan <i>Output</i>	1.25 ~ 36 V DC
Arus <i>Output</i>	0 – 5 A
Daya Keluaran	75 W (Efisiensi tinggi hingga 96%)
Fungsi Mati Termal	Ya
Ukuran	61.7 x 26.2 x 15 mm
Berat	20 gram

2.2.15 LCD (*Liquid Crystal Display*) I2C 20x4

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah perangkat yang berfungsi sebagai media penampil dengan memanfaatkan kristal cair sebagai objek penampil utama. LCD tentunya sudah sangat banyak digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti media elektronik televisi, kalkulator, atau layar komputer sekalipun. LCD bisa memunculkan gambar atau tulisan dikarenakan terdapat banyak sekali titik cahaya (piksel) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai sebuah titik cahaya. Walau disebut sebagai titik cahaya, namun kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri. Sumber cahaya di dalam sebuah perangkat LCD adalah lampu neon berwarna putih di bagian belakang susunan kristal cair tadi. Titik cahaya yang jumlahnya puluhan ribu bahkan jutaan inilah yang membentuk tampilan citra. Kutub kristal cair yang dilewati arus listrik akan berubah karena pengaruh polarisasi medan magnetik yang timbul dan oleh karenanya akan hanya membiarkan beberapa warna diteruskan sedangkan warna lainnya tersaring. LCD yang digunakan adalah LCD berukuran 20x4 karakter dengan tambahan *chip module* I2C untuk mempermudah programmer nantinya dalam mengakses LCD tersebut^[17]. LCD I2C yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.14 dan spesifikasi LCD I2C dapat dilihat pada Tabel 2.6.



Gambar 2. 14 LCD I2C 20x4

Tabel 2. 6 Spesifikasi LCD I2C 20x4

No.	Nama	Spesifikasi
1.	Blue backlight	I2C
2.	<i>Display Format</i>	20 Characters x 4 lines
3.	<i>Supply voltage</i>	5V
4.	<i>Back lit</i>	Blue with White char color

No.	Nama	Spesifikasi
5.	<i>Supply voltage</i>	5V
6.	Pcb Size	60mm99mm
7.	Contrast Adjust	Potentiometer
8.	Backlight Adjust	Jumper

2.2.16 Baterai Aki

Aki atau *Storage Battery* adalah sebuah sel atau elemen sekunder dan merupakan sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Aki termasuk elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Kutub positif aki menggunakan lempeng oksida dan kutub negatifnya menggunakan lempeng timbal, sedangkan larutan elektrolitnya adalah larutan asam sulfat^[18].

Ada berbagai jenis aki diantaranya aki basah, aki *hybrid* aki kalsium dan aki kering. Pada penelitian ini digunakan aki kering sebagai sumber arus listrik. Aki kering juga menggunakan kalsium pada anoda dan katoda. Di dalam aki kering terdapat sebuah jaring (*net*) yang berfungsi untuk menyerap gas alam saat terjadi penguapan sehingga tidak terjadi pengurangan jumlah elektrolit. Cairan didalam aki kering berupa gel dengan kemasan yang tertutup rapat. Keuntungan dari aki kering yaitu bebas perawatan dan kinerja aki lebih baik dibanding jenis aki lain. Namun aki kering tidak tahan pada suhu panas dan harganya relatif mahal^[18]. Baterai aki yang digunakan memiliki kapasitas 5Ah dengan tegangan 12 VDC. Gambar 2.15 merupakan baterai aki yang digunakan pada alat.



Gambar 2. 15 Baterai Aki

~Halaman ini sengaja dikosongkan~