

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Baterai**

Baterai adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian energi listrik diubah menjadi kimia dan saat pengeluaran/discharge energi kimia diubah menjadi energi listrik (Amin, Mohammad, 2017). Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia.

Baterai atau akkumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia reversibel adalah didalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewatkan arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel. Baterai terdiri dari dua jenis yaitu, baterai primer dan baterai sekunder (Riskha, 2016).

Baterai adalah perangkat yang menghasilkan tegangan DC dengan mengubah energi kimia yang terkandung di dalamnya menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia, yaitu Redoks (Reduksi-Oksidasi). Baterai terdiri dari beberapa sel listrik yang berfungsi sebagai penyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia. Sel batere terdiri dari elektroda negatif (katoda) yang berfungsi sebagai pemberi elektron dan elektroda positif (anoda) yang berfungsi sebagai penerima

elektron. Arus mengalir antara anoda dan katoda dari kutub positif (anoda) ke kutub negatif (katoda), sedangkan elektron mengalir dari katoda ke anoda (Riskha, 2016).

## **2.2 Baterai Lithium Ion**

Lithium-Ion Battery atau baterai lithium ion merupakan salah satu jenis baterai sumber arus sekunder yang dapat diisi ulang. Pada saat ini, Lithium-Ion Battery menjadi baterai yang sangat dibutuhkan antara lain untuk kebutuhan energi listrik pada telepon seluler (ponsel), mp3 player dan lain-lain. Selain itu, saat ini Lithium-Ion Battery sangat dibutuhkan khususnya untuk kendaraan yang sumber energinya dari energi listrik/electric vehicle. Permintaan baterai Lithium-Ion Battery dari tahun ke tahun selalu meningkat dan juga permintaan akan kemampuan menyimpan energi yang lebih lama dan juga siklus hidup yang meningkat, itu semua berkaitan dengan perkembangan dunia industri elektronika dan telekomunikasi yang berkembang sedemikian cepat. misalnya telepon selular, komputer tablet ataupun mobil listrik. Lithium-Ion Battery adalah baterai dapat menyimpan energi listrik dalam jangka waktu yang panjang, dan salah satu faktor yang mempengaruhi sifatnya adalah kualitas bahan elektroda (anoda/koda), di samping faktor lainnya. Dan salah satu usaha untuk memperbaiki performa dari baterai, maka salah satu jalannya adalah memperbaiki kualitas dari elektroda yang digunakan (Perdana, 2021)

Daya yang dibutuhkan untuk mobil listrik mikro ini sekitar 5 - 7 Volt sedangkan baterai lithium ion memiliki daya baterai sebesar 3,5V maka dari itu untuk menggerakkan motor dari mobil listrik mikro ini dibutuhkan dua cells baterai, maka

dari itu pada penelitian ini hanya akan menggunakan 1 cells baterai lithium ion saja dan daya yang kurang tersebut akan ditambah oleh baterai al udara.

### 2.3 Baterai Logam Udara

Secara umum, baterai logam udara mempunyai tiga komponen utama pertama yaitu anoda yang berupa bahan logam. Kedua adalah elektrolit, dimana elektrolit yang paling umum adalah KOH. Sementara yang ketiga adalah katoda yang berupa karbon berpori. Walaupun begitu, pada beberapa jenis baterai logam udara ada yang menambahkan suatu komponen tambahan yaitu bahan pemisah di dalam sistem baterai logam udara tersebut (Lee dkk,2011).

Tabel 2. 1 Parameter berbagai baterai logam udara (Liu, Sun, Li, Keegan R. Adair, *et al.*, 2017)

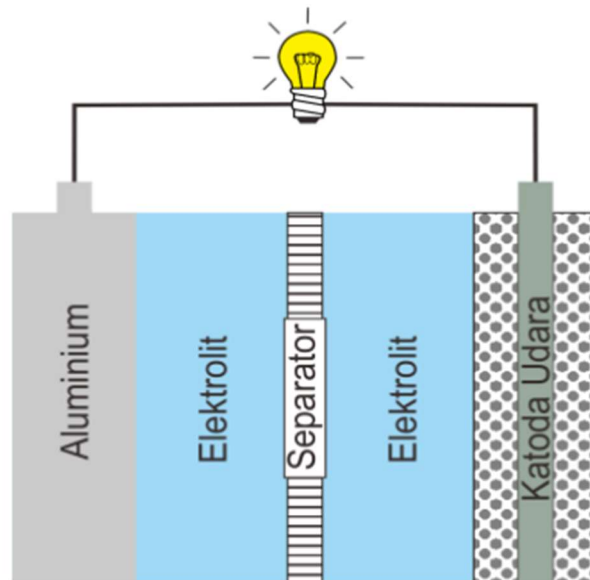
Baterai	Tegangan Teoritis (V)	Kapasitas Teoritis (Ah kg <sup>-1</sup> )	Densitas Energi Teoritis (kWh kg <sup>-1</sup> )	Tegangan Operasi (V)
Li-udara	3,4	1170	13,0	2,4
Zn-udara	1,6	658	1,3	1,0-1,2
Mg-udara	3,1	920	6,8	1,2-1,4
Na-udara	2,3	687	1,6	2,3
Al-udara	2,7	1030	8,1	1,2-1,6

Kapasitas spesifik dan kepadatan energi baterai logam udara secara teoritis ditunjukkan pada tabel 2.1 . Baterai logam udara terdiri dari logam anoda, katoda udara, dan elektrolit. Konfigurasi dari baterai logam udara ini terbuka, reagen

oksigen dapat langsung diterima dari udara sekitarnya, sehingga akan berkontribusi pada kepadatan energi teoritis (Liu, Sun, Li, Keegan R Adair, *et al.*, 2017).

## 2.4 Baterai Aluminium Udara

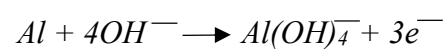
Baterai aluminium-udara terdiri dari logam aluminium sebagai anoda, katoda udara, separator dan larutan elektrolit. Baterai aluminium-udara menghasilkan energi listrik diperoleh dari reaksi elektrokimia yaitu reaksi reduksi dan oksidasi (Maulana, Aripin and Chobir, 2019).



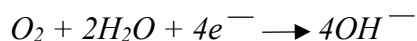
Gambar 2. 1 Struktur Baterai Al Udara

Gambar 2.1 menunjukkan struktur baterai al udara dan reaksi elektrokimia pada baterai aluminium-udara dapat didefinisikan dengan berikut :

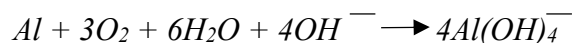
Anoda :



Katoda Udara :



Reaksi Keseluruhan :



Oksigen dari udara dan air yang diperoleh dari elektrolit tereduksi menghasilkan produk ion  $OH^-$  di katoda udara. Ion  $OH^-$  berpindah menuju alumunium dan bereaksi menghasilkan produk reaksi  $Al(OH)_4^-$ . Saat elektron dialirkan pada penghantar terhubung beban merupakan fase pengosongan. Setelah pengosongan terjadi reaksi :



Produk  $Al(OH)_3$  (alumunium hidrodiksa) merupakan endapan oksida atau korosi yang terakumulasi pada permukaan alumunium (Maulana, Aripin and Chobir, 2019). Berikut adalah komponen pada baterai al udara :

#### 2.4.1 Anoda

Anoda merupakan salah satu komponen yang penting di dalam baterai logam udara. Baterai logam udara pengklasifikasiannya didasarkan pada jenis logam yang digunakan (Lee dkk, 2011). Nilai tegangan yang akan dihasilkan oleh masing masing logam udara ini akan menghasilkan hasil yang berbeda tergantung jenis logam yang dipakai sebagai anoda. Perbedaan ini di dasarkan kepada nilai energi potensial standar masing-masing logam. logam yang digunakan pada baterai al udara merupakan logam alumunium.

### 2.4.2 Elektrolit

Elektrolit merupakan komponen yang berfungsi sebagai jembatan garam dalam sistem sel galvanis atau baterai. Tujuan adanya sebuah elektrolit yaitu sebagai mediator untuk terjadinya perpindahan ion di dalam baterai, sehingga reaksi elektrokimia bisa berlangsung.

Pada dasarnya elektrolit adalah komponen utama yang menentukan rapat daya baterai, stabilitas baterai terhadap waktu, dan keamanan baterai. Karena elektrolit merupakan komponen yang kontak langsung dengan anoda dan katoda, sifat kimiawi dan fisika yang baik dengan kedua elektroda sehingga elektrolit harus memiliki kedua sifat tersebut untuk mendapatkan *Electrified Interface* (EI) yang stabil sehingga energi dan rapat daya akan stabil terhadap waktu (Niu *et al.*, 2015).

### 2.4.3 Separator

Membran separator merupakan salah satu komponen penting yang berfungsi sebagai pemisah antara dua elektroda untuk transfer ion didalam elektrolit, serta memastikan keselamatan dan performa kapasitas pada baterai (Fauza, Mardiyati and Steven, 2019).

Separator harus memiliki sifat isolator elektronik yang baik namun memiliki kemampuan menghantarkan ion dengan baik. Bahan separator harus lembut dan fleksibel sebagai penyangga dan pemisah antara anoda dan katoda serta memiliki stabilitas bahan yang tinggi karena langsung bersentuhan dengan elektrolit dalam waktu yang lama (Santhanagopalan and Zhang, 2012).

#### 2.4.4 Katalis

Katalis di elektroda udara merupakan hal penting dalam menentukan kinerja elektroda dan memaksimalkan kepadatan energi. Bahan katalis telah digunakan sebagai katalis katoda, yaitu logam mulia dan paduannya, oksida / kalkogenida logam transisi, senyawa logam makrosiklik dan bahan karbon (Liu, Sun, Li, Keegan R. Adair, *et al.*, 2017).

#### 2.4.5 Katoda

Katoda merupakan kutub elektrode dalam sel elektrokimia yang terpolarisasi jika kutub ini bermuatan positif (sehingga arus listrik akan mengalir keluar darinya, atau gerakan elektron akan masuk ke kutub ini).

Pada baterai biasa (Baterai Karbon-Seng), yang menjadi kutub katode biasanya adalah logam seng, yang juga sering menjadi pembungkus dari kotak baterai tersebut. Pengumpul arus untuk katoda udara seperti nickel foam, copper foam, Stainless Steel (SS) mesh, Ti mesh, dan Ni mesh, memiliki konduktivitas listrik tinggi dan ketahanan oksidasi elektrokimia. Kontruksi logam mesh ini juga berfungsi sebagai jalan bagi difusi oksigen yang cepat dan efisien selama reaksi (Tomboc *et al.*, 2020).

### 2.5 Parameter Baterai

Parameter baterai merupakan satuan ukuran atau suatu karakteristik untuk mendefinisikan spesifikasi dari baterai. Berikut adalah parameter-parameter dari baterai (Warner, 2015; Rubenbauer and Henninger, 2017; Iskandar, 2018; Piernas Muñoz and Castillo Martínez, 2018):

1) Tegangan Terminal

Tegangan terminal baterai saat ada beban listrik terhubung pada baterai.

2) Tegangan Cut Off

Tegangan cut off adalah batas tegangan minimum baterai sehingga dapat didefinisikan bahwa baterai tersebut kosong

3) Tegangan Open Circuit

Tegangan open circuit yaitu tegangan saat baterai tidak terhubung dengan beban.

4) Tegangan Charge

Tegangan untuk melakukan proses charging

5) Tegangan float

Tegangan float yaitu tegangan yang dipertahankan setelah diisi penuh atau 100% SOC untuk mempertahankan kapasitas baterai dengan memperhatikan *self discharge* pelepasan muatan baterai sendiri.

6) Cycle/ Siklus

Siklus baterai merujuk pada proses pengisian dan pengosongan baterai. Dihitung satu siklus apabila terjadi satu kali pengosongan dan satu kali pengisian. Siklus baterai terbatas pada spesifikasi atau material yang digunakan pada elektroda baterai.

7) Cycle Life/ Siklus Hidup



Siklus hidup adalah jumlah dari kemampuan siklus pengisian dan pengosongan baterai. Suhu dan kelembaban mempengaruhi jumlah maksimal siklus hidup baterai. Selain suhu dan kelembaban, tingginya presentasi depth of discharge mempengaruhi siklus hidup baterai. Semakin tinggi depth of discharge maka siklus hidup baterai semakin rendah.

#### 8) Kapasitas

Satuan kapasitas baterai adalah ampere jam (Ah). Kapasitas baterai adalah jumlah energi listrik yang dapat dialirkan oleh baterai atau banyaknya muatan yang tersimpan dalam baterai. Contohnya, baterai dengan spesifikasi 1 Ah dapat mengalirkan arus sebesar 1 ampere dalam waktu 1 jam, atau baterai dapat mengalirkan arus sebesar 0,5 ampere dalam kurun waktu 2 jam sampai baterai menjadi kosong. Besarnya energi yang tersimpan dalam baterai dapat dicari dengan rumus berikut:

$$E_{bat,m} = C_{bat} \times V \quad (2.1)$$

Keterangan:

$E_{batt,m}$  : Energi maksimum yang dapat disimpan dalam baterai (Wh)

$C_{bat}$  : Kapasitas baterai (Ah)

V : Tegangan nominal baterai (Volt)

#### 9) SOC (State Of Charge) dan DOD (Depth Of Discharge)

State Of Charge adalah presentasi kapasitas energi baterai yang tersedia didalam baterai. Sedangkan Depth Of Discharge adalah presentasi kapasitas energi

baterai yang telah digunakan dari kondisi penuh. Pengaturan DOD mempengaruhi usia pakai (*life time*) dari baterai. Semakin dalam pengaturan DOD yang diterapkan pada baterai, maka usia pakai baterai akan semakin pendek. Jika baterai dengan kapasitas 10 Ah telah dipakai 6 Ah, maka DoD baterai telah mencapai 60% dan SoC sebesar 40% sedangkan jika DoD baterai mencapai 80% maka bisa dikatakan pengosongan mendalam (*deep discharge*).

Besaran SOC dan DOD dirumuskan sebagai berikut:

$$SoC = \frac{E_{bat}}{C_{bat}V} \times 100\% \quad (2.2)$$

$$DoD = \frac{C_{bat}V - E_{bat}}{C_{bat}V} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan:

SoC : State of Charge (%)

DoD : Depth of Discharge (%)

$E_{bat}$  : Energi yang tersimpan dalam baterai (Wh)

$C_{bat}$  : Kapasitas maksimum baterai (Ah)

V : Tegangan nominal baterai (Volt)

#### 10) Energi Spesifik dan Rapat Energi

Energi spesifik merupakan energi baterai per satuan massa atau sering disebut kepadatan energi gravimetri. Energi spesifik yaitu karakteristik bahan elektroda yang akan mempengaruhi kemas dan massa dari baterai. Satuan untuk energi

spesifik adalah Wh/ kg. Sedangkan rapat energi adalah banyaknya energi per satuan volume baterai dengan satuan Wh/ L.

#### 11) Daya Spesifik

Daya spesifik adalah daya maksimum yang tersedia per satuan massa.

### **2.6 Material Katalis Baterai Aluminium Udara**

Dalam pembuatan bahan katalis untuk elektroda anoda maupun katoda dibuat dengan material berikut ini:

#### **2.6.1 Mangan**

Penggunaan mangan seringkali digunakan pada pembuatan sebuah baterai berjenis alkaline dan zinc carbon, akan tetapi pada penelitian ini yang akan digunakan merupakan mangan murni. Dalam hal ini mengingat mangan tidak memiliki sifat racun dan ramah lingkungan mangan diharapkan dapat menghasilkan hasil yang memuaskan dengan nilai konduktivitas listrik yang ia miliki  $6,2 \times 10^5 \text{ S m}^{-1}$ .

#### **2.6.2 Silika Xerogel**

Silika merupakan bahan yang melimpah dengan spesifikasi kapasitas volumetrik yang besar serta kemampuan penyisipan/ interkalasi yang baik, spesifik kapasitas material ini ketika diterapkan menjadi material baterai lithium ion mencapai  $3578 \text{ mAh.g}^{-1}$  (Dölle, 2014).

Silika memiliki kapasitas tertinggi diantara material anoda yang di teliti dan telah diakui sebagai salah satu bahan yang berpotensi menjadi baterai lithium ion

kedepannya. Namun memiliki tantangan dalam pengembangan paduan untuk bahan ini karena perubahan kapasitas baterai yang turun secara signifikan setelah beberapa siklus (Liang, Liu and Xu, 2014).

### **2.6.3 Carbon Black**

Karbon Hitam adalah bentuk komersial dari karbon padat yang diproduksi dalam proses yang sangat terkontrol untuk menghasilkan karbon granular yang direkayasa secara spesifik menjadi partikel dengan berbagai ukuran partikel, ukuran granular, bentuk, porositas dan permukaan kimia. Karbon Hitam biasanya mengandung lebih dari 95% karbon murni dengan jumlah oksigen, hidrogen dan nitrogen yang sangat kecil. Pada proses pembuatannya, karbon hitam dibentuk partikel dengan ukuran berkisar dari 10 nm hingga 500 nm (ORION Engineered Carbons, 2014).

### **2.6.4 Active Carbon**

Karbon aktif adalah salah satu jenis bahan yang secara luas telah digunakan sebagai bahan elektroda untuk superkapasitor karena memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi, ketahanan kimia, konduktivitas listrik yang baik dan harga yang terjangkau (Tumimomor and Palilingan, 2018).

### **2.6.5 Binder/ Perekat**

Binder atau perekat merupakan perekat untuk mengikat bahan aktif agar menempel pada current collector, perekat ini dibutuhkan supaya struktur dari bahan elektroda menjadi kokoh dan juga berfungsi sebagai penyedia jalur interkalasi dalam proses mengkonduksikan ion. Perekat polimer seperti PVDF (Polivinilidena

Fluorida) atau EPDM (Etilen Propilena Diena Monomer) dibuthkan sebagai perekat untuk baterai lithium ion karena dapat menggabungkan bahan aktif dan aditif konduktif seperti karbon hitam tidak bereaksi dengan elektroda dan elektrolit. PVDF dan EPDM merupakan bahan dari polimer yang menyebabkan bahan tidak aktif secara elektrokimia. Jika bahan aditif konduktif seperti karbon hitam dan pengikat polimer terlalu banyak ditambahkan ke bahan elektroda akan menyebabkan turunnya kapasitas total dari sel, dan jika terlalu sedikit maka konduktivitas elektronik dan kekuatan rekat/ mekanis elektroda akan berkurang (Lee, 2019).

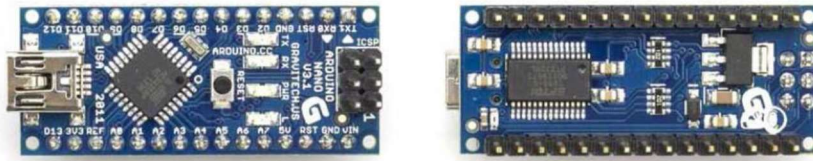
## **2.7 Komponen Instrumen**

Komponen yang akan dipakai untuk kelengkapan instrumen yaitu mikrokontrol dan sensor senronya yaitu:

### **2.7.1 Arduino Nano**

Arduino Nano adalah papan pengembangan (development board) mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P dengan bentuk yang sangat mungil. Arduino ini tidak mempunyai jack power DC dan pemogramannya menggunakan konektor USB mini tipe B. Arduino ini memiliki 14 pin i/o digital, 8 pin input analog dengan resolusi 1024 bit, 32 kB memori flash 0,5 kB digunakan untuk bootloader, 2kB SRAM, 1kB EEPROM, 16 MHz kecepatan clock, dan ukuran yang kecil (45 mm x 18 mm). 14 pin i/o ini memiliki fungsi khusus yaitu 2 pin serial (RX pin D0 dan TX pin D1), 2 pin interupsi internal (pin D2 dan pin D3), 6 pin output PWM 8-bit (pin D3,D5,D6,D9, D10 dan D11), 4 pin SPI (SS pin D10, Mosi pin D11, MISO pin D12, dan SCK pin D13). pin analognya 6 dapat dijadikan

sebagai pin i/o digital (A0-A5), serta 2 pin dapat digunakan untuk komunikasi I2C (SDA pin A4 dan SCL pin A5). Pemrograman board Arduino Nano dilakukan dengan menggunakan Arduino Software (IDE) dengan cukup menghubungkan Arduino dengan kabel USB ke Pc/laptop. (Suari, 2017)



Gambar 2. 2 Arduino Nano

Untuk spesifikasi lengkap arduino nano sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino Nano

Parameter	Spesifikasi
Tegangan Operasi	5 V
Tegangan Input (rekomendasi)	7 V – 12 V
Digital I/ O pin	14 Buah, 6 dapat digunakan sebagai PWM
Pin Analog Input	8 Buah
Arus DC per pin I/ O	40 mA
Memori Flash	32 KB, 0,5 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

Dimensi	45 mm x 18 mm
Berat	5 gr

### 2.7.2 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 berfungsi untuk merubah besaran panas yang ditangkap menjadi besaran tegangan. Jenis sensor suhu yang digunakan dalam sistem ini adalah IC DS18B20, sensor ini memiliki presisi tinggi. Sensor ini sangat sederhana dengan hanya memiliki buah 3 kaki. Kaki pertama IC DS18B20 dihubung kesumber daya, kaki kedua sebagai output dan kaki ketiga di hubungkan ke ground.

Karakteristik dari IC DS18B20 adalah sebagai berikut :

1. Dapat dikalibrasi langsung kedalam besaran Celcius.
2. Faktor skala linear +10mV/°C.
3. Tingkat akurasi 0,5°C. Saat suhu kamar (25°C).
4. Jangkauan suhu antara -55°C sampai 150°C.
5. Bekerja pada tegangan 4 volt sehingga 30 volt.
6. Arus kerja kurang dari 60  $\mu$ A.
7. Impedansi keluaran rendah 0,1 $\Omega$  untuk beban 1mA.

Sensor DS18B20 bekerja dengan mengubah besaran suhu menjadi besaran tegangan. Tegangan ideal yang keluar dari DS18B20 mempunyai perbandingan 100°C setara dengan 1 volt. Sensor ini mempunyai pemanasan diri (*self heating*) kurang dari 0.1 , dapat dioperasikan dengan menggunakan paver supplay tunggal

dan dapat dihubungkan antar muka (*interface*) rangkain control yang sangat mudah.(AKBAR B, 2017)



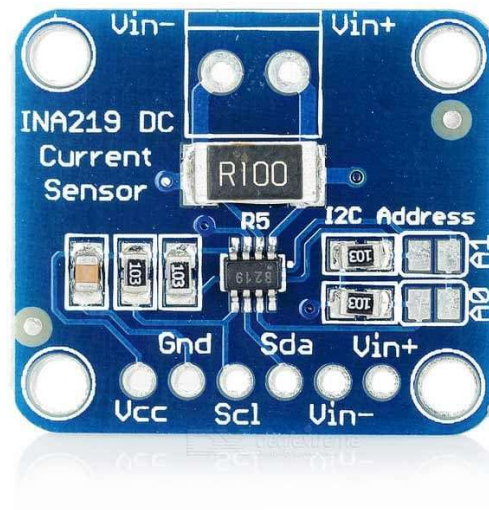
Gambar 2. 3 Sensor Suhu DS18B20

### 2.7.3 Sensor Arus dan Tegangan

Sensor arus yang digunakan pada pembuatan instrumentasi pengukuran adalah sensor arus INA219. Sensor INA219 didukung dengan *interface* I2C atau SMBUS-COMPATIBLE yang dapat memonitoring tegangan *shunt* dan suplai tegangan bus, dengan konversi program times dan filtering. Sensor INA 219 memiliki sebuah amplifier input maksimum adalah  $\pm 320$  mV yang berarti dapat mengukur arus hingga  $\pm 3.2$  A. Dengan internal data 12 bit ADC, resolusi pada kisaran 3.2 A adalah 0.8 mA. Dengan penguatan internal yang ditetapkan pada minimum div8, nilai maks saat ini adalah  $\pm 400$  mA dan resolusi 0.1 mA. Sensor INA 219 dapat mengidentifikasi tegangan shunt pada bus 0-26 V. Hardware dari

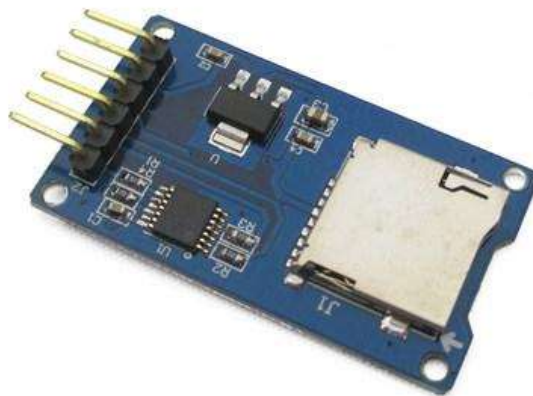


sensor INA 219 ditunjukkan pada gambar 2.4 (Monda, Feriyonika and Rudati, 2018).



Gambar 2. 4 Sensor INA 219

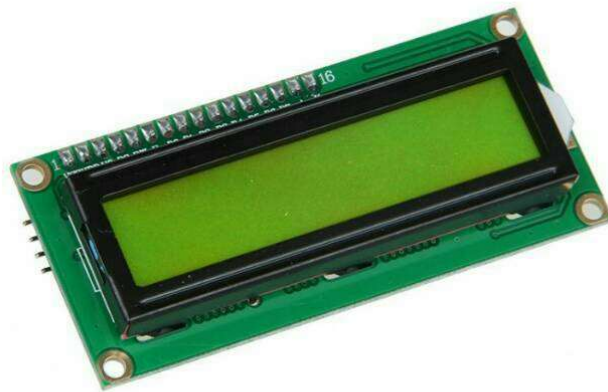
#### 2.7.4 Data Logger MicroSD



Gambar 2. 5 Modul MicroSD

Modul (MicroSD Card Adapter) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5 adalah modul pembaca kartu Micro SD membaca dan menulis melalui sistem *file* dan *driver* antarmuka SPI, SCM Sistem dapat diselesaikan dalam kartu MicroSD (EBay, no date).

### 2.7.5 LCD 16x2



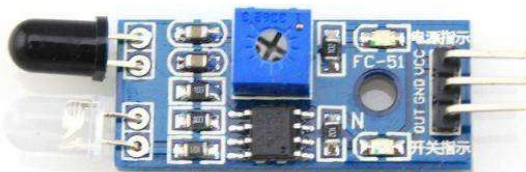
Gambar 2. 6 LCD 16x2

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah suatu display dari bahan cairan kristal dengan sistem pengoperasian dot matriks yang digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan sensor atau menampilkan karakter yang dimasukkan ke dalam sistem embeded pada mikrokontroler arduino. Jenis LCD ini ditunjukkan pada gambar 2.6 . I2C adalah modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*) atau TWI (*Two Wire Interface*). Modul I2C ini membantu menghemat penggunaan pin digital arduino, yang semula untuk mengendalikan LCD ini memerlukan 6 pin digital

dengan adanya I2C ini cukup menggunakan 2 pin saja diantaranya pin SDA (Serial data pada pin A4 dan SCL (Serial Clock) pada pin A5 (Junaidi and Dwi Prabowo, 2018).

### 2.7.6 Sensor FC51

Infra Red Obstacle Avoidance FC-51 merupakan sensor cahaya inframerah yang digunakan untuk mendeteksi halangan atau objek. Prinsip kerja sensor inframerah ini adalah jika sinar infra merah yang dipancarkan oleh transmitter terhalang oleh suatu benda, sinar akan dipantulkan kembali ke receiver, Setelah diproses oleh rangkaian pembanding (comparator), rangkaian yang terdapat pada sensor ini akan menghasilkan sinyal digital(Digital Output) rendah. (Arfandi and Supit, 2019)



Gambar 2. 7 Sensor FC51

## 2.7 Mobil Listrik Mikro

Mobil listrik mainan merupakan mainan yang menggunakan motor DC sebagai penggeraknya, mobil listrik mainan ini sudah sering dimainkan oleh anak-anak bahkan digunakan untuk perlombaan-perlombaan sampai tingkat dunia.

## 2.8 Kecepatan

Pada penelitian ini untuk memperhitungkan kecepatan menggunakan rumus kecepatan rata-rata dimana rumusnya seperti berikut :

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (2.4)$$

$v$  = Kecepatan (m/s)

$\Delta s$  = jarak (m)

$\Delta t$  = waktu (*second*)